



Diplomová práce

## **System na kontrolu kvality ovzduší**

Air quality control system

Autor: David Ondroušek  
Studijní program: N212  
Studijní obor: 15150 Ústav designu  
Vedoucí: MgA. Martin Tvarůžek

Praha, červen 2023

© David Ondroušek

České vysoké učení technické v Praze, 2023

*Klíčová slova: kvalita ovzduší, měření, senzory, sběr dat, jednotný vizuální směr*

*Key words: air quality, measuring, sensors, data collection, unified visual direction*

České vysoké učení technické v Praze, Fakulta architektury  
**2/ ZADÁNÍ diplomové práce**

Mgr. program navazující

jméno a příjmení: David Ondroušek

datum narození: 22.03. 1998

akademický rok / semestr: 2022/23

obor: DESIGN FA ČVUT

ústav: 15150 / Design

vedoucí diplomové práce: MgA. Martin Tvarůžek

téma diplomové práce: Čidla na kontrolu kvality ovzduší

viz přihláška na DP

zadání diplomové práce:

1/ popis zadání projektu a očekávaného cíle řešení

Diplomová práce se zabývá návrhem sady čidel, která měří kvalitu ovzduší v interiéru a exteriéru. Informace a data, která čidla naměří se zobrazují ve webové aplikaci.

2/

Pro AU/ součástí zadání bude jasně a konkrétně specifikovaný stavební program

Pro D/ součástí zadání budou jasně a konkrétně specifikované jednotlivé fáze projektu, které jsou nezbytnou součástí řešení

Analytická část, vytvoření vize projektu, proces navrhování, vizualizace, model

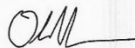
3/ popis závěrečného výsledku, výstupy a měřítka zpracování

Model v daném měřítku, 2x tištěná kniha DP, portfolio, plakát

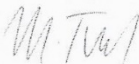
4/ seznam dalších dohodnutých částí projektu (model)

modely

Datum a podpis studenta 20.2. 2023



Datum a podpis vedoucího DP



20.2. 2023

Datum a podpis děkana FA ČVUT



registrováno studijním oddělením dne

20.2.23



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE  
FAKULTA ARCHITEKTURY

**AUTOR, DIPLOMANT:**

AR 2022/2023, LS

**NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE:**

(ČJ) SYSTÉM NA KONTROLU KVALITY OVZDUŠÍ

(AJ) AIR QUALITY CONTROL SYSTEM

**JAZYK PRÁCE:**

**Vedoucí práce:**

MgA. Martin Tvarůžek

Ústav: 15150 Ústav designu

**Oponent práce:**

**Klíčová slova**  
(česká):

kvalita ovzduší, měření, senzory, sběr dat, jednotný vizuální směr

**Anotace**  
(česká):

Ve své diplomové práci se zabývám návrhem systému na kontrolu kvality ovzduší. Jedná se sadu senzorických jednotek doplněných webovou aplikací, ve které se zobrazují data a informace o kvalitě vzduchu. Celý systém je určený pro města, obce, firmy a veřejné instituce. Cílem projektu bylo zlepšit stávající produkty a najít jim a budoucím produktům nový vizuální styl.

**Anotace (anglická):**

In my diploma thesis, I deal with the design of a system for air quality control. It is a set of sensor units supported by a web application that displays data and information about air quality. The entire system is intended for cities, municipalities, companies and public institutions. The goal of the project was to improve existing products and find a new visual style for them and future products.

### Prohlášení autora

Prohlašuji, že jsem předloženou diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s „Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.“

V Praze dne 19.5. 2023

podpis autora-diplomanta



*Tento dokument je nedílnou a povinnou součástí diplomové práce / portfolia a CD.*



## **Poděkování**

Rád bych poděkoval týmu z Ústavu bezpečnostních technologií a inženýrství Fakulty Dopravní ČVUT v Praze, kteří se mou ochotně spolupracovali, dodali mi veškeré potřebné podklady a poskytli znalosti pro zpracování mé diplomové práce. Také si vážím poskytnutí fyzických vzorků, které pomohly při testování a navrhování při mé diplomové práci.

Velké poděkování patří vedoucímu ateliéru MgA. Martinu Tvarůžkovi a jeho asistentovi MgA. Tomáši Blahovi, kteří mi po celou dobu dávali velmi dobrou zpětnou vazbu. Jejich připomínky a pohledy na situace z jiných úhlů pohledu mě vždy posunuly o další krok vpřed. Díky jejich zkušenostem a znalostem technologií jsem dokázal navrhnout produkty, které budou schopny následné průmyslové výroby.

Na závěr patří poděkování mé rodině a nejbližším přátelům, kteří se mnou zvládli celý čas v průběhu navrhování a podporovali mě nejen při dokončení diplomové práce ale i během celého studia na Fakultě architektury ČVUT.

## **Anotace**

Ve své diplomové práci se zabývám návrhem systému na kontrolu kvality ovzduší. Jedná se sadu senzorických jednotek doplněných webovou aplikací, ve které se zobrazují data a informace o kvalitě vzduchu. Celý systém je určený pro města, obce, firmy a také veřejné instituce. Cílem projektu bylo zlepšit stávající produkty a najít jim a budoucím produktům nový vizuální styl jak pro fyzické, tak i pro digitální produkty.

## **Annotation**

In my diploma thesis, I deal with the design of a system for air quality control. It is a set of sensor units complemented by a web application that displays data and information about air quality. The entire system is intended for cities, municipalities, companies and also public institutions. The goal of the project was to improve existing products and find them and future products a new visual style for both physical and digital products.

## Obsah

1. Úvod .....	9
1.1. Motivace .....	9
1.2. Hlavní otázky a cíle projektu .....	10
1.3. Metodika.....	11
2. Analytická část.....	12
2.1. Vznik a fungování projektu .....	12
2.2. Dopady a vlivy kvality ovzduší.....	13
2.3. Komplexní systém.....	16
2.4. Sensorické jednotky a vizualizace dat .....	19
3. Výstup analýzy a formulace vize.....	27
3.1. Téma s přesahem .....	27
3.2. AirTracker – venkovní jednotka.....	28
3.3. Senzory CO <sub>2</sub> .....	31
3.4. Webová aplikace.....	33
3.5. Vize.....	34
4. Proces navrhování.....	35
4.1. Čidlo CO <sub>2</sub> do zásuvky a jednotný vizuální styl.....	35
4.2. AirTracker .....	42
4.3. Čidlo CO <sub>2</sub> na stůl .....	49
4.4. Webová aplikace.....	52
5. Prototypování a testování.....	55
5.1. Sensorická jednotka CO <sub>2</sub> do zásuvky .....	55
5.1.1. Prototyp 1 – jednotné prvky a rozměry.....	55
5.1.2. Prototyp 2 – technické úpravy a rozměry.....	59
5.2. AirTracker .....	62
5.2.1. Nový vzhled .....	62
5.2.2. Funkční prvky.....	64
5.3. Sensorická jednotka CO <sub>2</sub> na stůl v kontextu prostředí.....	68
5.4. Webová aplikace – zkrácené uživatelské testování .....	69
6. Výsledný návrh .....	74
6.1. Ucelený systém .....	74

6.2.	AirTracker – venkovní senzorická jednotka.....	74
6.3.	Senzorické jednotky do interiéru .....	79
6.3.1.	CO <sub>2</sub> senzor do zásuvky.....	79
6.3.2.	CO <sub>2</sub> senzor na stůl.....	82
6.4.	Webová aplikace.....	85
7.	Technická dokumentace .....	92
7.1.	Materiály.....	92
7.2.	Technologie .....	92
7.3.	Ekonomická situace.....	93
7.4.	Technické výkresy.....	94
8.	Závěr a reflexe .....	98
8.1.	Reflexe mé práce a postupu .....	98
8.2.	Závěr.....	100
9.	Zdroje.....	101
9.1.	Grafické zdroje.....	102

# 1. ÚVOD

## 1.1. Motivace

Své téma diplomové práce jsem od počátku chtěl vytvářet ve spolupráci s firmou nebo pro nějaký projekt z komerčního prostředí. Za své studium jsem vysoké škole jsem si prošel různými přístupy a vyzkoušel různé způsoby navrhování rozličných produktů a předmětů. Postupem času jsem si uvědomil, že na celém procesu mě nejvíce baví spolupráce jako taková. Možnost vytvářet návrhy v týmu anebo také možnost konzultovat dané koncepty a návrhy s technology a dalšími lidmi zapojených do určité tematiky. Při navrhování tyto konzultaci dokáží ukázat nové možnosti, otevřít častokrát oči a posunout návrh někam dál. Dobře taková setkání též pomáhají dostat návrhy a koncepty do reálných měřítek, najít technologické a technické limity a vytváří návrhy, které budou třeba i jednoho dne schopné sériové výroby. Také aspekt lidského faktoru, kdy s různými předměty člověk přichází do styku v různých fázích ať už od výroby, kdy může zasahovat do montáže až po používání, které má být koncovému zákazníkovi, uživateli co nejvíce přívětivé.

Hledal jsem také projekt nebo firmu, kde jejich náplň práce bude mít přesah za rámec toho co vytvářejí nebo dělají. Jsem rád součástí větších projektů, které mají širší dopad a dokáží přinést i něco nového do konzumní společnosti.

Za své studium jsem objevil nejen svět navrhování fyzických produktů, ale měl jsem možnost a štěstí proniknout i do digitální oblasti a více poznat, jak se navrhují služby, procesy a tvoří produkty, na které si sice ne přímo sáhnete, ale jste s nimi vlastně každý den v kontaktu a často si to ani neuvědomujeme.

Po všech těchto zkušenosti a určitou vizí, kam bych se rád směřoval, jsem narazil na komerční projekty na Fakultě Dopravní ČVUT. Jedním z projektů ke komercializaci je projekt zabývající se měřením kvality ovzduší a získávání dat. Postupně jsem si o projektu zjišťoval další informace a čím více jsem projekt poznával, tím lépe zapadal do mé vize, čemu bych se chtěl věnovat.

Projekt svou náplní má přesah za hranice designu a technické stránky. Jeho fungování můžu ovlivnit chování lidí a také jejich kvalitu života, což mě oslovilo. Součástí tohoto zajímavého projektu byly fyzické a digitální produkty, na kterých byla možnost se podílet. I proto se tento projekt zdál pro mě vhodný a jsem rád, že jsem dostal možnost se na projektu podílet.

## 1.2. Hlavní otázky a cíle projektu

Na Fakultě dopravní Českého vysokého učení technického v Praze, Ústavu bezpečnostních technologií a inženýrství, se zabývají více než 14 let zkoumáním kvality ovzduší a jeho vlivem a dopady na člověka a jeho zdraví.<sup>1</sup> Za tu dobu vytvořili funkční systém, který prošel radou testování. Postupem času se systém vylepšoval a práce na vývoji i nadále pokračují. Podařilo se projekt dotáhnout do fáze, kdy jej bylo možné začít komerčně nabízet.

Technické řešení celého systému nese řadu vlastních řešení, která se jinde nevyskytují a tím po technické stránce dokáží nabídnout to, co konkurenční společnosti nemají. Se vstupem do komerčního prostředí vznikl prostor pro úpravy a možné změny v oblasti zakrytí samotných základních desek a veškerých citlivých prvků na nich uložených. Předmětem zkoumání bylo, jak je možné dané kryty a obaly vylepšit v oblasti estetické, ekonomické a také technického použití. Dosud používané prvky běžně dostupné na trhu, měly svá omezení anebo neexistovaly vůbec. Otázkou též bylo, jak sjednotit nově navržená zakrytí pro různé účely a zároveň jak odlišit funkčností a vzhledem nově vznikající ucelenou řadu produktů.

Součástí celého systému je také předávání dat koncovým uživatelům skrze webovou aplikaci. Tato digitální část celého systému je koncovým bodem, který zobrazuje nashromážděné informace z různých typů senzorů. Je podstatné, jakým způsobem jsou informace předávány a zobrazovány. Zde jsem si kladl otázky, jakým způsobem čitelně a srozumitelně zobrazovat data a informace uživatelům. Také jsem řešil, jaké jsou možnosti přiblížit problematiku širšímu publiku.

Jedním z hlavních cílů celé práce bylo navrhnout ucelenou řadu produktů, které bude možné do budoucna rozšiřovat o další produkty nebo modifikovat pro jiné účely a zaměření. Najít společné prvky nebo elementy, které bude možné aplikovat na různých typech zařízení s ohledem na jejich funkčnost a použití.

Vytyčil jsem si několik oblastí, které mi pomáhaly při tvorbě návrhu každého produktu celého systému. Jedním z nich je estetické hledisko. Výsledné produkty by měly tvořit jednotný vizuální styl se společnými prvky nebo principy. Všechny produkty by měly také mít estetickou přidanou hodnotu, aby dokázaly obstát v konkurenčním prostředí na trhu. Další oblastí bylo technické a technologické řešení. Snahou bylo posunout produkty o něco dál ale v rámci technických a technologických možností, aby vše bylo vyrobitelné běžně dostupnými prostředky. Bylo nutné přihlídnout na již existující rozměry vnitřních částí a podle toho tvořit zbytek produktu. V neposlední řadě je to ekonomická stránka věci, kde je třeba držet výrobu a celkové náklady v rozumných číslech, aby cena výsledného produktu byla konkurenceschopná a přinesla zisk i samotnému výrobcovi, tedy Fakultě dopravní a mohla získané peníze použít na další vývoj a rozvoj produktů. Výstupem měření všech zařízení jsou data, která je potřeba

---

<sup>1</sup> *AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 3*

srozumitelně předat uživatelům. Základem byla webová aplikace, kterou již Fakulta dopravní Českého vysokého učení technického používá. Výstupy a uživatelské rozhraní jsou poměrně dost technicky a odborně zaměřené, proto jsem se rozhodl aplikaci přizpůsobit více pro běžného uživatele a nabídnout i jiné možnosti, jak získat informace o kvalitě ovzduší a s tím spojená další témata. Celý systém určený pro komerční využití se na rozdíl od velké většiny konkurence, která se soustředí na oblast smart home, soustředí na veřejné budovy jako jsou například, školy, univerzity anebo na nebytové prostory a kanceláře. Cílem je pokrytí větší plochy než jednoho rodinného domu či bytu a počítá se s vyšším počtem lidí v daných prostorách, čemuž je celé technické řešení uzpůsobené a tomu se také přizpůsobil návrh diplomové práce.

### **1.3. Metodika**

Průběžně probíhaly schůzky s pracovníky Fakulty Dopravní Českého vysokého učení technického v Praze a také konzultace v rámci mého ateliéru ve škole. Na schůzkách byly probírány možnosti a různé koncepce, jak celkový projekt uchopit a posunout dál. Opakovaně se probíraly veškeré nápady ze školních konzultací s pracovní FD ČVUT a s jejich připomínkami se projekt nadále posouval.

Zkoumání kvality ovzduší je poměrně široká problematika v rámci, které se dají sbírat data o různých vlivech na úroveň kvality. Součástí systému navrženým ÚBTI FD ČVUT je venkovní měřicí zařízení zvané AirTracker, které měří hodnoty v ulicích. Dále je zde CO2 senzor, který se nachází v interiérech na více místech tak, aby dokázal zprůměrovat data a podat co nejpřesnější informace o stavu vzduchu. Data získaná ze senzorů se následně vyobrazují ve webové aplikaci.

Projekt na měření kvality ovzduší a sbírání dat je již několik let v běhu, a proto bylo důležité nejprve poznat pozadí celého procesu skrze různé podklady, které mají k projektu na Fakultě dopravní připravené. Součástí bylo též si projít odbornou literaturu vztahující se k dané problematice, abych se mohl přesunout na navrhování samotné. Po získání základního přehledu o problematice probíhaly různé konzultace se členy týmu, kteří se na projektu podílí a vyvíjejí ho.

Nejprve bylo nutné si stanovit jednotné cíle, kam celý projekt směřovat a co má být výstupem naší spolupráce. Po několika sezeních jsme si směr nastavili a začalo samotné navrhování. Více jsem se dostával do dané problematiky. Přinášel jsem různé možnosti a koncepty, které byly prezentovány pomocí 3D modelů v počítači, jak by se dalo postupovat dále. Poznámky byly průběžně zpracovávány a měnily se podle nich dané prvky. Nejprve jednodušší hmotová řešení a následně se řešily i více technické a podrobnější záležitosti. Od modelů v počítači jsem postupně přešel k modelům v měřítku 1:1, které jsem si vytiskl na 3D tiskárně a ověřoval jejich funkčnost a rozměry. Tyto všechny kroky mi pomohly k dosažení finálních návrhů.

## 2. ANALYTICKÁ ČÁST

### 2.1. Vznik a fungování projektu

Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství při Fakultě dopravní ČVUT v Praze byl vytvořen pro rámcový program Evropské unie - "Bezpečnostní výzkum" v roce 2008. Rostlo množství požadavků jak z veřejné, tak i soukromé oblasti na bezpečnost a bezpečnostní technologie. Vznikl takto vůbec první ústav s tímto zaměřením vysokoškolského pracoviště v celé EU.<sup>2</sup> Za dobu svojí existence realizoval ústav několik projektů ve spolupráci například s AV ČR, městy anebo různými průmyslovými odvětvími.<sup>3</sup>

Ústav má širší pole působnosti jak na poli teoretického, tak i aplikovaného výzkumu. Zabývají se bezpečnostní ve více oblastech jako je například bezpečnost informačních a komunikačních technologií, bezpečnost dopravních prostředků a cest anebo také bezpečnost kritických infrastruktur.

Na Fakultě dopravní ČVUT mají k dispozici vlastní laboratoř s rozsáhlým vybavením, díky které mohou realizovat svoji výzkumnou činnost a dále rozvíjet nové projekty. Tyto podmínky umožňují vyvíjet specifické elektronické a mechanické přístroje a také rovnou navrhovat i programové vybavení veškerých přístrojů na úrovni firmwarů a aplikačních softwarů.<sup>4</sup>

Mezi hlavní předměty zájmu patří životní prostředí. V této oblasti realizuje ústav své hlavní činnosti. Pracují na rozvoji metod, co se týče dat. Vytvářejí metody systémových analýz, algoritmy, statistické metody v bezpečnostním výzkumu a databázové systémy. Data nejen zpracovávají ale dokáží je i předat dále pomocí různých vizualizací, které sami vytvářejí. Probíhá zde také vývoj komunikačních protokolů, zajištění přenosu informací a vývoj zabezpečovacích systémů, které jsou důležitou součástí celého fungování. V neposlední řadě se věnují vývoji a konstrukci samotných čidel s různým účelem.

Tyto senzory v sobě nesou komponenty a technologie vyvinuté právě ve vlastních laboratořích. Senzorem rozumíme elektronické zařízení, které snímá změny ve vnějším prostředí ať už venkovním anebo v interiérech. Senzorická jednotka je potom spojení zmíněných senzorů s komunikačními technologiemi jako je například GSM. A to celé funguje jako senzorická síť, kde spolu komunikuje vzájemně několik senzorů. Jejich data se přenášejí na společné místo, kde se ukládají a vyhodnocují.<sup>5</sup>

---

<sup>2</sup> *AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 3*

<sup>3</sup> *AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 4*

<sup>4</sup> *AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 5*

<sup>5</sup> *AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 6*



Život v moderní společnosti sebou přináší pokrok a nové možnosti, zároveň ale také nová úskalí a potíže, které se dříve neobjevovaly nebo nebyla přikládána větší důležitost. Mezi takové negativní jevy patří znečištění ovzduší, které má rostoucí tendenci. Kvalita ovzduší je indikátorem dopadů globální urbanizace jak na životní prostředí, tak i na samotné lidské zdraví. Existuje celé řada faktorů, jenž přispívají ke zhoršení kvality ovzduší. Mezi hlavní faktory patří rychlá urbanizace a s ní související hospodářský a populační růst. Celkově se zvýšila spotřeba energie a vzrostla i průmyslová činnost. Věci se staly pro lidi obecně dostupnější jako například osobní automobily, které svou značnou měrou přispívají ke zhoršení kvality ovzduší.<sup>6</sup> Faktorů je ale celosvětově mnohem více a chování lidí tomu může napomoci anebo naopak situaci zhoršit.

## 2.2. Dopady a vlivy kvality ovzduší

Tématem životního prostředí se zabývá podobně UNEP – the United Environment Programme. Smyslem UNEP je poskytovat vedení a podpořit různá partnerství v péči o životní prostředí. Jejich posláním je informovat a nabídnout celosvětově možnosti lidem, jak zlepšit jejich kvalitu života s cílem, aby i budoucí generace mohli žít v lepším prostředí.

Celý program je zaměřen na zkoumání základních příčin tří planetárních krizí – změny klimatu, znečištění a odpadu a také ztráty přírody a biologické rozmanitosti. Hledají možné systémové změny k čemuž využívají vzájemně sedm propojených podprogramů pro akce: Climate Action, Chemicals and Pollutions Action, Nature Action, Science Policy, Environmental Governance, Finance and Economic Transformations a Digital Transformations.

Organizace působí celosvětově prostřednictvím různých divizí, kancelářích a mají spolupracující centra. Zapojují se do světové osvěty a snaží se zvýšit obecné povědomí o celé této problematice. Jednou z nejviditelnějších událostí je Světový den životního prostředí, kde každoročně připomínají situaci ohledně kvality životního prostředí a vlivů člověka něj. Předávají informace o celosvětovém stavu a přidávají doporučení. Jako organizace jsou zapojeni do mnoha světových dohod o životním prostředí a výzkumu, což jim umožňuje větší možnosti.

Napříč celým světem podporují všechny členské státy již více než 50 let. Nabádají státy, aby zajistily udržitelné životní prostředí za pomoci různých plánů do rozvoje a způsobem investování. Je potřeba poskytnout chudším zemím technologie a nástroje, které má moderní společnost<sup>7</sup>

UNEP vydal v pořadí šestý přehled zvaný GEO 6 - Global Environment Outlook 6 v roce 2019. Tři roky na to navazuje GEO 7, který rozvíjí myšlenky z předchozího GEO 6.<sup>8</sup> V dokumentu GEO 6 se zabývají zdravím planety ve vztahu k člověku. Také

---

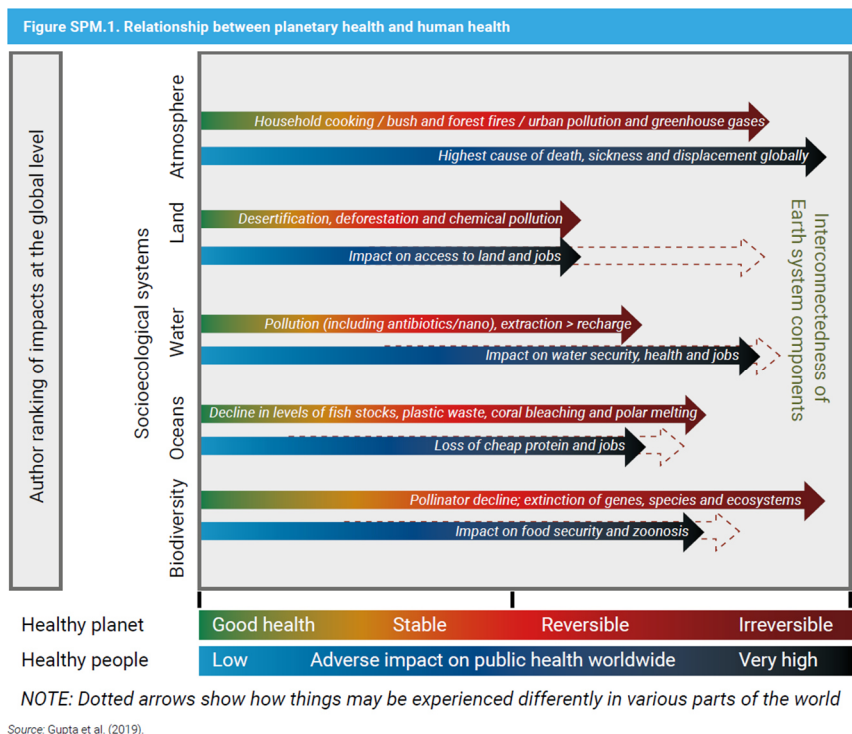
<sup>6</sup> *AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 9*

<sup>7</sup> *United Nations Environment Programme*

<sup>8</sup> *Global Environment Outlook 6*

zde otevírá otázku, jak správně nastavit možné cíle v tomto tématu. Dokument obsahuje plán na neutralitu až do roku 2050, ke kterému se vyjádřilo více než dvě desítky expertů. Dokument sleduje efektivnost jednotlivých států a jejich způsoby, jak identifikuje data. Jedním z hlavních cílů dokumentu je celosvětově snížit znečištění ovzduší a hledá možnosti, jak toho docílit. Ve zprávě, kterou UNEP ke GEO 6 vydala zmiňuje, že zdravé prostředí je velmi dobrý základ pro prosperitu ekonomiky, lidského zdraví a kvality života celkově. Upozorňuje především na faktor lidského chování, které svou velkou měrou dokáže ovlivnit stav ovzduší a životního prostředí. Životní prostředí bohužel spíše degraduje, ale jsou možnosti a způsoby, jak toto zmírnit a zlepšit do budoucna. Samotné téma znečištění ovzduší je jedním z nejpálčivějších problémů celosvětově.

Vztah kvality lidského zdraví, působení činností člověka a stav zdraví planety je znázorněn na obrázku. Porovnáno je několik oblastí – atmosféra, půda, voda, oceány a biodiverzita. Z grafu lze vyčíst jednotlivé vztahy člověka a planety ve všech těchto oblastech. Jednou z nejhorších situací je kvalita ovzduší, kdy její lidský faktor silně ovlivnil činnostmi jako například vaření v domácnostech, vytápění a celkové chování ve městech, kde dochází k nejvíce ke tvorbě skleníkových plynů. Můžou za to také požáry, častokrát způsobené lidským chováním a bezohledností. Tomu je úměrná následně kvalita života a z grafu můžeme vyzorovat, že zdraví planety v této oblasti je poměrně daleko za hranicí možného zvrácení.<sup>9</sup> (viz. obr. 01)



Obr. 01: Figure SPM.1. Relationship between planetary health and human health, GEO 6 Report summary

<sup>9</sup> GOE 6 Report Summary (2019), str. 4

Dopady na životní prostředí a kvalitu ovzduší jsou výrazně viditelné ve velkých městech a aglomeracích, které se stávají centry znečištění. Vzorce lidského chování často faktor ochrany životního prostředí přehlížely. To se děje zejména v chudých zemích, kde nemají přístup k tolik vyspělé technologii z důvodu nedostatku financí anebo i nedostatečné znalosti. Byl vyvíjen velký tlak na rychlost ekonomiky a růst a ekologie šla trochu stranou. A v této společenské situaci se zapomínalo, že na tohle přehlížení můžeme jednou doplatit. Přítomnost skleníkových plynů se zvyšuje a tím pádem stoupá i teplota vzduchu, která je ve větších městech znát pocitově ještě o něco více. Vyšší koncentrace CO<sub>2</sub> vede k acidifikaci oceánů a také má dopad na složení, strukturu a funkce ekosystému. Jedním z největších zdrojů znečištění je potravinářský průmysl a produkce jídla.<sup>10</sup>

Celosvětová rizika se zhoršováním životního prostředí a dopady změny klimatu jsou obecně závažnější pro lidi ve znevýhodněných situacích – například matky s dětmi v rozvojových zemích. Dalšími více ohroženými skupinami jsou děti hlavně v mladším věku, tělo si škodliviny může ukládat a projeví se to až v pozdějším věku. Vyššímu riziku podléhají lidé s dýchacími obtížemi a také lidé vyššího věku, kteří mohou být náchylnější na zhoršení zdravotního stavu. Bez ohledu na ohrožené skupiny lidí, kvalita ovzduší zkracuje délku života.

Ve vyjádření ke stavu životního prostředí je v dokumentu upozorňování především na již zmiňovaná města a aglomerace. Existují případy, kdy lidé topí neekologicky za pomoci dřeva anebo uhlí. Spaliny se následně dostanou komínem do ovzduší a ve městech zůstávají. V poslední době se situace mění k lepšímu a ekologické hledisko nabývá na důležitosti. Státy a její ekonomiky si uvědomují že pokud se jim pořadí zlepšit stav životního prostředí a ovzduší, může to vést k vyšší efektivitě ekonomiky a tím spojené kvality života a lepší úrovně žití nejen ve městech. Použití preventivních přístupů podle mezinárodních dohod na nové technologické inovace může snížit nezamýšlené negativní důsledky pro zdraví lidí a ekosystému. Na některých místech to došlo do bodu, kdy bylo nutné zavést regulace a limity. Se zavedením těchto opatření se situace zlepšila.<sup>11</sup> Celkově myslím, že limity a opatření by se měla zavádět preventivně aby se předešlo již dříve krajním situacím.

Existují další řešení a možnosti, jak aktuální situaci změnit. Jednou z těch nejdůležitějších je samotné chování lidí. Pokud se změní náš životní styl a fungování firem, dokážeme výrazně pomoci zlepšit stav ovzduší. Nejde pouze o politická jednání a z toho vzniklé smlouvy, je třeba těmto závazkům dostat a použít patřičné technologie a inovace jak na lokální, tak i mezinárodní úrovni jako například udržitelné zdroje a jiné.<sup>12</sup> V úzkém vztahu s kvalitou ovzduší je

---

<sup>10</sup> GOE 6 Report Summary (2019), str. 16

<sup>11</sup> GOE 6 Report Summary (2019), str. 7

<sup>12</sup> GOE 6 Report Summary (2019), str. 10

biodiverzita, která se zásahem člověka mění. Bohužel se snižuje její genetické rozmanitost a tím jsou ohroženy i rostliny a potraviny, které pěstujeme.<sup>13</sup>

Pro někoho může být tato situace nesrozumitelná a komplikovaná. Proto je důležité vše komunikovat srozumitelně a k vysvětlení například použít naměřená a posbíraná data. Efektivních opatření se dá docílit pouze pokud se informace budou poskytovat otevřeně, aby se zvýšilo povědomí široké veřejnosti o stavu na lokální i celosvětové úrovni. Monitorování prostředí a sběr dat pomáhá odborníkům sledovat změny chování. Z toho se dá vysledovat dosavadní průběh situace ale také i možné budoucí scénáře. Z nasbíraných dat se dají do budoucna dělat plány na optimalizaci infrastruktury a všech aspektů, které kvalitu ovzduší ovlivňují. Technologie senzorů by měla v budoucnu umět rozčlenit data o prostorových a demografických informacích. V kombinaci se satelity lze monitorovat prostředí ze vzduchu a senzory z pozemní sítě v téměř v reálném čase a zjistit možný vývoj a pozorovat dopady. Výsledná data a informace dohromady s rychle rozvíjející digitální infrastrukturou dovolí umožnit rychlou reakci na okolnosti. Podmínkou pro dobře sesbíraná data, je správně nastavená struktura na všech úrovních od státní až po místní. V kombinaci s informacemi o stavu životního prostředí může dojít výrazně ke zlepšení situace. Shromažďování dat in situ ze zdrojů, které jsou správně a systematicky rozmístěny. Díky moderním technologiím jako jsou inteligentní senzory, mobilní a webové aplikace. můžeme data zpracovávat a analyzovat. To celé nám pomáhá při budoucím rozhodování a také je možné vzdělávat společnost a zvyšovat povědomí v otázkách životního prostředí. Stále je ale potřeba data správně zajistit, aby jejich následná interpretace a další kroky nebyly založeny na zkreslených podkladech.

Global Environmental Outlook 6 popsal dosavadní situaci a nastínil řadu možných řešení do budoucích plánů ve fázích do roku 2030 a následně do roku 2050. Některé opatření lze přijmout skoro ihned, pokud se zamyslíme nad naším každodenním chováním. Jiné opatření jsou více systematická, potřebují více plánování ale díky datům a moderním technologiím bude snazší takové kroky uskutečnit.<sup>14</sup> Proto v této souvislosti dává smysl zaměření nejen na privátní sféru, ale i na veřejnou jako jsou například města a firmy.

### **2.3. Komplexní systém**

Pokrok a moderní technologie nemusí být vždy správně užity. Nasazení často drahých technologií v místech, kde mají nízký efekt na zlepšení jsou investicí, které se nevyplátí. V tomto kontextu pracuje i celý systém navržený Ústavem bezpečnostních technologií a inženýrství FD ČVUT. Cílem je zapojení do většího celku společně s udržitelnou mobilitou měst, plánování a infrastruktury tak, aby

---

<sup>13</sup> GOE 6 Report Summary (2019), str. 20

<sup>14</sup> GOE 6 Report Summary (2019), str. 24

budoucí investice byly správně zacíleny, náklady se snižovaly a zvýšil se přínos těchto nových technologií. Je potřeba umět data správně vyhodnocovat a podle nich dělat příslušné kroky.<sup>15</sup>

V porovnání se statickými systémy měření ovzduší konkurence, které jsou cenově dražší a certifikované, ale nemusí vždy správně určovat povahu místního škodlivého znečištění. S ohledem na tuto situaci v souladu s legislativou vytvořil tým nové a účinné měření prostřednictvím senzorických sítí. Na úrovni místa, kde člověk opravdu dýchá a pohybuje se, dokáží senzory upřesnit směr i sílu znečištění. Každá senzorická jednotka komunikuje bezdrátově a má vlastní napájecí systém, díky kterému je schopna nepřetržitého provozu ze sítě veřejného osvětlení, kamerových systémů ve venkovním prostoru anebo v případě interiéru pomocí 230 V zásuvek. Posbíraná data ze senzorů jsou následně předávána uživateli.

Celý tento komplexní systém obsahuje několik inteligentních senzorů interiérového a exteriérového využití s vizualizací dat pomocí webové aplikace. Senzory spolu komunikují bezdrátově. Venkovní senzor nazvaný AirTracker umístěný nejčastěji na sloupech veřejného osvětlení snímá své okolí nepřetržitě. Pro vnitřní použití ke navržen senzor s umístěním do zásuvky 230 V. Veškerá komunikace probíhá bezdrátově a informace a data se koncovému uživateli objevují ve webové aplikaci, kde s celým obsahem může nadále pracovat.<sup>16</sup>

Využití celého systému je především pro komerční účely. Spolupráce navazují především s městy ale i menšími obcemi, firmami a také se správami veřejných budov jako jsou školy a školy nebo jiná zařízení. Senzory je možné využívat samostatně, kde se měří pouze kvalita venkovního ovzduší anebo společně získávat informace z exteriéru a interiéru a hodnoty navzájem porovnávat.<sup>17</sup>

V případě měst anebo obcí se může jednat o situaci, kde jsou exponovaná místa nebo oblasti ve kterých se potýkají s kvalitou ovzduší. Pro tento účel poslouží venkovní AirTracker. V závislosti na rozloze plochy, která má být monitorována se nainstaluje daný počet senzorů a následně je možné data načít shromažďovat a sledovat ve webové aplikaci. To umožní městům a obcím lépe vyhodnotit situaci podle dat a udělat opatření, která kvalitu ovzduší zvýší. Další využití dat může sloužit jako podkladový materiál například pro investiční záměry.

Pro firmy a různé typy veřejných budov je možné využít venkovních i vnitřních senzorů. Znovu v závislosti na sledované ploše, je třeba nainstalovat požadovaný počet. Díky komunikaci senzorů s databází můžeme porovnávat venkovní a vnitřní hodnoty. To je výhodné například v situaci, kdy je školní třída celý den plně obsazena a interiérový senzor zahlásí, že kvalita vzduchu není dobrá a bylo by vhodné vyvětrat. To, jestli je opravdu správná chvíle na výměnu vzduchu v místnosti sleduje také exteriérové čidlo. V případě že venku je horší kvalita

---

<sup>15</sup> *AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 10*

<sup>16</sup> *AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 12*

<sup>17</sup> *AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 10*

vzduchu než ta uvnitř místnosti, není doporučeno otevírat okna. Taková situace může nastat ve chvíli, kdy je budova poblíž rušné vozovky nebo výrobní haly.

Přínosem tohoto řešení je zlepšení stavu ovzduší ve městech a obcích anebo v případě firem a veřejných budov má kvalita vnitřního vzduchu vliv na soustředěnost a výkonnost osob uvnitř. U žáků a studentů to může přinést zhoršení kvality výuky a u zaměstnanců nižší kvalitu a množství odvedené práce. Je to vlastně takový kruh, pokud je zdravý osob na dobré úrovni a cítí se dobře, jejich výsledky bez ohledu na zaměstnance nebo studenta jsou vyšší a v kontextu ekonomiky je i přínos pozitivní.<sup>18</sup>

Komunikace jednotlivých zařízení probíhá bezdrátově pomocí systémů SigFox, LoRa anebo NB IoT. Tyto systémy se liší typem pásma a tím, zda komunikují jedním nebo oběma směry. Vše je přenášeno do databáze, ze které vychází data a informace pro koncového uživatele. Systém webové aplikace je na technické řešení snazší než vytváření separátní aplikace jako takové. Tím, že si i tuto část spravuje ústav sám, je možné individuálně přizpůsobit nastavení pro uživatele.<sup>19</sup>

V aktuální nabídce se nacházejí dva senzory – AirTracker pro vnější použití a senzor do interiéru. AirTracker měří více hodnot než vnitřní senzor. Venkovní senzor poskytuje nutná měření pro prach, emise a hluk které jsou potřebné pro získání komplexní místní analýzy kvality ovzduší. Také nabízí možnost měření některých specifických plynů. Do jednotky se dají nainstalovat i další možné služby jako například měření vibrací, průvanu, plynů a dalších. Vnitřní senzor slouží převážně pro měření emisí oxidu uhličitého a jako lokální indikátor.<sup>20</sup>

Jednou z běžně měřených hodnot ve vnějším prostředí je polétavý prach. Ten vzniká skoro výhradně jen lidskou činností. Do vnitřních prostor se může dostat i skrze klimatizaci.<sup>21</sup> Podle zpráv WHO tyto částice způsobují vážné zdravotní potíže, které někdy končí i tragicky smrtí. Konec zdroje WHO Vdechování těchto částic způsobuje celou řadu nemocí od rakovinových onemocnění přes nepříznivé účinky na kardiovaskulární systém a různé dýchací obtíže až po vyšší úmrtnost. Částice PM připraví člověka průměrně o 9 měsíců života.<sup>22</sup> Zdroje tohoto znečištění jsou rozsáhlé od různých druhů spalování například motory osobních automobilů, kotle hutě v těžkém průmyslu, nevhodný způsob vytápění a s tím spojená nekvalitní paliva. Mezi zdroje řadíme též vlasy a chlupy.<sup>23</sup> Polétavý prach je tvořen miniaturními tuhými částicemi. Ty je možné dělit podle jejich velikosti, původu a chemického složení. Je potvrzeno, že čím je částice menší, tím déle se drží v ovzduší. Částice označeny PM<sub>10</sub> a PM<sub>2,5</sub> jsou menší než 10 mikrometrů. Dostávají se do dolních dýchacích cest. Jemnější částice PM<sub>2,5</sub> se mohou dostat až do plicních sklípků a navazují na sebe další škodliviny (částice síranu, uhlíku) a také

---

<sup>18</sup> Konzultace se zaměstnanci ÚBTI FD ČVUT v Praze

<sup>19</sup> AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 40

<sup>20</sup> AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 20

<sup>21</sup> What is particulate matter and what are its effects on human health?

<sup>22</sup> AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 28

<sup>23</sup> AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 24

karcinogenní látky jak například olovo a nikl. V ČR se ne příliš uceleně měří koncentrace povinně od roku 2002. Situace výskytu prachových částic se zlepšila, ale stále jsou místa, kde dochází k překračování limitů.<sup>24</sup>

Ač se může zdát na první pohled banální, tak hodnoty hluku a jeho překračování může přinášet nepříjemné zdravotní komplikace. Zvýšené hodnoty lze často naměřit v průmyslových areálech, velkých městech anebo v domácnostech při hlasité televizi nebo poslechu hudby. Dlouhodobé vystavení vyšším hodnotám, může mít trvalé následky jako je poškození sluchu a s tím spojená nedoslýchavost a též psychické problémy se zvýšenou agresivitou a depresemi.<sup>25</sup>

V interiérech se nejčastěji potýkáme oxidem uhličitým. Ten vzniká při dýchání, kvašení anebo spalování organických látek. Na první pohled se to nemusí zdát, ale v například v hodně vydýchaném prostoru může způsobit nebezpečné zdravotní komplikace. Nadměrné množství oxidu uhličitého jistě zažil již někdy každý. Projevuje se sníženou soustředěností, zvýšenou únavou anebo nižší schopností vnímat.<sup>26</sup> Právě když tato situace nastane, je dobré vyvětrat místnost. Ale ne vždy je to ideální řešení. Existují limity pro exteriér a interiér a pokud jsou venkovní hodnoty hraniční, větrání není doporučeno. Hraniční koncentrace pro interiéry je 1500ppm.<sup>27</sup> Například ve školní třídě se po první hodině výuky dostanou hodnoty až ke 4 000ppm a tehdy je vhodné vyvětrat.<sup>28</sup>

## 2.4. Senzorické jednotky a vizualizace dat

Venkovní senzor a vnitřní senzor měří jiné hodnoty. Tomu odpovídá i jejich základní deska a na ní umístěná technická řešení a senzory. Jejich kryty se liší podle potřeb a velikostně bylo cílem najít co nejmenší rozměry, aby přenos dat byl co nejkratší a nejpresnější.

Aktuální verze AirTrackeru je již druhou v pořadí. První verze byla nainstalována poprvé v roce 2011 v centru Prahy. Oproti druhé, současné generaci byla větší a taky měla vyšší spotřebu energie.<sup>29</sup> (viz. obr. 02) Druhou generaci se podařilo zmenšit a navrhnout úspornější řešení z hlediska spotřeby energie. (viz. obr. 03)

---

<sup>24</sup> AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 29

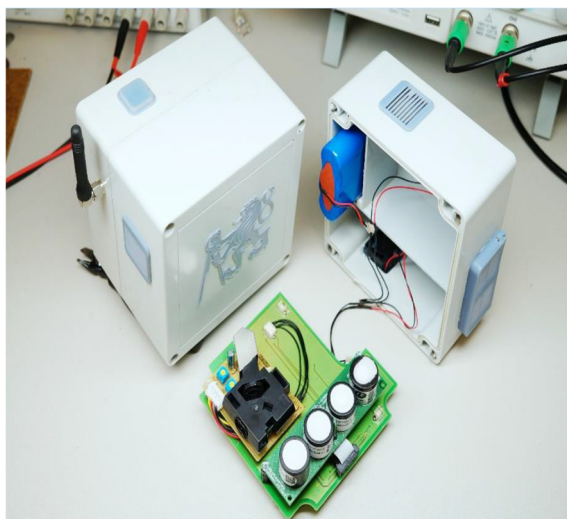
<sup>25</sup> AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 32

<sup>26</sup> AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 34

<sup>27</sup> AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 35

<sup>28</sup> AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 36

<sup>29</sup> AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 41



Obr 02: První verze AirTrackeru



Obr 03: Druhá verze AirTrackeru

První generace také využívala jiný způsob komunikace skrze GSM. Nová varianta disponuje technologií IoT a má variabilní sadu senzorů. Venkovní senzor AirTracker je navržen a přizpůsoben tak, aby zvládal vlivy počasí. Odolá teplotě  $-20^{\circ}\text{C}$  až  $+50^{\circ}\text{C}$ . Samotné krytí má ochranu, což znamená ochranu proti prachu a tryskající vodě.<sup>30</sup> Instalace tohoto zařízení se provádí na sloupech veřejného osvětlení a využívá její zdroj. Součástí senzorické jednotky je akumulátor, který udržuje systém v provozu za situace kdy pouliční lampy nesvítí a není zajištěn přívod energie ze sítě.<sup>31</sup>

Senzorická jednotka disponuje řadou senzorů. Při horní části se nachází napájení energie. (viz. obr. 4) Jedná se o běžný dvouřadý kabel, bez speciálních úprav. Kabel je vyveden ven a napojen na zdroj energie ve sloupu. a s spojen s krytem průchodkou s dostatečnou ochranou. Je potřeba aby byl kabel veden se

---

<sup>30</sup> Stupně krytí IP, třídy izolace a odolnost IK – přehledně

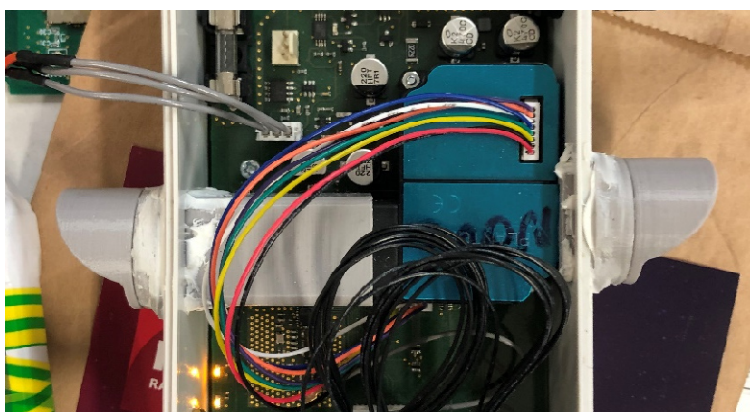
<sup>31</sup> AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 43



spodním ohybem, aby se na něm nezachytávala voda a nepřitékala k místu, kde kabel jde do krabičky. Ve prostřední části se po obou stranách nachází vstupní otvory pro prachovod. Vstupy jsou dva z důvodu proudění vzduchu celým systémem, aby bylo možné zachytit různé částice a provést správné měření. (viz. obr. 05) Senzor nasaje patřičné množství vzduchu a následně jej přivede k elektro optickému čidlu na detekci prachu.<sup>32</sup> Od první verze postupem času přibýly štítky obou otvorů prachovodu z důvodu zatékání vody a nečistot. Též přibyla síťka na vnitřní části při vnějším vstupu (není vidět na přiložené fotografii). Síťka byla přidána jako reakce na hmyz a jiné nežádoucí elementy, které ucpávaly otvory. pod prachovodem se nachází anténa, které zajišťuje komunikace s databází a přenos dat. (viz. obr. 6) Ta musí být otočena směrem dolů, aby se zabránilo zachycování vody.<sup>33</sup>



Obr. 04: AirTracker, napájení

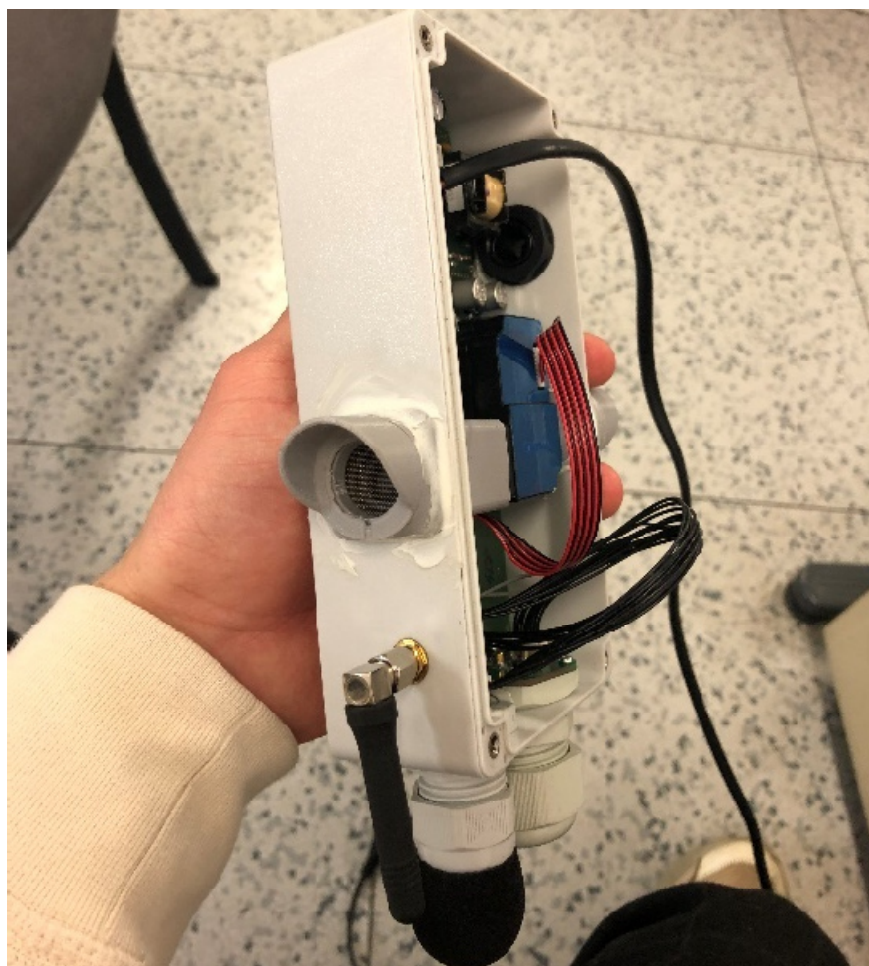


Obr. 05: AirTracker, prachovod, archiv autora

---

<sup>32</sup> AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 54

<sup>33</sup> Konzultace ÚBTI FD ČVUT v Praze



Obr. 06: AirTracker, anténa, archiv autora

Ve spodní části jsou dva senzory. senzor umístěný vlevo, menší je senzor hluku. Ten má uvnitř kondenzátorový mikrofon, který je připojen kabelem k elektronickému modulu pro zpracování dat a na konci umístěnou protivětrnou ochranu, aby snímaná data byla nezkreslená a čistá.<sup>34</sup> Každý zvukový senzor je nutné vykalibrovat.<sup>35</sup> Ke krytu je senzor uchycen průchodkou s ochranou proti vnějším vlivům. Oba vývody jsou směrem dolů, aby se eliminovaly dopady vnějších vlivů. Vedle se nachází větší senzor VOC, který zajišťuje měření vysoce koncentrovaných těkavých organických látek.<sup>36</sup> Ten je též uchycen skrze průchodku se stejnou ochrannou jen jinou velikostí. je směrem dolů, aby se eliminovaly dopady vnějších vlivů. (viz. obr. 7)

---

<sup>34</sup> *AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 60*

<sup>35</sup> *AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 61*

<sup>36</sup> *AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 57*



Obr. 07: AirTracker, zvukové čidlo a VOC čidlo, archiv autora

Celý senzor je uchycený pomocí kovových pásků, které jsou uzavřeny rozebíratelným zámek. Takže je možné senzor sejmout a přemístit. Pásky jsou uchyceny na kovové prvky, které si na ústavu vyrábí sami díky CNC fréze, přivrtané k jednotce. (viz. obr. 08) Senzor je umístěn zhruba ve výšce 4 m, aby byl co nejbližší úrovni hlavy člověka, ale zároveň bezpečně daleko od možnosti fyzického poškození.<sup>37</sup> Důvodem, proč je volena tato rozebíratelná varianta je životnost některých senzorů. Například senzory plynů VOC – mají nízkou stabilitu a krátkou životnost. Ve vnitřní části se nachází lampa, která při vysvícení ztrácí svou účinnost a je nutné ji vyměnit zhruba jednou na rok veškerý senzory mají výstupy ven protože jsou pak veškerá měření přesnější. Například v situaci měření hluku. Jiné řešení na trhu, kdy je senzor umístěn uvnitř, snižuje kvalitu výsledných dat.<sup>38</sup> (viz. obr. 09) Celkové rozměry zařízení jsou pak jedny z menších, což je výhoda. AirTracker také na sobě musí mít označení a popis, ke správné identifikaci.

---

<sup>37</sup> *AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 43*

<sup>38</sup> *AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 58*



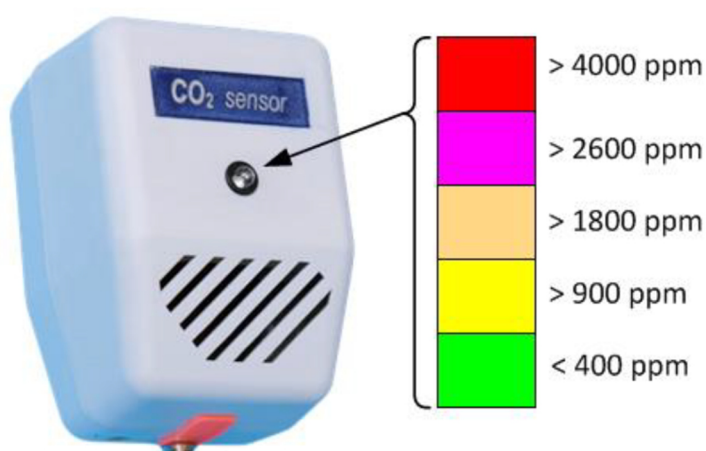
Obr. 08: Umístění AirTrackeru



Obr. 09: NoiseAware, hlukový senzor



Hodnoty CO<sub>2</sub> měří vnitřní sensorická jednotka. Ta je napájena ze zásuvky 230 V. Pro optimální řešení by jednotka měla být v minimální kontaktu s člověkem, aby ji například neuvolnil ze zásuvky. Zařízení komunikuje skrze databázi se vnějším senzorem. Umožňuje lokálně upozornit na hodnotu koncentrace CO<sub>2</sub>, kterou měří nepřetržitě, v místnosti za pomoci světelné signalizace v různé barevné škále. (viz. obr. 10) Čidlo dokáže měřit teplotu v rozsahu +10 °C až + 45 °C s přesností na +- 0,5 °C (maximální rozsah -55 °C to +125 °C přesnost 2 °C) a atmosférický tlak v rozsahu 300 až 1200 mbar, přesností na 1 bar, rozlišením až 0,024 mbar.<sup>39</sup> Samotný senzor je umístěn na základní desce a pro správné měření potřebuje plochu otvorů pro přívod vzduchu. Jednotka by měla být jednoduše rozebíratelný kvůli výměně dílů a údržbě. Pro co nejpřesnější měření je vhodné počítat průměr z více jednotek, a proto je doporučeno mít v místnosti dvě a více zařízení.<sup>40</sup>



Obr. 10: CO<sub>2</sub> senzor a barevná škála měření hodnot, archiv autora

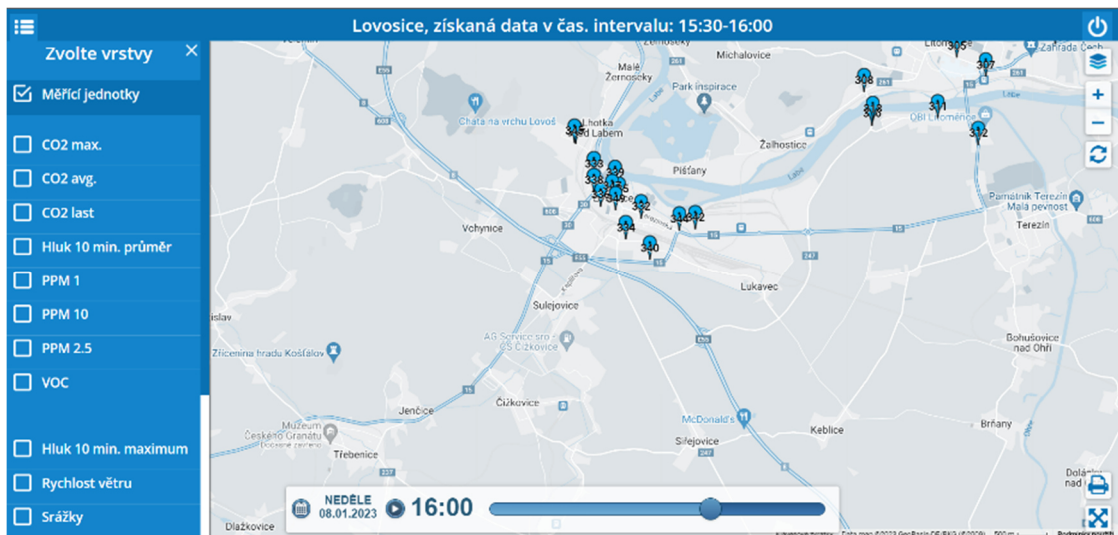
Ke všem těmto senzorům postupně přibývají nové možnosti senzorů. Mezi takové patří senzor průvanu pro použití v budovách na řízené větrání anebo například senzor námrazy pro měření skutečných hodnot než nutnosti "dopočítávání" z rosného bodu a další.

Veškerá změřená data se zobrazují ve webové aplikaci koncovému uživateli, kde může sledovat detaily údajů ze sensorických jednotek, procházet si historii jednotlivých měření a přepínat mezi různými senzory. (viz obr. 11) Všechny tyto možnosti přibližují a podávají informace o stavu kvality ovzduší. (viz. obr. 12) Umožňují skoro v reálném čase reagovat na situaci.<sup>41</sup>

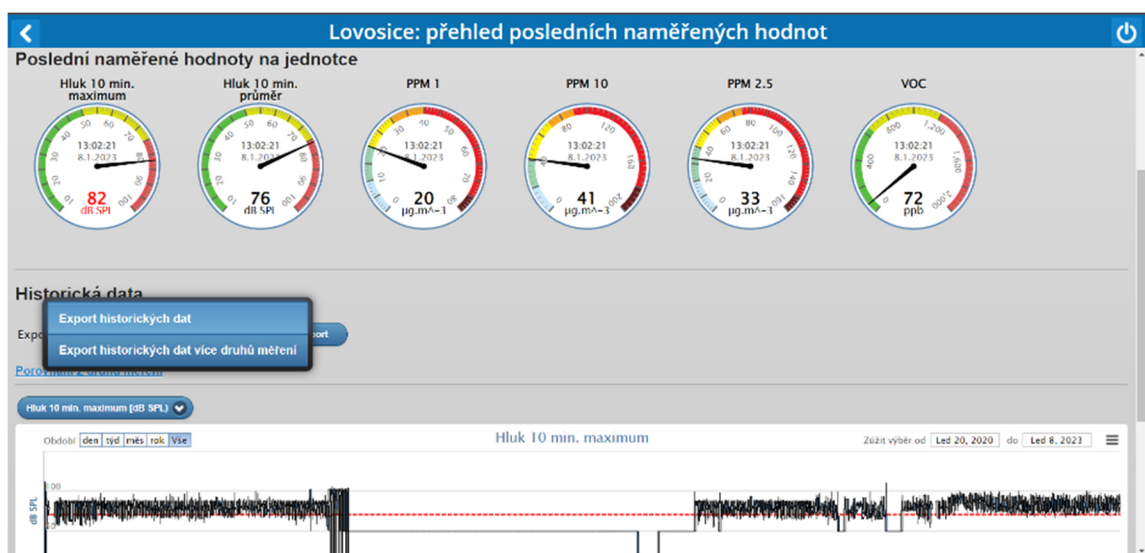
<sup>39</sup> AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 65

<sup>40</sup> Konzultace ÚBTI FD ČVUT v Praze

<sup>41</sup> AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší, str. 38



Obr. 11: Obrazovka s hodnotami měření



Obr. 12: Obrazovka s mapou a senzorkými jednotkami, archiv autora

## 3. VÝSTUP ANALÝZY A FORMULACE VIZE

### 3.1. Téma s přesahem

Problematika znečištění ovzduší je široké téma a svým působením má přesah do mnoha oblastí, kde to na první pohled nemusí být zřejmé. Ponoření se do tématu mi pomohlo si uvědomit závažnost situace v jaké se momentálně nacházíme. Dopady znečištění ovzduší na nás působí v každodenním životě a v mém případě jako obyvateli bydlícího v centru hlavního města to pociťuji ještě o to víc. V souhrnné zprávě GEO 6 se mimo příčin a dopadů zmiňují o různých doporučení do budoucích let, kde nové, moderní technologie mohou sehrát důležitou a přínosnou roli, pokud se správně použijí.

Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství by rád rozšířil své působení v komerční sféře a podpořil svoji inovativní technologii i novým designem jednotek, které budou fungovat jako komplexní řada. Snahou je nabídnout zajímavější produkty než doposud.

K dosažení zlepšení kvality ovzduší a kvality života, je třeba aby koncoví zákazníci pochopili přesah a význam této technologie. Tak zvané "chytré domácnosti" postupně pronikají do soukromého bydlení a bude to tak i v budoucnu. Různé produkty "chytré domácnosti" pomáhají a usnadňují každodenní činnosti.<sup>42</sup> Jinak tomu není ani v případě měst, obcí, státních a veřejných budov a firem. I zde může být přínos podobných produktů velký. V centrech měst, ve školách, v kancelářích tráví lidé značné množství času, kvalita ovzduší nebo podmínek uvnitř těchto budov může být někdy špatná. Proto se zaměřuje projekt Fakulty dopravní ČVUT na správy měst, obcí a budov.

Senzorická jednotka AirTracker je prakticky celou dobu od vzniku po nasazení a používání v kontaktu výhradně s odborníky a vyškolenými pracovníky. Zde je výhodou znalost produktu a technologie ze strany osob, které se senzorem budou, jakkoliv manipulovat. Proto je nutné v první řadě se soustředit na pracovníky, kteří a všechny momenty jejich interakce se zařízením. První kontakt je již při skládání jednotky dohromady – osazení základní desky a umístění do krytu. V této fázi je důležité, aby poskládání nebylo složité a čas nad tím strávený co nejkratší. Cílem je dosáhnout maximální jednoduchosti konstrukce, aby se dala co nejdříve nasadit do provozu. Smontované a připravené jednotky k používání také instalují vyškolené osoby, dobře chápou, jak celý systém funguje. Na co si kde dát pozor při umísťování a jak správně uchytit jednotku. Snahou je minimalizovat počet kroků nutných k uchycení a zjednodušit montáž. Cena práce vyškolených pracovníků není zanedbatelná a tímto vylepšením se dá ušetřit na

---

<sup>42</sup> *The market for smart home devices is expected to boom over the next 5 years*

celém procesu. Když jednotka funguje, o její chod a servis se znovu starají pověřené osoby.

Během celého cyklu se senzor CO<sub>2</sub> pro vnitřní použití dostane do kontaktu jak s odborníky a vyškolenými pracovníky tak i s běžnými uživateli. Stejně jako AirTracker je jednotka montována odborníky se znalostí použitých technologií. Její montáž by přesto měla být snadná, jelikož se počítá s montováním vyšších počtů kusů. Na správnost instalace v interiérech dohlíží pověřené osoby. Za jejich následné fungování mají zodpovědnost správci budov a místní pověřené osoby. Pouze revize a opravy provádějí odborníci. Proto je nutné minimalizovat bezpečnostní rizika, aby nedošlo k poškození zdraví osob v místnosti, kde se senzory nacházejí a maximalizovat jednoduchost používání.

Data posbíraná ze senzorů se shromažďují v databázi a vizualizují ve webová aplikaci. První nastavení aplikace provádějí odborníci, kteří rozumějí propojení senzorů a digitální části. Následné fungování aplikace je pak na správcích budov, zaměstnancích ve firmách anebo ve veřejném sektoru. Je potřeba složitá data předat v jednoduchých a jasných informacích pro běžné uživatele.

### **3.2. AirTracker – venkovní jednotka**

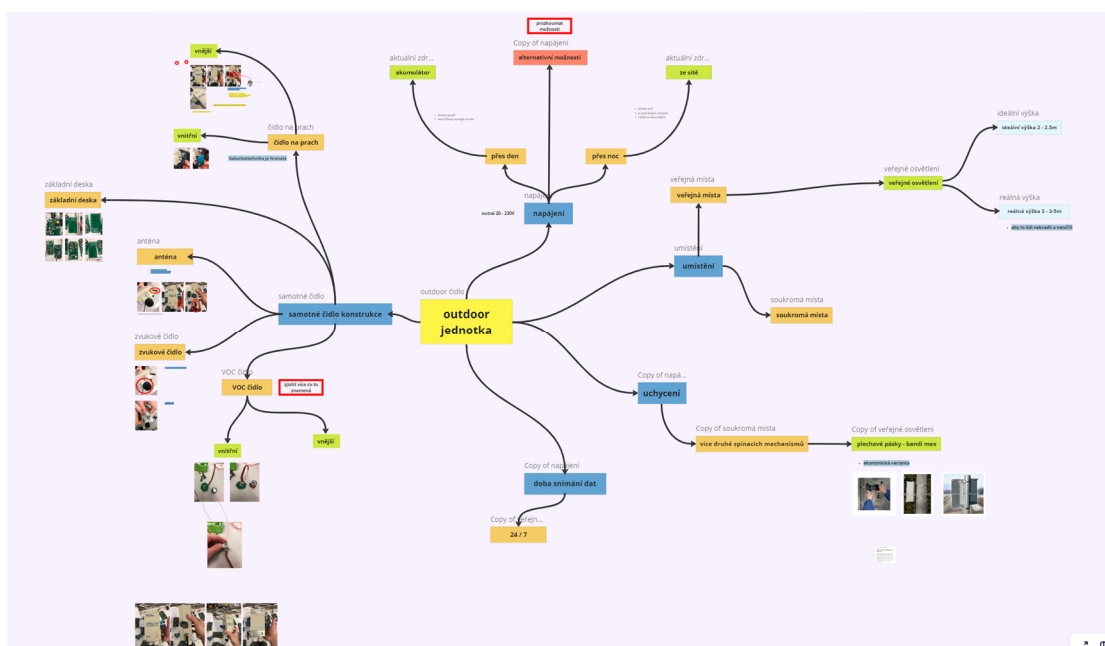
Z analýzy fungování samotného čidla měření venkovních hodnot a jeho zařazení do celého systému vyplynulo mnoho poznatků. Udělal jsem si myšlenkovou mapu, které mi pomohla utřídit poznatky a následně vytvořit vizi. (viz. obr. 13) Poznání jeho účelu a postupu od výroby až po nasazení a fungování odhalilo místa a možnosti se kterými se dá více zabývat a v budoucnu pracovat. Konstrukce krytu jednotky je omezena několika faktory – výrobními, technologickými a ekonomickými. Velikost základní desky a rozmístění komponentů vymezuje rozměry, ze kterých dále vycházet. Změny posouvání na desce jsou omezené a velikostně je snaha o kompaktní rozměry při zachování přesného měření. Na aktuálním krytu se nacházejí výstupy pro uchycení základní desky. (viz. obr. 14) Celý senzor jednotky musí odolat všem vnějším vlivům počasí. Proto je zde konstrukce "pero & drážka" které poskytuje ochranu proti oleji, prachu a vodě. Gumové těsnění je součástí ochrany ve spoji. (viz. obr. 15)

Umístění senzorů a vývodů jednotky má svá opodstatnění. Senzor napájení uchycený ke krytu skrze vývodku, která je nutná pro zajištění izolace před vnějšími vlivy. Kabel by měl jít hned směrem dolů a až poté je možné jej vést směrem vzhůru. Důvodem je možnost zachytávání kapek vody například z deště a stékání po kabelu až ke vstupu. Toto přidané "účko" by mělo pomoci. V aktuální verzi není uchycení kabelu nijak řešeno.

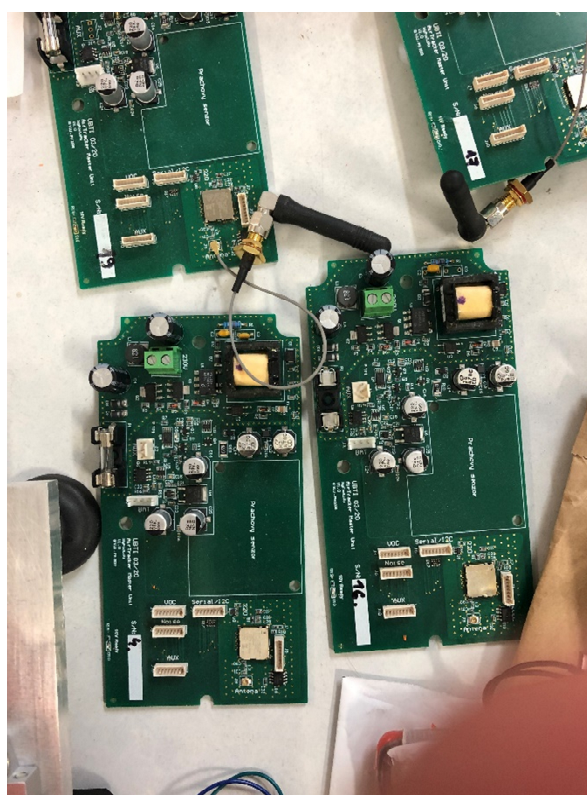
Výstupy prachovodu se nacházejí po obou bočních stranách, aby zajistily proudění vzduchu ke vnitřní jednotce na změření. Zachováno musí být protilehlé umístění prakticky v ose, jelikož vnitřní stavba tohoto senzoru jinou variantu neumožňuje. Vnější výstupy prachovodu vyžadují ochranu proti větru a dešti,



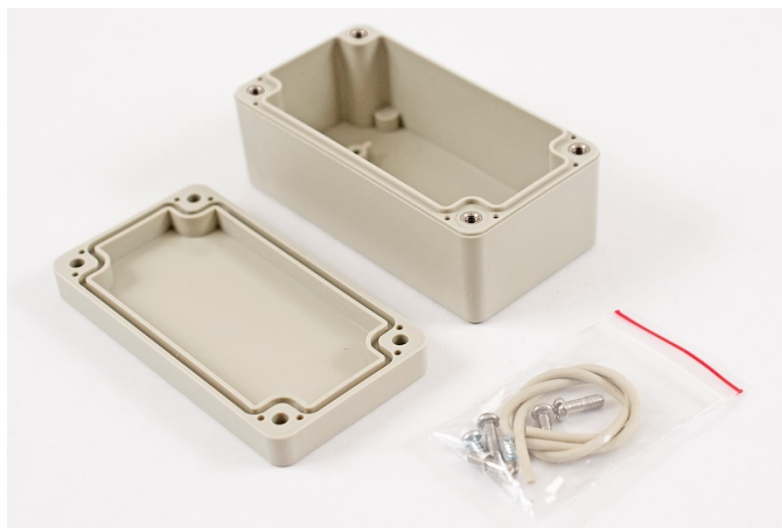
takže zachování ochranných štítů je nezbytné stejně tak jako vnitřní síť, která brání vstupu hmyzu a jiných nežádoucích nečistot do vnitřních částí senzoru. Velká část prachovodu je vlastní výroby a modifikace v těchto částech jsou možné.



Obr. 13: Myšlenková mapa jako úvodní podklady, archiv autora



Obr. 14: Základní deska AirTrackeru, archiv autora



Obr. 15: Systém spojení

Anténa umístěna pod prachovodem je komerčně dostupný komponent bez speciálních úprav. U antény stejně jako u kabelu je vhodné instalaci provádět tak, aby se eliminovalo usazování nečistot a vlhkosti. Optimální natočení antény je směrem dolů.

Zvukový senzor kvůli své stavbě a citlivosti je nejlépe umístěný ve spodní části, vývodka pro výstup ven z jednotky je vhodné řešení z hlediska jednoduchosti instalace a cenové dostupnosti. Součástí vnějšího výstupu musí být pěnový kryt proti větru, aby nedošlo k poškození senzoru hluku a naměřené hodnoty byly co nejvíce přesné.

VOC sensor potřebuje o něco větší vývodku než senzor hluku kvůli své stavbě. Použití vývodky i v tomto případě je ze stejných důvodů jako u jiných výstupů. Čidlo musí být nasměrováno dolů, aby se nezanášelo vlhkem a nečistotami.

Pro aktuální verzi AirTrackeru byl použit komerčně dostupný kryt standardizovaných velikostí. Kryt použitý pro venkovní senzor je z ABS plastu s hořlavostí UL94-HB. Tento materiál je možné zachovat případně využít variantu Polykarbonát s hořlavostí UL94-V2, pokud by byla vhodnější. Jako výrobní technologie bylo použito vstřikování plastů do formy, které by bylo ponecháno i v novém návrhu.<sup>43</sup>

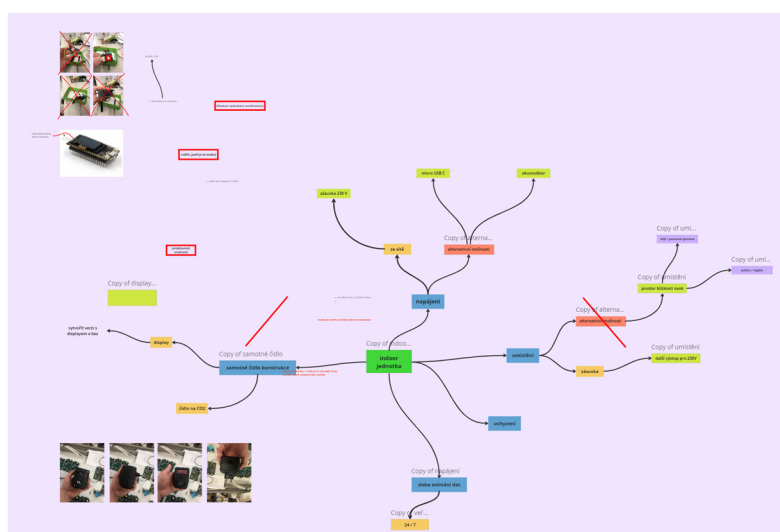
Aby byl celý systém udržitelný po ekonomické stránce, je třeba udržet výrobní náklady co nejnižší a použít maximum možných prvků, které se dnes nabízejí na trhu. Využití stávajících prvků je možné u vývodek, ochrany krytu hlukového senzoru, který se ukázal jako nejhodnější z hlediska materiálu a po ekonomické stránce a servisní. Dále je možné využít uchycení na sloupy, které je běžně dostupné na trhu – snadné na instalaci a finančně dostupné. Výhodou je vlastní CNC fréza na Fakultě Dopravní ČVUT v Praze, které může poskytnout technologii na výrobu některých prvků.

---

<sup>43</sup> *Water-Tight ABS & Polycarbonate Enclosures*

### 3.3. Senzory CO<sub>2</sub>

Senzor, na měření hodnot především CO<sub>2</sub> v interiéru ukázal o něco větší možnosti zásahu do vzhledu a umístění než jednotka pro venkovní účely. Vytvořil jsem si další myšlenkovou mapu s poznámkami pro konzultace a rozvahy. (viz. obr. 16.) Po diskusích ohledně principu fungování sběru dat v konkrétní místnosti jsme došli k závěru, jak zvýšit přesnost měření. K jednotkám umístěným v zásuvkách by bylo vhodné přidat zařízení ještě do blízkosti pohybu člověka oblasti, kde dýchá. Jako nejvhodnější způsob se ukázalo provádět další měření na stole nebo místě, kde člověk tráví většinu času a jednotka bude osobě na blízku. Díky dalším datům, které se zprůměrují v databázi, budou hodnoty přesnější.

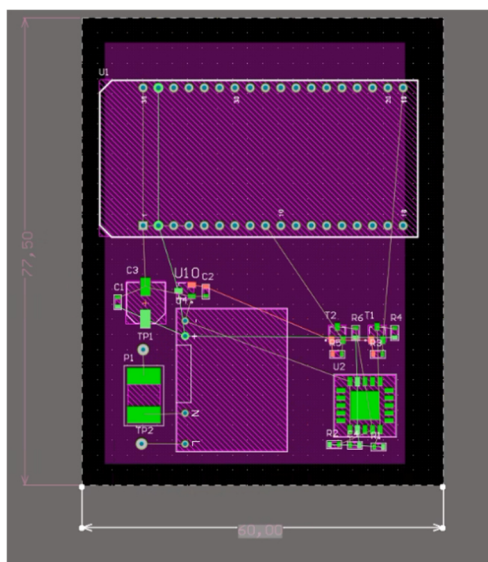


Obr. 16: Myšlenková mapa pro Senzory CO<sub>2</sub>

V případě technologie, technických řešení a ekonomické stránky jsou poznatky podobné jako s jednotkou AirTracker. Kryt senzorů a další komponentů musí být dostatečně chráněny před vnitřními podmínkami a vlivy – prach, vlhkost a také bezpečné a odolné při kontaktu s člověkem, který může být žádoucí v případě vyjmutí ze zásuvky nebo přemístování stolního senzoru třeba za účelem nabíjení.

Základní deska je oproti senzorické jednotce AirTracker podstatně menší. (viz. obr. 17) Deska je usazena v krytu běžný dostupným na trhu s certifikováno koncovkou do zásuvky. Ta je nová oproti předchozí verzi z obr. 10. (viz. obr.18) Uspořádání základní desky je možné upravovat ale s velkými limity. Takže snahou bylo maximálně zachovat její rozložení, aby nebylo třeba velký úprav ve vývoji při základní desce. Hlavním prvkem je senzor na měření hodnoty CO<sub>2</sub> v místnosti. Pro zajištění optimálního měření, je nutné umožnit k čidlu přívod vzduchu. Otvory musí být plošně rozmístěny s dostatečnou velikostí.<sup>44</sup>

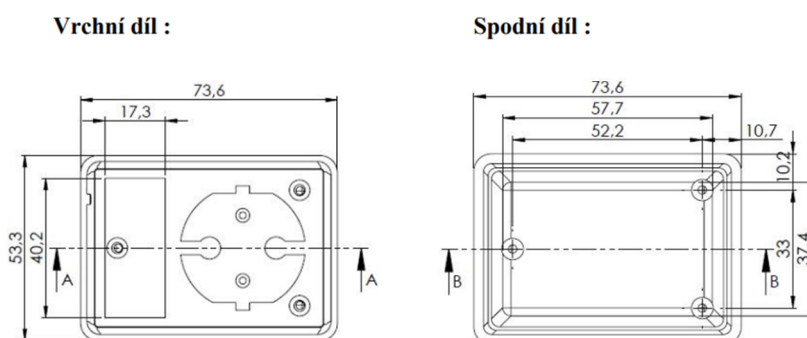
<sup>44</sup> Konzultace ÚBTI FD ČVUT



Obr. 17: Základní rozměry a možné rozložení komponentů

## KM47

(rozměry jsou uvedeny v mm)



Obr. 18: Uchytení pro základní desku se vstupem do zásuvky

Rozměrově musí být kryt vhodný do většiny běžně dostupných zásuvek, jedno nebo dvouřadých pod sebou anebo víceřadých v podélném směru. Tvarové řešení by mělo minimalizovat možnost vysunutí nebo uvolnění ze zásuvky. Výroba a servis musí být snadné i pro odborníky při montování senzorů na desku a přidělení do krytů. Instalaci do zásuvky je třeba navrhnut tak, aby byla bezpečná a jednoduchá. Používání jednotky určené na stůl musí být taktéž bezpečné, snadné na manipulaci a intuitivní při nabíjení. Velikost akumulátoru byla doporučena v rozmezí 500-1000 mAh, která by měla v pořádku vydržet jeden den bez nabíjení.<sup>45</sup>

Výroba a výrobní technologie budou podobné jako s AirTrackerem. Zadní část se koncovkou do zásuvky je z ABS a tento materiál by měl být vhodný pro použití na zbylé zakrytování senzoru. Celý senzor bude vyroben technologií vstřikování

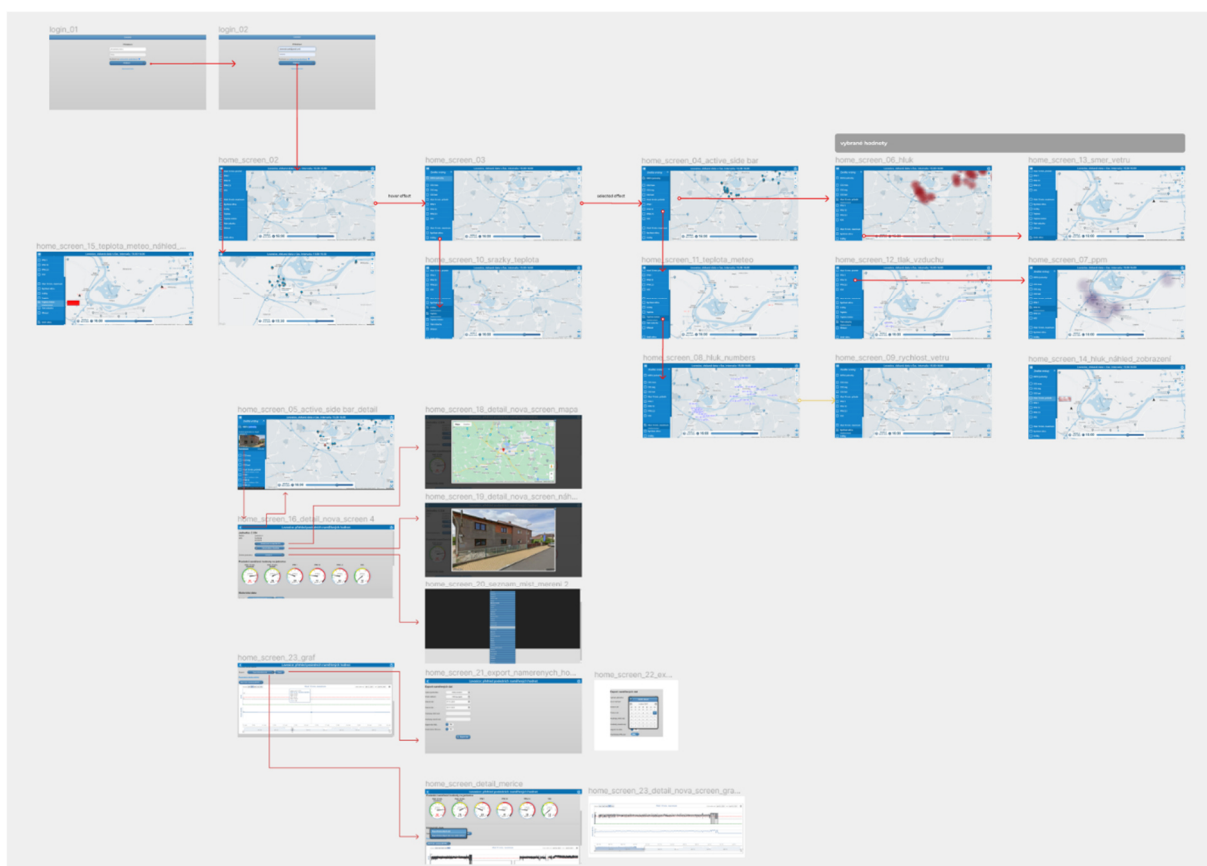
<sup>45</sup> Konzultace ÚBTI FD ČVUT

plastů do formy. Z obr. 18 jsou dobře patrné tři otvory. Ty slouží jako kotvící body pro základní desku a také pro sešroubování s přední stranou krytu.

Výrobní náklady a náklady na materiál se musí pohybovat v co nejnižších číslech, aby výsledná cena produktu byla konkurenceschopná. Snahou bude i v tomto případě využít maximum možných prvků a řešení již dostupných na trhu. Proto například použití existujícího uchycení do zásuvky sníží náklady a ušetří čas a peníze za nutné certifikace.

### 3.4. Webová aplikace

Aktuální verze webové aplikace působí zastarale. Uživatelské rozhraní nefunguje vždy intuitivně a čtení některých dat a informací může být pro běžného uživatele složitější. (viz. obr. 19) Některé části uživatelského rozhraní jsou podobné dnešním, moderním webovým aplikacím. Jednou z nich je přihlašovací obrazovka, kterou bude možné využít v novém návrhu. Následně po přihlášení je rozhraní zaměřeno na vnější senzor CO<sub>2</sub> a zde vidím velké rezervy z hlediska UX a především UI. Systém by mohl nabídnout více možností a předat širší pole informací uživateli a zároveň když bude působit jednoduše a přehledně, navodí to pocit, že se nejedná o složité technologie a lidem bude prostředí a následně i problematika bližší.



Obr. 19: Průchod webovou aplikací a různé obrazovky, archiv autora

### 3.5. Vize

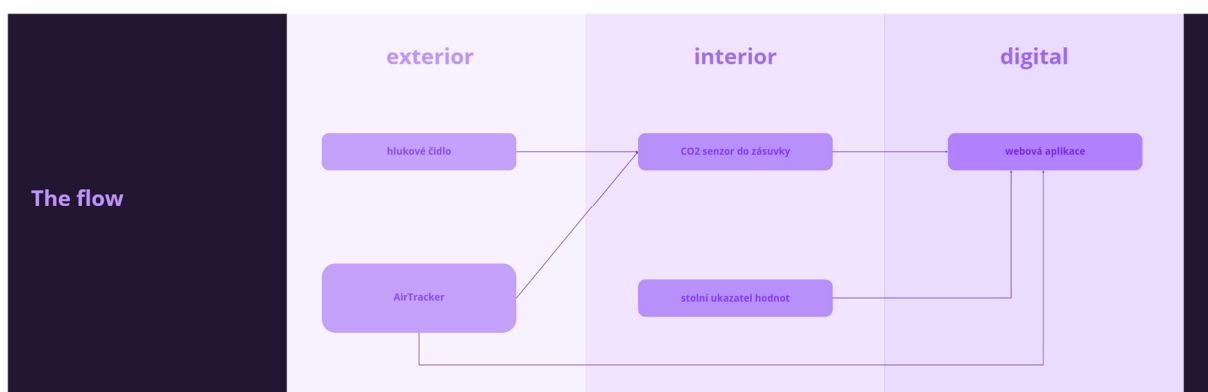
Po vlastní analýze problematiky znečištění ovzduší a celého systému fungování původně navrženým ÚBTI FD ČVUT jsem začal pracovat na vizi, jak by nové pojetí mohlo vypadat. Vytvořil jsem si velmi stručný graf, jak celý systém bude v budoucnu fungovat. (viz. obr. 20) Průběžně jsem konzultoval možnosti se zaměstnanci Fakulty dopravní ČVUT v Praze, kteří se na projektu aktuálně podílí a ti mi postupně pomáhali dodat vizi reálnější rozměry, především co se týče použití technologií, možností financí a dostupné techniky.

Novým směrem, kam bych chtěl projekt posunout je navrhnout jednotný styl pro více druhů zařízení, které budou spojovat různé prvky, i když každé zařízení bude mít jiný účel a použití. Tyto fyzické produkty jsem chtěl propojit s digitální částí – webovou aplikací a rozšířit znalost problematiky a získávání informací.

U AirTrackeru jsem se zaměřil na dílčí vylepšení, jelikož z důvodu bezpečnosti a ochrany bylo vhodné zachovat celkovou původní koncepci. Mezi dílčí úpravy patřil proces uchycení kabelů, montáž senzoru a grafická komunikace těchto zařízení pro technickou obsluhu a veřejnost.

Senzory do interiéru nabízejí širší pole možných změn. Zaměřil jsem se na nalezení univerzálního principu, jak tvarovat senzor do zásuvky. Zároveň aby byl jednoduchý při montování jednotky pracovníky a vhodný při případný servis a rozložení. Také aby jednotka byla bezpečná a jednoduchá pro obsluhu pověřených osob a běžných uživatelů. Zaměřil jsem se na možnosti napájení a přemístování v případě stolního senzoru, který bude vznikat jako zcela nový produkt bez předchozích variant zařízení.

Pro webovou aplikaci jsem se rozhodl přepracovat vzhled celého prostředí, Hledal jsem možnosti, jak vylepšit uživatelské rozhraní, čtení dat a informací a také jaké jsou další možnosti, kam aplikaci posunout směrem k uživatelům, aby se jim celé problematika znečištění ovzduší o něco více přiblížila.



Obr. 20: Zjednodušené fungování celého systému, archiv autora



## 4. PROCES NAVRHOVÁNÍ

### 4.1. Čidlo CO<sub>2</sub> do zásuvky a jednotný vizuální styl

Za dobu vývoje celého systému vzniklo na půdě Fakulty dopravní ČVUT v Praze pro senzorickou jednotku CO<sub>2</sub> více variant, které vycházely z produktů běžně dostupných na trhu. Produkty po stránce funkční splňovaly požadavky. (viz. obr. 21) Výrobky však nepřinášely estetickou hodnotu a měly prostor pro zlepšení bezpečnosti. (viz. obr. 22) V novém návrhu v rámci diplomové práce se dá pracovat s vlastními prvky, při zachování nutných stávajících částí.



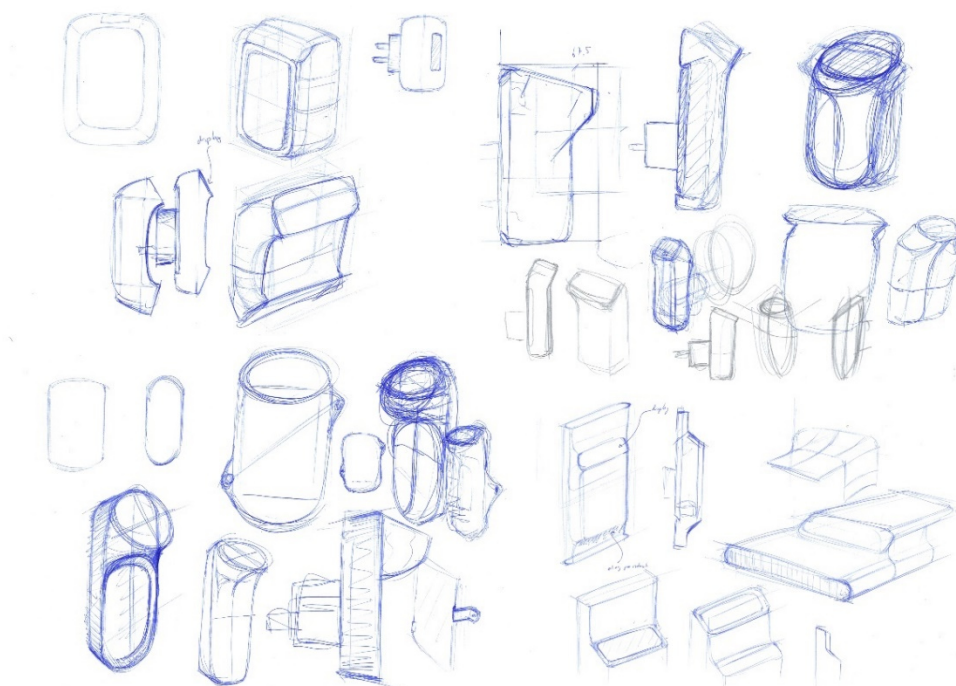
Obr. 21: Senzor CO<sub>2</sub> – přední pohled, archiv autora



Obr. 22: Senzor CO<sub>2</sub> – zadní pohled, archiv autora

První fází bylo hledání celkového pojetí a koncepce senzoru do interiéru. Nejprve jsem se zaměřil na navrhování senzoru do zásuvky, který měl vytyčené limity a určené nosné prvky se kterými bylo třeba počítat, aby výsledek splňoval technické, technologické a ekonomické požadavky.

Počáteční koncepce vycházela z umístění, nutných bezpečnostních požadavků a již zmiňovaných oblastí technický a technologických potřeb a ekonomických záměrů. Aby bylo maximálně zamezeno kontaktu se senzorem během jeho fungování, vycházelo jako nejlepší umístění do jednonásobné zásuvky, kde dojde k jejímu zakrytí a bude sloužit pouze jako zdroj pro senzor. Jednotka měla zobrazovat informace o stavu kvality vzduchu. V této souvislosti mělo zařízení disponovat displejem. Vzniklo k tomu množství návrhů a skic. (viz. obr. 23) Vzhledem k situaci, kdy zařízení je umístěno v zásuvce u země a zamýšlený displej je malý, nedávala vizualizace stavu tímto způsobem smysl. Od displeje se upustilo a nadále pokračovalo s myšlenkou jednoduchého světelného bodu podobně jako u starších verzí.



Obr. 23: Koncepce s použitím displeje, archiv autora

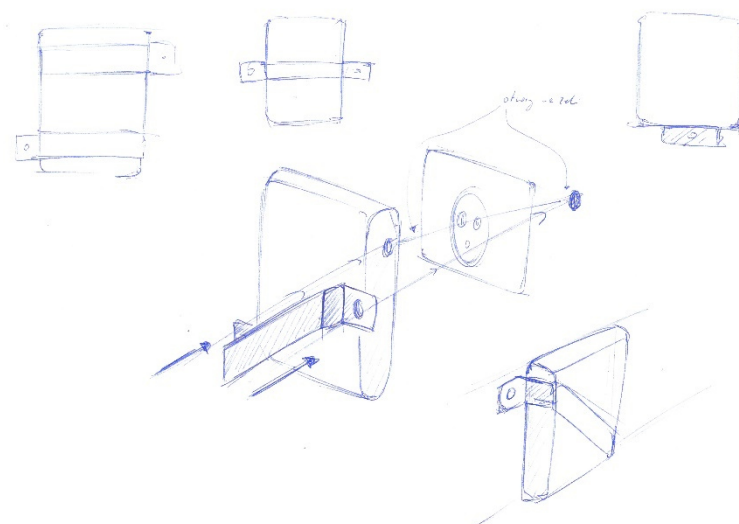
Zpočátku zde byly rozvahy nad vyvedením zásuvky ze senzoru, aby při osazení zásuvky senzorem, který je tam umístěn permanentně, šlo dále zásuvky využít. Jako například u digitálních elektroměrů. (viz. obr. 24) Tyto rozvahy se právě kvůli potenciální interakci s člověkem zavrhly, aby se snížilo riziko poškození nebo uvolnění senzoru a měření byla co nejpřesnější. Vývoj koncepce se tak posunul a zaměřil na onu zmiňovanou bezpečnost při fungování.





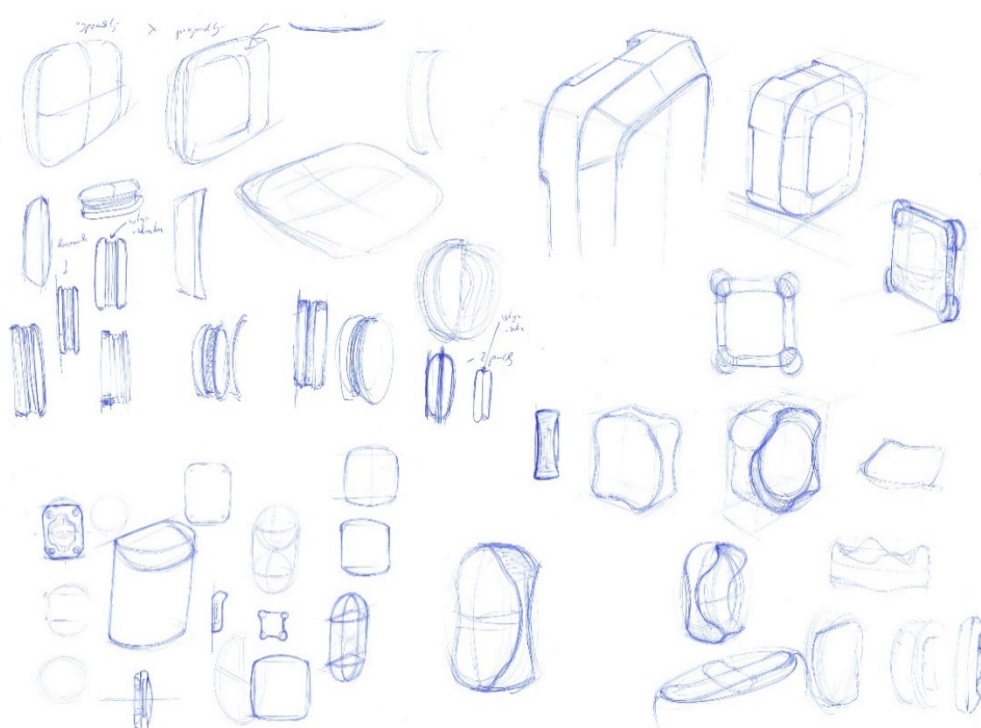
Obr. 24: Digitální elektroměr do zásuvky s displejem

Nové úvahy hledaly možnosti a řešení, jak zabezpečit senzor, tak aby byl chráněný proti vysunutí, či vykopnutí ze zásuvky. V upraveném návrhu jsem začal pracovat nad koncepty různého pojetí (viz. obr. 25). Jednou z uvažovaných variant bylo pevné přišroubování do zdi, které se při konzultacích v ateliéru a s pracovníky FD ukázalo jako špatné. Jelikož je možné vrtáním ohrozit kabely vedoucí ze zásuvek ve zdi a také je to zásah do zdí. To by mohlo znamenat komplikace v rámci ochrany budovy a stavebních úprav pod které by toto řešení případně spadalo. Další koncepcí řešící stejný problém zabezpečení v zásuvce bylo zvětšit celkové rozměry krytu senzoru a přetáhnout jej přes zásuvku až ke zdi. Tato koncepce riziko vysazení ze zásuvky snižovala a nebylo třeba stavebních úprav a zásahu do okolních zdí. (viz. obr. 26) Na základě nových definic – zakrytování celé zásuvky a přiblížení ke zdi jako jsem začal vytvářet 3D modely v počítači.

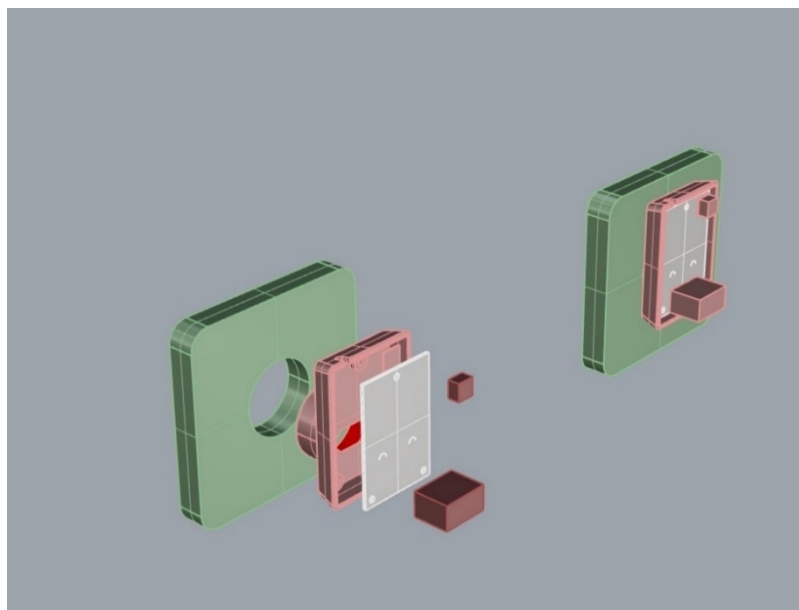


Obr. 25: Koncepce pevného uchycení, archiv autora

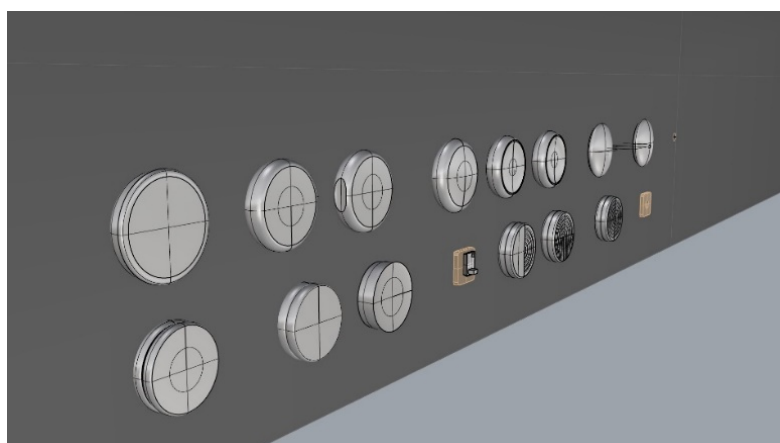
Základem bylo projít si velikost zásuvek a vymodelovat si je jako referenční podklad. K tomu bylo nutné přidat a vymodelovat zadní část do zásuvky, která zůstane zachována kvůli certifikaci vstup přívodu zdroje energie a také vnitřní části jako základní deska a zjednodušené objemy, které mají jednotlivé komponenty sensorické jednotky. Okolo těchto referenčních rozměrů jsem začal vytvářet hmotové modely. (viz. obr. 27) Mezi první koncepcí patřil princip kruhu vzhledem k umístění samostatně na jednonásobná zásuvka Po fázi skicování různých tvarových možností jsem si vybrané tvary vymodeloval ve správném měřítku a porovnával. (viz. obr. 28) Modely v počítači dobře posloužily jako podklady pro konzultace v ateliéru a také na fakultě dopravní. (viz. obr. 29) Při konzultacích na FD jsme probírali možnosti otvorů, které byly nutné pro přívod k vzduchu k CO<sub>2</sub> senzoru. Volil jsem rozdílné varianty a hledal optimální řešení, jak vytvořit dostatečný otvor pro CO<sub>2</sub> sensor a zároveň ho udělat dostatečně bezpečný před nežádoucím prachem a vlhkostí. Diskuse proběhla též nad koncepcí celého návrhu. Došli jsme k závěru, že není nutné umístění sensorické jednotky podmiňovat jednonásobných zásuvek ve volném prostoru. Umístění se tak rozšířilo z jednonásobných zásuvek na dvojnásobné zásuvky a zásuvky horizontálně vícenásobné.



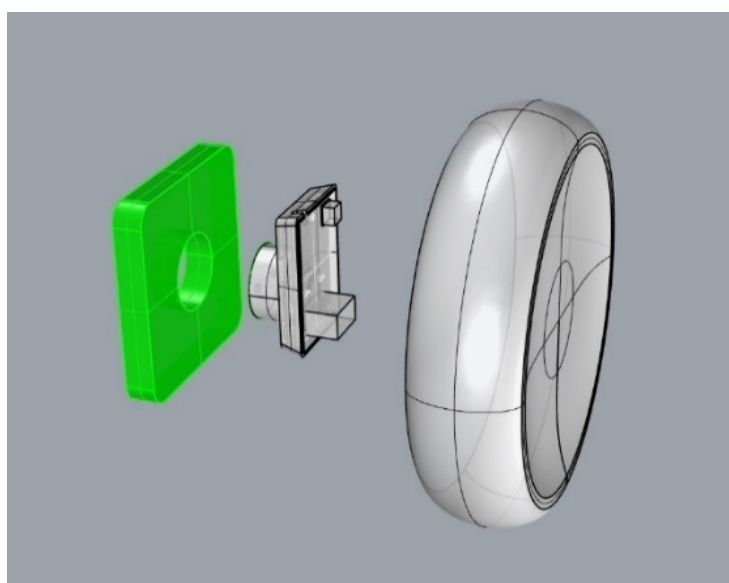
Obr. 26: Koncepce obejmutí celé zásuvky, archiv autora



Obr. 27: Referenční rozměry základu, archiv autora

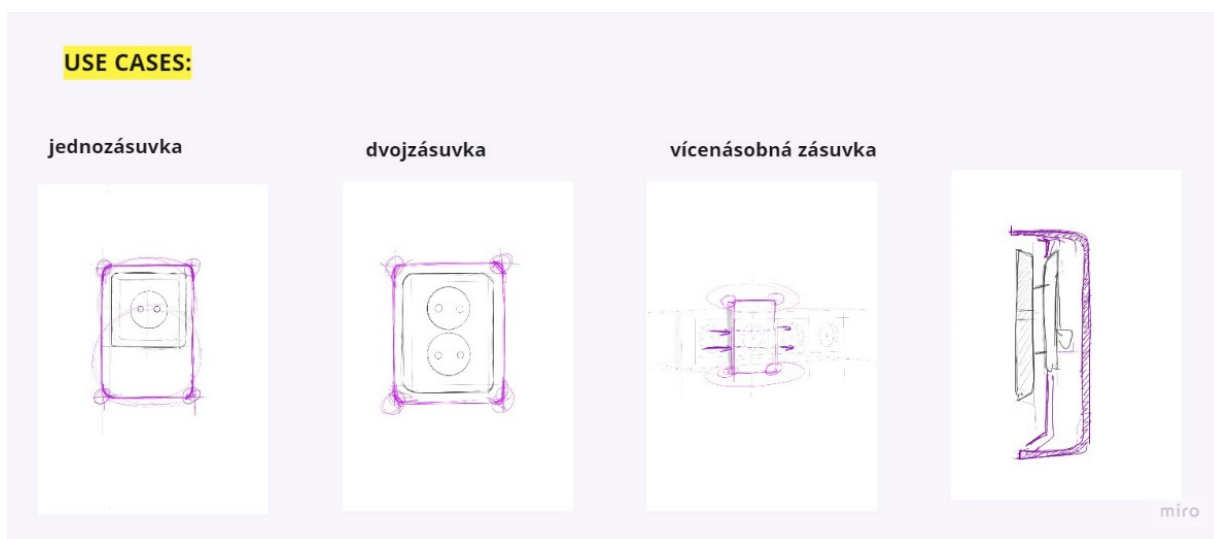


Obr. 28: Koncept kruhového krytu, archiv autora

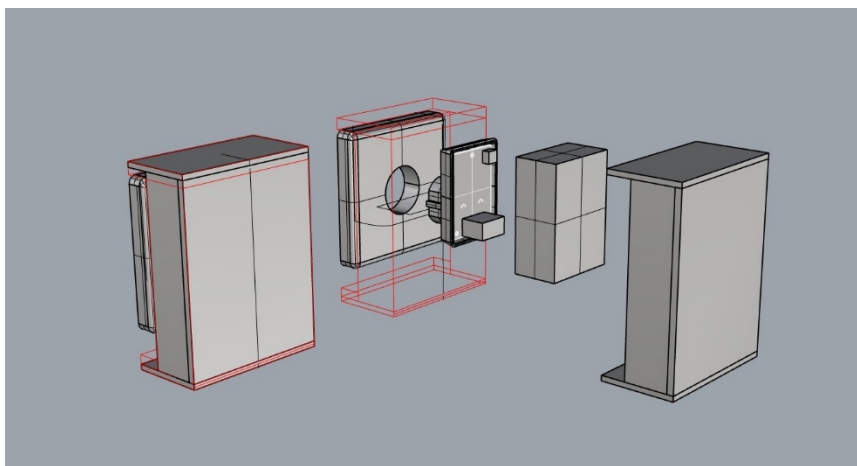


Obr. 29: Rozložený pohled, archiv autora

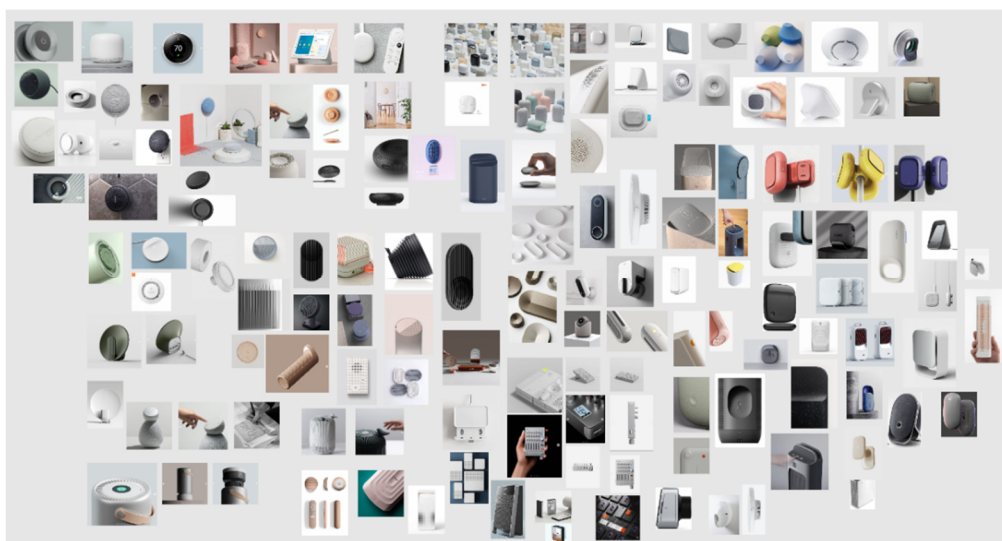
Znovu jsem se vrátil ke skicování a začal přemýšlet, jak vytvořit univerzální řešení, které zároveň sníží riziko vytažení ze zásuvky. Nutné bylo počítat s kompaktními rozměry, aby formy pro vstřikování plastů nebyly příliš velké a spotřeba materiálu moc vysoká. Od kruhového tvarování jsem se přesunul k variantě vycházející z kvádrů. Tento tvar jsem zvolil kvůli variantě umístění v řadové zásuvce, aby sousední zásuvky byly stále dostupné. (viz. obr. 30) Vytyčil jsem si základní vnitřní rozměry, aby se do prostoru vešla základní deska s komponenty umístěná na krytu s výstupem do zásuvky. Také jsem si vymezil maximální vnější rozměry z hlediska zásuvky a jejího okolí. Poté jsem začal hledat formu, jak kvádrový tvar upravit a promítnout do něj veškeré požadavky dříve stanovené. (viz. obr. 31) Poskládal jsem si moodboard, kde jsem měl několik různých směrů, jak nový návrh pojmout. (viz. obr. 32) Chtěl jsem, aby návrh působil čistě, jednoduše a nebyl příliš výrazným prvkem v interiéru vzhledem k jeho funkci a umístění. Zároveň, aby bylo uživatelům a lidem v okolí zřejmé k čemu dané zařízení slouží. Z nových skic jsem si našel několik směrů, které jsem začal modelovat znovu v počítači, abych viděl lépe poměry v kontextu umístění. Vytvořil jsem více různých návrhů, ze kterých jsem po konzultacích vybral nejvhodnější a začal více rozpracovávat.



Obr. 30: Varianty koncepcí umístění, archiv autora

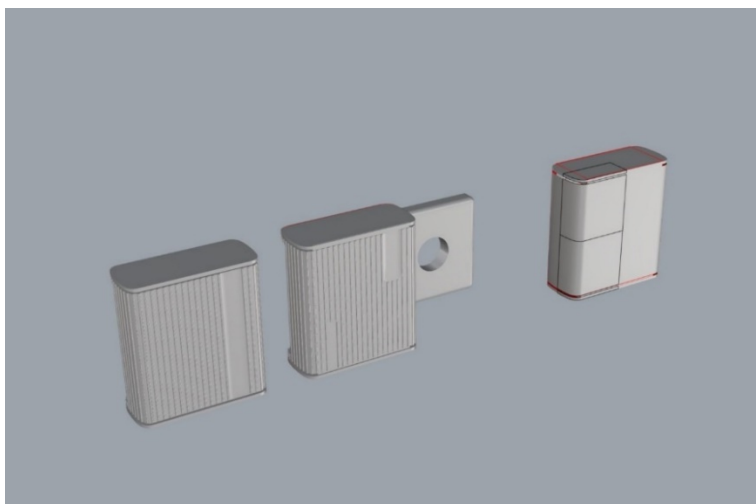


Obr. 31: Hmotové rozvržení, archiv autora



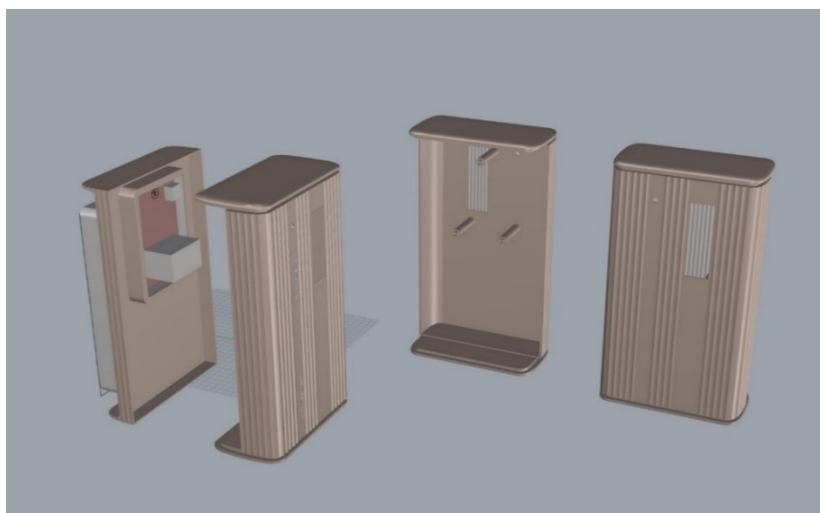
Obr.: 32: Moodboard

V další fázi vznikaly návrhy s drobnějšími rozdíly, kde ale základní rozložení a koncepce zůstala stejná. V horní a spodní části se symetricky opakovalo ukončení, kde odsazení bylo zamýšleno jako funkční prvek pro přívod vzduchu k senzoru CO<sub>2</sub> formou komínu a že vzduch uvnitř bude proudit. Jemné, vertikální zvlnění bylo estetickým pojednáním plochy, kde pro funkční části vznikly roviny, aby byla zřejmá funkce zařízení. (viz. obr. 33) V této fázi už bylo možné se zaměřit na větší detaily, technické a technologické možnosti a limity. Postupnými úpravami procházely koncepce dělení pro formu na vstřikování plastů. Začal jsem přidávat nutné konstrukční prvky pro vyrobiteľnost a jednoduchý způsob smontování. Hledal jsem možnosti, jak kryt rozdělit co nejlépe, aby nutných dílů na formy bylo co nejméně a bylo zapotřebí co nejmenšího počtu kroků při montování jednotky. V této fázi jsem začal práci na výrobě fyzických modelů, aby mi pomohly s lepší představou. Chtěl jsem návrhy otestovat v praxi, především jak se vejde daný kryt do zásuvky různých druhů a jak budou působit zvlnění na celkové ploše. (viz. obr. 34)



Obr. 33: Nové koncepce pro širší užití, archiv autora

Fyzické modely pak měly ukázat, jak co nejlépe dělit formu a kde upravit technická řešení. V této fázi jsem měl již jasnější představu, kam se produkt bude vyvíjet a měl jsem připravené základní možné jednotící prvky. Mezi ně patřila práce s linkou – obdobně jako u vlnek, práce s obdélníkovými tvary, se zaoblením a s rádiusy hran. Jednotným prvkem pak byl různý způsob probrání ploch a přidávání k nim patřičných funkcí.



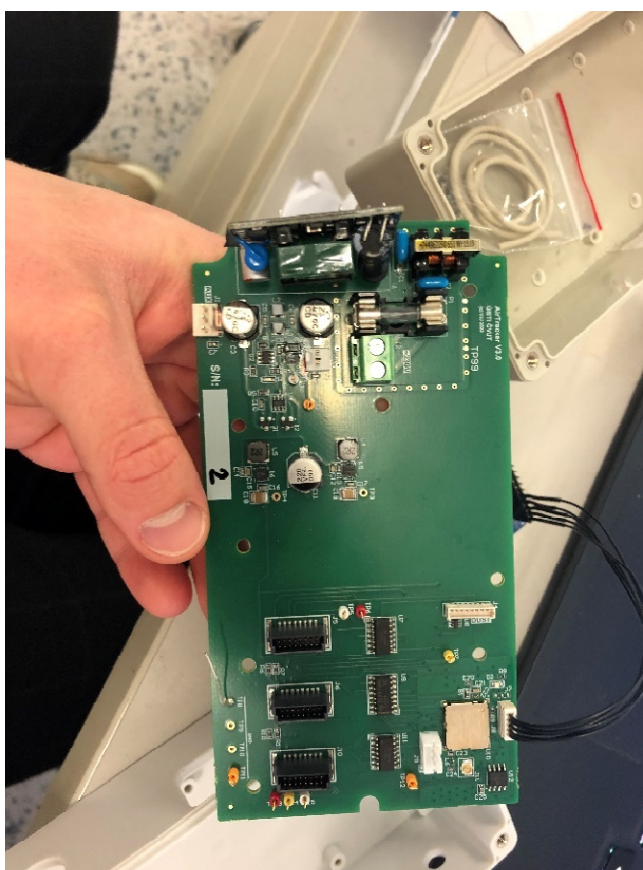
Obr. 34: Možné dělení a přidání otvorů, archiv autora

## 4.2. AirTracker

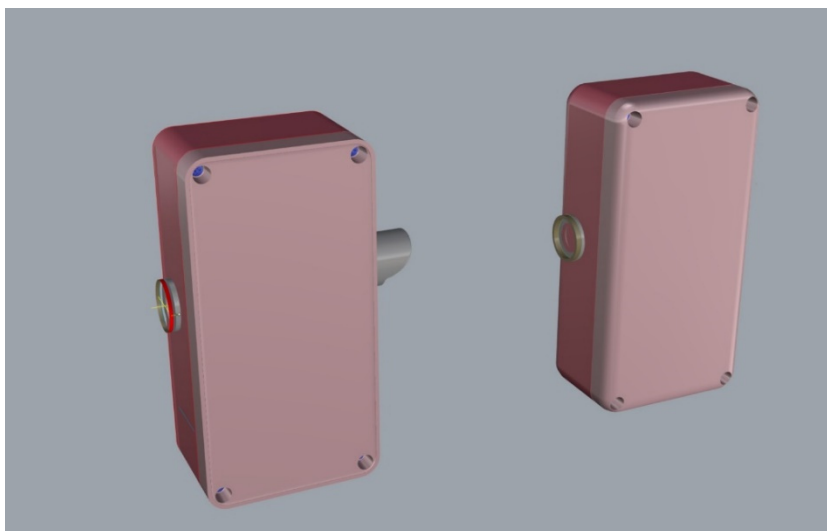
Když jsem se dostal do fáze, kdy senzor CO<sub>2</sub> pro vnitřní užití do zásuvky měl jasnější směr a měl jsem již stanovené základní prvky vizuálního stylu, mohl jsem se pustit do navrhování venkovní senzorní jednotky AirTracker. Zde mě čekalo poměrně značné množství omezení, ale stále zde byl prostor pro úpravy, změny a návrhy vylepšení co se týče nejen fungování ale i celého procesu od sestavování až po instalaci samotné jednotky.



V první fázi jsem se zaměřil na stanovení minimálních a maximálních rozměrů celého zařízení. Minimální rozměry určila již existující základní deska, která je podstatně větší než ta v případě vnitřního senzoru CO<sub>2</sub>. Rozmístění komponentů na základní desce bylo také dost omezené a bylo možné dělat pouze minimální úpravy. S tím související rozložení vnější výstupu senzoru bylo poměrně striktně omezené. (viz. obr. 35) Pro stanovení velikostí vnějších rozměrů mi pomohl dosud používaný kryt od výrobce Hammond Ind. Původní kryt výrobce Hammond Ind. je dělen na dva díly. Kdy zadní část je podstatně hlubší než přední kryt. Zadní část totiž slouží pro uložení základní desky a vytvoření otvoru pro uchycení všem vývodkům pro senzory. Na základě těchto stanovených rozměrů jsem pokračoval v hledání celkového vzhledu krytu. (viz. obr. 36) Při podrobnějším zkoumání umístění výstupu z krytu jsem se rozhodl o pár milimetrů zakrytování zvětšit do sirky a do výšky, aby se dalo lépe komponenty a výstupy montovat ke krytu. Po malé úpravě rozměrů jsem rozvíjel dál myšlenky, které jsem měl ve skicách.



Obr. 35: Základní deska AirTrackeru, rozložení komponentů, archiv autora



Obr. 36: Původní kryt jednotky, archiv autora

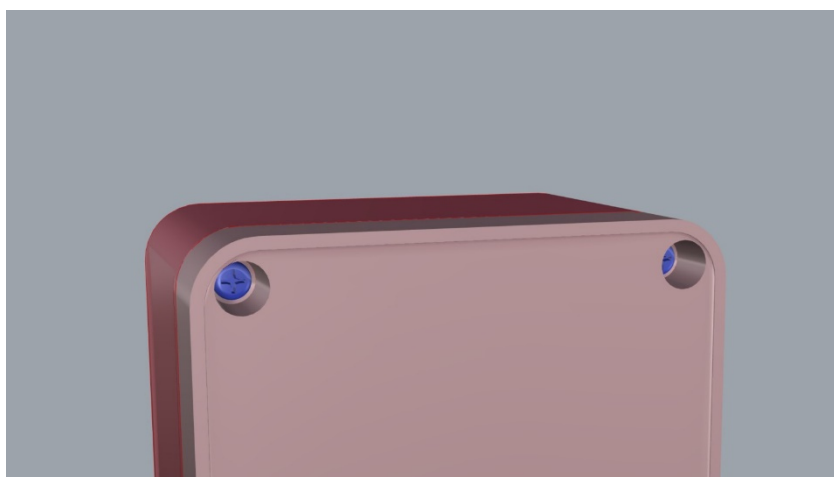


Obr. 37: Varianty přední části, archiv autora

Uběhlo několika konzultací v ateliéru ve škole a došel jsem ke dvou rozdílným směrům. První směr pracoval se zaoblenými hranami, rádiusy a obecně celkové pojetí bylo o něco jemnější. Druhý směr byl opačného rázu. Ostřejší tvarosloví a výraznější hrany. Oba směry jsem se rozhodl rozpracovat do 3D modelů v počítači, abych mohl porovnat funkčnost a vzhled obou návrhů. Na již určených rozměrech, které vzešly s uplynulých analýz jsem vymodeloval obě varianty a modely osadil nutnými technickými řešeními. (viz. obr. 37) Mezi ně patřilo především sešroubování obou částí. Z porovnání vplynuly následující poznatky. Ostřejší model měl na přední části probrání v celé své ploše, což správně korespondovalo s nově nastavenými vizuálními prvky. Z hlediska technického ale koncepce zcela nefungovala. V místech, kde docházelo v plynulého přechodu z propadlé plochy do hrany, musely být umístěny otvory pro šrouby na uzavření celého krytu. Otvory byly příliš blízko hraně. (viz. obr. 38)



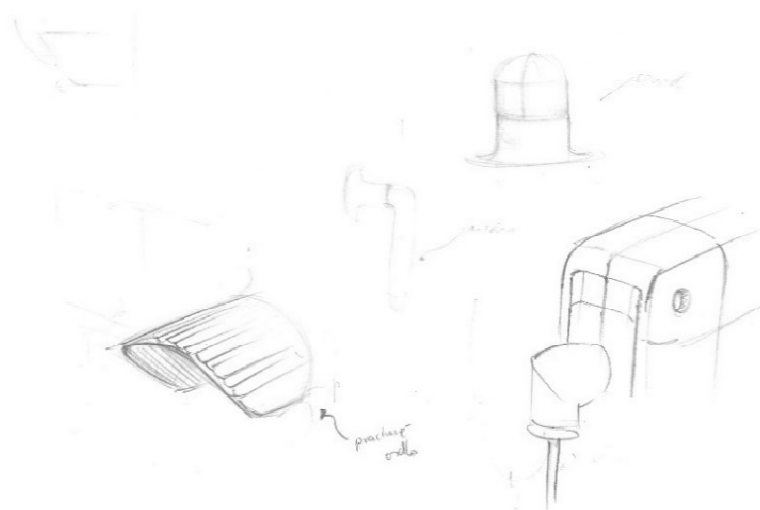
Varianta se zaoblenými tvary a rádiusy také vyhovovala nově vytvořenému vizuálnímu stylu. Vzhledem k tomu, že v počáteční verzi došlo jen na zaoblení, ploché části zůstaly prázdné a měly dobrý potenciál pro vytvoření prolisu jak na bočních stranách, tak i na přední části. Po bocích navazovaly prolisy na myšlenku, že funkční části se nacházejí právě v těchto propadlých rovinách a na přední straně byl prostor pro vytvoření prolisu pro grafické prvky. Vizi na přední straně bylo navrhnout uspořádání, které by nevedlo, kam umístit dane grafické prvky a celkový vzhled krytu by působil uceleně. Z technického hlediska nevznikaly žádné komplikace, jelikož v prostoru zaoblení mohly být dobře umístěny otvory pro šrouby a nic jim nebránilo.



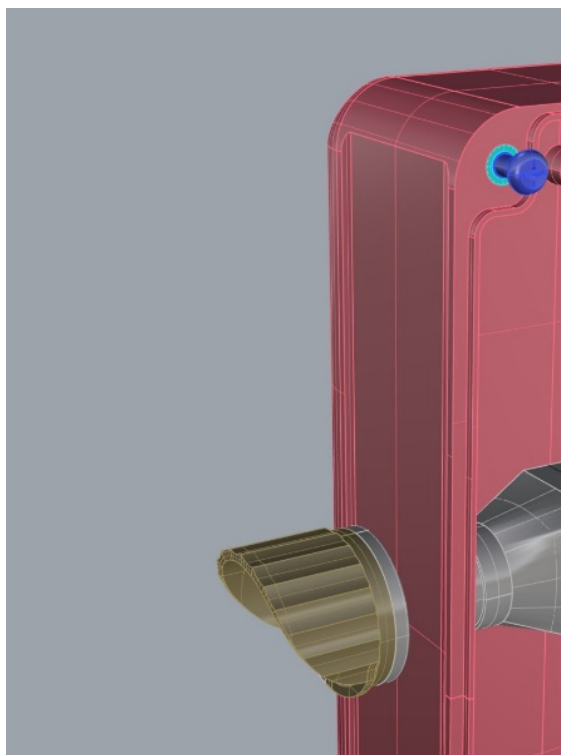
Obr. 38: Umístění otvorů pro šrouby v ostré variantě, archiv autora

Po vyhodnocení přínosů a možných komplikací obou návrhů jsem poměrně jednoznačně došel výběru. Rozhodl jsem se dál pracovat na variantě se zaoblenými tvary a rozvíjet výše zmíněné myšlenky s přidáním sjednocujících prvků. Postupně jsem procházel jednotlivé výstupy celé jednotky. Při úvahách nad sjednocením jsem rozmýšlel i nad dělením jednotky na dva kusy. Zkoumal jsem jaký důvod má právě zvolené rozdělení s hlubokou zadní částí a poměrně dost nízkou přední stranou. Přišel jsem s myšlenkou rozdělit kryt na dvě poloviny a vývody vést při dělící čáře, aby se nemusela řešit tolik izolace a vstupy byly jednotnější. Tato úvaha ale nebyla vhodná po ověření se zaměstnanci Fakulty dopravní ČVUT v Praze. Řešení dělení v poměru, který má původní kryt je vhodný z důvodu, že je možné do něj dělat libovolně otvory s různými rozměry a na vybraných místech. Není zde limit předem určených výstupů. Též díky hloubce se zadní strana stane nosičem veškerých komponentů a čelní strana je pouze jednoduchým krytem k rychlé demontáži. S novými poznatky jsem pokračoval ve vývoji a rozhodl se zanechat poměr dělení stejný jako u stávajícího modelu. Bude to i jednodušší pro techniky, kteří jednotku skládají dohromady. Výstupy řešené vývodkou jsou v této situaci nejvhodnější variantou. Dobře se montují, mají nízkou pořizovací cenu a splňují certifikace ochrany. Prostor na úpravy zůstal na senzoru

prachovodu, který má koncové části vlastní výroby z 3D tisku. Zaměřil jsem se proto na tuto část. Zkoumal jsem možnosti celkového tvarování ochrany. Celkový tvar byl účelně navržený, a proto jsem se rozhodl přidat pouze malou úpravu v podobě vlnek pro sjednocení s dalšími senzory. (viz. obr. 39) V místech na bočních stranách, kde jsou vedeny vývodky, jsem přidal jemný prolis. Ten slouží jako další jednotící prvek a zvýrazňuje funkční plochy. (viz. obr. 40)



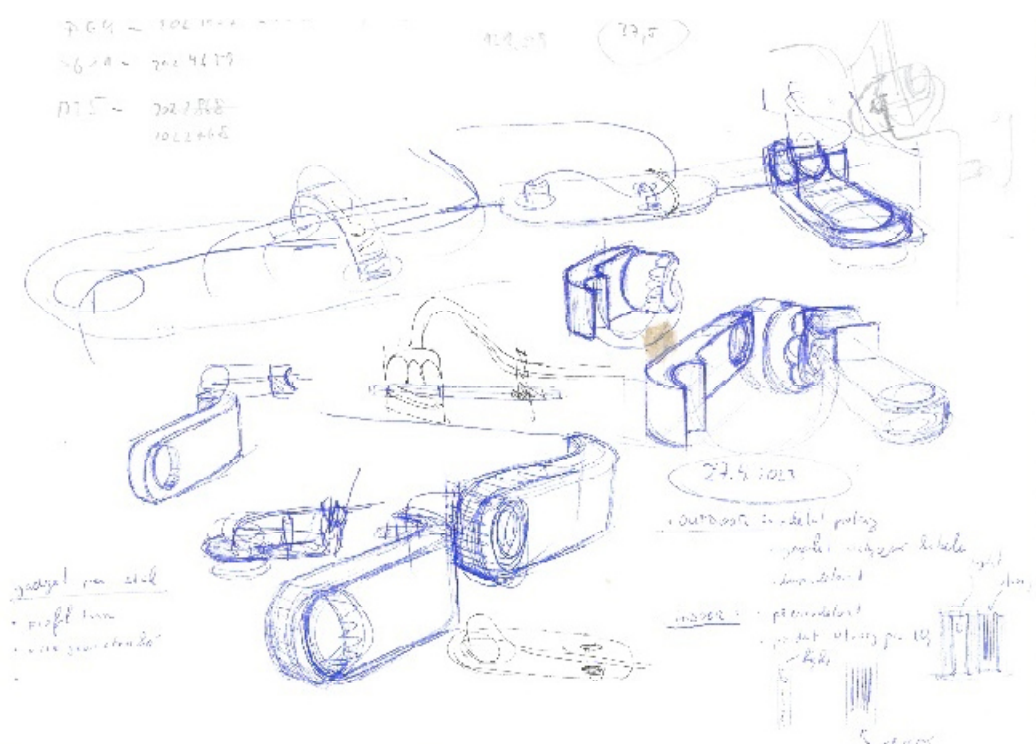
Obr. 39: Sjednocující detaily, archiv autora



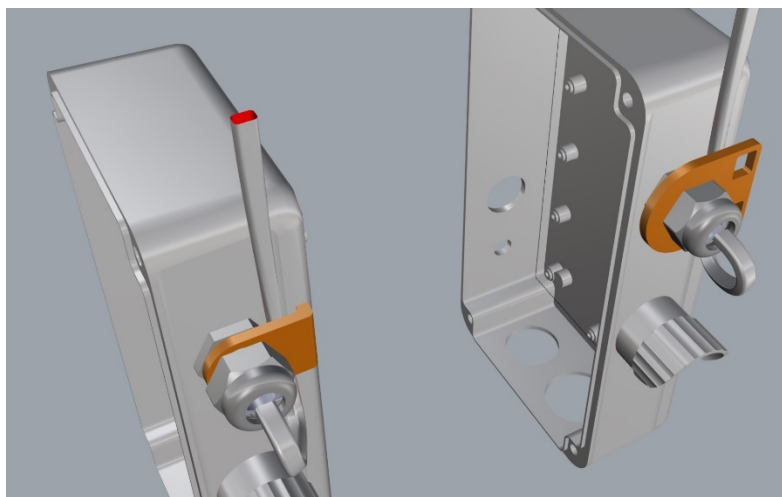
Obr. 40: Detaily ve 3D, archiv autora

Kabel vedoucí energii do jednotky je veden skrze vývodku, ale jeho směr při montáži na sloupy není pevně určený konstrukcí. Podle doporučení by kabel měl vést směrem dolů, aby vytvořil tvar "U". Tím se zamezí zatékání kapalin k vývodce a případně až do vnitřní části jednotky. V tomto případě jsem se zabýval možností uchycení kabelu a jak předem definovat jeho směr po vyvedení z vývodky. Prvotní myšlenky koncepce byly dost různé. Jedním z návrhů bylo přidat další výstupek na samotný kryt, ale to z technologické hlediska nebylo tak jednoduché a omezilo by to možnost přemístění výstupu pro kabel jinam.

Další variantou bylo vést kabel přes nějaké uchycení při prachovodu, aby šel kabel správně směrem dolů. Po rozvahách se ale ukázala, že spojení s jiným výstupem může komplikovat rozložení a případné přesuny výstupů. Vhodným řešením se ukázalo přidat nějaký prvek přímo na vývodku pro kabel. S tímto konceptem jsem se pustil do nahrnování konkrétnějšího řešení. (viz. obr. 41) První variantou byla verze s drobným zahnutím, kde by kabel byl uchycen v prostoru mezi vývodkou a zobáčkem navrhovaného držáku. Druhou koncepcí následně byla varianta plochého tvaru, kterým bude možné kabel různě provést a tím kabelu definovat směr. Bylo nutné varianty otestovat a zjistit lepší variantu. (viz. obr. 42)

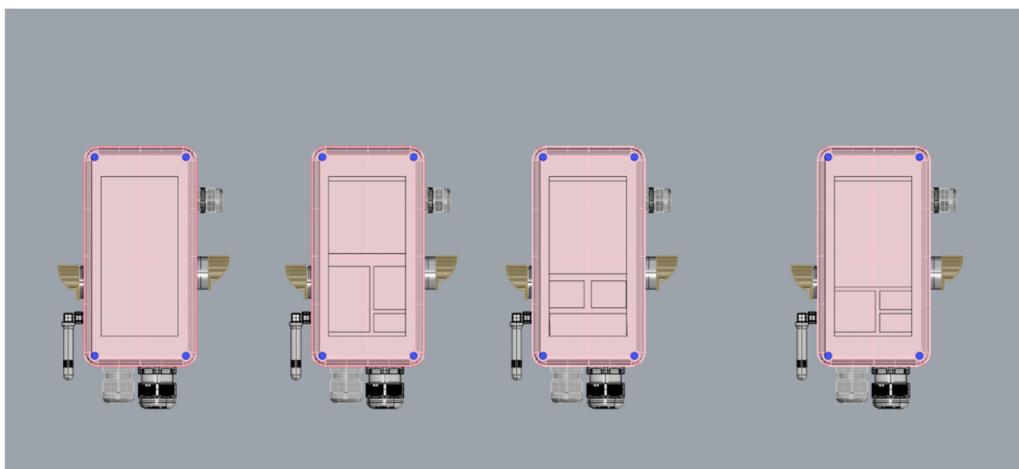


Obr.41: Koncepce uchycení kabelu, archiv autora



Obr. 42: Dvě varianty uchycení, archiv autora

Přední strana slouží jako informační část. Nachází se na ní popis o tom, k čemu jednotka slouží. Dále je zde nutné mít číslo jednotky, podle kterého se řídí technici při sběru dat a při revizích. Dalšími položkami jsou informace o výrobci a provozovateli jednotky, tedy ÚBTI FD ČVUT v Praze a značka, že se jedná o elektrické zařízení. V novém pojetí jsem se zaměřil, jak informace uspořádat a jak by bylo možné přední část dělit. Cílem bylo předem definovat místa, kam které grafiky a popisy patří. Pracoval jsem s různými variantami rozložení. (viz. obr. 43) Jemný prolis přes celou stranu vyšel už ze skic jako varianta, která ne příliš pomáhá uspořádání. Proto jsem pokračoval na práci variant s různým členěním. Funkčně a vizuálně poměrem k celku nejlépe fungovala varianta s dělením na čtyři části. Jedna velká hlavní část je určena pro název jednotky a výrobce a provozovatele zařízení. V levé čtvercové části se dobře hodila grafika týkající se výstrahy o elektronickém zařízení. Dva menší obdélníky na pravé straně jsou k označení jednotky číslem, a navíc je položka pro doplňkovou informaci, například pro město nebo místo, kde se nachází (viz. obr. 44)



Obr. 43: Varianty rozložení přední strany, archiv autora



Obr. 44: Rozložení grafiky, archiv autora

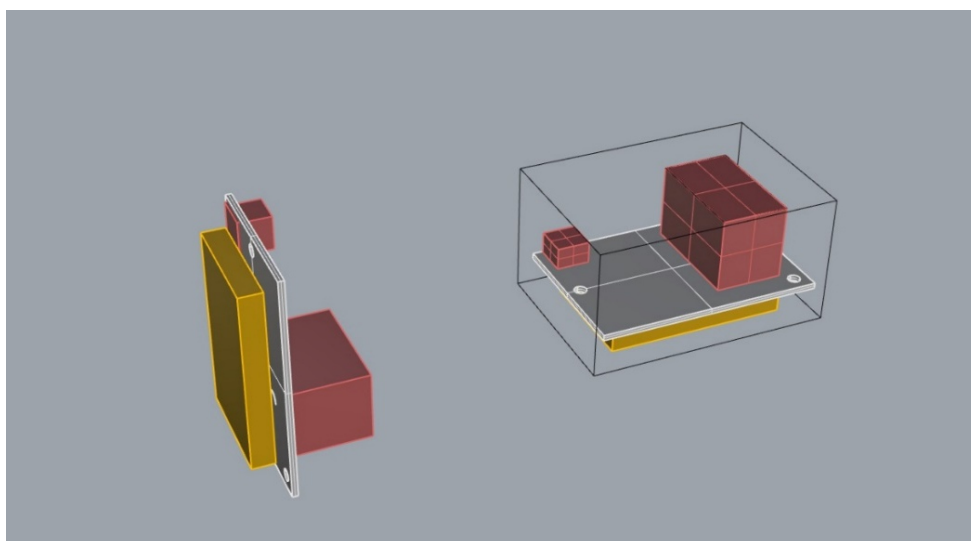
### 4.3. Čidlo CO<sub>2</sub> na stůl

Senzorická jednotka k venkovnímu užití a jednotka do interiéru s umístěním do zásuvky volně navazovaly na dříve vyvinuté varianty. To neplatí pro nově vznikající CO<sub>2</sub> jednotku s umístěním na stůl. Primární kritéria byla stanovena podle užitých technických řešení. Pro jednodušší výrobu a nižší náklady se počítalo s využitím stejné základní desky jako pro senzor do zásuvky. Tím byly určeny minimální vnitřní rozměry a z části systém uchycení desky ke krytu. Na rozdíl od jednotky do zásuvky mělo nově navrhované zařízení fungovat i bez přímého zdroje energie. To znamenalo umístění akumulátoru s dostatečně velkou kapacitou, aby jednotka fungovala samostatně několik hodin. Po konzultacích byla vybrána baterie s kapacitou mezi 500 – 1 000 mAh, která by na běžnou osmihodinovou pracovní dobu měla plně dostačovat. Zvolil jsem střední cestu a vybral akumulátor Li-Pol o kapacitě 700 mAh, jelikož vyhovoval požadovaným rozměrům.<sup>46</sup>

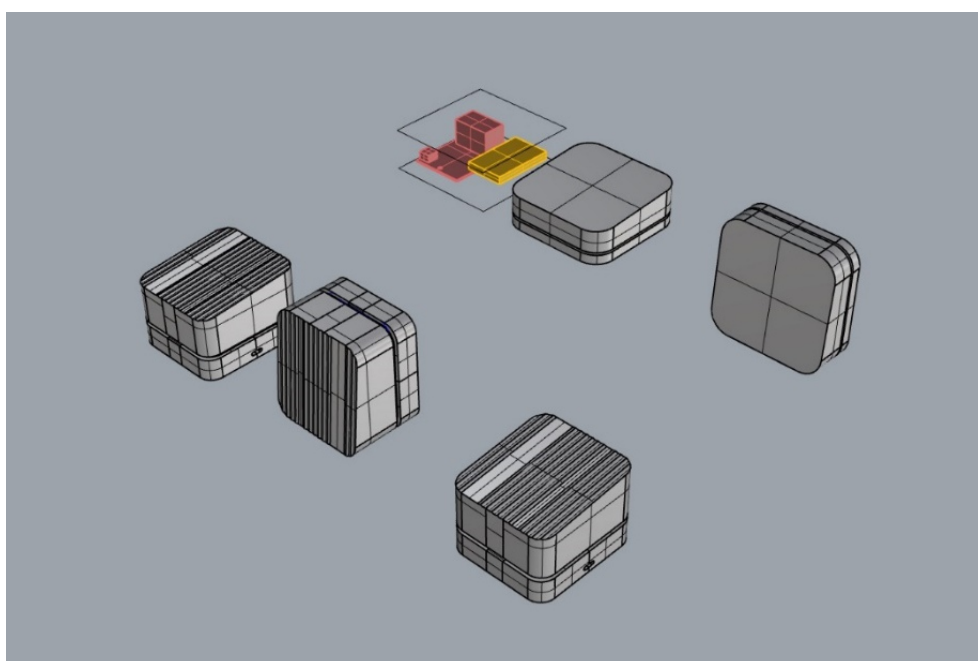
Základní hmoty baterie a osazené základní desky jsem si vymodeloval v počítači a začal skicovat různé varianty. (viz. obr. 45) První koncepce byly horizontální. Zde jsem narazil na potenciální problém, že by si uživatel mohl na plochu odkládat různé předměty a zakrýt tak světelnou signalizaci stavu kvality vzduchu anebo zneprůstupnit otvory vedoucí k senzoru CO<sub>2</sub>. V souvislosti s tím, jsem začal pracovat s nakloněnými rovinami a možností vertikálního uložení. Principy nakloněné roviny jsem si postupně model v počítači s různými variantami naklonění úhlů a různé poměry celkových tvarů. Po vytvoření série návrhů jsem porovnal modely s ostatními typy senzorů, které jsem navrhoval dříve a došel jsem k závěru, že se nové návrhy odlišují a nezapadají do celkové řady produktů. Proto jsem se rozhodl jít jiným směrem a aplikovat prvky o něco jinak. (viz. obr. 46)

---

<sup>46</sup> Lithium polymer battery by capacity

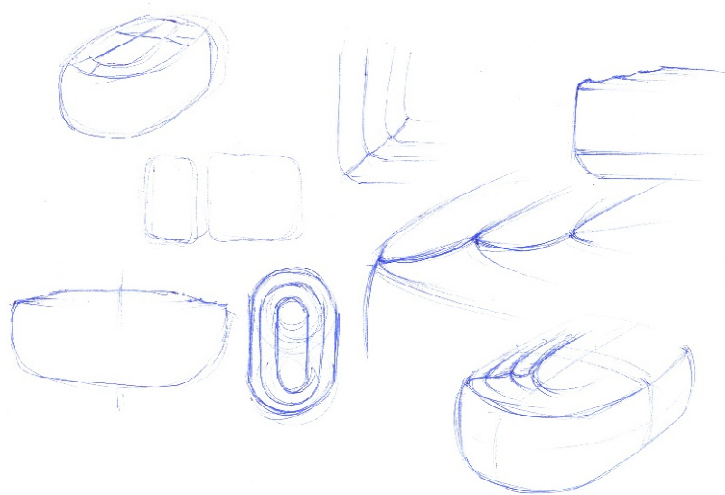


Obr. 45: Základní hmoty a rozložení, archiv autora



Obr. 46: Horizontální, vertikální koncepce, nakloněné plochy, archiv autora

Znovu jsem se zamýšlel nad horizontální a vertikální koncepcí a s ohledem na možné náklady a výrobu s tím spojenou, jsem se rozhodl pro horizontální uložení. Způsob ukotvení a uzavření dvou dílů, ze kterých jsem plánoval kryt udělat, jsem měl ověřený z jednotky do zásuvky. Uložení baterie vyšlo konstrukčně pod základní desku a celkově tak rozměry zůstaly poměrně kompaktní. Nový koncept byl založený na jednoduchých tvarech, kde jsem pracoval s opakujícím prvkem vlnek a různého zaoblení a rádiusů. (viz obr. 47)

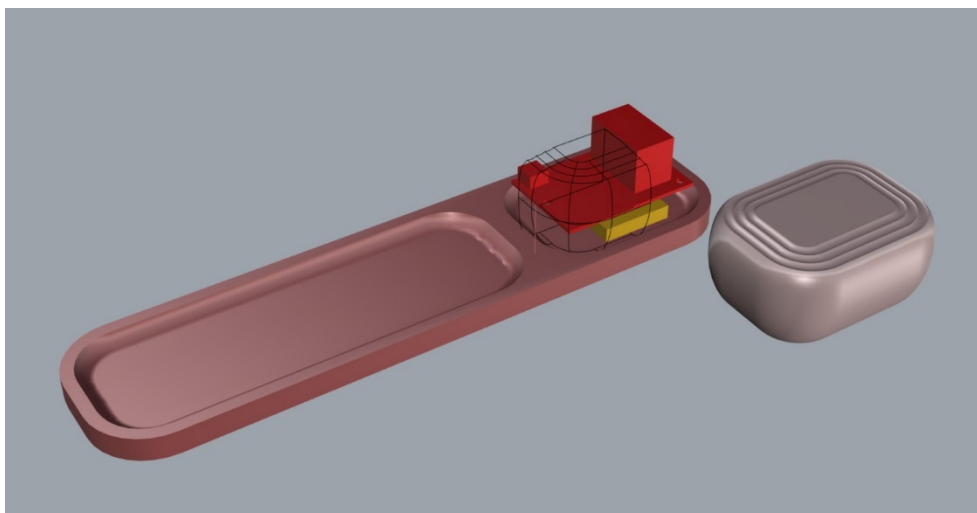


Obr. 47: Ideové skici stolního senzoru, archiv autora

Tvar vychází ze zaobleného kvádrů, který v horní pohledové části dostal jemné vlnky a plochu, která je pro různé grafiky, texty a světelnou signalizaci stavu vzduchu. Postupně jsem ladil linku profilu, jelikož v prvním návrhu byla profilová křivka střední části neukotvená a působila neuspořádaně. Pro další variantu jsem zvolil více rovný tvar s výrazně zaoblenými spodními částmi. Horní, pohledovou část jsem upravoval počet vlnek a rozměr plochy, aby rozložení vytvořené ze senzoru do zásuvky sedělo i do tohoto produktu.

V souvislosti s novým tvarováním bylo nutné vyřešit nabíjení. Zpočátku bylo více variant – nabíjení bezdrátové nebo nabíjení kabelem USB. Po konzultacích jsme došli k závěru, že varianta s nabíjením s kabelem bude ekonomicky dostupnější. S tím, kam se položí produkt na stůl během nabíjení. Pokud bude napájen akumulátorem, vyvstala nová myšlenka rozšířit funkce produktu a přidat mu podložku, kam si budu moci jednotku odložit během nabíjení anebo využít nějakým způsobem prostor vytvořený přidaným stojan. Stojan nebo spíše odkládací plocha vznikly poměrně přirozeně ze zaměření umístění na stůl. Na většině stolů se může hodit odkládací plocha na různé menší předměty jako například kancelářské potřeby. (viz. obr. 48)





Obr. 48: Návrh řešení odkládací podložky, archiv autora

#### 4.4. Webová aplikace

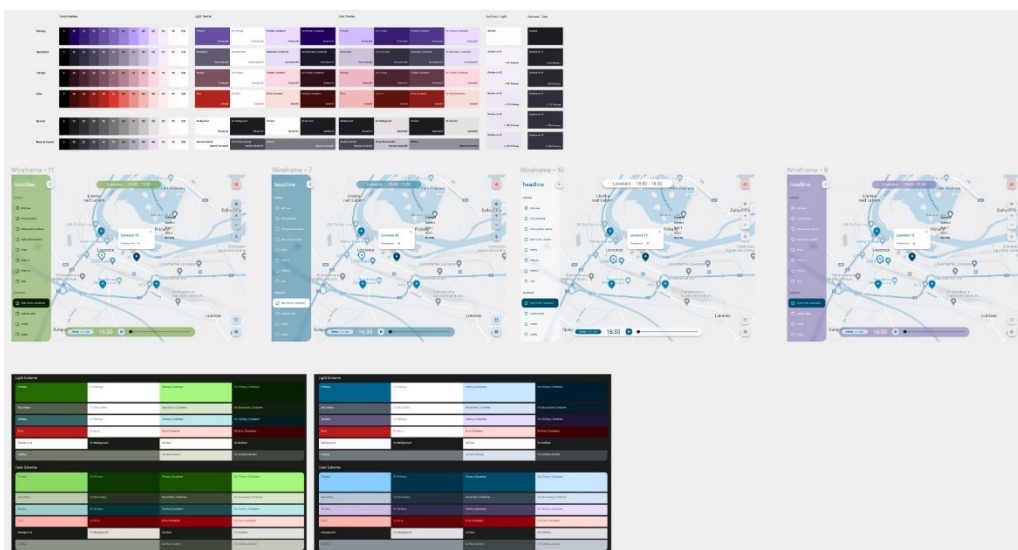
Navrhování webové aplikace začalo podrobnou analýzou stávajícího UI a UX. Prošel jsem si krok po kroku, jak se v aplikaci pohyboval kde, co najdu a jaké informace mám k dispozici. Poskládal jsem si základní flow současné webové aplikace a začal rozmýšlet nad celkovým pojetím, jak vzhled a fungování posunout dál.

Z hlediska uživatelského rozhraní působila aplikace zastarale a pro sjednocení s novým vizuálním stylem jsem se rozhodl ji pozměnit. V první fázi jsem si vytvářel různé skici v počítači pro rychlou představu, jak celé prostředí orientovat. Hledal jsem barevné kombinace, které budou fungovat a ladit se zbytek vizuální stránky. K tomu dobře posloužily existující a běžně dostupné generátory barevných palet. (viz. obr. 49) V mém případě jsem využil Material Design od Google – který mi zjednodušil práci při vytváření barevných palet.<sup>47</sup> S tím jsem pracoval jako základním podkladem a lehce jsem si je mohl upravit dle potřeb. Bylo potřeba sladit barevnost se vzhledem jednotlivých komponentů jako jsou například různá tlačítka, vyskakovací okna, menu a další. Aby celý systém sensorických jednotek jako fyzická část a webová aplikace působily jednotně, musel jsem i zde najít určitou podobnost. Jako nejvhodnější se ukázaly zaoblené obdélníky, podobně jako princip užitý na fyzických produktech. Udělal jsem si jednoduchý nástřel kombinace pár komponentů s barevnou škálou. (viz. obr. 50) Ruku v ruce s tím jde i typografie a ikony, které jsem vybíral, aby fungovaly s celkem. Vybral jsem jednoduché ikony a typografii, která bude moderní a dobře čitelná.

---

<sup>47</sup> *Material Theme Builder Programme*



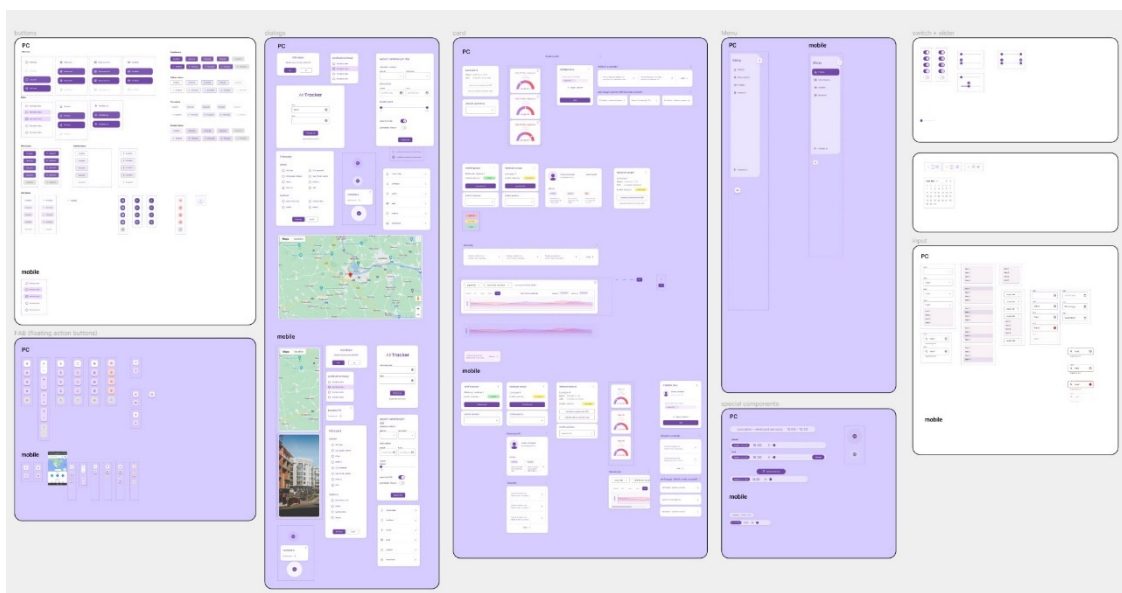


Obr. 50.: Možné barevné kombinace, archiv autora

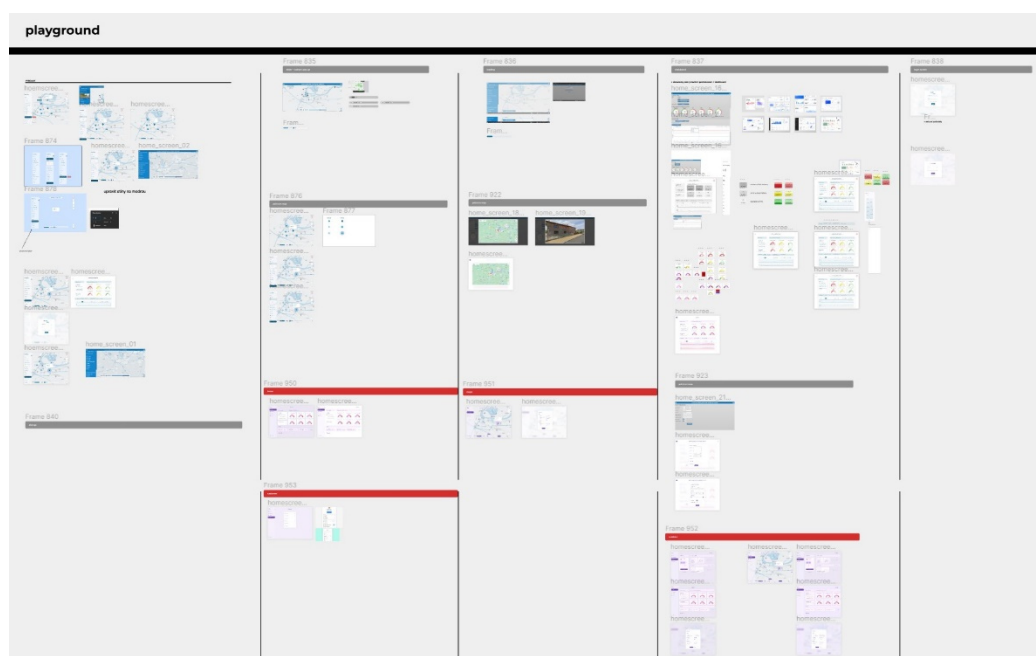


Obr. 51: Návrh typografie a ikon, archiv autora

Po vytvoření základních prvků vizuálního stylu jsem se pustil do navrhování jednotlivých komponentů a systému, který následně využiju při vytváření obrazovek. Komponenty jsem si rozdělil tématicky podle funkčnosti a začal vytvářet strukturu prvků pro použití. Typy prvků jsem navrhoval podle současné verze a postupně přidával své vlastní. Ve chvíli, kdy jsem měl připravenou základní sadu komponentů, jsem je začal aplikovat na jednotlivé obrazovky. (viz. obr. 52) Postupně jsem procházel současnou flow rozhraní a snažil se ho uživatelsky zjednodušit a zpřehlednit i pro běžného uživatele. Některé kroky jsem proto odebral nebo změnil. Průběžně jsem si tvořil sady obrazovek, které jsem konzultoval v ateliéru a zpracovával připomínky. (viz. obr. 53)



Obr. 52: Průběžná tvorba komponentů, archiv autora



Obr. 53: Průběžné navrhování obrazovek, archiv autora

Cílem bylo co nejvíce zjednodušit prostředí, vytvořit snadno čitelné stránky a předat informace běžným uživatelům. Při zkoumání webové aplikace jsem našel potenciál k jejímu širšímu využití nejen v případě předávání dat. Znalost celé problematiky a její kontext jsou důležité. A proto jsem vytvořil koncept s rozšířenými funkcemi a informacemi. Přidal jsem návrhy, jakým způsobem by bylo možné uživatele edukovat, informovat a přiblížit téma znečištění ovzduší. Vznikly návrhy na stránky se vzděláním a aktualitami a další doplňkové informace související s tématikou.

# 5. PROTOTYPOVÁNÍ A TESTOVÁNÍ

## 5.1. Senzorická jednotka CO<sub>2</sub> do zásuvky

### 5.1.1. Prototyp 1 – jednotné prvky a rozměry

Navrhování senzorické jednotky do zásuvky zabralo nejvíce času, jelikož mimo veškerých technických či technologických limitů a ekonomických požadavků, jsem pracoval na sjednocujících prvcích. Prvky byly navrženy univerzálně pro různé druhy a typy senzorů. V této fázi jsem rozpracoval velké množství návrhů formou 3D modelů v počítači. Virtuální modely dobře posloužily pro konzultace jak na fakultě dopravní, tak i ve škole v ateliéru. Po různých změnách a opravách jsem se pustil do prvního fyzického modelu, abych si mohl osahat a vyzkoušel funkčnost návrhu a jeho estetiku. Prototypové modely jsou z 3D tiskáren, jelikož jsem potřeboval vidět přesné rozměry a struktury ploch.

První fyzický model pomohl k otestování celkových hmot a poměrů jednotlivých částí. Také jsem mohl otestovat zjednodušenou zadní část, kde bylo možné umístit sériový díl pro usazení základní desky a umístění senzorické jednotky do různých druhů zásuvek podle již dříve určených variant. (viz. obr. 54) Prototypy jsem využil při konzultacích na fakultě dopravní, kde jsme řešili více technické možnosti. Probírali jsme tloušťku stěny a její optimální rozměr. Prostor, který vnikl oproti předchozí verzi byl také jiný a diskutovali jsme jeho využití. První prototypy byly děleny na tři části – střední díl a horní a spodní zakončení, které bylo shodné. (viz. obr. 55) Toto dělení bylo uvažováno jako možnost dělení i pro sériovou výrobu. Odsazené koncové části byly ve zúženém prostoru zamýšlené perforované, aby se dalo využít komínového efektu a vzduch proudil přímo k senzoru CO<sub>2</sub> uvnitř. V souvislosti s dělením jsme probírali, jakým způsobem budou technici osazovat jednotku. Následně jak budou mít možnost celé zařízení sešroubovat a při fázi fungování pak i servisovat. Jednotka měla být též osazena kontrolním světelným bodem jako ukazatel stavu vzduchu. To vycházelo na plochou část, kde tento úsek označoval funkční prostor. Tam se mimo jiné měly nacházet popisné texty. (viz. obr. 56) V ateliéru ve škole jsme řešili estetiku a kam návrh dál posunout.

První modely přinesly hodně poznatků. Rozhodl jsem se na základě toho udělat větší množství změn. Jednalo se o celkové rozměry, protože model zasahoval až příliš do vedlejší zásuvky v případně vícenásobné horizontální. (viz. obr. 57)



Obr. 54: ověření rozměrů pro zadní díl, archiv autora



Obr. 55: dělení jednotky, archiv autora



Obr. 56: Funkční plocha – návrh, archiv autora



Obr. 57: Kontext umístění, archiv autora

Novější typy vertikálních dvojnásobných zásuvek se řeší otočením horního otvoru o několik stupňů, takže pro můj případ použitelnosti byla vhodná pouze spodní. (viz. obr. 58) Bylo tedy nutné otvor posunout. S variantou novějších dvojnásobných zásuvek jsem také musel další model celkově zvýšit, aby byl dostatek prostoru za zadní straně a zkrátit převis, aby vyhovovala jednotka i zásuvkám s menší hloubkou a nedřela zeď. (viz. obr. 59) Pojetí střední části jemnými vlnkami muselo být též upraveno, aby šlo části lépe vyjmout z formy při výrobě. (viz. obr. 60) K tomu se vázalo dělení celé jednotky, které se mělo změnit a musel jsem přemýšlet nad novým řešením. Varianta ze tří a více dílů byla příliš nákladná. Koncept přístupu vzduchu k senzoru CO<sub>2</sub> skrze horní a spodní část se po technické konzultaci na FD ukázal jako nedostatečné a pro další vývoj musely být přidány otvory přímo proti senzoru.





Obr. 58: Dvojnásobná zásuvka ABB Tango s pootočenou horní zásuvkou



Obr. 59: Usazení jednotky vůči zdi, archiv autora



Obr. 60: Plastické zpracování střední část, archiv autora

### 5.1.2. Prototyp 2 – technické úpravy a rozměry

Se znalostmi a poznatky z první varianty jsem připravil další prototyp který jsem si znovu nechal vytisknout. Změnila se většina rozměrů. Jednotka měla nově umístěný otvor pro uložení dílu se základní deskou a prodlouženou zadní částí. Nové dělení celé jednotky bylo navrženo ve směru vlnek a následně šlo ve zúžené části okolo (viz. obr. 61) Přidal jsem otvory přímo proti senzoru CO<sub>2</sub>, aby vznikla plocha pro vstup vzduchu dovnitř. Pro statusové světlo jsem přidal kruhový otvor, do kterého se následně vloží světlovod. Ten vycházel ze základní desky, na které byl umístěn LED bod. Na rovném ploše středové části pod LED světlem přibyly popisné texty. (viz. obr. 62) Druhá verze se celkově přiblížila více modelu do sériové výroby. Na čelní stranu jsem umístil sloupky sloužící pro sešroubování všech 3 dílů – základní části s vývodem do zásuvky, zadním krytem a předním krytem. Díky tomu jsem mohl vyzkoušet sešroubování modelu. (viz. obr. 63) Tuto úpravy. Prozkoumal jsem znovu všechny poměry jednotky, celkové tvarování a verzi jsem vytiskl na papír 1:1 abych mohl do návrhu dělat možné rychlé změny a technické detaily. (viz. obr 64)

Druhá verze mi pomohla si uvědomit a zkusit řadu věcí. Pro další verzi jsem se rozhodl udělat tvar více geometrický především z pohledu půdorysu. Bude tak produkt lépe zapadat do celkové série sensorických jednotek. Linky ve středové části jsem se rozhodl zjemnit a přidat jim rádius v místě kde jedna přechází do druhé, aby byly přechody jemnější a výroba snazší. Vzhledem k nízkému přínosu

řešení s komínovým efektem, byly pro budoucí návrh odebrány horní a spodní odsazené části. Již neplnily funkci a odebráním těchto částí se snížil použití materiálu a celkové rozměry i pro výrobu formy. Pro tento prototyp jsem zvolil tenčí stěnu, ale to se ukázalo jako nevhodné, jelikož při délce jedné plochy může dojít ke kroucení nejen u prototypů.

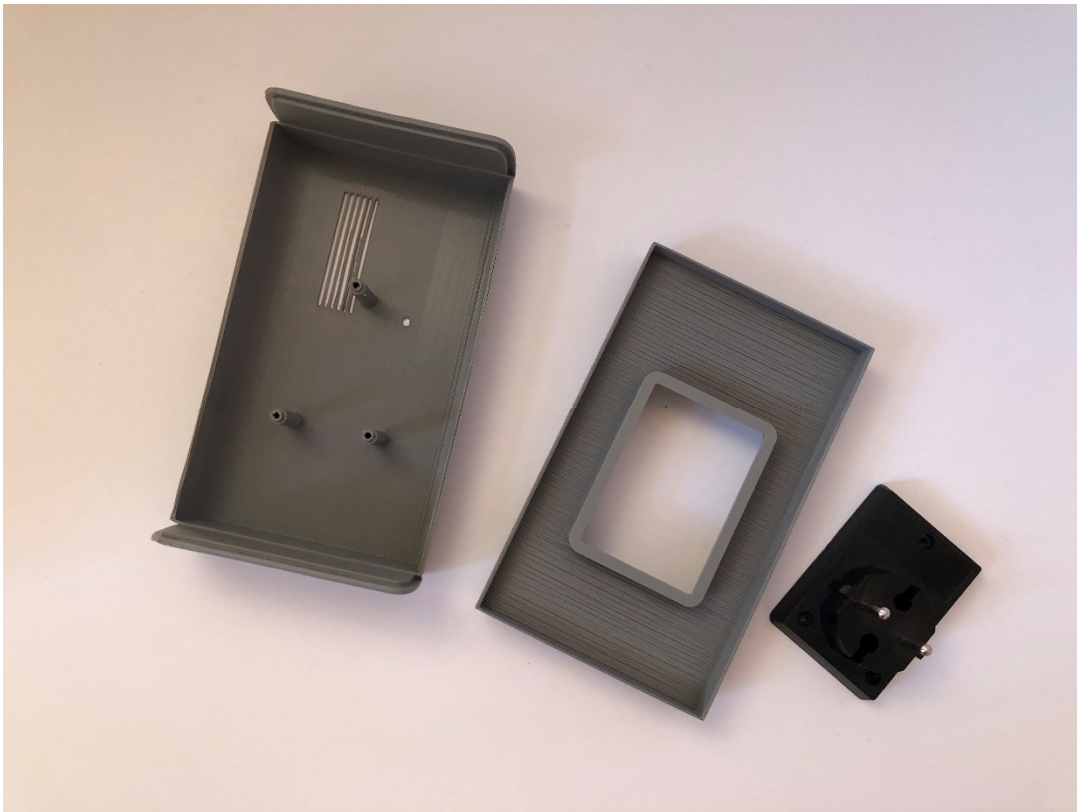


Obr. 61: Nový návrh dělení dílů, archiv autora

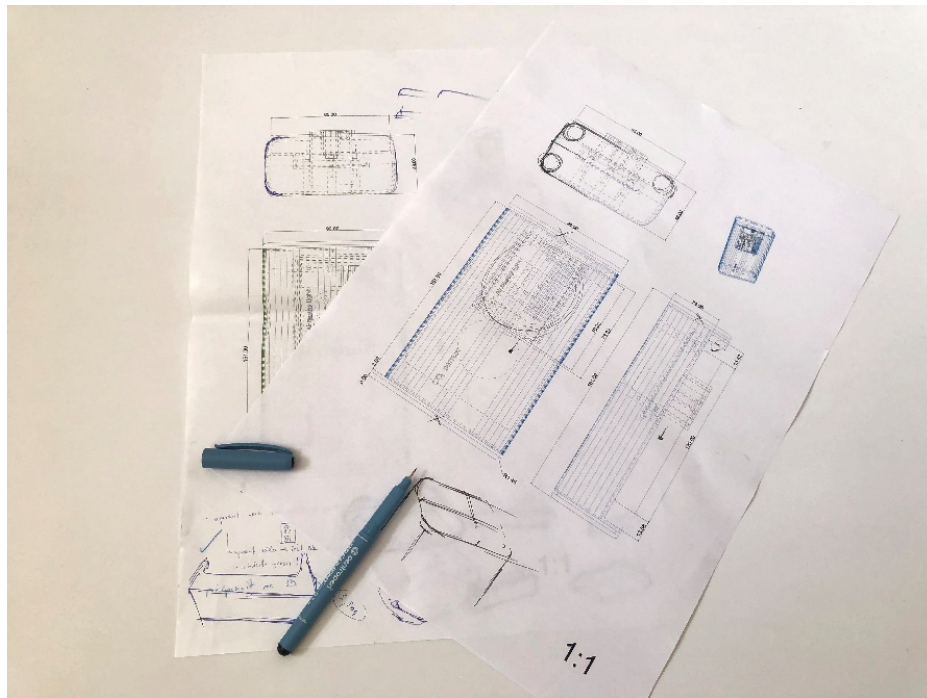


Obr. 62: Řešení přední části, archiv autora





Obr. 63: Technické řešení pro sešroubování, archiv autora



Obr. 64: Výkresy pro rychlé úpravy 1:1, archiv autora

Bylo potřeba kryt navrhnout pevnější pro další verzi. Dělicí linka krytu se změnou odebrání krajních částí mohla změnit a zjednodušit. Pro další návrhy bylo nutné se zamyslet nad vylepšením spojení dvou dílů krytu. Spojen pouze ve střední části se ukázalo jako nedostačující a muselo se přidat více spojů. Bylo

třeba dále upravit sloupky pro šrouby, jelikož se ukázaly jako příliš malé. Celkově přední pohledová strana po přidání veškerých nezbytných prvků a otvorů se stala poměrně chaotickou a proporčně nevyváženou. Bylo třeba se v novém návrhu zaměřit na snížení počtu prvků, najít jim jiná řešení a zjednodušit celkové pojetí. Naopak hloubka přesahu a ukázala jako dobře zvolená a bude vhodná pro velké množství zásuvek různých typů, jak vyšlo z testování. (viz. obr. 65)



Obr. 65: ověřování velikosti zadního přesah, archiv autora

## 5.2. AirTracker

### 5.2.1. Nový vzhled

Po odzkoušení variant a nastavení dalších kroků v případě CO<sub>2</sub> senzoru do zásuvky jsem se zaměřil na otestování venkovní jednotky AirTracker. Čekalo mě ozkoušení všech rozměrů, zda díly sedí vůči sobě a jak budou pasovat různé druhy vývodek. Také bylo třeba ověřit, zda esteticky a vizuálně ladí s ostatními sensorickými jednotkami.

V první řadě jsem otestoval, jak sedí základní deska do vnitřních prostor. Vzhledem k tomu, že tyto rozměry jsem měnil minimálně, se deska v pořádku vešla do zadního krytu. (viz. obr. 66) Na to navazovalo uchycení všech nutných vývodek o různých rozměrech. Zde jsem vycházel z rozměrů, které jsem si fyzicky naměřil na vývodkách, takže otvory odpovídaly správně požadavkům. (viz. obr. 67) U prachovodů, kde jsem dělal větší změny, některé rozměry nepasovaly správně, což se ale menší úpravou dalo pro další model změnit. (viz. obr. 68)



Obr. 66: Kontrola rozměrů desky a krytu, archiv autora



Obr. 67: Jednotka osazená vývodkami, archiv autora



Obr. 68. Prachovod – kontrola rozměrů, archiv autora

### 5.2.2. Funkční prvky

Díky fyzickému modelu jsem mohl vyzkoušet uchycení kabelu vyvedeného z krytu skrze vývodku ven. První koncepce zamýšlená jako ploška s lehkým zahnutím na konci, která se uchytí do části vývodky při instalaci, fungovala poměrně dobře a kabel držel požadovaný směr. (viz. obr. 69) Problém ale nastal ve chvíli, kdy jsem řešil více celý proces výroby. Tvar plochy se zobáčkem na konci by vyprodukoval hodně odpadového materiálu, jelikož na Fakultě dopravní k výrobě kovových dílů používají 4osou frézu a mnoho materiálu by bylo odfrézováno. (viz. Obr. 70) Další koncepcí byla již zcela rovná plocha, která se upínala k vývodce stejným způsobem. Jinak bylo ale řešeno uchycení kabelu. Měl jsem více rozměrů stejného principu, abych našel optimální velikost. (viz. obr. 71) Uchycení fungovalo na principu provlečení dvěma oky v plochém výstupku. Kabel se provlékl a držel správně svůj směr. Uchycení fixovalo kabel v jedné dané poloze, tudíž nebylo možné, aby se vyvlékl a otočil jiným směrem. (viz. obr. 72)

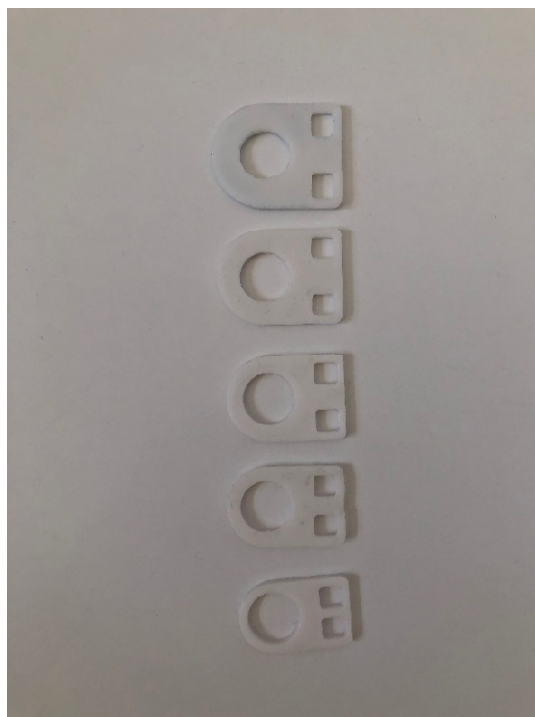




Obr. 69: Testování uchycení, archiv autora



Obr. 70: tvarové řešení uchycení, archiv autora



Obr. 71: Druhá verze uchycení kabelu, archiv autora



Obr. 72: Uchycení kabelu, archiv autora

Na řadu se dostalo uchycení k samotnému sloupu. To bylo navrhováno vzhledem k dostupným technologiím a způsobu užití. Na 3D tiskárně jsem vytiskl návrh, který proti stávajícímu uchycení měl jiné rozměry kvůli úpravě zadního krytu. Přidal jsem také lehké probrání ze strany, kde se dotýkají tato spojka a sloup vedení. Původní spojka měla rovnou plochu ve styku, nový návrh lépe kopíroval tvar sloupu a vytvořil větší tečnou plochu. Po otestování rozměrů na obdobně

velkém válci jako jsou sloupy osvětlení, jsem došel k tomu, že velikost je dostačující. (viz. obr. 73) Řádné otestování by bylo nevhodnější na samotných sloupech, ale to bohužel nebylo možné.



Obr. 73: Umístění spojovací vložky, archiv autora

Rozložení grafických prvků na čelní straně jsem zkoumal z více hledisek. První, zda takové pojetí funguje esteticky se zbytkem krytu. Dále jestli provedení je funkční a rozložení napomůže čitelnosti a užívání jednotky. Zaměřil jsem se též na provedení hloubky, jestli je dostačující nebo není. Po analýze jsem došel k závěru, že přidané prvky působí uceleně a fungují se zbytkem návrhu. Rozměry jednotlivých částí a rozložení se zdály být funkční. (viz. obr. 74)



Obr. 74: zpracování přední strany, archiv autora

### 5.3. Senzorická jednotka CO<sub>2</sub> na stůl v kontextu prostředí

Předmětem prvního testování senzoru CO<sub>2</sub> na stůl bylo ověřit funkce a celkové tvarování jednotky. Velikostně jsem se snažil maximálně ušetřit místo, aby na stole nebylo příliš velké zařízení. Při srovnání s běžnými předměty denní potřeba na stole, se rozměry produktu zdály vyhovující. Znovu jsem porovnával tvarosloví tohoto produktu s ostatními produkty v celkovém návrhu a rozhodl se přepracovat částečně půdorys. Ten jsem přiblížil více geometrickým tvarům stejně jako byl změněn tvar u jednotky do zásuvky. Z technologického hlediska bylo třeba do dalšího návrhu zapracovat mírný sklon stěn, aby při technologii vstřikování šel výlisek dobře vyndat. K návrhu senzorické jednotky přibyla odkládací podložka pro produkt a další drobnější předměty. Orientace podložky byla vedla při kratší straně jednotky a napájení vycházelo při položení na stole na užší stranu. V kontextu rozložení předmětů a kabelů na stole, přišla nová myšlenka pootočit celý koncept o 90° a tím přesunout napájení na zadní dlouhou stranu stolu. Z funkčního hlediska toto rozložení lépe fungovalo. Rozměry podložky byly dimenzovány na uložení psacích potřeb – propisky, tužky a jiné. Hloubka odkládacího prostoru se jevila jako dostatečná. Předměty z ní se daly dobře vyjmout a zároveň nevypadávaly nebo nesklouzávaly. (viz. obr. 75)



Obr. 75: Umístění kabelu a napájení, archiv autora

Pro nalezení optimálních křivek a úpravě rozměrů dobře posloužily 2D výkresy, kde jsem si mohl dělat rychlé změny a vidět úpravy ve skutečném měřítku. (viz. obr. 73) Pro další postup modely dobře posloužily a začal jsem pracovat na více technických detail uchycení a spojování. Na pracovní modely jsem si dělal poznámky k možným umístěním otvorů pro přístup vzduchu k CO<sub>2</sub> senzoru a textů pro popis jednotky. (viz. obr. 76)

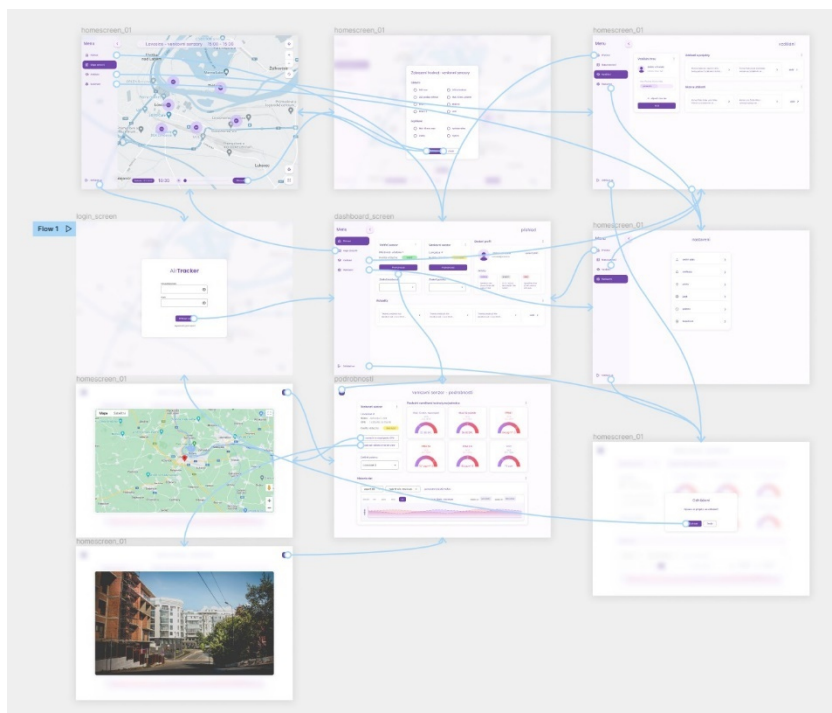




Obr. 76: Poznámky na modelu, archiv autora

#### 5.4. Webová aplikace – zkrácené uživatelské testování

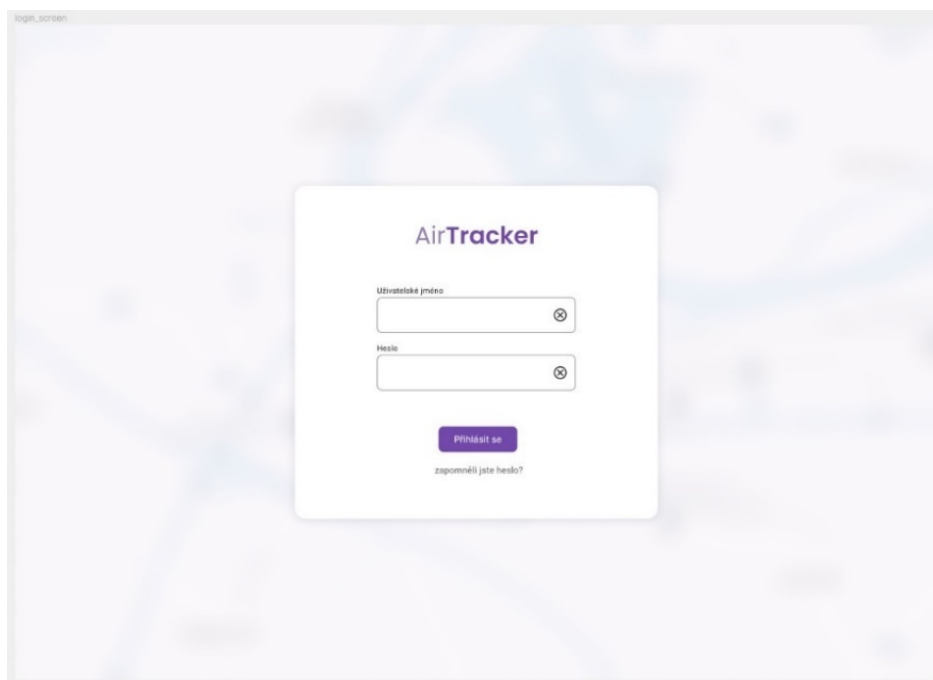
Při návrhu webové aplikace jsem dělal sám drobná testování formou poskládání si obrazovek do formy, jak by je měl vidět i uživatel. Postupně jsem odhalil pár nedostatků, které jsem změnil a odstranil. V další fázi jsem přikročil ke zjednodušené a zkrácené formě testování použitelnosti. V momentě, kdy jsem měl pocit, že už možné chyby nevidím, jsem vytvořil funkční prototyp. Tento návrh nebyl zcela funkční jako by byla aplikace v reálném prostředí, ale podařilo se mi připravit jednodušší interaktivní rozhraní. (viz. obr. 77)



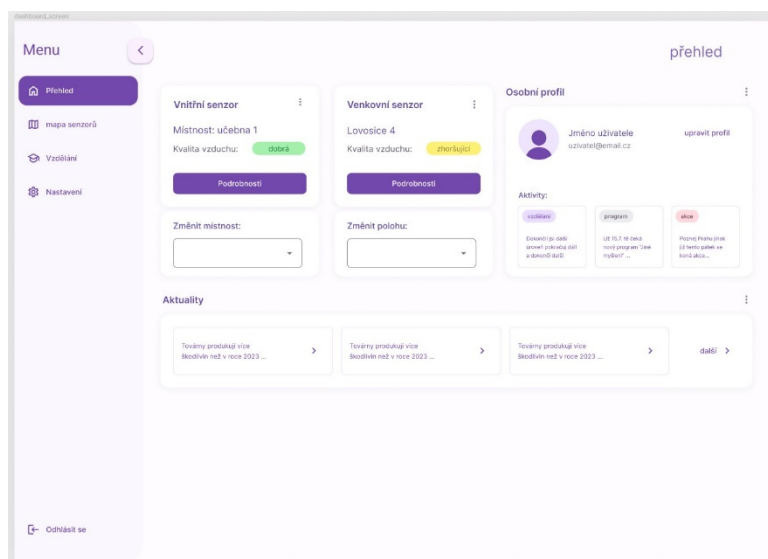
Obr. 77: Příprava interaktivního prototypu, archiv autora

Pro účely tohoto testování jsem si připravil sadu otázek a krátký scénář, podle kterého jsem postupoval. Vybral jsem si tři účastníky ve věku 18-26 let, dva muže a jednu ženu. S každým z nich jsem testování prováděl jednotlivě. Na úvod proběhlo krátké seznámení a uvedení do situace, že jsou uživateli systému monitorování kvality ovzduší a využívají systém vnitřních a vnějších senzorů. Skrze webovou aplikaci následně procházeli informace a data.

Scénář začínal, tak jako by aplikaci používal běžný uživatel. První obrazovkou bylo přihlášení (viz. obr. 78). V této fázi neměl žádný z účastníků problémy a každý krok bez problémů splnil. Následoval vstup do webové aplikace a stránka přehledu, kde jsem se ptal účastníků, co vidí a jaký je první dojem. Všichni účastníci shodně odpověděli, že na první pohled je tam mnoho informací, ale jsou poměrně stručně a jasně podané, takže po chvíli orientace by se zorientovali. Některé části působily na jednoho účastníka příliš technicky a nerozuměl informacím. (viz. obr. 79) Při otázce na to, jaký je stav venkovního vzduchu a vzduchu, všichni účastníci rychle a bez váhání znali odpověď a kde získat informaci. Pouze při dotazu na změnu měřicí jednotky byl jeden účastník zmatený a text byl pro něj příliš technický.

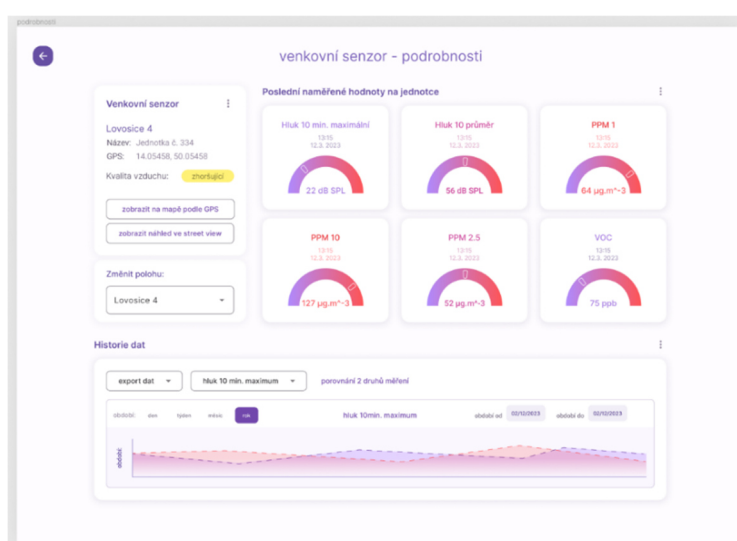


Obr. 78: Přihlašovací obrazovka, archiv autora

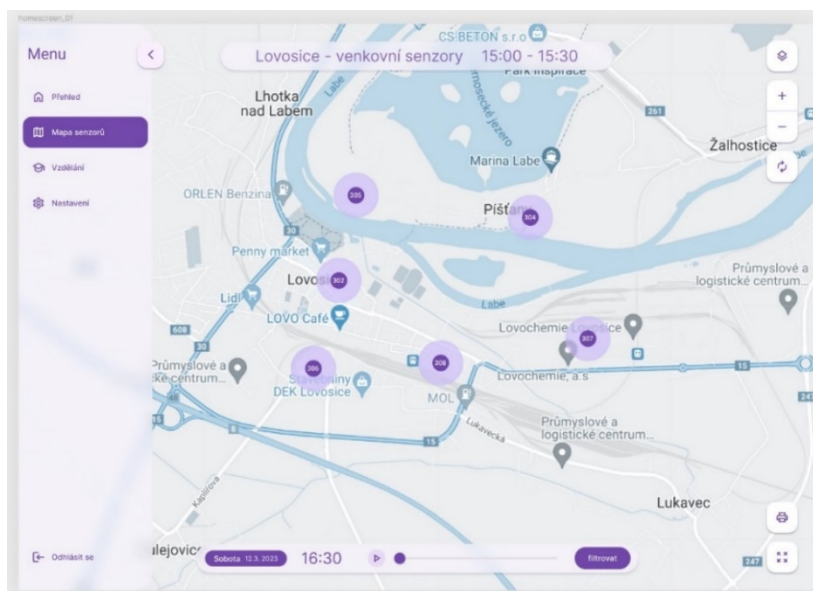


Obr. 79: Obrazovka přehledu, archiv autora

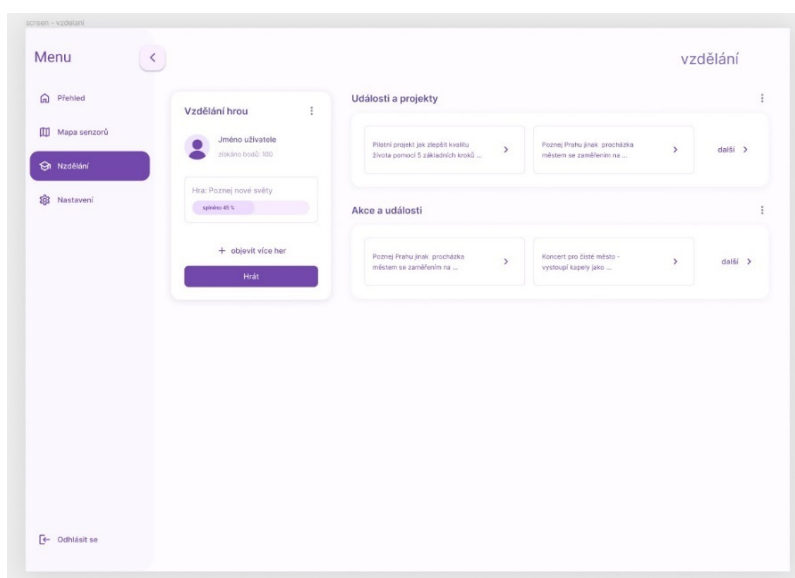
Další otázkou bylo zjištění více informací o stavu vzduchu. Správné tlačítko našli shodně všichni uživatelé hned a bez problémů. Na obrazovce podrobností, ale nastaly komplikace se čtením ukazatelů stavu dané veličiny. Jeden účastník špatně viděl bod, který ukazuje stav a druhý účastník nepochopil zcela, co ukazatele značí. (viz. obr. 80) Na další záložce menu se jsme se dostali na mapu, kde shodně všichni uživatelé dlouze hledali tlačítko filtrace, které umožňují zobrazit různé navolené hodnoty. (viz. obr. 81) Na záložce vzdělání jsem ses ptal, jak poskytnuté informace působí. Celkově obrazovka splnila očekávání všech účastníků, pouze s připomínkou, že by ocenili více informací, jak celý systém měření funguje konkrétně v tomto případě. (viz. obr. 82)



Obr. 80: Obrazovka podrobnosti – data ze senzorické jednotky, archiv autora



Obr. 81: Mapa s venkovními senzory, archiv autora



Obr. 82: Obrazovka Vzdělání, archiv autora

Na závěr jsem se zeptal na sérii otázek, jak přehledný, srozumitelný a konzistentní jim celý návrh přišel. Obecně se všichni shodli, že návrh působí příjemně, dobře se v něm pohybuje podle očekávání, informace se poměrně jednoduše čtou a působí celkově moderně. Přípomínky z testování jsem se rozhodl zapracovat do dalších návrhů.

Tabulka 1.0 Výpovědi testovaných osob

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
webová aplikace byla přehledná			P1	P2, P3	
webová aplikace byla srozumitelná				P2, P3, P1	
webová aplikace se chovala podle očekávání				P2, P3	P1
vzhled webové aplikace působil uceleně				P2, P3	P1
vzhled webové aplikace působil moderně			P3	P2, P1	

1- úplně nesouhlasím, 2- spíše nesouhlasím, 3 – nevím, 4 - spíše souhlasím, 5 - úplně souhlasím

P1 – účastník 1, P2 – účastník 2, P3 – účastník 3

## 6. VÝSLEDNÝ NÁVRH

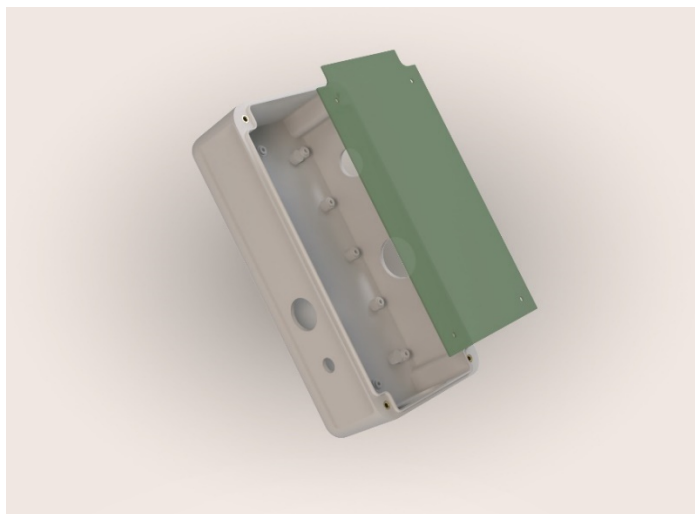
### 6.1. Ucelený systém

Na konci celého vývoje existuje ucelená řada skládající se ze tří fyzických produktů a jednoho digitálního. Nastavil jsem nový, jednotný směr napříč celým systémem. Prvky jsou univerzální a mají široké možnosti použití i pro další produkty, které by mohly v budoucnu navázat. Při tvorbě výsledných produktů jsem postupoval podle dříve stanovených kritérií. Technické požadavky se odrazily v rozměrech a přidaných nebo pozměněných řešení uchycení nebo spojování dílů. Z technologického hlediska jsou návrhy vytvořeny pro aktuální možnosti výroby. Pro webovou aplikaci jsem volil řešení technologicky nenáročná na vývoj a implementaci. V rámci ekonomických otázek jsem se návrhy snažil držet v potenciálně nízkých nákladech, aby byl celkový systém konkurenceschopný a obstál na trhu.

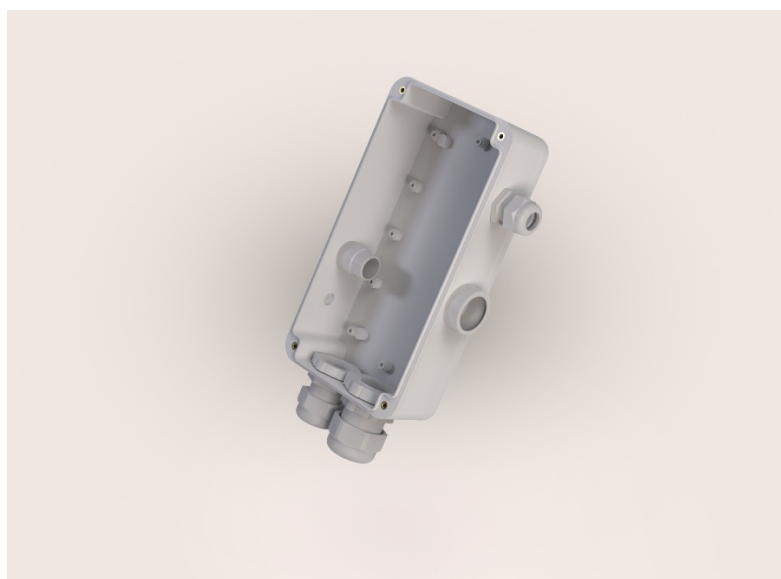
### 6.2. AirTracker – venkovní senzorská jednotka

Vzhled nové senzorské jednotky AirTracker byl postaven na základech původní, dosud používané verze a upraven po vzoru nově otestovaného návrhu. Velikosti a poměry rozdělení byly zachovány. Došlo na menší změny, které celkový dojem ze vzhledu přiblížily více k nově nesavému pojetí. Nový návrh také disponuje vylepšeními v oblasti instalace jednotky.

Rozměry a rozložení vycházely z krytu předešlé verze. Zachovány, proto zůstaly sloupky pro uchycení základní desky ke zadnímu krytu. (viz. obr. 83) Hloubka byla ponechána stejná, jelikož dostatečně plnila požadavky. Otvory pro výstupy všech senzorů se nacházejí stejně jako u původního návrhu na bocích a spodní straně. Horní strana zůstala prázdná, jelikož do výstupu senzoru by se snadno dostal déšť anebo jiné nežádoucí předměty. (viz. obr. 84)



Obr. 83: Zadní kryt, ukotvení základní desky, archiv autora



Obr. 84: Výstupy ze zadní části krytu, archiv autora

V místě, kde se spojuje zadní a přední část má zadní strana v rozích umístěné otvory. V nich jsou vloženy závitové vložky, které zabezpečí pevné spojení se šroubem na předním krytu. Po celém obvodu se táhne tenké gumové těsnění, aby zabránil vstupu vlhkosti a drobných, prachových částic. (viz. obr. 85)

Vnější stěna je zkosená z technologických důvodů, aby šla dobře vyndat z formy. Na bočních stranách se nacházejí jemné prolisy pro zvýraznění funkčních ploch. V těchto místech jsou umístěny některé výstupy senzorů. Zbylé senzory vystupují na spodní straně. (viz. obr.86)



Obr. 85: Spojení – zadní kryt, archiv autora





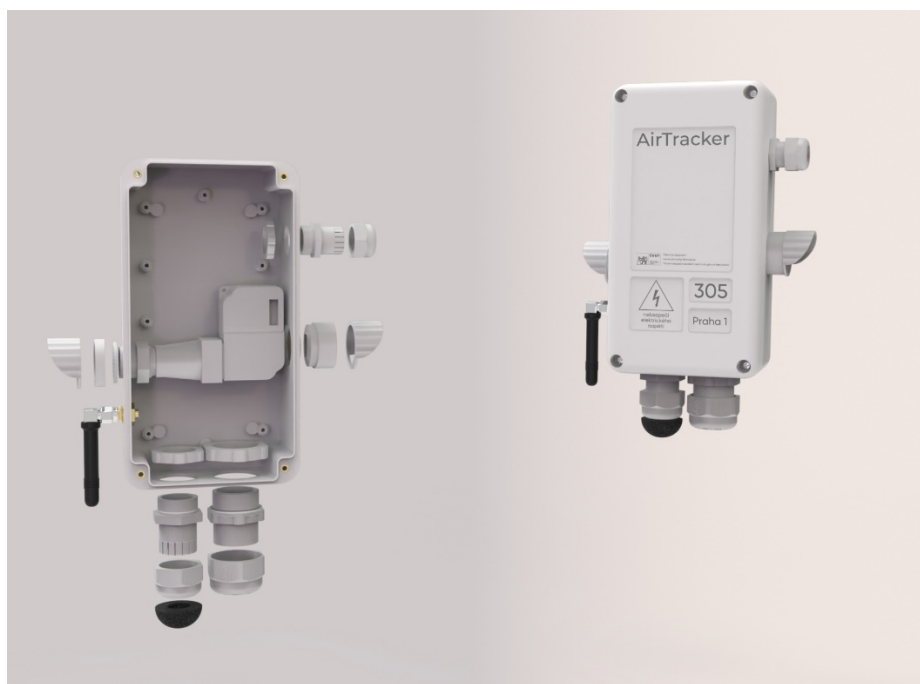
Obr. 86: Horní pohled – zkosení, prolisy, archiv autora

Přední část krytu je podstatně menší hloubky než zadní. Jelikož slouží pouze k uzavření a nevede žádné funkční části, nebylo nutné měnit rozměry. Svým tvarem kopíruje zadní díl. V rozích jsou otvory pro šrouby, které vedou skrze přední kryt. Na vnitřní části mimo otvorů pro šrouby je protilehlá strana pro gumové těsnění, aby se prostor dobře odizoloval. Z vnější pohledové strany jsou v rozích zvětšené vstupy pro šrouby, aby při instalaci bylo snadné se do prostor dostat se šroubovákem. Pohledová část slouží jako komunikační prostor. Plocha je rozdělena na jednu hlavní a tři vedlejší plochy. Hlavní plocha obsahuje Název jednotky a kdo stojí za její výrobou a provozem. Ve čtvercovém poli se nachází grafické upozornění a dvě menší plochy jsou pro očíslování a přidání názvu jednotky podle lokace. (viz. obr. 87)



Obr. 87: přední část krytu, archiv autora

Na spodní straně se nacházejí dva senzory. Oba senzory jsou uchyceny ke krytu podobným typem vývodky. Menší z dvojice je typ PG11, větší z nich je pak PG13. Shodují se v konstrukci. Obě vývodky mají při vnější straně těsnění pro správnou izolaci a na vnitřní straně krytu jsou uchyceny maticí. Obě jsou vyrobeny ze stejného plastového materiálu nylon 66 a disponují ochranou IP68, které zaručuje ochranu proti vnějším vlivům venkovního prostředí. Menší vývodka slouží jako výstup zvukového senzoru, a proto je ještě opatřena protivětrnou ochranou. Vývodka PG13 chrání výstup VOC senzoru. Na levé straně při pohledu zepředu se nachází anténa, která má vlastní systém uchycení již z výroby a je dostatečně chráněna. Nad anténou se na obou stranách nacházejí výstupy prachového senzoru. Největší změny dostaly vnější štítky, které nově mají lehké vlnky, aby se vizuálně sladily s celkovou vizí konceptu. Do jednotky jsou zavedeny skrze díly navržené Fakultou dopravní. Vpravo nahoře je poslední výstup sloužící k uchycení kabelu přívodu energie 230 V. Jedná se o dvoužilový kabel vhodný pro venkovní použití. Ten uchycen ke krytu skrze vývodku typu PG9, která se vlastnostmi a konstrukcí shoduje s dalšími vývodkami. (viz. obr. 88)



Obr. 88: vývody venkovní senzorické jednotky, archiv autora

V rámci úprav doznalo uchycení kabelu změny. Byla přidána kovová vložka na vývodku, kterou se kabel provleče a tím je správně nasměrován. Voda díky tomuto řešení steče dolů a nedostane se k vývodce. (Viz. obr. 89)



Obr. 89: Uchycení vývodu kabelu, archiv autora

V laboratořích fakulty dopravní se jednotky smontují a pak je technici vezou na místo instalace a spuštění do provozu. Princip uchycení na sloupy byl lehce upraven. Na jednotce se na zadní straně nachází čtveřice otvorů připravená pro uchycení vložek, kterými vede kovová páska. Nově navržené vložky mají lehkou výseč na styčné straně se sloupem a tím pádem je dotyková plocha větší a přichycení stabilnější. (viz. obr. 90) Jednotka je za pomoci dvou kovových pásek uchycena ke sloupu a uzamčena zámečky. (viz. obr. 91)



Obr. 90: Uchycení jednotky ke sloupu, archiv autora



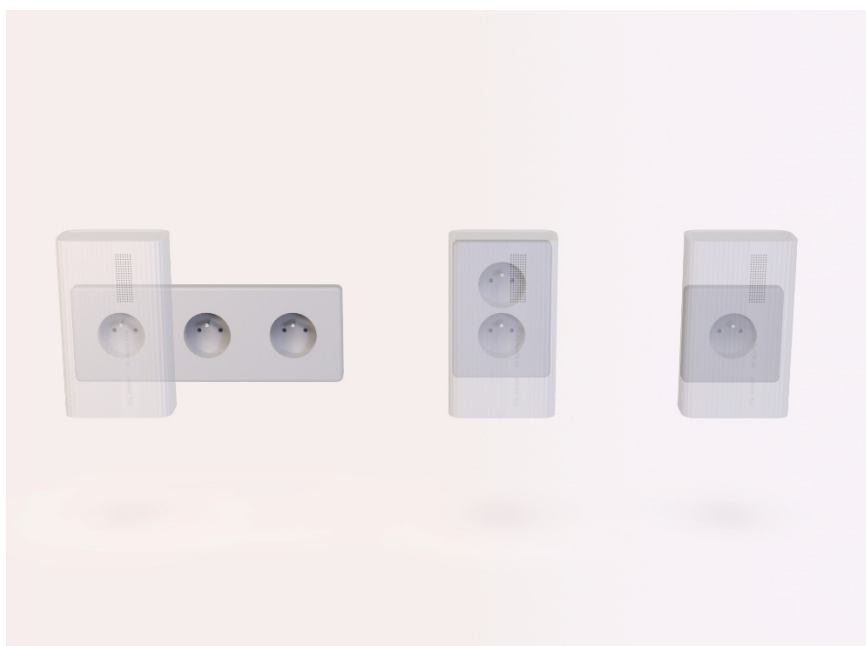
Obr. 91: Pásek a zámeček sloužící k uchycení ke sloupu, archiv autora

## 6.3. Senzorické jednotky do interiéru

### 6.3.1. CO<sub>2</sub> senzor do zásuvky

Senzorická jednotka CO do zásuvky se oproti původním verzím od Fakulty dopravní ČVUT v Praze výrazně změnila. Finální návrh je výsledkem řady konzultací, zkoumání problému do hloubky a porozumění fungování v kontextu prostředí. Jednotka má univerzální rozměry a je vhodná pro širší využití do velké většiny zásuvek. (viz. obr. 92) Nese v sobě bezpečnostní prvky zajišťující dostatečnou ochranu a řadu estetických řešení, která dodávají produktu přidanou hodnotu. Celkový vzhled vychází z tvaru kvádru, který byl jedním z propojovacích a zároveň základní prvků. V půdorysu zaoblené rohy změkčují jinak ostrý tvar.

Kryt jednotky je dělen na dva díly. Zadní díl má probrání na zadní straně. Horní a dolní zakončení přesahující kryt zásuvky snižuje riziko vysunutí je zásuvky a přerušení měření. Zároveň tohle tvarové řešení při pohledu z výšky v úrovni očí uzavírá tvar. (viz. obr. 93) V místě probrání vznikl prostor pro umístění dílu s certifikovaným výstupem do zásuvky a místem pro uložení základní desky senzorické jednotky. Plocha okolo dílu je poměrně velká a dá se využít na potřebné informace o jednotce jako může být například číslem umístění v budově dalších nezbytných textu a označení. (viz. obr. 94)



Obr. 92: Možnosti zásuvek pro jednotku CO<sub>2</sub>, archiv autora



Obr. 93: Horní a dolní zakončení, zadní strana krytu, archiv autora

Vnitřní část předního dílu má oproti testovaným prototypům zvětšené a upravené sloupky pro spojení se dílem pro uchycení do zásuvky. (viz. obr. 95) Zjednodušila se výrazně pohledová část, komunikující s uživateli. Na ploché části vymezené pro funkční prvky je v horním prostoru perforovaná plocha pro zajištění přívodu vzduchu u místnosti k senzoru CO<sub>2</sub>. Pod ní se nachází světlo signalizující stav kvality vzduchu s popisem pro okolí. To je umístěno hned za plochou, která je v místě světelné signalizace ztenčena. Díky tomu světlo jemně prosvítá a neruší okolí. O něco níže pod popisem světelného bodu je název jednotky, aby okolí pochopilo, k čemu jednotka slouží. (viz. obr. 96)

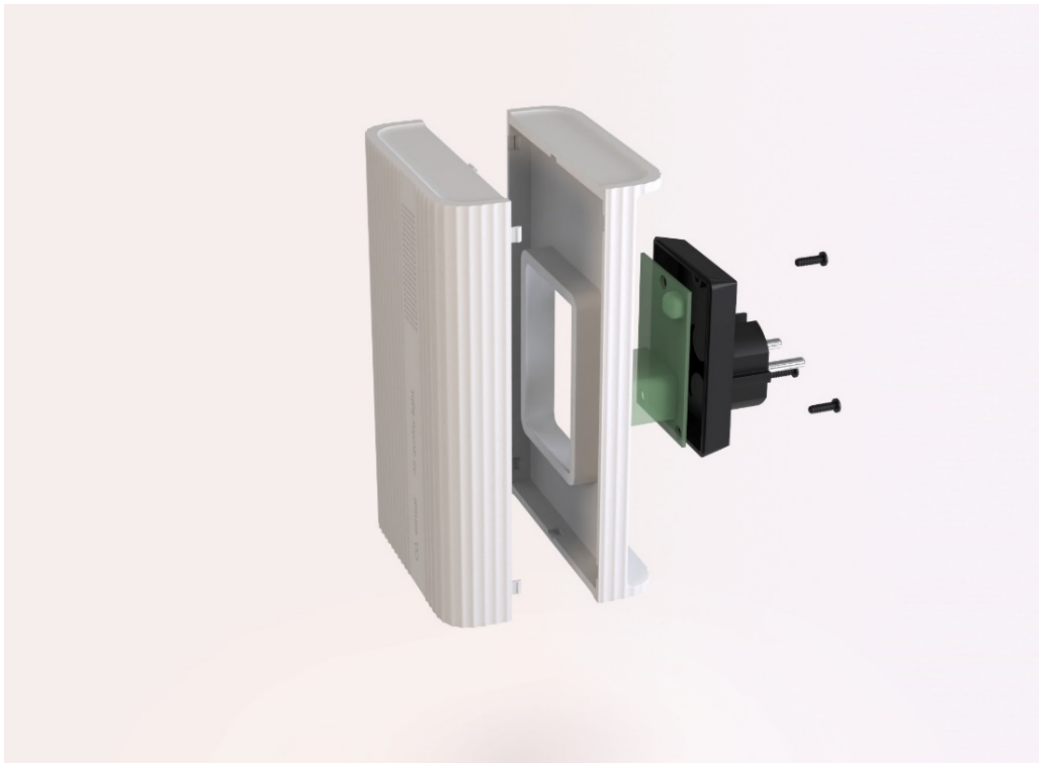


Obr. 95: vnitřní strana technické řešení, archiv autora



Obr. 96: Čelní pohled na jednotku, archiv autora

Spojení těchto dvou dílů krytu a zásuvky je ve dvou krocích. Prvním je spojení dvou částí krytu, které je vyřešeno přes plastové zámečky na spojovací hraně. Celý kryt se spojuje s dílem do zásuvky pomocí šroubů. Toto řešení bylo již předem určeno vzhledem ke konstrukci existujícího dílu do zásuvky, takže bylo nutné tomu přizpůsobit technické řešení (viz. obr. 97)



Obr. 97: Celkové spojení jednotky, archiv autora

### 6.3.2. CO<sub>2</sub> senzor na stůl

Další produkt určený do interiéru se skládá ze dvou samostatných částí. První je senzorická jednotka postavená na stejných základech jako je čidlo do zásuvky a druhou částí je odkládací podložka. Oba díly dokáží fungovat spolu navzájem, samostatně a zapadají do celkového vizuálního stylu systému. Finální podoba vychází z umístění jednotky a jejího způsobu používání. Produkt byl od počátku zamýšlen do co největší blízkosti člověka po co nejdelší možný časový úsek. Vzhledem k cílové skupině je uložení na stůl nebo pracovní plochu ideální prostor, jelikož zde uživatelé tráví nejvíce času, kdy probíhá požadované měření. Senzorická jednotka umístěná na stole je ve spojení s jednotkou či více jednotkami umístěnými v zásuvkách v jedné místnosti. Společně posbíraná data, vyhodnocená v databázi a zobrazená ve webové aplikaci, jsou přesnější díky většímu počtu měřících bodů na různých místech. Velikost jednotky byla navrhována s ohledem na co nejvyšší kompaktnost, aby na stole při práci příliš nezabírala místo. Velikostně je tak jednotka dobře vidět i přes malé rozměry. Pro větší variabilitu této jednotky byl přidán akumulátor, která zajistí jednotce fungování minimálně na osm hodin. Následně se musí nabít. (viz. obr. 98)





Obr. 98: CO<sub>2</sub> senzor na stůl, archiv autora

Senzorická jednotka je dělena podobně jako jednotka do zásuvky na dvě části ze stejných technologických důvodů. Základní tvar vychází z kvádrů, který je zaoblený a kraje mají rádiusy. Horní díl má na vnitřní části stejně jako jednotka do zásuvky sloupky pro šrouby. Venkovní plocha jednotky nese sjednocující prvky v podobě vlnek, které plynule přechází do funkční plochy. Funkční plocha obsahuje popisné texty informující, k čemu jednotka slouží a popisem dvou světelných signalizací. První větší statusové světlo označuje kvalitu vzduchu, což je uvedeno i v popisku podobně jako senzorická jednotka do zásuvky. (viz. obr. 99) Menší statusové světlo ukazuje stav baterie, na kterou je senzor nabitý. Toto světlo při nízkém stavu bliká oranžovo-červenou barvou. Při stavu nabíjení bliká neutrální bílou barvou. (viz. obr. 100) Na spojovací hraně je drážka, podle které se obě části spojí. Spodní díl má opačné tvarování drážky při tečné hraně. Uvnitř spodního dílu se nachází akumulátor a základní deska osazená stejnými komponenty jako základní deska v jednotce do zásuvky. Vedle baterie je pak konektor USB-C pro nabíjení akumulátoru. Vnější plocha má na stojné části lehké odsazení. V tomto prostoru jsou umístěny nezbytné informace o jednotce. (viz. obr. 101)

Způsob napájení se vizuálně projevil i na podložce, na které může být jednotka odložena například právě při zapojení kabelu. Podložka je dělena na dvě části. Ta menší právě pro produkt a druhá větší plocha zůstává volná pro odkládání různých drobnějších předmětů denní potřeby. Způsob napájení se vizuálně

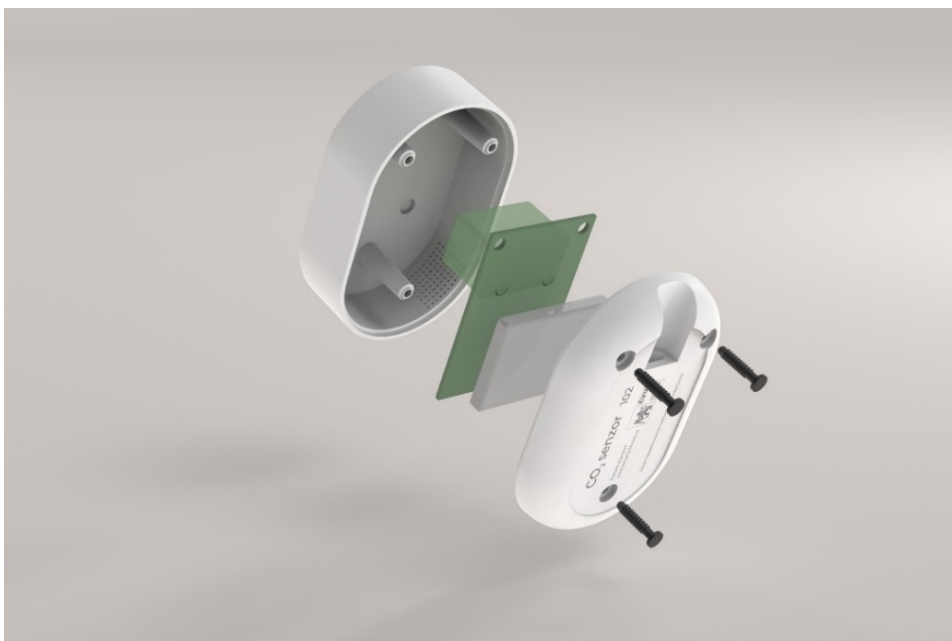
projevil i na podložka na která může být jednotka odložena například právě při zapojeném kabelu. Podložka je dělena na dvě části. Ta menší právě pro produkt a druhá větší plocha zůstává volná pro odkládání různých drobnějších předmětů denní potřeby. (Viz. obr. 102)



Obr. 99: Horní kryt – pohled na vnější a vnitřní část, archiv autora



Obr. 100: Stav baterie a ukazatel kvality vzduchu, archiv autora



Obr. 101: Rozložený pohled, archiv autora



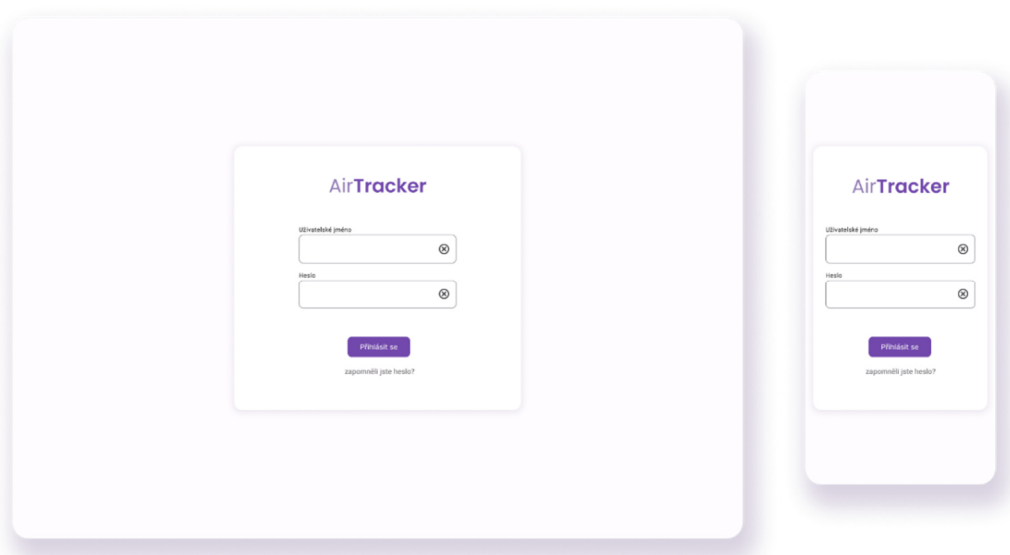
Obr.102: Výstup nabíjení, archiv autora

#### 6.4. Webová aplikace

Poslední částí celého systému je digitální produkt. Jedná se o webovou aplikaci, která jsou jako výstupní část všech nasbíraných. Jejím úkolem je předat informace koncovému uživateli, aby měl přehled o aktuální situaci, mohl se podle toho zařídit a aby lépe pochopil celou problematiku znečištění ovzduší. Cílem celého návrhu bylo předat veškeré potřebné informace jednoduše a nabídnout možnost se k nim dostat kdykoliv bude potřebovat. Po analýze, jak aktuální webová

aplikace funguje, jsem se rozhodl že bych ji rád přiblížil běžným uživatelům. Vytyčil jsem si za cíl zjednodušit celé prostředí, usnadnit průchodnost celou aplikací a přidat nové možnosti a funkce, jak rozšířit znalosti a povědomí uživatelů o tomto tématu.

Celý proces začíná přihlašovací obrazovkou, které požaduje minimum nezbytných údajů k přihlášení. Ve dvou krocích se vyplní textová pole a jednoznačným tlačítkem se lze přihlásit. (viz. obr. 103)

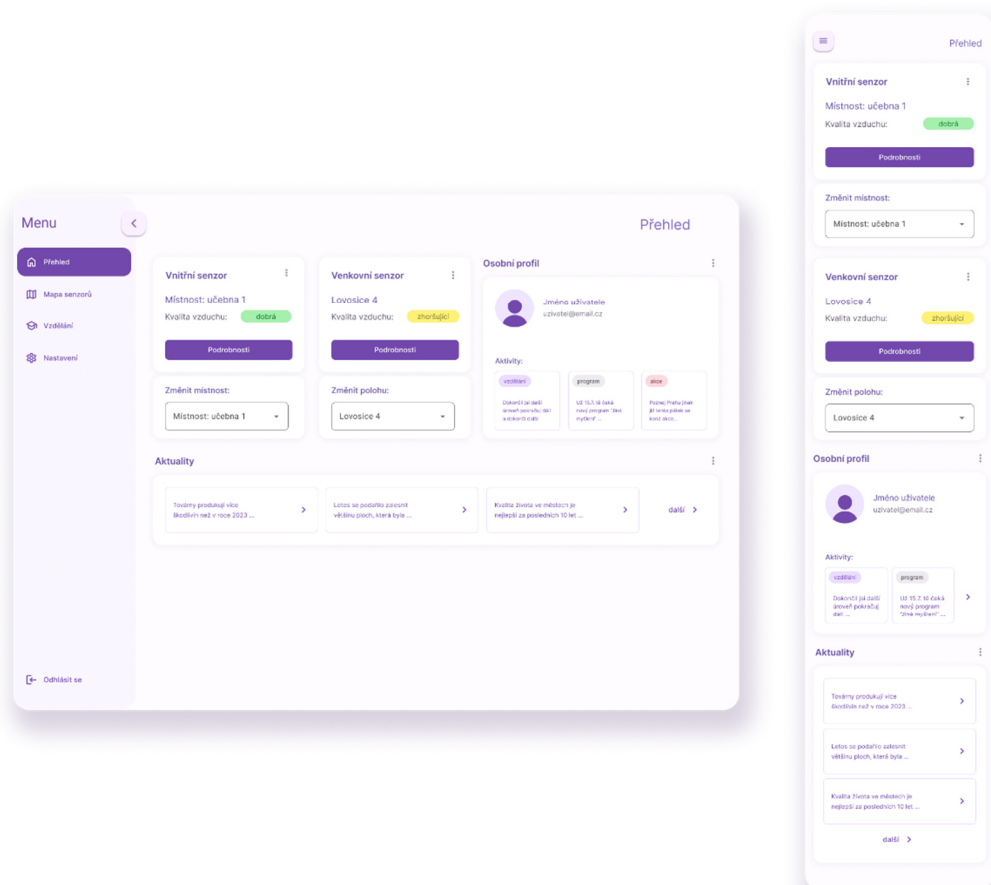


Obr. 103: Přihlašovací obrazovka, archiv autora

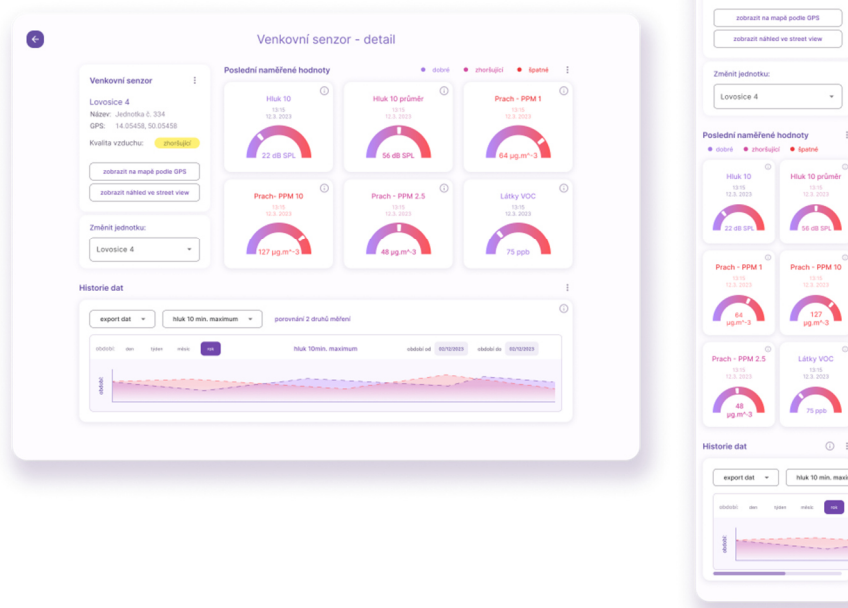
Po přihlášení se objeví úvodní přehled. Zjednodušený výčet informací nasbíraných z ostatních záložek aplikace. Uživatel si udělá rychlý přehled o situaci a v případě zájmu o konkrétní část, se na pár kliknutí dostane k více informacím. První a nejdůležitější sekce je informace o stavu vzduchu a ovzduší. Vzhledem k prioritě, byly tyto informace umístěny na začátek. Vedle stavů kvality ovzduší nachází karta s osobním profilem se zkráceným výčtem aktivit. V dolní části se nachází karta aktualit, která je novou funkcí a jejím cílem je poskytnout informace relevantní k problematice znečištění ovzduší. (viz. obr. 104) Při rozkliknutí podrobností u karet senzorů se uživatel dostane na podrobnější přehled o vybraném senzoru. (viz. obr. 105) Zde je možné z grafů a pomocných ukazatelů vyčíst hodnoty z měření sensorických jednotek. Též je možnost měnit jednotky a podívat se, jaký je stav jinde anebo si zobrazit na mapě, kde se jednotka nachází. (viz. obr. 106)

Uživatelské prostředí bylo od počátku navrhováno jako jednoduché, stručné a pochopitelné i pro uživatele, kteří dané problematice tolik nerozumí, ale chtějí webovou aplikaci používat. Snažil jsem se navrhnout přívětivé prostředí, které nebude působit příliš technicky a technologicky, aby neodradilo uživatele přílišnou složitostí. Pro pochopení problematiky není nutné znát vše do nejmenšího detailu, ale je třeba porozumět základním informacím a dát si věci do

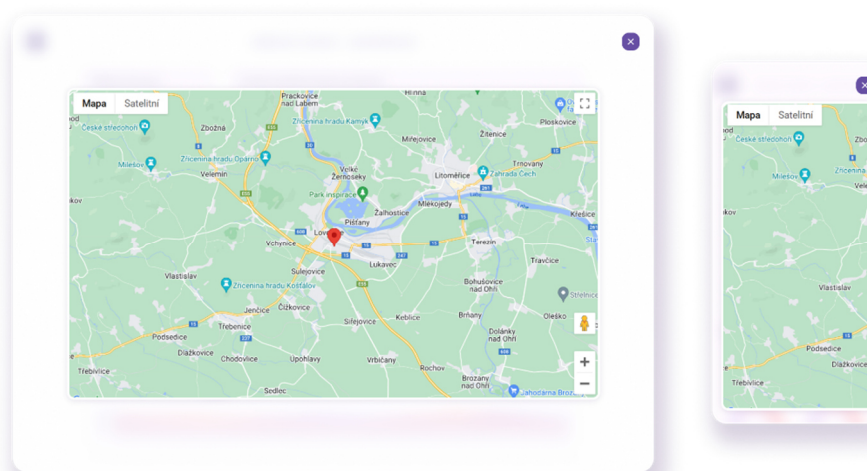
kontextu. Zaoblené tvary navazují na koncepci stanovenou fyzickými produkty a svou barevností působí rozhraní čistě a důvěryhodně. Barevný systém, použití typografie a vzhled a použití komponent vychází částečně z Material Design. Jedná se o souhrnné podklady od Googlu pro tvorbu webových stránek a aplikací. Na základě toho jsem si vytvořil svůj systém, který vytváří ucelenou aplikaci s vizí do budoucna pro další rozšíření a přidání funkcionalit.



Obr. 104: Přehled – úvodní obrazovka, archiv autora



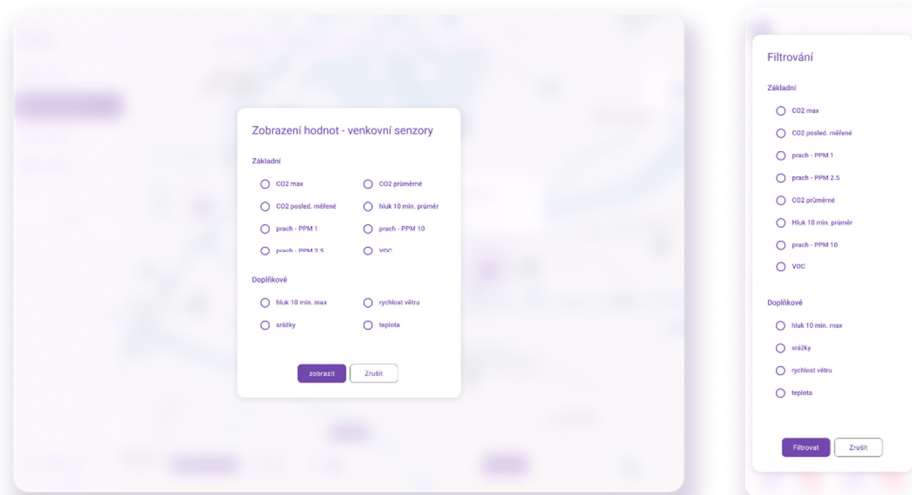
Obr. 105: Detailnější informace o datech ze senzorů, archiv autora



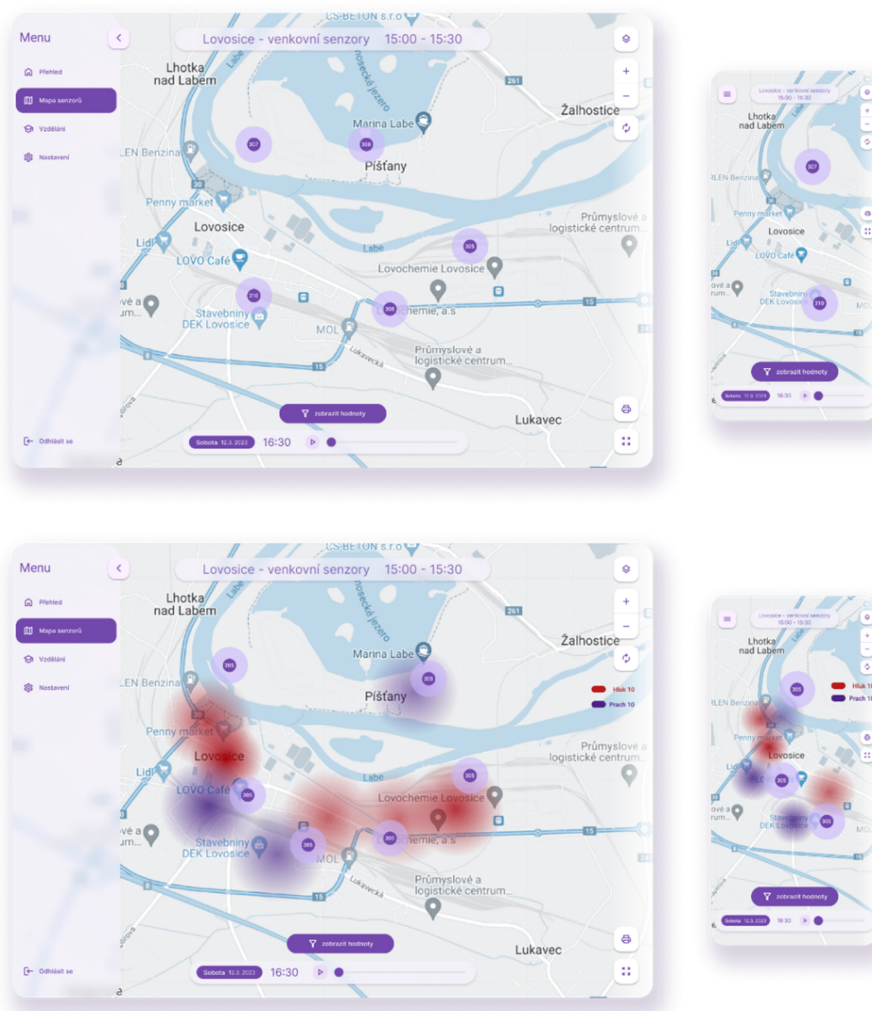
Obr. 106: Mapa s polohu senzorické jednotky, archiv autora

Po levé straně je umístěno menu, které mění základní stránky a k nim příslušný obsah. Na mapě senzorů, druhá záložka menu, je možné vidět jednotky rozmístěné v dané oblasti. Uživatel má možnost pomocí filtrování zobrazovat různé hodnoty. (viz. obr. 107) Pomocí tlačítka „podrobnosti“ lze zjistit podrobnější informace k dané jednotce pomocí tlačítka podrobnosti a znovu se dostane na stránku s grafy a ukazateli hodnot. Ve spodní části je možné si přehrát vybraný časový úsek a sledovat vývoj. (viz. obr. 108)





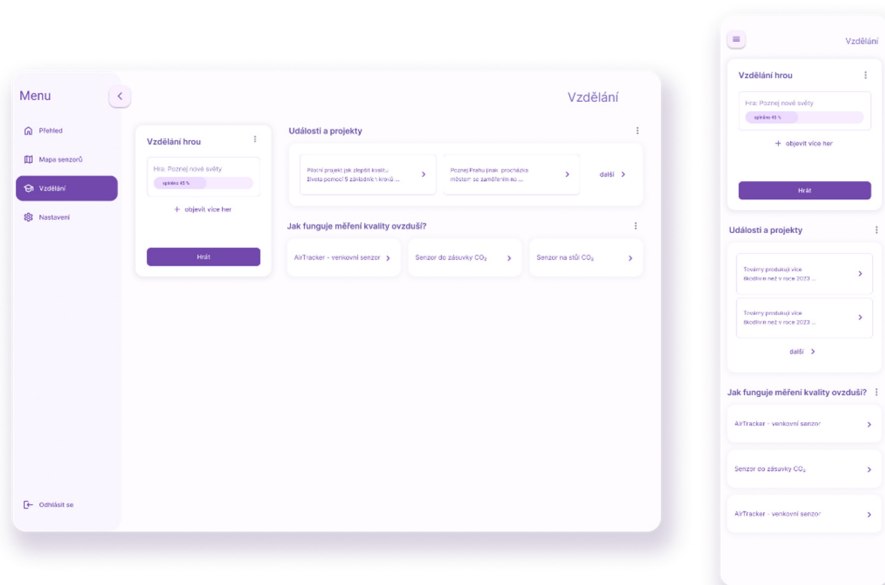
Obr. 107: Filtrování hodnot, archiv autora



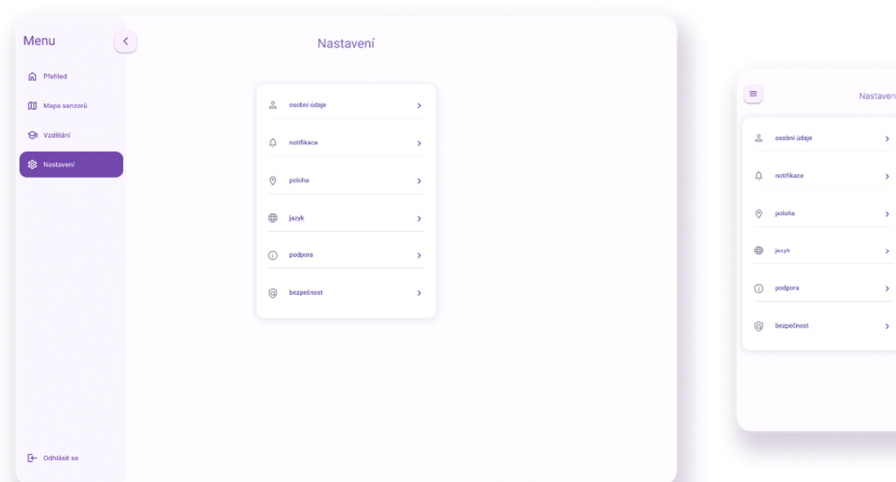
Obr. 108: Mapa a možnosti zobrazení hodnot, archiv autora



Zcela nová je záložka „Vzdělání“, která slouží k edukaci, získání dalších informací o problematice a informace o systému, jak celý funguje. V dané záložce se nachází karta Vzdelání hrou. Jedná se o gamifikaci, kde formou hraní her získáte nové znalosti. Dále jsou zde Události a projekty, kde se uživatel může zapojit do různých oblastí. Pro pochopení, jak celý systém měření kvality ovzduší funguje, je zde krátké představení a vysvětlení pro jednotlivé senzorní jednotky. (viz. obr. 109) Na poslední záložce Nastavení může uživatel najít možnosti úpravy notifikací, úpravy vzhledu a další nastavení webové aplikace. (viz. obr. 110)

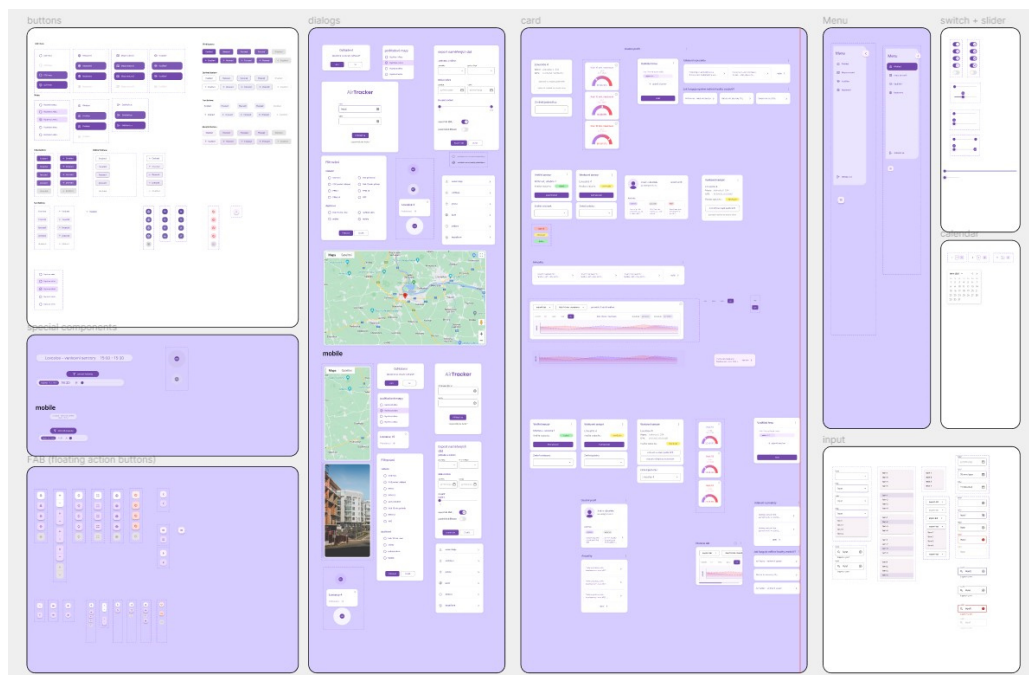


Obr. 109: Vzdelání a další informace, archiv autora



Obr. 110: Nastavení webová aplikace, archiv autora

V rámci návrhu webové aplikace jsem vytvořil návrh vizuální identity, která obsahuje sadu komponentů, které se v budoucnu mohou rozšiřovat dle potřeby, stejně jako typy obrazovek. Ke komponentům jsem vytvořil i jejich varianty při různých stavech zobrazení. (viz. obr. 111)



Obr. 111: Základní návrh komponentů, archiv autora

# 7. TECHNICKÁ DOKUMENTACE

## 7.1. Materiály

Pro všechny tři fyzické produkty byl použit stejný materiál. Ten je shodný s předchozí generací produktů, které již na Fakultě dopravní používali. Jedná se o plastový materiál ABS. Rozdíl je v použité barvě. Jelikož venkovní senzorická jednotka je vystavena venkovním vlivům a ve veřejném prostoru, není cílem, aby poutala pozornost a aby byla rychle výrazně znečištěna. Proto byl zvolen světlý odstín šedé barvy. Pro jednotky určené do interiéru byla situace jiná. Jednotka do zásuvky se vyskytuje často v kontextu bílého prostředí. Lišty i samotné kryty zásuvek bývají většinou bílé. Jednotka na stůl by měla sloužit jako příjemný a čistý doplněk prostoru. Pro obě vnitřní jednotky proto byla vybrána bílá barva.

Technologie výroby byla zvolena jednotně pro všechny senzorické jednotky. Jedná se o technologii vstřikování plastů do formy. Důvodem, proč byla tato technologie zvolena je snadná možnost tvarování dílů a různých tloušťek stěn a možnost ve výsledku kombinovat s jinými materiály jako například sešroubování.<sup>48</sup>

## 7.2. Technologie

Produkty z této technologie vznikají za pomoci stroje zvaného vstříkolis. Ten se skládá z více částí. Zařízení má vstřikovací válec, který zajišťuje následné vstřikování forem. Před vstřikovacím válcem se nachází řídicí jednotka, která kontroluje celou proces. Před ní se nachází šnek. Do prostoru okolo šneku se z násypky dostává granulát. Granulát je pevná základní materiál pro výrobu plastu. Granulát se pomocí topného tělesa u šneku roztaví a putuje díky šnekovitému tvaru před až k pevné desce. Na pevné desce se nachází jedna část formy. Druhý díl formy je umístěn na pohyblivé desce, která se pohybuje pomocí vodící tyče. Dojde ke spojení obou částí desek a vstříkne se materiál.<sup>49</sup> (viz. obr. 110) Následně se forma rozevře a za pomoci vyhazovacích kolíků se vylisek vysadí z formy. Díl potom pokračuje na další zpracování. Technologie má určité limity, se kterými je třeba počítat při navrhování. Mezi ně patří například nutnost mít rovné plochy částečně pod úhlem, aby bylo možné je dobře vytáhnout z formy. Je potřeba také přemýšlet nad počtem dílů, ze kterých se bude návrh skládat. Čím nižší počet, tím bývá výroba levnější. Také bylo nutné předem uvažovat nad dělením a skládáním jednotlivých segmentů.<sup>50</sup>

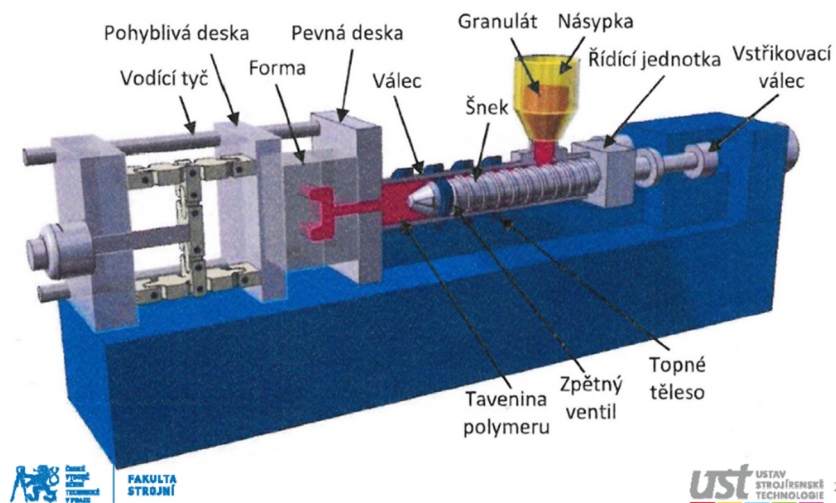
---

<sup>48</sup> Ing. Stefan Krebs *Plasty část I – Základní technologie procesů výroby*, str. 20

<sup>49</sup> Ing. Stefan Krebs *Plasty část I – Základní technologie procesů výroby*, str. 25

<sup>50</sup> EastWestMfg

## 4.6 Konstrukce vstřikovacího lisu (vstřikolis)

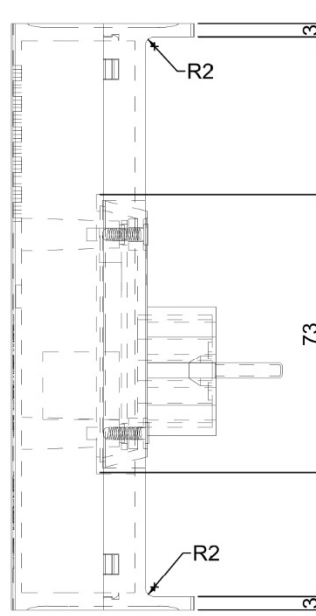
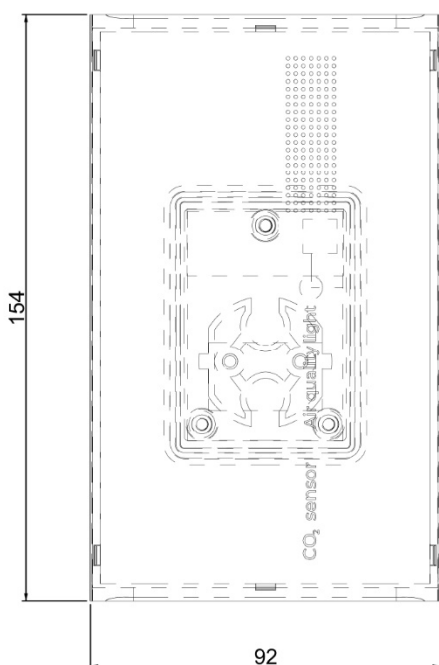
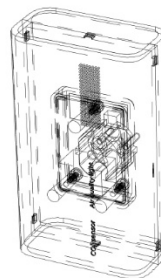
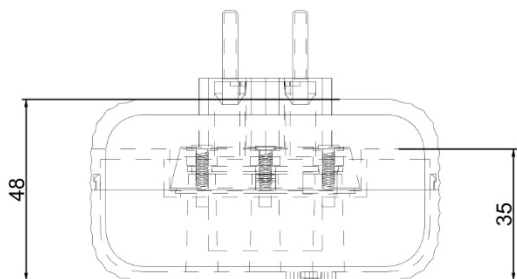


Obr. 112: Technologie vstřikolis

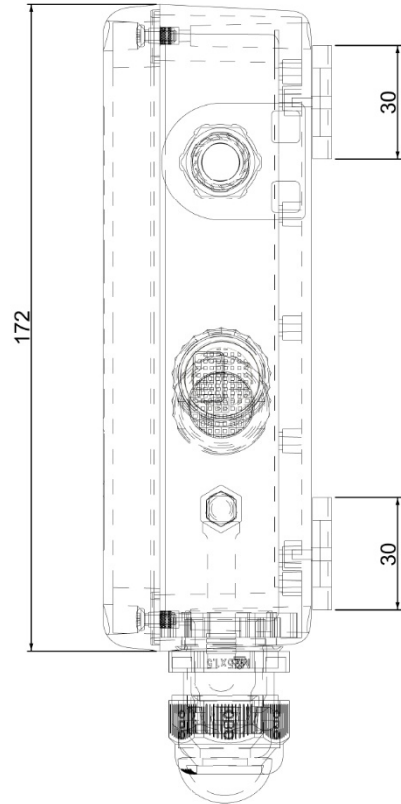
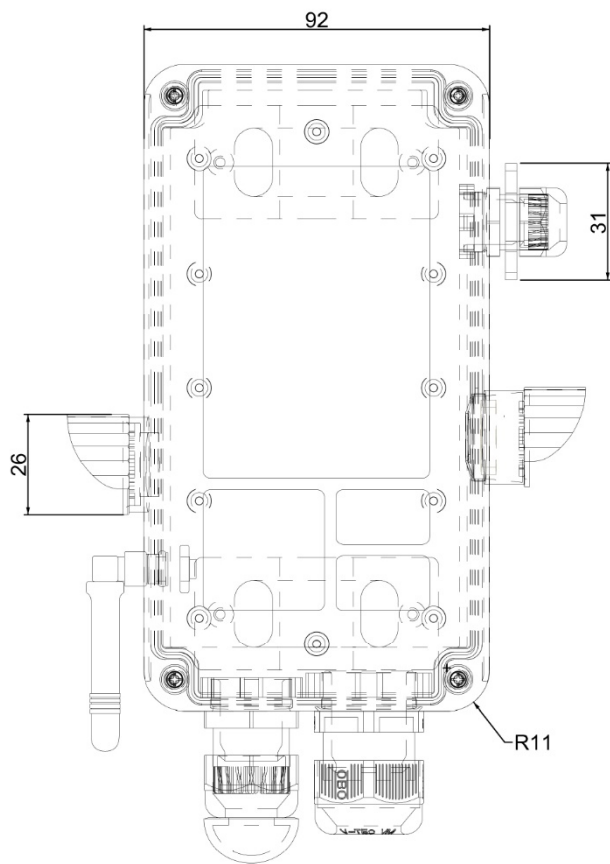
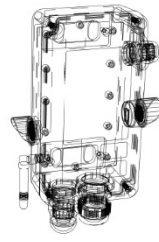
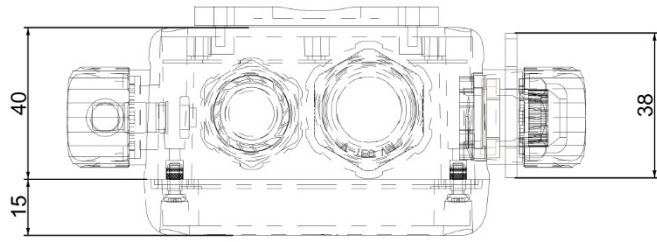
### 7.3. Ekonomická situace

Celý projekt pochází z univerzitního prostředí a míří ke komerčnímu využití. Proto od počátku bylo nutné zvažovat ekonomickou stránku celého systému a snažit se najít co nejlepší řešení, které bude v rámci finančních možností reálné. S tím se pojil výběr materiálů pro jednotlivé sensorické jednotky a výběr technologie pro výrobu. Také z tohoto důvodu se vycházelo z předchozích verzí, které již byly na fakultě otestovány a používány v provozu. Dobře posloužily jako vzory pro technické řešení a základní určení co se týče tvarů a rozměrů. Celý projekt má potenciál a je zde snaha o širší užití na trhu. Prozatím se pracuje s menšími počty jednotek, ale do budoucna by výroba mohlo být v desítkách kusů, kde by se jednalo o částečně sériovou výrobu. Kdy kryty a některé části by byly dodávány už jako hotové prvky a v daných prostorách už jen kompletovány odbornými pracovníky. Do doby, než by se podařilo produkovat vyšší desítky sensorických jednotek, by bylo možné všechny produkty vyrábět malosériově na 3D tiskárně. Náklady se podařilo ušetřit též využitím prvků dostupných aktuálně na trhu. Podobně bylo přistupováno k webové aplikaci, kde jsou řešení navržena podle běžně dostupných způsobů. Jednotlivé komponenty a prvky jsou navrženy s cílem jednoduché implementace, která nebude časově náročná.

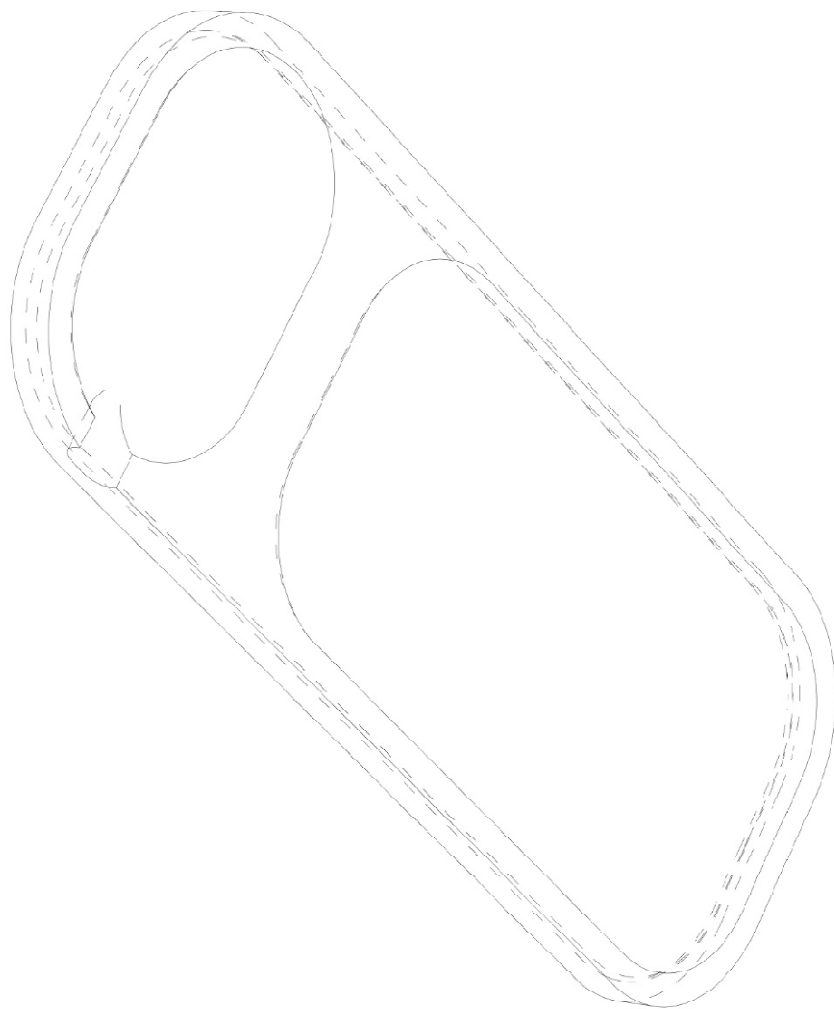
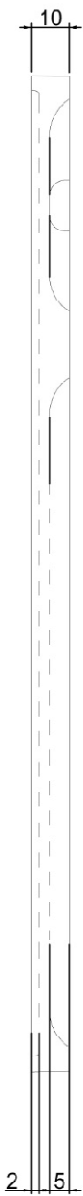
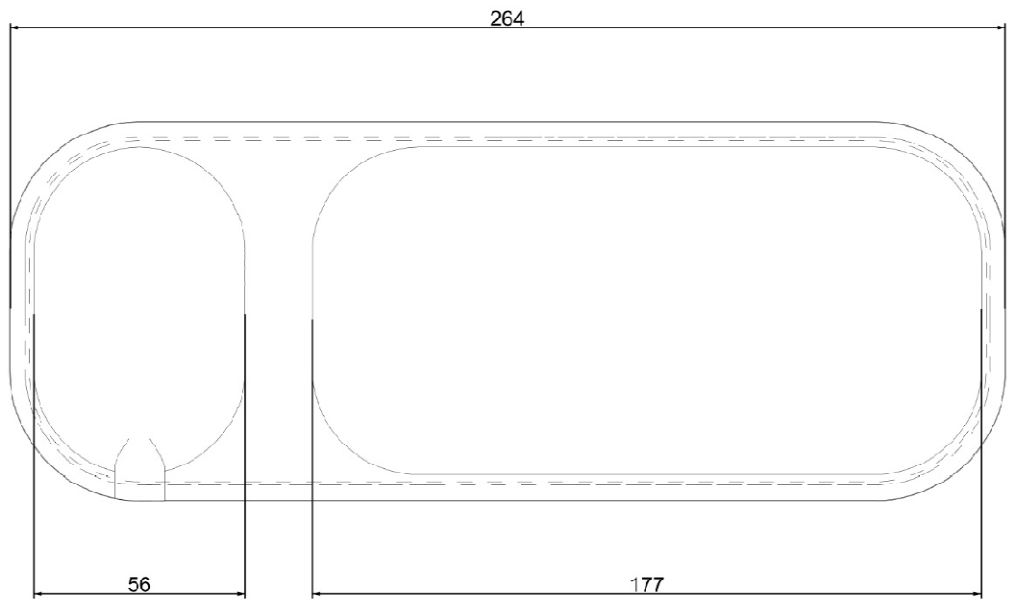
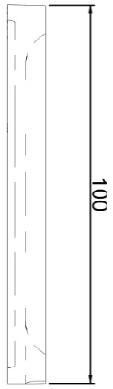
## 7.4. Technické výkresy



M 1:2

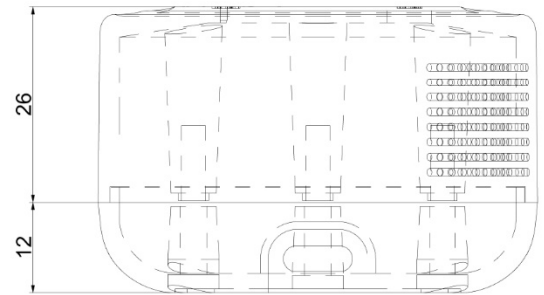
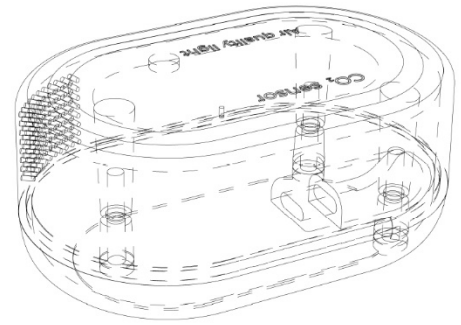
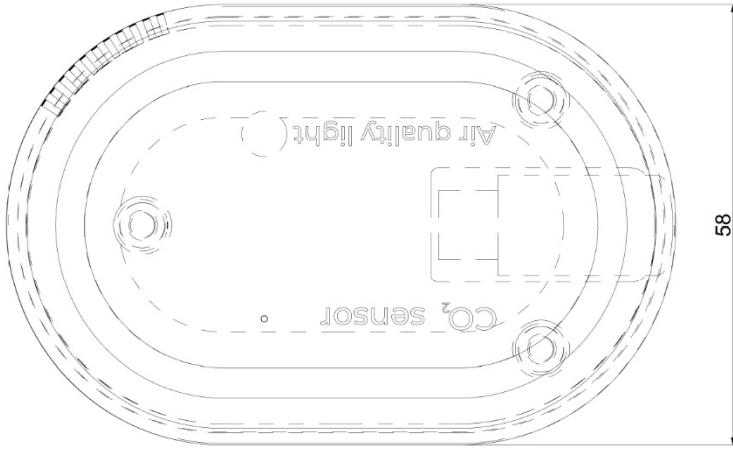


M 1:2



M 1:2





M 1:1

## 8. ZÁVĚR A REFLEXE

### 8.1. Reflexe mé práce a postupu

Počáteční fáze vývoje byly hodně o zkoumání a sbírání podkladů. Problematika znečištění ovzduší je rozsáhlé téma, které má přesah a dopady do mnoha dalších oblastí. Na fakultě dopravní si vliv kvality ovzduší uvědomují a více než 14 let se zabývají vývojem vlastního systému, který slouží monitorování vnějšího prostředí a vnitřních prostor budov. Musel jsem v krátké době pochopit, co vše se skrývá za roky vývoje a testování. Nastudování, jak fungují samotné měřící jednotky a celý systém, bylo důležité pro začátek tvorby nových produktů. Navrhování takto komplexní záležitosti se specifickými účely vyžadovalo více průběžných konzultací s technologií, aby změny vzhledu a nové tvarování fungovalo společně s používanou technologií. Jednalo se o celý proces, nejen samotné konstrukce produktů, ale též o skládání jednotek dohromady se základní deskou a senzory. Myslet jsem musel na instalaci produktů a jejich následný provoz a servis v průběhu činnosti jednotek.

Dostal jsem se do již běžícího projektu, který měl svoje otestované principy a technologie, přesto na fakultě dopravní věděli o některých rezervách, kde je prostor pro změny a vylepšení. Úplně počáteční myšlenkou při začátku naší spolupráce byla vize dostat systém k veřejnosti a prosadit se na trhu v komerčním prostředí. Několik týdnů jsme pouze diskutovali nad tématem a dostával jsem různé podklady k nastudování. Probírali jsme obecně kam a jak projekt směřovat, aby výstupy méj diplomové práce mohly být potenciálně zařazeny dál do vývoje. Vzhledem k tomu že části pro jednotky byly vyvinuty, musel jsem se řídit různými omezeními, která byla občas svazující. To ale bývá obvyklé při navrhování a je třeba vše zohlednit v dalších krocích vývoje. Po několika konzultacích jsme dospěli ke konceptu z více typů senzorů. Dvě již existující senzorické jednotky, byly určeny k přepracování a jeden produkt vznikl bez předchozích verzí modelů. Aby byl systém komplexní, rozhodl jsem se přepracovat i webovou aplikaci, které je digitální součástí projektu. Tato fáze pro mě byla obohacující, jelikož jsem si uvědomil kolik a jaké faktory ovlivňují vývoj a každý krok při návrhu produktů.

Své navrhování jsem začal u senzorické jednotky CO<sub>2</sub> do zásuvky. Důvodů pro zahájení právě tímto produktem bylo více. V plánu na výrobu měla být tato jednotka první v novém vzhledu a od počátku měla dost vymezené vlastnosti co se týče rozměrů a fungování. Přesto že byly původní požadavky jasně stanovené, vývoj produktu se dost měnil. Jak jsem postupoval zkoumáním fungování kontextu, kde produkt funguje a jakou má roli v celém systému, rozhodli jsme se vyřadit display, který měl ukazovat naměřené hodnoty a rozhodli jsme se zanechat pouze notifikační světelný ukazatel stavu kvality vzduchu. Vyvíjelo se i umístění a použití jednotky od izolované jednonásobné zásuvky a po širší rozpětí typů zásuvek. Vývoj v tomto ohledu mě bavil, jelikož bylo třeba najít řešení, které

odpovídá více požadavkům a má několik limitů a omezení. Současně jsem musel přemýšlet nejen nad praktickou a funkční částí, ale i nad estetikou a hledal jsem možné jednotlicí elementy. Potřeboval jsem takové výrazové prvky, které sjednotí celou řadu produktů a budou jedinečné. Zároveň ale musely být jednoduše aplikovatelné pro různé tvary a další typy jednotek.

Výsledný návrh je kombinací technických a technologických požadavků, nově nastavené vizuální identity a vize, kam by produkt dal posunout v budoucnu. Podařilo se najít prvky a principy, které lze opakovat na dalších produktech a rozšiřovat jednotné portfolio. Zároveň produkt nabízí ochranné řešení v podobě přesahů v horní a dolní části, díky kterému není nutné vrtat do okolních zdí. Kryt jednotky je jednoduchý svou montáží a poskytuje dobrý přístup při možném servisu a opravách.

Venkovní jednotka AirTracker se přiblížila vzhledem v porovnání s předchozí verzí k novému vizuálnímu stylu. Přes své omezení v podobně rozměrů, které mohly být změněny jen v minimální míře a technickým požadavkům, které nesly všechny výstupy senzorů, se podařilo esteticky jednotku posunout dál při zachování funkčních řešení. Největší náklady tak vznikají při pořízení nové formy pro výrobu. Další související náklady s vývojem nové technologie nebudou zapotřebí, jelikož byla respektována již vyvinutá řešení, co se týče základní desky a senzorů. Použito bylo množství součástek dnes dostupných na trhu, což také přispělo k nižším nákladům. Při návrhu jednotky AirTracker jsem se stejně jako u jednotky CO2 do zásuvky zabýval celým jejím procesem. Kontext fungování produktů a jeho životní cyklus považuji za stejně důležité jako vzhled samotný. Sestavování zůstalo zachováno a k vylepšení došlo v části instalace jednotky. K vývodu kabelu byl přidán úchyt, který jej vede správným směrem a spojovací prvek mezi jednotkou a sloupem, kde nově vzniká větší plocha a uchycení je stabilnější. Podařilo se tak dílčími změnami zajistit zlepšení v celém procesu.

Stolní sensorická jednotka CO2 vznikala na základech jednotky CO2 do zásuvky. Jednalo se o návrh, který neměl žádné předchozí varianty, a proto to byl krok do neznáma i pro technologii a vývojáře z Fakulty dopravní. Dostal jsem volnější ruku než v případě předešlých produktů a na základě již nabytých znalostí jsem se pustil do navrhování.

Výsledný návrh je vizí s reálnými základy. Produkt dobře funguje na stole nebo v místě, kde člověk pracuje a vyskytuje se většinu času. S volnějším zadáním jsem mohl pracovat s rozšířením a přidáním funkcí, které bylo i součástí požadavků od Fakulty dopravní ČVUT v Praze. Sensorická jednotka tak má navíc odkládací podložku pro různé menší předměty a možnost nabíjení přes kabel. Celý koncept dobře zapadá do cílového prostředí kanceláří a veřejných budov.

V případě webové aplikace jsem se držel od počátku daných cílů, které se podařilo, myslím, splnit. Digitální prostředí vypadá uživatelsky přívětivě a je jednoduché a přehledné. Vzhled se přiblížil dnešním webovým aplikacím. V porovnání s původní verzí jsem využil potenciál, který digitální prostředí skrývá,

a to dostupnost mnoha informací. Záměrem bylo uživatele vzdělat a informovat v širším kontextu a různými způsoby. Proto jsem přidal sekce, kde se dají užitečné informace získat formou her ale také různé druhy akcí a projektů. Nosnou myšlenku vytvořit z webové aplikace prostor, kde se dozví uživatel více než jen hodnoty naměřené z jednotek, se myslím podařilo naplnit.

## **8.2. Závěr**

Začátky byly pro mě poměrně složité, jelikož takto komplexní záležitost jsem dosud neměl šanci navrhovat. Přesto myslím, se výsledný návrh dokázal nastavit směr a vytvořit ucelené portfolio od fyzických produktů po digitální produkt. Spolupráce s technologi a odborníky v tomto oboru mě obohatila o další zkušenosti a informace. Měl jsem možnost zažít, jak složité může být najít řešení při požadavcích z rozličných oborů, aby produkt fungoval po softwarové stránce, aby všechny fyzické díly pasovaly a aby ekonomicky byl celý projekt v rámci dostupných financí.

Této spolupráce si vážím a odnáším si z ní mnoho nového. Věřím, že naše spolupráce by mohla pokračovat a dovést produkty do výroby. Všechny navržené produkty bych rád otestoval v reálném prostředí. Všechny fyzické jednotky bych za pomocí 3D vytištěných modelů otestoval a společně s technologi upravil tak, aby šly co nejlépe vyrábět a skládat dohromady. Zároveň bych otestoval webovou aplikaci s více účastníky a naplnil ji texty a obsahem, který bude relevantní k tématu. Myslím, že tím by se otevřely nové možnosti, co se týká digitálního světa. V této fázi jsou všechny návrh na dobré cestě k posunutí celého systému dál jak po estetické, tak funkční stránce. Stále je zde ale mnoho kroků, které by bylo potřeba udělat, aby se vše dostalo do produkce a na trh.

## 9. ZDROJE

AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší [online]. Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, ©2023. [cit. 10.5.2023]. Dostupné z: <https://www.fd.cvut.cz/o-fakulte/ustav-16123>, na vyžádání od vedoucího Ing. Václav JIROVSKÝ, Ph.D.

United Nations Environment Programme [online]. United Nations Environment Programme, ©2023. [cit. 17.5.2023]. Dostupné z: <https://www.unep.org/about-us>

Global Environment Outlook 6 [online]. United Nations Environment Programme, ©2023. [cit. 17.5.2023]. Dostupné z: <https://www.unep.org/resources/global-environment-outlook-6>

What is particulate matter and what are its effects on human health? [online]. European Environment Agency, ©2023. [cit. 15.5.2023]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/help/faq/what-is-particulate-matter-and>

Stupně krytí IP, třídy izolace a odolnost IK – přehledně [online]. ielektra.cz, ©2023. [cit. 13.5.2023]. Dostupné z: <https://www.ielektra.cz/stupne-kryti-ip-tridy-izolace-a-odolnost-ik-prehledne>

The market for smart home devices is expected to boom over the next 5 years [online]. weforum.org, ©2023 World Economic Forum. [cit. 10.5.2023]. Dostupné z: <https://www.weforum.org/agenda/2022/04/homes-smart-tech-market>

Water-Tight ABS & Polycarbonate Enclosures [online]. hamfg.com, ©2023 Hammond Manufacturing Ltd. [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://www.hamfg.com/electronics/small-case/plastic/rp-rit>

Lithium polymer battery by capacity [online]. Padre Electronics, ©2018 Padre Electronics. [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://www.batteryipo.com/lithium-polymer-battery-list-by-capacity/>

Material Theme Builder Programme [online]. m3.material.io, ©2023. [cit. 10.5.2023]. Dostupné z: <https://m3.material.io/theme-builder#/custom>

Ing. Stefan Krebs Plasty část I – Základní technologie procesů výroby. Prezentace prezentovaná: [předmět 550MT4 Materiály a technologie IV, Ústav strojírenství a technologie, Fakulta strojní ČVUT v Praze; 2019 květen; Praha, Česká republika]

Konzultace se zaměstnanci ÚBTI FD ČVUT v Praze, Leden 2022–Květen 2023

EastWestMfg, 26.2. 2018, The 10 Commandments of Injection Molding, YouTube video [6.5.2023]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=HVNAD14ja9o>

## 9.1. Grafické zdroje

Obr. 1: Global Environment outlook 6 [online]. unep.org, ©2023. [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://www.unep.org/resources/global-environment-outlook-6>

Obr. 2: AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší [online]. Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, ©2023. [cit. 10.5.2023]. Dostupné z: <https://www.fd.cvut.cz/o-fakulte/ustav-16123>, na vyžádání od vedoucího Ing. Václav JIROVSKÝ, Ph.D (strana 41)

Obr. 3: AirTracker – senzorická jednotka pro online měření kvality životního prostředí [online]. Security.fd.cvut.cz, ©2023. [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://security.fd.cvut.cz/airtracker-senzoricka-jednotka-pro-online-mereni-kvality-zivotniho-prostredi/>

Obr. 8: AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší [online]. Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, ©2023. [cit. 10.5.2023]. Dostupné z: <https://www.fd.cvut.cz/o-fakulte/ustav-16123>, na vyžádání od vedoucího Ing. Václav JIROVSKÝ, Ph.D.

Obr.9: privacy-safe-noise-monitoring [online]. noiseaware.com, ©2023. [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://noiseaware.com/privacy-safe-noise-monitoring/>

Obr. 10: AirTracker Systém pro monitorování kvality ovzduší [online]. Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní, ©2023. [cit. 10.5.2023]. Dostupné z: <https://www.fd.cvut.cz/o-fakulte/ustav-16123>, na vyžádání od vedoucího Ing. Václav JIROVSKÝ, Ph.D.

Obr. 15: Water-Tight ABS & Polycarbonate Enclosures RP Series [online]. <https://www.hammfmg.com/>, ©2023. Hammond Manufacturing Ltd. [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://www.hammfmg.com/electronics/small-case/plastic/rp-rit>

Obr. 16: Zaměstnanec ÚBTI FD ČVUT, Základní deska CO<sub>2</sub> senzoru – vlastní návrh, [fotografie], březen 2023

Obr. 17 – KM47 [online]. [krabicky-pro-elektroniku.cz](http://krabicky-pro-elektroniku.cz), ©2023. [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: <https://www.krabicky-pro-elektroniku.cz/user/documents/upload/download/KM47.pdf>

Obr. 23: - Solight DT27 [online]. [alza.cz](http://alza.cz), ©2023 Alza.cz a.s. [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: [https://www.alza.cz/hobby/solight-dt27-d5481012.htm?kampan=adwho\\_hobby-a-zahrada\\_pla\\_all\\_hobby-a-zahrada-css\\_detektory\\_c\\_9062893\\_409276960008~89341522922~&gclid=CjwKCAjwgqejBhBAEiwAuWHioAAOS2ajbfBX5KTCXKT-zGKTt1CKXAYAE6aQ3CvgDQhOVH55baq9oxoCjP8QAvD\\_BwE](https://www.alza.cz/hobby/solight-dt27-d5481012.htm?kampan=adwho_hobby-a-zahrada_pla_all_hobby-a-zahrada-css_detektory_c_9062893_409276960008~89341522922~&gclid=CjwKCAjwgqejBhBAEiwAuWHioAAOS2ajbfBX5KTCXKT-zGKTt1CKXAYAE6aQ3CvgDQhOVH55baq9oxoCjP8QAvD_BwE)

Obr. 31 – CO<sub>2</sub> senzor [online]. [cz.pinterest.com](http://cz.pinterest.com), ©2023 [pinterest.com](http://pinterest.com). [cit. 10.5.2023]. Dostupné z: [https://cz.pinterest.com/davidondrousek\\_/co2-sensor/](https://cz.pinterest.com/davidondrousek_/co2-sensor/)

Obr. 56: - Zásuvka dvojnásobná s ochrannými kolíky s clonkami s natočenou dutinou Tango ABB [online]. [ielektra.cz](http://ielektra.cz), ©2023. [cit. 2.5.2023]. Dostupné z: [https://www.ielektra.cz/zasuvka-dvojnاسوبna-s-ochrannymi-koliky-s-clonkami-s-natocenu-dutinou-tango-bila-abb-5513a-c02357-b?gad=1&gclid=CjwKCAjwgqejBhBAEiwAuWHioPDLnERVmv8T8Hw6wcWffMKjigkFCpw4-7\\_whDuK9-ym64sqNIRTVxoCFdIQAvD\\_BwE](https://www.ielektra.cz/zasuvka-dvojnاسوبna-s-ochrannymi-koliky-s-clonkami-s-natocenu-dutinou-tango-bila-abb-5513a-c02357-b?gad=1&gclid=CjwKCAjwgqejBhBAEiwAuWHioPDLnERVmv8T8Hw6wcWffMKjigkFCpw4-7_whDuK9-ym64sqNIRTVxoCFdIQAvD_BwE)

Obr. 112: Vstřikolis, Ing. Stefan Krebs Plasty část I – Základní technologie procesů výroby. Prezentace prezentovaná: [předmět 550MT4 Materiály a technologie IV, Ústav strojírenství a technologie, Fakulta strojní ČVUT v Praze; 2019 květen; Praha, Česká republika]