

## Diplomová práce

# Studium možnosti realizace mobilního plošného generátoru ozonu

*Studijní program:*

N0723A270001 Textilní inženýrství

*Autor práce:*

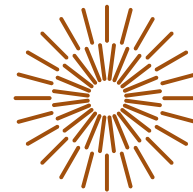
**Bc. Tomáš Potštejnský**

*Vedoucí práce:*

doc. Ing. Pavel Pokorný, Ph.D.

Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů

Liberec 2023



## Zadání diplomové práce

# Studium možnosti realizace mobilního plošného generátoru ozonu

*Jméno a příjmení:*

**Bc. Tomáš Potštejnský**

*Osobní číslo:*

T20000019

*Studijní program:*

N0723A270001 Textilní inženýrství

*Zadávající katedra:*

Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů

*Akademický rok:*

2021/2022

### Zásady pro vypracování:

1. Provedení patentové rešerše o dosud používaných systémech pro generování plynného ozonu s přihlédnutím k praktickým realizacím generátorů ozonu.
2. Návrh a konstrukce textilního zařízení pro generování plynného ozonu na základě dostupné patentové literatury.
3. Provedení základních experimentů se zkonstruovaným zařízením a ověření jeho funkčnosti a produktivity tvorby ozonu. Provedení praktických testů dekontaminace vybraného povrchu ve spolupráci s Katedrou biologie FP TUL.
4. Diskuze a zhodnocení výsledků práce.

*Rozsah grafických prací:* dle potřeby dokumentace  
*Rozsah pracovní zprávy:* 40-60 dle potřeby  
*Forma zpracování práce:* tištěná/elektronická  
*Jazyk práce:* Čeština

### **Seznam odborné literatury:**

1. Dřímál, J.: Ozon v moderních technologiích úpravy pitné vody. [www.ozon.cz](http://www.ozon.cz) [online]. 2002.
2. Streng, A. G.: Tables of Ozone Properties, *Journal of Chemical & Engineering Data*. 6, 3: 431-436. 1961.
3. Brown, T. L.; LeMay, H. E., Jr.; Bursten, B. E.; Burdge, J. R. 22. In Nicole Folchetti.: *Chemistry: The Central Science* 9th ed. Pearson Education. pp. 882-883. 2002. ISBN 978-0-13-066997-1.
4. Smith, L. I.; Greenwood, F. L. ; Hudrlik, O.: A laboratory ozonizer. *Organic Syntheses*. 26: 63.; *Collective Volume*, 3, p. 673. 1946.

*Vedoucí práce:* doc. Ing. Pavel Pokorný, Ph.D.  
Katedra netkaných textilií a nanovlákných materiálů

*Datum zadání práce:* 1. listopadu 2021  
*Předpokládaný termín odevzdání:* 2. června 2023

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.  
děkan

L.S.

doc. Ing. Jiří Chvojka, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2021

## Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má diplomová práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

## Abstrakt

Tato diplomová práce navazuje na bakalářskou práci s názvem „Studium možností generování ozonu pomocí elektricky nabitých vlákněných struktur a možnosti jeho využití při dekontaminaci škodlivin“. Výsledkem zmíněné bakalářské práce bylo vyrobené zařízení, které plošně generuje ozon. Ovšem při delším používání zařízení byly zjištěny určité jeho nedostatky. V rámci praktické části této práce je navrženo a zkonstruováno nové zařízení pro generování ozonu, které tyto nedostatky neobsahuje. Teoretická část této práce pak posloužila jako podklad pro odstranění zmíněných nedostatků a konstrukci značně vylepšeného (mobilního) zařízení. Po zkonstruování zařízení byly provedeny experimenty k ověření funkčnosti zařízení, jeho výkonu a schopnosti likvidovat mikroorganismy.

**Klíčová slova:** ozon, vysoké napětí, dekontaminace, kroucené vodiče, sklo, teflon

## Abstract

This master's thesis is a follow-up to the bachelor's thesis entitled „Study of the possibility of ozone generation by means of electrically charged fiber structures and the possibility of its use in decontamination of pollutants“. The result of the aforementioned bachelor's thesis was the production of a device that generates ozone over a wide area. However, during prolonged usage of the device, certain shortcomings were discovered. As part of the practical part of this work, a new ozone generation device is designed and constructed, which does not contain these shortcomings. The theoretical part of this work then served as a basis for eliminating the aforementioned shortcomings and constructing a significantly improved (mobile) device. After the device was constructed, experiments were conducted to verify the functionality of the device, its performance, and its ability to eliminate microorganisms.

**Keywords:** ozone, high voltage, decontamination, twisted wires, glass, teflon

## Poděkování

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Pavlu Pokornému, Ph.D. za odborné vedení a poskytnuté rady při vypracovávání této diplomové práce.

# Obsah

Seznam zkratk	9
<b>Úvod</b>	<b>10</b>
<b>1 Teoretická část</b>	<b>11</b>
1.1 Ozon	11
1.2 Působení ozonu na materiály	12
1.2.1 Materiály málo odolné	12
1.2.2 Materiály odolné po určitou dobu	13
1.2.3 Materiály velmi odolné	14
1.3 Příklady používaných systémů pro generování ozonu	16
1.3.1 Patent JP4320637B2	16
1.3.2 Patent KR101901557B1	16
1.3.3 Patent US20030108460A1	17
1.3.4 Patent US20050199484A1	17
1.4 Druhy kabelových izolací	18
1.4.1 Měkčený polyvinylchlorid	19
1.4.2 Polyethylen	19
1.4.3 Kaučuky	20
1.4.4 Elektroizolační laky	21
1.4.5 Polytetrafluorethylen	21
1.4.6 Perfluoralkoxy-polymer	21
1.4.7 Polyuretan	21
1.4.8 Polyamid	22
1.4.9 Další materiály	22
1.5 Textilní materiály a působení ozonu na ně	22
1.5.1 Přírodní vlákna	22
1.5.2 Syntetická vlákna	24
<b>2 Praktická část</b>	<b>27</b>

2.1	Návrh konstrukce zařízení . . . . .	28
2.2	Výběr vhodných komponentů . . . . .	28
2.2.1	Vodiče vysokého napětí . . . . .	28
2.2.2	Textilie . . . . .	30
2.2.3	Zdroj vysokého napětí . . . . .	31
2.2.4	Stínění ruky od ozonu . . . . .	32
2.3	Konstrukce zařízení . . . . .	33
2.3.1	Maximální délka vodiče . . . . .	33
2.3.2	Tvar zařízení a úprava komponentů do tohoto tvaru . . . . .	34
2.3.3	Přípevnění vodičů k textili . . . . .	36
2.3.4	Sestavení textilní části zařízení . . . . .	39
2.3.5	Přípevnění zdroje VN k zařízení . . . . .	41
2.3.6	Ověření funkčnosti zařízení . . . . .	42
2.4	Experimenty se zkonstruovaným zařízením . . . . .	43
2.4.1	Měření produktivity ozonu . . . . .	43
2.4.2	Měření inhibice bakterií . . . . .	44
2.4.3	Měření inhibice mikroorganismů . . . . .	46
<b>3</b>	<b>Závěr</b>	<b>47</b>
	<b>Použitá literatura</b>	<b>49</b>
	<b>Seznam tabulek</b>	<b>53</b>
	<b>Seznam obrázků</b>	<b>54</b>
	<b>Seznam příloh</b>	<b>56</b>



## Seznam zkratek

<b>nm</b>	nanometr
<b>mm</b>	milimetr
<b>cm</b>	centimetr
<b>m/s</b>	metr za sekundu
<b>l</b>	litr
<b>g</b>	gram
<b>mg/l</b>	miligram na litr
<b>A</b>	ampér
<b>V</b>	volt
<b>kV</b>	kilovolt
<b>ppm</b>	parts per million
<b>%</b>	procento
<b>°</b>	stupeň
<b>°C</b>	stupeň Celsia
<b>SBR</b>	styren-butadienový kaučuk
<b>CR</b>	chloroprenový kaučuk
<b>EPR</b>	ethylenpropylenový kaučuk
<b>PVC</b>	polyvinylchlorid
<b>PE</b>	polyethylen
<b>LDPE</b>	nízkohustotní polyethylen
<b>HDPE</b>	vysokohustotní polyethylen
<b>PP</b>	polypropylen
<b>PA 6</b>	polyamid 6
<b>PA 6.6</b>	polyamid 6.6
<b>PFA</b>	perfluoroalkoxy polymer
<b>PTFE</b>	polytetrafluorethylen
<b>ETFE</b>	ethylen-tetrafluorethylen
<b>EVA</b>	ethylen-vinylacetátový kopolymer
<b>TPE-O</b>	termoplastický polyolefin elastomer
<b>TPE-E</b>	termoplastický polyester elastomer
<b>TPE-S</b>	kopolymer styrenu a trojbloku
<b>FEP</b>	tetrafluorethylen hexafluorpropylen kopolymer
<b>KI</b>	jodid draselný
<b>KOH</b>	hydroxid draselný
<b>O<sub>2</sub></b>	kyslík
<b>O<sub>3</sub></b>	ozon
<b>I<sub>2</sub></b>	jód
<b>H<sub>2</sub>O</b>	voda
<b>VN</b>	vysoké napětí
<b>UTP</b>	nestíněná kroucená dvoulinka
<b>UV</b>	ultrafialové
<b>s.r.o.</b>	společnost s ručením omezeným
<b>TUL</b>	Technická univerzita v Liberci

## Úvod

Tato diplomová práce navazuje na moji bakalářskou práci s názvem "Studium možnosti generování ozonu pomocí elektricky nabitých vlákenných struktur a možnosti jeho využití při dekontaminaci škodlivin". Zde byly nejdříve popsány obecné vlastnosti ozonu a jeho výskyt. Dále také různé průmyslové výroby, jeho stanovení a hlavně využití.

V praktické části pak bylo sestaveno zařízení, které plošně generuje ozon s využitím poznatků získaných v teoretické části. Toto zařízení se skládalo z distanční textilní pleteniny se zapletenými zkroucenými vodiči do šroubovice z UTP kabelu. Vodiče byly připojeny na zdroj vysokého napětí. Zařízení bylo vyladěno, aby generovalo ozon v určité intenzitě.

Takto sestrojené zařízení mohlo být využito k plošné dekontaminaci různých povrchů. Tedy k likvidaci mikroorganismů, jako jsou houby, plísně, viry, bakterie či prvoci, a to díky silným oxidačním vlastnostem ozonu.

Ovšem pro praktické použití mělo zařízení několik nedostatků. Izolace u použitých vodičů po 2 hodinách výroby ozonu začala degradovat. Dále také použitá vlákna v pletenině po dlouhodobém vystavení ozonu začala žloutnout a degradovat.

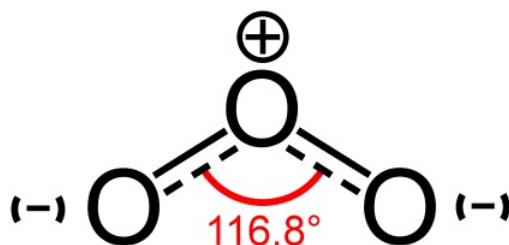
Cílem této diplomové práce je využít poznatků získaných v bakalářské práci a navrhnout nové a lepší zařízení pro plošnou generaci ozonu, které bude tentokrát přenosné. V tomto řešení budou odstraněny výše zmíněné nedostatky, aby bylo možné zařízení používat dlouhodobě a využít přenosný zdroj VN.

# 1 Teoretická část

## 1.1 Ozon

Pro funkčnost navrhované zařízení je ozon klíčový prvek. V mé bakalářské práci byl popsán detailně, zejména jeho vlastnosti, výskyt, různé průmyslové výroby, jeho stanovení a hlavně využití. Všechno výše uvedené bude v této kapitole ve stručnosti přiblíženo.

Ozon je za normálních podmínek bezbarvý plyn složený ze 3 atomů kyslíku. Volně se vyskytuje ve stratosféře a troposféře. V prvním případě zde tvoří tzv. ozonovou vrstvu (vrstva, která pohlcuje UV záření dopadající z vesmíru na Zemi). Zde je jeho výskyt žádoucí. Oproti tomu v troposféře je ozon nežádoucí a škodlivý. Tam vzniká reakcí UV záření a zplodin spalovacích motorů. Na obrázku 1.1. je uveden model molekuly ozonu. [1]



Obrázek 1.1: Model molekuly ozonu [1]

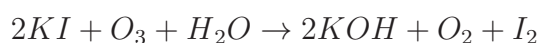
V praxi je využíváno několik důležitých vlastností ozonu. Nejdůležitější vlastností je jeho silná oxidační schopnost. Díky ní má ozon dobré dezinfekční vlastnosti. Zvládne likvidovat různé mikroorganismy, jako jsou plísně, houby, bakterie či viry. Další jeho vlastností je schopnost rozkládat a odstraňovat nežádoucí pachy, například pachy zvířat či zápach cigaretového kouře. [1]

Výše zmíněných dezinfekčních vlastností je průmyslově využíváno při úpravě pitné nebo odpadní vody. Ozonizéry jsou dále využívány třeba k dezinfekci vytopených domů povodněmi, automobilových klimatizací, strojních zařízení v potravinářství či při praní nemocničních textilií. Zkrátka všude tam, kde je třeba usmrtit různé nežádoucí mikroorganismy. [2]

Pro výrobu ozonu existuje několik průmyslových metod. Elektrochemická metoda je založena na rozdělení molekuly vody na jednotlivé atomy pomocí katody a anody a následném spojení atomů kyslíku v ozon. Další rozšířená metody výroby ozonu se nazývá fotochemická. Při ní je nejdříve generováno UV světlo z výbojek v reaktoru. Následně toto světlo rozdělí molekulu kyslíku na radikály, které se poté spojí s molekulami kyslíku za vzniku ozonu. [1]

Nejrozšířenější metoda výroby ozonu je pomocí elektrického výboje. Zde jsou využívány dvě elektrody s vysokým napětím. Mezi nimi probíhají elektrické výboje, které opět rozkládají kyslík na radikály. Následně se radikály spojují s dalšími molekulami kyslíku za vzniku ozonu. Výboje mohou být různé. Například doutnavý, korónový či bariérový. [1]

Jelikož je ozon bezbarvý, není lidským okem viditelný. Ovšem pro měření je nutné stanovit jeho přítomnost. K tomu lze využít několik chemických (Schönbeinova či jodometrická) a fotochemických (fluorescenční či chemiluminiscenční) metod. Pro tuto práci je důležitá Schönbeinova metoda, která spočívá v reakci namočeného filtračního papíru roztokem škrobu (0,5%) a jodidu draselného (10 %) s ozonem. Ozon oxiduje jodid draselný. Vznikne jód, který reaguje se škrobem a způsobí fialové až hnědé zbarvení filtračního papíru. Níže je uvedena chemická rovnice reakce. [1]



Čím větší koncentrace ozonu na roztokem namočený filtrační papír působí, tím intenzivněji je papír zbarven. Tato metoda stanovení ozonu byla vyzkoušena a využita v mé bakalářské práci a bude použita při měření i v této diplomové práci. [1, 2]

## 1.2 Působení ozonu na materiály

Ozon působí na různé druhy materiálů různým způsobem. Působí na ně zejména svými silnými oxidačními vlastnostmi. Důležitá je také koncentrace ozonu, která na materiály působí. Některé materiály ozon degraduje okamžitě, jiné později a jiné vůbec. V této kapitole jsou popsány odolnosti vybraných materiálů na působení ozonu.

### 1.2.1 Materiály málo odolné

Zde jsou uvedeny příklady materiálů, které snáší ozon špatně. Není vhodné tyto materiály vystavovat ozonu nebo je používat v blízkosti jeho působení. Zejména ozon degraduje některé plasty či gumu nebo koroduje kovy. [3]

#### Ocel

Slitina uhlíku, železa a dalších přidaných (legovaných) prvků, u kterých je obsah uhlíku pod 2,14 %. Z toho vyplývá, že druhů oceli je velké množství. Ovšem ocelové

materiály jsou působením vnějších vlivů oxidovány a mění se jejich vzhled, vlastnosti, až může nastat jejich úplný rozpad. Tento proces se nazývá koroze. Z toho vyplývá, že i použití oceli v blízkosti ozonu je nevhodné. [4]

### **Přírodní kaučuk**

Jedna z makromolekulárních látek přírodního původu je přírodní kaučuk. Vyrábí se z latexu (tekutina získaná z rostliny kaučukovníku). Je složen asi z 94 procent z polyisoprenu. Přírodní kaučuk se používá například na výrobu pneumatik či gumových rukavic. Přírodní kaučuk má špatnou odolnost vůči působení ozonu. Výrobky z přírodního kaučuku při působení ozonu celkem rychle degradují. [5]

### **Styren-butadienový kaučuk**

Styren-butadienový kaučuk (SBR) je řazen mezi syntetické kaučuky. Tento kaučuk je nejrozšířenější. Disponuje dobrými mechanickými vlastnostmi a je odolný i proti mechanickému namáhání. SBR kaučuk se používá na pneumatiky či podrážky bot. Ovšem tento kaučuk špatně odolává povětrnostním vlivům a je působením ozonu degradován. [6, 7]

## **1.2.2 Materiály odolné po určitou dobu**

Působení ozonu nemá na tyto materiály v krátkém časovém úseku žádný vliv. Změny v materiálech nastávají až při dlouhodobém působení. Některé materiály jsou degradovány už při nižších koncentracích ozonu (polypropylen nebo polyamid). U některých materiálů nastávají změny až při vysokých koncentracích (měď, bronz, mosaz, LDPE či PVC). [3]

### **Měď**

Měď je kovový prvek. Mezi její hlavní přednosti je řazena pevnost, tažnost, dobrá elektrická a tepelná vodivost. Podobně jako jiné kovy ovlivňují měď do jisté míry oxidační procesy. Měď je specifická v tom, že při vystavení oxidačním procesům, se na jejím povrchu vytvoří ochranný mikrofilm. Tento film pak relativně dobře chrání zbytek materiálu proti oxidaci. Díky výše zmíněným vlastnostem je měď používána jako vodič elektrického proudu. [8]

Působení ozonu v menších koncentracích nemá na měď vliv. Ovšem při dlouhodobě vyšších koncentracích ozon měď (podobně jako jiné přechodové kovy) oxiduje do jejího vyššího stavu oxidace. V tomto stavu tvoří měď oxidy, které se, například z vody, dají odfiltrvat. Čím je materiál slabší, tím více podléhá oxidaci. [9]

## **Polyvinylchlorid**

Polymer polyvinylchlorid (PVC) je řazen mezi termoplasty. Vyrábí se celkem snadno polymerací z vinylchloridu. Díky levné výrobě, snadnému zpracování a dobré tepelné a chemické odolnosti (proti kyselinám a zásadám) je to třetí nejpožívanější plast. Produkty z PVC lze nalézt ve stavebnictví, zdravotnictví či v hračkářství. [10, 11]

Polyvinylchlorid je v krátkém období odolný i vůči vnějším vlivům či působení ozonu. Ovšem při dlouhodobém vystavení vnějším vlivům či působení ozonu ve velkých koncentracích je polyvinylchlorid degradován. [10, 11]

## **Nízkohustotní polyethylen a polypropylen**

Polyethylen a polypropylen jsou termoplastické polymery s poměrně jednoduchým monomerem. Získávají se polymerací ethenu a propenu. Oba tyto polymery jsou velice rozšířené. Ethylen se rozděluje na nízkohustotní (LDPE) a vysokohustotní (HDPE). Vysokohustotní polyethylen je velice dobře odolný ozonu a do této kapitoly se neřadí. [12, 13, 14]

Z nízkohustotního polyethylenu jsou vyrobeny například obalové materiály či koše a přepravky. Z polypropylenu jsou vyrobeny různé autodíly, bazény nebo kanistry. Dále jsou oba polymery využívány pro výrobu textilních vláken. Co se týče působení ozonu na tyto polymery, tak krátkodobé působení na ně nemá vliv. Ovšem při vystavení ozonu v delším časovém úseku (v řádu týdnů) dochází k postupné degradaci. Nízkohustotní polyethylen je odolnější než polypropylen. [12, 13, 14]

### **1.2.3 Materiály velmi odolné**

Materiály, na které ozon nemá vliv, se vyznačují odolností proti oxidaci. Molekuly těchto materiálů jsou již plně zoxidovány, proto dále nebudou podléhat oxidaci. Mezi tyto materiály se řadí sklo, nerezová ocel, keramika, polytetrafluorethylen (PTFE), vysokohustotní polyethylen (HDPE), polyurethan nebo silikon. [3]

#### **Sklo a keramika**

Sklo, kde jeho hlavní složkou je oxid křemičitý, je odolné vůči oxidačním účinkům ozonu. Molekula ozonu s molekulou oxidu křemičitého nikterak nereaguje. Proto se sklo používá jako elektroda v generátorech ozonu. Jeho nevýhoda v použití v ozonizérech je jen zadržování tepla a náchylnost k teplotním šokům. [15]

Keramika, která je složena hlavně z oxidu hlinitého, je také odolná na působení ozonu. Také se používá jako elektroda v ozonizérech. Ovšem oproti sklu má výhodu větší tvrdosti (a tím i odolnosti vůči namáhání) a také větší odolnosti vůči vysoké teplotě. [15]

## Nerezová ocel

Z kovových materiálů je velmi dobře odolná korozi a tím pádem i působení ozonu nerezová ocel. Tato ocel je vysoce legovaná. Skládá se z 12 až 30 % chromu, až 30 % niklu nebo 24 % manganu. Dokonce třída 304/316 je k působení ozonu netečná. Proto se nerezová ocel této třídy používá v generátorech ozonu. [3, 16]

Na obrázku 1.2 je zobrazen model elektrody, která je obsažena v ozonizérech vyrobených firmou Wedeco. Elektroda je složena ze skleněných a nerezových komponentů. [17]

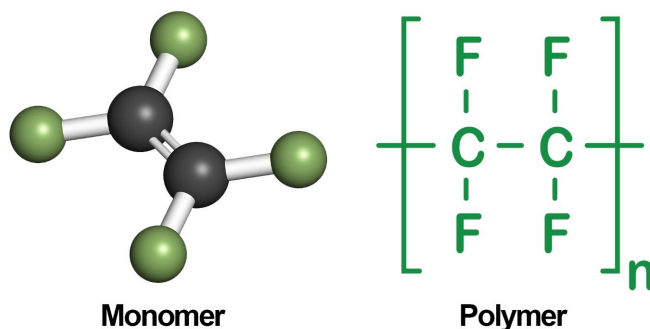


Obrázek 1.2: Elektroda z generátoru ozonu firmy Wedeco [17]

## Polytetrafluorethylen

Spousta plastů je oxidací degradována. Ozon způsobuje štěpení polymeru a tím jeho celkovou degradaci. Polytetrafluorethylen je polymer (termoplast), který má velkou hustotu a molekulovou hmotnost. Monomer je složen ze 2 atomů uhlíku a 4 atomů fluoru. Vyrábí se polymerací tetrafluorethylenu. Obchodní označení tohoto polymeru je teflon. [18, 19]

PTFE má díky vysoké elektronegativitě fluoru a nízké elektronegativitě uhlíku silné polární vazby. Díky těmto silným vazbám je velice odolný proti působení různých sloučenin a oxidačních činidel. Degradován je pouze alkalickými kovy či jinými sloučeninami s fluorem. Ani působení ozonu nemá na PTFE vliv. Na obrázku 1.3. je zobrazen model monomeru a vzorec polymeru PTFE. [18, 19]



Obrázek 1.3: Model polytetrafluorethylenu [20]

## Silikony

Silikony (nebo také polysiloxany) jsou syntetické anorganicko-organické polymery. V hlavním řetězci polymeru se střídají atomy kyslíku a křemíku. Na atomy křemíku v hlavním řetězci jsou navázány organické substituenty. [21]

Mezi nejdůležitější vlastnost silikonů je řazena stálost. Působením vnějších vlivů nemění svoje vlastnosti (nepodléhají snadno oxidačním vlivům). Jsou tedy odolné vůči teplu, záření nebo třeba stárnutí. I vůči působení ozonu jsou prakticky netečné. Dále také mají dobré i mechanické vlastnosti. [21]

## 1.3 Příklady používaných systémů pro generování ozonu

Ozon lze vyrábět několika metodami. Nejrozšířenější metody byly popsány v mé bakalářské práci. V návaznosti na tyto základní metody výroby ozonu je patentováno nesčetné množství řešení konkrétních ozonizérů. V této kapitole jsou uvedeny příklady patentů různých ozonizérů.

### 1.3.1 Patent JP4320637B2

Japonský patent s číslem JP4320637B2 popisuje vylepšenou výrobu ozonu pomocí bariérového výboje. Běžné zařízení pro výrobu ozonu pomocí bariérového výboje se skládá ze dvou desek s vrstvy dielektrika a určitou vzdáleností od sebe. Desky jsou připojeny na vysoké napětí a díky tomu mezi nimi probíhají výboje. Tyto výboje rozkládají kyslík obsažený ve vzduchu na radikály, které se spojují s dalšími molekulami kyslíku za vzniku ozonu. [22]

Zařízení patentované tímto patentem ovšem obsahuje 2 vylepšení pro zvýšení jeho celkového výkonu. Za prvé je místo vzduchu mezi desky vpouštěn čistý kyslík. Jelikož se ozon tvoří z kyslíku a ne z jiných složek vzduchu, vede vpouštění samotného kyslíku (na místo vzduchu) k větší produktivitě výroby ozonu. [22]

Druhé vylepšení spočívá v pokrytí dielektrika vrstvou oxidu wolframu. Díky této vrstvě je zvýšen povrchový odpor dielektrika a to má za následek generování více výbojů mezi elektrodami. Čím je generováno více výbojů, tím více molekul kyslíku je rozloženo na radikály. Ty se pak spojí s dalšími molekulami kyslíku za vzniku více molekul ozonu. [22]

### 1.3.2 Patent KR101901557B1

Korejský patent s číslem KR101901557B1 popisuje vylepšenou výrobu ozonu fotochemickou metodou. Opět je to jedna ze základních metod výroby ozonu. Patentované zařízení je složeno ze ultrafialových lamp, které generují světlo o vlnové délce menší než 200 nm. Skrz zařízení proudí čistý kyslík rychlostí alespoň 0,1 m/s. Ul-

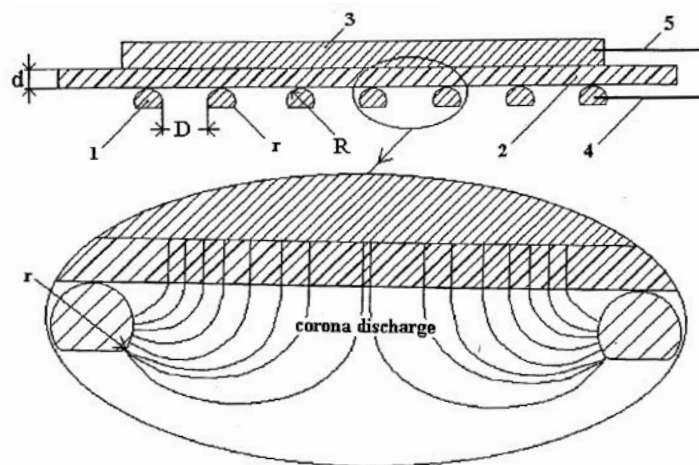


trafialové světlo rozkládá kyslík na radikály, které se spojují s dalšími molekulami kyslíku za vzniku ozonu. Koncentrace ozonu v plynu vystupujícím z přístroje je maximálně 50 ppm. Stejně jako u minulého patentu je do zařízení vpouštěn čistý kyslík (namísto vzduchu) pro jeho větší produktivitu. [23]

### 1.3.3 Patent US20030108460A1

Patent ze Spojených států Amerických s číslem US20030108460A1 popisuje zajímavou výrobu ozonu pomocí korónových výbojů. Stejně jako u metody výroby ozonu pomocí bariérového výboje, i zde jsou využívány dvě elektrody, mezi kterými se díky vysokému napětí vytváří výboje. Princip štěpení molekuly kyslíku a tvorby ozonu je stejný jako u předešlých metod. Pokud jsou elektrody od sebe více vzdáleny, není nutné použití dielektrika. [24]

Patentované zařízení je složeno z kovového plechu, který tvoří jednu elektrodu. Druhá elektroda je tvořena z drátěné sítě. Jelikož jsou elektrody blízko u sebe, je mezi nimi ještě dielektrický materiál. Na obrázku 1.4 je zobrazen nákres zařízení. Lze si všimnout, jak elektrody přímo doléhají na dielektrikum (číslo 2). Výboje se tvoří mezi elektrodou z plechu (číslo 3) a jednotlivými dráty druhé elektrody (číslo 1). Na obrázku 1.4 jsou výboje zaznačeny v detailu slabými čarami a popiskem „corona discharge”. Díky použití drátěné sítě dochází k tvorbě velkého množství výbojů a díky tomu velkému výkonu zařízení. [24]

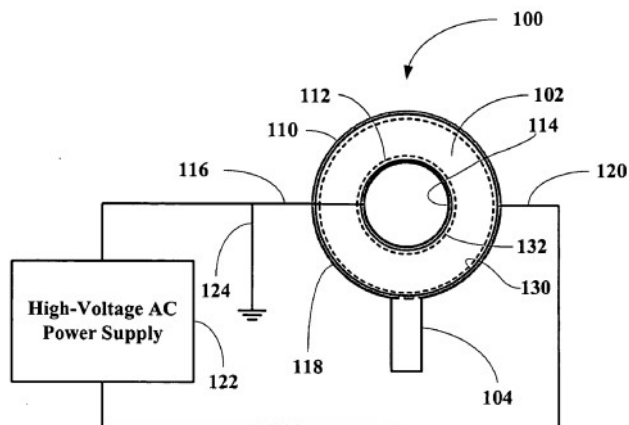


Obrázek 1.4: Nákres patentovaného zařízení [24]

### 1.3.4 Patent US20050199484A1

Další patent ze Spojených států Amerických s číslem US20050199484A1 popisuje opět výrobu ozonu pomocí bariérového výboje, ovšem s odlišnou konstrukcí. Opět jsou pro výboje použity 2 desky, ovšem nejsou rovinného tvaru, nýbrž válcového.

Nákres řezu popisovaného zařízení je zobrazen na obrázku 1.5. Od středu je zařízení složeno z první elektrody válcového tvaru. Dále následuje první vrstva dielektrika. Po prostoru, ve které se tvoří výboje, které vyrábí z kyslíku ozon, následuje další vrstva dielektrika a poté i druhá elektroda. Z komory mezi elektrodami jsou vyvedeny dva vývody pro přívod vzduchu a odvod směsi vzduchu a ozonu. [25]



Obrázek 1.5: Nákres patentovaného zařízení [25]

## 1.4 Druhy kabelových izolací

Pro vylepšení vlastností nově navrhovaného zařízení je nutné zvolit kabely s vhodnou izolací. Takovou, která odolává působení ozonu. Kabelové izolace jsou vyráběny z několika různých materiálů. I jednotlivé kabely jsou složeny z izolací z více materiálů. Na obrázku 1.6 je zobrazen kabel, u kterého je vnější izolace z jiného materiálu, než izolace jednotlivých žil. Nejpoužívanější materiály pro kabelové izolace jsou popsány v této kapitole. [26]



Obrázek 1.6: Různé druhy izolací v kabelu [27]

### 1.4.1 Měkčený polyvinylchlorid

Základní seznámení s polyvinylchloridem proběhlo v minulé kapitole. Samotný polyvinylchlorid není pro výrobu izolací vhodný. Proto dochází k smíchání PVC s dalšími látkami. Vzniklou směs pak označujeme jako měkčený PVC. Směšovat s PVC lze více látek v různém množství a poměru. Tím lze vyrábět izolace s různými vlastnostmi vhodné na různé použití. Například izolace odlišné z hlediska tvrdosti, barvy nebo také teplotní odolnosti či odolnosti vůči vnějším vlivům. [27]

Přidávané látky do PVC mohou být různá změkčovadla, stabilizátory, plnidla nebo i barviva. První jmenované zlepšují zpracovatelnost PVC, dále pak výslednou tuhost či pružnost. K tomuto účelu se používají například estery aromatických kyselin. Stabilizátory zlepšují odolnost směsi při vyšších teplotách či působení UV záření. Díky plnidlům (například uhličitan vápenatý) lze směs lépe zpracovávat a je také snížena cena výsledného výrobku. Nakonec barviva jsou přidávány do směsi za účelem dosažení různých barev izolací. [27]

### 1.4.2 Polyethylen

Rovněž základní seznámení s polyethylenem proběhlo v minulé kapitole. Pro výrobu izolací (hlavně nízkého napětí) je využíván jak nízkohustotní, tak i vysokohustotní polyethylen. Pro izolace vysokonapěťových vodičů je využíván zesíťovaný polyethylen. Díky jeho dobrým zpracovatelským vlastnostem je využíván pro izolace jak jader kabelů, tak i vnějších plášťů. Na rozdíl od PVC, lze polyethylen využívat ve svém základním stavu, bez dalších příměsí. Ovšem pro lepší odolnost vůči UV záření lze do polyethylenu přidat například saze. [27]



Obrázek 1.7: Řez izolace s napěněným PE [27]

V poslední době je na vzestupu využívání napěněného polyethylenu. Při výrobě polyethylenu dochází k jeho napěňování nejčastěji dusíkem. Samotná vytvořená pěna ovšem nemá dobrou mechanickou tuhost a také je navlhavá. Tento problém je vyřešen obalením pěny (jak v místě styku s vodičem, tak v místě styku s vnějším prostředím) vrstvou samotného polyethylenu. Takový materiál má nízkou relativní

permitivitu a je využíván hlavně pro datové kabely. Díky nízké permitivitě neruší procházející signál. Na obrázku 1.7 je zobrazen řez izolací s napěněným PE. [27]

### 1.4.3 Kaučuky

Opět základní seznámení s kaučuky proběhlo v minulé kapitole. Zde je popsáno využití kaučuků pro izolace kabelů.

#### Přírodní kaučuk

Přírodní kaučuk je dnes využíván pro izolace jen velmi málo. Je to z důvodu již zmíněné špatné odolnosti přírodního kaučuku vůči povětrnostním vlivům, kapalinám, teplotě či ozonu. [28]

#### Syntetické kaučuky

Syntetických kaučuků existuje celá řada. Styren-butadienový kaučuk (SBR) je využíván jako náhrada přírodního kaučuku. Z něho vyrobené izolace jsou využity pro kabely nízkého napětí, kde se předpokládá nenáročné používání. Při nižších teplotách nemá dobré mechanické vlastnosti. [28]

Další kaučuk, který je využíván pro izolace, je chloroprenový (CR). Tento materiál vyniká houževnatostí. Odolává povětrnostním vlivům, vodě i celkem dobře ozonu. Dále také zabraňuje šíření plamene. [28]

Etylenvinylacetátový kaučuk (EVA) také dobře odolává vnějším vlivům a i působení ozonu. Lze použít pro izolace tam, kde je očekávána vyšší teplota (je odolný teplotě do 130 °C). Stejně jako kaučuk CR nešíří plamen. [28]

Velmi rozšířený kaučuk využívaný pro izolace je ethylenpropylenový (EPR). Je vyráběn buď kopolymerací ethyleny a propyleny, nebo ethyleny, propyleny a nenasycené sloučeniny. Kaučuky vyrobené s nenasycenou sloučeninou lze vulkanizovat sírou či peroxidy. EPR kaučuk má pro využití jako kabelových izolací výborné vlastnosti. Lze zmínit dobrou pružnost, odolnost vůči výbojům, tepelnou vodivost či rozměrovou stálost. Ethylenpropylenový kaučuk je využíván jak pro izolace nízkonapěťových, tak vysokonapěťových kabelů. [28]

#### Silikonové kaučuky

Silikonové kaučuky jsou řazeny mezi organokřemičité polymery. To znamená, že v jejich základním řetězci je obsazen křemík. Konkrétně se zde střídají atomy křemíku a kyslíku. Na křemík jsou pak navázány různé organické skupiny. Jejich kombinováním lze vyrobit množství odlišných kaučuků. Silikonové kaučuky pro zlepšení svých vlastností prochází vulkanizací. [28]

Hlavní výhodou vulkanizovaných silikonových kaučuků je jejich velká tepelná odolnost (180 °C, krátkodobě i 250 °C). [28]

#### 1.4.4 Elektroizolační laky

Elektroizolační lak je slabá vrstva (film), kterou jsou pokryty vodiče. Je to vůbec nejslabší izolace, jakou lze vyrobit. Při výrobě je nejprve na vodič nanesen roztok určitých polymerních látek. Následně dochází k odpaření rozpouštědla a na povrchu vodičů vznikne sušina. Ta musí mít určitou tloušťku (u lakovaných drátů 0,005 - 0,035 mm). Následně je sušina vypálena (při 200 - 400° C). Nejvíce používané sloučeniny pro výrobu jsou polyvinylformalové, polyuretanové, epoxidové, polyamidové, silikonové a další. [28]

Výhodou elektroizolačních laků je dobrá přilnavost k jádru vodiče, ohebnost a pružnost, odolnost proti oděru či vodě. V průběhu času ovšem dochází ke stárnutí lakového filmu a tím se mění jeho mechanické vlastnosti. To se projevuje například praskáním. [28]

Využívají se kromě izolace vodičů pro impregnaci vinutí elektrických strojů a přístrojů či jako povrchová ochrana malých elektrotechnických součástek. [28]

#### 1.4.5 Polytetrafluorethylen

Základní seznámení s polytetrafluorethylenem (PTFE) proběhlo v kapitole č. 1.2.3. Izolace vyrobené z tohoto materiálu mají velkou tepelnou a chemickou odolnost. Dále pak jsou také odolné vůči stárnutí a vůči působení ozonu. Toto je dáno specifícností vazby uhlík - fluor. Kabely s touto izolací jsou využívány například v letectví, automobilovém průmyslu či v lékařství. [29, 30, 31]

#### 1.4.6 Perfluoralkoxy-polymer

Perfluoralkoxy-polymer (PFA) je kopolymer tetrafluoretylenu a perfluorovaného vinyletheru. Je používán pro výrobu antikoročních dílů, těsnících materiálů či pro kabelové izolace. Co se týče jeho vlastností, tak je má podobné jako PTFE. To znamená výbornou chemickou (proti stárnutí i proti ozonu) a tepelnou odolnost. Oproti PTFE má lepší pevnost v tahu, hlavně při jeho výrobě. [32, 33]

#### 1.4.7 Polyuretan

Polymer polyuretan je řazen do skupiny elastomerů. Je vyráběn pomocí adiční polymerace z isokyanátů a vícesytných alkoholů. Společně s alkoholy do reakce vstupují i různé pomocné látky (stabilizátory, pěnidla či povrchově aktivní látky). S různými poměry zastoupení obou složek lze vyrábět polyuretany s různými fyzikálními či mechanickými vlastnostmi. [34]

V kabelové technice je polyuretan používán pro pláště kabelů. Kabely s tímto pláštěm jsou hodně robustní a mohou být použity v náročných podmínkách (venkovní instalace, vlhké prostory či na pohybujičích se částech strojů). Polyuretanová izolace dobře odolává nízkým i vysokým teplotám, UV světlu, olejům, mechanickému poškození či ozonu. [35, 36]

### 1.4.8 Polyamid

Polyamid je polymer, který obsahuje v základním řetězci tzv. amidovou vazbu. Existuje několik druhů polyamidů. V kabelové technice je tento plast využíván hlavně jako izolace různých kabelových spojek, oček, lisovaných dutinek či krimpovaných zástrček. [37, 38]

### 1.4.9 Další materiály

Kromě výše zmíněných materiálů jsou v některých případech vyráběny izolace vodičů z těchto polymerů:

Termoplastický polyolefin elastomer (TPE-O)

Termoplastický polyester elastomer (TPE-E)

Kopolymer styrenu a trojbloku (TPE-S)

Ethylen-tetrafluorethylen (ETFE) - má podobné vlastnosti jako PTFE a PFA

Tetrafluorethylen hexafluorpropylen kopolymer (FEP) [26]

## 1.5 Textilní materiály a působení ozonu na ně

Kromě výběru kabelové izolace je pro lepší funkčnost navrhovaného zařízení nutné vybrat vhodný textilní materiál, ze kterého bude zařízení sestrojeno. Takový materiál musí být odolný dlouhodobému působení ozonu ve velkých koncentracích. Tato kapitola je zaměřena na popis textilních materiálů a jejich odolnosti vůči působení ozonu.

Textilní vlákna jsou dle původu dělena na přírodní a syntetická.

### 1.5.1 Přírodní vlákna

Přírodní vlákna jsou původem z rostlin, živočichů či nerostů (anorganická vlákna). [39]

#### Rostlinná vlákna

Rostlinná vlákna lze získávat z různých částí některých rostlin. Jedná se o vlákna na bázi celulózy. [40]

Ze stonků příslušných rostlin lze získávat lýková vlákna, například kopřivová, konopná, lněná, jutová nebo ramiová. Pro tato vlákna jsou ve struktuře typická kolínka. Malá elementární vlákna tvoří technické vlákno. Používají se pro technické textilie. Jsou hořlavá, navlhavá a špatně odolná chemikáliím. [40]

Ze semen, případně plodů rostlin, jsou získávána kokosová, kapoková či bavlněná vlákna. Právě bavlna je nejrozšířenější přírodní vlákno. Je zdrojem velmi čisté

celulózy a některými svými vlastnostmi konkuruje syntetickým vláknům. Získává se ze semen bavlníku. [40]

Bavlněná vlákna mají ledvinovitý průřez. Co se týče jejich vlastností, tak jsou hořlavá, navlhavá, při teplotách nad 200 °C hnědnou a špatně odolávají chemikáliím. Nejvíce se využívají v oděvnictví. [40]

Vlákna lze získávat i z rostlinných listů. Například z banánovníku, ananasu či agáve (sisal). U nás nejrozšířenější listové vlákno je právě sisal. Vlastnostmi se listová vlákna podobají lýkovým vláknům. Používají se pro technické účely. [40]

## **Živočišná vlákna**

Živočišná vlákna jsou získávána buď ze srstí obratlovců, nebo sekretů hmyzu. Hlavní jejich chemickou složkou jsou proteiny. [40]

Velmi rozšířeným vláknem získaným z ovčí srsti je vlna. Existuje několik druhů vln, které se liší v určitých vlastnostech. Ovšem základní vlastnosti jsou stejné. Jedná se o mnohobuněčné vlákno, složené ze 3 částí - kutikoly, kortexu a dřeně. Odolává kyselinám, ale zásadám nikoliv. Při teplotě nad 100 °C začíná křehnout a nad 200 °C hořet. Slabším oxidačním činidlům odolává, ovšem silnější činidla ji hodně poškozují. Vlna má využití hlavně v oděvnictví. [40]

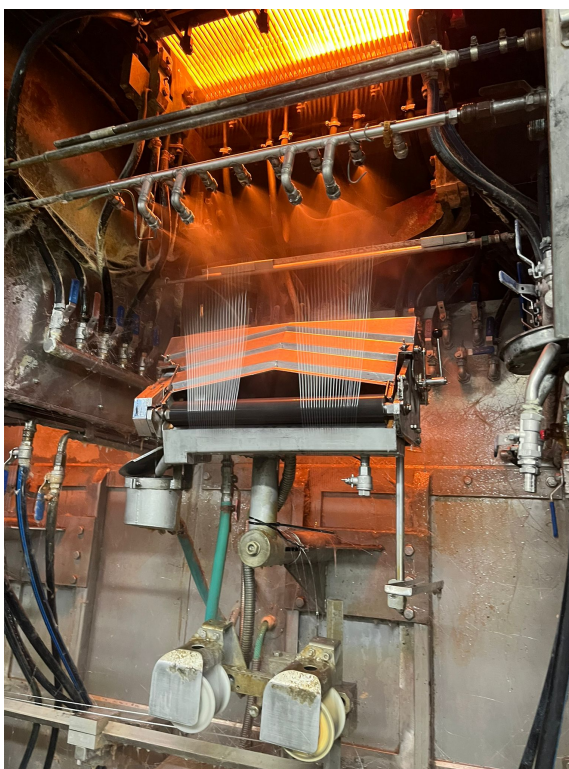
Ze sekretů bource morušového je získáváno hedvábí. Konkrétně z kokonů, které tvoří housenky při zakuklení. Hedvábí má trojúhelníkový tvar, teplotně je odolné podobně jako bavlna. Špatně odolává silným kyselinám a zásadám a také je citlivé na působení oxidačních činidel (takže i ozonu). Stejně jako vlna je hedvábí využíváno hlavně v oděvnictví. [40]

## **Anorganická vlákna**

Anorganická vlákna jsou vyráběna buď z minerálů (sklo, čedič, uhlík), nebo z kovů (zlato, stříbro, ocel). Kovová vlákna jsou používána v malé míře, a to v ozdobných tkaninách. [41]

Naopak velmi rozšířená minerální vlákna jsou skleněná. Jsou vyráběny tažením z roztavené skloviny. Důležitá je lubrikace vláken při tažení, která dodává vláknu potřebné mechanické vlastnosti. Tato vlákna jsou používána pro výrobu technických textilií či jako výztuž do různých kompozitů. Na obrázku 1.8 je zobrazen proces tažení skelných vláken z roztavené skloviny. Dále si na něm lze všimnout černého válce, který nanáší lubrikaci na tažená vlákna. [42]

Skleněná vlákna se vyznačují velkou pevností či pružností, naopak nízkou tažností či odolností v oděru. Velice důležitá vlastnost skelných vláken je nehořlavost a teplotní odolnost (do 300 °C bez větších změn). Ovšem neodolávají silným kyselinám a zásadám. Dále také mají dobré elektrické vlastnosti, výborně odolávají vnějším vlivům a oxidačním činidlům (ozonu). [43, 44]



Obrázek 1.8: Tažení skelných vláken z roztavené skloviny

## 1.5.2 Syntetická vlákna

Syntetická vlákna, nebo také někdy označována jako chemická, jsou vyráběna vytlačováním roztoku polymeru nebo jeho taveniny skrz trysku. Po vytlačení následuje tuhnutí a dlužení polymeru. Tento proces se nazývá zvlákňování. Lze vyrábět jak nekonečné vlákno, tak i krátká vlákna. Dle použitého polymeru jsou vlákna dělena na 3 základní skupiny. [39]

### Vlákna z přírodního polymeru

Vlákna mohou být zvlákňována z několika přírodních polymerů. Takové polymery jsou na bázi celulózy či proteinů. Polymery je ovšem nutné upravit, aby šly vůbec zvlákňovat. [39]

Vlákna vzniklá z polymerů na bázi rostlinných proteinů (kukuřičná či arašídová) se prakticky nevyužívají. Druhý typ jsou vlákna vzniklá ze živočišných proteinů (keratinová, kolagenová, fibroinová, kaseinová). Ovšem jsou používána většinou ve směsích s bavlnou nebo vlnou a také jen ve velmi malé míře. [39]

Více rozšířená jsou vlákna vzniklá z polymerů na bázi celulózy. Do této skupiny patří viskózová, lyocelová, acetátová vlákna a mědnaté hedvábí. První jmenovaná jsou vyráběna z upravené celulózy, získaná ze smrkového dřeva. Mají velkou navlhavost, hořlavost, malou chemickou odolnost a špatně snášejí působení oxidačních



činidel. Jsou používána hlavně v oděvnictví. [39]

Mědnaté hedvábí a lyocelová vlákna jsou také vyrobená z upravené celulózy. Základní vlastnosti a využití jsou zde podobné jako u viskózových vláken. [39]

Acetátová vlákna jsou vyrobena z derivátů celulózy. Tato vlákna nejsou moc navlhavá, nemají velkou chemickou odolnost a neodolávají oxidačním činidlům. Používají se více v oděvnictví, méně pak pro výrobu technických textilií. [39]

## **Vlákna ze syntetického polymeru**

Vlákna lze vyrábět také ze syntetického polymeru, tzn. polymeru, který byl vyroben uměle. Existuje několik vhodných polymerů pro zvlákňování, které lze i různě modifikovat. V dnešní době je tento typ vláken zvlákňován ve velkých objemech a používán pro výrobu množství různých textilních produktů. Pro přehled jsou v této kapitole uvedena nejčastěji vyráběná vlákna. Některé polymery (PE, PP, PVC), ze kterých jsou vyráběna vlákna, byly již popsány v dřívějších kapitolách, a proto zde budou zmíněny jen okrajově. [43]

Velmi rozšířená jsou polyamidová vlákna. Vyznačují se amidovou vazbou v základním řetězci. Mezi nejrozšířenější typy polyamidů je řazen PA 6 a PA 6.6. Mají dobrou pevnost a tepelnou odolnost. Při dlouhodobém vystavení vnějším vlivům, či ozonu i v malých koncentracích, vlákna křehnou a žloutnou. Používají se jak pro oděvy, tak i technické textilie. [43]

První syntetické vyrobené vlákno bylo polyvinylchloridové. Je vyráběno z polyvinylchloridu a používáno jak pro oděvy, tak pro technické textilie. Vyznačuje se nehořlavostí, nenavlhavostí a odolností proti kyselinám i zásadám. V krátkém období odolává působení oxidačních činidel, ovšem v delším období postupně degraduje. [43]

Další velice rozšířená vlákna jsou polyakrylonitrilová. Tato skupina vláken je vyráběna z polyakrylonitrilu a dalších příměsí. Existuje tedy spousta různých modifikací dle potřeby použití. Vyznačují se hořlavostí, dobrou odolností proti kyselinám, vnějším vlivům či oxidačním činidlům. Ovšem působením zásad tato vlákna degradují. Jsou používána jak v oděvnictví, tak i pro technické textilie. [43]

Nejvíce rozšířená jsou polyesterová vlákna. Polymery, z nichž jsou tato vlákna vyrobena, obsahují minimálně 85 % esterů aromatických kyselin (hlavně kyseliny tereftalové). Vyznačují se malou navlhavostí, dobrou odolností proti kyselinám, vnějším vlivům či oxidačním činidlům. Polymer lze snadno modifikovat a díky tomu vyrábět vlákna s různými vlastnostmi. Polyesterová vlákna jsou využívána jak v oděvnictví, tak v technických textiliích. [43]

Významné je i polypropylenové vlákno. Je vyráběno z polypropylenu, který byl popsán v kapitole č. 1.2. Má nízkou navlhavost, dobrou chemickou, ale špatnou tepelnou odolnost. Je používáno hlavně pro technické textilie. [43]

Vlákna lze vyrábět i z nízkohustotního polyethylenu, ovšem tato vlákna mají velmi nízkou teplotu tání (130 °C). Jsou využívána jako pojivová vlákna pro netkané textilie. [43]

Poslední významná vlákna jsou polyvinylalkoholová, vyráběná ze stejnojmenného polymeru. Mají dobrou chemickou a tepelnou stálost, ale velkou hořlavost, špatnou pevnost za mokra. Tato vlákna jsou špatně odolná působení ozonu. [45, 43]

## Speciální vlákna

Speciální vlákna jsou vlákna, která oproti obyčejným přírodním či chemickým vláknům mají určité vlastnosti značně vylepšené. Například mohou mít dvakrát až třikrát lepší mechanické vlastnosti. Tato vlákna jsou navržena pro používání hlavně v technických textiliích, kde jsou využívány právě jejich speciální vlastnosti. [39]

Dle vlastností, ve kterých vlákna vynikají, jsou dělena do několika skupin. První z nich jsou vysoce výkonná vlákna. Tato vlákna mají velkou pevnost, modul či tepelnou odolnost. Dle chemického složení jsou sem řazena keramická, uhlíková, skleněná nebo kovová vlákna. Dále také vlákna vzniklá z polyolefinů (dyneema), aramidů (kevlar, nomex), aromatických polyesterů (vectran) a dalších polymerů. Některá tato vlákna zároveň spadají mezi anorganická vlákna řešená v kapitole č. 1.5.1. Existuje tedy množství různých vláken, která jsou vyráběna pro určitou aplikaci. Ta nejvýznamnější jsou popsána v dalším odstavci. [39]

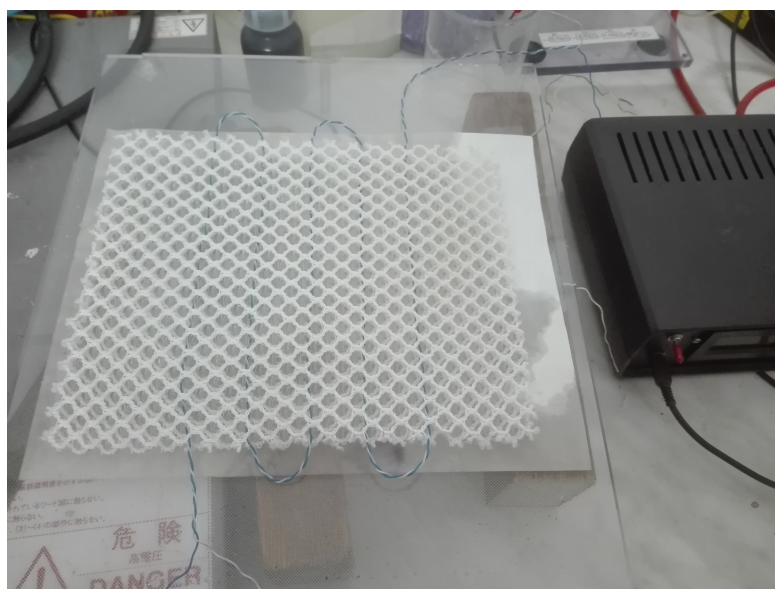
Kevlar a nomex jsou vyrobeny z aromatických polyamidů (aramidů). Kevlar se vyznačuje hlavně velkou pevností a modulem, zatímco nomex zase velkou tepelnou odolností (až 230 °C). Ovšem špatně odolávají silným kyselinám, zásadám nebo oxidačním činidlům. Dyneema je obchodní název jednoho z polyolefinových vláken. Je vyrobeno z ultra vysoce hustotního polyethylenu. Vyznačuje se velkou pevností. Chemické vlastnosti jsou podobné jako normálního PE, ovšem má lepší odolnost proti oxidačním činidlům. [39]

Druhá skupina speciálních vláken se nazývá vysoce funkční. Tato vlákna mají vylepšené různé funkční vlastnosti, např. komfort, lepší ochranu proti UV záření či mikroorganismům. Většinou se jedná o již popsaná vlákna, která jsou určitým způsobem upravena. Přičemž úpravy mohou být provedeny v samotném polymeru, při zvláknění nebo i při zušlechťování vyrobených textilií. Ovšem provádění úprav polymeru pro docílení určité vlastnosti je dost nákladné, proto jsou využívány více úpravy při zušlechťování. [39]

Dále ještě existují vlákna pro speciální aplikace (např. pro absorbenty), ze speciálních polymerů (např. biopolymerů) nebo vlákna do kompozitů (zde se často používají anorganická vlákna, popsaná dříve). [39]

## 2 Praktická část

V praktické části mé minulé, bakalářské, práce bylo sestaveno zařízení, které plošně generuje ozon. Bylo složeno z distanční textilní pleteniny s vodiči zkroucenými do šroubovice a zdroje vysokého napětí. Takové zařízení bylo vyladěno, aby generovalo ozon v určité intenzitě. Ovšem při dlouhodobém používání zařízení byly zjištěny určité nedostatky. Po několika hodinách fungování zařízení, začala degradovat kabelová izolace. Dále i vlákna v textilní pletenině začala postupně degradovat. Bylo to způsobeno tím, že ozon je silný oxidant a hodně materiálů nesnese jeho působení. Na obrázku 2.1 je toto zařízení zobrazeno.



Obrázek 2.1: Sestrojené zařízení v rámci bakalářské práce

Cílem praktické části této práce je pomocí nových poznatků či poznatků získaných v bakalářské práci, zkonstruovat nové zařízení, které bude vylepšené. Kromě odstranění výše zmíněných nedostatků minulého zařízení je cílem, aby nové zařízení bylo přenosné. Dále budou provedeny konkrétní experimenty hubení mikroorganismů a změřena produktivita zařízení.

## 2.1 Návrh konstrukce zařízení

V úvodu praktické části byl popsán její cíl - sestavení určitého zařízení. Než však může být toto zahájeno, je nutné nejprve navrhnout konstrukci. V první řadě bylo řešeno, jaké komponenty bude zařízení obsahovat. Jelikož navrhované zařízení konstrukčně vychází ze zařízení sestaveného v rámci mé bakalářské práce (na obrázku 3.1), bude také obsahovat zdroj vysokého napětí a textilií. K ní budou připevněny zkroucené vodiče do šroubovice a připojeny na zmíněný zdroj VN.

Navrhované zařízení má být při svém chodu mobilní. To znamená, že bude určitým způsobem upevněno k obsluze. Nabízí se upevnit toto zařízení konkrétně k ruce obsluhy. Tento cíl bude během konstrukce brán v potaz.

V teoretické části byly zmíněny silné oxidační účinky ozonu. Ani lidské tělo delší vystavení ozonu v silné koncentraci nesnáší dobře. Jelikož ale bude zařízení při svém chodu upevněno na lidskou ruku, bude do něj přidán materiál, který ozon od ruky odstíní. Tento materiál se musí nacházet mezi vodiči generující ozon a rukou obsluhy. Z toho vyplývá, že ozon ze zařízení nebude proudit do okolí z obou stran textilie, ale jen z jedné.

## 2.2 Výběr vhodných komponentů

Dlouhodobém používání zařízení, vyrobeného v rámci bakalářské práce, bylo objeveno použití ne úplně vhodných komponentů. Při návrhu nového a vylepšeného zařízení je v první řadě nutné řešit výběr vhodných jednotlivých komponentů.

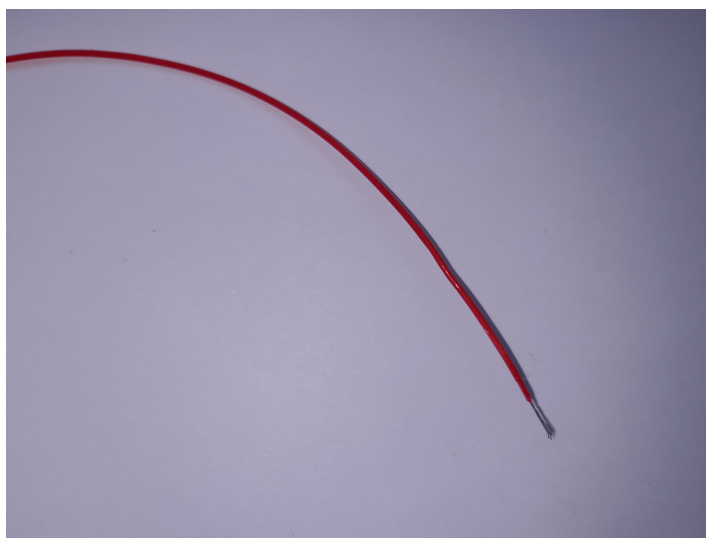
### 2.2.1 Vodiče vysokého napětí

Jako první byl řešen výběr vhodných vodičů vysokého napětí. Základní problém, který zde byl řešen, spočíval ve velkých oxidačních vlastnostech ozonu. Vodiče, které byly použity v dříve sestaveném zařízení, měly izolaci z polyvinylchloridu. Ukázalo se, že izolace z takového materiálu je nevhodná, neboť při dlouhodobém používání zařízení tato izolace začne degradovat a vodiče se přepálí.

V teoretické části této práce byly popsány nejrůznější běžně dostupné izolace pro vodiče. Bylo nutné vybrat takový materiál, který výborně odolává působení ozonu, respektive jeho oxidačním vlastnostem. Teoreticky možných materiálů bylo více. Ovšem vzhledem k dostupnosti na trhu a i samotné ceně, se jevílo vhodné použít izolaci vodičů z polytetrafluorethylenu (obchodní název teflon).

Firma Telemeter Electronic prodává širokou škálu vodičů s PTFE izolací. Z jejich nabídky byl vybrán vodič s následujícími parametry. Jádrem vodiče je vyrobeno ze stříbřené mědi. Skládá se ze 7 žil, každá o průměru 0,1 mm. Izolace je vyrobena z polytetrafluorethylenu. Celkový průměr vodiče je 0,56 mm. Vodič odolává teplotám až 200 °C.

Na obrázku 2.2 je zobrazen detail vodiče. Dále lze z obrázku pozorovat, že ob-



Obrázek 2.2: Detail vybraného vodiče

jednaný vodič je jednožilový. Ovšem pro funkčnost zařízení je nutné mít vodič dvoužilový, aby mezi jednotlivými žilami mohly probíhat korónové výboje. Právě tyto výboje rozkládají kyslík na radikály, které se spojí s dalšími molekulami kyslíku za vzniku ozonu. Dále nutné mít žíly co nejvíce u sebe, aby se tvořilo co nejvíce výbojů. Bylo tedy nutné vyrobit dvoužilový vodič.

Pro výrobu dvoužilového vodiče se jeví jako vhodnou metodu použít zakrucování do šroubovice. Vodič byl nejprve rozmotán a v půlce jeho délky přeložen. V místě přeložení byl vodič upevněn na vrtačku. Dva volné konce byly kolegou uchopeny do ruky, aby nedošlo k jejich otáčení. Poté byl vodič napnut a spuštěna vrtačka. Díky jejímu otáčivému pohybu došlo během několika desítek sekund k zakroucení přeloženého vodiče napůl do šroubovice. Nakonec byl zakroucený vodič namotán zpět na cívku a v místě přeložení přeříznut. Na obrázku 2.3 lze vidět zakroucený vodič, který bude dále využit při konstrukci zařízení.



Obrázek 2.3: Detail zakrouceného vodiče

## 2.2.2 Textilie

V další fázi bylo třeba vybrat vhodnou textílii, ke které budou později připevněny vodiče vysokého napětí. Stejně jako u výběru vhodného vodiče, i zde byl základní problém s velkými oxidačními schopnostmi ozonu. Materiál použitý v dříve sestaveném zařízení po dlouhodobém působení ozonu začal žloutnout a degradovat. Bylo tedy nutné vybrat materiál, který bude odolný dlouhodobému působení ozonu.

Pro výběr vhodné textilie byly v teoretické části této práce popsány prakticky všechny textilní materiály. Byly zde zmíněny jak obecné vlastnosti, tak také jejich odolnost vůči oxidačním procesům. Z teoretické části tedy vyplývá, že z přírodních vláken jsou rostlinná a živočišná vlákna špatně odolná proti působení ozonu. Co se týče využití syntetických vláken, tak to samé platí pro vlákna vyrobená z přírodního polymeru. Vlákna vyrobená ze syntetického polymeru už odolávají (až na výjimky) působení ozonu lépe. Ovšem při dlouhodobé přítomnosti v okolí silných oxidačních činidel nastává jejich degradace. Dále ještě existuje velmi rozmanitá skupina speciálních vláken. Jak název napovídá, speciální vlákna jsou vyvinuta pro určité speciální aplikace. Jejich jednotlivé vlastnosti jsou tedy dosti odlišné. Co se týče odolnosti vůči oxidačním procesům, tak existuje několik vláken, které odolávají celkem solidně (například dyneema vlákno). Hodně speciálních vláken (některá z nich by se jevila vhodná pro použití v navrhovaném zařízení) je vyráběno pouze experimentálně nebo v malých objemech a sehnat taková vlákna za rozumnou cenu je obtížné.

Mezi přírodní anorganická vlákna, ale také ke speciálním vláknům, je řazeno vlákno skleněné. Stejně jako sklo, má výbornou odolnost proti působení oxidačních vlivů a tím pádem i ozonu. Textilie ze skelných vláken jsou vyráběny několika firmami ve velkých objemech. Díky těmto aspektům byla pro konstrukci zařízení zvolena skelná textilie.



Obrázek 2.4: Vybraná skelná textilie

Konkrétně se jednalo o tkaninu dodanou firmou Promat s.r.o. s následujícími parametry. Obchodní název tkaniny je PROMAFLEX<sup>o</sup>-1000, barva bílá až zlatá, teplotní odolnost 1000 °C, chemické složení 97,8 % oxid křemičitý a zbytek ostatní příměsi (např. alkálie či další oxidy). Tato tkanina je zobrazena na obrázku 2.4. Další její vlastnosti jsou uvedeny v produktovém listu v příloze 1.

### 2.2.3 Zdroj vysokého napětí

Po výběru vhodného vodiče a textilie, bylo třeba nalézt vhodný zdroj vysokého napětí. Právě díky vysokému napětí mohou mezi vodiči probíhat korónové výboje a vznikat ozon. V dříve sestaveném zařízení byl použit nízkovýkonový zdroj vysokého střídavého napětí, který byl sestaven v dílně Katedry netkaných textilií a nanovlákných materiálů Fakulty textilní TUL. Tento zdroj dokázal generovat vysoké napětí od 0 do 30 kV, ale svými rozměry nebyl pro dané použití úplně ideální a také musel být připojen do elektrické rozvodné sítě na 230 V.

Pro nově sestavované zařízení bylo třeba nalézt zdroj vysokého střídavého napětí s vhodnějšími parametry. Hlavním cílem bylo najít mobilní zdroj, to znamená zdroj, který při své činnosti nebude muset být připojen k elektrické rozvodné síti. Navrhované zařízení by nemělo mít velké rozměry. Proto druhý faktor, na který byl při výběru zdroje brán zřetel, byla jeho velikost. Jinými slovy, hledaný zdroj by měl mít napájení z akumulátoru. Dále by měl být co nejmenší, zároveň ale s dostatečným výkonem.

Na internetu byly nalezeny a porovnány zdroje s různými parametry od různých výrobců. Jako nejvhodnější pro uvažované použití se jevil zdroj vysokého napětí od firmy Hadex s.r.o., který byl objednáán a dodán.



Obrázek 2.5: Vybraný zdroj vysokého napětí [46]

Na obrázku 2.5 je zobrazen vybraný zdroj vysokého napětí. Napájen je pomocí jednoho bateriového článku (Li-Ion). Podrobně je tento zdroj VN popsán v produk-

tovém listu v příloze 2. Zde jsou uvedeny jeho základní parametry:

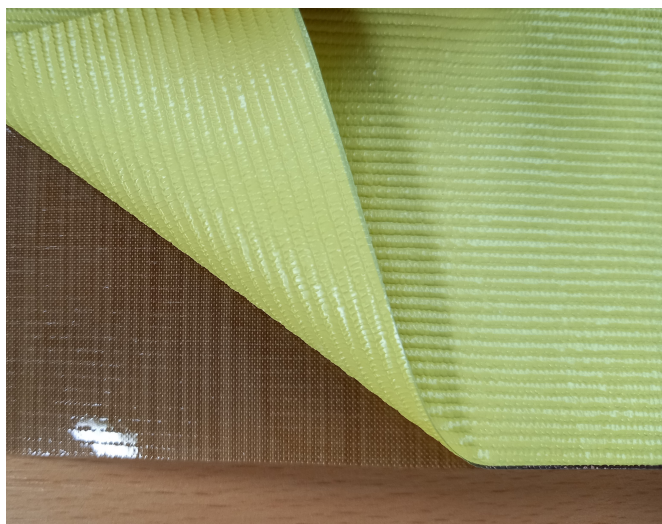
napájecí stejnosměrné napětí:	3,7 až 4,2 V
odběr proudu ze zdroje:	maximálně 2 A
výstupní napětí:	minimálně 15 kV
výstupní proud:	maximálně 400 $\mu$ A
rozměry:	42 x 32 mm (bez baterie)
hmotnost:	43 g (bez baterie)

## 2.2.4 Stínění ruky od ozonu

Dle návrhu konstrukce sestavovaného zařízení, bude toto zařízení při používání uchyceno na lidskou ruku. To znamená, že ruka bude v bezprostřední blízkosti generátoru ozonu. Jelikož je ozon velký oxidant, je třeba vodiče generující ozon od lidské ruky odstínit.

Pro dobré odstínění ruky od ozonu, který generují vodiče, bylo nutné zvolit materiál, který není pórovitý. Důležité ovšem bylo, aby byl tento materiál co nejvíce odolný vůči ozonu. Dále také bylo třeba, aby tento materiál byl ohebný.

S ohlednutím na odolné materiály proti působení ozonu, popsané v teoretické části, a po prostudování různých řešení na internetu, byla pro odstínění ruky zvolena PTFE fólie vyztužená skelnými vlákny. Fólie byla vybrána od firmy TYMA CZ, s.r.o. Dle výrobce má následující vlastnosti: teplotní odolnost od  $-70$  °C do  $+260$  °C, nehořlavost, vysoká chemická odolnost, odolnost vůči stárnutí, plísni, UV záření, infračervenému a vysokofrekvenčnímu záření. Podrobněji je fólie popsána v produktovém listu v příloze 3.



Obrázek 2.6: Detail použité fólie

Na obrázku 2.6 je zobrazen detail vybrané teflonové fólie. Její velkou výhodou je, že je samolepící, takže půjde snadno přichytit k textilií.



## 2.3 Konstrukce zařízení

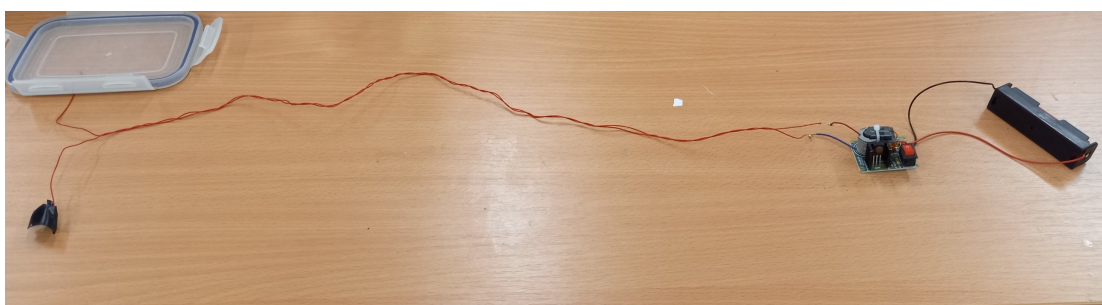
V předchozí kapitole byly pro sestavení zařízení vhodně vybrány všechny potřebné materiály. Proto poté mohla následovat samotná konstrukce zařízení. Té se věnuje tato kapitola.

### 2.3.1 Maximální délka vodiče

V bakalářské práci bylo zjištěno, že pomocí speciální koro-kamery (CoroCam UVI-RCO) lze sledovat, zda vodiče připojené na zdroj vysokého napětí generují ozon. Pomocí této kamery byl prováděn důkaz funkčnosti zařízení ve všech experimentech během konstrukce zařízení.

V první fázi bylo třeba vyzkoušet, zda pomocí nového mobilního zdroje půjde generovat ozon, podobně jako to fungovalo se stacionárním zdrojem. Pro tento účel byl využit stejný vodič (šroubovice UTP kabelu s izolací z PVC) jako v dříve sestrojeném zařízení. Tento vodič měl délku zhruba 50 cm. První konce vodičů byly připájeny k vycházejícím ze zdroje VN a druhé konce byly od sebe oddáleny. Po spuštění zařízení šlo pomocí koro-kamery sledovat výboje mezi vodiči a tím pádem tvorbu ozonu. Z toho vyplývalo, že navržený zdroj VN lze dále v konstrukci zařízení použít.

V další části bylo nutné vyzkoušet, zda i navržené vodiče s izolací z PTFE budou pomocí mobilního zdroje VN generovat ozon. Z cívky připraveného zakrouceného vodiče byl ustřižen 50 cm dlouhý kus. Poté byl připájen k vývodům zdroje místo vodiče z UTP kabelu, se kterým proběhl minulý experiment. Opět byly druhé dva konce od sebe oddáleny a bylo spuštěno zařízení. Ovšem pomocí koro-kamery bylo zjištěno, že mezi vodiči neprobíhají výboje, a tudíž se ozon netvoří. Po konzultaci s odborníky na fyzikální jevy bylo zjištěno, že izolace z PTFE má nižší relativní permitivitu než izolace z PVC. To má za následek, že pro tvorbu výbojů mezi vodiči dlouhých 50 cm a izolací z PTFE je nutné použít větší výkon zdroje než u stejně dlouhých vodičů s izolací z PVC.



Obrázek 2.7: Sestavené zařízení pro zjištění maximální délky vodičů

Řešením tohoto problému bylo zkracování délky vodičů. Proto v dalších experimentech byly vždy vodiče zkráceny o 3 cm. Se zapnutým zdrojem byly pomocí koro-kamery pozorovány postupně tvořící se výboje. Nakonec bylo zjištěno, že se

výboje tvoří po celé délce vodičů s délkou 38 cm. Tato délka je tedy maximální možnou délkou vodičů s danou izolací, kdy společně s daným zdrojem jsou mezi vodiči tvořeny korónové výboje v celé jejich délce.

Na obrázku 2.7 je zobrazen zdroj VN a k němu připojeny vodiče s PTFE izolací. Takto bylo sestavené zařízení během hledání optimální délky vodičů.

### 2.3.2 Tvar zařízení a úprava komponentů do tohoto tvaru

V další části práce byl řešen tvar zařízení. Konkrétně bylo třeba navrhnout tvar textilie a fólie, která bude později na textilií přilepena.

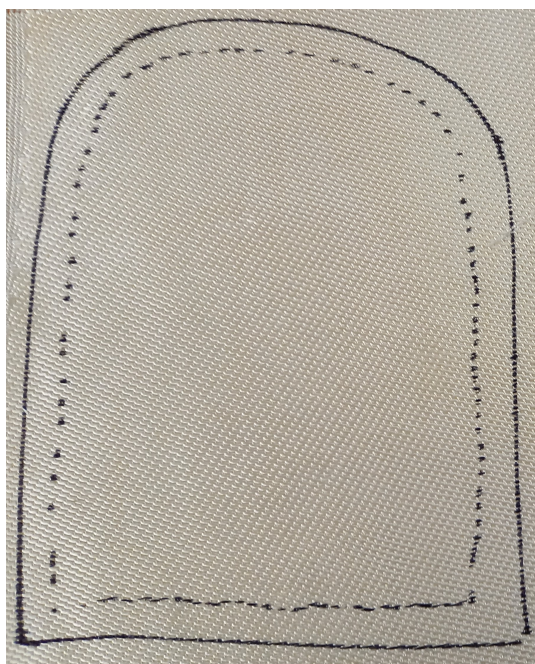
Jelikož bude zařízení při jeho používání uchyceno na lidskou ruku, návrh jeho tvaru vycházel právě z tvaru ruky. Nejprve byla vytvořena šablona. Na papír byl obkreslen přibližný tvar ruky s menší rezervou. Následně byla strana kolem prstů rovnoměrně zakulacena. Není totiž cílem mít tvar zařízení vykrojený podle tvaru prstů, nýbrž souměrný. A také mít ho zhruba o něco málo větší, než je ruka dospělého muže. Na obrázku 2.8, je zachycen průběh návrhu tvaru zařízení na papírovou šablonu.



Obrázek 2.8: Tvorba papírové šablony

Následně byla vytvořená šablona položena na textilií a přerušovanou čarou obkreslen její tvar. Textilii je ovšem nutné olemovat, aby nedocházelo k jejímu párání. Olemováním bude zmenšena užitná plocha textilie, kde budou umístěny vodiče VN. Proto bylo nutné navržený rozměr kolem dokola zhruba o 1 cm zvětšit. Plná čára na obrázku 2.9 znázorňuje výsledný tvar textilie (a tím i zařízení) po zvětšení pro olemování.

Dále bylo ještě nutné upravit tvar sklo-teflonové fólie. Jelikož fólie bude přilepena na textilií, musí mít stejné rozměry. Na fólii byl obkreslen tvar papírové šablony



Obrázek 2.9: Navržený tvar textilie

a opět kolem dokola o 1 cm zvětšen. Nakonec byla fólie podle obkresu vystřížena. Na obrázku 2.10 lze vidět vystříženou fólii.

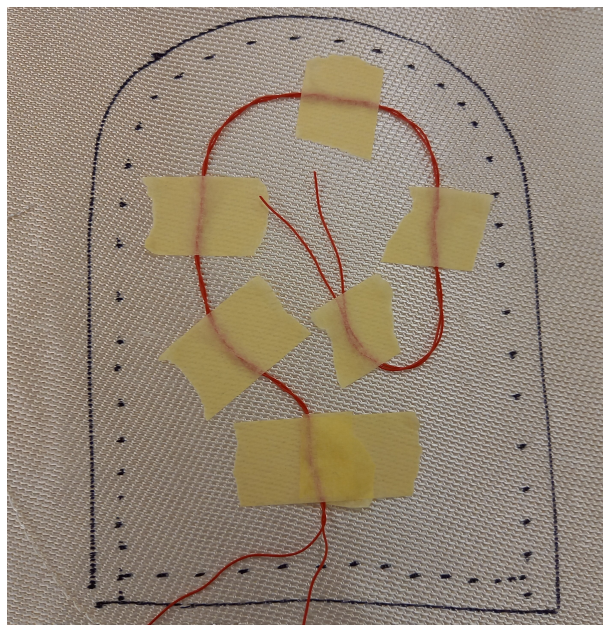


Obrázek 2.10: Výsledný tvar fólie

### 2.3.3 Připevnění vodičů k textílii

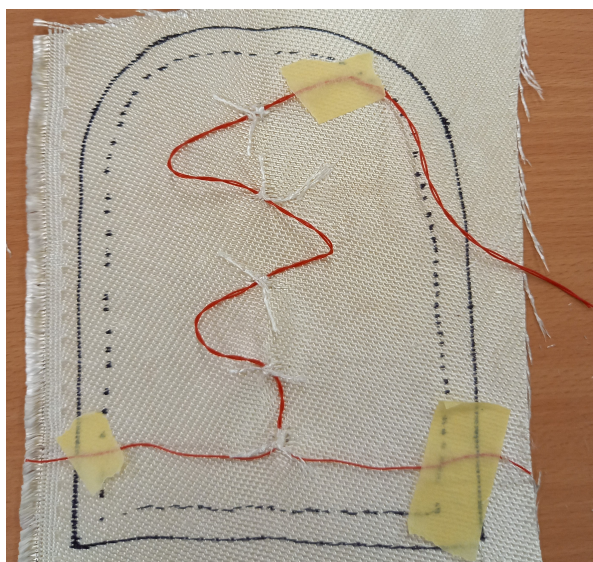
Po návrhu a načrtnutí rozměrů na textílii, následovalo připevnění připravených vodičů VN. Nejprve muselo být zvoleno vedení vodičů, neboli místa na textílii, kudy povedou vodiče VN. Protože bylo cílem vytvořit plošný generátor ozonu, nestačilo jen vodiče natáhnout rovně v jedné linii. V úvahu připadlo více možností. Při určování optimálního vedení byla brána v zřetel jak samotná délka zakroucených vodičů, tak i poznatek o šířce oblasti s vysokou koncentrací ozonu kolem vodičů, které ho generují. Tato délka byl zjištěna v experimentech v bakalářské práci a byla zhruba 3,5 cm.

Vzhledem k výše uvedeným poznatkům byly brány v úvahu dvě varianty vedení vodičů. Obě byly sestaveny. První možné vedení bylo do spirály od okraje textílie směrem do středu s roztečí zhruba 3,5 cm. Druhé pak vedlo obloučky v přímém směru delší strany textílie. Přičemž v obou možnostech zakroucené vodiče vedly od středu spodní hrany a oba konce vodičů byly rozkroucené (volné). První konec šroubovice byl rozkroucený v délce zhruba 6 cm pro vyvedení vodičů na strany textílie a následnému připojení ke zdroji VN. Vodiče na druhém konci byly rozkrouceny v délce zhruba 3 cm a ponechány dál od sebe, aby mezi jejich konci nedošlo ke zkratu. Výhodou první možnosti byla o trochu větší plocha generující ozon. Oproti tomu ve druhé variantě byla výhoda použití kratšího vodiče.



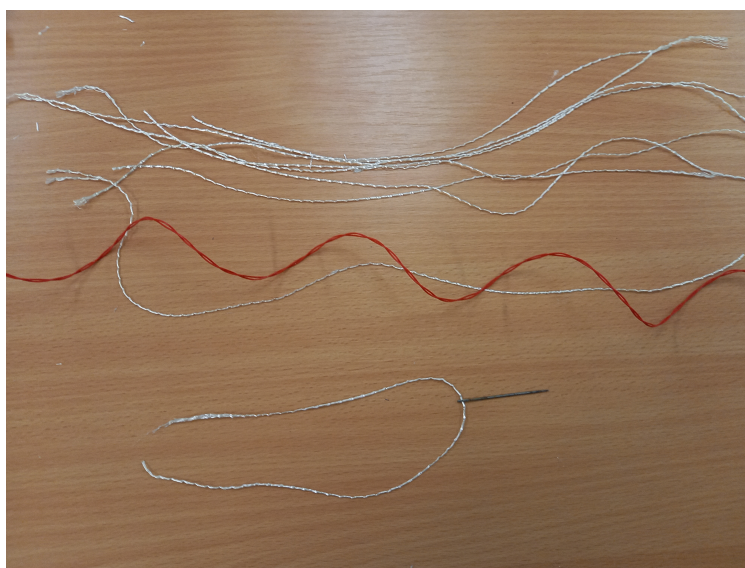
Obrázek 2.11: Vedení vodičů do spirály

Na obrázcích 2.11 a 2.12 jsou zobrazeny obě navržené varianty. Zároveň bylo u druhé popsané varianty vedení vodičů řešeno jejich samotné připevnění k textílii. Nejdříve byly ze skelné textílie vypárány příze. Pomocí jehly a stehů byly zakroucené vodiče na několika místech připevněny k textílii. U varianty zařízení s vedením do spirály byly vodiče zatím provizorně přilepeny k textílii papírovou páskou. Použité



Obrázek 2.12: Vedení vodičů přímo s obloučky

skelné příze a jehla jsou zobrazeny na obrázku 2.13.



Obrázek 2.13: Použitá příze, jehla a zakroucené vodiče

Následně byly sestavené varianty zařízení postupně připojeny na zdroj VN. Po zapnutí zařízení bylo pomocí koro-kamery sledováno, zda vodiče generují ozon. Pro představu jsou záběry z koro-kamery zachyceny na obrázku 2.14. Vodiče generující ozon zde jasně svítí.

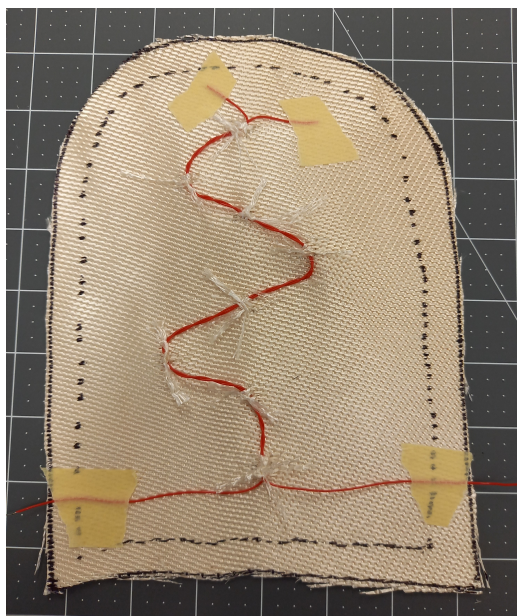
Ovšem ani jedno sestavené zařízení nefungovalo dle předpokladu. Vodiče generovaly ozon pouze v určitých místech a ne v celé své délce. Po konzultaci s odborníky na fyzikální jevy bylo zjištěno, že blízkost a dotek textilie k vodičům má vliv na generaci ozonu (zhoršuje ji). Pro zajištění generace ozonu v celé délce vodiče je třeba



Obrázek 2.14: Zakroucené vodiče generující ozon, foceno koro-kamerou

buď zvýšit výkon zdroje, nebo zkrátit vodiče. Jelikož výkon vybraného zdroje nelze zvýšit, byla vybrána druhá možnost.

V dalších experimentech bylo ke zdroji připojeno zařízení s vodiči vedenými obloučky. Vždy byly vodiče o 2 cm zkráceny, zapnut zdroj VN a pomocí koro-kamery sledována generace ozonu. Po několika takových opakování nakonec vodič v celé zakroucené délce generoval ozon. Celkem byl zkrácen zhruba o 10 cm. Ovšem takové velké zkrácení vylučovalo použití zařízení s vedením vodičů po textilií do spirály.



Obrázek 2.15: Vystřižená textilie s připevněnými vodiči VN

Pro další pokračování konstrukce zařízení byla zvolena textilie s vodiči vedenými obloučky v přímém směru. Následně proběhlo připevnění zakroucených vodičů dalšími stehy a volné konce byly proti pohybu přilepeny páskou k textilii. Nakonec byla textilie vystřižena podle navrženého tvaru (podle plné čáry). Na obrázku 2.15 je zobrazeno takto sestavené zařízení.

### 2.3.4 Sestavení textilní části zařízení

V předchozí kapitole bylo vyřešeno vedení vodičů na textilií a jejich následné připevnění. V dalších krocích následovala kompletace textilní části zařízení. Nejprve bylo řešeno připevnění sklo-teflonové fólie. To bylo velmi jednoduché. Fólie byla samolepící, tzn., že z jedné strany byla výrobcem opatřena lepidlem. Lepidlo bylo přikryto slabou krycí fólií. Ta byla odlepena a samotná sklo-teflonová fólie byla přilepena na textilií přes vodiče VN. Textilie v některých místech trochu přesahovala, proto byla nůžkami zkrácena. Na obrázku 2.16 je zobrazeno takto sestavené zařízení. Vodiče VN jsou tedy umístěny mezi textilií a fólií. Z boku zařízení jsou pak vyvedeny vývody pro pozdější připojení vodičů ke zdroji VN.



Obrázek 2.16: Textilie s vodiči VN a přilepenou teflonovou fólií

Použitá textilie byla ovšem po ustřižení náchylná k párání. Proto bylo nutné zařízení olemovat. To bylo provedeno na šicím stroji za pomoci pracovníků Katedry oděvnictví Fakulty textilní TUL. Šev lemu byl proveden ve vzdálenosti zhruba 1 cm od okraje zařízení. Na obrázku 2.17 lze vidět olemované zařízení. Pohled je na spodní stranu.

Protože zařízení má být během své činnosti upevněno na lidskou ruku, bylo nutné vyřešit samotné uchycení. Po úvaze nad více možnostmi bylo zvoleno uchycení pomocí dvou pásků, kdy po položení ruky na zařízení (na stranu kde se nachází fólie) bude jeden pásek nad prsty a druhý nad zápěstí. Jelikož použitá sklo-teflonová fólie je tuhá, ale zároveň i ohebná, nabízí se jako vhodný materiál pro výrobu pásků.

Samotná výroba pásků spočívala v ustřižení čtyř dílů sklo-teflonové fólie s rozměry zhruba 4 cm x 20 cm. Následně byly z těchto dílů odstraněny krycí fólie lepivých částí a vždy 2 díly slepeny k sobě. Toto bylo provedeno pro větší pevnost a tuhost vyráběných pásků.



Obrázek 2.17: Olemované zařízení, pohled na spodní stranu

V dalším kroku byla k zařízení přiložena ruka a také vyhotovené pásy. Protože bude nutné pásy zkrátit na míru, byla odměřena ideální velikost pásků. Nakonec byly pásy nůžkami zkráceny a pomocí šicího stroje přišity k zařízení. Na obrázku 2.18 je zobrazeno zařízení s připevněnými pásy.



Obrázek 2.18: Zařízení s připevněnými pásy



### 2.3.5 Připevnění zdroje VN k zařízení

Posledním krokem během konstrukce zařízení bylo připevnění zdroje VN k zařízení. V předchozí části byly na zařízení vyhotoveny pásky pro uchycení na ruku. Tyto pásky jsou hodně tuhé, a proto se nabízí využít je pro uchycení zdroje VN.

Zdroj VN je složen z pouzdra na akumulátor a samotného modulu zdroje VN. Tyto dvě části jsou spojeny vodiči s délkou zhruba 10 cm. Proto bylo rozhodnuto, že na jednom pásku bude upevněn modul zdroje VN a na druhém pouzdro na akumulátor. S tím, že modul zdroje bude upevněn na pásek nad předloktím ruky (zde jsou i připraveny vývody vodičů z nitra zařízení). Pouzdro pak na pásek nad prsty.

Samotné upevnění proběhlo následovně. V každém rohu modulu zdroje a pouzdra byla vytvořena malá díra. Poté byly obě části zdroje VN přiloženy na střed pásek a vytvořené díry obkresleny. Následně byly dle obkreslení vytvořeny díry i do pásek. Nakonec došlo s využitím vytvořených děr k připevnění modulu zdroje a pouzdra na akumulátor k páskům pomocí slabých drátů.



Obrázek 2.19: Zařízení po připevnění zdroje VN

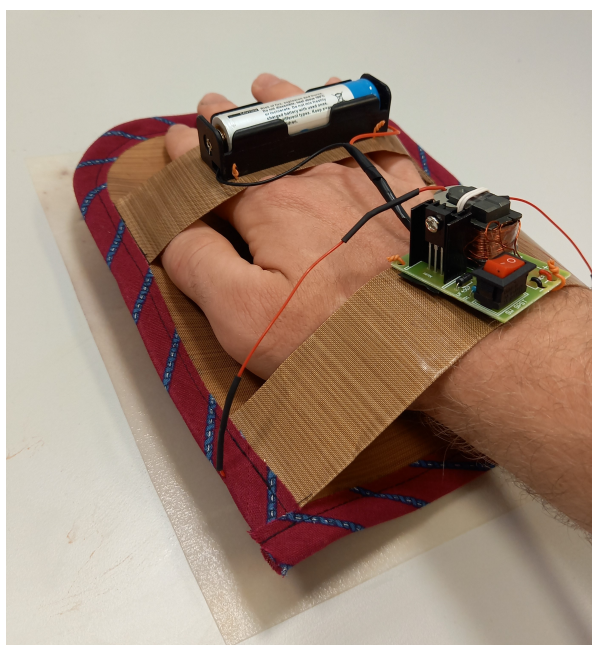
Po připevnění zdroje VN k zařízení zbývalo připojit vodiče, které vycházejí z nitra zařízení, k vodičům, které vycházejí z modulu zdroje VN. Ovšem nejdříve bylo nutné vodiče vycházející z nitra zařízení nastavit, protože byly pro připojení k modulu zdroje VN moc krátké. Z cívků zakroucených vodičů byly ustřiženy vodiče v délce 10 cm. Následně byly rozkrouceny a každý vodič byl pomocí pájky připájen k jednotlivému vývodu. Poté byly prodloužené vodiče přesně naměřeny k vývodům modulu zdroje, zkráceny a opět připájeny. Nakonec byly pájené spoje zaizolovány. Na obrázku 2.19 je zobrazeno zařízení s připevněným a připojeným zdrojem VN.

### 2.3.6 Ověření funkčnosti zařízení

V předchozích kapitolách bylo postupně sestaveno mobilní zařízení pro generaci ozonu z textilní struktury. V další části pak bylo nutné ověřit funkčnost tohoto zařízení. Po poradě s odborníky na chemii byl pro tento účel namíchán roztok 10 % jodidu draselného a 0,5 % škrobu v destilované vodě. Tento roztok totiž v přítomnosti ozonu ztmavne a lze tak pomocí něho ozon snadno detekovat.

Nejprve byl vzat filtrační papír a napuštěn výše zmíněným roztokem. Následně byl vložen nabitý Li-Ion akumulátor do jeho pouzdra. Poté bylo zařízení navlečeno na ruku, přiblíženo do vzdálenosti cca 2 cm nad napuštěný filtrační papír a spuštěno (spínačem byl spuštěn zdroj VN) po dobu 120 sekund.

Na obrázku 2.20 je zachycen výše popsáný experiment (foceno před spuštěním zařízení).



Obrázek 2.20: Zařízení po připevnění zdroje VN

Po 120 sekundách působení ozonu na roztokem napuštěný filtrační papír došlo k jeho plošnému zbarvení do fialové barvy. Z toho lze usuzovat, že zařízení funguje a generuje plošně ozon. Na obrázku 2.21 je zobrazen filtrační papír napuštěný roztokem, který byl 120 sekund vystaven působení ozonu.

Díky tomuto jednoduchému experimentu byla ověřena funkčnost zařízení. Kromě zmíněného experimentu lze přítomnost ozonu detekovat i čichem. Následně mohou být se zkonstruovaným zařízením provedeny experimenty.



Obrázek 2.21: Filtrační papír napuštěný roztokem KI a škrobu po 120 sekundách působení ozonu

## 2.4 Experimenty se zkonstruovaným zařízením

V minulé části práce bylo sestaveno (a ověřeno skrz funkčnost) mobilní zařízení, které plošně generuje ozon. Následně s ním bylo provedeno několik experimentů. V první části bylo cílem zjistit jakou má zařízení produktivitu. V druhé části pak bylo ověřováno, zda je zařízení schopné usmrcovat mikroorganismy.

### 2.4.1 Měření produktivity ozonu

Ve spolupráci s Katedrou materiálového inženýrství Fakulty textilní TUL bylo pomocí speciálně sestaveného měřicího zařízení provedeno měření množství ozonu (resp. jeho koncentrace v okolním vzduchu), které zkonstruovaný mobilní generátor vyrábí.

Použité měřicí zařízení je zobrazeno na obrázku 2.22. Skládalo se z uzavřeného boxu o objemu 2,8 l, do kterého byl vložen zkonstruovaný generátor ozonu. Z tohoto boxu vystupovaly 2 hadičky. První, tedy č. 1, vedla ke kompresoru (na obrázku je zobrazen napravo). Pomocí něho a hadičky byl do boxu přiváděn vzduch o objemu 6 litrů za 1 minutu. Druhá hadička, tedy č. 2, vedla z boxu do analyzátoru (na obrázku je zobrazen vlevo v popředí). Hadičkou proudil do analyzátoru produkováný ozon společně se vzduchem z kompresoru. Analyzátor pak měřil koncentraci ozonu ve vzduchu v jednotkách mg/l. Následně směs ozonu a vzduchu vystupovala z analyzátoru a pomocí třetí hadičky proudila do destruktora (na obrázku je zobrazen vlevo v pozadí). Zde se ozon rozkládal a zpět do okolí pak proudil jen vzduch.

Před začátkem měření byl analyzátor zkalibrován. Následně byl zapnut generátor ozonu, uzavřen box a spuštěn kompresor. Na displeji analyzátoru byly sledovány naměřené hodnoty. Bylo provedeno několik měření, ovšem na displeji analyzátoru byla zobrazena vždy nula. Nejmenší koncentrace ozonu, kterou dokáže analyzátor



Obrázek 2.22: Zařízení pro změření koncentrace produkovaného ozonu v okolním vzduchu

detekovat, je 0,1 mg/l. Z toho lze usuzovat, že při takto sestaveném měřicím zařízení, generuje zkonstruovaný mobilní generátor ozon v koncentracích maximálně v řádu setin mg/l. Bohužel Fakulta textilní jiným analyzátozem ozonu nedisponuje, proto nebylo možné provést měření přesněji.

## 2.4.2 Měření inhibice bakterií

Ve spolupráci s Katedrou chemie Fakulty přírodovědně-humanitní a pedagogické TUL bylo provedeno měření účinnosti zkonstruovaného zařízení na inhibici vybraných bakteriálních kmenů.

Měření proběhlo následovně. Do Petriho misky s kultivačním médiem byly vloženy vzorky o rozměrech 20 x 20 mm složené z bavlněných a polyesterových vláken (50 % a 50 %). Následně na ně byly nanесeny 2 různé bakteriální kmeny (vždy 1 druh kmenu na 1 vzorek). Konkrétně to byly bakterie *Escherichia coli* a *Staphylococcus aureus*.

Ke každému vzorku byl vždy přiblížen na určitou vzdálenost (1 cm nebo 5 cm) a určitou dobu (10, 30 nebo 60 sekund) zapnutý zkonstruovaný mobilní generátor ozonu. Ozon tedy vždy po určitou dobu působil na vzorek. Poté byla vždy Petriho miska se vzorkem přikryta víkem a následovala inkubace v inkubátoru při teplotě 37 °C po dobu 24 hodin. Po této době byl vyhodnocen růst bakterií kolem vzorků a pod vzorky.

Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.1. Čísla udávají počet bakterií (okolo nebo pod vzorkem), označení KV znamená nepočitatelné množství (bez inhibice). V tabulce je mimo jiné uveden vzorek s názvem standard. Tento vzorek nebyl vystaven působení ozonu, ale jinak prošel stejnými úpravami a inkubacemi jako ostatní vzorky. Z výsledků uvedených v tabulce 2.1 vyplývá, že na bakteriální kmen *Escherichia coli* zkonstruovaný mobilní generátor ozonu nemá žádnou účinnost, protože pod vzorkem i okolo vzorku byl nárůst bakterií bez náznaku inhibice. Oproti tomu u bakteriál-

Tabulka 2.1: Hodnocení inhibice bakterií okolo vzorku a pod vzorkem

Vzorek č.	a) Vzdálenost od vzorku b) Čas osvitů	Escherichia coli a) Inhibice pod vzorkem b) Inhibice okolo vzorku	Staphylococcus aureus a) Inhibice pod vzorkem b) Inhibice okolo vzorku
Standart	—	a) KV b) KV	a) KV b) KV
1	a) 1 cm b) 10 sekund	a) KV b) KV	a) 0 b) 62
2	a) 1 cm b) 30 sekund	a) KV b) KV	a) 0 b) 55
3	a) 1 cm b) 60 sekund	a) KV b) KV	a) 0 b) 8
4	a) 5 cm b) 10 sekund	a) KV b) KV	a) 8 b) 84
5	a) 5 cm b) 30 sekund	a) KV b) KV	a) 6 b) 72
6	a) 5 cm b) 60 sekund	a) KV b) KV	a) 0 b) 61

ního kmene *Staphylococcus aureus* byl zaznamenán výrazný inhibiční efekt (počet přeživších bakterií po působení ozonu byl v řádu jednotek). Bakterie *Staphylococcus aureus* je citlivější na různé inhibiční vlivy, proto zde měl ozon na inhibici větší vliv. Na zjištěný počet přeživších bakterií dle výsledků nemá velký vliv doba působení ozonu a ani vzdálenost ozonizéru od vzorku.

Tabulka 2.2: Hodnocení inhibice bakterií podle AATCC Test Method (metodika testu je popsána v příloze 4)

Vzorek č.	a) Vzdálenost od vzorku b) Čas osvitů	Escherichia coli R %	Staphylococcus aureus R %
Standard	—	0 %	0 %
1	a) 1 cm b) 10 sekund	0 %	0 %
2	a) 1 cm b) 30 sekund	0 %	0 %
3	a) 1 cm b) 60 sekund	0 %	0 %
4	a) 5 cm b) 10 sekund	0 %	0 %
5	a) 5 cm b) 30 sekund	0 %	0 %
6	a) 5 cm b) 60 sekund	0 %	0 %

V další části byl každý vzorek vyjmut z Petriho misky a vložen do sterilní nádoby spolu s 10 ml fyziologického roztoku. Takto vytvořená směs byla 30 sekund vortexována. Poté byl ze směsi odpipetován 1 ml a vyočkován na Petriho misku s krevním agarem (který podporuje růst bakterií). Následně opět proběhla inkubace vzorků v inkubátoru při teplotě 37 °C po dobu 24 hodin. Nakonec byl vyhodnocen růst bakterií a porovnán s vzorkem standart.

Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.2. Písmeno R zde značí redukci, čili o kolik procent je kolonií bakterií ve vzorku vystaveném ozonu méně než ve vzorku ozonu nevystaveném. Z výsledků vyplývá, že jakmile pomine vliv vytvořeného ozónu, tak přeživší bakterie jsou schopny se dále množit. Po pobytu bakterií v inkubátoru došlo k jejich velkému namnožení. Podrobnější informace z proběhlých testů jsou uvedeny v příloze 4.

### 2.4.3 Měření inhibice mikroorganismů

Kromě testu popsaného v minulé kapitole proběhl ve stejné laboratoři i test inhibice mikroorganismů v reálném prostředí. Tedy nejednalo se pouze o bakterie, ale i plísňe, které běžně tkaniny kolonizují.

Měření proběhlo následovně. Bylo vzato náhodné místo na triku a laboratorním pláští a přitisknuto na plochu agaru v Petriho misce. Poté byla tato místa vystavena působení ozonu ze zkonstruovaného mobilního ozonizéru po dobu 30 sekund a poté byla přitisknuta na další plochu agaru na Petriho misce.

Tabulka 2.3: Výsledky testu v reálném prostředí

Vzorky	Počet mikroorganismů před ozářením	Počet mikroorganismů po ozáření
Laboratorní plášť	78	14
Triko	46	8

Výsledky jsou uvedeny v tabulce 2.3. Z ní vyplývá, že po ozáření ozonem došlo u laboratorního pláště ke 41 % inhibici mikroorganismů a u trika k 43 % inhibici. Podrobnější informace z proběhlého testu jsou uvedeny v příloze 4.

### 3 Závěr

V rámci této práce byl navržen a sestaven mobilní plošný generátor ozonu. Jeho návrh vycházel ze zařízení sestaveného v rámci mé bakalářské práce. Během provozu tohoto zařízení byly ovšem objeveny některé jeho nedostatky. Například byly použity materiály, které špatně snáší ozon. Při návrhu nového zařízení ke generování ozonu bylo cílem, aby zařízení tyto nedostatky neobsahovalo. K tomu posloužila teoretická část práce jako podklad. Kromě toho má nově sestavené zařízení ještě jedno vylepšení, a tou je jeho mobilnost.

Než bylo přistoupeno ke konstrukci ozonizéru, bylo nutné vybrat vhodné komponenty (akumulátorový zdroj vysokého napětí, vodiče s teflonovou izolací, skelnou tkaninu a sklo-teflonovou fólii). Po dodání komponentů následovala samotná konstrukce zařízení. Nejdříve proběhlo zakroucení vodiče do šroubovice a připojení na zdroj VN. Při zapnutém zdroji VN byly vodiče sledovány pomocí speciální koro-kamery a zkracovány do té doby, dokud se mezi nimi v celé jejich délce nezačaly tvořit výboje. Tím byla zjištěna maximální délka vodičů, kterou lze při daném zdroji do zařízení použít.

V další fázi byl navržen tvar zařízení. Jelikož bude zařízení při používání uchyceno na lidskou ruku, tvar vycházel právě z ní. Po vystřížení skelné tkaniny v navrženém tvaru, k ní následovalo připevnění vodičů VN. Vodiče musely být o 10 cm zkráceny, protože přítomnost textilie zhoršovala tvorbu výbojů. Poté byla na textilii s vodiči nalepena sklo-teflonová fólie pro odstínění vyráběného ozonu od lidské ruky. Dále bylo zařízení olemováno a pro uchycení na ruku k němu byly připevněny pásky ze sklo-teflonové fólie. Nakonec byl k zařízení připevněn zdroj VN.

Po zkonstruování zařízení s ním proběhlo několik experimentů. Nejprve byla ověřena jeho funkčnost. Zapnuté zařízení bylo přiblíženo k napuštěnému papíru indikačním roztokem. Po 2 minutách působení ozonu se napuštěný papír roztokem KI a škrobu obarvil do fialova, což dokázalo, že zařízení vyrábí ozon.

Dále bylo provedeno měření produktivity ozonu. Zapnutý ozonizér byl uzavřen do boxu, do kterého otvorem č. 1 proudil vzduch (6 l za 1 minutu). Generovaný ozon pak otvorem č. 2 proudil z boxu do měřícího zařízení. Zde bylo naměřeno, že koncentrace ozonu v proudícím vzduchu je menší než 0,1 mg/l.

Nakonec byly se zařízením provedeny testy inhibice mikroorganismů. V prvním testu byl zjišťován vliv ozonu vycházejícího ze zkonstruovaného ozonizéru na inhibici bakterií *Escherichia coli* a *Staphylococcus aureus*. Po několika desítek sekund působení ozonu na vzorky a jejich 24 hodinové inkubaci bylo zjištěno, že na prv-

ní jmenovaný bakteriální kmen nemá zařízení vliv (došlo zde k velkému nárůstu). Oproti tomu u bakteriálního kmene *Staphylococcus aureus* byl zaznamenán výrazný inhibiční efekt (počet přeživších bakterií po působení ozonu byl v řádu jednotek). Dále bylo zjištěno, že jakmile pomine vliv vytvořeného ozónu, tak přeživší bakterie jsou schopny se dále množit (po pobytu bakterií v inkubátoru došlo k jejich velkému namnožení).

V druhém testu byla měřena inhibice mikroorganismů v reálném prostředí. Na náhodném místě 2 nošených oděvů byl změřen počet mikroorganismů. Poté byla tato místa vystavena působení ozonu ze zkonstruovaného zařízení a opět byl změřen počet mikroorganismů. U obou míst došlo k výrazné inhibici.

Protože ozon je velice silný oxidant a dokáže usmrcovat mikroorganismy, nabízel se využít zařízení pro dekontaminaci oděvů na osobách zasažených škodlivými látkami. Mikrobiální testy byly prováděny z důvodu ověření funkčnosti usmrcování mikroorganismů.

Experimenty prokázaly, že zkonstruovaný mobilní plošný generátor ozonu funguje a dokáže likvidovat některé mikroorganismy. Ovšem pro reálné použití by bylo třeba zařízení optimalizovat a zvýšit jeho výkon, aby dokázalo vyrábět více ozonu a usmrcovat více druhů mikroorganismů.



## Použitá literatura

- [1] TOMEČKOVÁ, Klára. *Generace ozonu fotochemickými procesy v O<sub>2</sub> a příměsích*. Brno, 2018. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [2] POTŠTEJNSKÝ, Tomáš. *Studium možností generování ozonu pomocí elektricky nabitých vlákněných struktur a možnosti jejího využití při dekontaminaci škodlivin*. Liberec, 2020. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
- [3] *Jak funguje generátor ozonu* [online]. Praha: Ozonové generátory, b.r. [Cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.ozonove-generatory.cz/Jak-funguje-generator-ozonu/>.
- [4] *Ocel* [online]. Brno: AM Digital s.r.o., b.r. [Cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://www.veneti.cz/ocel>.
- [5] *Kaučuk* [online]. Praha: Resinex, b.r. [Cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.resinex.cz/polymerove-typy/natural-rubber.html>.
- [6] *Pryže* [online]. Strážnice: Gumex, b.r. [Cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/slovník-pojmu/pryze-69>.
- [7] *SBR* [online]. Plzeň: Techgum, b.r. [Cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.techgum.cz/sbr/>.
- [8] *Vlastnosti mědi* [online]. Zürich: Total Materia, b.r. [Cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.totalmateria.com/page.aspx?ID=CopperProperties%5C&LN=CZ>.
- [9] *Základní informace o ozónu* [online]. Prostějov: Quavas, b.r. [Cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.quavas.cz/inpage/ozon-zakladni-informace/>.
- [10] *PVC* [online]. Praha: Univerzita Karlova, b.r. [Cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/~kudch/main/halogeny/HALOGENY/HALOGENY/chlor/vyznam/pvc.html>.
- [11] *Průmyslové plasty* [online]. Brno: EPP Plasty, b.r. [Cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.eppplasty.cz/prumplast.php>.
- [12] DRAHOKOUPILOVÁ, Andrea. *Působení ozonu na textilní materiály*. Liberec, 2017. Technická univerzita v Liberci.
- [13] *Polyethylen* [online]. Brno: Tribon, b.r. [Cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.technicke-plasty-tribon.cz/prodej-plastu/materialy-polotovaru/bezne-plasty/polyethylen>.

- [14] *Polypropylen – vlastnosti, použití a vše, co o něm potřebujete vědět* [online]. Brzeg Dolny: PCC Group, b.r. [Cit. 2023-04-14]. Dostupné z: <https://www.products.pcc.eu/cs/blog/polypropylen-vlastnosti-pouziti-a-vse-co-o-nem-potrebuje-vedet/>.
- [15] *Glass vs. Ceramic: What’s Better for Ozone Generators?* [online]. Fayetteville: Promolife, b.r. [Cit. 2020-04-02]. Dostupné z: <https://www.promolife.com/glass-or-ceramic-whats-better-for-ozone-generators>.
- [16] *Něco o nerezí* [online]. Dolní Libina: Techvaco, s.r.o., b.r. [Cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <http://techvaconerezsweb.webmium.com/o-nerezí>.
- [17] *PDOevoPLUS ozone system* [online]. USA: Wedeco, b.r. [Cit. 2020-05-19]. Dostupné z: <https://www.xylen.com/en-us/products-services/treatment-products-systems/disinfection-and-oxidation/ozone-systems/PDOevoPLUS-ozone-system>.
- [18] HRNČÍŘ, Jan. *Analýza vlastností plastových dílů při umělém a přirozeném stárnutí*. Liberec, 2018. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci.
- [19] *Specifikace těsnících materiálů* [online]. Řetová: ARMAT, spol. s r.o., b.r. [Cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://www.armat.cz/pdf/specifikace-tesnicich-materialu-epdm-silikon-ptfe-viton-nbr.pdf>.
- [20] *Material Spotlight – PTFE (Polytetrafluoroethylene)* [online]. Belleville: Triangle Fluid Controls Ltd., 2019 [cit. 2023-05-24]. Dostupné z: <https://trianglefluid.com/material-spotlight-ptfe-polytetrafluoroethylene/>.
- [21] *Silikon* [online]. Velké Poříčí: SICO silicone s.r.o., b.r. [Cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://www.sicosilicone.cz/o-silikonu/>.
- [22] *Ozone generator and ozone generation method*. Japonsko: JP4320637B2.
- [23] *Ozone generator*. Jižní Korea: KR101901557B1.
- [24] *Method for surface corona/ozone making, devices utilizing the same and methods for corona and ozone applications*. Spojené státy Americké: US20030108460A1.
- [25] *Ozone generator with dual dielectric barrier discharge and methods for using same*. Spojené státy Americké: US20050199484A1.
- [26] *Vlastnosti izolačních materiálů kabelů a vodičů* [online]. Brno: Elektri-ka.info s.r.o., b.r. [Cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://elektrika.cz/terminolog/eterminolog2definition.2010-06-16.0344888999>.
- [27] *Nejdůležitější izolanty používané v kabelové technice - 1. díl: Plasty* [online]. Nové Dvory: OM Solutions s.r.o., 2016 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/nejdulezitejsi-izolanty-pouzivane-v-kabelove-technice-1-dil-plasty>.

- [28] *Izolanty používané v kabelové technice - 2. díl: Elastomery a elektroizolační laky* [online]. Nové Dvory: OM Solutions s.r.o., 2016 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/technologie/nejdulezitejsi-izolanty-pouzivane-v-kabelove-technice-2-dil-elastomery-a-elektroizolacni-laky>.
- [29] *Kabely* [online]. České Vrbné: Telemeter Electronic s.r.o., b.r. [Cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://telemeter.info/cz/prumyslove-komponenty/kabely>.
- [30] *PTFE* [online]. Brno: TRIBON s.r.o., b.r. [Cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://www.technicke-plasty-tribon.cz/prodej-plastu/materialy-polotovaru/ptfe>.
- [31] *Teflon* [online]. Praha: Univerzita Karlova, b.r. [Cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://web.natur.cuni.cz/~kudch/main/halogeny/HALOGENY/HALOGENY/fluor/vyznam/teflon.html>.
- [32] *Vlastnosti a typy fluoroplastů (teflonů)* [online]. Praha: BALTRO GROUP a.s, b.r. [Cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://baltro.cz/vlastnosti-a-typy-fluoroplastu-teflonu/>.
- [33] *Jaký je rozdíl mezi PFA a PTFE* [online]. Zhengzhou City: Henan Verde Kabelová Společnost, Ltd, 2021 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://cz.welldecable.com/info/what-is-the-difference-between-pfa-and-ptfe-59421834.html>.
- [34] *Polyuretan – materiály budoucnosti* [online]. Brzeg Dolny: PCC Group, 2021 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://www.products.pcc.eu/cs/blog/polyuretan-materialy-budoucnosti/>.
- [35] *LAPP: Nová metoda pro snadné odpláštění PUR kabelů* [online]. Brno: ElektriKa.info s.r.o., 2016 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://elektriKa.cz/data/clanky/lapp-nova-metoda-pro-snadne-odplasteni-pur-kabelu>.
- [36] *Stíněný kabel pro trolejové systémy a dopravníky, \*EMC* [online]. Loděnice u Berouna: DDA a.s., b.r. [Cit. 2023-04-26]. Dostupné z: [http://www.kabelyvodice.cz/kabely-vodice/07\\_dragflexcpurhf.php](http://www.kabelyvodice.cz/kabely-vodice/07_dragflexcpurhf.php).
- [37] *ZAMAČKÁVACÍ KABELOVÉ OČKO, IZOLOVANÉ* [online]. Nepřevázka: Würth, spol. s r.o., b.r. [Cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://eshop.wuerth.cz/Kategorie-produktu/Zamackavaci-kabelove-ocko-izolovane/314655060303.cgid/3146.cgid/cs/CZ/CZK/>.
- [38] *Plasty pro stavebnictví a architekturu 11 – Polyamidy* [online]. Praha: IMaterialy.cz, 2008 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: [https://www.imaterialy.cz/rubriky/materialy/plasty-pro-stavebnictvi-a-architekturu-11-polyamidy\\_41299.html](https://www.imaterialy.cz/rubriky/materialy/plasty-pro-stavebnictvi-a-architekturu-11-polyamidy_41299.html).
- [39] MILITKÝ, Jiří. *Textilní vlákna: klasická a speciální*. 2. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-844-1.

- [40] *Textilní vlákna* [online]. Strážnice: Národní ústav lidové kultury, b.r. [Cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <http://www.atlastextilu.cz/vlakno>.
- [41] *Praktický příklad prevenčních nástrojů - výroba skleněných vláken* [online]. Praha: Verlag Dashöfer, nakladatelství, spol. s r. o., 2010 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: [https://www.qmprofi.cz/33/prakticky-priklad-prevencich-nastroju-vyroba-sklenenych-vlaken-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EkV75G4Ef0m1JbFQ9\\_JW24orqmnE8MYo-A/](https://www.qmprofi.cz/33/prakticky-priklad-prevencich-nastroju-vyroba-sklenenych-vlaken-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EkV75G4Ef0m1JbFQ9_JW24orqmnE8MYo-A/).
- [42] *Bushingy* [online]. Vestec: SAFINA, a.s., b.r. [Cit. 2023-04-26]. Dostupné z: <https://www.safina.cz/bushingy/>.
- [43] PAKOSTOVÁ, Věra. *Textilní vlákna* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2010 [cit. 2023-04-26]. Dostupné z: [https://is.muni.cz/el/sci/jaro2017/C5985/um/Textilni\\_vlakna-text\\_k\\_prednasce.pdf](https://is.muni.cz/el/sci/jaro2017/C5985/um/Textilni_vlakna-text_k_prednasce.pdf).
- [44] BERNARDOVÁ, Lenka. *Studie o uplatnění skleněných vláken v konfekčních a technických výrobcích*. Liberec, 2006. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci.
- [45] JURÁŠEK, Martin. *Degradace polyvinylalkoholu v odpadní vodě pomocí pokročilých oxidačních metod*. Zlín, 2020. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně.
- [46] *Zdroj VN napětí 15kV - STAVEBNICE* [online]. Ostrava: Hadex, spol. s r.o., b.r. [Cit. 2023-05-04]. Dostupné z: [https://www.hadex.cz/w084-zdroj-vn-napeti-15kv----stavebnice/?gclid=CjwKCAjwjMiiBhA4EiwAZe6jQyxRrJbljcb237WBiZUIt9JPTsxq\\_RZeRutZB8oLQaHKipBLCm1omhoCtusQAvD\\_BwE](https://www.hadex.cz/w084-zdroj-vn-napeti-15kv----stavebnice/?gclid=CjwKCAjwjMiiBhA4EiwAZe6jQyxRrJbljcb237WBiZUIt9JPTsxq_RZeRutZB8oLQaHKipBLCm1omhoCtusQAvD_BwE).

## Seznam tabulek

2.1	Hodnocení inhibice bakterií okolo vzorku a pod vzorkem . . . . .	45
2.2	Hodnocení inhibice bakterií podle AATCC Test Method (metodika testu je popsána v příloze 4) . . . . .	45
2.3	Výsledky testu v reálném prostředí . . . . .	46

## Seznam obrázků

1.1	Model molekuly ozonu [1]	11
1.2	Elektroda z generátoru ozonu firmy Wedeco [17]	15
1.3	Model polytetrafluorethylenu [20]	15
1.4	Nákres patentovaného zařízení [24]	17
1.5	Nákres patentovaného zařízení [25]	18
1.6	Různé druhy izolací v kabelu [27]	18
1.7	Řez izolace s napěněným PE [27]	19
1.8	Tažení skelných vláken z roztavené skloviny	24
2.1	Sestrojené zařízení v rámci bakalářské práce	27
2.2	Detail vybraného vodiče	29
2.3	Detail zakrouceného vodiče	29
2.4	Vybraná skelná textilie	30
2.5	Vybraný zdroj vysokého napětí [46]	31
2.6	Detail použité fólie	32
2.7	Sestavené zařízení pro zjištění maximální délky vodičů	33
2.8	Tvorba papírové šablony	34
2.9	Navržený tvar textilie	35
2.10	Výsledný tvar fólie	35
2.11	Vedení vodičů do spirály	36
2.12	Vedení vodičů přímo s obloučky	37
2.13	Použitá příze, jehla a zakroucené vodiče	37
2.14	Zakroucené vodiče generující ozon, foceno koro-kamerou	38
2.15	Vystřižená textilie s připevněnými vodiči VN	38
2.16	Textilie s vodiči VN a přilepenou teflonovou fólií	39
2.17	Olemované zařízení, pohled na spodní stranu	40
2.18	Zařízení s připevněnými pásky	40
2.19	Zařízení po připevnění zdroje VN	41
2.20	Zařízení po připevnění zdroje VN	42

2.21	Filtrační papír napuštěný roztokem KI a škrobu po 120 sekundách působení ozonu . . . . .	43
2.22	Zařízení pro změření koncentrace produkovaného ozonu v okolním vzduchu . . . . .	44

## Seznam příloh

**Příloha 1:** Produktový list skelné tkaniny

**Příloha 2:** Produktový list zdroje VN

**Příloha 3:** Produktový list sklo-teflonové fólie

**Příloha 4:** Závěrečná zpráva mikrobiálních testů



## TECHNICKÉ ÚDAJE

### Popis materiálu:

**PROMAFLEX®-1000** jsou tkaniny, pásy a šňůry na bázi tepelně-odolného skleněného vlákna. Výhodou těchto materiálů je vysoká tepelná a chemická odolnost doprovázená zdravotní nezávadností.

### Vlastnosti:

Označení a typ:	<b>PROMAFLEX®-1000</b>		
Barva:	bílá až zlatá		
Klasifikační teplota:	1000	°C	
Teplota měknutí:	cca 1600	°C	
Tepelná kapacita:	1,17	kJ/kg.K	
Tepelná vodivost při:	400 °C	0,10	W/m.K
	600 °C	0,14	W/m.K
	800 °C	0,18	W/m.K
	1000 °C	0,23	W/m.K
Chemické složení:	SiO <sub>2</sub>	97,80	%
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + TiO <sub>2</sub>	0,7	%
	oxidy alkalických zemin	0,9	%
	alkálie	0,6	%

Všechny uvedené vlastnosti odpovídají současné úrovni výrobní technologie a dosaženému stavu poznání. Změny na základě nových poznatků nebo zkoušek nejsou vyloučeny. Údaje v technickém listu mají přednost před údaji v katalogu nebo v katalogovém listu.

Poslední revize: 4/2016

# Zdroj VN napětí 15kV

## Elektronická stavebnice pro radioamatéry

Stavebnice představuje modul vn generátoru pro vědecké experimenty a pokusy, možno jej použít rovněž jako generátor ozónu. Vytváří stabilní vn oblouk.

### Upozornění:

Při použití generátoru je třeba vždy zajistit funkční jiskřiště, jinak hrozí poškození přístroje. Pro bezhlučný provoz a delší životnost je vhodné naimpregnovat trafo voskem nebo šelakem. Zapnutý přístroj může rušit okolní zařízení. **Pozor na přehřátí tranzistoru, používat max. pár sekund.**

### Popis sestavení:

Součástky potřebné k sestavení světla jsou rozděleny do těchto skupin: **1.** Rezistor, **2.** Dioda, **3.** Tranzistor + chladič, **4.** Přepínač, **5.** Transformátor (**pozor na správné zapojení vývodů viz. obr. 3**), **6.** Pouzdro na baterii. V tomto pořadí je vhodné součástky osadit a zapájet do desky plošných spojů. Použijte kvalitní pájku (např. Sn60Pb) s dostatečným množstvím tavidla (kalafuna).

### Uvedení do provozu:

K uvedení do provozu je potřeba baterii ICR18650 (**není součástí stavebnice**). **1.** Zkontrolujeme správnost zapojení všech součástí. Je-li vše v pořádku, očistíme desku od zbytků pájení, např. lihem nebo lihobenzinem. **2.** Vypínač dáme do polohy „0“ - vypnuto, **3.** Do pouzdra zasuneme baterii, **4.** Zapneme napájení, **5.** Opatrně uchopíme zelený a červený drátek za izolaci a přiblížíme k somě. Vznikne elektrický oblouk. Tím je modul připraven pro použití.

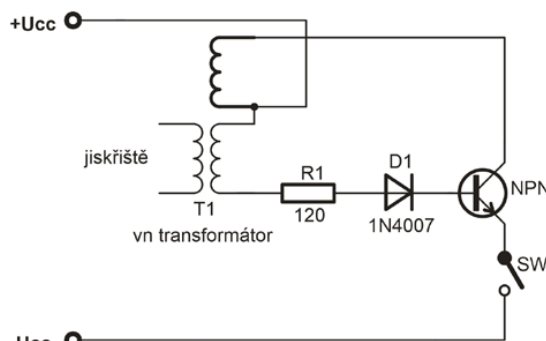
### Technické údaje:

#### Zdroj vn napětí 15kV W084

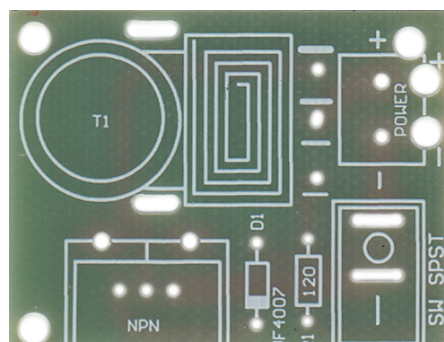
Napájecí napětí:	3,7 až 4,2VDC (1× článek Li-Ion nebo Li-Pol - <b>není součástí stavebnice</b> )
	pro napájení 12VDC zvyšte hodnotu rezistoru R1 na 1 až 1,5kΩ
Odběr proudu ze zdroje:	menší jak 2A
Výstupní napětí:	vyšší jak 15kV
Výstupní proud:	maximálně 400μA
Jiskřiště:	maximálně 5mm
Rozměry plošného spoje:	42 × 32mm
Hmotnost:	34g (bez baterie)

#### Rozpis součástek:

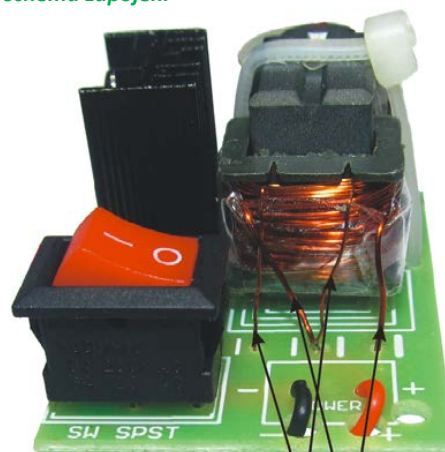
R1 .....	120Ω
D1 .....	1N4007
NPN .....	tranzistor
SW .....	vypínač
POWER .....	pouzdro baterie
T1 .....	trafo
Plošný spoj	



Obr. 1 schéma zapojení



Obr. 2 osazovací plán



Obr.3 zapojení vývodů vn trafo



Obr.4 osazený modul

Vyhrazujeme si právo na změnu hodnot nebo typů součástek bez vlivu na funkci zařízení.

Mnoho úspěchů při stavbě, ožívání a provozování našich stavebnic a modulů Vám přeje firma



09.10.2022

## Skloteflonové fólie nesamolepicí a samolepicí

PTFE glass fabric - non-adhesive and self-adhesive

Objednací číslo / Part.No.

TF 13-58-255 AS

TF ... skloteflonová fólie / PTFE glass fabric

13... jmenovitá tloušťka / nominal thickness

58 ... % obsah PTFE / % PTFE

255 ... jmen. hmotnost / weight 255 g/m<sup>2</sup>

AS ... antistatická / anti-static



Teplotní odolnost: -70 až + 260 °C

Temp. resistance: -70 to + 260 °C

### Skloteflonové fólie - nesamolepicí / PTFE glass fabric - non-adhesive

Označení Obj.č. Part.No.	% PTFE (%)	Hmotnost Weight (g/m <sup>2</sup> )	Jmen. tloušťka Nom. Thickness (mm)	Standardní šířky Standard Widths (mm)	Pevnost v tahu Tensile Strength (N/5cm)	Řada Series	Barva Color
TF 08-53-107	53	107	0,07	1000	800	Industrial	Hnědá / Brown
TF 08-64-135	64	135	0,075	1000 - 1300	800	Standard	
TF 13-48-220	48	220	0,11	1000 - 1250	1200	Industrial	
TF 13-58-255	58	255	0,125	1000 - 1500	1200	Standard	
TF 13-60-270	60	270	0,13	1000 - 1500	1200	Premium	
TF 15-65-300	65	300	0,15	1000	1200	Standard	
TF 25-55-520	55	520	0,22	1000 - 1500	2300	Standard	
TF 25-59-490	59	490	0,23	1000 - 1500	2300	Standard	
TF 25-61-520	61	520	0,25	1000 - 2600	2300	Premium	
TF 35-55-650	55	650	0,33	1000 - 2600	3500	Standard	

### Skloteflonové fólie - nesamolepicí, antistatické / PTFE glass fabric - non-adhesive, anti-static

Označení Obj.č. Part.No.	% PTFE (%)	Hmotnost Weight (g/m <sup>2</sup> )	Jmen. tloušťka Nom. Thickness (mm)	Celk. tloušťka Total Thickness (mm)	Adhez.efekt Adhesive (N/cm)	Řada Series	Barva Color
TF 08-68-155 AS	68	155	0,08	1000	800	Black anti-static	Černá / Black
TF 13-58-255 AS	58	255	0,125	1000	1200		
TF 15-63-296 AS	63	296	0,14	1000	1200		
TF 25-58-490 AS	58	490	0,24	1000 - 1500	2300		
TF 35-56-670 AS	56	670	0,33	1000 - 2600	3500		

Objednací číslo / Part.No.

TFS 13-58-255 AS

TFS ... fólie samolepicí / PTFE fabric self-adhesive

13... jmenovitá tloušťka / nominal thickness

58 ... % obsah PTFE / % PTFE

255 ... Jmen. hmotnost / weight 255 g/m<sup>2</sup>

AS ... antistatická / anti-static



### Skloteflonové fólie - samolepicí / PTFE glass fabric - self-adhesive

Označení Obj.č. Part.No.	% PTFE (%)	Hmotnost * Weight * (g/m <sup>2</sup> )	Jmen. tloušťka Nom. Thickness (mm)	Celk. tloušťka Total Thickness (mm)	Adhez.efekt Adhesive (N/cm)	Řada Series	Barva Color
TFS 08-64-135	64	135	0,075	0,125	4,4	Standard	Hnědá / Brown
TFS 13-58-255	58	255	0,125	0,175	5,4	Standard	
TFS 15-65-300	65	300	0,15	0,19	5,6	Standard	
TFS 25-59-490	59	490	0,25	0,295	6	Standard	
TFS 35-55-650	55	650	0,335	0,38	6,2	Standard	

### Skloteflonové fólie - samolepicí, antistatické / PTFE glass fabric - self-adhesive, anti-static

TFS 15-65-300 AS	65	300	0,15	0,19	5,6	Standard	Černá / Black
TFS 25-59-490 AS	59	490	0,25	0,295	6	Standard	

Pozn.: Hodnoty jmenovité tloušťky, hmotnosti a pevnosti v tahu jsou typické a nejsou určeny jako minimální. Hmotnostní tolerance g/m<sup>2</sup> = +/- 5 %.

Note: Nominal thickness, weight and tensile strength values are typical and are not intended as a specification minimum. Weight Tolerance g/m<sup>2</sup> = +/- 5 %.

\* U samolepicích fólií je jmenovitá hmotnost bez lepidla. / \* For self-adhesive is nominal weight excluding adhesive.

Další rozměry, šířky a typy a barvy fólií jsou na dostupné poptávku. / Other non-standard dimensions, width, types and colors on demand.

# Závěrečná zpráva

**Úkol:** zjistit účinnost ozonizéru na inhibici vybraných bakteriálních kmenů

**A. Vzorek, na které bylo nanášeno bakteriální inokulum** – směs 50% Ba + 50% PES

## **B. Použité bakteriální kmeny**

Bakteriální kmeny byly zakoupeny z České sbírky mikroorganismů, Masarykova univerzita Brno.

*Escherichia coli* (E.C.) - CCM 2024 (ATCC 9637), jedná se o gramnegativní (G-) tyčinkovitou bakterii.

*Staphylococcus aureus* (S.A.) - CCM 2260 (ATCC 1260), jedná se o grampozitivní (G+) kokovitou bakterii.

## **C. Použitá kultivační média a agarové půdy**

Živný bujon (NB)

Fyziologický roztok

Fyziologický roztok pro vytřepávání

Agar pro zjišťování počtu bakterií - Krevní agar (Columbia) – zakoupen od firmy Viamar spol. s.r.o.

## **D. Použitá metoda**

AATCC Test Method: 100-2019 - Antibacterial Finishes on Textile Materials: Assessment of.

Jedná se o kvantitativní metodu, u které je hodnocen faktor redukce, který udává, o kolik procent došlo ke snížení inokulované koncentrace bakterií. Výsledkem je počet přeživších

bakteriálních kolonií (CFU) a vypočte se R (redukce v %). Výsledek je vždy porovnán s neošetřeným vzorkem (standardem).

#### POSTUP:

1. Vzorek o rozměrech 20x20 mm byl položen do středu Petriho misky s agarem.
2. Na vzorek bylo aplikováno 100 $\mu$ l bakteriálního inokula (měřeno dle stupnice McFarlanda):  
*Escherichia coli* -  $5,3 \times 10^5$ CFU/ml, *Staphylococcus aureus* -  $5,2 \times 10^5$ CFU/ml,
3. Vzorky byly ve dvou zvolených vzdálenostech (1 a 5 cm – ozonizér od vzorku) ozařovány, zároveň byl testován různý čas osvitů – 10, 30 a 60 sekund.
4. Petriho miska s ozářeným vzorkem byla přiklopena víčkem a následovala inkubace v termostatu 37 °C 24 hod.
5. Po 24 hodinách byl vyhodnocen růst bakterií kolem vzoru a pod vzorkem.
6. Následně byl každý vzorek pinzetou sejmuto z agaru a vložen do sterilního kontejnerku, kam bylo odpipetováno 10 ml fyziologického roztoku a vortexováno po dobu 30 sec.
7. Po zvortexování byl odpipetován 1 ml a vyočkován na Petriho misku s krevním agarem (z každého vzorku byly vyočkovány tripletty) a vypočten počet CFU, což bylo porovnáno se standardem – tedy vzorkem bez osvitů. Výsledky byly průměrovány.
8. Inkubace vzorků probíhala v termostatu při teplotě 37 °C 24 hod.

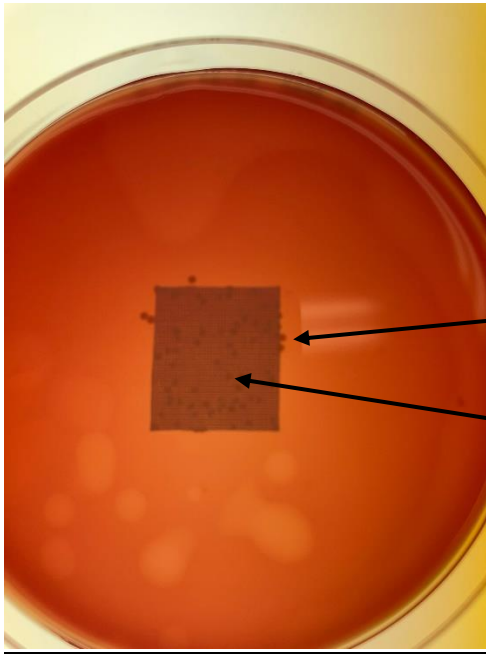
## Výsledky:

**Tabulka č. 1: Hodnocení inhibice bakterií okolo vzorku a pod vzorkem**

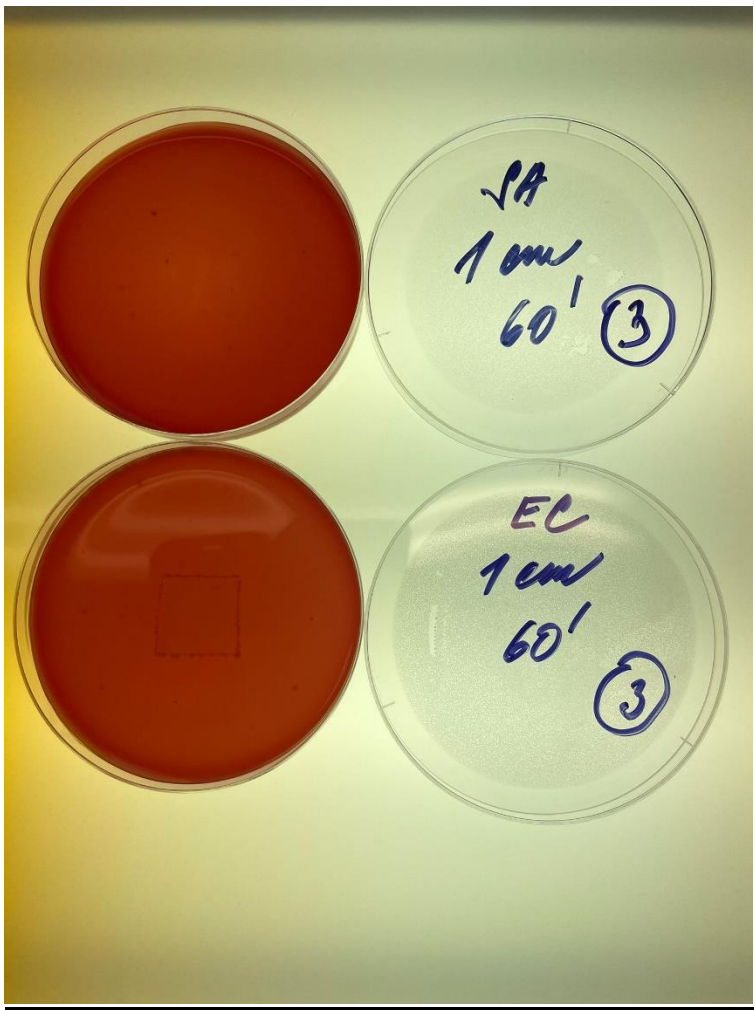
<b>Vzorek č.</b>	<b>a) Vzdálenost od vzorku b) Čas osvitu</b>	<b><i>Escherichia coli</i></b>  a) Inhibice pod vzorkem b) Inhibice okolo vzorku	<b><u><i>Staphylococcus aureus</i></u></b>  a) Inhibice pod vzorkem b) Inhibice okolo vzorku
Standard	-----	a) KV b) KV	a) KV b) KV
1	a) 1 cm b) 10 sekund	a) KV b) KV	c) 0 d) 62
2	a) 1 cm b) 30 sekund	a) KV b) KV	c) 0 d) 55
3	a) 1 cm b) 60 sekund	a) KV b) KV	c) 0 d) 8
4	a) 5 cm b) 10 sekund	a) KV b) KV	c) 8 d) 84
5	a) 5 cm b) 30 sekund	a) KV b) KV	c) 6 d) 72
6	a) 5 cm b) 60 sekund	a) KV b) KV	c) 0 d) 61

**Poznámka:** čísla udávají počet bakterií (okolo nebo pod vzorkem), KV – nepočitatelné množství – kompaktní nárůst (tedy bez inhibice)

**Fotodokumentace (vybraná, příklady):**



Počet přeživších bakterií  
okolo vzorku  
pod vzorkem



**Tabulka č. 2: Hodnocení inhibice bakterií podle AATCC Test Method: 100-2019 - Antibacterial Finishes on Textile Materials: Assessment of.**

Vzorek č.	a) Vzdálenost od vzorku b) Čas osvitu	<i>Escherichia coli</i> R (%)	<i>Staphylococcus aureus</i> R (%)
Standard	-----	0%	0%
1	c) 1 cm d) 10 sekund	0%	0%
2	c) 1 cm d) 30 sekund	0%	0%
3	c) 1 cm d) 60 sekund	0%	0%
4	c) 5 cm d) 10 sekund	0%	0%
5	c) 5 cm d) 30 sekund	0%	0%
6	c) 5 cm d) 60 sekund	0%	0%

**Závěr:**

První metoda tedy hodnocení inhibice po osvitu 10, 30 a 60 sekund ve dvou zvolených vzdálenostech (1 a 5 cm ozonizéru od vzorku) ukázala, že na bakteriální kmen *Escherichia coli* ozonizér nemá žádnou účinnost, protože pod vzorkem i okolo vzorku byl nárůst bakterií bez náznaku inhibice. U bakteriálního kmene *Staphylococcus aureus* byl zaznamenán výrazný inhibiční efekt (i v porovnání se standardem). Počet přeživších bakterií již bylo možné spočítat jak okolo vzorku, tak i pod vzorkem (výsledky uvedeny v tabulce č. 1).

Důvodem může být i to, že kokovitá grampozitivní bakterie *Staphylococcus aureus* je citlivější na různé inhibiční vlivy.



Na zjištěný počet přeživších bakterií dle výsledků nemá vliv ani délka osvitů a ani vzdálenost ozonizéru od vzorku, protože výsledky jsou více méně stejné.

Jakmile pomine vliv vytvořeného ozónu, tak přeživší bakterie jsou schopny se dále množit, což ukázal následující test (výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 2). Po 24 hodinách v termostatu došlo k velkému namnožení bakterií, proto jsou výsledky jejich počtů uvedeny jako KV – tedy nepočitatelné množství (agarovou plotnu porostly v kompaktní vrstvě) – ukazují to zejména výsledky u bakteriálního kmene *Staphylococcus aureus*.

### **Dodatečný test v reálném prostředí**

Byly provedeny otisky dvou tkanin:

Stejně místo na tkanině (laboratorní plášť a tričko) bylo otisknuto na plochu agarů bez ozáření ozonizérem a po ozáření ozonizérem (ozonizérem jsem dané místo přejížděla přímo po tkanině po dobu 30 sekund).

#### **Výsledky:**

Vzorky	Počet mikroorganismů před ozářením	Počet mikroorganismů po ozáření
Laboratorní plášť	78	14
Tričko	46	8

**Poznámka:** Mikroorganismy znamená, že se nejednalo pouze o bakterie, ale i plísňe, které běžně tkaniny kolonizují

#### **Závěr:**

Tento rychlý test ukázal, že ozonizér bude účinkovat spíše kontaktně, protože po ozáření u pláště došlo ke 41% inhibici mikroorganismů a u trička ke 43% inhibici. Myslím si, že pokud by místo bylo ozařováno déle, inhibice by byla vyšší.

V Liberci 16.5.2023

Vypracovala: doc. Mgr. Irena Šlamborová, Ph.D.