

AirTracker

System pro monitorování kvality ovzduší

**Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta dopravní**

Program prezentace

1. Představení ČVUT FD, ÚBTI
2. Naše mise
3. Legislativa
4. Environmentální situace - škodliviny / vnitřní, vnější
5. PM, VOC, hluk a CO₂
6. AirTracker – systém pro monitorování ovzduší
7. AirTracker pro měření PM, VOC, plynů a hluku
8. AirTracker pro měření CO₂
9. MobilTracker – mobilní senzory
10. Podmínky provozu AirTracker
11. Výhody systému AirTracker a komerční modely
12. Cenová politika prostřednictvím komerčního partnera ATD



ČVUT v Praze

je veřejná vysoká škola univerzitního typu

založena dne 18.1.1707 císařem Josefem I.

Ústav bezpečnostních technologií a inženýrství **(ÚBTI)**

- vznikl v roce 2008 jako reakce na novou prioritu v rámci výzkumném programu EU – „Bezpečnostní výzkum“ a odezva na sílící požadavky státní i soukromé sféry po odbornících v oblasti bezpečnosti a bezpečnostních technologií
- první takto orientované vysokoškolské pracoviště v celé EU

- **Výuka** – vychází z akreditovaných studijních programů, bakalářské, magisterské a doktorské studium
- **Výzkumná činnost** – výzkumné skupiny Ústavu bezpečnostních technologií a inženýringu realizují množství projektů ve spolupráci s AV ČR, městy, průmyslovými odvětvími, ministerstvy i EU

<https://security.fd.cvut.cz>

- **ÚBTI** provádí rozsáhlý teoretický a aplikovaný výzkum:
 - Bezpečnost informačních a komunikačních technologií
 - Bezpečnost dopravních prostředků a cest
 - Bezpečnost kritických infrastruktur
- **ÚBTI** disponuje vlastní laboratoří speciálních projektů s rozsáhlým vybavením:
 - přizpůsobené pro výzkumnou práci
 - probíhá vývoj specifických elektronických a mechanických přístrojů včetně programového vybavení na úrovni firmware a aplikační software

Hlavní aktivity ÚBTI – životní prostředí

- Rozvoj metod systémové analýzy, algoritmů, statistických metod v bezpečnostním výzkumu
 - např. automatické měřicí systémy v dopravě, environmentální problematice a bezpečnostní oblasti
- Rozsáhlé distribuované databázové systémy, datová úložiště pro Big Data
- Telematika a přenos informací
- Vývoj a konstrukce senzorů různých typů
- Vývoj komunikačních protokolů a zabezpečovacích mechanismů pro ad hoc senzorické sítě
- Vývoj komunikačních modulů pro existující senzory třetích stran
- Výstavba a pilotní provoz senzorické sítě
- Návrh a vývoj vizualizačních prostředků pro senzorické sítě a IoT
- Vývoj systémových bezpečnostních technologií atd.

Příklady realizovaných projektů ÚBTI

- **Senzory dopravního proudu** (mikrovlnný, změna magnetického pole) - Praha Spořilov, projekt TAČR TRAFFICSENSNET

Senzor – elektronický element, který umožňuje snímání změn ve vnějším prostředí

Senzorická jednotka – spojení senzorů s komunikačními technologiemi, např. GSM

Senzorická síť – množství komunikujících vzájemně propojených senzorů. Data se přenášejí do místa, kde se shromažďují, např. v databázi

- **vlastní experimentální heterogenní senzorická síť** (pro stacionární i mobilní senzory) Praha Spořilov, projekt TAČR TRAFFICSENSNET

Program prezentace

1. Představení ČVUT FD, ÚBTI
2. **Naše mise**
3. Legislativa
4. Environmentální situace - škodliviny / vnitřní, vnější
5. PM, VOC, hluk a CO₂
6. Naše řešení - AirTracker
7. AirTracker pro měření PM, VOC, plynů a hluku
8. AirTracker pro měření CO₂
9. MobileTracker – mobilní senzory
10. Podmínky provozu AirTracker
11. Výhody systému AirTracker

Naše mise

Růst znečištění ovzduší je jedním z nejvýznamnějších indikátorů dopadů globální urbanizace na životní prostředí a lidské zdraví.

Rychlá urbanizace spolu se souvisejícím hospodářským a populačním růstem vedla ke zvýšení spotřeby vozidel, průmyslové činnosti a spotřeby energie, které zvýšily znečištění ovzduší na kritickou úroveň.

Přispívá k tomu i používání k vaření a vytápění dřevem, uhlím nebo petrolejem (plasty?). Vnější ovzduší znečišťují převážně emise z průmyslových podniků a dopravy.

Naše mise

Pokrok paradoxně zvyšuje poplatky za přetížení, za zóny s nižšími emisemi, za elektrifikaci veřejné dopravy, za elektrické a automatizované vozy, za programy sdílené mobility, za inteligentní parkovací systémy, za rozšíření infrastruktury pro jízdní kola a hlavně drahé technologie čištění vzduchu, kterými nelze pokrýt požadavky.

Pokrok správu města také dočasně prodraží, zvláště „špatný“ projekt.

Proto je naše mise v souladu s udržitelnou mobilitou měst a obcí a zaměřená na správné vyladění a plánování potřeb, na monitoring, sběr dat a jejich vyhodnocení k dalšímu využití, snížení nákladů a správné zacílení dalších investic.

Naše mise

Odpovědnost padá především na státní a městské úředníky, od kterých se očekává, že musí všemu plně porozumět a zlepšit podmínky kvality ovzduší na základě legislativy i světových iniciativ, umět odpovídat na otázky a požadavky úřadů a občanů, být dobrým hospodářem....

Z našeho pohledu musí být schopni vhodně změřit a sledovat znečišťující látky a činit opatření na jejich omezení.

Naše mise

Velké statické systémy měření ovzduší jsou drahé, jsou certifikované, nemusí však správně zachycovat povahu místního škodlivého znečištění.

V reakci na tuto výzvu, a v souladu s legislativou, náš tým vyvinul účinné a spolehlivé měření prostřednictvím senzorických sítí, které upřesní směr i sílu znečištění na úrovni místa, kde člověk skutečně dýchá a pohybuje se.

Senzorická jednotka s bezdrátovým komunikačním rozhraním a s patentovaným napájecím systémem je schopna nepřerušovaného provozu ze sítě veřejného osvětlení nebo stávajícího kamerového systému...

Naše mise

Webové rozhraní pro vizualizaci a analýzu aktuálních i historických dat, animace dat, vyhodnocení trendů a reporting umožňují vytvořit globální přehled a bezpečně přenést data k dalšímu vyhodnocení.

Po nasazení systému AirTracker budou uživatelé našeho webu schopni zobrazit informace například o kvalitě ovzduší aktualizované v reálném čase – kdekoliv, kde to bude potřebné a vhodné.

Program prezentace

1. Představení ČVUT FD, ÚBTI
2. Naše mise
3. **Legislativa**
4. Environmentální situace - škodliviny / vnitřní, vnější
5. PM, VOC, hluk a CO₂
6. AirTracker – systém pro monitorování ovzduší
7. AirTracker pro měření PM, VOC, plynů a hluku
8. AirTracker pro měření CO₂
9. MobilTracker – mobilní senzory
10. Podmínky provozu AirTracker
11. Výhody systému AirTracker a komerční modely

Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2008/50/ES ze dne 21. 5. 2008 o kvalitě vnějšího ovzduší a čistším ovzduší pro Evropu

- tato Směrnice je v ČR implementována do zákona č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, který nabyl účinnost 1. 9. 2012 a ve vyhlášce 330/2012 Sb. o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích
- zákon se nezabývá návazností na ochranu osobních údajů

Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2003/4/ES ze dne 28. ledna 2003 o přístupu veřejnosti k informacím o životním prostředí

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí

Zákon vymezuje:

- základní pojmy
- stanoví základní zásady ochrany životního prostředí
- povinnosti právnických a fyzických osob při ochraně a zlepšování stavu životního prostředí a při využívání přírodních zdrojů
- vychází přitom z principu trvale udržitelného rozvoje

Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší

Zákon upravuje:

- přípustné úrovně znečištění a znečišťování ovzduší
- způsob posuzování přípustné úrovně znečištění a znečišťování ovzduší a jejich vyhodnocení
- nástroje ke snižování znečištění a znečišťování ovzduší
- práva a povinnosti osob a působnost orgánů veřejné správy při ochraně ovzduší
- práva a povinnosti dodavatelů pohonných hmot a působnost orgánů veřejné správy při sledování a snižování emisí skleníkových plynů z pohonných hmot v dopravě

Vyhláška č. 330/2012 Sb., o způsobu posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění, rozsahu informování veřejnosti o úrovni znečištění a při smogových situacích

Vyhláška upravuje:

- způsob a podmínky posuzování a vyhodnocení úrovně znečištění
- rozsah informování veřejnosti o úrovni znečištění
- rozsah informací podávaných veřejnosti při vzniku smogové situace a
- obsahové náležitosti protokolu o měření úrovně znečištění

Program prezentace

1. Představení ČVUT FD, ÚBTI
2. Naše mise
3. Legislativa
4. **Environmentální situace - škodliviny / vnitřní, vnější**
5. PM, VOC, hluk a CO₂
6. AirTracker – systém pro monitorování ovzduší
7. AirTracker pro měření PM, VOC, plynů a hluku
8. AirTracker pro měření CO₂
9. MobilTracker – mobilní senzory
10. Podmínky provozu AirTracker
11. Výhody systému AirTracker a komerční modely

Vzájemná závislost



Vnitřní prostředí

- školy, veřejné budovy
- převážně sledování CO2
- lokální indikace
- centrální sledování
- je účelné větrat?
- jaké je vnější prostředí?



Vnější prostředí

- průmyslové exhalace
- doprava, zplodiny při provozu spalovacích motorů
- polétavý prach
- hluk
- některé specifické plyny

Monitorování ovzduší

K dosažení relevantní informace o skutečném stavu monitorovaného ovzduší je nutné se řídit zákonem, ale i poznat situaci, definovat problém, který ovlivňuje naše zdraví a kondici, zjistit jeho důsledky a najít a nabídnout řešení. S tím souvisí měření:

ve vnějším prostředí:

- polétavý prach (PM)
- těkavé organické látky (VOC)
- plyny
- hluk
- meteorologické podmínky

ve vnitřním prostředí:

- všechny vnější vlivy
- koncentrace oxidu uhličitého (CO₂)

Program prezentace

1. Představení ČVUT FD, ÚBTI
2. Naše mise
3. Legislativa
4. Environmentální situace - škodliviny / vnitřní, vnější
5. **PM, VOC, hluk a CO₂**
6. AirTracker – systém pro monitorování ovzduší
7. AirTracker pro měření PM, VOC, plynů a hluku
8. AirTracker pro měření CO₂
9. MobilTracker – mobilní senzory
10. Podmínky provozu AirTracker
11. Výhody systému AirTracker a komerční modely

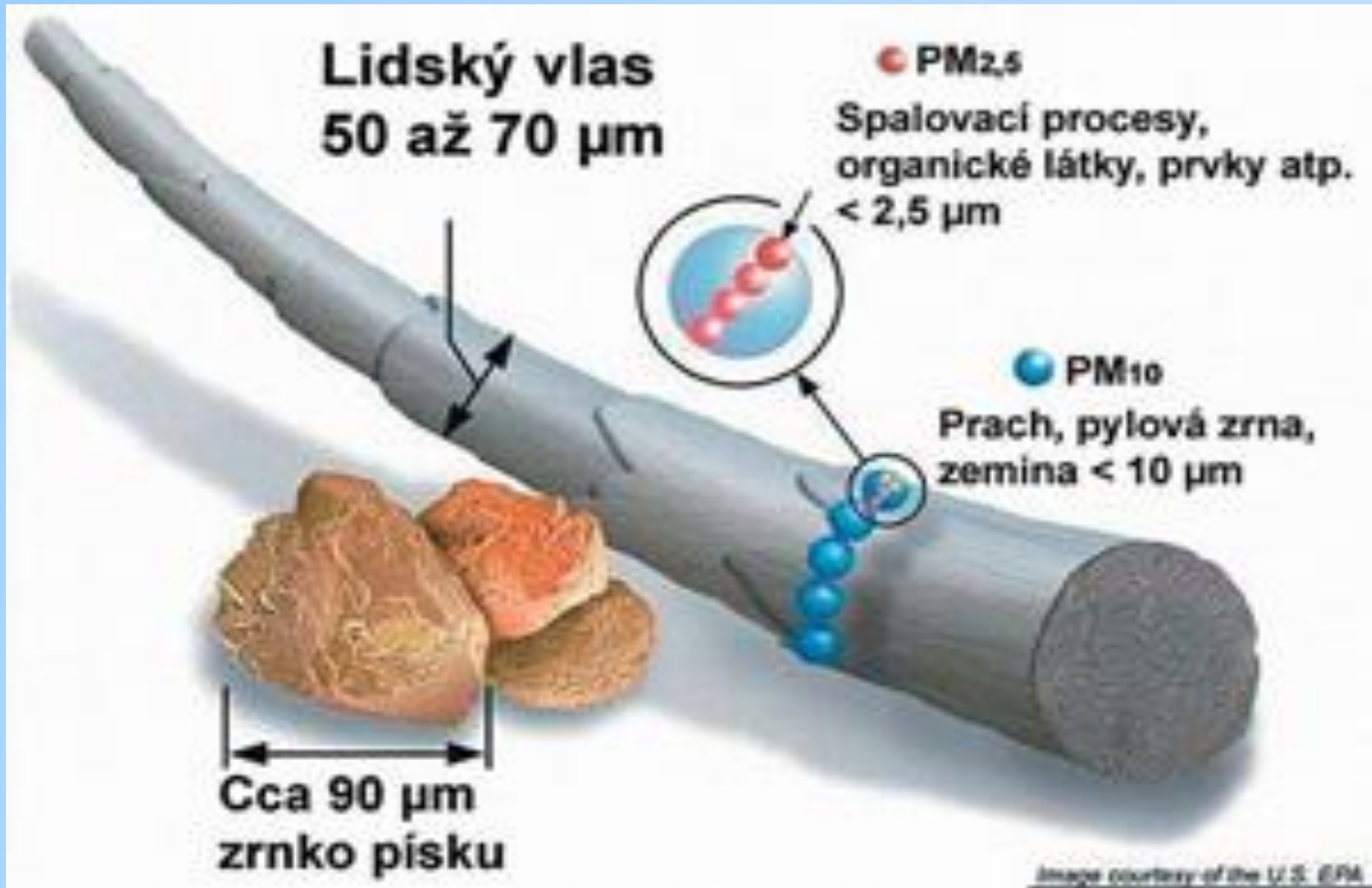
Poléťavý prach (PM)

- PM – z ang. „*particulate matter*“
- PM_{10} $PM_{2,5}$ $PM_{1,0}$
- Vzniká téměř výhradně jako produkt lidské činnosti
- Do interiéru se dostává z otevřeného okna ale i z klimatizace
- „Obsahuje škodliviny jako sulfáty, nitráty a oxid uhelnatý. Proniká hluboko do plic a kardiovaskulárního systému, vážně ohrožuje lidské zdraví. Zhruba čtvrtina úmrtí na selhání srdce, mozkovou mrtvici a rakovinu plic může být připsána znečištění ovzduší“, píše se ve zprávě WHO.

Typické zdroje polétavého prachu (PM)

- spalovací motory, dieselové motory
- spalovací procesy v těžkém průmyslu (hutě, spalovny odpadů, teplárny, elektrárny, kotelny – vysokoteplotní procesy)
- brzdění kolejových vozidel (odlétají kovové částičky)
- automobilová a nákladní doprava
- nevhodný způsob vytápění v domácnostech, kdy se na polétavý prach váže benzo(a)pyren
- nekvalitní paliva (případně odpad)
- města, zatížená průmyslovými zdroji a dopravou
- v sousedství těžebních a cementářských provozů
- vlasy, chlupy...

Polétavý prach PM_{10} $PM_{2,5}$ $PM_{1,0}$



Polétavý prach (PM)

Polétavý prach (PM) tvoří miniaturní tuhé částice, které se liší svou velikostí, chemickým složením i původem

- čím menší průměr částice má, tím déle zůstává v ovzduší
- částičky menší než 10 mikrometrů (označeny jako PM_{10} a $PM_{2,5}$) se dostávají do dolních cest dýchacích
- jemnější $PM_{2,5}$ pronikají až do plicních sklípků
- navazují na sebe další škodliviny (částice síranů, uhlíku)
- karcinogenní látky (arzen, kadmium, chrom, nikl, olovo)

Polétavý prach (PM) je všudypřítomný

V důsledku absorpce organických látek s mutagenními a karcinogenními účinky způsobuje polétavý prach:

- zvýšení počtu zánětlivých a chronických onemocnění plic (kašel, ztížené dýchání, astma)
- nevratné genetické změny
- rakovinová onemocnění
- poruchy plodnosti
- vyšší kojenecké úmrtnosti
- nepříznivým účinkům na kardiovaskulární systém
- zvýšení počtu hospitalizací
- zvýšení potřeby léčiv
- vyšší úmrtnosti
- a nadměrnou ekonomickou zátěž společnosti....

Polétavý prach (PM) ve statistikách

- na následky znečištění ovzduší umírá podle WHO až 9 milionů lidí ročně (jen v Německu 65 000 úmrtí ročně)
- vysoká koncentrace polétavého prachu každého z nás připraví průměrně o 9 měsíců života
- od roku 2002 se měří povinně koncentrace polétavého prachu na více než sto stanicích po ČR – ne příliš účelně
- i přes významné zlepšení však stále dochází na řadě míst k překračování imisních limitů stanovených z hlediska ochrany lidského zdraví

VOC – vnější prostředí

Na poléťavý prach se vážou

VOC - vysoce toxické těkavé organické látky

- z ang. *volatile organic compounds*
- organické prekurzory ozónu, široká škála škodlivin

Typické zdroje ve vysoké koncentraci :

- vysokoteplotní procesy, především spalovací
- cementárny, vápenky, lomy, těžba
- odnos částic větrem ze stavebních ploch a ploch bez vegetace
- tavení rud
- sloučeniny produkované mikroorganismy (houby, bakterie)
- tabákový kouř
- stanice autobusů, vlaků, tramvajů, metra (například i brzdění – částice uvolňované z brzdových destiček)

VOC - v domácnosti

- čisticí, mycí a ošetřovací prostředky
- vonné svíčky a lampy
- spreje, kosmetika
- otevřené krby
- barvy, laky, ředidla, rozpouštědla
- lepidla (parketová, kobercová, tapetová apod..)
- vonné látky, vonné svíčky a vonné oleje
- masivní dřevěný nábytek z borovice a smrku
- šaty čerstvě vyzvednuté v čistírnách
- šatní kuličky proti molům
- čerstvé tiskoviny
- kancelářské potřeby, jako jsou korektory nebo zmizíky
- těsnění
- alkoholy, aldehydy, ketony, kyseliny, ketony

VOC – zdravotní rizika

- podráždění sliznic a dýchacích cest
- podráždění očí a pokožky
- bolesti hlavy a únava
- těžké alergie
- těžké neurotoxické nemoci - při vysoké koncentraci

Hluk představuje velmi častý, tolerovaný a podceňovaný problém, zejména:

- v průmyslových areálech
 - v městských aglomeracích
 - v interiéru (např. televize, rádio...)
-
- lidské zdraví negativně ovlivňuje především dlouhodobá expozice vůči hluku

Dlouhodobý hluk – vliv na zdraví

- poškození sluchu
- zvýšení krevního tlaku
- zrychlení tepové frekvence
- výrazný vliv na psychiku
- únava
- deprese
- agresivita
- snížení výkonu
- snížení pozornosti
- poruchy spánku
- infarkt myokardu
- vředová onemocnění žaludku
- nádorová onemocnění

Oxid uhličitý (CO₂)

- je skleníkový plyn
- vzniká při dýchání, kvašení a spalování organických látek
- může způsobit zdraví nebezpečné situace

- snižuje soustředěnost
- zvyšuje únavu
- snižuje schopnost vnímat
- způsobuje závažné poruchy dýchání
- může způsobit rozvoj astmatu
- přispívá k rozvoji alergií

Je vhodné větrat, nebo ne?

Limity oxidu uhličitého CO₂

- **v interiéru:** max. hraniční koncentrace 1.500 ppm
(podle vyhlášky 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby § 11 odst. 5 věty třetí)
 - ppm - poměr částic CO₂ v ovzduší na milion
 - koncentrace CO₂ vyjadřuje kvalitu ovzduší
- **v exteriéru:** max. hraniční koncentrace 400 ppm

Limity oxidu uhličitého CO₂

- české školy překračují již v průběhu první vyučovací hodiny hodnoty o 1.500 až 4.000 ppm

...a tak se otevřou okna a vyvětrá se

- z exteriéru může přicházet vyšší koncentrace oxidu uhličitého (CO₂) než je uvnitř, a často i jiné nebezpečné látky

Program prezentace

1. Představení ČVUT FD, ÚBTI
2. Naše mise
3. Legislativa
4. Environmentální situace - škodliviny / vnitřní, vnější
5. PM, VOC, hluk a CO₂
6. **AirTracker – systém pro monitorování ovzduší**
7. AirTracker pro měření PM, VOC, plynů a hluku
8. AirTracker pro měření CO₂
9. MobilTracker – mobilní senzory
10. Podmínky provozu AirTracker
11. Výhody systému AirTracker a komerční modely

AirTracker - systém pro monitorování ovzduší

- Environmentální monitorovací systém, robustní a snadno ovladatelný způsob sledování kvality vzduchu prostřednictvím sítě senzorů
- Poskytuje lokalizované údaje o kvalitě ovzduší v reálném čase, shromažďuje údaje o kvalitě ovzduší, s cílem podpořit iniciativy ke snížení znečištění ovzduší a jeho rizika pro lidské zdraví
- Poskytuje všechna klíčová měření pro **prach, emise a hluk**, potřebná k získání komplexní lokální analýzy kvality ovzduší, a to vše z jediné, kompaktní a snadno instalovatelné jednotky
- Možnost připojit do jednotky další služby (vibrace, průvan, plyny...)

Bezpečnost systému AirTracker

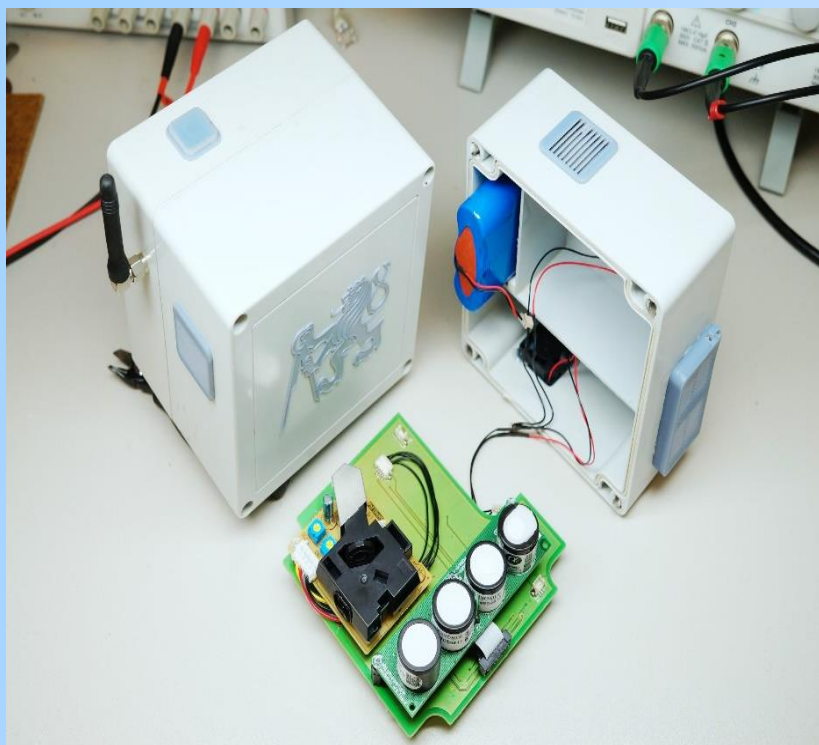
- **System AirTracker je navržen s maximálním důrazem na bezpečnost**
- **Čtyři oblasti bezpečnosti**
 - **vlastní senzor (fyzická bezpečnost)**
 - ochrana krytím
 - ochrana umístěním senzorické jednotky
 - **komunikační cesty**
 - zabezpečeny šifrováním přenášených dat
 - podle volby technologie
 - veřejné sítě – bezpečnost zajišťuje poskytovatel komunikačního připojení
 - privátní sítě – pouze LoRa
 - **databáze a zobrazení**
 - zajištěno bezpečností IT
 - **nastavení počítače klienta (browser)**
 - je možno pouze doporučit, za nastavení zodpovídá klient sám

Bezpečnost komunikačních cest

- SigFox
 - úzkopásmový přenos v nelicencovaných pásmech
 - možnost rušení (jamming), ochrana trojím přenosem
 - vždy veřejný poskytovatel – společnost SigFox
- LoRa
 - přenosy s rozprostřeným spektrem
 - velmi odolné vůči rušení
 - existují jak veřejné tak i privátní sítě
 - možnost výstavby vlastní (privátní) sítě v objektu nebo na daném teritoriu
- NB IoT
 - přenosy v licencovaných pásmech pro GSM
 - vždy veřejný poskytovatel - mobilní operátor
 - bezpečnost musí zajistit poskytovatel
- ve všech případech musí být bezpečnost komunikačních cest řešena v rámci „Projektů“

AirTracker – první generace

První generace systému AirTracker využívala přenosy GSM a WiFi a byla energeticky náročnější (první plošná instalace v roce 2011 – 25 stanic na ploše 3 x 3 km instalace v centru Prahy)



- obrázek představuje detail sensorické jednotky pro měření polutantů
- spojení čidel s komunikačním čipem a baterií
- plně schopný nasazení a provozu v sensorické síti

Instalované jednotky v Praze na Spořilově



AirTracker – druhá generace

Senzorické jednotky systému AirTracker druhé generace používají technologie IoT pro přenosy a variantní sadu senzorů

Základní senzorická jednotka



Napájení

Prachový senzor

Senzor hluku

Anténa

VOC senzor

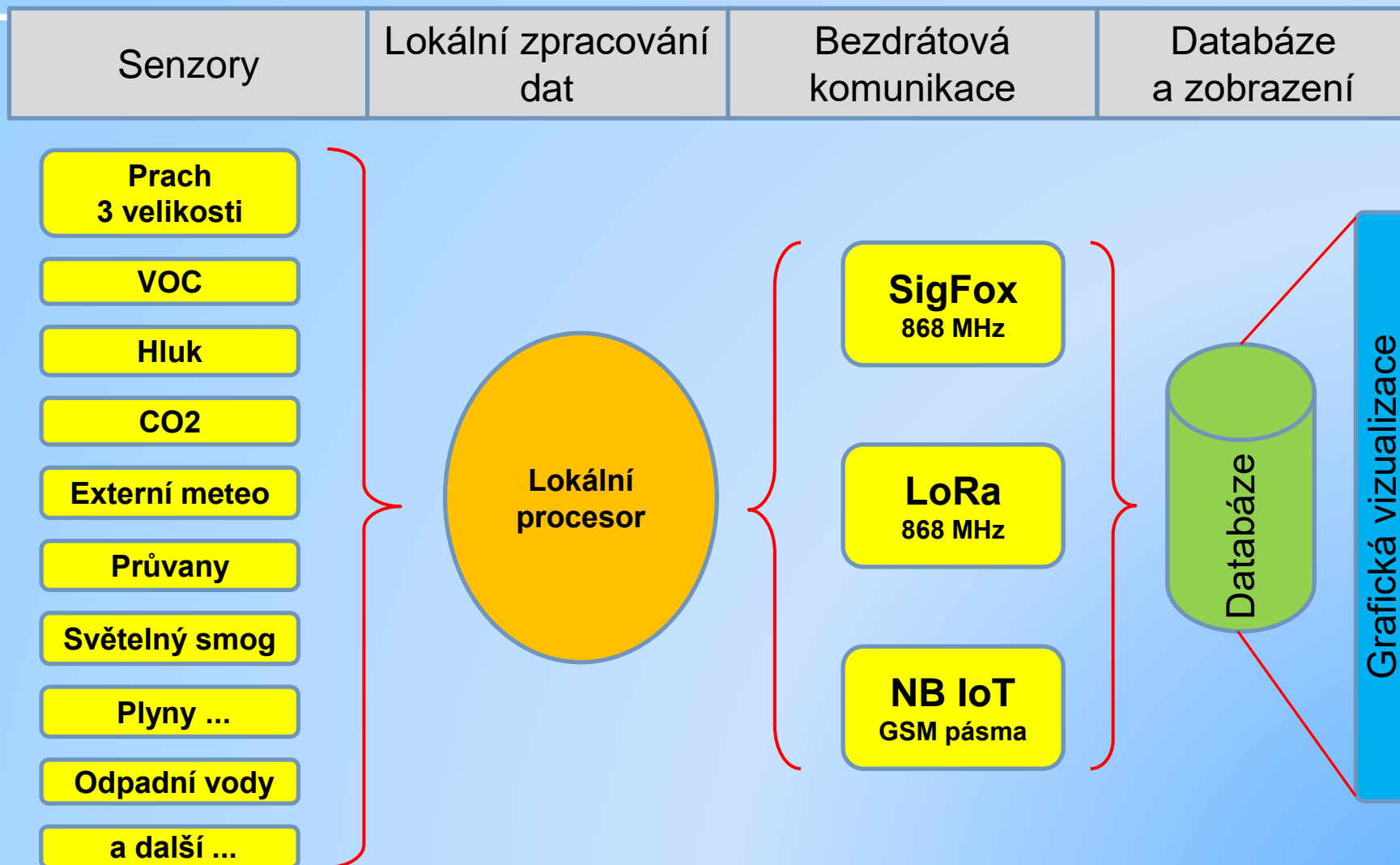
Instalace na sloup veřejného osvětlení



Přívod napájení z rozvodu veřejného osvětlení

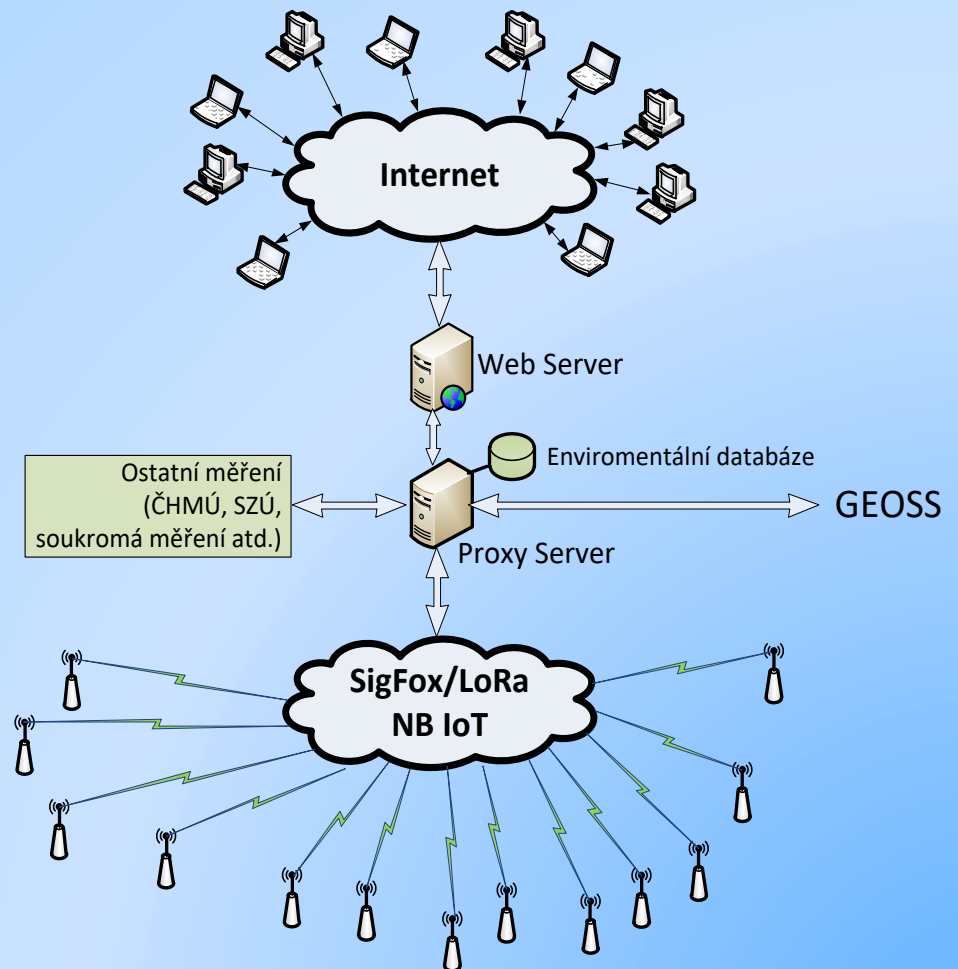
Obvykle 4 až 5 m nad úrovní vozovky

Modulární stavba senzorké jednotky



Příklad senzorní sítě

- Sensory naměří hodnoty znečištění prostředí
- Naměřené údaje jsou přeneseny prostřednictvím rádiové sítě do centra
- Zde jsou zpracovány a uloženy
- Uživatel se může dívat na hodnoty pomocí vizualizace na webových stránkách (internet)
- Jednotlivé senzory jsou levné
- Může jich tedy být dostatečné množství - podle potřeb
- Měří ve reálném čase
- Data mohou být dále použita
 - např. pro informaci obyvatel
 - jako podklady pro investiční záměr...



AirTracker – měřené veličiny

- **Koncentrace prachových částic**
PM₁ (0.3 - 1.0 μm), PM_{2,5} (1 - 2.5 μm), PM₁₀ (2.5 - 10 μm)
rozsah 0 až 500 μg/m³, přesnost 10%
- **Maximální a průměrná hodnota hluku**
(50-120 dBSPL, přesnost ±1dB(A)SPL v celém rozsahu)
- **Koncentrace těkavých organických látek VOC s**
ionizačním potenciálem <10.6 eV (rozsah 1 - 1000 ppb,
nelinearita <3%)
- **Volitelné koncentrace:** CO (oxid uhelnatý), H₂S (sirovodík),
NO (oxid dusnatý), NO₂ (oxid dusičitý), O₃ (ozon), SO₂ (oxid
siřičitý)

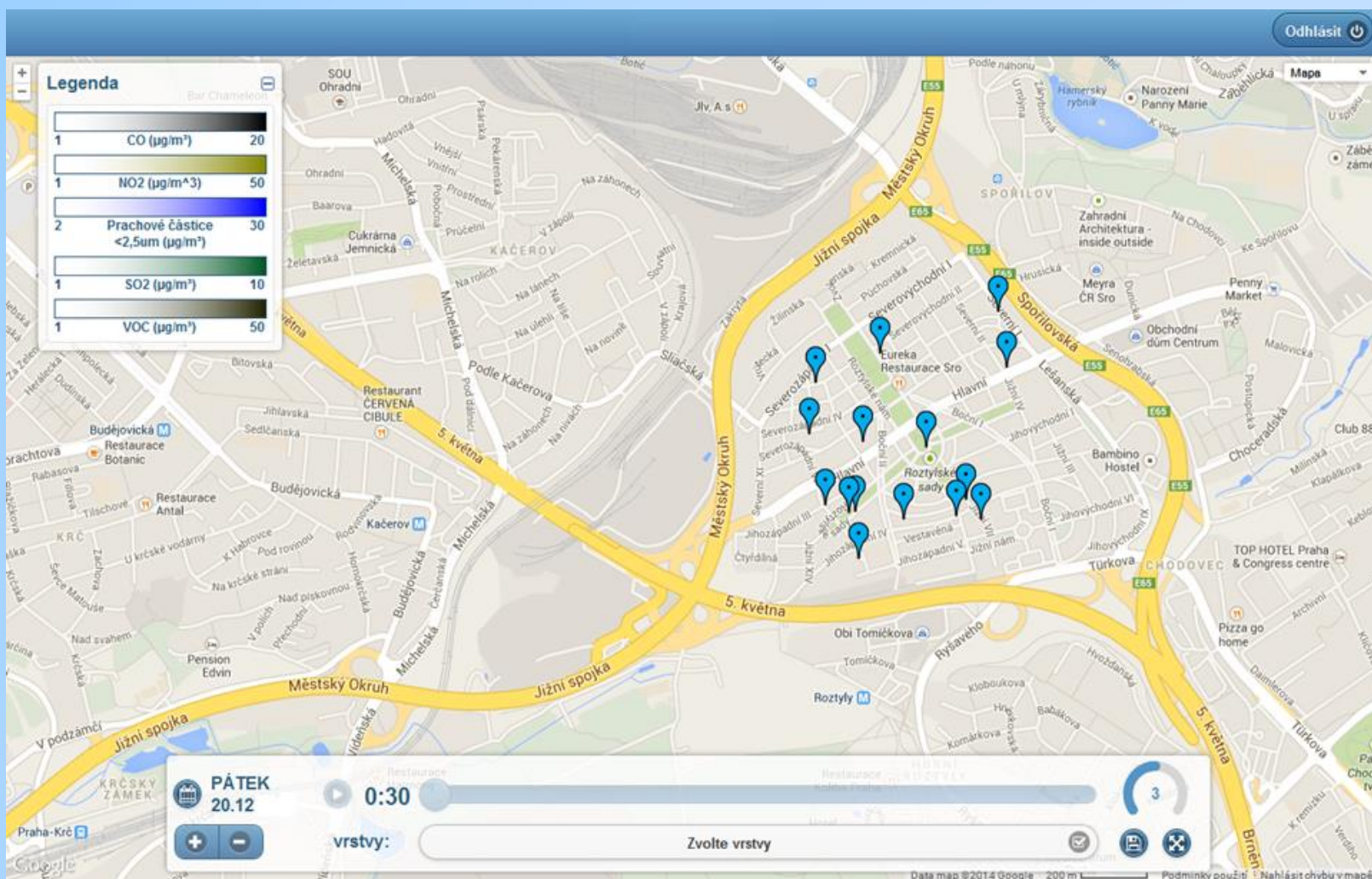
Další polutanty

- Možnost detekovat i další látky
- **Modulární výstavba senzorické jednotky** systému AirTracker umožňuje doplnit systém senzorem pro libovolný polutant
 - např. methan, NO₂, NO, O₃ ...
 - lze kombinovat různé typy senzorů v jednotce i v síti

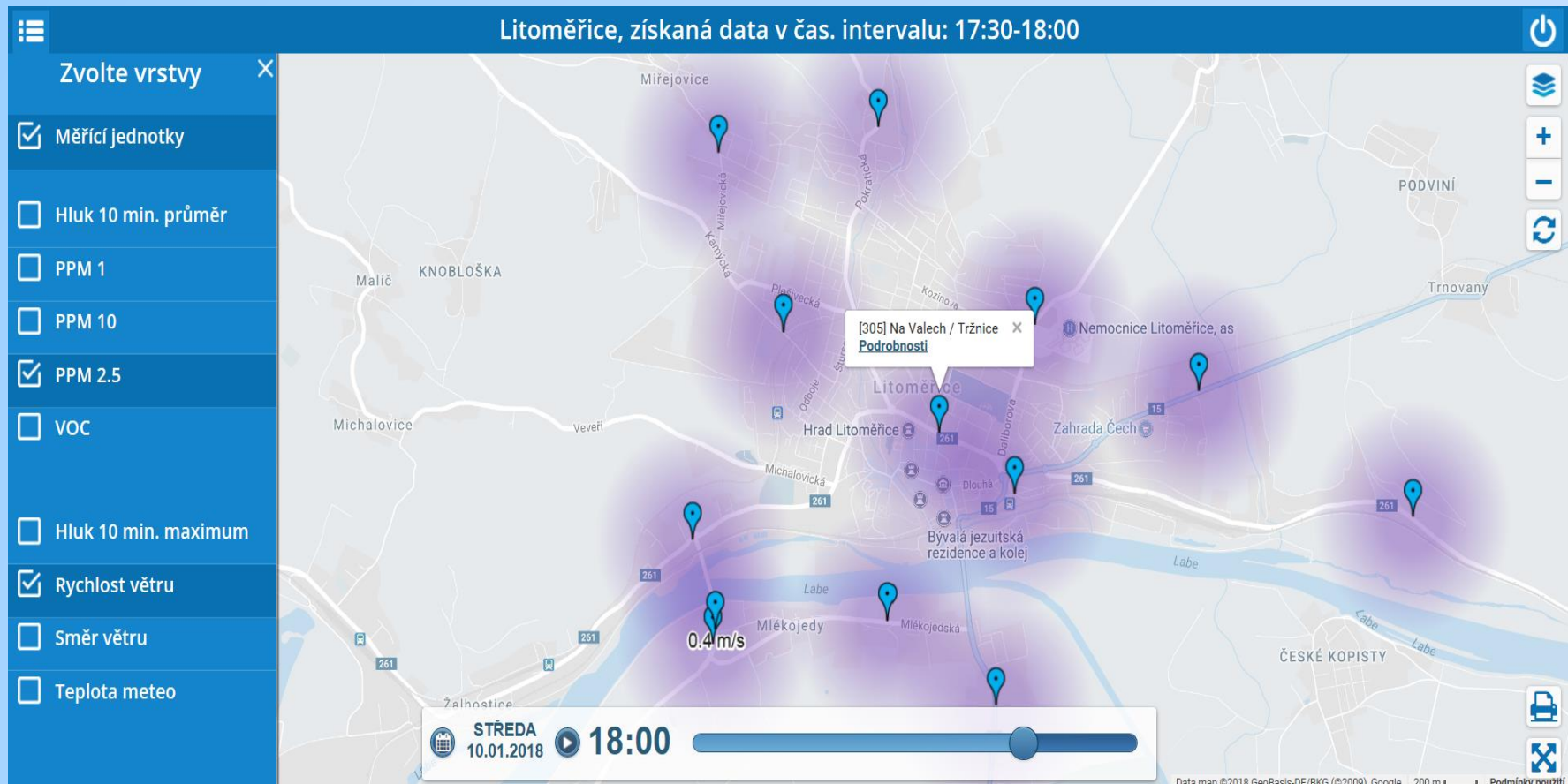
Nové typy senzorů

- **senzor průvanu**
 - pro použití v budovách – řízení větrání
 - měří rychlost a směr proudícího vzduchu
 - rychlost 0,05 m/s až 5 m/s
 - směr v horizontální rovině 0 až 360°
 - vzorky k dispozici 09/2018
- **senzor námrazy**
 - měří skutečnou námrazu bez „dopočítávání“ z rosného bodu
 - přesnější měření
 - použití na silnicích a dálnicích
 - vzorky 11/2018
- **senzory vibrací**
 - k dispozici v širokém rozsahu měření
 - technologie MEMS
 - použití v síťovém propojení (prostorové měření)
- **indikátor znečištění odpadové vody**
 - indikuje změnu ve složení odpadové vody
 - kontinuální měření
 - možnost umístění např. v bóji na řece
- možnost návrhu a realizace senzorické sítě založené na systému AirTracker podle potřeby krátký TTM

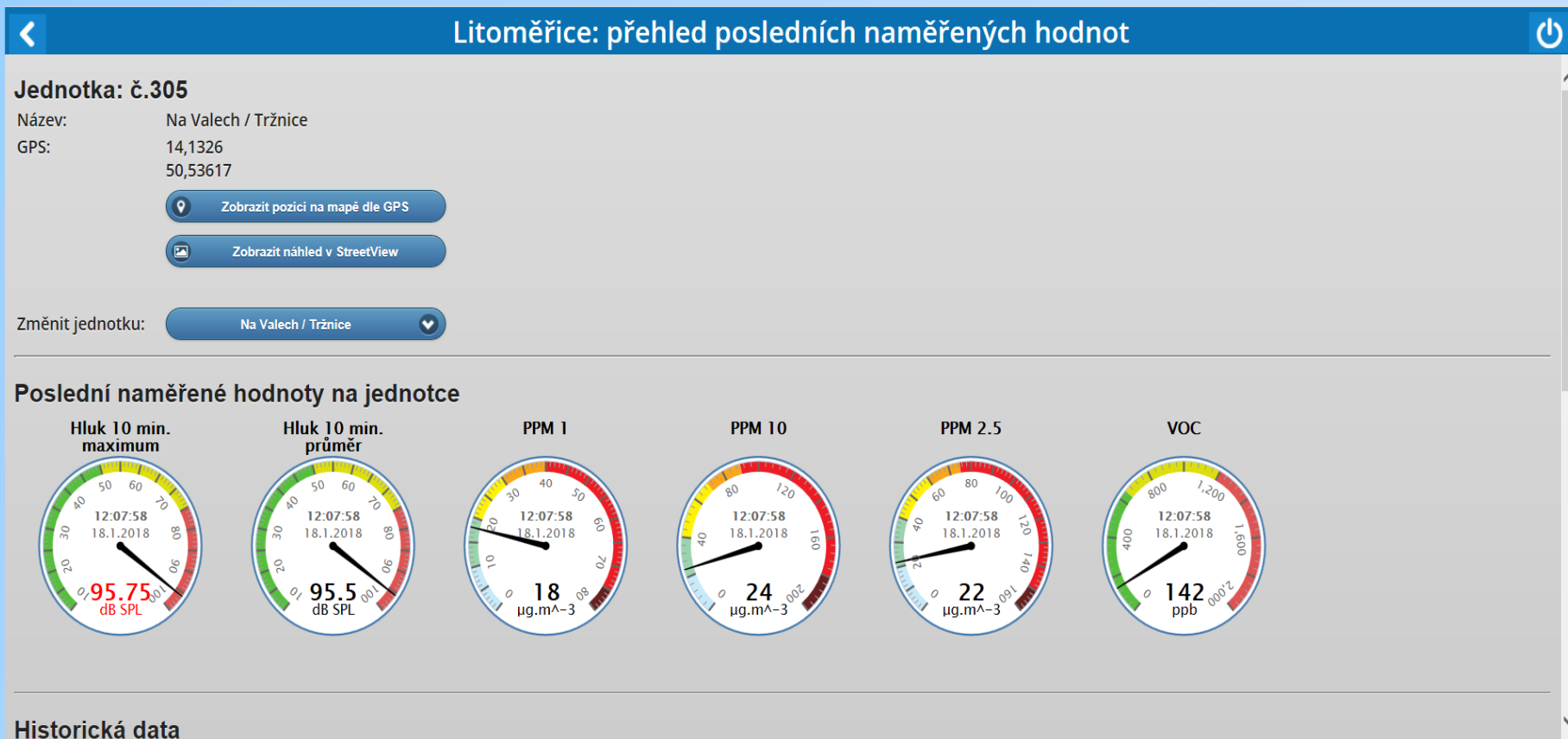
Zobrazování - příklad



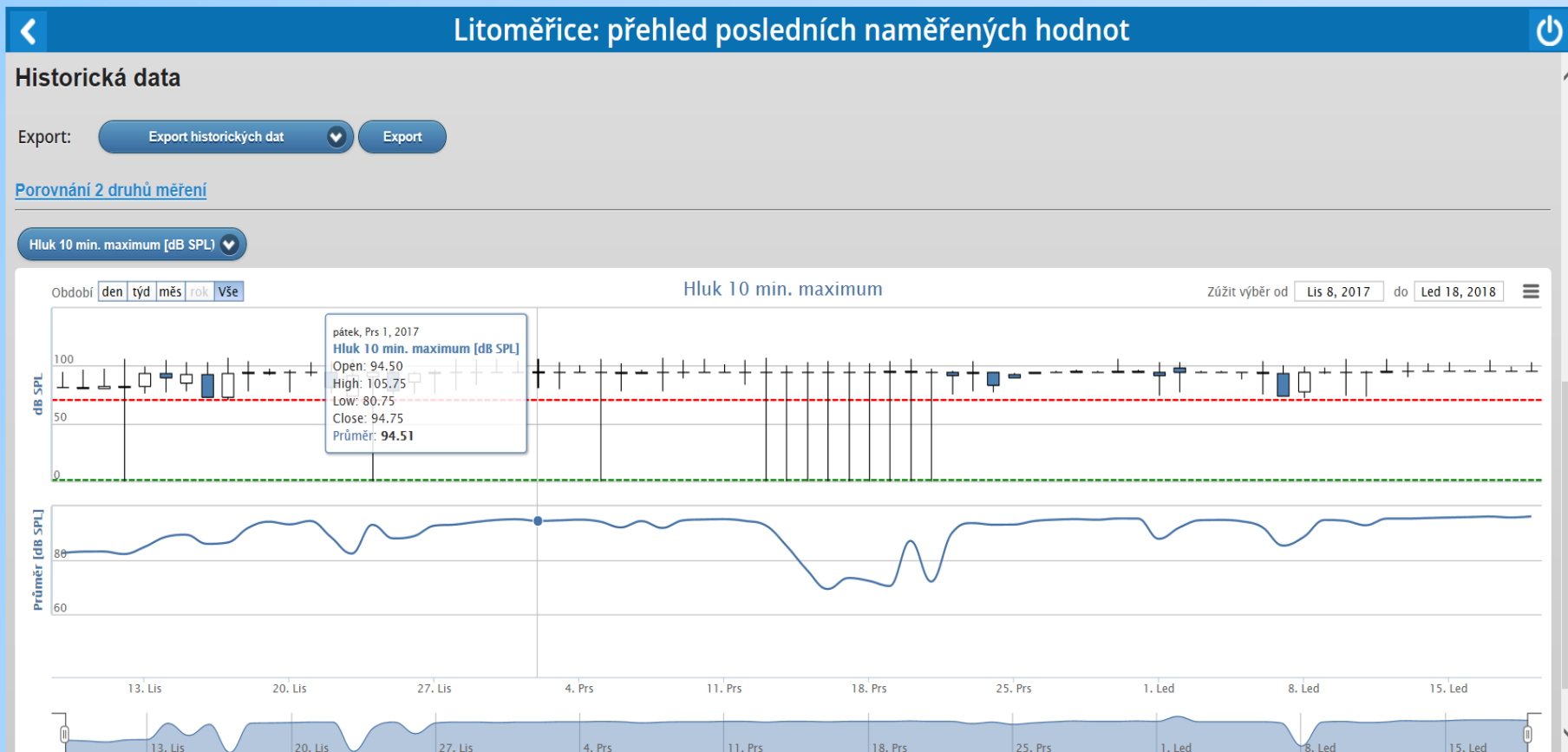
Zobrazování hodnot na obrazovce uživatele



Detail údajů ze senzorické jednotky



Historie údajů ze senzorické jednotky



Program prezentace

1. Představení ČVUT FD, ÚBTI
2. Naše mise
3. Legislativa
4. Environmentální situace - škodliviny / vnitřní, vnější
5. PM, VOC, hluk a CO₂
6. AirTracker – systém pro monitorování ovzduší
7. **AirTracker pro měření PM, VOC, plynů a hluku**
8. AirTracker pro měření CO₂
9. MobilTracker – mobilní senzory
10. Podmínky provozu AirTracker
11. Výhody systému AirTracker a komerční modely

AirTracker- senzor prašnosti

Vstup senzoru
prašnosti



Výstup senzoru
prašnosti

- Instalace prachových čidel je vhodná například v okolí průmyslových zón, cementáren, vápenek a povrchových lomů, rozvodn, autobusových či vlakových stanic...
- Senzor nasává kontrolované množství vzduchu
- Následně přivede vzduch k elektrooptickému čidlu detekce prachu
- Rozlišuje částice 1um; 2,5um; 10um

AirTracker - meteostanice



- Meteostanice zobrazuje detaily vlastního měření
- Data vstupují do databáze pro shromažďování údajů k následnému využití
- Vizualizační systém na internetu
- Využití při měření v senzorické síti

AirTracker – měření meteostanice

- **Vlhkost**
 - 0% až 100% relativní vlhkosti, přesnost 3%
- **Teplota**
 - -40°C až +85°C, přesnost 1°C v celém rozsahu; při 25°C je přesnost 0,5°C
- **Atmosférický tlak**
 - 300 až 1100 hPa, přesnost 1 hPa absolutní, (relativní 0,12 hPa)
- **Směr větru**
 - 0° až 360°, 16 poloh (rozlišení 22,5°) přesnost měření +/- 11,25° pro minimální rychlost větru 4,8 km/h
- **Rychlost větru**
 - 0 až 200 km/h, rozlišení 0,16 km/h; přesnost ± 5%; minimální rychlost větru 4,8 km/h (při této rychlosti je zobrazena hodnota 0 km/h)
- **Srážkoměr – zvláštní příslušenství**
 - měření v krocích po 0,3 mm

Senzory plynů

- Měření plynných polutantů
- Elektrochemické senzory
 - velmi nízká koncentrace plynu
 - nízká stabilita, krátká životnost
 - křížová citlivost mezi plyny, např. senzorů NO_2 na O_3
- NO , NO_2 , O_3 , CO , SO_2 , H_2S



Senzory plynů, rozsah měření a rozlišení

- Elektrochemické snímače je třeba po určité době měnit
 - doporučená doba provozu max. 2 roky, ale běžnější je 1 rok
 - poté znovu kalibrovat
 - toto je hlavní důvod pro samostatnou externí montáž
- **Zvýšená citlivost** v případě výskytu extrémních výkyvů počasí (teploty pod 0° C a zejména vysoko nad 30° C) naměřené hodnoty musí být korigovány pomocí kalibračních algoritmu
- Týká se všech dostupných jednotek na trhu

Kombinace měření

- Pokud nepoužijeme VOC senzor, v jednom "senzorovém boxu" můžeme měřit tři různé plyny ze seznamu:
 - NO, NO₂, O₃, CO, SO₂ nebo H₂S
- Každý další elektrochemický senzor je nutné předem testovat

AirTracker – hlukový senzor



Senzor hluku dokáže rozlišovat na základě vzorců různé zvukové projevy a hladinu zvuku (např. elektrické sršení)

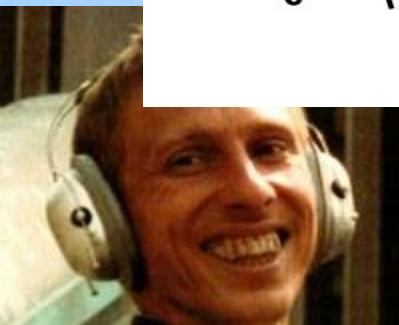
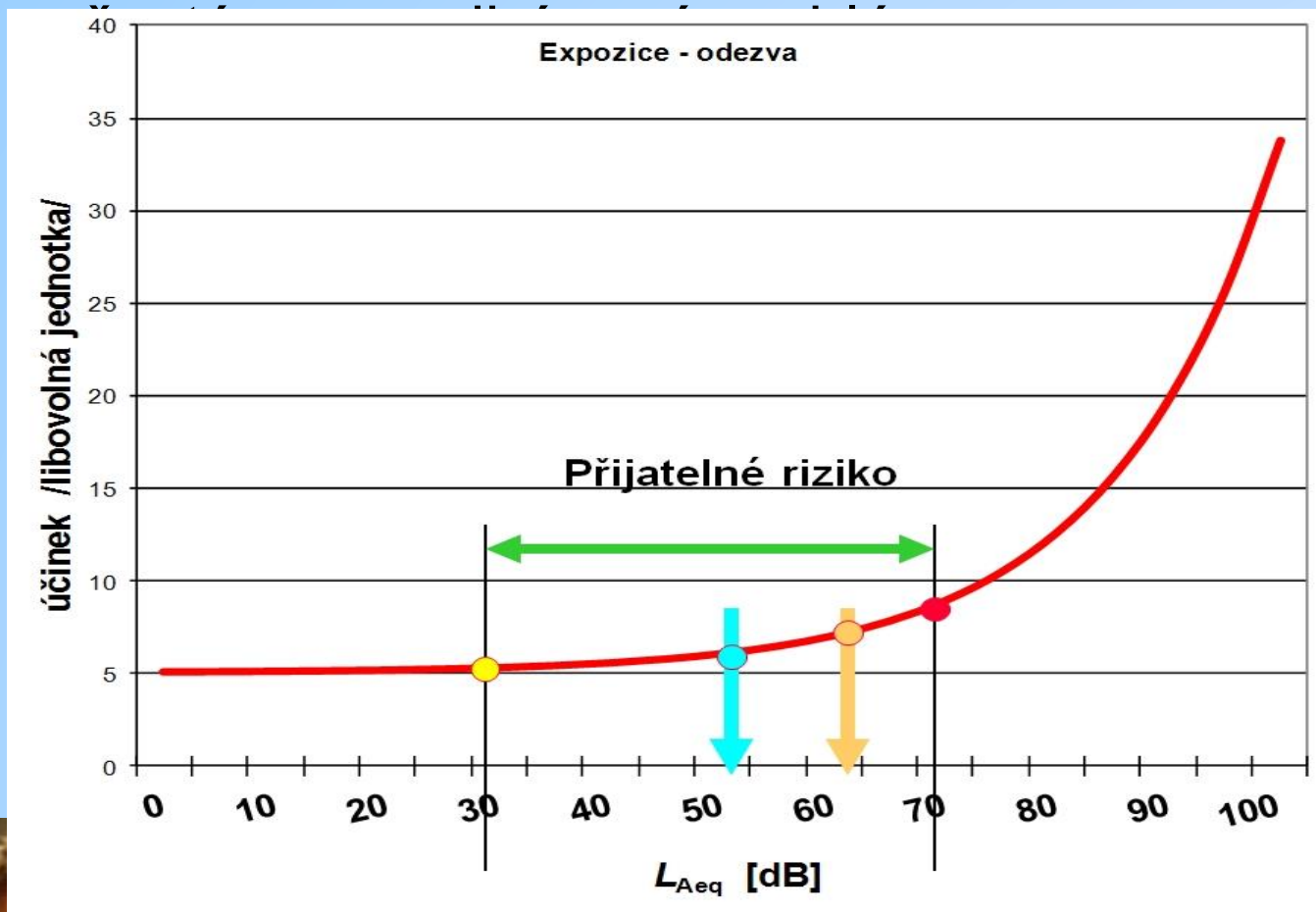
Obsahuje

- Kondenzátorový mikrofon s ochranou mřížkou
- Kabel pro připojení k elektronickému modulu
- Elektronický modul pro zpracování signálu z mikrofonu
- Filtraci filtrem typu A
- Detekci efektivní hodnoty.

AirTracker – měření hlukový senzor

- Maximální hladina hluku* 50-100 dB(A) SPL
- Průměrná hladina hluku* 50- 100 dB(A) SPL
- Časové váhování výpočtu RMS 1s (režim SLOW)
přesnost měření ± 1 dB(A) SPL
- Každý senzor je kalibrovaný
- Pro každý interval čtení je spočítáno maximum a průměrná hodnota hladiny hluku

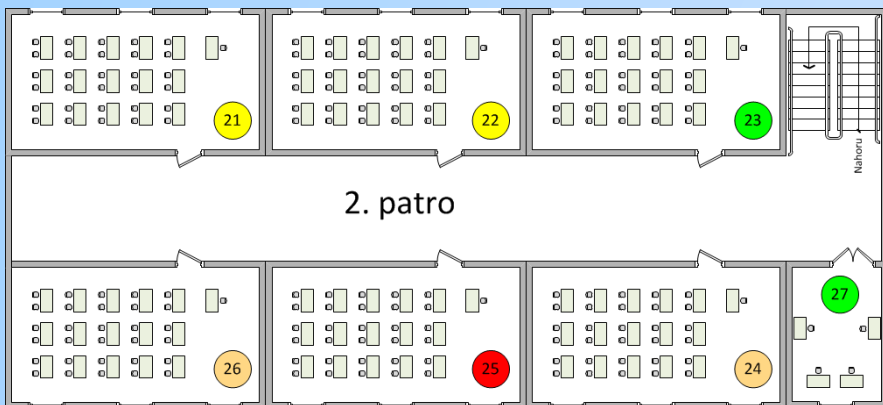
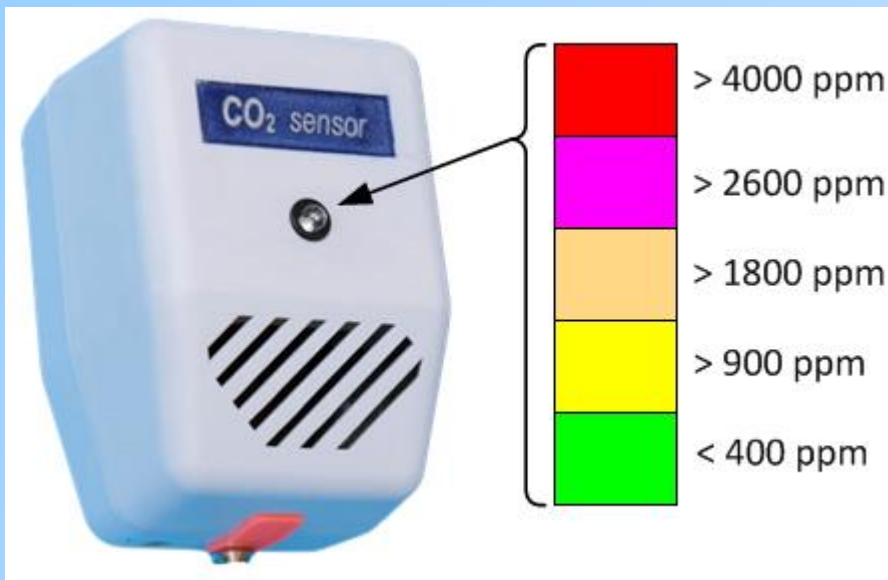
Hluk – příklad zobrazení



Program prezentace

1. Představení ČVUT FD, ÚBTI
2. Naše mise
3. Legislativa
4. Enviromentální situace - škodliviny / vnitřní, vnější
5. PM, VOC, hluk a CO₂
6. AirTracker – systém pro monitorování ovzduší
7. AirTracker pro měření PM, VOC, plynů a hluku
8. **AirTracker pro měření CO₂**
9. MobileTracker – mobilní senzory
10. Podmínky provozu AirTracker
11. Výhody systému AirTracker a komerční modely

AirTracker – CO₂



- Senzorická jednotka pro měření CO₂
- Napájení ze zásuvky
- Vizualizace
 - lokální upozornění až v sedmi barevných stupních
 - systém monitorování na internetu (grafické rozhraní)
- Propojení s indikátory vnějšího znečištění

AirTracker - měření CO₂

- **CO₂** v rozsahu 0-2000 ppm, 0-5000 ppm přesnost měření CO₂ ±50 ppm nebo +/- 3%, nelinearita < 1% z celého rozsahu
- **Teplota** v rozsahu +10°C až +45°C s přesností ±0.5°C, (max. rozsah -55°C to +125°C přesnost 2°C)
- **Atmosférický tlak** v rozsahu 300 až 1200 mbar, přesnost 1 mbar, rozlišení 0,024 mbar
- Přímá kontrola překročení limitů pomocí LED

Program prezentace

1. Představení ČVUT FD, ÚBTI
2. Naše mise
3. Legislativa
4. Environmentální situace - škodliviny / vnitřní, vnější
5. PM, VOC, hluk a CO₂
6. AirTracker – systém pro monitorování ovzduší
7. AirTracker pro měření PM, VOC, plynů a hluku
8. AirTracker pro měření CO₂
9. **MobileTracker– mobilní senzory**
10. Podmínky provozu AirTracker
11. Výhody systému AirTracker a komerční modely

MobileTracker – mobilní senzory

- Mobilní senzorová jednotka je navržena jako jednotka pro snímání
- Vybavena senzory (VOC, plyny, např. NO, H₂S atd.)
- Komunikuje s aplikací mobilního telefonu
- Aplikace potřebuje rozhraní Low Power Bluetooth na mobilním telefonu
- Zde je vytvořena dočasná databáze, která je následně přenášena na server prostřednictvím sítě GSM
- Dočasná databáze umožňuje prohlížení naměřených hodnot na displeji telefonu

MobileTracker – mobilní senzory

- Aplikace umožňuje přidávat doplňující informace prostřednictvím implementovaného dotazníku (např. "existence zápachu")
- Možnost pořídit záznam důležitého jevu - kouře z komína nebo nepořádek na straně silnice
- Obě části mobilního systému jsou napájené bateriemi
- Počet zpráv není omezen
- Aplikaci (dotazník a fotografie) je možné využívat samostatně

Program prezentace

1. Představení ČVUT FD, ÚBTI
2. Naše mise
3. Legislativa
4. Environmentální situace - škodliviny / vnitřní, vnější
5. PM, VOC, hluk a CO₂
6. AirTracker – systém pro monitorování ovzduší
7. AirTracker pro měření PM, VOC. plynů a hluku
8. AirTracker pro měření CO₂
9. MobilTracker – mobilní senzory
10. Podmínky provozu AirTracker
11. Výhody systému AirTracker a komerční modely

AirTracker - podmínky provozu

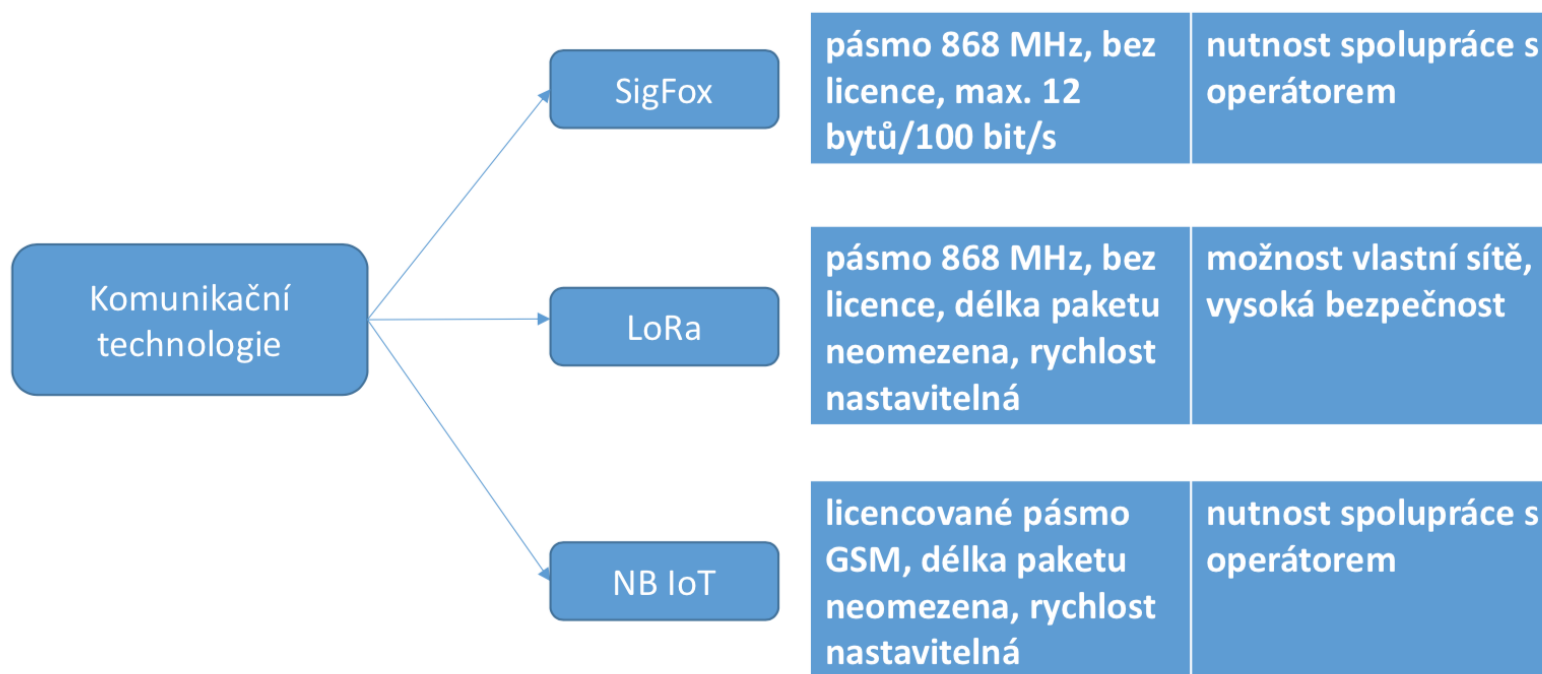
Všechna zařízení AirTracker splňují následující podmínky:

- Provozní teplota -20°C až $+ 50^{\circ}\text{C}$
- Napájecí napětí 18V až 250V
- Spotřeba energie cca 3W
- Ochrana prostředí IP65
- Jednotky jsou obvykle instalovány na stožáry veřejného osvětlení s velmi malou úpravou v rozvaděči pro veřejné osvětlení
- Díky tomuto patentovanému řešení jsou jednotky trvale napájeny i v době, kdy je veřejné osvětlení vypnuto

Otázka životnosti senzorů

- AirTracker s měřením VOC a prachových částic v základní konfiguraci
 - technologie snímání se liší od ostatních senzorů, např. senzorů plynů
 - životnost senzorů bez nutnosti recalibrace po dobu delší než 2 roky
- Sensory měření plynů mají kratší dobu životnosti
- Sensory plynů jsou instalovány externě v malé skříňce, kterou lze namontovat v poloze snímače VOC
- Snadná výměna senzorů
- Malá skříňka se snímači umožňuje pouze některé konfigurace senzorů

AirTracker - komunikace



- Technologie firmy SigFox byla představena v roce 2012
- Základ předpokládá existenci sítě SigFox s plošným pokrytím
- Optimalizována na extrémně nízkou spotřebu energie na straně koncových zařízení
- Řešení obecně zahrnováno mezi sítě LPWAN1 používající pro komunikaci velmi úzké frekvenční kanály, tzv. technologii UNB2
- Použit velmi pomalý přenos, obvykle 100 bit/s

- **System LoRa je navržen a podporován otevřenou aliancí „Lora Alliance“**
 - otevřené, neziskové sdružení členů, kteří sledují standardizaci LPWAN
 - cíl je maximálně podpořit rozmístění uzlů systému LoRa po celém světě
 - ÚBTI je členem LoRa Alliance
- **směřuje k podpoře internetu věcí (IoT)**
 - komunikace machine-to-machine (M2M)
 - aplikace např. Smart City nebo průmyslové aplikace
 - LoRa je otevřená technologie, symetrická a podporovaná standardy
- **síť LoRa** používá pokročilé metody radiové komunikace
- LoRa je plně virtualizovaná síťová architektura
- energeticky nenáročné algoritmy senzorických jednotek
- veškerý provoz je řízen prostřednictvím funkcí soustředěných v centrálním řadiči – serveru

NB-IoT

- Nová bezdrátová úzkopásmová technologie speciálně vyvinutá pro IoT
- Nasazení v pásmech GSM a LTE
- Standardizovaná (3GPP)
- Dobré pokrytí uvnitř budov
- Podpora masivního počtu zařízení
- Optimalizovaná spotřeba energie
- Využití spektra s řadou možností nasazení pro GSM, WCDMA nebo LTE
 - standalone – výměna části GSM pásma za NB-IoT pásmo
 - in-band – flexibilní využití části LTE pásma
 - guard-band - ochranné pásmo ve spektru

Analytický a vizualizační software

- **Analytický a vizualizační software** je standardní součástí komerčně dodávaných SCADA systémů
 - Obecně je však složitý na implementaci a použití
- ÚBTI vyvinul vlastní systém pro senzorickou dopravně-environmentální síť provozovanou v experimentální lokalitě Praha 4, další pro Prahu 6, a množství dalších implementací pro města...
 - Systém je mnohem jednodušší, uživatelsky příjemný a používá pouze technologie web
- Z hlediska projektu je software cílem, sloužícím zejména
 - k vytvoření systému včasné výstrahy
 - snadnou práci s výsledky měření ze senzorů
 - pro následné zapojení do mezinárodních aktivit pro monitoring země (GEOSS, INSPIRE apod).
 - evropské projekty (data jsou vhodná i pro bezpečnostní projekty)

AirTracker - software

- Vhodné komunikační rozhraní je nutno zvolit v „Projektu“ (nároky na rychlost, objemy dat, bezpečnost)
- Pro zpracování dat se používá většinou proprietární software, který např. data z cloudu SigFox přenáší do databáze AirTracker
- Senzorické jednotky předávají naměřená data prostřednictvím komunikační sítě do databáze
- Pro zobrazování výsledků měření na webové stránce je možné použít grafické uživatelské rozhraní AirTracker (historická data, odesílání SMS)

Program prezentace

1. Představení ČVUT FD, ÚBTI
2. Naše mise
3. Legislativa
4. Environmentální situace - škodliviny / vnitřní, vnější
5. PM, VOC, hluk a CO₂
6. AirTracker – systém pro monitorování ovzduší
7. AirTracker pro měření PM, VOC, plynů a hluku
8. AirTracker pro měření CO₂
9. MobilTracker – mobilní senzory
10. Podmínky provozu AirTracker
11. **Výhody a shrnutí systému AirTracker a komerční modely**

AirTracker – výhody a shrnutí

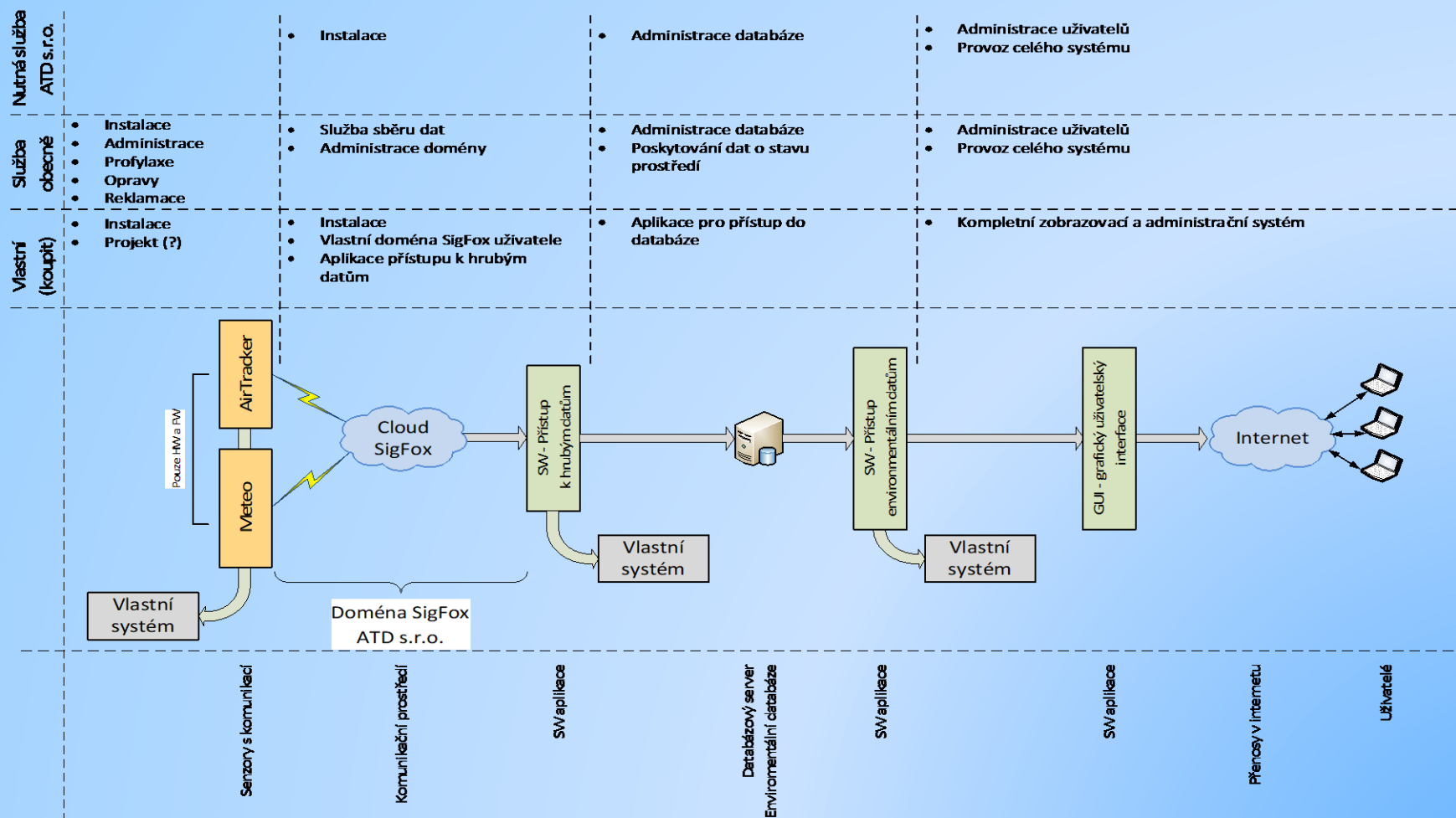
- **AirTracker** je komplexní modulární systém
 - Aplikuje zkušenosti z 15-letého výzkumu a vývoje
 - Nasazuje se jako klasický „projekt“
 - Provozuje a porovnává vnitřní i vnější měření
 - Zobrazení dat na internetu, u CO₂ i lokálně (LED dioda, 7 barev)
 - Uživatelsky jednoduché, škálovatelné
 - Široká škála cenově dostupných snímačů
 - Přesnost a podrobná analýza je srovnatelná se stacionárním měřením – na úrovni „hlavy člověka“
 - Využitelnost v mezinárodních výzvách „Lighthouse City“, Smart City, atd
 - Vyrobeno dle ESČ, certifikace a kalibrace podle standardů

Zkušenosti - moderní přístup k řešení

- Každý občan „naštěstí“ nemůže být odborníkem v otázkách životního prostředí
 - zajímá ho zda je prostředí znečištěno nebo ne
 - **postačuje 5 až 6 stupňů** informujících o kvalitě prostředí
- Odpovědnost padá na státní a městské úředníky
 - musí plně porozumět a znát kvalitu ovzduší
 - na základě měření v **reálném čase** a legislativy přijímat účinná opatření
- Statické bodové systémy měření ovzduší
 - nezachytí **celkovou povahu** místního škodlivého znečištění
 - většinou průměrují v delším časovém intervalu
- Znečišťující látky je nutno indikovat, stále sledovat, predikovat šíření a průběžně přijímat opatření
- Není nutno měřit všechno, ale je potřeba měřit to, co má vypovídací hodnotu pro danou oblast
- Nejpřehlednější je prašnost, hluk a VOC



Komerční struktura



AirTracker - komerční modely

Výzkumná skupina ÚBTI

spolupracuje se svou komerční spin-off firmou *ATD s.r.o.*, která zprostředkovává kompletní systém upravený podle požadavků zákazníka ve třech obchodních modelech:

- nákup senzorických jednotek (investice), provozování a dodávka dat komerční firmou, včetně servisu
- komplexní dodávka dat komerční firmou formou služby, smlouva minimálně na dva roky (žádná investice)
- nákup senzorických jednotek, vlastní zpracování dat - databáze, zobrazení (investice)

Dynamické zobrazení

Artist: Unknown
Title: Unknown

MPEG-4 File
Genre: Unknown

FE82BBAB.mp4
MPEG-4 RAW bitstream
AAC, Stereo
192 kbps, 48000 Hz

Orban/Coding Technologies AAC/HE-AACv2 Player Plugin™
MP4/3GP AAC/HE-AACv2 Audio File/Stream Decoder 1.1.51

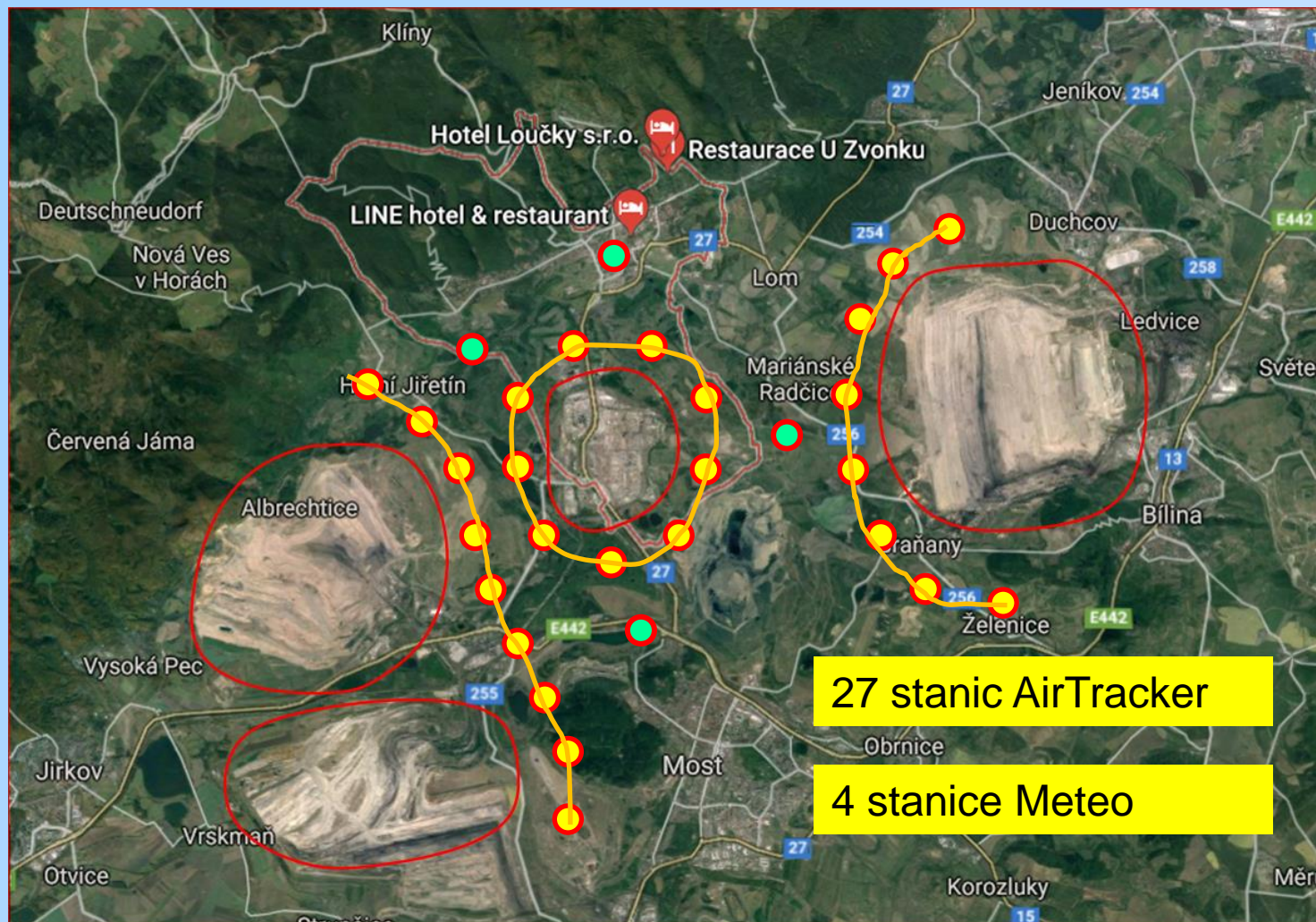
Poučení z historie



Příklad řešení podle projektu...



Příklad řešení podle projektu ...



Děkuji za pozornost

Nora Velat

<https://security.fd.cvut.cz>

e-mail: velatnor@fd.cvut.cz