



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

VYUŽITÍ AKTIVNÍHO KYSLÍKU PRO ČIŠTĚNÍ KLIMATIZACE AUTOMOBILU

USE OF ACTIVE OXYGEN FOR CAR AIR CONDITIONING CLEANING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Adam Zapletal

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Bc. Adam Zapletal
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Automobilní a dopravní inženýrství
Vedoucí práce:	prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
Akademický rok:	2019/20

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Využití aktivního kyslíku pro čištění klimatizace automobilu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Z rozvojem používání autoklimatizací narůstají problémy s plísní, mikroorganismy a zápachem. Automobilky toto řeší doporučeným servisem a případně možností odorizace. Zde je úkolem navrhnout zařízení na výrobu aktivního kyslíku, které by mohlo být součástí vestavby klimatizace v automobilu a k čištění by docházelo automaticky podle nastaveného algoritmu.

Cíle diplomové práce:

Přehled aktuálního stavu poznání v oblasti klimatizací a metod jejich čištění. Popis čištění s použitím ozonu včetně bezpečnostních rizik. Popis ionizace využívané Mercedes Benz a dalších alternativ. Návrh zařízení pro ionizaci včetně zástavby do konkrétního automobilu a klimatizace. Popis algoritmu čištění klimatizace tímto zařízením. Zpracování základní výkresové dokumentace. Diskuse nad výsledným řešením.

Seznam doporučené literatury:

CROLLA, David. Encyclopedia of automotive engineering. Chichester, West Sussex, United Kingdom, 2015. ISBN 978-0-470-97402-5.

SHIGLEY, Joseph Edward, MISCHKE, Charles R., BUDYNAS, Richard G., VLK, Miloš, ed. Konstruování strojních součástí. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.

DALY, Steven. Automotive air-conditioning and climate control systems. Boston: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2006. ISBN 978-0-7506-6955-9.

STUBBLEFIELD, Mike, HAYNES, John H. The Haynes repair manual for automotive heating and air conditioning systems. Newbury Park, Calif.: Haynes North America, 2000. ISBN 15-639-2381-5.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty



ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá čištěním automobilové klimatizace pomocí ozonu. Cílem je navrhnout zařízení pro výrobu ozonu, jeho umístění a algoritmus čištění. Práce je rozdělena do dvou částí. V úvodní teoretické části je popsán princip funkce běžné automobilové klimatizace, dále jsou rozebrány způsoby znečištění a řešení odstranění těchto znečištění. Teoretická část končí souhrnem informací o ozonu. Část praktická plynule navazuje návrhem zařízení pro produkci ozonu přímo v automobilu. V závěrečné části je řešeno umístění takového zařízení v automobilu, měření jeho parametrů a zhodnocení dosažených výsledků.

KLÍČOVÁ SLOVA

Automobilová klimatizace, čištění klimatizace, ozon, ozonový generátor

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the cleaning of car air conditioning system with ozone. The aim is to design equipment for ozone production, its location and cleaning algorithm. The thesis is divided into two parts. The introductory theoretical part describes the principle of operation of conventional automotive air conditioning, then discusses the methods of pollution and solutions to remove these pollutions. The theoretical part ends with a summary of information on ozone. The practical part is continuously followed by the design of device for the ozone production directly in the car. The final part deals with the location of such a device in a car, measuring its parameters and evaluating the results.

KEYWORDS

Automotive air conditioning, air conditioning cleaning, ozone, ozone generator



BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ZAPLETAL, Adam. *Využití aktivního kyslíku pro čištění klimatizace automobilu*. Brno, 2020, 56 s. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/125175>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí práce Josef Štětina.



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením prof. Ing. Josefa Štětiny, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20. června 2020

.....

Bc. Adam Zapletal



PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval prof. Ing. Josefu Štětinovi, Ph.D. za odborné vedení mé práce, cenné rady a připomínky a také za jeho čas, který mi tímto věnoval. Poděkování patří taky mé rodině a blízkým přátelům za pomoc a podporu během celého studia.



OBSAH

Úvod.....	10
1 Klimatizace v automobilech.....	11
1.1 Komfortní zóna.....	11
1.2 Funkce klimatizace.....	12
2 Problémy s klimatizací.....	16
2.1 Plísně.....	16
2.2 Bakterie.....	17
2.3 Viry.....	17
3 Čištění klimatizací.....	18
3.1 Pěnové čističe klimatizace.....	18
3.2 Dezinfekční přípravky ve spreji.....	19
3.3 Výměna kabinového filtru.....	20
3.4 Využití ozonu.....	20
4 Ozon.....	22
4.1 Základní vlastnosti ozónu.....	22
4.2 Vznik ozonu.....	23
4.3 Princip dezinfekce.....	26
4.4 Zdravotní rizika ozonu.....	27
5 Úprava vzduchu v interiéru automobilů.....	28
5.1 Negativní lony.....	28
5.2 Ionizace Mercedes-benz.....	28
5.3 UV-C dezinfekce vzduchu Jaguar Land Rover.....	29
5.4 HEPA filtr Tesla model X.....	30



6	Návrh zařízení	31
6.1	Elektrická část	31
6.2	Elektro-mechanická část	33
7	Prototyp.....	35
7.1	Optimalizace	36
8	Měření a koncentrace ozonu.....	38
8.1	Hodnoty.....	41
9	Spotřeba elektrické energie.....	42
9.1	Výpočet okamžitého příkonu	42
10	Možná rizika	43
10.1	Jištění.....	43
11	Výběr umístění jiskřišť	44
12	Výkresová dokumentace	45
13	Výrobní náklady a servis	46
13.1	Výrobní náklady	46
13.2	Periodický servis	46
14	Návrh řízení systému.....	47
14.1	Automatický režim.....	47
14.2	Manuální režim	47
14.3	Podmínky zahájení produkce.....	48
15	Korona virus, ozon a UV-C záření	49
	Závěr	50
	Použité informační zdroje	52
	Seznam použitých zkratk a symbolů	55
	Seznam příloh	56

ÚVOD

Současný automobilový průmysl věnuje extrémní úsilí a finance vývoji stále nových technologií ke snížení emisí a tím pádem i zátěže pro naši planetu. Je vyvíjen značný tlak na neustálé zvyšování výkonu, snižování spotřeby, zvyšování bezpečnosti, integraci moderních SMART technologií. Stranou tohoto shonu je však zvyšování kvality ovzduší i interiéru automobilů. Část automobilek posunulo své vozy vpřed i v tomto směru. Většina z nich však od uvedení automobilové klimatizace do výbavy svých vozů nevěnovala vývoji žádné úsilí a technologicky se tak takzvané HVAC jednotky za poslední dekádu mnoho nezměnily, přestože jsou podstatnou součástí všech moderních automobilů, jak je možné vidět na obrázku 1.

Průměrný Evropan stráví v automobilu dle průzkumu agentury Common Sense Advisory až neuvěřitelné čtyři roky života. Z toho téměř tři roky za volantem. Kvalita vzduchu v kabině se tak stává velmi významným faktorem ovlivňujícím naše zdraví [1].

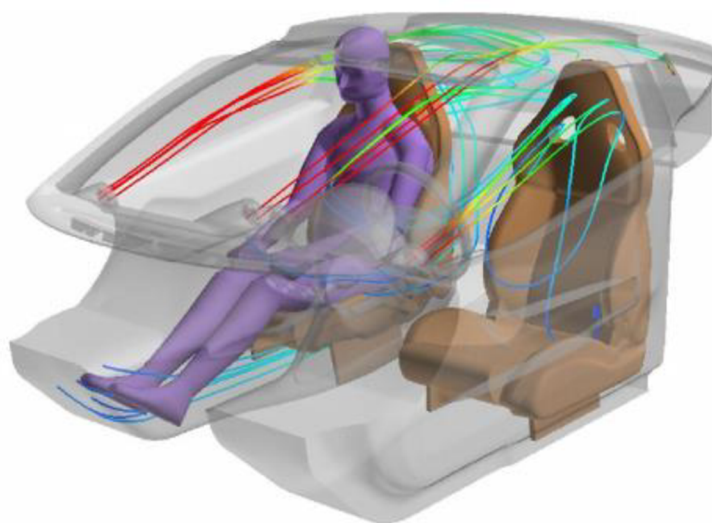
Tato diplomová práce si klade za cíl navrhnout zařízení pro výrobu ozonu, které by mohlo být instalováno do automobilů už z výroby tak, aby se dokázala palubní elektronika postarat o čištění systému klimatizace automaticky, bez zásahu uživatele.



Obrázek 1 – Umístění komponent klimatizační jednotky ve voze [Převzato z 2]

1 KLIMATIZACE V AUTOMOBILECH

Zpočátku byla klimatizace v automobilech poměrně drahou záležitostí, která se stala výsadou pouze těch nejdražších a nejluxusnějších vozů. Postupem času však byla dostupnější i pro širokou automobilovou veřejnost. V současné době je klimatizace naprostou samozřejmostí i ve vybraných vozech v cenové relaci do 200 000 Kč a běžný uživatel automobilů jí nepřikládá žádnou větší pozornost až do doby, kdy přestane fungovat, začne způsobovat nepříjemný zápach v interiéru, nebo dokonce přinášet posádce zdravotní problémy [3].



Obrázek 2 – Vizualizace cirkulace vzduchu v kabině [Převzato z 4]

1.1 KOMFORTNÍ ZÓNA

Řada studií ukázala, že většina lidí se cítí komfortně při okolní teplotě přibližně 18-22 °C. Neméně důležitou veličinou je však i vlhkost vzduchu. Ta by se měla pohybovat mezi 40 až 60 %. Dalším sledovaným parametrem je rychlost proudění vzduchu v interiéru. Vizualizaci rychlosti proudění vzduchu v kabině je možné vidět na obrázku 2. Její hodnota závisí také na teplotě - optimálně by se tedy měla pohybovat v rozmezí 0,1 až 0,4 m/s. V neposlední řadě by se měla sledovat i tzv. čistota vzduchu v kabině. Doporučená hodnota je „výměna“ 25 m³ vzduchu za hodinu na osobu. Docílíme tím nízké koncentrace škodlivin v kabině [4].

Člověk se tedy cítí stejně dobře, když je okolní teplota 27 °C a relativní vlhkost 30 %, jako když je okolní teplota 21 °C a relativní vlhkost 90 %. Klíčem k tomu, zda cítíme teplo nebo chlad, je schopnost našeho těla rychle a snadno odpařovat pot. Jestliže je okolní vzduch suchý, pot opouští pokožku rychle a my se cítíme dobře. Pokud je však okolní vlhkost vysoká, pot se nemůže odpařit tak rychle, je odváděno méně tělesného tepla a je nám proto tepleji [3].

Klimatizace v automobilech není pouze prvkem komfortní výbavy pro posádku, je také významnou součástí takzvaných aktivních bezpečnostních prvků. Při chlazení vzduchu totiž dochází i k jeho vysušování, což je výhoda, které se využívá při odmlžování oken.

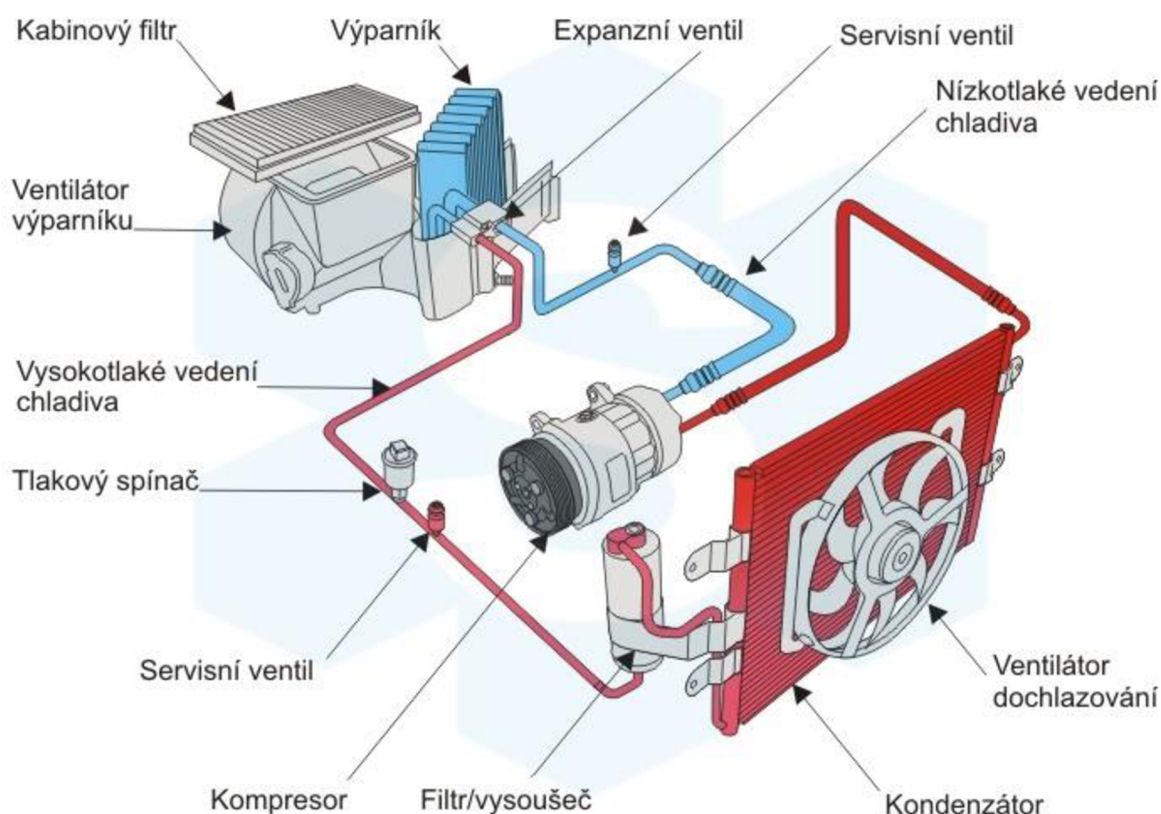
1.2 FUNKCE KLIMATIZACE

Automobilová klimatizace je zařízení, kterým se vzduch chladí, čistí a odvlhčuje před vstupem nebo opětovným vstupem do interiéru vozidla. Klimatizační systém v zásadě odvádí teplo z interiéru tím, že jej absorbuje a přenáší ven, kde se teplo uvolňuje do atmosféry. V principu lze systém klimatizace rozdělit na dvě hlavní části, a to okruh chladiva a okruh vzduchu [3].

1.2.1 OKRUH CHLADIVA

Okruh chladiva se dělí na vysokotlakou a nízkotlakou větev, které jsou na obrázku 3 znázorněny rozdílnými barvami.

Vysokotlaká větev sestává z kompresoru, kondenzátoru, zásobníku chladiva a na obrázku je značena červeně. Nízkotlaká větev je tvořena výparníkem, regulačním zařízením, expanzním ventilem a je značena modře [10].



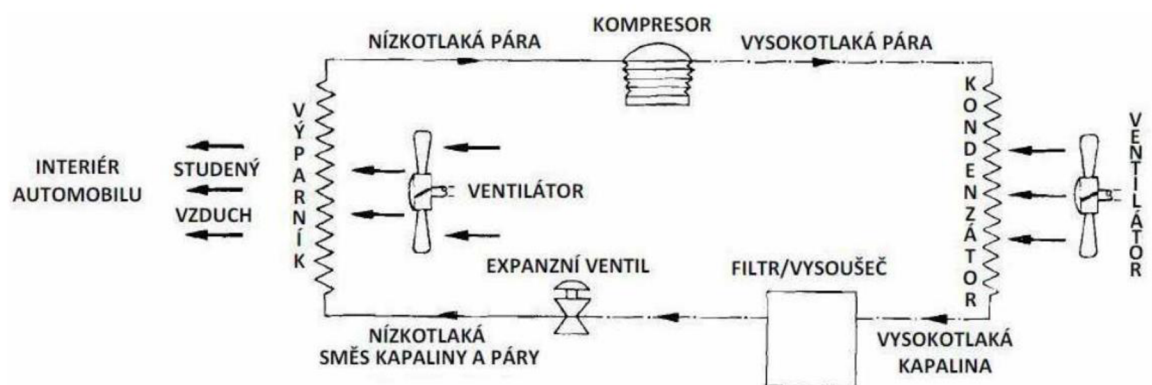
Obrázek 3 – Okruh chladiva [Převzato z 10]

Cyklus chladiva v systému s expanzním ventilem

Popis jednoho cyklu chladiva zahájíme v okamžiku stlačování chladiva kompresorem. Zde vzniká pára o vysoké teplotě a tlaku. Pára se poté pomocí propojovacích hadic dostává do kondenzátoru, který bývá zpravidla umístěn v přední části vozu tak, aby byl ochlazován proudem vzduchu [11].

U vozidel s přeplňováním jsou chladiče řazeny v pořadí: mezichladič stlačeného vzduchu, kondenzátor klimatizace, chladič chladicí kapaliny. Pro vozidla bez přeplňování bývá kondenzátor klimatizace řazen jako první a za ním se opět nachází chladič chladicí kapaliny motoru. V kondenzátoru klimatizace se chladivo ochlazuje a kondenzuje na kapalinu o vysokém tlaku. Tato kapalina se následně dostává do zásobníku kapaliny se sušicí vložkou a dále k expanznímu ventilu. V expanzním ventilu výrazně klesá tlak chladiva a nastává přeměna kapaliny na směs kapaliny a páry [11].

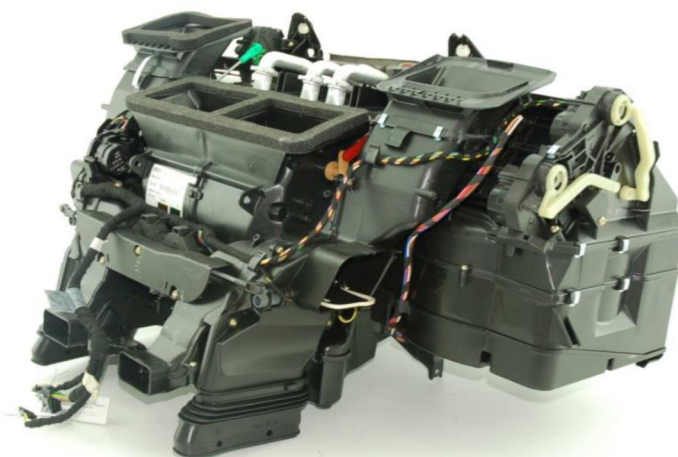
Takto připravená směs poté putuje do výparníku, kde se zbylá kapalina přemění na páru o nízkém tlaku za přijetí tepla z okolí, respektive vzduchu procházejícího přes výparník. Takto vzniklá pára je poté dopravena do kompresoru, kde se celý cyklus znázorněný na obrázku 4 začíná opakovat [11].



Obrázek 4 – Schéma chladičho systému s expanzním ventilem [Převzato z 11]

1.2.2 OKRUH VZDUCHU

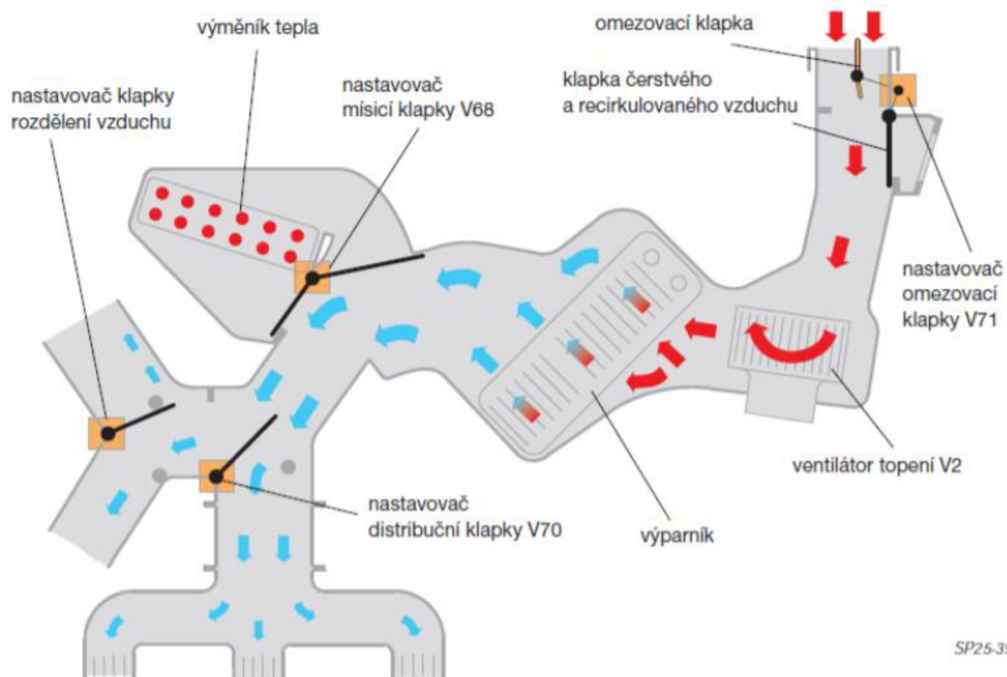
Okruh vzduchu je v současnosti tvořen poměrně složitou soustavou plastových dílů, klapek, filtrů a ventilátoru jako například na obrázku 5 a jeho funkční schéma na obrázku 6. Okruh vzduchu musí vždy pracovat jako bezprůvanový a přetlakový, aby bylo omezeno vnikání prachu a pachů do vozidla. V zásadě pracuje ve dvou provozních stavech. Těmi jsou otevřený vnitřní okruh s přívodem čerstvého vzduchu a uzavřený vnitřní okruh tzv. vnitřní cirkulace vzduchu [11].



Obrázek 5 – Současná automobilní HVAC jednotka [Převzato z 11]

Do otevřeného okruhu vstupuje vzduch z okolí z pravidla v oblasti pod čelním sklem, před spolujezdcem. Je nasáván ventilátorem přes regulační klapku. Dále vzduch putuje k takzvanému kabinovému nebo pylovému filtru. Zde se usazuje prach, pyl a další nežádoucí polutanty [11].

V moderních automobilech se můžeme setkat také s použitím filtru s aktivním uhlím jako je například ten na obrázku 7, který dokáže do jisté míry odstranit také část pachů. Po vyčištění vzduch proudí přes výparník, kde se ochlazuje a odvlhčuje. Kondenzát poté odkapává hadičkou, nebo otvorem do prostoru pod vozidlo. Studený a suchý vzduch dále pokračuje k tepelnému výměníku (ten je vyhříván nejčastěji chladicí kapalinou motoru) kde se ohřívá na požadovanou teplotu. Takto upravený potom vzduch opouští systém přes klapky a je distribuován do kabiny [11].



Obrázek 6 – Schéma rozvodu vzduchu v HVAC jednotce [Převzato z 4]

Naopak do uzavřeného okruhu vstupuje vzduch z kabiny a dále je upravován podle téměř stejného schématu, jako při cestě přes otevřený okruh. Uzavřeného okruhu se využívá například při průjezdu vozidla okolo zdroje zápachu, stání v koloně nebo při požadavku na rychlé zvýšení teploty v kabině. Uzavření okruhu využíváme také při většině současných způsobů čištění okruhu vzduchu [11].



Obrázek 7 – Kabinový filtr s aktivním uhlím [Převzato z 12]

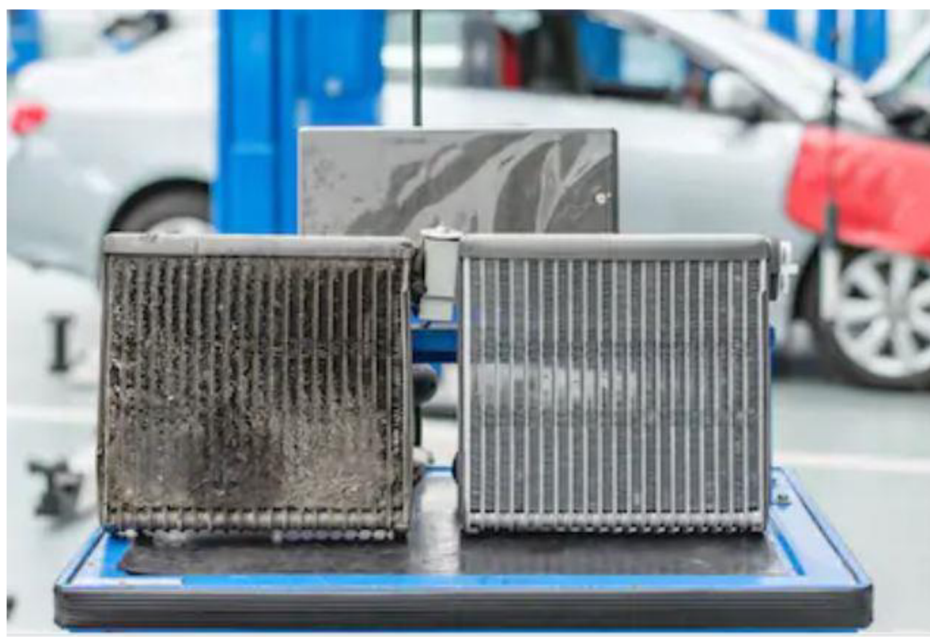
2 PROBLÉMY S KLIMATIZACÍ

Přítomnost klimatizace v automobilu bohužel nemá pouze pozitivní vliv na kvalitu ovzduší v interiéru vozidla. Vzhledem k tomu, že výparník klimatizace pracuje při poměrně nízké teplotě, ale především vysoké vlhkosti a bez přístupu slunečního světla a tím pádem i UV záření, je jeho povrch a blízké okolí ideálním místem pro množení bakterií, plísní, virů a různých dalších škodlivých mikroorganismů. Jejich přítomnost ve vnitřním okruhu vzduchu má prokazatelný negativní dopad na lidské zdraví. Plísně se zároveň častokrát stávají zdrojem velmi nepříjemného zápachu a způsobují dráždění očí [5].

2.1 PLÍSNĚ

Nejčastějším problémem současných automobilových klimatizací jsou právě plísně, které se množí na výparníku klimatizace. Jejich přítomnost jde ruku v ruce s velice nepříjemným, charakteristickým zápachem. Plísně v extrémních případech dokážou dokonce snížit průchodnost vzduchu HVAC jednotkou. Příkladem takového znečištění může být srovnání čistého a zaneseného výparníku na obrázku 8. V automobilových klimatizacích se nejčastěji setkáváme s plísněmi rodu *Aspergillus*, *Penicillium*-produkcující široké spektrum mykotoxinů, *Fusarium*, které způsobují infekci oční rohovky a v neposlední řadě rod *Alternaria*, významně se podílející na rozvoji astmatu [7].

Světová zdravotnická organizace WHO prokázala, že 60 % všech alergií je způsobeno plísněmi. [13]



Obrázek 8 – Srovnání zaneseného a čistého výparníku [Převzato z 20]

Mezi nejzásadnější negativní vlivy plísní působících na lidské organismus bývají řazeny podráždění pokožky, sliznic, očí, respirační potíže, únava a bolesti hlavy. Zároveň také plísně vyvolávají astma, mykózy, alergie atd. [7].

2.2 BAKTERIE

Bakterie jsou nejjednodušší buněčné organismy. Dosahují velikosti několika mikrometrů a jejich buňky jsou označovány jako prokaryotní. DNA prokaryotních buněk je na rozdíl od eukaryotních uloženo v jádře, bez ohraničení membránou [14].

Bakterie se dále dělí do skupin primárně podle tvaru buňky. Množení bakterií probíhá výhradně nepohlavně z pravidla přímým dělením buněk [14].

Mezi nejvýznamnější bakterie co do výskytu v klimatizačních systémech patří *Legionella pneumophila* na obrázku 9, která způsobuje takzvanou legionářskou nemoc. Ta se projevuje zejména únavou, nevolností, suchým kašlem, zvýšenou teplotou a průjmem [14].



Obrázek 9 – *Legionella pneumophila* [Převzato z 15]

2.3 VIRY

Viry jsou parazitické nebuněčné organismy. Nejsou schopny se samovolně rozmnožovat, k množení potřebují hostitelskou buňku. Základní částice viru se nazývá virion. Ten se nechová jako živý organismus, to znamená, že není schopný se množit ani růst, pokud se nenachází uvnitř hostitelské buňky [14].

Viry způsobují onemocnění z nachlazení. Přibližně polovina těchto onemocnění se přikládá rhinovirům, významnou část onemocnění způsobují také chřipkové viry, adenoviry a v současné době velice aktuální koronaviry [14].

3 ČIŠTĚNÍ KLIMATIZACÍ

Výše popsané problémy s klimatizacemi v automobilech si více či méně uvědomují i samotné automobilky. K jejich řešení volí různí výrobci různé cesty, výsledek bývá však většinou dosti podobný. Zápach se podaří na krátkou chvíli pozastavit. Plísně, bakterie a viry se ale nepodaří vyhubit a v horizontu několika týdnů se problémy opakují.

3.1 PĚNOVÉ ČISTIČE KLIMATIZACE

Pro aplikaci pěnových čističů klimatizací s aplikační hadičkou, jako například na obrázku 10, se nejčastěji používá otvor, nebo hadička pro odvod kondenzátu, která se nachází pod podlahou automobilu. Pěna vyplní prostor okolo výparníku a po jejím opětovném zkapalnění „stáhne“ nečistoty sebou a vyteče spolu s nimi zpět hadičkou pro odvod kondenzátu ven ze systému [5].



Obrázek 10 – Pěnový čistič klimatizace od firmy Würth [Převzato z 16]

Pro aplikaci je tedy většinou nutné vozidlo zvednout na dílenském zvedáku, což může běžnému uživateli použití tohoto prostředku dosti zkomplikovat. Dá se proto zvolit i přístup ze strany vstupu do klimatizace, který se nejčastěji nachází pod čelním sklem před sedadlem spolujezdce. Tento způsob aplikace však vyžaduje demontáž kabinového filtru.

3.2 DEZINFEKČNÍ PŘÍPRAVKY VE SPREJI

Velice moderním způsobem pro čištění klimatizací jsou přípravky ve spreji, jako například od firmy Bild Hamber na obrázku 12, které se aplikují buď přímo do vnitřního vstupu klimatizace, nebo volně do prostoru pro posádku automobilu. Mezi jejich výhody můžeme řadit poměrně nízkou pořizovací cenu a také nenáročnou aplikaci, kterou může běžný uživatel zvládnout sám. Není nutná žádná demontáž ani speciální vybavení. Pro čištění stačí pouze nastartovat automobil, zapnout klimatizaci na maximální výkon, zvolit vnitřní cirkulaci vzduch v interiéru vozidla, do míst ke vstupu klimatizace pustit přípravek a uzavřít všechny dveře a okna automobilu. Správné nastavení klimatizace před čištěním znázorňuje obrázek 11.



Obrázek 11 – Nezbytné nastavení klimatizace před čištěním [Převzato z 17]

Tento způsob čištění musí probíhat bez přítomnosti lidí, zvířat atd. Je nutné vyvarovat se vdechnutí těchto přípravků. Samotné čištění zabere přibližně 5 minut. Pro lepší účinnost se doporučuje nechat automobil zavřený se zapnutou klimatizací dalších 10 až 15 minut a poté důkladně provětrat.



Obrázek 12 – Přípravek Air Con Bomb [Převzato z 17]

3.3 VÝMĚNA KABINOVÉHO FILTRU

Řada výrobců pro řešení problémů se znečištěním klimatizace také doporučuje častější výměnu kabinového/pilového filtru. Extrémní případ zaneseného kabinového filtru znázorňuje obrázek 13.

Výměna filtru působí jako výborná prevence znečištění výparníku. V momentě, kdy je výparník již zanesen, nemá bohužel výměna filtru nikterak zásadní dopad na jeho opětovné vyčištění.



Obrázek 13 – Znečištěný kabinový filtr [Převzato z 28]

3.4 VYUŽITÍ OZONU

Dezinfekci klimatizace ozonem využívá již delší dobu řada servisů. Jedná se o skutečně funkční řešení, které opět není nijak složité ani časově náročné. Navíc není potřeba v interiéru ani exteriéru automobilu cokoliv demontovat.

Zařízení pro dezinfekci ozonem vytváří ozon přímo v interiéru automobilu a ten je, podobně jako při použití dezinfekčních přípravků ve spreji, nasáván vnitřním vstupem klimatizace pro recirkulaci vzduchu. Před čištěním se doporučuje umístit ozonizátor podobně jako na obrázku 14 tak, aby byl vzniklý ozon foukán směrem k palubní desce.

Samotné čištění probíhá téměř totožně s tím rozdílem, že zařízení potřebují pro svůj provoz elektrickou energii. Ta je dodávána buď přímo z elektrické rozvodné sítě, tj. 230 V střídavého napětí, nebo u sofistikovanějších přístrojů dokonce přímo z palubní sítě automobilu. Tedy cca 12 V stejnosměrného napětí.



Obrázek 14 – Ozonizátor společnosti Lifetech s.r.o. [Vlastní zpracování]

Ozon dokáže odstranit také zápachy od cigaretového kouře, zvířat atd. Dostane se do všech míst, čalounění, přihrádek, zavazadlového prostoru. Pro čištění automobilů se proto jeví jako jedna z nejlepších možností.

Jednou z nesporných výhod použití ozonu pro čištění klimatizací automobilů je také fakt, že při jeho použití nevznikají žádné chemické látky, které by mohly poškozovat lidské zdraví. Molekula ozonu se totiž při kontaktu se znečištěním rozbíjí zpět na běžně se v atmosféře vyskytující molekulu kyslíku. Podobně se chová dokonce i bez kontaktu a samovolně se rozbíjí v závislosti na okolní teplotě přibližně do 30 minut.

4 OZON

Kyslík se kromě obvyklé dvouatomové molekuly O_2 v přírodě vyskytuje i ve formě tříatomové molekuly O_3 . Jedná se o vysoce reaktivní plyn, který má za standardních okolních podmínek namodralou barvu a charakteristický nasládlý zápach. Ten se při větších koncentracích mění z nasládlého na velice štiplavý. V přírodě se běžně nachází ve stratosféře ve výšce přibližně 25 až 35 km nad hladinou moře, nebo těsně při zemi po bouřce [5].

4.1 ZÁKLADNÍ VLASTNOSTI OZÓNU

Ozon je doposud nejsilnější přírodní čistící a dezinfekční látka. Své využití nachází v potravinářství, zemědělství, lékařství, ale taky při úpravě vody nebo vzduchu. Neexistují žádné mikroorganismy, které by dokázaly ozonu odolat [6]. Přehled základních vlastností ozonu je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1 – Základní vlastnosti ozónu a jeho srovnání s kyslíkem [Vlastní zpracování dle 5]

Vlastnost	Ozón	Kyslík
Molekulový vzorec	O_3	O_2
Alternativní název	Aktivní kyslík	–
Molární hmotnost	48 g/mol	32 g/mol
Barva	Světle modrá	Bez barvy
Hustota	2,144 mg/cm ³ při 0 °C	1,429 mg/cm ³ při 0 °C
Teplota varu	-111.9 °C	-183 °C
Elektrochemický potenciál	2,07 eV	1,23 eV

Několik zajímavostí:

- ozon dokáže ničit patogeny v řádu sekund, ostatní oxidanty v řádu minut,
- ozon se rozkládá zpět na kyslík,
- ozon samotný neovlivňuje pH prostředí,
- ozon nemůže být ukládán ani přepravován. Samovolně se časem rozkládá,
- ozon výborně oxiduje také kovy, nebo hořčík,
- ozon odstraňuje zápachy,
- ozon je účinný při částečné oxidaci organických látek ve vodě na biologicky rozložitelné sloučeniny, které mohou být odstraněny biologickou čističkou [5].

Nevýhody ozonu:

- degradace materiálů, které přichází s ozonem do styku,
- ozon dokáže otrávit a způsobovat zdravotní komplikace,
- poločas rozkladu ozonu je při teplotě 20 °C přibližně 20 minut [5].

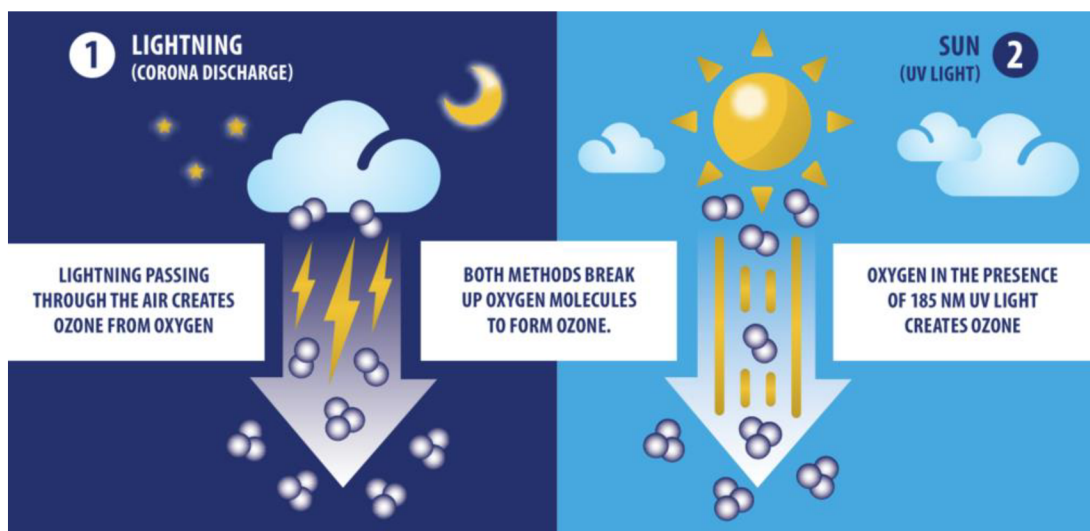
4.2 VZNIK OZONU

Ozon vzniká jak v přírodě, tak pro čistě průmyslové využití. Oba tyto způsoby fungují na stejném fyzikálním základě.

4.2.1 V PŘÍRODĚ

V přírodě ozon vzniká při silném elektrickém výboji během bouřky, nebo působením slunečního UV záření. V okamžiku, kdy blesk prochází v blízkosti atmosférického kyslíku, mění ho na ozon. Ozon vzniká také působením ultrafialového záření od slunce. Světlo s vlnovou délkou 185 nm vytváří ozon opět ze vzdušného kyslíku [5].

Oba tyto principy znázorněné na obrázku 15 dodávají energii dvouatomové molekule kyslíku a dle rovnic níže ji mění na molekulu tříatomovou. Tato reakce probíhá ve dvou krocích. V prvním se molekula kyslíku rozdělí na dva vysoce reaktivní dvouatomové radikály, které se záhy spojí s nejbližší dvouatomovou molekulou kyslíku za vzniku ozonu [5].



Obrázek 15 – Princip přírodní produkce ozonu [Převzato z 5]

Charakteristická „vůně“ po bouřce je tedy způsobena jak negativními ionty, tak ozonem vzniklým díky úderům blesků. Podobně vzniká typická „vůně“ takzvaného horského slunce. Zde je ovšem původce UV záření, kterého je ve vyšších nadmořských výškách obecně více než v nížinách.

4.2.2 V PRŮMYSLU

Nejběžnějším způsobem výroby ozonu v průmyslu je využití korónového elektrického výboje. Vzduch, nebo pro zvýšení účinnosti kyslík, je vháněn do prostorů mezi elektrody pod vysokým napětím tak, aby byl simulován přírodní korónový výboj. Kyslík se rozkládá na dva nestabilní volné atomy a ihned se opět spojuje do tříatomové molekuly ozonu.

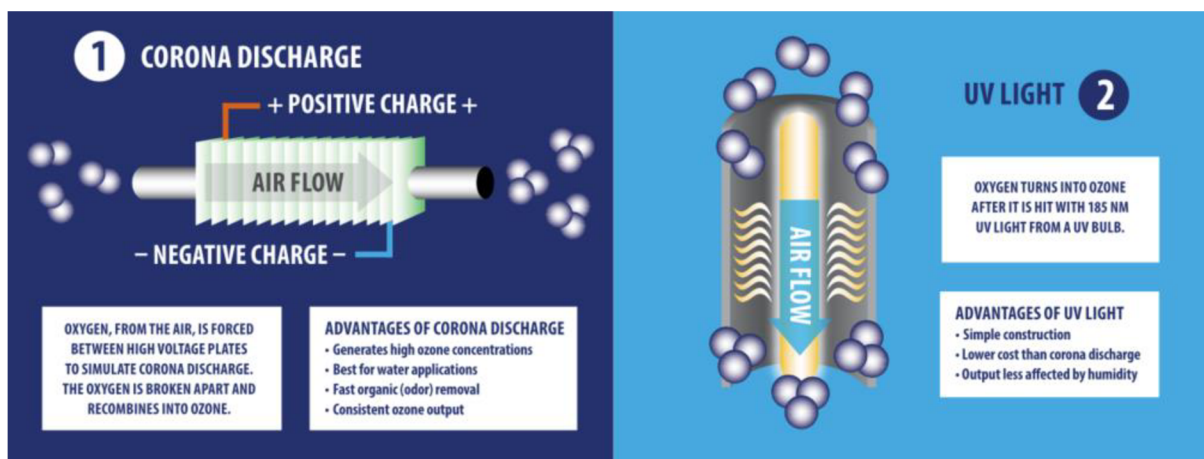
Výhodou tohoto řešení je vysoká koncentrace vzniklého ozonu. Toto řešení má také nejlepší použitelnost pro aplikace čištění vody. Reakce probíhá velmi rychle a vzniká konstantní množství ozonu [5].



Obrázek 16 – Komplexní zařízení pro úpravu vody pomocí ozonu a UV záření
[Vlastní zpracování]

Další možností výroby ozonu je využití speciálně navržených UV výbojek, které vyzařují spektrum blízké vlnové délce 185 nm. Oba způsoby průmyslové produkce ozonu jsou schematicky znázorněny na obrázku 17.

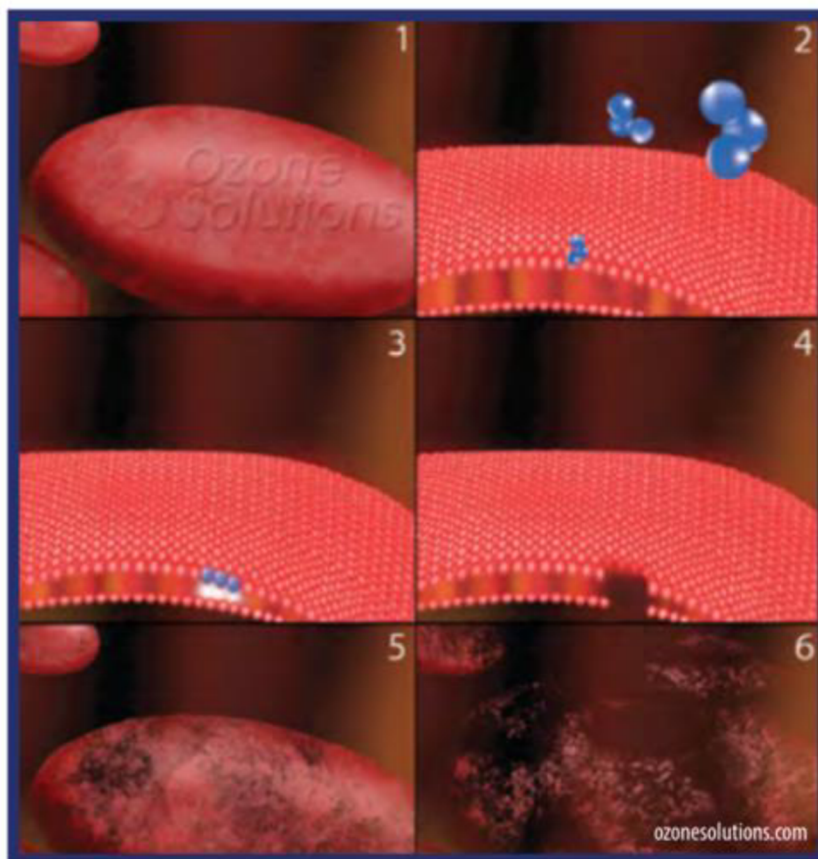
Výhoda tohoto řešení spočívá v relativní jednoduchosti konstrukce, nízké výrobní ceně a nižší závislosti na vlhkosti vstupujícího vzduchu. Vzniklé koncentrace ozonu však nejsou tak vysoké, jako při korónovém výboji [5].



Obrázek 17 – Princip průmyslové produkce ozonu [Převzato z 5]

4.3 PRINCIP DEZINFEKCE

Ozon je velmi silným oxidačním činidlem. Princip jeho reakci s bakterií, potažmo její buněčnou stěnou, je znázorněn na následujícím obrázku.



Obrázek 18 – Princip dezinfekce – narušení buněčné stěny [Převzato z 5]

1. Buňka bakterie
2. Ozon přichází do kontaktu s buněčnou stěnou, ta je pro život bakterie naprosto stěžejní, neboť právě díky ní se zachovává svůj tvar.
3. V okamžiku, kdy dojde ke kontaktu molekuly ozonu a buněčné stěny, vznikne vlivem oxidace malá díra
4. Nově vzniklá díra poškozuje bakterii
5. Bakterie začíná ztrácet svůj tvar vlivem dalších děr vytvářených jinými molekulami ozonu
6. Po stovkách a tisících oxidací se buněčná stěna definitivně poruší a bakterie se tím „roztrhne“ což způsobí její smrt. Tento celý děj probíhá v řádu několika jednotek sekund.

4.4 ZDRAVOTNÍ RIZIKA OZONU

Jak již bylo popsáno výše, ozon je velmi reaktivní plyn a silné oxidační činidlo. Ve vyšších koncentracích tak může být pro člověka, zvířata ale i rostliny velmi nebezpečný.

Dle Nařízení vlády ČR č. 350/2002 Sb., které vešlo v platnost dne 3.6.2002 je přípustný cílový imisní limit $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ten odpovídá maximálnímu dennímu osmihodinovému průměru, který je počítán z hodinových koncentrací. Koncentraci ozonu ve vnitřním prostředí budov upravuje Vyhláška MZ číslo 6/2002 Sb. Ta stanovuje hygienické limity hodinové koncentrace ozonu na $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Naopak ve světě jsou hodnoty expozičních limitů nastaveny poměrně volněji. Obvyklá hodnota činí cca $215 \mu\text{g}/\text{m}^3$ při osmihodinové expozici [5].

Měření těchto hodnot ale není pro běžného člověka prakticky možné a je pro něj potřeba speciálního vybavení. Příroda však lidem nadělila schopnost rozeznat ozon v ovzduší už od hodnoty cca $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Člověk vystavený vyšším koncentracím tak včas může zaregistrovat možné nebezpečí. To podle Světové zdravotnické organizace (WHO) přichází u některých jedinců už při hodnotě $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Při delším pobytu v prostoru s koncentrací nad $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se dostavuje pálení očí, v nosu a v krku. Pokud je osoba vystavena koncentraci vyšší než $1100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dostávají se silné dráždění očí a horních cest dýchacích a silná bolest hlavy. Extrémem mohou být koncentrace nad $21\ 000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, které mají za následek bezvědomí, silné krvácení do plic a později i smrt [5].

Ozon negativně působí i na rostliny a degraduje některé materiály, což je nutné brát v potaz při návrhu součástí, které s ním přichází do přímého kontaktu a jsou vystavovány vyšším koncentracím. Viditelné poškození listu tabáku je zachyceno na obrázku 19.



Obrázek 19 – Poškození listu tabáku ozonem [Převzato z 29]

5 ÚPRAVA VZDUCHU V INTERIÉRU AUTOMOBILŮ

Na poli úpravy vzduchu v kabině automobilů neprobíhá až tak zásadní vývoj, jako je tomu u snižování emisí spalovacích motorů nebo bezpečnosti. Najdou se však výjimky, jako například společnosti Mercedes-Benz, Tesla, nebo Jaguar Land Rover, které se této problematice věnují. Jejich přístupy k úpravě vzduchu v kabině automobilů budou rozebrány na následujících řádcích.

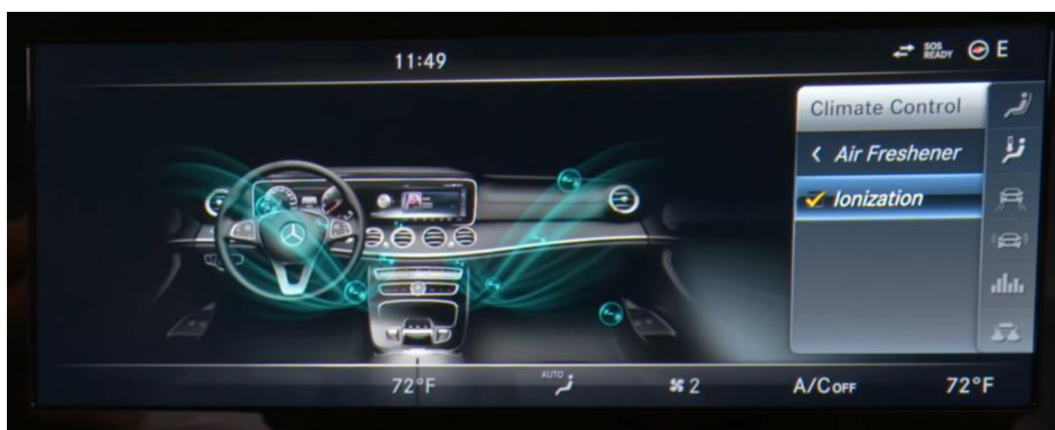
5.1 NEGATIVNÍ IONTY

Negativní ionty jsou molekuly volně se pohybující ve vzduchu, které mají záporný elektrický náboj. V přírodě se běžně vyskytují působením UV záření od slunce. Vznikají také při úderu blesku během bouřky, nebo volným kolidováním molekul vody mezi sebou, např. v blízkosti vodopádů nebo oceánů. Existuje řada studií potvrzujících, že vystavení lidského organismu působení negativních iontů může mít řadu pozitivních dopadů. Mezi tyto se řadí zejména snížení pocitu deprese a stresu, aktivační působení na některé tělní systémy a kognitivní funkce a podpora antimikrobiální aktivity. Některé zdroje dokonce uvádějí, že negativní ionty podporují schopnost dýchání [18].

5.2 IONIZACE MERCEDES-BENZ

Mezi automobilkami je průkopníkem technologií pro zlepšení kvality vzduchu zejména německá firma Mercedes-Benz. Její příplatkový výbavový balíček AIR-BALANCE obsahuje mimo jiné právě možnost ionizace vzduchu vstupujícího do kabiny vozu. Vše probíhá přímo v jednotce klimatizace, kde se pomocí ionizátoru vytváří záporné ionty. Mercedes-Benz uvádí, že pomocí ionizace dokáže inaktivovat některé viry, bakterie a spory. Současně také dokáže ionizátor takzvaně „osvěžit vzduch“ zvýšenou koncentrací záporně nabitých iontů vzdušného kyslíku, což má za účinek mimo jiné pocit relaxace a příjemnějšího dýchání [22].

Mercedes-Benz však není jedinou firmou, které klade zvýšenou pozornost na kvalitu vzduchu v interiéru svých automobilů. V roce 2018 uvedla na trh firma Jaguar model XF Sportbrake, vybavený podobným systémem ionizace vzduchu stejně jako Mercedes-Benz. Ionizace je tedy nastavitelným prvkem úpravy vzduchu v kabině. Její ovládání ve vozech Mercedes-Benz je znázorněno na obrázku 20.



Obrázek 20 – Ionizace vzduchu v kabině Mercedes-Benz [Převzato z 19]

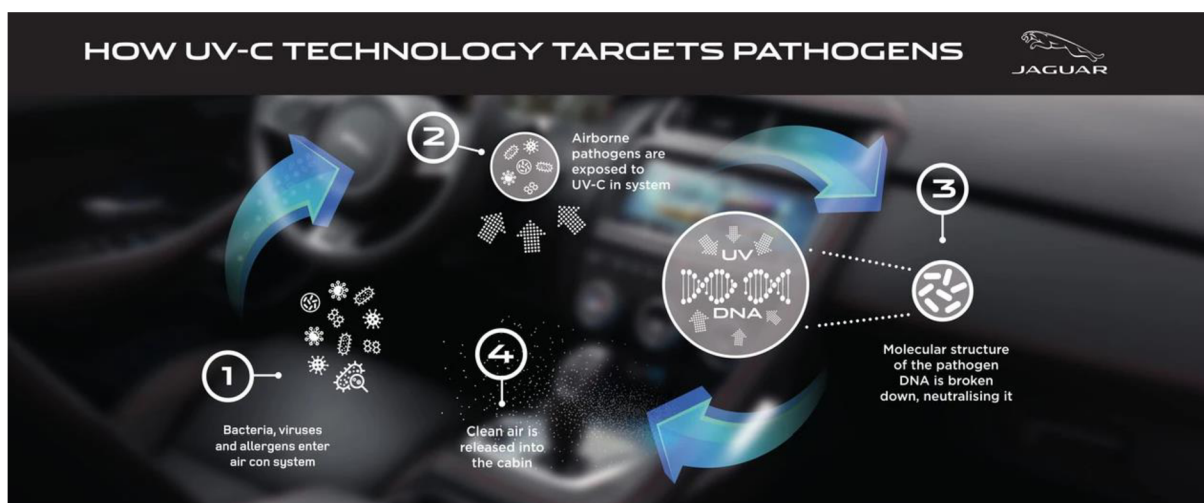
5.3 UV-C DEZINFEKCE VZDUCHU JAGUAR LAND ROVER

Od roku 2019 firma Jaguar Land Rover intenzivně pracuje na vývoji dezinfekční jednotky pro klimatizace svých automobilů, založené na principu UV-C záření. UV-C záření je charakterizováno vlnovou délkou 200 až 280 nanometrů a v současnosti se využívá pro úpravu vody, vzduchu, potravin nebo ke sterilizaci povrchů převážně ve farmaceutickém průmyslu a zdravotnictví [30].

Vzduch procházející systémem klimatizace bude vystaven působení UV záření. To je absorbováno zejména DNA patogenů, která se tím poškodí a patogen tak odumírá. Do kabiny vozu se tak vrací čistší vzduch tak, jak je schematicky uvedeno na obrázku 21 [30].

Zařízení může na rozdíl od ozonové dezinfekce pracovat za přítomnosti pasažérů a v tom tkví jeho hlavní výhoda. UV záření však musí být dokonale odstíněno, aby nedošlo k poškození zraku cestujících [30].

Projekt je však v tuto chvíli stále ve vývoji a jeho reálné využití v automobilech zatím nebylo uvedeno na trh.



Obrázek 21 – Princip dezinfekce vzduchu UV-C zářením [Převzato z 21]

5.4 HEPA FILTR TESLA MODEL X

Poněkud odlišnou cestu volí již tradičně americká značka elektromobilů Tesla. Pro své Modely X a faceliftové Modely S nabízí HEPA filtr, který dokáže dle výrobce s 99,97% účinností odstranit částice o velikosti větší než 300 nanometrů. Při aktivní filtraci vzduchu by se tedy do interiéru neměly dostat pyly, bakterie ani některé viry. Tesla dokonce uvádí, že díky jejich filtru je možné uvnitř vozu přečkat útok chemickými nebo i biochemickými zbraněmi [25].

HEPA filtry ve vozidlech Tesla jsou násobně větší než běžně používané kabinové filtry jiných automobilek. Skutečnou velikost filtrů zachycuje obrázek 22.



Obrázek 22 – HEPA filtr z Tesly model X po 80 000 km a pro srovnání filtr nový
[Převzato z 23]

6 NÁVRH ZAŘÍZENÍ

Ve spolupráci s firmou Lifetech s.r.o. bylo navrženo zařízení na produkci ozonu a negativních iontů pomocí dielektrického bariérového výboje. Byl kladen důraz na spolehlivost, kompaktnost a nízkou spotřebu elektrické energie.

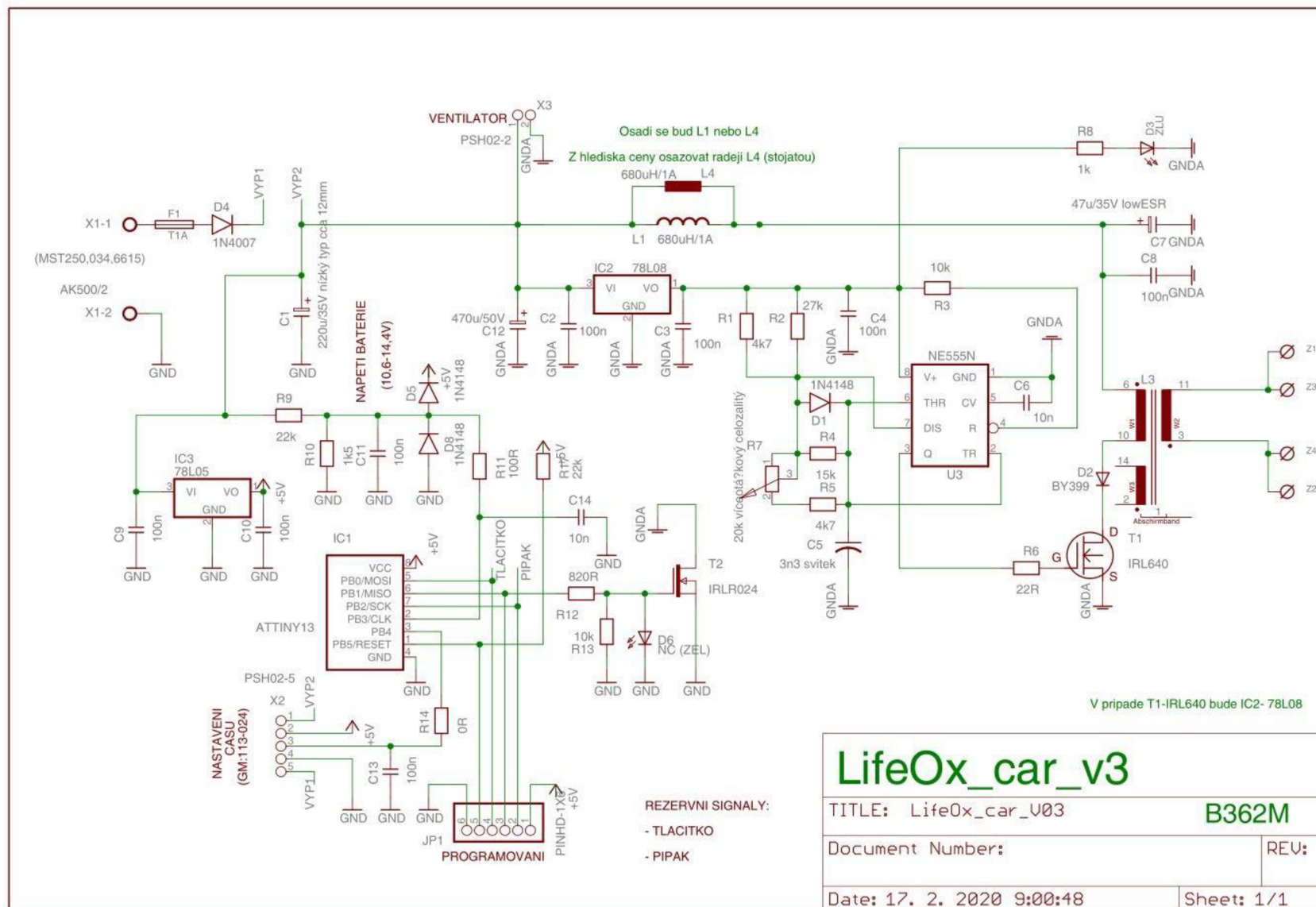
6.1 ELEKTRICKÁ ČÁST

Pro návrh elektrické části zařízení byl zvolen software Eagle 5.6.0, za jehož pomoci vznikla jednovrstvá deska plošných spojů.

Obecně se dá DPS rozdělit na dvě části, a to sice část výkonovou a část řídicí. Výkonová část DPS se nachází na schématu v pravé horní polovině, řídicí poté spíše v levé dolní. Navzájem jsou však velmi silně provázány. Kompletní schéma DPS je znázorněno na obrázku 23.

Nejzásadnějšími komponentami řídicí části desky jsou mikroprocesor ATTINNY13 a PWM časovač NE555N. Software do mikroprocesoru se nahrává přes kolíkovou lištu, která je ve schématu značena JP1. Z výkonové části stojí za zmínku zejména tlumivky L4 a L3, které zprostředkovávají transformaci napájecího napětí na výstupní o hodnotě přibližně 3,6 kV.

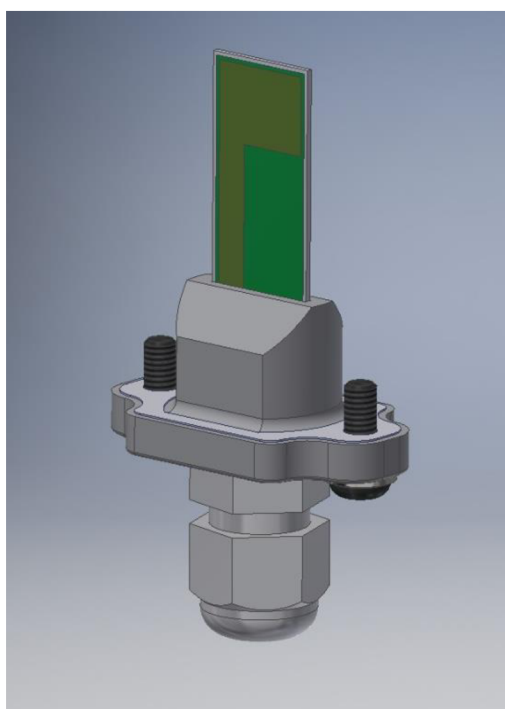
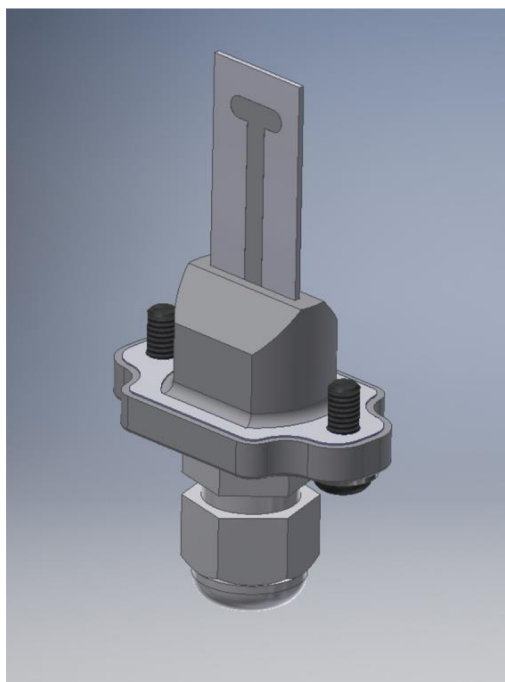
V obvodu se nachází i dva regulační prvky. Těmi jsou potenciometr R7 a druhý potenciometr 113-024, který je opatřen i spínačem, připojený na konektor X2. V původním návrhu DPS byl i ventilátor, který napomáhal cirkulaci procházejícího vzduchu během testování. Ventilátor byl připojen přes konektor X3. Při reálném využití této DPS v automobilu by poté zůstal konektor X3 neobsazený. Neobsazený zůstal také signál pro zvukový tón takzvaný pípák. Při reálném využití by byl pro oznámení zahájení produkce ozonu použit výstražný tón přímo z vozidla.



Obrázek 23 – Schéma DPS [Vlastní zpracování]

6.2 ELEKTRO-MECHANICKÁ ČÁST

Za čistě mechanické komponenty by bylo možné považovat snad jen krabičku elektroniky. Na pomezí elektricko-mechanické části se nachází tzv. jiskřiště (obrázek 24). Návrh kompletní výkresové dokumentace pro krabičku elektroniky, jiskřiště, konzoli jiskřiště a DPS je součástí práce. Tyto vznikly v programu Autodesk Inventor 2017.

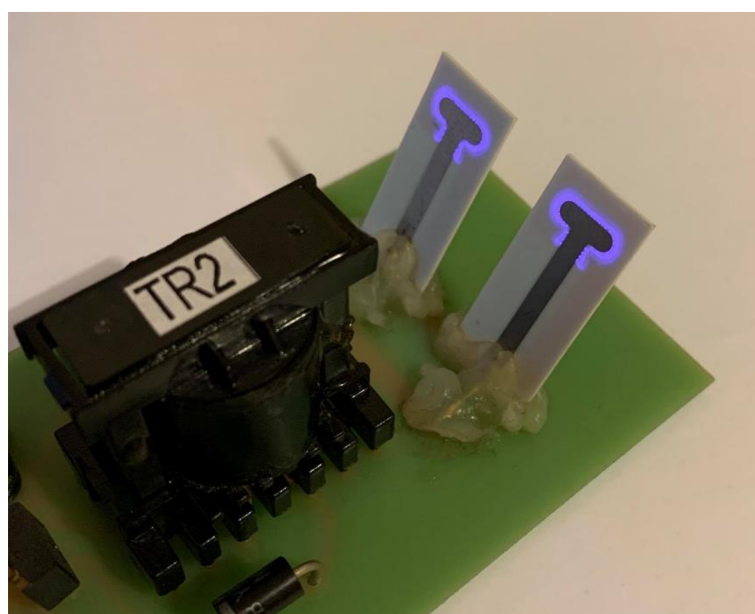
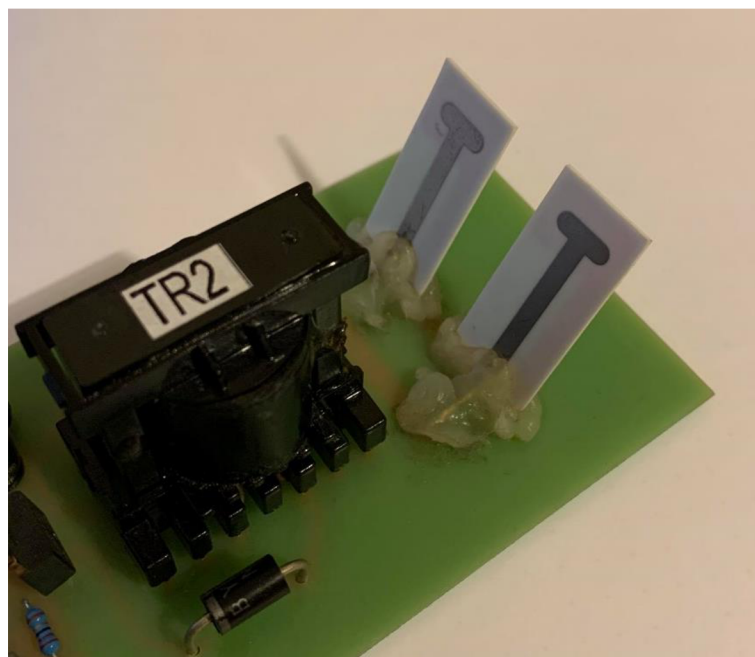


Obrázek 24 – Kompletní jiskřiště k montáži [Vlastní zpracování]

Jiskřiště je keramická součástka, prostřednictvím které vzniká povrchový bariérový výboj. Vzdušný kyslík procházející tímto výbojem se mění na ozon.

Pro návrh tohoto zařízení na produkci ozonu nebylo zvoleno žádné konvenční jiskřiště, nýbrž bylo ve spolupráci s firmou Lifetech s.r.o. navrženo jiskřiště vlastní.

Produkce ozonu je doprovázena charakteristickým modro-fialovým zářením, které je viditelné na obrázku 25.



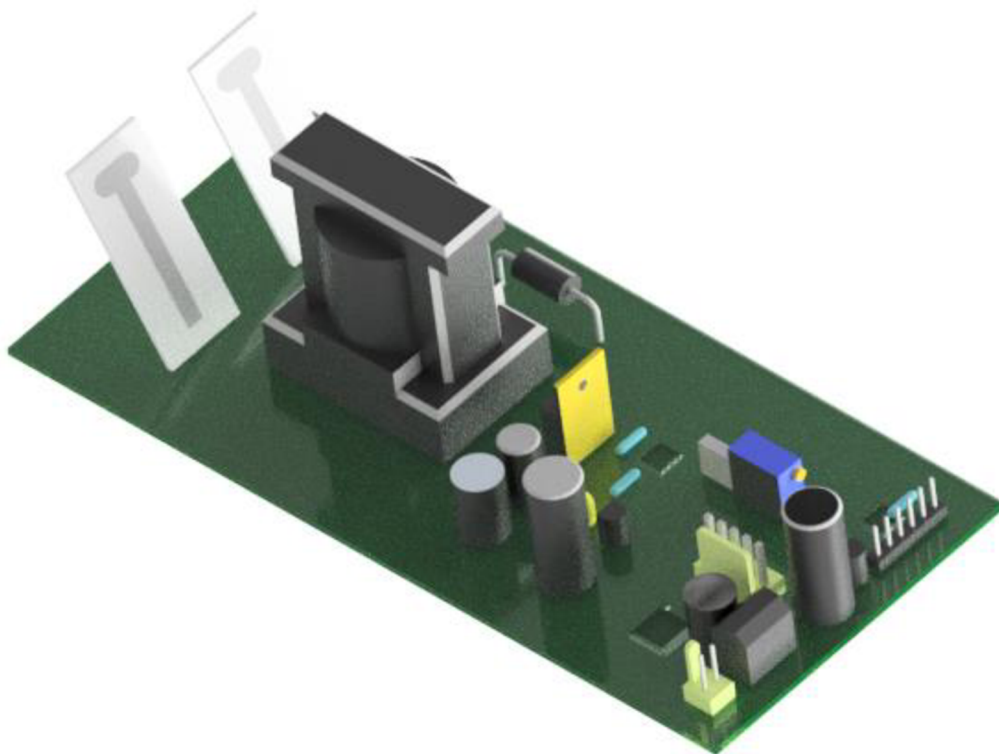
Obrázek 25 – Porovnání jiskřiště bez napětí a pod napětím 3,6 kV během produkce ozonu
[Vlastní zpracování]

7 PROTOTYP

V původním návrhu bylo pouze jedno jiskřiště. Po prvotních testech bylo přidáno další jiskřiště a obě byly pro jednoduchost přidány přímo na DPS. Absence vysokonapěťových kabelů a kompaktnost celého řešení se během testování několikrát ukázaly jako velice výhodné.

Pro reálné využití v automobilech se však počítá s rozdělením DPS. Elektronika bude uložena v obalu s dostatečným IP krytím a jiskřiště budou přes konzoly umístěny přímo v HVAC systému. Propojení zajistí vysokonapěťové kabely.

Prototypová DPS byla vytvořena ve společnosti Gatema a.s. a jiskřiště byly osazeny ve firmě Lifetech s.r.o. Plošné spoje vysokonapěťového vedení na spodní straně DPS byly ochráněny vrstvou silikonu. Pro účely následného 3D modelování vznikl model prototypové DPS renderovaný na obrázku níže.

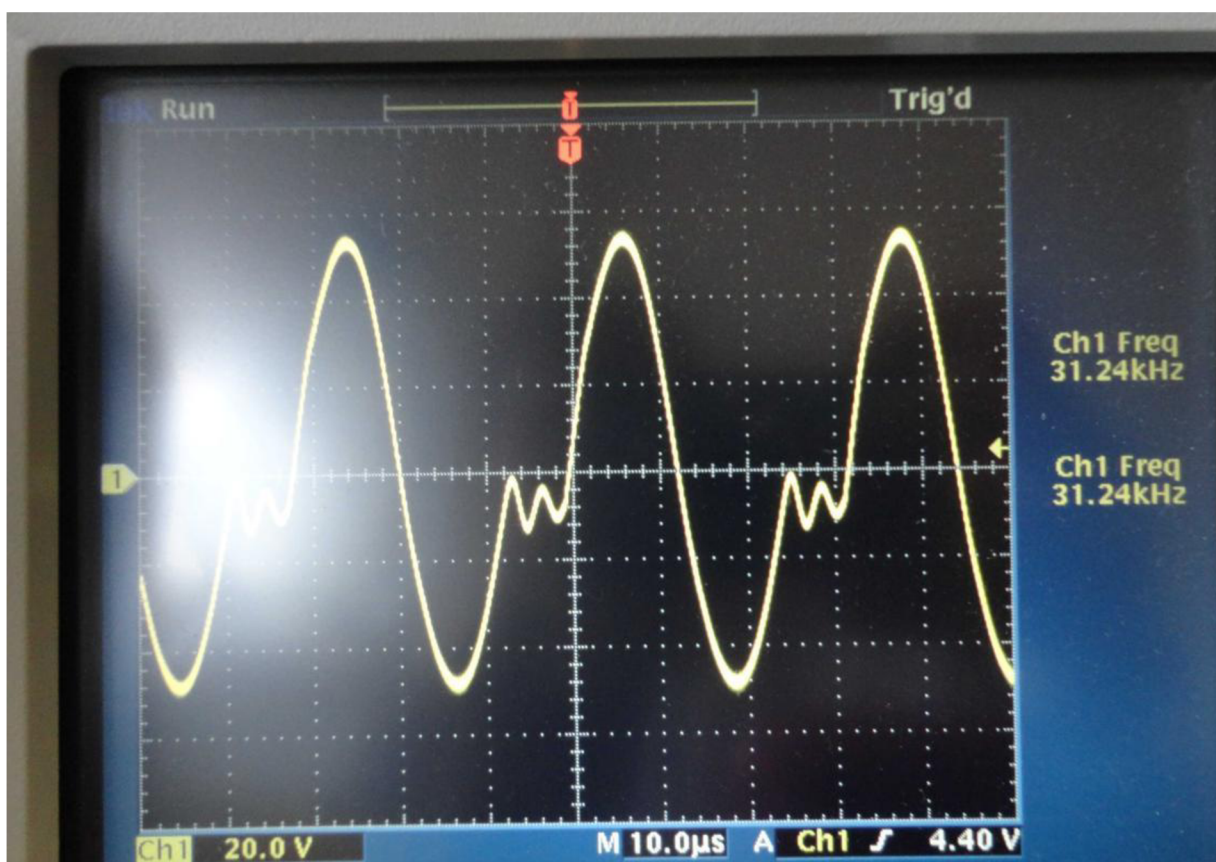


Obrázek 26 – 3D model DPS LifeOx_car-v3 [Vlastní zpracování]

7.1 OPTIMALIZACE

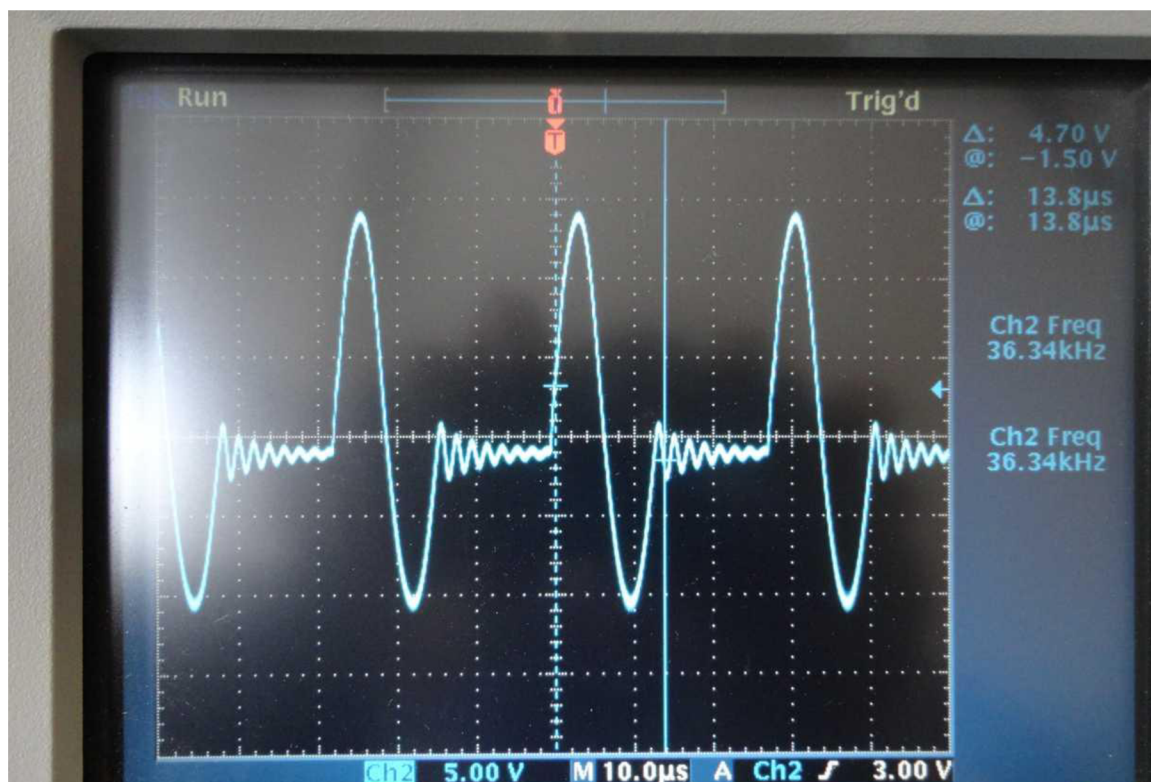
Podstatnou částí vývojové práce na prototypu byla také optimalizace. Hlavním úkolem bylo najít budící frekvenci, která ovlivňuje výstupní napětí na výkonovém trafu. Frekvence má naprosto klíčový vliv jak na produkci ozonu, tak na životnost jiskříšť a nastavuje se přes potenciometr ve schématu označený jako R7 respektive PWM modul NE555N.

Kvalita fotografií je bohužel velmi špatná. Osciloskop, který byl k dispozici pro měření průběhů neměl možnost exportu dat, které by poté bylo možné zpracovat v softwaru na počítači. Na kvalitě snímků se podepsalo také laboratorní osvětlení, které rovněž nebylo možné měnit. Pro odečet průběhu jsou však tyto fotografie dostačující.



Obrázek 27 – Závislost průběhu napětí na čase – frekvence 31,24 kHz [Vlastní zpracování]

Nejvyšší produkce ozonu bylo dosaženo při frekvenci 31,24 kHz. Bohužel se však při této frekvenci jiskříště značně zahřívala a jejich životnost byla pouze v řádu několika hodin. Postupným zkoušením byla budící frekvence stanovena na 36,34 kHz. Průběh je možné odečíst z následujícího grafu (viz Obrázek 28)



Obrázek 28 – Konečný průběh závislosti napětí na čase-frekvence 36,34 kHz
[Vlastní zpracování]

Z grafu a potažmo průběhu napětí je zřejmé, že se zde vytvořil prostor pro „chladnutí“ jiskříšť. S tímto nastavením se podařilo životnost jiskříšť rapidně zvýšit.

8 MĚŘENÍ A KONCENTRACE OZONU

Po výrobě a testu funkčnosti prototypu bylo zahájeno testování na reálném vozidle. Bohužel se nepodařilo navázat spolupráci s mladoboleslavskou firmou Škoda Auto. Původním záměrem bylo provést testy na skutečném HVAC systému vyjmutého z některého modelu automobilu této značky.

Proto bylo přistoupeno k testu na kompletním vozidle. K tomuto účelu byl vybrán automobil Škoda Octavia druhé generace modelový rok 2009 s motorizací 1.9 TDI a karosářskou variantou kombi. Automobil je využíván společností Lifetech s.r.o. jako služební vůz pro cesty obchodního oddělení nebo nákupu materiálu. Aktuální nájezd činí 285 000 kilometrů. Vozidlo je po technické stránce v průměrném stavu a nikterak nevybočuje od Octavií podobných parametrů. V minulosti se v kabině kouřilo a tento fakt je při pobytu v interiéru stále znát. Manuální klimatizace automobilu funguje bez problémů, avšak nebyla již několik let žádným způsobem udržována. Vozidlo prochází pouze pravidelným doporučeným servisem od výrobce. Z těchto důvodů se tento konkrétní automobil jeví jako ideální pro testy.

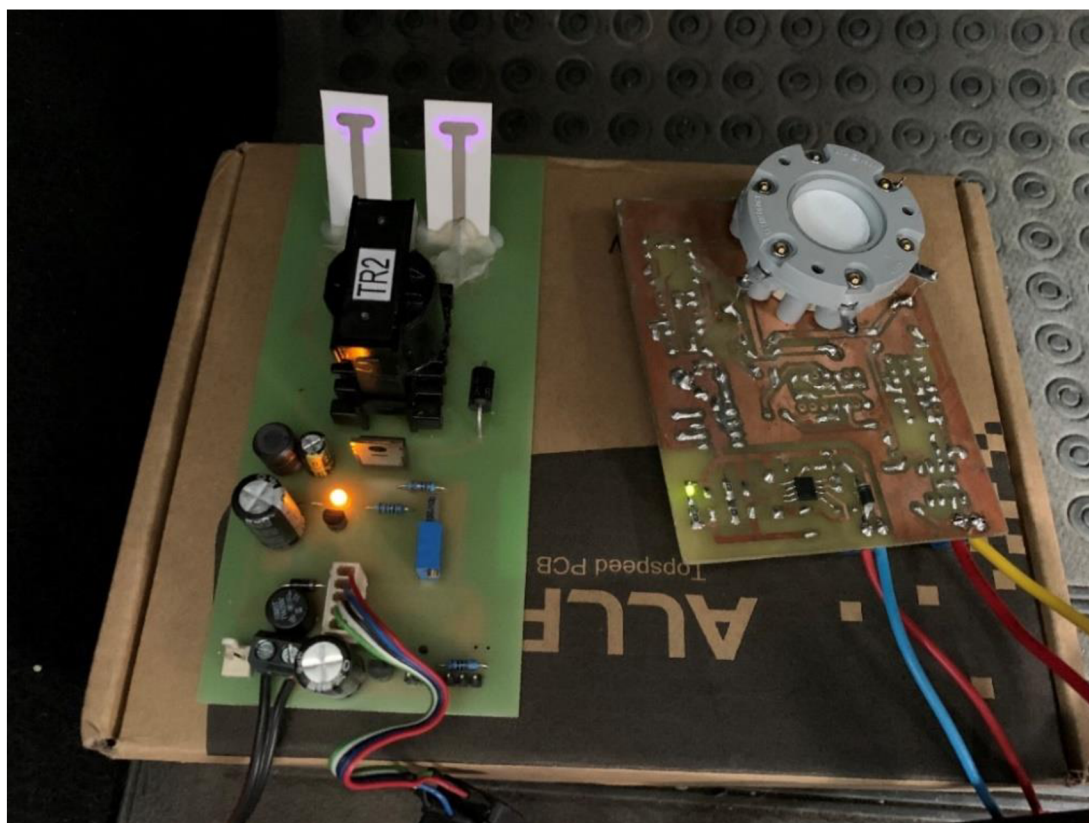
Manuální klimatizace byla nastavena na vnitřní cirkulaci vzduchu, maximální chladicí výkon, foukání vzduchu směrem na posádku a ventilátor na třetí výkonový stupeň stejně jako na obrázku 29. Všechny výstupy klimatizace byly až na jeden na levé straně palubní desky pro měření zatěsněny textilní páskou tak, aby bylo možné měřit koncentraci ozonu vystupující z jednoho výdechu.



Obrázek 29 – Nastavení klimatizace při měření [Vlastní zpracování]

Do prostoru pod palubní deskou, kde se nachází vstup vnitřního okruhu klimatizace, byla nainstalována prototypová DPS tak, aby byl vyprodukovaný ozon nasáván do HVAC jednotky.

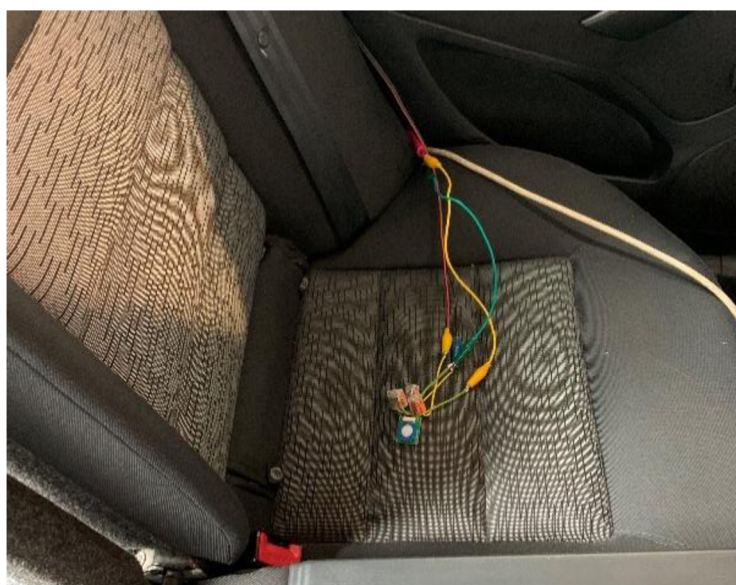
Pro měření bylo k volantu připevněno čidlo koncentrace ozonu od výrobce CITY TECHNOLOGY označení A3OZ. Průběhy koncentrací ozonu jsou zaneseny do grafu v následující kapitole. Fotografie z průběhu měření je na obrázku 30.



Obrázek 30 – Prototypová DPS spolu s čidlem ozonu A3OZ [Vlastní zpracování]

Čidlo ozonu A3OZ měří koncentrace od 0 do 10 ppm O_3 s rozlišením 20 ppb. Pro kontrolu bylo do automobilu naistalováno také čidlo od firmy Winsen označení ZE25-O3. Jeho úkolem bylo měřit koncentraci ozonu v prostoru zadních sedaček.

Hodnoty z obou čidel navzájem korespondovaly, a proto byly do tabulky vyneseny pouze ty z čidla A3OZ.

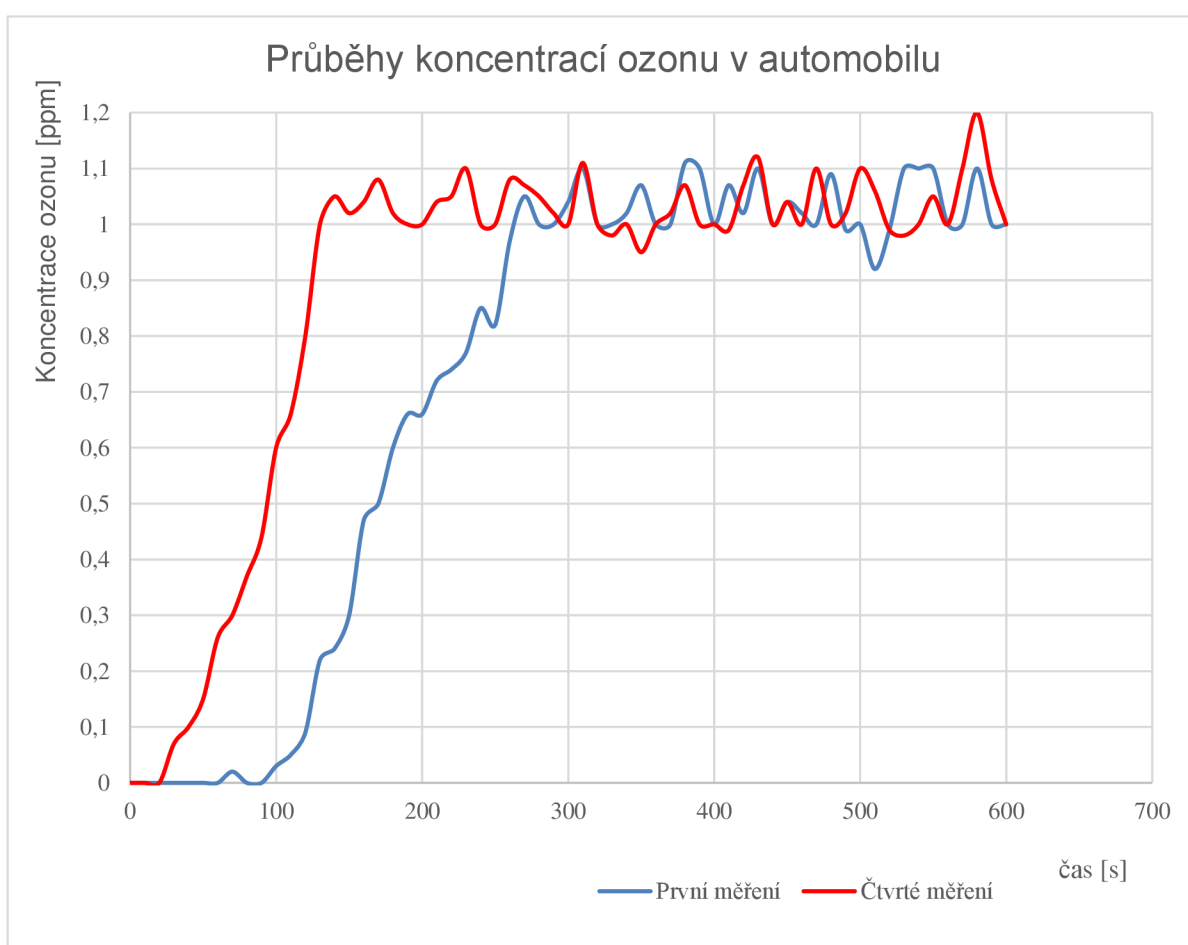


Obrázek 31 – Umístění čidel v automobilu [Vlastní zpracování]

8.1 HODNOTY

Výstupní měřenou veličinou obou čidel je elektrické napětí. Průběh závislosti koncentrace ozonu na napětí je opět pro obě čidla stejná a to lineární. Pro přehlednost je dále pracováno pouze s hodnotou koncentrace ozonu v ppm převedenou z napětí.

Při testech v laboratoři společnosti Lifetech s.r.o. byla při použití prototypové DPS a dvou jiskřišť naměřena maximální koncentrace ozonu 1,46 ppm. Maximální dosažená koncentrace v automobilu činí 1,21 ppm. Časová závislost koncentrace ozonu v automobilu je znázorněna na následujícím grafu.



Obrázek 32 – Graf závislosti koncentrace ozonu na čase [Vlastní zpracování]

Z průběhů koncentrací ozonu jasně vyplývá, že byla HVAC jednotka při prvním čištění značně více zanesená a vyprodukovaný ozon tak ihned reagoval a rozpadal se zpět na kyslík. Tomu napovídá právě pozvolnější nástup koncentrace ozonu v kabině. Na základě tohoto grafu je tak možné určit, že čištění ozonem opravdu funguje.

Vzorkování bylo nastaveno na 10 sekund. Teplota v automobilu se během měření snížila z původních 14,5 °C na 12 °C vlivem působení klimatizace provozované v maximálním chladícím výkonu.

9 SPOTŘEBA ELEKTRICKÉ ENERGIE

V návrhové části práce bylo zmíněno, že byl kladen důraz mimo jiné na nízkou spotřebu elektrické energie. K ověření splnění této podmínky bylo provedeno měření proudu vstupujícího do DPS při produkci ozonu za použití obou jiskříšť. Výsledná hodnota činí 610 mA, což se jeví jako zajímavý výsledek. Pro srovnání běžná obrysová 5 W žárovka odebírá přibližně 400 mA.

9.1 VÝPOČET OKAMŽITÉHO PŘÍKONU

Pro výpočet byla prototypová deska osazena tak, jak byla měřena při použití ve vozidle, tj. dvě jiskříště.

$$P = U \cdot I [W] \quad (9.1)$$

$$P = 12 \cdot 610 \cdot 10^{-3} = 7,32 W \quad (9.2)$$

Na celkovou spotřebu elektrické energie během čištění HVAC jednotky a interiéru vozu má tak daleko větší vliv spotřeba energie od ventilátoru než od jednotky produkce ozonu. Konkrétní spotřeba odpovídá konkrétnímu typu ventilátoru.

10 MOŽNÁ RIZIKA

Z přechodících kapitol je zřejmé, že čištění klimatizace ozonem musí striktně probíhat bez přítomnosti lidí, zvířat nebo také rostlin. Koncentrace, které je zařízení schopno dosáhnout, však není pro člověka žádným způsobem extrémně nebezpečná a přítomnost ozonu v automobilu ihned rozpozná i naprostý laik.

10.1 JIŠTĚNÍ

Z předchozí kapitoly o spotřebě elektrické energie vyplývá, že je možné v rámci selektivity kompletní zařízení na produkci ozonu jistit běžnou 1,6 A pojistkou jako například na obrázku 33, která by měla být umístěna tak, aby ji bylo v případě potřeby možné jednoduše vyměnit.

DPS produkce ozonu má také zakomponovanou pojistku. Nachází se ihned na vstupu, je připájena přímo na desce, takže ji není možné vyměnit bez pájení. Dimenzována je na 1 A.



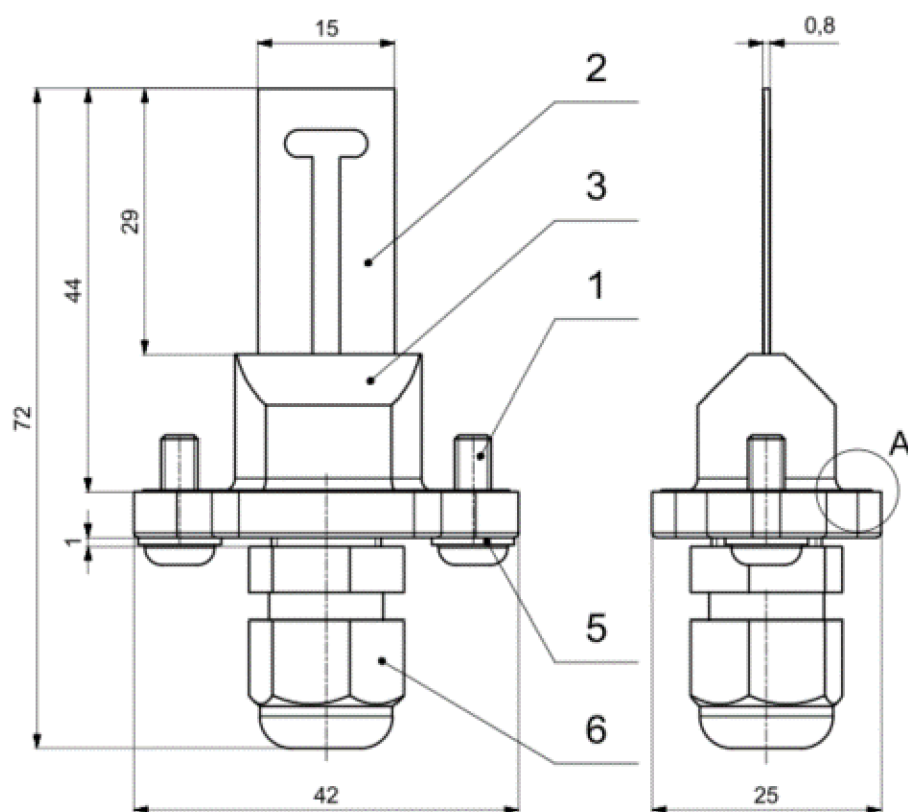
Obrázek 33 – Trubičková pojistka [Převzato z 22]

11 VÝBĚR UMÍSTĚNÍ JISKŘIŠŤ

Klíčovým bodem pro správnou funkci celého zařízení je umístění jiskřišť v systému klimatizace.

Jiskřiště musí být uloženo mezi ventilátorem, pylovým filtrem a výparníkem tak, aby se ozon mohl do procházejícího vzduchu rovnoměrně rozptýlit a zároveň aby nepoškodil svým dlouhodobým působením pylový filtr.

Konkrétní umístění by záleželo na konkrétním typu automobilu, popřípadě HVAC jednotky. Z tohoto důvodu bylo navrženo univerzální uložení jiskřiště, které je možné libovolně využít pro více typů HVAC jednotek. S vložením jiskřiště do HVAC jednotky by muselo být uváženo již při návrhu konkrétní jednotky. Vytvoření dalších párů náliček opatřených závity a otvorů pro vložení jiskřišť na tak složitém plastovém dílu jako je tělo HVAC jednotky není v dnešní době žádná velká komplikace. Základní zástavbové rozměry jsou uvedeny na obrázku 34. Jednotkou je milimetr.



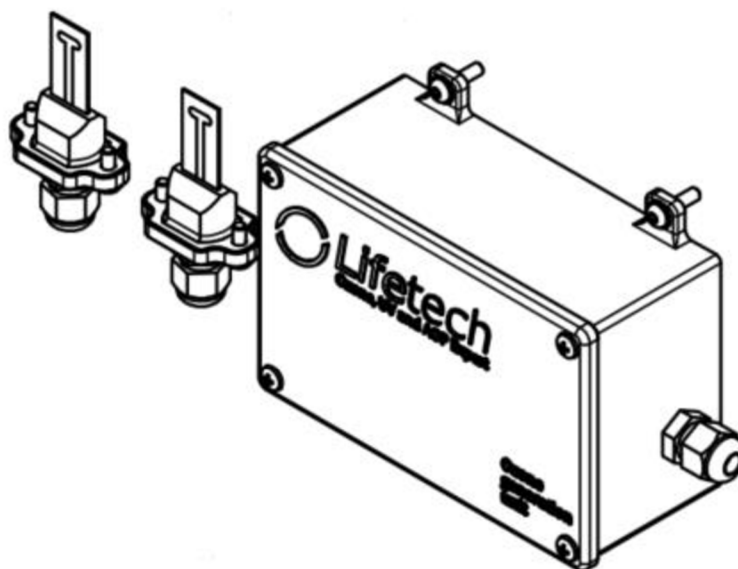
Obrázek 34 – Kompletní jiskřiště k montáži [Vlastní zpracování]

12 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

Významnou částí této diplomové práce je také kompletní výkresová dokumentace. Výkresová dokumentace vznikla v prostředí software Autodesk Inventor 2017. Dokumentace vznikla podle interních předpisů společnosti Lifetech s.r.o.

Každý výkres je označen dvanáctimístným číslem, které je na každém výkrese převeden i do čárového kódu tak, aby s ním bylo možné při následné případné výrobě efektivně pracovat jak při výrobě, tak v rámci skladů pomocí čtečky čárových kódů.

První trojčíslí označuje číslo projektu ve firemní dokumentaci. Následující dvojčíslí poté přiřazuje číslo podprojektu. Další čísla odpovídají konkrétním složkám, ve kterých jsou výkresy uloženy. Sestava vždy končí dvojčíslím 00. Číslo za lomítkem značí revizi. Výkres končící _0 je tedy prvním, zatím nerevidovaným výkresem.



Obrázek 35 – 3D pohled na kompletní sestavu Jednotky produkce ozonu
[Vlastní zpracování]

Vrcholová sestava projektu s názvem Jednotka produkce ozonu na obrázku 35, označená číslem výkresu 046 00 00 00 00_0, sestává ze dvou komponent. Těmi jsou Zdroj kompletní číslo výkresu 046 58 00 00 00_0 a Jiskřiště kompletní 046 59 00 00 00_0, které je použito dvakrát. Dokumentace se dále větví až do posledních pozic a obsahuje vše potřebné pro výrobu a montáž, včetně těsnění a spojovacího materiálu. Dle firemního standardu nejsou uvedeny výkresy normalizovaných součástí jako je spojovací materiál. Kresleny nejsou rovněž ani propojovací kabely.

Kompletní kusovník je součástí dokumentace a uložen v přílohách práce ve formátu PDF.

Při návrhu byl kladen důraz na jednoduchost, nízké výrobní náklady a zaručenou smontovatelnost i pro neproškolenou osobu, která má základní znalost oboru elektrotechniky a mechaniky.

13 VÝROBNÍ NÁKLADY A SERVIS

Součástí návrhu automotive součásti musí v dnešní době být také alespoň přibližná kalkulace výrobní ceny a očekávaný periodický servis.

13.1 VÝROBNÍ NÁKLADY

Přesná cena výroby jednoho kusu kompletního zařízení na produkci ozonu je výrobním tajemstvím společnosti Lifetech s.r.o. Je však možné uvést, že částka na výrobu prototypové kompletní DPS včetně jiskřišť je řádově 1500 Kč. Pro velkosériovou výrobu se však částka může značně lišit. Předpokládané snížení nákladů je až 75 %. Této hodnoty může být dosaženo jako nákupem komponent ve velkých sériích, tak optimalizací strojního osazování DPS.

13.2 PERIODICKÝ SERVIS

Z podstaty funkce všech komponentů vyplívá, že nepodléhají žádnému opotřebení. Jediným prvkem, který v čase mění svou kondici je jiskřiště. Proto byl navržen dlouhodobější test jiskřiště na 120 hodin provozu. Testované jiskřiště zachycuje fotografie na obrázku 36. Při periodickém využívání jiskřiště 20 minut týdně by 120 h znamenalo ekvivalent přibližně 7 let provozu. Doporučením by tedy bylo měnit jiskřiště jednou za 5 let v rámci běžné servisní prohlídky. Tímto způsobem by tedy byla nastavena rezerva pro případné častější nebo delší využívání produkce ozonu.



Obrázek 36 – Jiskřiště po 120 h provozu [Vlastní zpracování]

14 NÁVRH ŘÍZENÍ SYSTÉMU

Cílem této diplomové práce není navrhnout kompletní software, který by zajišťoval obsluhu čištění automobilu ozónem. Z hlediska funkčnosti a bezpečnosti celého řešení je na místě minimálně naznačit, jak by se takový software měl chovat. Hardwarově jistě není pro současné automobily žádný problém zařadit do infotainmentu další funkci, která by mohla řízení čištění provádět. Základní myšlenkou je rozdělení režimů na manuální a automatický.

14.1 AUTOMATICKÝ REŽIM

V automatickém režimu by se měla elektronika automobilu postarat o periodické kompletní řízení procesu čištění. Uživatel pouze zvolí, kdy bude čištění probíhat nastavením dne a hodiny zahájení čištění například každou neděli v 2:00. Řídící jednotka zahájí produkci ozonu přivedením napětí 10,6 V až 14,4 V na svorky X1-1 a X1-2 DPS ozonizátoru. HVAC jednotka musí být nastavena na maximální výkon ventilátoru, vnitřní okruh a otevřené všechny výstupy do kabiny automobilu. Po deseti minutové generaci ozonu se produkce ukončí, ale ventilátor bude foukat na maximální výkon dalších 10 minut tak, aby se ozon mohl volně rozložit a HVAC jednotka se „vyfouká“. Po dalším startu motoru by poté řídící jednotka automobilu oznámila zprávou na hlavním displeji ve smyslu: „Váš automobil byl úspěšně vyčištěn, příjemnou cestu“, že čištění proběhlo úspěšně. Zpráva by se objevovala na přístrojové desce podobně, jako například upozornění na blížící se servis, nebo doplnění kapaliny do ostřikovačů.

14.2 MANUÁLNÍ REŽIM

Manuální režim naopak slouží k čištění automobilu v případě, kdy uživatel sám uzná za vhodné. Například potom co v automobilu vezl psa, po kterém zůstal zápach, nebo pokud z jakéhokoliv důvodu vynechá pravidelné čištění. Zároveň by tento režim výborně sloužil například ve vozidlech taxislužby v období chřipkových nebo virových epidemií jako ideální způsob efektivní dezinfekce automobilu po službě. Takovéto důkladné čištění by mělo trvat několik desítek minut, nebo až dvě hodiny v případě opravdu extrémního znečištění. Po čištění by bylo doporučeno automobil řádně vyvětrat, aby nedošlo k poškození plastových dílů, gumového těsnění dveří atd.

14.3 PODMÍNKY ZAHÁJENÍ PRODUKCE

Vzhledem k nepřehlednému množství senzorů v současných automobilech byl stanoven seznam podmínek pro zahájení produkce. Cílem je zvýšení bezpečnosti posádky. Při nesplnění, byť jediné z nich, by řídicí jednotka neumožnila produkci ozonu a tím pádem zamezila případnému ohrožení pasažérů.

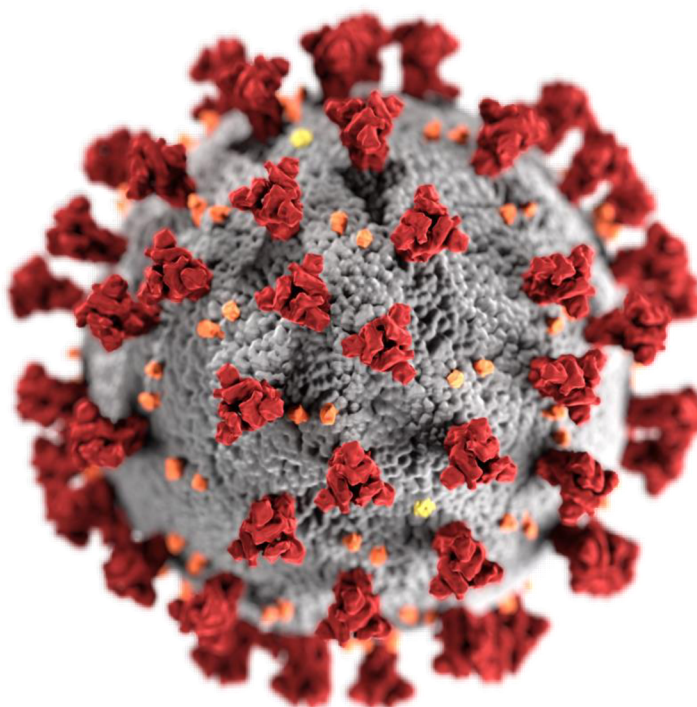
- Napětí na baterii 10,6 – 14,4 V
- Zamknutý automobil
- Dle GPS poloha na adrese doma nebo v blízkém okolí
- Vypnutý motor
- Sedačky bez zatížení

Před produkcí ozonu by se také měl ozvat výstražný zvukový signál upozorňující na brzké spuštění. Signál by měl být doprovázen hláškou na hlavním panelu, která by oznámila, že dojde k zahájení produkce s možností odložení a odpočítáváním času tak, aby mohl případně uživatel nacházející se ve voze v klidu prostor opustit.

15 KORONA VIRUS, OZON A UV-C ZÁŘENÍ

V čase vzniku této diplomové práce doslova otřásla celým světem pandemie nemoci COVID-19 způsobená novým typem koronaviru, jehož morfologie je znázorněna na obrázku 37, pocházejícím patrně z čínského města Wu-Chan [27].

V úvodních kapitolách bylo zmíněno, že ozon dokáže zahubit všechny doposud známé viry. Nemoc COVID-19 je však v tuto chvíli stále poměrně novou záležitostí a je tak proto poměrně složité se dostat k informacím, jak se virus chová a jaké látky jej dokážou zneškodnit [27].



Obrázek 37 – Morfologie virového obalu koronaviru SARS-CoV-2 [Převzato z 24]

V čistě teoretické rovině můžeme říct, že by si i s tímto novým virem měl ozon poradit. Bohužel však v této chvíli nejsou nastaveny žádné metodiky, kterými by bylo možné stoprocentně potvrdit hubení tohoto nového koronaviru ozonem. Na tuto skutečnost jsem narazil v rámci své pracovní činnosti ve společnosti Lifetech s.r.o., kde jsem měl možnost oslovit i Státní zdravotní ústav s žádostí o laboratorní testy účinnosti zařízení vyvíjeného pro dezinfekci prostorů nemocnic právě pro boj s touto novou nemocí.

V souvislosti s touto novou nemocí se může zdát řešení úpravy vzduchu v kabině pomocí UV-C záření jako velice vhodná varianta. UV-C výbojka by mohla v případě, kdy by byla dostatečně odstíněna, kontinuálně osvětlovat vzduch procházející HVAC jednotkou a na rozdíl od ozonu by tedy upravovala vzduch i v přítomnosti posádky. Tím by se do jisté míry podařilo snížit riziko přenosu viru mezi pasažéry. Úplně vyloučit se však přenos v automobilu osazeném touto technologií nedá.



ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo navrhnout funkční zařízení pro produkci ozonu, které by dokázalo zajistit čištění systému klimatizace automobilu.

Vše mělo být koncipováno tak, aby bylo možné zařízení bez obtíží zabudovat přímo do současných automobilů už z výroby. Ve spolupráci s brněnskou firmou Lifetech s.r.o. vznikl funkční prototyp, který v laboratorním prostředí dokázal vytvořit ozon o koncentraci až 1,46 ppm. Maximální naměřená koncentrace ozonu při testech v automobilu byla 1,21 ppm. Přibližná průměrná hodnota dosahovala úrovně 1,05 ppm.

Po sérii zkušebních a optimalizačních testů prototypu byl zahájen návrh takzvané *Jednotky produkce ozonu*. Jednotka produkce ozonu sestává ze dvou hlavních částí. Těmi jsou část napájecí a část výbojová, které jsou navzájem propojeny vysokonapěťovými kabely. Všechny součásti zařízení jsou navrženy s patřičným IP krytím tak, aby mohly být ve vozidle umístěny bez ohledu na možný kontakt s vodou, prachem a jinými nečistotami. Kompletní výkresová dokumentace je nedílnou součástí této diplomové práce. Během všech zkoušek a měření fungoval prototyp naprosto bezproblémově a po obdržení patřičných osvědčení, revizí a certifikátů by mohl být použit v reálném provozu.

Funkčnost navrženého řešení potvrzuje graf průběhů koncentrací ozonu v automobilu z kapitoly Měření a koncentrace ozonu, z něhož je patrná změna rychlosti zvyšování koncentrace ozonu v souladu s počtem provedených čištění. Platí, že čím méně znečištění se v HVAC jednotce nachází, tím méně s ním ozon reaguje a méně se rozpadá zpět na kyslík a tím rychleji jeho koncentrace v kabině roste.

Vznik této diplomové práce do značné míry ovlivnila i celosvětová pandemie nemoci Covid-19. Za přísných hygienických opatření bylo daleko složitější navazovat spolupráce a provádět všechna potřebná měření. Pandemie však také podtrhla nutnost dezinfekce automobilů. Navržené řešení ale bohužel z principu nedovoluje čištění za přítomnosti lidí, zvířat ani rostlin.

Eventuálního značného vylepšení systému by se dalo dosáhnout umístěním čidla koncentrace ozonu do interiéru automobilu. Bylo by tak možné regulovat množství produkovaného ozonu na základě přímo měřené, aktuální hodnoty. Skutečně spolehlivé, citlivé a správně měřící čidlo ozonu je však poměrně drahá elektronická součástka, která je několikrát dražší než samotná *Jednotka produkce ozonu*, a proto nebylo do návrhu zařazeno.

Pokud by se podařilo na výstup z HVAC jednotky přidat správně dimenzovaný destruktor ozonu z aktivního uhlí, bylo by možné čistit výparník, ale i vzduch v kabině automobilu pomocí ozonu kontinuálně. Toto by si však žádalo daleko více vývojové práce, která by byla vysoko nad rámec této diplomové práce.



Ještě poněkud komplexnějším řešením by mohlo být přidání zdroje UV-C germicidního záření přímo do těla HVAC jednotky, respektive do prostoru vstupu vzduchu.

Podmínkou použití UV-C zdroje je však dostatečné dostínění záření, aby za žádných okolností nemohlo dojít k expozici osob cestujících ve voze. Výhodou přidání UV-C záření by byla kontinuální dezinfekce vzduchu procházejícího HVAC jednotkou, což by mohlo snížit riziko šíření nemocí uvnitř automobilu. Po jízdě by bylo možné za pomoci aktivního kyslíku a dostatečné doby vystavení okolí jeho působení zajistit prakticky takřka sterilní prostředí. Tohoto řešení by tak mohly s výhodou využívat například vozy taxislužeb, veřejné dopravy, IZS a zejména pak vozy sanitní.

Využití aktivního kyslíku pro čištění klimatizací a vzduchu v kabině automobilů tak má ty nejlepší předpoklady pro masovější rozšíření a může se za pár let stát naprosto běžným prvkem výbavy moderních automobilů.



POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] SRPOVÁ, Eva. Čtyři roky života strávíme v autě. Z průzkumu vyšlo najevo, že se v nich také hádáme i líbáme. In: *Aktuálně.cz* [online]. 9.1.2018 [cit. 2020-05-03]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/ctyri-roky-zivota-stravime-v-aute-z-pruzkumu-vyslo-najevo-ze/r~66194e38f48011e7984d0cc47ab5f122/>
- [2] Automotive HVAC Market Revenue, Business Growth, Demand. In: *OpenPR* [online]. [cit. 2020-05-08]. Dostupné z: <https://www.openpr.com/news/2043072/automotive-hvac-market-revenue-business-growth-demand>
- [3] HAYNES, John a Mike STUBBLEFIELD. *The Haynes Automotive: Heating & Air Conditioning Systems Manual*. Californie: Haynes Publications, 2000, 258 s. ISBN 1 56392 381 5. Dostupné také z: https://www.academia.edu/15996502/The_Haynes_Automotive_Heating_and_Air_Conditioning_Systems_Manual
- [4] Blaták, Ondřej. *Motorová vozidla*. (přednáška Aktivní bezpečnost) Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, dne 1.10.2019.
- [5] Materiály společnosti Lifetech s.r.o.
- [6] Co je ozon? - Profiozon. In: *Profiozon* [online]. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://profiozon.cz/co-je-ozon/>
- [7] DVOŘÁK, Tomáš. *PLÍSNĚ A OBYTNÉ BUDOVY*. Brno, 2008, 55 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická. Vedoucí práce Doc. Ing. Jiřina Omelková, CSc.
- [8] ŠTAHEL, Pavel. *Dielektrické bariérové výboje a jejich aplikace*. Brno, 2012, 25 s. Habilitační práce. MASARYKOVA UNIVERZITA, Přírodovědecká fakulta, Ústav fyzikální elektroniky.
- [9] Auto Air Conditioning 101 Made Easy. In: *YouTube: AC Avalanche* [online]. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=NSUeRIJ2P0g>
- [10] Součásti klimatizačního okruhu. In: *Schiessl* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.schiessl.cz/stranka-soucasti-klimatizacniho-okruhu-119>
- [11] BEZDĚK, Lukáš. *METODIKA ZKOUŠENÍ AUTOMOBILOVÝCH KLIMATIZACÍ*. Brno, 2009, 46 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Doc. Ing. Josef Štětina, Ph.D.

- [12] BOSCH Filtr, vzduch v interiéru. In: *Automobilovedily24.cz* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: https://www.automobilovedily24.cz/bosch/1188286?gshp=1&gclid=Cj0KCQjw_ez2BRCyARIsAJfg-kvZtqpDRUd_-pSPDvCmjNQ95BO97PH8DTgCFC6vQ-jQM0Eii7p27BsaAvg_EALw_wcB
- [13] LifeOX.cz - Přístroj na bázi aktivního kyslíku (ozonu) - deodorizace a dezinfekce prostor. In: *LifeOX* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <http://www.lifeox.cz/jak-to-funguje/t1115>
- [14] MUSIL, Zdeněk. *MIKROBIOLOGICKÁ RIZIKA V TECHNICE PROSTŘEDÍ*. Brno, 2010, 60 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Antonín Kolbábek.
- [15] Legionelóza. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Legionel%C3%B3za>
- [16] Air conditioning disinfectant spray. In: *Würth* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://eshop.wuerth.in/Product-categories/Air-conditioning-disinfectant-spray-COOLIUS/31573009041202.cyid/3157.cgid/en/US/INR/>
- [17] Dezinfekce klimatizace Bilt Hamber Air Con Bomb Citrus (150 ml). In: *Ahifi* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.ahifi.cz/bilt-hamber-air-con-bomb-citrus-150-ml.html>
- [18] JEWELL, Tim. Do Negative Ions Affect People? If So, How? In: *Healthline* [online]. 11.09.2019 [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.healthline.com/health/negative-ions?fbclid=IwAR1gGzO7MA5fBooFaOpFvVdfxyrsWCRqdHRCCXI3KVj28WGFoAaKDpgjIXo>
- [19] What Are the Benefits of the Mercedes Benz Air Balance System. In: *Blogmedia – Dealerfire* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: https://blogmedia.dealerfire.com/wp-content/uploads/sites/778/2017/02/What-Are-the-Benefits-of-the-Mercedes-Benz-Air-Balance-System-a_o.jpg
- [20] Evaporator Coils Car Comparison Dirty Evaporator. In: *Shutterstock* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.shutterstock.com/cs/image-photo/evaporator-coils-car-comparison-dirty-new-1254417646?fbclid=IwAR24zKwb8atvBTg5We7Wt34Olx9giV6iCZOjsy0teGbjWiF44JhN8f-v88>

- [21] FUTURE JAGUAR LAND ROVER MODELS COULD HELP STOP THE SPREAD OF SUPERBUGS. In: *Maqinaonline* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.maqinaonline.com/post/2019/03/31/future-jaguar-land-rover-models-could-help-stop-the-spread-of-superbugs>
- [22] Climate control: Many new features for a pleasant atmosphere. In: *Daimler Global Media Site* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Climate-control-Many-new-features-for-a-pleasant-atmosphere.xhtml?oid=9903499>
- [23] What's inside Tesla Biodefense Filter? In: *YouTube: What's Inside* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?time_continue=479&v=Oe-ptzfRugs&feature=emb_logo
- [24] SARS-CoV-2. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/SARS-CoV-2#/media/Soubor:SARS-CoV-2_without_background.png
- [25] Tesla Model X vás ochrání před biochemickým útokem. In: *Hybrid.cz* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <http://www.hybrid.cz/filtr-v-tesla-model-x-vas-ochrani-pred-biochemickym-utokem>
- [26] Skleněná trubičková pojistka 1,25 A / 35 CF520212. In: *EMAS.cz* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: https://www.emas.cz/sklenena-trubickova-pojistka-1-25-a-35-cf520212?gclid=CjwKCAjw8pH3BRAXEiwA1pvMsW-5RoDhzlVoA4b3OKZmnifWyHva6hOCUjml6L9jE20l2iDjkaXOuhoc-jwQAvD_BwE
- [27] Ozone Can Be Used To Destroy The New Coronavirus And Disinfect Areas. In: *Thailand Medical News* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: https://www.thailandmedical.news/news/ozone-can-be-used-to-destroy-the-new-coronavirus-and-disinfect-areas?fbclid=IwAR08zDzdIYct-KRJINSAHMJeGyUo9yhx9YLWfhXUuhfcNf1rrR3Esg_h_zk
- [28] Jak vyčistit klimatizaci v autě. In: *Zenavaute* [online]. [cit. 2020-05-12]. Dostupné z: <https://www.zenavaute.cz/jak-vycistit-klimatizaci-v-aute/>
- [29] Poškození rostlin ozónem. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Po%C5%A1kozen%C3%AD_rostlin_oz%C3%B3nem#/media/Soubor:Feuille_de_tabac_n%C3%A9cros%C3%A9.JPG
- [30] FUTURE JAGUAR LAND ROVER MODELS COULD HELP STOP THE SPREAD OF SUPERBUGS. In: *JLR Media Newsroom* [online]. [cit. 2020-05-13]. Dostupné z: <https://media.jaguarlandrover.com/news/2019/03/future-jaguar-land-rover-models-could-help-stop-spread-superbugs>



SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

<i>P</i>	[W]	Elektrický okamžitý příkon
<i>SMART</i>		Označení pro moderní chytré technologie
<i>HVAC</i>	Heating, ventilation and air conditioning	Jednotka úpravy vzduchu
<i>UV</i>	Ultra violet	Elektromagnetické záření o vlnové délce kratší než viditelné světlo
<i>WHO</i>	World Health Organization	Světová zdravotnická organizace
<i>DNA</i>	Deoxyribonucleic acid	Deoxyribonukleová kyselina
<i>UV-C</i>		Krátkovlnné UV záření s vlnovou délkou pod 280 μm
<i>HEPA</i>	High Efficiency Particulate Air filter	Vysoce efektivní filtr vzduchových částic
<i>DPS</i>		Deska plošných spojů
<i>PWM</i>	Pulse Width Modulation	Pulzně-šířková modulace
<i>TDI</i>	Turbocharged Direct Injection	Obchodní označení koncernu VW pro přeplňované vznětové motory s přímým vstřikováním
<i>X1-1</i>		Označení svorky pro napájení DPS
<i>X1-2</i>		Označení svorky pro napájení DPS
<i>GPS</i>	Global Positioning System	Globální polohový systém
<i>COVID-19</i>		Nemoc způsobená novým typem koronaviru SARS-CoV-2



SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Výkresová dokumentace

Příloha 2 – 3D model vrcholové sestavy

Příloha 3 – Kusovník