

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2021

Filip MARŠÍK

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ
A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

MONITORING ODLEHČOVACÍCH KOMOR
NA STOKOVÉ SÍTI KARLOVY VARY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Lenka PAVLÍČKOVÁ, Ph.D.

Diplomant: Bc. Filip MARŠÍK

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Filip Maršík

Krajinné inženýrství
Regionální environmentální správa

Název práce

Monitoring odlehčovacích komor na stokové síti Karlovy Vary

Název anglicky

Project of monitoring relief chambers on the sewer network of Karlovy Vary

Cíle práce

Cílem práce je zpracování technického přehledu o možných způsobech monitoringu odlehčovacích komor na stokové síti jednotné kanalizace v Karlových Varech. Zpracování rešerše k dostupným a provozovatelem vybraným technickým zařízením, praktické ověření dostupnosti a kvality signálu zařízení změřením přímo na odlehčovacích komorách – měřením na terénu, pod poklopem a v nejkrytějších místech komory.

Metodika

Měření bude provedeno na vybraných lokalitách – reprezentativní vzorky dle prostředí, ve spolupráci s provozovatelem kanalizace se zapůjčením testovacích přenosových zařízení vysílajících informací – indikaci zaplavení v síti internetu věcí. Výstupem bude vyhodnocení zjištěných skutečností, doporučení dle poznatků a implementace dat do geografického informačního systému provozovatele kanalizace.

Doporučený rozsah práce

50

Klíčová slova

Internet věcí, odlehčení, indikace zaplavení, záplavové čidlo, recipient

Doporučené zdroje informací

- Maršík, F., 2019: Odlehčovací komory na stokové síti Karlovy Vary. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Nejdek. 108 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep. Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování.
- NOVÁK, J. – SDRUŽENÍ OBORU VODOVODŮ A KANALIZACÍ ČESKÉ REPUBLIKY. *Příručka provozovatele stokové sítě*. Líbeznice u Prahy: Vydalo Medim pro SOVAK ČR, 2003. ISBN 80-238-9947-3.
- NYPL, V. – SYNÁČKOVÁ, M. – SYNÁČKOVÁ, M. *Zdravotně inženýrské stavby 30 : stokování*. Praha: ČVUT, 1998. ISBN 80-01-01729-.
- Vodakva, 2017: Kanalizační řád města Karlovy Vary a obcí Andělská Hora, Březová, Dalovice, Jenišov, Kolová, Otovice, Pila, Sadov, Hájek u Ostrova, Hory. (platnost do 31. 12. 2022). Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.
- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.
- Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Lenka Pavlíčková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 2. 3. 2021

prof. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 3. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 07. 03. 2021

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma: Monitoring odlehčovacích komor na stokové síti Karlovy Vary vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Nejdku dne 21. 3. 2021


.....

Poděkování

Vypracování diplomové práce by nebylo úspěšné bez vedoucí práce, podpory rodiny, spolužáků, přátel a kolegů z karlovarské vodárny. Děkuji přítelkyni Veronice a dceři Barborce za podporu a čas, který jsem mohl věnovat studiu a diplomové práci. Děkuji přátelům a kolegům z Vodakvy, především Václavu Waldmannovi, za absolutní spolupráci v terénu. Děkuji kolegům spolužákům za spolupráci při studiu, které úzce souviselo s touto prací a v neposlední řadě děkuji vedoucí práce Ing. Lence Pavlíčkové, Ph.D. za čas, který mi věnovala.

Diplomová práce mě opět naučila mnoho nových věcí. Vážím si Vás a děkuji Vám.

Abstrakt

Práce je zaměřena na zpracování technického přehledu o možných způsobech monitoringu odlehčovacích komor na provozovaných systémech jednotné kanalizace města Karlových Var v provozu Vodakvy. Úkolem je praktické ověření dostupnosti kvality signálu vybraných zařízení a internetu věcí v odlehčovacích komorách. Pro zjištění konkrétních technických údajů o jednotlivých poskytovatelích přímo z terénu bylo postupováno dle vypracované metodiky, komory byly navštíveny, u každé komory bylo provedeno měření signálu pomocí zapůjčeného měřicího/vysílacího zařízení od provozovatele kanalizace a dálkově ověřena kvalita signálu. Zjištěné skutečnosti byly zaznamenány, podrobeny rozboru a souhrnně zpracovány do mapových výstupů pomocí softwarového programu GISu dle provozovatelem určených poskytovatelů internetu věcí – byla vyhotovena společná srovnávací mapa a souhrnná tabulka s výsledky. Výsledkem jsou statistické přehledy a souhrnná tabulka se zaznamenanými informacemi. Mapové výstupy byly předány provozovateli a implementovány do geografického informačního systému. Přínosem práce je doporučení provozovateli kanalizace v zájmovém území nejvhodnější monitorovací technologie na konkrétním objektu odlehčovací komory a rešerše o testovaných technologiích.

Klíčová slova

Internet věcí, lorawan, sigfox, indikace zaplavení, odlehčení, recipient, záplavové čidlo.

Abstrakt

The work is focused on the elaboration of a technical overview of possible ways of monitoring relief chambers on the operated systems of the unified sewerage system of the city of Karlovy Vary in the operation of Vodakva. The task is a practical verification of the availability of signal quality of selected devices and the Internet of Things in sewerage chambers. To find out specific technical data about individual providers directly from the field, the methodology was followed, the chambers were visited, the signal was measured at each chamber using a borrowed measuring / transmitting device from the sewer operator and the signal quality was remotely verified. The ascertained facts were recorded, analyzed and summarized into map outputs using the GIS software program according to the operators of the Internet of Things designated by the operator – a joint comparative map and a summary table with results were prepared. The result is statistical reports and a summary table with recorded information. The map outputs were handed over to the operator and implemented into a geographic information system. The contribution of the work is the recommendation of the sewerage operator in the area of interest of the most suitable monitoring technology on a specific object of the relief chamber and a search for the tested technologies.

Key words

Internet of things, lorawan, sigfox, overflow indication, overflow sewerage, recipient, relief sensor.

Přehled použitých zkratk:

AA	Baterie tužková, klasická
B	Beton
ČOV	Čistírna odpadních vod
ČSN	Česká státní norma
ČSOV	Čerpací stanice odpadních vod
dB	Decibel, jednotka hladiny intenzity zvuku
DN	Jmenovitý vnitřní průměr potrubí
EN	Evropská norma
GIS	Geografický informační systém
IoT	Internet of Things (internet věcí)
KT	Kameninová trouba
OK	Odlehčovací komora
OS	Odlehčovací stoka
PVC	Polyvinylchlorid
SOVAK	Sdružení oboru vodovodů a kanalizací v ČR
TNV	Technická norma vodního hospodářství
VO	Výústní objekt

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	2
3. Literární rešerše.....	3
3.1 Legislativa, normy	3
3.2 Kanalizace, stoková soustava	4
3.3 Odlehčovací komory	6
3.4 Výusti odlehčovacích komor	8
3.5 Geografický informační systém	10
3.6 Internet věcí (Internet of Things, IoT).....	10
3.7 Signalizace, signál, RSSI, dBm.....	12
3.8 LoRa	13
3.9 SigFox	14
4. Charakteristika studijního území.....	18
4.1 Město Karlovy Vary	18
4.2 Kanalizační systém města Karlovy Vary	19
4.3 Výčet odlehčovacích komor	20
4.4 Recipienty odlehčovacích komor na stokové síti Karlovy Vary	22
5. Metodika	25
5.1 Vybrané cíle sledování / monitorování	25
5.2 Příprava zařízení pro sledování signálu a vybavení	26
5.3 Postup práce v terénu a zpracování dat	28
6. Výsledné zhodnocení	30
6.1 Měření lokality.....	30
6.2 Výsledky měření RSSI na určených dvanácti OK	31
6.3 LoRa – porovnání naměřených hodnot s daty od poskytovatele.....	33
6.4 SigFox – porovnání naměřených hodnot s daty od poskytovatele	34

6.5	Rozdělení odlehčovacích komor dle okolní zástavby	37
6.6	Odlehčovací komory dle kategorizace recipientu	38
6.7	Srovnání výsledků měření komor OK 11 a OK 42	39
6.8	Vzorový způsob umístění záplavového hlásiče.....	40
6.9	Alternativní způsob separace splavenin v OK.....	43
7.	Diskuse.....	45
8.	Závěr a přínos práce, doporučení	47
9.	Přehled literatury a použitých zdrojů	49
10.	Přílohy.....	57

1. Úvod

Diplomová práce přímo navazuje na bakalářskou práci **Odlehčovací komory na stokové síti Karlovy Vary**, zpracovanou a obhájenou autorem v roce 2019. Dle metodiky uvedené bakalářské práce bylo dále zrevidováno 116 odlehčovacích komor v Karlovarském, Plzeňském, Středočeském a Ústeckém kraji na provozovaných sítích kanalizace ve správě Vodakvy, a.s. – to uvádím pouze jako report uskutečněné navazující činnosti, jejichž výsledky se tato diplomová práce nezabývá, ale je zde souvislost s následným možným uplatněním výsledků této práce.

Předmětem této práce je zaměření na problematiku spojenou se sledováním četnosti a délky odlehčení odlehčovaných vod z odlehčovacích komor. Legislativa zpřísňuje podmínky vypouštění vod, jak z čistíren, tak i dalších zařízení, kdy se jedná o vypouštění odpadních vod. Protože vše je otázkou nákladů / investic, za které lze pořídit různé technologie a aktuálních podmínek prostředí se zájmovým zařízením ke sledování – v tomto případě odlehčovacích komor, je důležité získat průzkumem více informací o vhodnosti a ověření funkčnosti disponibilních zařízení. Provozovatel tím má možnost sledovat činnost zařízení, získávat důležité informace v reálném čase a v blízké době tímto zefektivněním pravděpodobně uspořit náklady na provozování, které by jinak musel promítnout do cen stočného, potažmo peněženek zákazníků – odběratelů základní služby pro bydlení.

Internet věcí, ve zkratce IoT, je propojením jednotlivých zařízení prostřednictvím internetu bez aktivní účasti člověka. Jednu ze součástí IoT nalezneme v kapse každého z nás, když budeme hovořit o chytrých mobilních telefonech, nebo v různých zařízeních, „udělátek“, v automatizovaných továrnách, kde mají za úkol zvýšit bezpečnost, ergonomii a automatizaci výroby. Jedná se o originální senzory, jinak řečeno čidla, které mají jednoduché úkoly ve smyslu zprostředkování vzdálené odpovědi ano, či ne. Jednoduchá spolupráce je očekávána i od dvou zařízení pracujících na technologii IoT, LoRa a SigFox, jejichž funkčnost byla testována podle metodiky práce přímo v uvažovaném prostředí použití. Tato zařízení jsou dostupná z pohledu porízení a provozovatel má zájem o efektivní a spolehlivé používání předmětné IoT technologie.

2. Cíle práce

Cílem práce je zpracování technického přehledu o možných způsobech monitoringu odlehčovacích komor na stokové síti jednotné kanalizace v Karlových Varech. Zpracování řešerše k dostupným a provozovatelem vybraným technickým zařízením, praktické ověření dostupnosti a kvality signálu zařízení změřením přímo na odlehčovacích komorách - měřením na terénu, pod poklopem a v nejkrytějších místech komory. Měření bude provedeno na vybraných lokalitách - reprezentativní vzorky dle prostředí, ve spolupráci s provozovatelem kanalizace se zapůjčením testovacích přenosových zařízení vysílajících informaci - indikaci zaplavení v síti internetu věcí. Výstupem bude vyhodnocení zjištěných skutečností, doporučení dle poznatků a implementace dat do geografického informačního systému provozovatele kanalizace Vodakvy. Zjištěná data se všemi skutečnostmi uspořádat do souhrnné tabulky.

3. Literární rešerše

3.1 Legislativa, normy

Stoková síť, objekty na kanalizaci, kanalizace všeobecně a věci s tímto související spadají pod příslušnou legislativu, zákony a normy. Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon) uvádí v § 55 Vodní díla odst. 1 c), že kanalizační stoky a kanalizační objekty jsou stavby sloužící k nakládání s vodami, k ochraně před škodlivými účinky vod a k úpravě vodních poměrů nebo k jiným sledovaným účelům. Hlavní zákon, který upravuje některé vztahy vznikající při rozvoji, výstavbě a provozu vodovodů a kanalizací sloužících pro veřejnou potřebu je zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizací pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích) ze dne 10. července 2001, kde v § 12 Kanalizace, odst. 1 uvádí, že navrhování a provedení kanalizace nesmí negativně ovlivnit životní prostředí a musí zabezpečit při dostatečné kapacitě odvádění a čištění odpadních vod z odkanalizovaného území. Při přívalových deštích musí být omezeno znečišťování recipientů. Toto je doplněno vyhláškou Ministerstva zemědělství č. 428/2001 Sb. ze dne 16. listopadu 2001, kterou se tento zákon provádí, kde se uvádí v § 19 odst. 7, že odlehčovací komory musí rozdělit průtok odpadních vod v poměru dle hydrotechnického výpočtu a bezpečně převést návrhový průtok do čistírny odpadních vod. Další část vyhlášky, § 24, specifikuje součásti kanalizačního řádu, a to výčet odlehčovacích komor a jejich rozmístění, uvedení údajů o poměru ředění splaškových vod na přepadech do vodního recipientu (projektovaný a skutečný).

Dle normy TNV 75 6262 Odlehčovací komory a separátory, se navrhují, provádí a provozují odlehčovací komory a separátory na jednotné stokové síti měst, obcí a na dešťových stokových sítích oddílné stokové soustavy průmyslových závodů, či dopravních staveb. Uvádí používané typy zařízení, stanovení návrhových průtoků, navrhování objektů, hydraulické výpočty, stavební uspořádání, provoz, bezpečnost a ochranu zdraví při práci. Vychází z norem ČSN 75 6101, ČSN 75 6401 a ČSN 75 6402. Je důležité zmínit i normu Venkovní systémy stokových sítí a kanalizačních přípojek ČSN EN 752-1: Všeobecně a definice, ČSN EN 752-2: Požadavky, ČSN EN: Navrhování.

Vypouštění odpadních vod do veřejné stokové sítě se řídí kanalizačním řádem, který je vypracován provozovatelem příslušné kanalizace a stanovuje nejvyšší přípustnou míru znečištění odpadních vod vypouštěných do veřejné stokové sítě, dle nařízení vlády č. 401/2015 Sb., nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech (Kanalizační řád města Karlovy Vary 2017). Provozování stokové sítě se provádí dle platného provozního řádu kanalizace. Jedná se o soubor činností k zajištění bezporuchového provozu stokové sítě pro plynulé a bezpečné odvedení odpadní vody do místa jejich čištění. Provoz zajišťuje systematické kontroly, revize, pravidelné údržby a různé opravy (Provozní řád kanalizace 2015). Pro účely řádného provozování kanalizace je zpracován Plán údržby kanalizace, který obsahuje časový harmonogram, četnost jednotlivých úkonů a průběžných opatření prováděných k zajištění provozuschopnosti kanalizačního systému. Provedené činnosti a kontroly v rámci údržby kanalizace jsou evidovány a vedeny provozní záznamy (Plán údržby kanalizace 2018).

3.2 Kanalizace, stoková soustava

Termín kanalizace představuje systém zařízení umožňujících neškodné odvádění splaškových, dešťových a průmyslových vod z obytného území a jejich vyčištění na takovou míru, aby nebyly narušeny ostatní funkce vodního toku. Pod pojem kanalizace patří i stoková síť (Šrytr a Synáčková 1992). Stoková síť neboli soustava, je tvořena stokovými trubními úseky – troubami určenými k podpovrchovému odvádění odpadní vody, které lze rozdělit na sběrače a kanalizační přípojky, dále pak stokovými objekty, které zajišťují správnou funkci stokové sítě a provádění obslužnosti, potřebných kontrol, čištění a údržbu. Stokových objektů je řada, vyjmenujeme-li ty základní, jsou to kanalizační vstupní šachty a spadiště, spojně šachty, spojně komory, rozdělovací komory, uliční vpusti, lapače splavenin, proplachovací objekty, dešťové nádrže, větrací objekty, čerpací stanice, odlehčovací komory a výústní objekty (Libra 2005).

Pro navrhování stokových sítí platí Česká státní norma 75 6101 „Stokové sítě a kanalizační přípojky“, ze které vyplývá, že rozhodujícími pro dimenzování průtočných profilů jsou návrhová množství protékajících odpadních vod, sklon dna

stoky a hydraulická drsnost použitého materiálu. Stanovení takového množství odpadních vod je komplikovanou úlohou, především v případě odpadních dešťových vod (ČSN 75 6101). Při návrhu soustavné kanalizace, která je vždy řešena v souladu s urbanistickou koncepcí odvodňované oblasti, obce, či města, se vychází ze současného stavu s přihlédnutím k předpokládanému rozvoji alespoň na příštích 20 let. Na základě všech demografických, hydrologických a situačních podkladů je možné určit, které odpadní vody se na odvodňovaném území vyskytnou (Šrytr 2001).

Stokové sítě mohou mít různé tvary příčného profilu. Zvolený tvar příčného profilu stok je obvykle volen kompromisem mezi hydraulicky výhodným řešením a prostorovými možnostmi v daném místě. Základní je kruhový tvar, který se používá bezvýhradně pro malé profily, ale i pro velké sběrače. Pro stoky s kolísajícím průtokem bývá volen vejčitý profil, protože za bezdeštného průtoku zabezpečuje větší průtokové rychlosti než například kruhový profil. Tlamový profil se zase používá tam, kde není dostatečná výška, například přítomnost dalších inženýrských sítí, a jsou vhodné pro odvádění přívalových vod, zejména na odlehčovacích stokách. Existují i méně běžné tvary příčného profilu stok, se kterými se lze setkat například na pražské stokové síti. Jedná se o tvary vejčitých a tlamových profilů, které vznikly, lépe řečeno byly pozměněny různými opravami a rekonstrukcemi (Nypl a Haloun 1990).

Volba, určení a charakteristika stokové soustavy není jednoznačným problémem. Při koncipování se zvažují faktory hydrologické, topologické a ekologické. Při volbě jednotné stokové soustavy se přepravuje směs jak odpadních vod, produkovaných v domácnostech apod., ale také dešťové vody, někdy nazývané srážkové vody. Podíl těchto vod je z kapacitního hlediska velmi nepříznivý a proto se na jednotné stokové síti navrhuje právě odlehčovací komory (Běhalová 2004).

Na odvodňovaném území se mohou vyskytnout různé druhy odpadních vod. Jsou to zejména splašky – odpadní vody produkované domácnostmi, ze závodních kuchyní a jídelen, umýváren a záchodů z průmyslových a zemědělských závodů, a podobně. Dále dešťové odpadní vody z atmosférických srážek, které spadly na povrch zastavěného a odkanalizovaného území, které z povrchu odtékají do uličních vpustí a následně do jednotné kanalizační sítě. Tyto vody jsou obohaceny anorganickým

i organickým znečištěním. Někdy jsou odváděny i průmyslové vody, které umožňují společné čištění s vodami splaškovými, nebo jsou předčištěny (Šrytr 2001).

V současné době převládá výstavba oddílných kanalizačních systémů nad kombinovanými – jednotnými systémy. Důvody jsou především legislativní, protože dochází ke zpřísnování předpisů o životním prostředí, ale také prostorové, kdy bývá v mnoha případech problém najít prostor pro instalaci stoky jednotné kanalizace o větším průměru profilu do užších ulic, kde existují další inženýrské sítě (Abbas a kol. 2019).

Existují různá doporučení pro efektivní volbu stokové sítě jednotné či oddílné, tak i pro volbu materiálu k výstavbě stok. Jako například doporučení klasických osvědčených materiálů (Moučka 1991). Tradiční a desetiletí používané jsou stoky vystavěné z glazovaných kameninových trub. Kamenina je vhodná pro své specifické vlastnosti, jako je pevnost, trvanlivost a nenasákavost. Nevýhodou je křehkost. Dalšími obvyklými materiály jsou beton a železobeton. Mezi ty novější a stále rozšířenější materiály patří plasty a vrstvená potrubí, jako například polyvinylchloridové trouby (PVC), polyetylenové trouby (PE), polypropylenové trouby (PP), či polybutenové (PB), (Žabička 2004).

3.3 Odlehčovací komory

Technické a ekonomické důvody vždy neumožňují odvést všechnu odpadní vodu z jednotné kanalizace na čistírnu odpadních vod, a proto jsou na takové stoce zřizovány odlehčovací komory. Odlehčovací komory vytvářejí propojení mezi kanalizací a recipientem (Novák a kol. 2003).

Odlehčovací komory jsou svým významem jedním z hlavních objektů na stokových sítích jednotné kanalizace. Zamezení přetížení stokové sítě za přívalových dešťů při současné kontrole nežádoucího ovlivňování biologických procesů ve stokové síti i recipientu je hlavní funkcí (Vodovody a kanalizace Brno 2008).

Odlehčovací komory patří zároveň mezi nejkritičtější místa na stokové síti jednotné kanalizace a proto je potřeba jim věnovat zvýšenou pozornost. Při jejich navrhování je potřeba řešit základní problémy, jednak určit množství vody, které pokračuje na čistírnu odpadních vod a také množství vody přepadající do odlehčení,

resp. recipientu. Předpokladem řešení hydrauliky odlehčovací komory je určení množství přitékající vody a hodnoty průtoku na ČOV (Nysl a Haloun 1990). Poměr ředění nesmí být takový, aby odlehčované vody způsobily nežádoucí ovlivnění života v dotčeném recipientu. V současnosti se kladou nároky a požadavky, aby tyto odlehčované vody u OK do recipientu za deště byly podrobeny procesům hydroseparace co největšího kanalizací transportovaného podílu nerozpuštěných látek (Vodovody a kanalizace Brno 2008), o možném a již aplikovaném způsobu více v kapitole 6.9.

Vzhledem k malé vodnosti některých recipientů, menších toků, je nutné poměrně složitě řešit problematiku vnosu znečištění z odlehčovacích komor do recipientu. Po jednáních se správci povodí byl závěr takový, že přístup k posuzování odlehčovacích komor musí být komplexní a zabývat se všemi rozhodujícími ukazateli funkce dané komory. Brát v úvahu ředící poměr, objem přepadlých vod i počet a dobu přepadů. Je běžné, že komora s příznivým poměrem ředění může vykazovat velký objem odlehčované vody a naopak (Běhalová 2004). Řešení takového problému může být i v případě větších profilů odlehčení použití česlí, jako například na OK čistírny odpadních vod v Karlových Varech - Drahovicích, na obrázcích 1 a 2.



Obrázek 1 a 2: Odlehčovací komora OK ČOV Drahovice vybavena automatizovanými česlemi k zachycení pevných splavenin.

Česle jsou technologickým zařízením, které slouží k zachycení plovoucích hrubě rozptýlených nečistot. Zachycené nečistoty se nazývají shrabky.

Podle způsobu odlehčení a přelivné hrany lze odlehčovací komory rozdělit na mnoho typů. Ať už jsou s přepadem jednostranným přímým, bočním, přímým kolmým, šikmým, v oblouku, oboustranným, spádišťovým, či speciálním, obecně lze říci, že každá komora má přítok, odtok a odlehčení do recipientu (Pipa 2012).

Při dosažení určeného množství zředění splaškových vod dešťovými vlivem deště, vstoupí do funkce odlehčovací komora a odlehčí větší průtoky do recipientu. Dochází tak k bezprostřednímu fekálnímu znečištění recipientu splaškovými vodami i ostatními znečišťujícími látkami, kdy nelze vyloučit i obsah velké dávky choroboplodných zárodků (Šrytr a Synáčková 1992).

3.4 Výusti odlehčovacích komor

Dle zákona č. 254/2001 Sb., Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), řadíme výústní objekty obecně mezi hlavní odvodňovací zařízení, jedná se o „soubor objektů, které slouží k odvádění nadbytku povrchové a podzemní vody z pozemku, k provzdušňování pozemku a k ochraně odvodňovaného pozemku před zaplavením vnějšími vodami, jakými jsou zejména otevřené kanály (svodné odvodňovací příkopy, záchytné příkopy a suché nádrže k zachycení vnějších vod, přehrážky a objekty sloužící k regulaci, odlehčovací kanály), krytá potrubí (od světlosti 300 mm včetně), spolu s objekty na nich (stupně, skluzy), odvodňovací čerpací stanice a u regulované drenáže s uzavřeným koloběhem vody také malé retenční nádrže“.

Výústní objekty jsou v souvislosti s vodárenstvím a stokováním ukončením odlehčovací stoky a zařízením spojeným s vypouštěním odpadních vod do vodního recipientu. Umísťují se většinou do ploch konkávních břehů v doporučené dostatečné hloubce, kde je dostatečný vodní proud pro minimalizování rizika zanášení stok splaveninami z recipientu (Hlavínek a kol. 2001), například jako u OK Háje, u mostu, na obrázcích 3 a 4.



Obrázek 3 a 4: Výúst OK Háje, u mostu, PVC trouba profilu DN 400 s vyústěním do Cínového potoka v konkávním břehu; OK Háje, u mostu, s přepadem oboustranným bočním zavěšeným s přímými hranami, doplněno stavítkem na odtoku.

Výústní objekty jsou navrhovány s vyústěním do svahu koryta vodního recipientu nebo s vyústěním do dna recipientu. Konstrukce výústního objektu nesmí zasahovat do vnitřního průtočného profilu toku (Öwaw 2007), tzn. objekt výústí nesmí tvořit překážku v korytu a musí být harmonicky začleněn do okolí (Bystřický 2003).

Případnému zpětnému nátoků vod z recipientu zamezíme například osazením zpětné klapky (někdy nazýváno žabí klapka), jako například u výústí OK v Tábořské ulici – lidová škola umění, obrázky 5 a 6, kanalizačním uzávěrem, nebo stavidlem (Hlavínek a kol. 2001).



Obrázek 5 a 6: Výústní objekt OK v Tábořské ulici - lidová škola umění, profil betonové trouby DN 800 s žabí klapkou, při činnosti odlehčení (ze dne 19. 9. 2018).

3.5 Geografický informační systém

Geografický informační systém (GIS) je nástroj pro zjednodušení, zpřehlednění a zefektivnění správy a evidence inženýrských sítí prostřednictvím informačních systémů a technologií. Úkolem je nahrazení lidské paměti a symbolické zobrazení skutečností na papírových mapách. Jde o ukládání informací v digitální formě při neustálém zdokonalování, aktualizování, ověřování a doplňování. Základem je popisovat skutečnosti a využít informace pro další datové analýzy. Nedílnou součástí jsou zdroje dat reprezentující skutečné objekty, pozemky, vedení jednotlivých druhů inženýrských sítí a další souvislosti v digitalizované podobě. Může se jednat o data skenovaná, historická, ale v současnosti pokročilá, jako jsou družicové snímky, letecké snímkování, multimediální z fotodokumentace a přesná data pořízená geodetickým zaměřením skutečného provedení, například zaměření kanalizační stoky, či přípojky (Šrytr 2001; Gotoh 1993).

GIS provozovatele stokové sítě Karlovy Vary je doplňován dokumentací různých zdrojů a data jsou dopodrobna graficky rozdělena dle významu, přesnosti, vlastnictví a dalších charakteristik. Nedílnou součástí je tabulková databáze umožňující přesné a systematické výstupy. Program je neustále ve vývoji, který zrychluje. Je tak variabilní, že ho již nyní lze snadno využít v terénu, v reálném čase, prostřednictvím přenosových zařízení připojených k internetové síti. Záleží pouze na šikovnosti a dovednostech správců i uživatelích GISu, jak zodpovědně s těmito systémy pracují, doplňují data a párují s dalšími možnými přístroji. Dalším stupněm efektivity je spojení GISu provozovatele sítě s vhodným zařízením a pravidelným získáváním digitálních dat vzdáleným přístupem (technici oddělení automatizace Vodakvy, VIII. 2020, in verb.).

3.6 Internet věcí (Internet of Things, IoT)

Současnost je dobou, kdy dochází k markantnímu rozvoji informačních technologií v nejrůznějších oblastech. Podobně jako jsou technologie geografických informačních systémů (GIS) již neoddělitelnou preventivní součástí, například při ochraně před povodněmi a využívají se například při modelování povodňového rizika do Územně plánovací dokumentace (Pavličková a kol. 2012), jsou také

naprosto neoddělitelným nástrojem pro správu agendy vodohospodářského zařízení, nezřídka dochází k propojování s dalšími technologiemi, například internetem věcí.

Cílem internetu věcí je propojení systémů, zařízení a služeb za účelem sběru a poskytnutí více dat v reálném čase, data převádět na informace, informace na znalosti a jejich následné aplikování (Pohanka 2021). Problematika internetu věcí má potenciál zasahovat do všech oblastí lidského působení a činností, čím se stává problematikou rozsáhlou (I2 O2 Solutions 2021). Existuje mnoho definic, z nichž je vhodné uvést, v souvislosti se sledováním odlehčení, definici, která popisuje internet věcí jako: *„Zjednodušeně lze tento systém popsat jako propojení jednotlivých zařízení prostřednictvím internetu bez účasti člověka. Principem je sběr dat z různých senzorů a čidel a sdílení těchto dat prostřednictvím internetu za účelem dalšího zpracování a vyhodnocování“* (Kodys 2013). Z dalšího zdroje se setkáváme s definicí: *„Internet věcí znamená síť propojených objektů (věcí), které jsou jednoznačně adresovatelné s tím, že tato síť je založena na standardizovaných komunikačních protokolech umožňujících výměnu a sdílení dat a informací, jejichž analýzou bude možné docílit vyšší přidané hodnoty“* (Smart Systems Integration 2019).

Shrneme-li internet věcí do tří kroků, jde o vytvoření úložiště, neboli Cloudu, ruční instalace zařízení čidla a vizualizace – zpracování a naložení s daty (Devicehive 2018).

Internet věcí je pokrokový trend v oblasti kontroly a komunikace běžně používaných předmětů mezi sebou nebo s člověkem a to prostřednictvím technologií bezdrátového přenosu dat a internetu. Jedná se o propojení zařízení a možnosti sběru velkého množství dat. Takto získaná data umožní další zpracování a využití v nejrůznějších oblastech dopravy, meteorologie, energetiky, logistiky a například i ve vodárenství konkrétně. Technologie se ve velkém měřítku uplatňuje i v inteligentních elektroinstalacích, instalovaných v „chytrých domech“. Pojem „internet věcí“ je zastřešující název, dnes již nespočtu fungujících zařízení, jako jsou chytré dálkově ovládané spotřebiče (osvětlení, zásuvky), kamery, meteostanice, či různá čidla, sondy a senzory. Zatím není tato spolupráce zařízení pod jednou technologií a společným protokolem. Očekávanou nadstavbou této technologie, jejíž základ tvoří

internet věcí, je možnost využití a připojení například cloudových úložišť, datových center, umělé inteligence, chytré sklady a podobně (Iot-Portál 2021).

Požadavky internetu věcí vychází z cílů, nesmí být opomenuta bezpečnost v souvislosti s ochranou dat. Internet věcí zajišťuje:

- sběr dat, informací a znalostí,
- uložení dat, informací a znalostí,
- analýza dat, informací a znalostí,
- sdílení výsledků.

Všechny jednotlivé úkoly internetu věcí jsou podmíněny dodržáním naprosté bezpečnosti dat a ochranou proti cizímu zneužití (Pohanka 2021).

3.7 Signalizace, signál, RSSI, dBm

Received Signal Strength Indicator, ve zkratce RSSI, udává hodnotu indikace síly přijatého signálu (Řezáč 2017) a jde o výkon přijímaného signálu v miliwattech $mW = 10^{-3}$, $W = 0,001 W$ (Rowlett 2020). Touto hodnotou lze provádět měření, v jaké kvalitě může přijímač přijímat signál od odesílatele, zjednodušeně řečeno, jak dobře přijímač „slyší“ signál. RSSI je měřen v dBm a jedná se o zápornou hodnotu, kdy čím blíže je hodnota k nule, tím lepší je signál (Burian 2014).

Decibel-miliwatt (dBm) – referencí je 1 mW, jedná se o jednotku úrovně vyjádřené v decibelech (dB) s odkazem na jeden miliwatt (mW). Představuje měřítko absolutního výkonu a je schopen pohodlně vyjádřit velmi velké i velmi malé hodnoty v krátké formě. Používá se v rádiových, mikrovlnných a optických komunikačních sítích (Thompson a Taylor 2008). Decibel-miliwatt byl navržený jako průmyslový standard (Davis, 1988) v dokumentu „Nový standardní indikátor a referenční úroveň“ (Chinn a kol. 1940).

Typickou minimální hodnotou LoRa RSSI a SigFox RSSI je udávaná záporná hodnota -120dBm, tzn., pokud naměříme RSSI s hodnotou -30 dBm, signál je silný, pokud naměříme RSSI s hodnotou -120 dBm a menší, signál je slabý.

Z toho vyplývá, že **RSSI minimum = -120 dBm** (Lora 2018).

3.8 LoRa

Zařízení LoRa pracují na síti LoRaWAN, neboli Long Range Wide Area Network. Představuje nízkopříkonový bezdrátový síťový protokol navržený pro levnou a bezpečnou obousměrnou komunikaci v internetu věcí, především pro odesílání malých datových balíčků na velké vzdálenosti. Ve srovnání s dalšími technologiemi je zajímavý v Rozsahu – vzdálenosti přenosu a závislosti na zdroji – Tx Power. Obecné srovnání s dalšími typy technologií, konkrétně Bluetooth, Wifi, 3G a 4G, v obrázku 7.

Bluetooth - technologie pro bezdrátovou komunikaci propojující dvě a více elektronických zařízení, například mobilní telefon, osobní počítač, nebo bezdrátová sluchátka (Burian 2014).

Wifi – slouží k bezdrátové komunikaci v počítačové síti na vybudované infrastruktuře z jednotlivých přístupových bodů (Rais 2014).

3G / 4G - 3. a 4. generace mobilní sítě pro bezdrátový přenos s rozdílem v rychlosti přesunu objemu dat, hovorů, video hovorů, protokolů atd. (Collins a Smith 2000). V současnosti již pokročila vyspělost sítěmi LTE, nebo 5G.

Technologie	Bezdrátová komunikace	Rozsah	Tx Power
Bluetooth	Krátký dosah	10 m	2,5 mW
Wifi	Krátký dosah	50 m	80 mW
3G / 4G	Buněčný	5 km	5 000 mW
LoRa	LPWAN	<ul style="list-style-type: none">• 2-5 km (městské)• 5-15 km (na venkově)• > 15 km (LOS)	20 mW

Obrázek 7: Srovnání technologií, dosah=rozsah a potřebný výkon zdroje=Tx Power (Metageek 2020).

Využívá pásmo do 1 GHz a rychlost přenosu od 0.3 kb/s do 50 kb/s dosahem na vzdálenost až 15 km v zastavěném území a až 40 km v nezastavěném. Pracuje s nízkou energetickou náročností a nabízí možnost optimalizovat četnost odesílání zpráv v závislosti na rychlosti a vzdálenosti mezi zařízeními (Iot-Portál 2021). Prostřednictvím infrastruktury LoRaWAN lze připojit různá zařízení LoRa, senzory,

měřiče a jiné prvky přímo z terénu do určené aplikace či systému. Sbírá data v reálném čase z lokalit, ze kterých to zatím nebylo možné, optimalizuje náklady (ČRA 2021). Tato rozsáhlá Low Power technologie – technologie s nízkým příkonem se skládá ze stanic, které mají za úkol zajistit komunikaci mezi jednotlivými zařízeními (Osel 2021). Stanice základen jsou nejčastěji umísťovány na vysílačích a objektech Českých radiokomunikací, a.s., kde bývá umístěno i logo technologie LoRaWAN, obrázek 8.



Obrázek 8: Logo zařízení LoRaWAN (LoRa 2018).

České radiokomunikace spravují svoji vlastní IoT síť po celé České republice (ČRA 2021). O síti LoRaWAN je potřeba říci, že je na rozdíl od jiných sítí LPWAN (SigFox) svobodnější. Pokud zařízení není v dosahu žádného vysílače – základové stanice, je zde možnost vztyčit si vlastní. To je podmíněno dalším splněním s tím souvisejících technických požadavků (Hořčica 2020).

LoRaWAN síť je schopná obousměrné komunikace, tzn. oproti jiným technologiím je zařízení připojené do sítě LoRaWAN schopné komunikovat oběma směry. Nejen, že odesílá data, dokáže data i přijímat. Lze ho vzdáleně ovládat a nastavovat (IoT-Portál 2021).

3.9 SigFox

SigFox je užitečným komunikačním bezdrátovým systémem pro energeticky nenáročné přenosy malého množství dat. Je vhodný pro aplikace, které dříve využívaly například mobilní SMS zprávy, tedy pro aplikace k hlášení alarmových stavů, zasílání průběžně a občasně měřených hodnot, případně i jednoduchých příkazů řízení (Vojáček 2017).

SigFox nazvaný podle stejnojmenné francouzské firmy, která vytvořila bezdrátovou technologii určenou ke spojení nízkopříkonových zařízení jako elektroměry, chytré hodinky, automatické pračky apod., které jsou neustále zapnuté a vysílají malé

množství dat o své činnosti. SigFox využívá technologii ultra nízkého pásma s technologií pro přenos dat na dlouhé až velmi dlouhé vzdálenosti. Při přímé viditelnosti dosahuje až 200 km, v nezastavěném území 50 km a v zastavěném území 3-5 km (Iot-Portál 2021).

Jak bylo zmíněno výše, jde o tzv. nízkopříkonové zařízení LPWAN, „A low-power wide-area network“. IoT zařízení SigFox je ideálním koncovým zařízením, protože se svojí spotřebou 50 microwattů je v porovnání například s telefonním přenosem, se spotřebou 5000 microwatt, minimálně náročný na vyžadovanou energii. Baterie o kapacitě 2,5 Ah při technologii SigFox vydrží přibližně 20 let, oproti telefonnímu přenosu s výdrží přibližně 2 měsíce (Mille 2017 a Hassan 2018).

Síť na přelomu let 2019 a 2020 pokrývala 96 % české populace a zasahovala tak i do míst bez dosahu GSM signálu mobilních operátorů. Technologickým partnerem SigFoxu při budování a správě IoT sítě je společnost T-Mobile., která poskytla svoji infrastrukturu pro umístění základových stanic BTS, „Base Transceiver Station – základová převodní stanice. Síť o vysoké hustotě stanic, kde se jejich signál překrývá, je imunní proti výpadkům, protože se zpráva automaticky dokáže doručit přes jinou, sousední, stanici (T-Mobile 2019; Zooco 2021).

Logo zařízení SigFoxu, uvedeno v obrázku 9, se objevuje stále častěji a lze ho spatřit na objektech zařízení distributora energií Innogy, nebo v souvislosti s Plzeňským krajem, kteří již své služby provozují na této technologii (Večerní Praha 2020).



Obrázek 9: Logo zařízení IoT SigFox (Večerní Praha 2020).

Společnost Innogy nabízí svým klientům službu sledování spotřeby již od roku 2017. Dává uživatelům prostřednictvím SigFoxu zajímavý nástroj, který za ně automaticky sleduje spotřeby plynu a informuje o ní přes mobilní aplikaci. Díky tomu uživatel nemusí chodit k plynoměru a opisovat stav. S tím jsou spojené další služby, jako porovnávání s platbami záloh a vyčíslení pravděpodobného přeplatku, či nedoplatku (Innogy 2021).

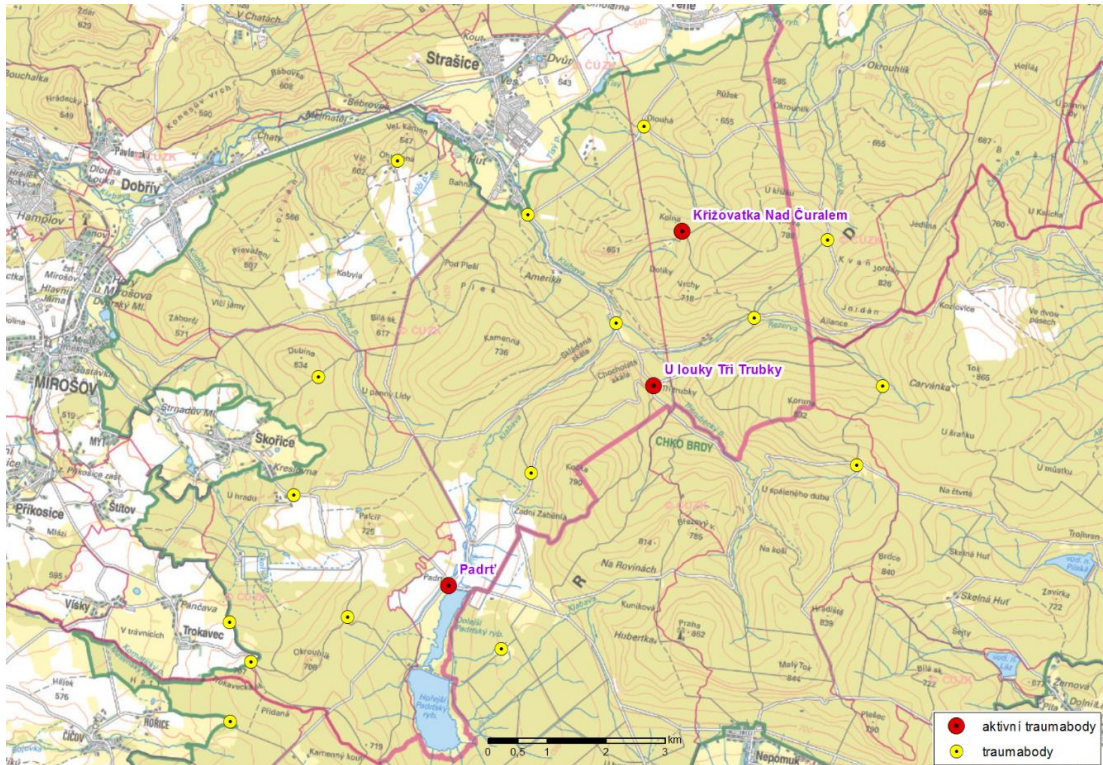
Inovativní řešení pomocí sítě SigFox začala od května 2019 využívat i pojišťovna Direct, která nabízí službu Echo – služba, která umožňuje přes aplikaci v mobilním telefonu kontrolu stavu domácnosti, například prostřednictvím vodního čidla, které je vybaveno baterií, sledovat klidný chod domácnosti a zabránit případným pohromám. Vodní čidla lze umístit k pračce, záchodu, umyvadlu a na jiná místa, kde hrozí únik vody a riziko vyplavení sousedů, nebo jiné škody na majetku. S čidly lze různě neomezeně pohybovat a jejich použití se dá proto dále uplatňovat například u oken a dveří, kde mohou indikovat otevření, či zavření. Čidlo lze nastavit i na zaznamenání pohybu a použít jako pohybové čidlo, pro nahlášení vstupu do objektu, či pohybu v nejrůznějších prostorách (Direct Echo 2021).

Plzeňský kraj na jaře 2019 spustil projekt ve spolupráci s operátorem T-Mobile, ve kterém řeší nedostupnost mobilního signálu v bývalém vojenském prostoru Brdy. Brdy představovaly 65 let vojenský výcvikový prostor se zákazem vstupu a od ledna roku 2016 byly opět otevřeny veřejnosti. Chráněná krajinná oblast Brdy jsou protkány stovkami kilometrů zpevněných cest, nabízí mnoho desítek kilometrů stezek pro pěší i cyklisty a staly se ve velkém měřítku navštěvované turisty. Není zde dosah signálu žádného operátora (T-Mobile 2019; Plzeňský kraj 2020).

Je zde využito IoT sítě SigFox pro zajištění pomoci v případě zranění a jiné tísně návštěvníků a turistů. Na tzv. traumabodech vybudovaných na třech místech, v obrázku 10, je možnost přivolání pomoci integrovaného záchranného systému (IZS) pouhým zmáčknutím nouzového tlačítka v červeném rámečku (Plzeňský kraj 2020), na obrázku 11.

Síť traumabodů bude do budoucna rozšířena o další zařízení a návštěvníkům při nebezpečí bude tato pomoc blíže k dispozici, na kratší vzdálenosti (T-Mobile 2019).

Důležitá je činnost zařízení bez připojení k elektřině, které by bylo na těchto místech neuskutečnitelné, ale závislost pouze na bateriích s plánovanou minimální životností 5 let (Šuplíková 2021; T-Mobile 2019).



Obrázek 10: Turistická mapa s vyznačenou polohou aktivních a dalších plánovaných traumabodů (Plzeňský kraj 2020).



Obrázek 11: Aktivní traumabody v síti SigFox, vlevo Padrť: $49^{\circ}39'40.0''\text{N } 13^{\circ}45'42.0''\text{E}$, uprostřed U louky Tři trubky: $49^{\circ}41'45.0''\text{N } 13^{\circ}48'09.0''\text{E}$, vpravo Křižovatka Nad Čuralem: $49^{\circ}43'11.0''\text{N } 13^{\circ}48'14.0''\text{E}$, ve volném prostoru CHKO Brdy pro přivolání IZS (T-Mobile 2021).

4. Charakteristika studijního území

4.1 Město Karlovy Vary

Karlovy Vary jsou statutárním městem a sídlem Karlovarského kraje. Nachází se v západní části České republiky při nadmořské výšce přibližně 360 m n. m. Jsou nejnavštěvovanějším českým lázeňským městem. Město bylo založeno ve 14. Století Karlem IV., když ho podle pověsti nechal vystavět záhy po náhodném objevení termálních pramenů (Karlovy Vary 2021). Do povědomí se historicky Karlovy Vary dostaly i v souvislosti se sklářským průmyslem, výrobou porcelánu a těžbou kaolinu. Karlovy Vary jsou někdy prezentovány jako nejzelenější městem České republiky (Kozohorský 2018). Do území města zasahují chráněná území, například CHKO Slavkovský les, je zde několik chráněných území Natura 2000, například ptačí oblast Doupovské hory, evropsky významné lokality Olšová Vrata, Kaňon Ohře a chráněná oblast přirozené akumulace vod (CHOPAV) – Chebská pánev a Slavkovský les.

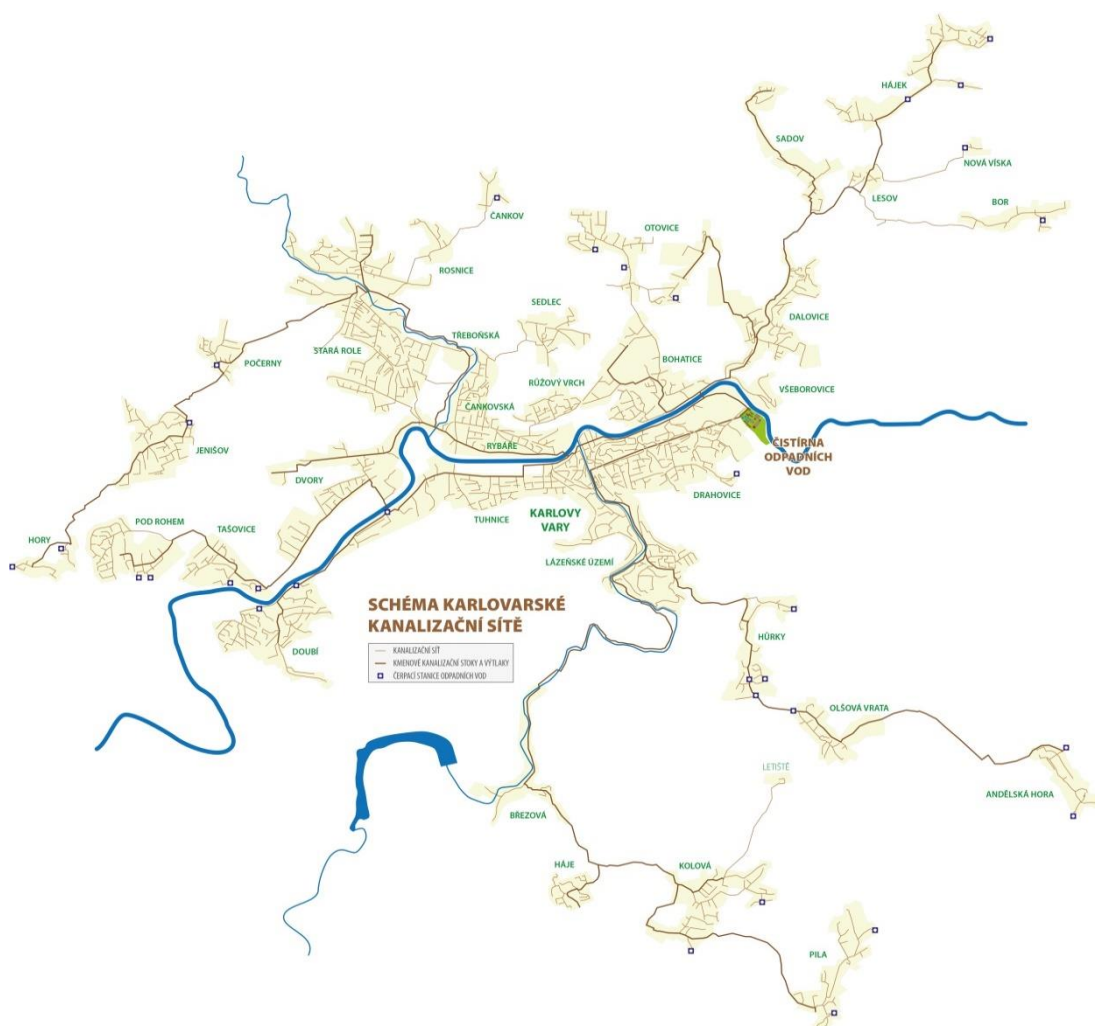
V současnosti se skládají z 15 místních částí a jsou rozděleny na 15 katastrálních území. Žije zde přibližně 48 479 obyvatel (ČSÚ 2020).

Městem protéká řeka Ohře, je největším tokem v území a tvoří hlavní drenáž. Do Ohře se jako levostranné přítoky vlévají Chodovský potok, řeka Rolava, Vitický potok a pravými přítoky řeky jsou řeka Teplá a Vratský potok. Na řece Ohři jsou dva jezy – Tuhnický jez a Jez u Solivárny (Hydroprojekt 1980).

V oblasti vodárenství, počátky výstavby první kanalizace sahají k roku 1900 a první čistírna odpadních vod byla uvedena do provozu v roce 1969 (Jágl a kol. 2012; Hydroprojekt 1980). Provoz, údržbu, obnovu a rozvoj vodovodu a kanalizace je zajišťován akciovou společností Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, pod obchodním názvem Vodakva (VSOZČ 2016), od roku 1994. Tradice provozovatele vodárenského a kanalizačního zařízení však sahá až do roku 1882, kdy byl založen první karlovarský městský vodárenský podnik (Vodakva 2017).

4.2 Kanalizační systém města Karlovy Vary

V Karlových Varech je rozsáhlý rozvětvený kanalizační systém, který má délku přibližně 214 km a je zakončený mechanicko-biologickou čistírnou odpadních vod s biologickým odstraňováním dusíku a chemickým srážením fosforu navrženou pro cca 80 tisíc ekvivalentních obyvatel. Kanalizace je dle charakteru převážně jednotná a skládá se z kmenové stoky „A“ a dalších navazujících dílčích stok, z těchto hlavní stoka „B“ z místní části Bohatice, „C“ z Dalovic a Sadova, „D“ z centra lázeňského území města a navazujících obcí Březové, Kolové, Hájů a Pily, „E“ z Rybářů a severní části Dvorů, sběrač „F“ ze Staré Role a konečně stoky „G“ z jižní části Dvorů a Tašovic. Kanalizace je především gravitační a v některých částech města tlaková – v území je provozováno zhruba třicet čerpacích stanic odpadních vod. Schéma na obrázku 12. Na kanalizačním systému města Karlových Vary je provozováno právě 53 odlehčovacích komor, rozdělení dle stok v tabulce 1.



Obrázek 12: Schéma karlovarské kanalizační sítě (Vodakva).

Tabulka 1: Údaj o počtu OK na jednotlivých hlavních stokách na stokové síti Karlovy Vary.

Stoka "A"	14	Stoka "E"	7
Stoka "B"	3	Stoka "F"	8
Stoka "C"	5	Stoka "G"	3
Stoka "D"	13	Celkem	53

4.3 Výčet odlehčovacích komor

Karlovy Vary mají dle charakteru kanalizace převážně jednotnou kanalizační síť s padesáti třemi odlehčovacími komorami (Vodakva 2017). Výčet odlehčovacích komor v tabulce 2.

Tabulka 2: Výčet odlehčovacích komor na stokové síti Karlovy Vary (Maršík 2019).

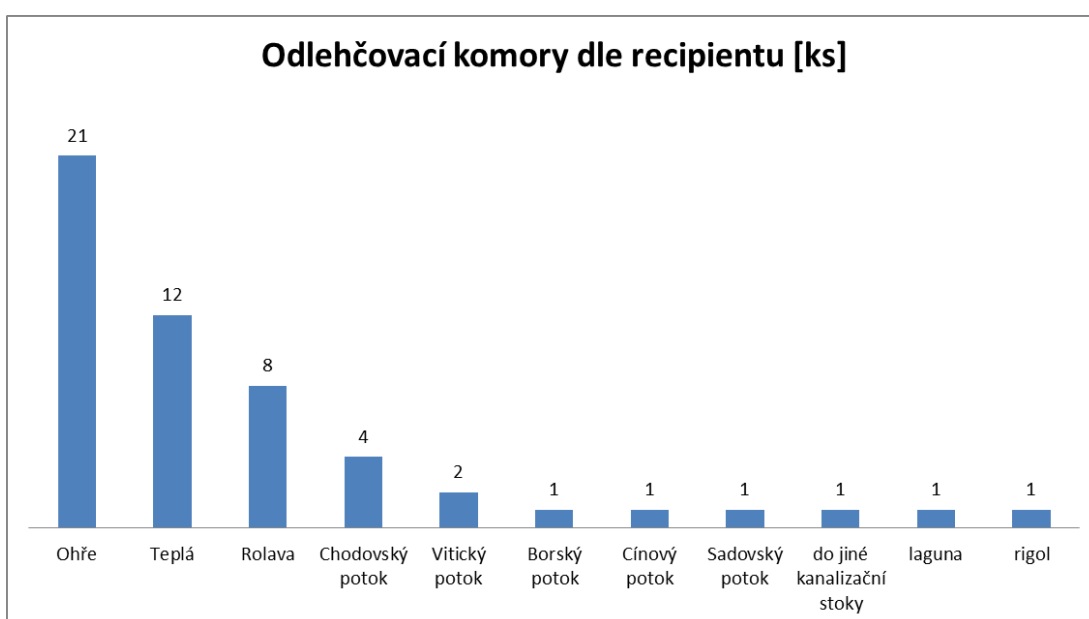
	K. Ú.	ULICE	NÁZEV
1	Drahovice	Sportovní	Sportovní, před ČOV Drahovice
2	Bohatice	Táborská	Táborská ul., lapač písku
3	Bohatice	Táborská	Táborská ul., lidová škola umění
4	Bohatice	Táborská	Táborská ul., Drahovický most
5	Drahovice	Mattoniho nábřeží	Mattoniho nábřeží / Prašná ul.
6	Drahovice	Mattoniho nábřeží	Mattoniho nábřeží, u čp. 67
7	Drahovice	Mattoniho nábřeží	Mattoniho nábřeží, u čp. 53
8	Karlovy Vary	Vítězná	Vítězná ul., u Lidlu
9	Karlovy Vary	U Solivárny	ul. U Solivárny, Ostrovský most
10	Rybáře	Pobřežní	Pobřežní ul., u Aralu
11	Karlovy Vary	Západní	Chebský most, Loděnice
12	Rybáře	Dolní Kamenná	Dolní Kamenná, u Hypernovy
13	Rybáře	Dolní Kamenná	Dolní Kamenná, u McDonaldu
14	Tuhnice	Západní	Západní/Šumavská ul., Tuhnická lávka
15	Tuhnice	Sokolovská	Sokolovská/Nejdecká ul., U Koníčka
16	Tuhnice	Plzeňská	Plzeňská ul., u trafostanice
17	Doubí	Studentská	Studentská ul., u Tvaru, ČSOV
18	Doubí	Studentská	Studentská ul., most u Tvaru
19	Doubí	Studentská	Studentská ul., areál Stamp
20	Doubí	Studentská	Studentská/Sokolská ul., u čp. 57
21	Všeborovice	Bohatická	Bohatická ul., Všeborovický most
22	Dalovice	Hlavní	Hlavní ul., u masny
23	Dalovice	Borská	Hlavní/Všeborovická ul., u masny
24	Karlovy Vary	Horova	Horova ul., u Povodí Ohře
25	Karlovy Vary	Dvořákovy sady	Dvořákovy sady, LD Thermal, před shybkou
26	Karlovy Vary	Dvořákovy sady	Dvořákovy sady, LD Thermal, za shybkou
27	Karlovy Vary	Vřídelní	Vřídelní/Ondřejská ul., Mlýnská lávka

28	Karlovy Vary	Vřídelní	Vřídelní ul., Špitálská lávka
29	Karlovy Vary	Moravská	Moravská/Hynaisova ul., - Petřín
30	Karlovy Vary	Divadelní náměstí	Divadelní Náměstí, u stánku
31	Karlovy Vary	Goethova stezka	Slovenská ul., galerie umění
32	Karlovy Vary	Goethova stezka	Slovenská ul., galerie umění II
33	Karlovy Vary	Slovenská	Slovenská ul., Lázně VI
34	Karlovy Vary	Slovenská	Slovenská ul., restaurace Toscana
35	Březová	Hamerská	Hamerská ul., u mostu
36	Rybáře	Sokolovská	Sokolovská/U jezu
37	Rybáře	Mlýnská	Třeboňská/Českých bratří, u mlýna
38	Rybáře	Třeboňská	Čankovská ul., shybka u koupaliště
39	Rybáře	Mlýnská	Mlýnská/Dlouhá ul., v zahrádkách
40	Stará Role	Vančurova	Rosnice, u vzduchotechniky
41	Stará Role	Závodu Míru	Závodu Míru, most ČD
42	Stará Role	Nádražní	Nádražní ul., most ČD
43	Stará Role	Rolavská	Rolavská ul., u autoservisu
44	Rybáře	Mlýnská	Mlýnská ul., propojení sběračů
45	Dvory	Chebská	Chebská ul., u čp. 42 (Barum)
46	Dvory	Závodní	Závodní ul., u školy
47	Dvory	Kpt. Jaroše	ul. Kpt. Jaroše, most u školy
48	Dvory	Chebská	Chebská ul., u Algonu
49	Sedlec	Merklínská	Merklínská/Rosnická ul., u čp. 16
50	Sadov		Sadov, za zastávkou
51	Lesov		Lesov, u můstku
52	Háje u Karlových Var		Háje, u mostu
53	Olšová Vrata	U Rybníčka	Olšová Vrata, U Rybníčka

Na stokové síti Karlovy Vary převládají komory s přepadem jednostranným bočním s přímou hranou v počtu sedmnácti, komory s přepadem přímým v oblouku v počtu osm, s přepadem přímým kolmým v počtu osm a s přepadem jednostranným bočním se šikmou hranou v počtu osmi objektů. Dle použitého materiálu početně převládají komory vystavěny z betonu, vyžděné z kanalizačních cihel, nebo zhotovené z prefabrikovaných betonových skruží. Přepadové hrany odlehčení jsou převážně betonové a dále jsou často vyžděné z cihel, dřevěné pomocí dluží, ocelové, kameninové, litinové, polyethylenové (PE) a polyvinylchloridové (PVC). Nejstarší a nejdéle provozovaná odlehčovací komora je pravděpodobně z roku 1956 na kmenové stoce „G“ v křižovatce ulic Kapitána Jaroše a Závodní. Podrobnější rozdělení, zařazení, parametry, další technické údaje a především fotodokumentace odlehčovacích komor jsou obsahem bakalářské práce z roku 2019.

4.4 Recipienty odlehčovacích komor na stokové síti Karlovy Vary

Stoková síť města Karlovy Vary je tvořena převážně jednotnou kanalizací a je na ní umístěno 53 odlehčovacích komor. Při odlehčení 21 odlehčovacích komor ústí do řeky Ohře, 12 OK ústí do řeky Teplé, 8 OK ústí do řeky Rolavy, 4 OK ústí do Chodovského potoka, 2 OK ústí do Vitického potoka, 1 OK ústí do Borského potoka, 1 OK ústí do Sadovského potoka, 1 OK ústí do Cínového potoka, 1 OK ústí do jiné kanalizační stoky, 1 OK ústí do laguny a 1 OK má výúst do rigolu – přehledně v obrázku 13.



Obrázek 13: Odlehčovací komory dle recipientu a počtu zastoupení na stokové síti (Maršík 2019).

Řeka Ohře

Ohře je řekou pramenící v Německu, v Bavorsku pod horou Schneeberg v přírodní rezervaci Smrčiny, a do České republiky přitéká ze severozápadní strany. Je čtvrtou nejdelší řekou na našem území a po řece Vltavě je Ohře druhým největším levostranným přítokem Labe. Tok Ohře je dlouhý 316 km, z toho právě 246,55 km se nachází na území České republiky. Povodí má rozlohu 5614 km², z toho 4601 km² v České republice (České hory 2021; Křivánek a kol. 2014). Řeka protéká CHKO Slavkovský les, CHKO Střední Poohří a přírodním parkem Stráž nad Ohří.

Řeka Teplá

Pramen řeky Teplé vyvěrá ve výšce 784 m n. m. v Tepelské vrchovině, 3 km severovýchodně od Mariánských Lázní (Švorc 2006). Délka toku činí 65,06 km a je pravostranným přítokem Ohře. Část jejího toku je součástí Chráněné krajinné oblasti Slavkovský les, jako přírodní památka Údolí Teplé. Jako ochrana lázeňského města Karlovy Vary před povodněmi byla v letech 1931 – 1936 na dolním toku Teplé vybudována 27 m vysoká přehrada Březová. Největším přítokem Teplé je Lomnický potok (pravostranný). Rozloha povodí Teplé činí 384,85 km² (Linhartová a Zbořil 2006).

Řeka Rolava

Délka toku řeky Rolavy činí 36,7 km a plocha povodí měří 137,3 km². Rolava je česká řeka, levostranný přítok řeky Ohře v okrese Karlovy Vary. Rolava pramení v Krušných horách v Přírodním parku Přebuz, 1 km východně od Jeřábího vrchu (964 m) nedaleko německých hranic, v nadmořské výšce 920,8 m. Tok vede převážně jihovýchodně, protéká městy Nejdek a Nová Role. V Karlových Varech, v místní části nazývané Rybáře ústí do řeky Ohře na jejím 171,6 říčním kilometru v nadmořské výšce 370,3 m. Větší levostranné přítoky jsou Jelení potok, Černá voda (někdy Slatinný potok), Bílý potok, Limnice a z pravé strany přitéká Rudný potok a Nejdecký potok (Kumpera 2004).

Chodovský potok

Chodovský potok je dlouhý 22,7 km, plocha jeho povodí měří 91,9 km² (ČÚZK 2006). Pramení v Krušných horách u obce Jindřichovice. Stéká údolími do Vřesové, protéká Chodovem a několika dalšími malými obcemi. Ústí do řeky Ohře v Karlových Varech pod Tuhnickým jezem. Má další menší přítoky, přeložku podkrušnohorských potoků okolo Vřesové, Tatrovický potok a Vintířovský potok v Chodově, Vlčí potok a další bezejmenné vodoteče (VÚV TGM 2005).

Vitický potok

Vitický potok (někdy nazývaný Dalovický potok) je dlouhý 17,1 km, plocha jeho povodí měří 48,9 km² a průměrný průtok v ústí je 0,41 m³/s. (ČÚZK 2006). Potok pramení v Krušných horách na vrchu Trousnice, na jeho severní straně ve výšce

911 m n. m. Dále protéká krušnohorskými lesy k jihozápadu a otočí se na jih směrem k obci Fojtov. Na jižním konci mění směr a zatáčí k jihovýchodu, protéká Děpoltovicemi a následně Nivami. Na severní straně Děpoltovic opouští Krušné hory a vtéká do Sokolovské pánve. Zleva se vlévá Lužecký potok, a následně, největší levostranný přítok, Sadovský potok. Dále protéká Dalovicemi a v nadmořské výšce 366 metrů se vlévá zleva do Ohře na jejím 166. říčním kilometru. V povodí Vitického potoka se nachází vodní plochy s celkovou rozlohou 98,3 hektarů. Mezi největší z nich patří Děpoltovický rybník a Velký rybník u Hroznětína (VÚV TGM 2016).

Borský potok

Borský potok je levostranným přítokem níže zmíněného Sadovského potoka a jeho celková délka jsou 4 km. Potok je součástí 98,3 hektarů povodí Vitického potoka (EAGRI 2021).

Cínový potok

Cínový potok je levostranným přítokem řeky Teplé a je součástí 384,85 km² jejího povodí. Jeho celková délka jsou 3 km (DIBAVOD 2018).

Sadovský potok

Sadovský potok je dlouhý 6 km, plocha jeho povodí měří 15 km² a průměrný průtok v ústí je 0,12 m³/s. Potok pramení jižně od Ruprechtova v nadmořské výšce 480 metrů. Teče severovýchodním směrem a po prvním kilometru napájí Velký rybník u stejnojmenné obce. Z rybníku vytéká k jihovýchodu a protéká obcí Sadov. Jižně od obce Sadova se v nadmořské výšce 385 metrů vlévá zleva do Vitického potoka. Celý tok vede oblastí Sokolovské pánve (Vlček 1984).

5. Metodika

Základním zdrojem informací o odlehčovacích komorách na stokové síti v Karlových Varech je bakalářská práce Odlehčovací komory na stokové síti Karlovy Vary, kde jsou uvedeny parametry a informace o řešených komorách a kanalizační řád města Karlovy Vary. Byly čerpány informace o umístění, dostupnost, hloubka OK a případná potřeba dopravního značení pro výkon měření. K této přípravě je v bakalářské práci vypracována souhrnná tabulka, kde můžeme skutečnosti čerpat. Tabulku bylo nutné doplnit o zařazení komor dle umístění ve volném prostranství / nebo v zástavbě, rozdělení dle recipientů, ale také jednoduché rozčlenění – výtok odlehčovaných vod je vidět / není vidět, okem kolemjdoucího pozorovatele.

5.1 Vybrané cíle sledování / monitorování

Z výsledků bakalářské práce byly vytipovány komory, kde se předpokládá časté odlehčení při zvýšeném průtoku a kde je efektivní sledovat zaplavení. Zaplavení by mělo být sledováno a vyhodnocováno jako závažné podle různých úhlů pohledů. Je potřeba se zaměřit na aspekty ovlivňující kvalitu signálu, ale také efektivitu a perspektivu, proto byly zvoleny tyto oblasti:

- OK s vyústěním v centru města, obce, v zástavbě,
- OK se zhoršeným přístupem, na těžce dostupných místech, odlehlá místa,
- OK s vyústěním do velkých toků, do toků řek,
- OK s vyústěním do malých toků, do toků potoků.

Měření by mělo být zastoupeno minimálně třemi vzorky z každého z výše uvedených pohledů. Předpokladem je získání měření minimálně 12 lokalit, 36 údajů k jednomu zařízení a srovnání s údaji o signálu od poskytovatele sítě internetu věcí ve stejném zastoupení počtu dat.

5.2 Příprava zařízení pro sledování signálu a vybavení

Důležitá je příprava samotného zařízení, které nám má z konkrétního místa, tzn. vybraných odlehčovacích komor, odeslat informaci o dostupnosti signálu a jeho kvalitě. Zařízení byla zapůjčena od provozovatele kanalizace Vodakvy z Provozu automatizace a informačních technologií, ukázka v obrázku 14.



Obrázek 14: Vlevo zkušební zařízení SigFox a vpravo LoRa.

LoRa

Pro práci se zařízením LoRa bylo sestaveno mobilní vysílací zařízení – základní deska, komerční výrobek s vlastním zdrojem napájení (speciální baterie typ AA o napětí 3,6 V) a připojení externího tlačítka (libovolné dvoupólové) pro uměle vyvolanou indikaci zaplavení – odeslání hlášení. Zařízení je nastaveno, aby odesílalo hlášku po stisknutí tlačítka, a další možné hlášení odeslalo po stisknutí nejdříve za dvě minuty. Jako potvrzení o zahlášení zabliká světelná dioda přímo na elektronické desce zařízení.

SigFox

Pro práci se zařízením SigFox bylo sestaveno mobilní vysílací zařízení – základní deska, komerční výrobek, na které jsou umístěny dvě pozice pro vložení napájení (rovněž, speciální baterie typ AA s napětím 3,6 V). Zařízení SigFox neumožňovalo připojení externího tlačítka, ani odeslání hlášení zaplavení například proklemováním pólu v elektronických kontaktech základní desky zařízení, tak bylo nastaveno na systém reset. Reset způsobuje, že při každém zapnutí zařízení odešle informaci. Pro odeslání hlášení o uměle vyvolaném zaplavení byla vždy vložena baterie – zdroj napětí. Po vložení baterie zařízení automaticky odesílá do virtuálního účtu informaci o dostupnosti a kvalitě signálu. Jako potvrzení odeslání informace zařízení z místa v daný čas, stejným způsobem jako zařízení LoRa, zabliká dioda na zařízení. Před dalším odesláním / indikací zaplavení musí být zdroj – baterie ze zařízení vyjmuta. Tady je prostor, dle technických možností osoby provádějící tuto činnost, práci se zařízením nějakým způsobem zdokonalit, ale získání výsledků práce by nebylo neovlivněno, pouze zjednodušilo manipulaci.

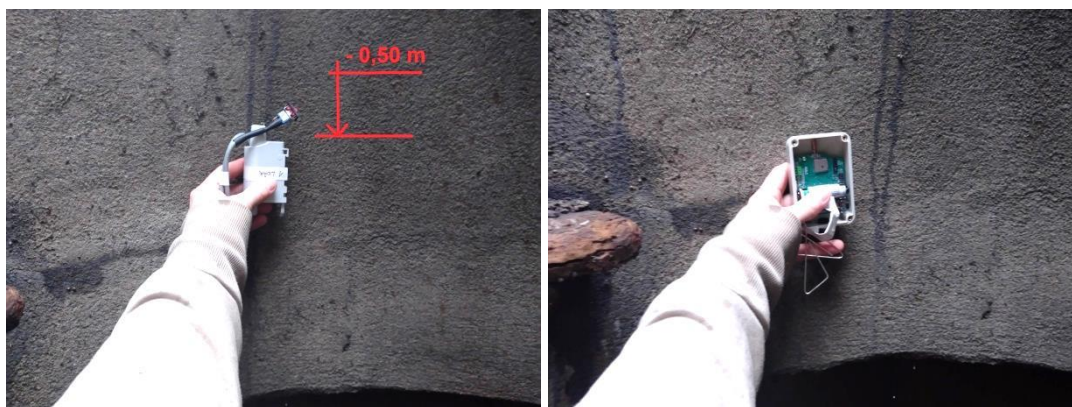
Potřebné vybavení:

- osobní ochranné pomůcky a nářadí potřebné k otevření poklopu zajišťujícího vstup do odlehčovací komory (více v metodice bakalářské práce 2019),
- elektronické zařízení s vysílačem SigFox s vlastním zdrojem napětí a elektronické zařízení LoRa s vlastním zdrojem napětí, viz odstavec výše,
- pracovní protokol pro záznam jednotlivých časů odeslání zkušební informace o zaplavení a kvalitě signálu, protokol je nazvaný „Protokol IoT“ a přílohou 1,
- mobilní zařízení pro kontrolu příjmu informace z elektronického čidla indikující zaplavení (doporučen tablet s připojením na internet v reálném čase). Pro práci byl zapůjčený tablet Samsung s připojením na internetovou síť a umožněným přístupem do virtuálních účtů provozovatelů obou zařízení přijímajících informaci - indikaci zaplavení, LoRa i SigFox.

5.3 Postup práce v terénu a zpracování dat

Shrneme-li metodicky celý postup práce v terénu, postupujeme takto:

1. příjezd k odlehčovací komoře, podle situace označení dopravní značkou „práce na silnici“ nebo výstražným kuželem,
2. odeslání informace postupně ze dvou zařízení LoRa a SigFox z úrovně 0,5 m nad poklopem (hlášení UP), zapsání data a času odeslání do protokolu, kontrola příjmu informace ve virtuálním účtu poskytovatele prostřednictvím mobilního zařízení (tabletu),
3. otevření poklopu vstupu do odlehčovací komory a opětovné odeslání informace ze zařízení spuštěného 0,5 – 1,0 m pod úroveň poklopu (hlášení DOWN), v obrázcích 15 a 16, zapsání času odeslání do protokolu,



Obrázek 15 a 16: Měření / odeslání informace do Dataskladu z úrovně DOWN, 0,50 m pod rámem vstupu do OK, vlevo zařízení LoRa, vpravo zařízení SigFox.

4. sestoupení do odlehčovací komory, umístění zařízení do nejnižšího místa komory, případně na přelivnou hranu odlehčení (hlášení DEEP), odeslání informace ze zařízení, v obrázcích 17 a 18, zapsání času,



Obrázek 17 a 18: Měření / odeslání informace do Dataskladu z úrovně DEEP, z přelivné hrany OK, vlevo zařízení LoRa, vpravo zařízení SigFox.

5. po vystoupení z komory uzavřít poklop vstupu a lze provést kontrolu virtuálního účtu poskytovatele o přijatých informacích o signálu.

DŮLEŽITÉ je, aby mezi jednotlivými odeslanými indikacemi byl ponechán časový prostor minimálně 2 minuty. Časy zapsané do protokolu IoT se musí ručně spárovat s přijatým hlášením ve virtuálním účtu poskytovatelů zařízení, resp. Dataskladu Vodakvy.

Kvůli vyloučení chyby – špatnému přiřazení času měření k úrovni měření je potřeba řídit se tímto pravidlem.

Shrnutí zpracování dat po změření v terénu:

1. spárování dat, tzn. přiřazení přijatých informací / hlášení z obou zařízení ve virtuálním účtu poskytovatelů zařízení, nebo Dataskladu s časy měření uvedenými v pracovním protokolu,
2. vyhodnocení měření, uvedení úspěšných hlášení, kvality,
3. závěr a doporučení, zanesení informace do geografického informačního systému MARUSHKA provozovatele kanalizace (dle metodiky uvedené v bakalářské práci, 2019).

6. Výsledné zhodnocení

6.1 Měřené lokality

Dle výsledků bakalářské práce a po diskusi s provozovatelem byly vybrány konkrétní lokality OK, kde bylo měřeno pomocí zařízení LoRa a SigFox.

1. Reprezentativní vzorky OK s vyústěním v centru města, obce, v zástavbě:

- OK 05 Karlovy Vary, Vítězná ul., u Lidlu,
- OK 42 Doubí, Studentská ul., areál Stamp,
- OK 43 Doubí, Studentská / Sokolská ul., u čp. 57.

Uvedené OK jsou situovány v blízkosti zástavby, ve městě a při budovách.

2. Reprezentativní vzorky OK se zhoršeným přístupem, na těžce dostupných místech, odlehlá místa:

- OK 09 Plzeňská ul., u trafostanice,
- OK 10 Doubí, Studentská ul., u Tvaru, ČSOV,
- OK 25 Březová, Hamerská ul., u mostu.

K uvedeným OK je zhoršený a komplikovaný přístup.

3. Reprezentativní vzorky OK s vyústěním do velkých toků, do toků řek:

- OK 01 Drahovice, Sportovní ul., před ČOV Drahovice,
- OK 02 Drahovice, Mattoniho nábřeží / Prašná ul.,
- OK 11 Doubí, Studentská ul., most u Tvaru.

Uvedené OK odlehčují do řeky Ohře.

4. Reprezentativní vzorky OK s vyústěním do malých toků, do toků potoků:

- OK 38 Dvory, ul. Kpt. Jaroše, most u školy,
- OK 44 Dvory, Chebská ul., u Algonu,
- OK 48 Háje u Karlových Var, u mostu.

Uvedené OK odlehčují do Chodovského potoka a Cínového potoka.

Mapa 1: 25 000 s vyznačením měřených odlehčovacích komor na stokové síti Karlovy Vary je přílohou 2.

6.2 Výsledky měření RSSI na určených dvanácti OK

Bylo provedeno měření na dvanácti odlehčovacích komorách na stokové síti Karlovy Vary, ve třech dnech, konkrétně 16. 11. 2020, 9. 12. 2020 a 11. 12. 2020. Pomocí zařízení LoRa se posbíralo 22 měřených hodnot síly signálu a zařízení SigFox získalo 12 měřených hodnot síly signálu. Data byla zbavena kontrolních hlášení zařízení (balastu), dalších zkušebních hlášení a spárována s časy měření uvedenými v Protokolu IoT pro záznam místa a času měření dostupnosti signálu LoRaWAN a SigFox (v příloze 1), vytěžená data viz tabulka 3. Za dobrý signál z měření byly považovány hodnoty -86 až -120 dBm. Závěr - měřením LoRou bylo poríženo více použitelných hodnot k analýze, než zařízením SigFox.

Tabulka 3: Naměřené hodnoty RSSI spárované s časy měření dle Protokolu IoT, holá data bez zpracování.

ID_ITEM		ID_ITEM	
	LoRa		SigFox
Datum	Hodnota [dBm]	Datum	Hodnota [dBm]
16.11.2020 09:31:41	-86	16.11.2020 09:37:08	-110
16.11.2020 09:42:45	-117	16.11.2020 09:45:09	-131
16.11.2020 09:44:21	-117	16.11.2020 09:54:40	-96
16.11.2020 10:12:13	-101	16.11.2020 10:11:19	-114
16.11.2020 10:15:48	-121	16.11.2020 10:38:09	-129
16.11.2020 10:38:24	-115		
16.11.2020 10:39:54	-119		
09.12.2020 09:42:21	-92	09.12.2020 09:52:27	-122
09.12.2020 09:44:17	-122	09.12.2020 09:58:43	-140
09.12.2020 09:46:10	-117	09.12.2020 10:27:39	-131
09.12.2020 10:09:11	-115	09.12.2020 10:41:24	-108
09.12.2020 10:14:34	-121	09.12.2020 10:55:14	-123
09.12.2020 10:26:33	-116		
09.12.2020 10:40:49	-98		
09.12.2020 10:42:28	-123		
09.12.2020 10:45:09	-125		
09.12.2020 10:51:28	-91		
09.12.2020 10:54:21	-113		
09.12.2020 10:57:23	-115		
11.12.2020 11:22:11	-115	11.12.2020 11:35:09	-108
11.12.2020 11:34:48	-101	11.12.2020 11:41:58	-130
11.12.2020 11:38:44	-122		
součet hodnot měření	-2462		-1442
počet úspěšných měření	22		12
RSSI průměr [dBm]	-111,9090909		-120,1666667

Z měření v terénu se podařilo zařízením LoRa získat 17 hodnot dobré, či dostačující síly signálu a 7 převyšující hranici -120 dBm, tzn. špatného signálu. Zařízení SigFox naměřilo 5 hodnot signálu s nižší hodnotou než -120 dBm a 6 hodnot s hodnotami vyššími než uvedená hranice. Nejlepší naměřená hodnota RSSI -86 dBm byla pořízena zařízením LoRa dne 16. 11. 2020 v čase 09:31:41 hod. z odlehčovací komory OK 1, Sportovní ul., před ČOV Drahovice. Další lokalitou s dobrými výsledky měření je OK 9, Tuhnice, Plzeňská ul., u trafostanice. Zde se z nějakého důvodu nepodařila získat hodnota SigFox úrovně DOWN. Na lokalitě OK 10, Doubí, Studentská ul., u Tvaru a ČSOV máme všechny hodnoty LoRaWAN a žádná data k SigFox. Získané hodnoty z obou zařízení jsou uvedeny v tabulce 4.

Tabulka 4: Zpracovaná data - přiřazené hodnoty měření k OK, vč. grafického rozlišení signálu dobrý / špatný / žádný.

	Katastrální území	číslo OK	Datum	LoRa / tlačítko [dBm]			SigFox / baterie [dBm]		
				UP (nad poklopem 0,5 m)	DOWN (pod poklopem 0,5 m)	DEEP (na přepadové hraně)	UP (nad poklopem 0,5 m)	DOWN (pod poklopem 0,5 m)	DEEP (na přepadové hraně)
1	Drahovice	OK 1	16.11.2020	-86	-117	-117	-110	-110	-131
2	Drahovice	OK 2	16.11.2020	-101	-121		-114		
3	Karlovy Vary	OK 5	16.11.2020	-115	-119		-129		
4	Tuhnice	OK 9	09.12.2020	-92	-122	-117	-122		-140
5	Doubí	OK 10	09.12.2020	-115	-121	-121			
6	Doubí	OK 11	09.12.2020	-116			-132		
7	Doubí	OK 42	09.12.2020	-98	-123	-125	-108		
8	Doubí	OK 43	09.12.2020	-91	-113	-115		-123	
9	Háje u Karlových Var	OK 48	09.12.2020						
10	Březová	OK 25	09.12.2020	-101	-122				
11	Dvory	OK 44	11.12.2020	-115					
12	Dvory	OK 38	11.12.2020	-101	-122		-108		-130
			signál dobrý			signál špatný			signál žádný

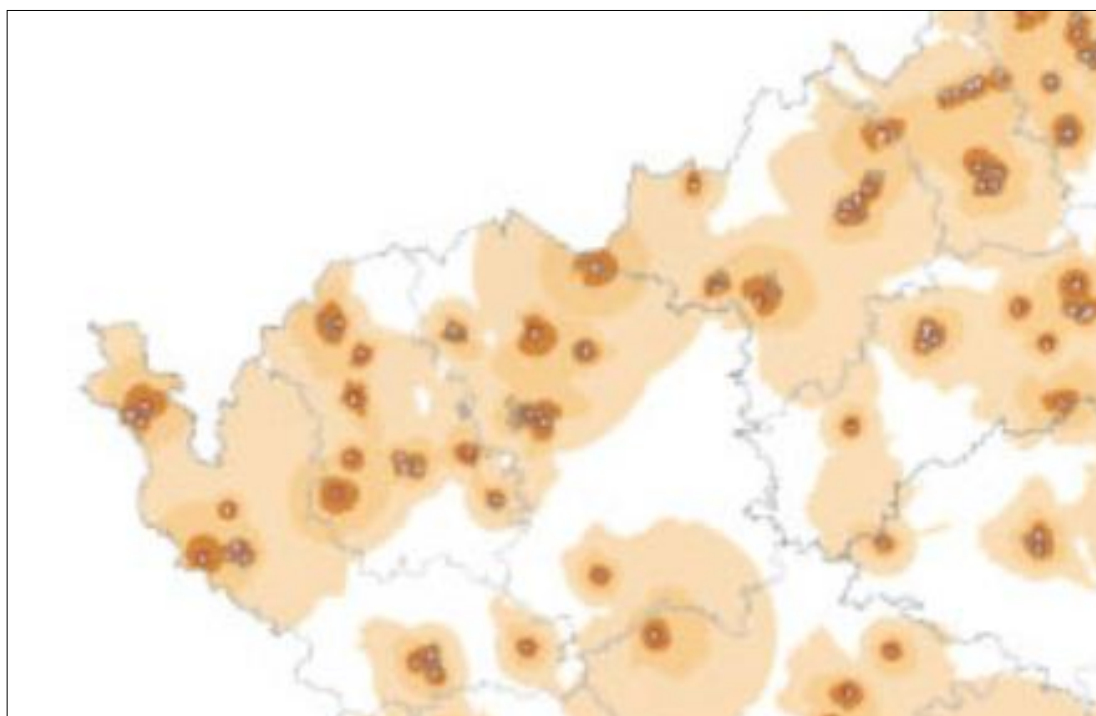
Na některých lokalitách v různých úrovních měření se nepodařilo naměřit žádné hodnoty – signál byl tak slabý, že se indikace nepodařila odeslat / přijmout do účtu zařízení. Žádná data nebyla získána z měření na OK 48 Háje u mostu, k. ú. Háje u Karlových Var. Zmíněná OK zastupuje vzorek OK s vyústěním do malých toků, do toků potoků, ale může reprezentovat i vzorek OK se zhoršeným přístupem, na těžce dostupných místech, odlehlá místa, protože se nachází v údolí na hranici zalesnění, při silnici III. třídy č. 2087 z obce Háje u Karlových Var do obce Březová. Zde není k dispozici signál zařízení LoRaWAN ani SigFox. Je nutné zmínit, že na této OK byl

pokus provedený ještě jednou. Pouze jeden údaj, úroveň UP, o kvalitě signálu LoRaWAN byl získán z OK 44, Dvory, Chebská ul. u Algonu. Úrovně DOWN a DEEP zde nebyly naměřeny.

Přehledná mapa 1: 25 000 s prezentací výsledků měření – pokrytí LoRa a SigFox je přílohou 3.

6.3 LoRa – porovnání naměřených hodnot s daty od poskytovatele

Na stránkách podpory poskytovatele sítě LoRaWAN je uvedeno, že síť pokrývá celou Českou republiku. Bližší informace s uvedením hodnot RSSI v dBm se nepodařilo pro srovnání nikde vyšetřit. Získána byla pouze mapa celé ČR, bez uvedení měřítka, s grafickým vyznačením nejlépe vykrytých lokalit signálem LoRaWAN, ze které byl udělán výřez zájmového území a okolí. Výřez z mapy v obrázku 19.



Obrázek 19: Výřez z mapy pokrytí sítě LoRaWAN Českými radiokomunikacemi, a.s. k červnu 2020, bez měřítka – pouze orientační (Iot-Portál 2021).

Praktickým měřením bylo ověřeno a dokázáno, že pokrytí úrovně UP je skutečně komplexní až na jednu lokalitu, OK 48 – Háje u Karlových Var. Lokalita této OK

je zařazena mezi vzorky reprezentující OK s vyústěním do malých toků, protože je situována při Cínovém potoku, ale mohla by být zahrnuta zároveň mezi OK se zhoršeným přístupem na odlehlých místech. Není překvapením, že zde nedošlo k potvrzení signálu sítě, protože se jedná o místo stíněné lesem a v zářezu. Na jedenácti lokalitách OK, všech měřených místech byly získány hodnoty RSSI s dobrými hodnotami dBm, jak je uvedeno v kapitole 3.7 Signalizace, signál, RSSI, dBm, hodnoty lepší než hranice -120 dBm. Úspěšně byla pořízena i data z úrovně DOWN, kdy nebyla získána data pouze tří lokalit. Tři vzorky OK byly dobře pokryty, ostatních šest vzorků pokryto špatným signálem za hranicí -120 dBm. Na zdrojích informací o síti nejsou uvedeny dostupnosti signálu pro další úrovně DOWN a DEEP.

Z výsledků měření vychází, že 9 lokalit lze monitorovat zařízením LoRa prostřednictvím sítě LoRaWAN a 3 lokality jsou mimo její dostupnost.

6.4 SigFox – porovnání naměřených hodnot s daty od poskytovatele

Podpora sítě SigFox, v zastoupení panem Jakubem Svobodou - Technical Support Engineer, byla uvědomena o této práci a ochotně poskytla hodnoty k souřadnicím umístěných OK, souřadnice měřených OK od podpory SigFox v tabulce 5.

Tabulka 5: Souřadnice S-JTSK a WGS84 měřených OK na stokové síti Karlovy Vary.

ČÍSLO OK dle GISu	Souřadnicový systém S-JTSK		souřadnicový systém WGS84 mapy.cz, google.maps (stupně)
	x	y	
OK 1	848070.084	1010243.696	50.2403533N, 12.8966069E
OK 2	848960.453	1010387.036	50.2378086N, 12.8845908E
OK 5	849746.835	1010584.532	50.2349597N, 12.8742400E
OK 9	852667.797	1011760.954	50.2203703N, 12.8363619E
OK 10	853440.533	1012400.179	50.2136122N, 12.8270331E
OK 11	853525.815	1012510.353	50.2125147N, 12.8260892E
OK 42	853530.236	1012719.117	50.2106744N, 12.8264886E
OK 43	853605.587	1012811.107	50.2097475N, 12.8256947E
OK 48	849929.707	1015604.828	50.1901722N, 12.8826219E
OK 25	850629.171	1013705.588	50.2059958N, 12.8687522E
OK 44	853333.720	1010869.990	50.2273967N, 12.8250431E
OK 38	852591.361	1010986.387	50.2274258N, 12.8355453E

Podporou SigFox poskytnutá data vychází z matematického modelu pokrytí, protože poskytovatel nedisponuje skutečnými hodnotami signálu, měřenými v terénu (svýjimkou případů, kdy ke skutečnému proměření došlo na konkrétních místech). Model udává marži signálu v dB. Údaj je uveden v posledních 3 sloupcích. Pro případ, kdy by místo pokrývala 1 základnová stanice (base station / BS), 2 anebo 3 a více stanic. Zpravidla se v praxi pracuje pouze s hodnotou pro 1 BS. Pokud je v místě marže alespoň 50 dB, je považováno pokrytí za velmi dobré. Data od podpory SigFoxu v tabulce 6.

Tabulka 6: Data s hodnotami dB od poskytovatele sítě SigFox, při pokrytí jedné, dvou, nebo tří základových stanic, locationCovered „NEPRAVDA“ znamená bez signálu (podpora SigFox 2021).

N	E	location check	locationCovered	margins.1bs_db	margins.2bs_db	margins.3+bs_db
50,2403533	12,8966069	ok	PRAVDA	66,25	49,72	30,42
50,2378086	12,8845908	ok	PRAVDA	56,11	50,91	44,71
50,2349597	12,87424	ok	PRAVDA	61,03	46,46	31,69
50,2203703	12,8363619	ok	PRAVDA	51,81	48,36	23,56
50,2136122	12,8270331	ok	PRAVDA	62,21	49,41	12,2
50,2125147	12,8260892	ok	PRAVDA	61,77	48,08	10,57
50,2106744	12,8264886	ok	PRAVDA	58,09	24,76	0
50,2097475	12,8256947	ok	PRAVDA	56,38	23,06	0
50,1901722	12,8826219	ok	PRAVDA	36,03	0	0
50,2059958	12,8687522	ok	NEPRAVDA	0	0	0
50,2273967	12,8250431	ok	PRAVDA	58,69	48,76	43,76
50,2274258	12,8355453	ok	PRAVDA	57,8	55,27	51,38

Model počítá se situací 1 m nad terénem v outdooru – tato hodnota je srovnatelná s naší měřenou hodnotou UP.

Pro indoor (zpravidla vnitřek budov, v přízemí, u okna, vnitřek vozidla apod.) se odečítá 20 dB – tato hodnota je srovnatelná s naší měřenou hodnotou DOWN.

Pro tzv. deep indoor (sklepní prostory, prostory hlouběji v budově, za několika zdmi apod.) je odečítáno 40 dB – tato hodnota je srovnatelná s naší měřenou hodnotou DEEP.

Jedná se o orientační hodnoty matematického modelu, skutečná situace velmi závisí na konkrétní instalaci.

Z toho vyplývá, že pokud je v místě alespoň oněch 50-60 dB (pro 1 BS), je předpoklad dostatečného signálu i pro deep indoor instalaci.

Dle informací podpory SigFoxu je samotné město Karlovy Vary pokryto na většině míst velmi slušně třemi základnovými stanicemi, ale problematické je např. údolí kolem řeky Teplá (je vidět na čtvrtém a třetím bodu od konce), kam se signál nezalomí.

Pro srovnání s měřením v terénu budou uvažována data při pokrytí jednou základovou stanicí a zaokrouhlena na celé hodnoty bez desetinné přesnosti. Srovnání hodnot získaných od podpory SigFoxu s hodnotami měřenými v terénu, v tabulce 7.

Tabulka 7: Srovnávací tabulka hodnot z podpory SigFox a hodnot měřených v terénu, s dopočtem a zaokrouhlením na celé hodnoty bez desetinné přesnosti.

ČÍSLO OK dle GISu	Data z podpory Sigfox s přepočtem, zaokrouhlena			Měření z terénu		
	Outdoor	Indoor +20	Deep indoor +40	UP	DOWN	DEEP
OK 1	66	86	106	110	110	131
OK 2	56	76	96	114		
OK 5	61	81	101	129		
OK 9	52	72	92	122		140
OK 10	62	82	102			
OK 11	62	82	102	132		
OK 42	58	78	98	108		
OK 43	56	76	96		123	
OK 48	36	56	76			
OK 25	0	20	40			
OK 44	59	79	99			
OK 38	58	78	98	108		130

Výsledným zhodnocením obou měření je nutné konstatovat, že při terénním měření se nepotvrdila shoda s modelovými daty získanými od podpory SigFoxu. Srovnáním dat outdoor s daty UP je signál dvojnásobně horší kvality. Udávané modelové hodnoty indoor a deep indoor se v terénu nepotvrdily / nebyly naměřeny, dokonce se nepovedlo navázat signál vůbec a odeslat indikaci.

Z výsledků měření vychází, že 3 lokality lze monitorovat prostřednictvím sítě SigFox a 9 lokalit je mimo dostupnost.

6.5 Rozdělení odlehčovacích komor dle okolní zástavby

Odlehčovací komory, byť na stokové síti Karlovy Vary, nejsou vždy umístěné ve městě, tzn. přímo mezi zástavbou domů a dalších budov. Bakalářská práce se tímto dělením zabývala, přiřazením informace o umístění OK z pohledu terénu. Z těchto dat lze vyvodit náročnost dostupnosti OK. Jednotlivé rozdělení OK na stokové síti dle umístění v obrázku 20.



Obrázek 20: Rozdělení OK na stokové síti Karlovy Vary dle umístění v terénu.

Nabízí se zde i další způsob rozčlenění na OK umístěné v zástavbě – intravilánu v pozměněném významu (*) a mimo zástavbu - extravilánu v pozměněném významu(*). Vysvětlení pozměněného významu intravilánu a extravilánu spočívá ve skutečnosti, že se jedná pouze o dělení v menším měřítku a souvislostech, než je tomu tak v pravém významu těchto názvů.

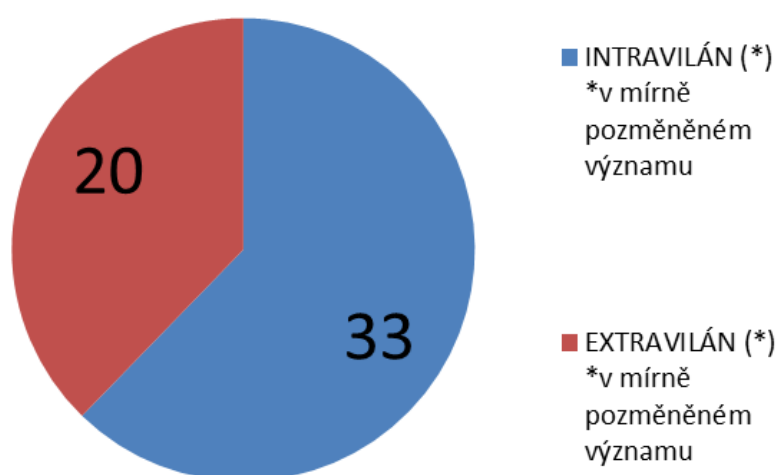
Pravý význam těchto názvů níže.

Intravilán – část území obce z větší části zastavěna, vč. zahrad, komunikací, veřejné zeleně, vodních toků, vodních ploch.

Extravilán – nezastavěná část obce, resp. území, osamělé budovy, pás okolo intravilánu, lesy, pole, louky, pastviny.

Význam v případě této práce spočívá v zařazení v souvislosti se zástavbou v těsné blízkosti OK, přibližně 50 – 100 m a individuálního citu autora.

Pokud bychom vyvozovali jednoduché závěry, tak lze říci, že z pohledu nedostupnosti by bylo efektivní sledování OK ve zpevněné ploše, v zeleni při komunikaci, v zeleni při stezce a v zeleni. Z hlediska umístění v zástavbě zase OK v extravilánu (*), z čehož nám vyplývají komory méně dostupné, s horší sledovatelností a potencionálně delší dobou odlehčení, dle grafu v obrázku č. 21.



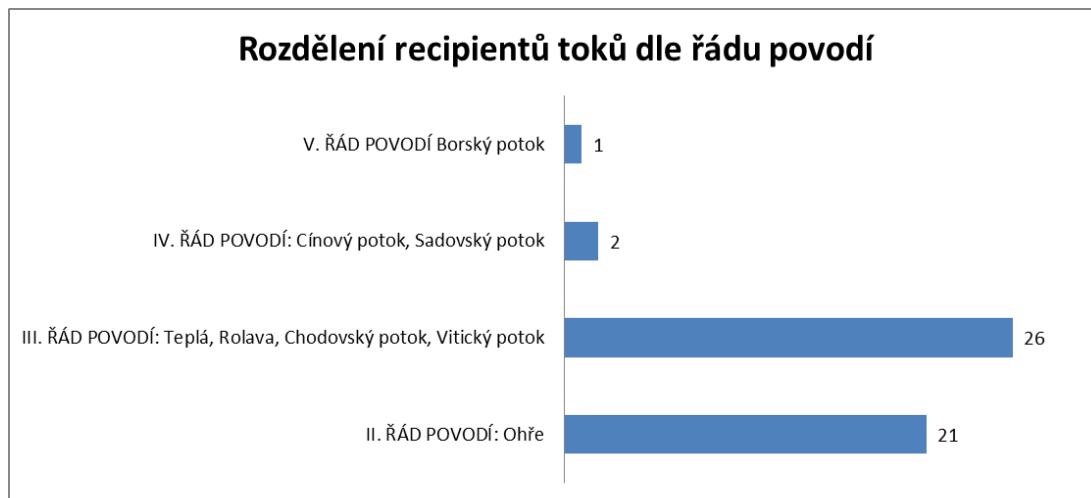
Obrázek 21: Rozčlenění OK na stokové síti Karlovy Vary dle umístění v zástavbě.

6.6 Odlehčovací komory dle kategorizace recipientu

Recipienty využívané pro funkci kanalizační sítě, uvedené v kapitole 4.4, lze kategorizovat na jednotlivé řády povodí. Dle zařazení je řeka Ohře povodí II. řádu – vlévá se do Labe, toky řeka Teplá, řeka Rolava, Chodovský potok, Vitický potok jsou III. řádu povodí – vlévají se do Ohře, Cínový potok – vlévá se do Teplé, Sadovský potok IV. řádu povodí – vlévá se do Vitického potoka, Borský potok spadá do V. řádu dle povodí – vlévá se do Sadovského a následně do Vitického potoka.

Tady se dá stanovit pravidlo posouzení, kdy je efektivnější dálkové sledování odlehčení v souvislosti s řádem povodí. V případě odlehčení do malého toku, IV. a V. řádu povodí, kdy při malém průtoku v toku dojde k vyšší kontaminaci

vodního toku odpadními vodami a při odlehčení do povodí I. až III. řádu, kdy dojde k většímu nařazení odlehčených vod. Ukázka v grafu na obrázku 22.



Obrázek 22: Rozdělení recipientů toků dle řádu povodí a počty OK na jednotlivých recipientech.

6.7 Srovnání výsledků měření komor OK 11 a OK 42

Srovnáme-li naměřené hodnoty signálu obou testovaných zařízení mezi sebou, narazíme na dvě odlehčovací komory situované 210 m (vzdušnou čarou) od sebe, jedná se o OK 11 a OK 42, situace na mapě v příloze 3. Zatímco právě u OK 42 dopadlo měření úspěšně a byly získány tři hodnoty kvality signálu LoRaWAN a jedna dobrá hodnota dostupnosti sítě SigFox, u druhé komory OK 11 nebyla zjištěna dostupnost ani jedné sítě.

OK 11, Studentská ul., most u Tvaru, je dle umístění zařazena do intravilánu* (v mírně pozměněném významu) s vyústěním do velkého toku Ohře, se stala nedostupná technologiím LoRa a SigFox, lokalita na obrázku 23.

OK 42, Studentská ul., areál Stamp, je dle umístění zařazena rovněž do intravilánu* (v mírně pozměněném významu) se situováním v zástavbě, v účelové komunikaci při hlavní silnici, dle výsledků měření je pokryta sítí na technologii LoRa i SigFox, lokalita na obrázku 24.

Příčinu takového rozdílu ve výsledku lze odůvodnit převýšením, kde je OK 42 o 15,25 m výše situována než OK 11 (dle BP 2019, OK 11 s výškou terénu 376,70 m

a OK 42 s výškou terénu 391,95 m). Další příčinou by mohly být silné konstrukce objektu odlehčovací komory, nebo prostředí ovlivněné okolní zástavbou.

Proto zvažování umístění IoT technologie a výběr konkrétního zařízení musí předcházet ověření dostupnosti pokrytí a úrovně kvality signálu vybraného zařízení.



Obrázek 23 a 24: OK 11 Studentská ul., most u Tvaru - vlevo; OK 42 Studentská ul., areál Stamp - vpravo.

6.8 Vzorový způsob umístění záplavového hlásiče

Každá odlehčovací komora je svým stavebně-technickým provedením a konstrukcí unikátní. Dle poznatků z terénního průzkumu a zdokumentování v bakalářské práci z roku 2019 se dá rozčlenit použití materiálů na výstavbu, dle stáří – roku, nebo spíše dekády výstavby na použité materiály podle „oblíbenosti“, přesto i tak není žádná komora na stokové síti v Karlových Varech shodná s další. Když už se shodují materiály objektů, materiály použité na přelivnou hranu a typ odlehčení, jsou v jiném směru, délce, hloubce a s jinými průměry potrubí přítoku, odtoku a odlehčení. Jedním z míst, kde proběhlo individuální měření dosahu signálu Českých Radiokomunikací a.s. a kde byly současně naměřeny nutné minimální hodnoty síly signálu je odlehčovací komora OK č. 23 v Dalovicích, Hlavní ul. x Všeborovická ul., u masny. Do této odlehčovací komory se podařilo dne 6. 8. 2020 instalovat právě zařízení LoRa s přídavným čidlem zaplavení. Případ této instalace je určen a zařazen jako vzorový, nebo je snahou aby takto působil. Pro montáž zařízení LoRa – vysílače signálu se využilo zde použitého vstupu. Komora má čtvercový vlez s osazeným kulatým rámem s poklopem, typ BEGU (betonový rám s litinovým poklopem), kde vzniká „hluchý prostor“ pro umístění vysílače. Při sestupování osoby do komory

zařízení nepřekáží, je kryté a nehrozí poškození. Zařízení je ovšem viditelné již po otevření poklopu a lze ho tak vizuálně příležitostně zkontrolovat. Na obrázku 25 a 26 je ukázka zařízení LoRa a umístění.



Obrázek 25 a 26: Vysílač LoRa – obrázek vlevo; umístění vysílače zařízení LoRa v OK č. 23, Dalovice, Hlavní ul. x Všeborovická ul., u masny – obrázek vpravo.

Na obrázku výše je viditelné uchování rezervy v délce kabelu mezi vysílačem a čidlem, pro budoucí údržbu s nutným zkracováním kabelu vodiče.

K umístění samotného čidla – „špinavého“ senzoru pro hlášení vzduté hladiny je důležité volit místo mimo trasu hlavního toku odlehčované vody při činnosti odlehčení, tzn. umístění v zákrytu, kde nebude konstrukce čidla namáhána a zanášena sedimentem. V případě OK v Dalovicích se nabízí ideálně část, která by se například u toku řeky nacházela na konvexním břehu. Je to místo na vnitřní dělicí stěně komory, škrticím objektu, a za hranou trouby odlehčení DN 300. Při vzdutí hladiny je tato část mimo nejsilnější proud toku odlehčovaných vod. Montáží čidla na DIN lištu je umožněné výškové přenastavení dle vzdouvání hladiny odlehčovaných vod. Ukázka čidla a umístění na obrázkách 27 až 30.

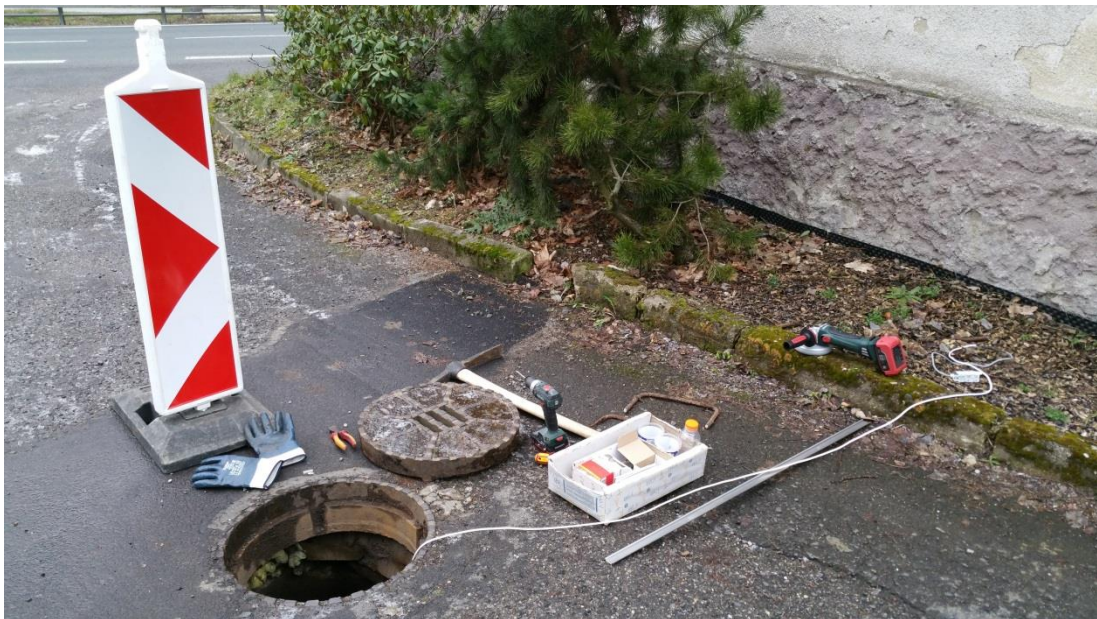


Obrázek 27 a 28: Čidlo indukující zaplavení při proklemování el. kontaktů – obrázek vlevo; umístění čidla indukujícího zaplavení na DIN lištu v OK č. 23, Dalovice, Hlavní ul. x Všeborovická ul., u masny – obrázek vpravo.



Obrázek 29 a 30: Ukázka vedení kabelu vodiče mezi vysílačem a čidlem zaplavení v OK č. 23, Dalovice, Hlavní ul. x Všeborovická ul., u masny.

K montáži sestavy zařízení v OK v Dalovicích bylo použito: vysílač – zařízení LoRa, čidlo zaplavení, kabel se dvěma vodiči v délce cca 5 m, hmoždinky a příslušné vruty o průměru 6 mm a délce min. 40 mm, DIN lišta (určená pro elektro rozvodné skříně), elektrikářské stahovací pásy délky min. 100 mm, nářadí na řezání, vrtání a upevnění, ukázka místa při instalaci v obrázku 31.



Obrázek 31: Místo instalace záplavového čidla a použité vybavení.

Samotná instalace byla provedena ve dvou lidech a trvala přibližně 1 hodinu času. Zprovoznění a zavedení senzoru do systému Dataskladu Vodakvy bylo otázkou cca 30 minut a zařízení do současnosti pracuje spolehlivě.

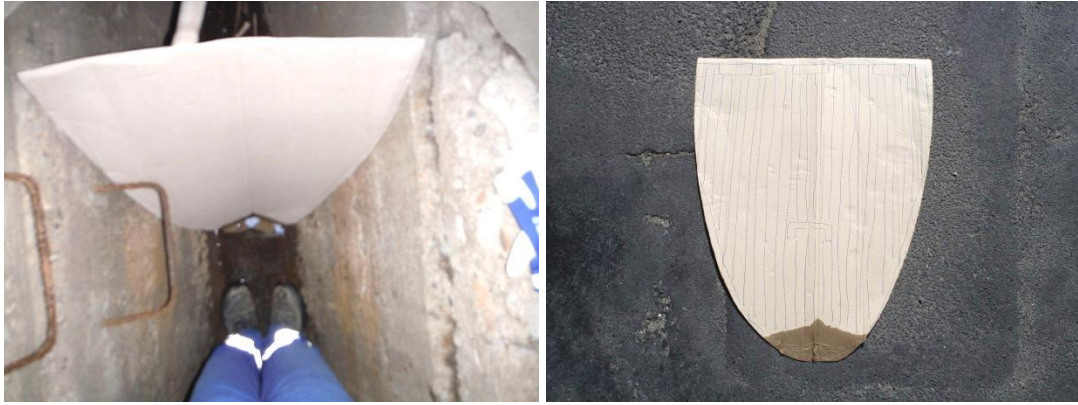
6.9 Alternativní způsob separace splavenin v OK

Jak bylo zmíněno v kapitole 3.3 Odlehčovací komory, vzhledem k malé vodnosti některých recipientů, je nutné řešit problematiku vnosu hrubého plovoucího znečištění odlehčovacích vod do recipientu. Uvažovaný ředící poměr, objem přepadlých vod a doba přepadů může vykazovat velký objem odlehčované vody s takovým znečištěním. Alternativním způsobem separace, tzn. zachycení transportovaných nerozpuštěných látek odpadními vodami, je řešení umístění speciálních stacionárních česlí přímo do odlehčovací komory. Česle lze navrhnout na přelivnou hranu nebo do trasy, či profilu / trouby odlehčení, nebo do vybrané revizní šachty na odlehčovací stoce určené komory. Takový návrh je zatím zcela individuální a nelze popírat, že se některé skutečnosti ukáží až při provozu, při sledování účinnosti, efektivnosti a posouzení náročnosti údržby zařízení. Vzhledem k nenáročnosti česlí na provoz bez elektřiny je řešení o to realizačně jednodušší.

Zde je uveden jeden příklad řešení, které se aplikovalo na odlehčovací stoce v Horním Slavkově, kde je převážně jednotná stoková síť s celkem deseti odlehčovacími komorami. Odlehčení ze západní části města Horního Slavkova je řešeno jednou společnou odlehčovací stokou označenou OS1AF v délce 650 m, která odvádí odlehčené vody ze čtyř komor, OK8AF, OK7A, OK6A, OK5AD-6, do recipientu, potoka s názvem Stoka. Správce kanalizace zde řešil po každém větším dešti úklid potoka ručním sběrem naplaveného odpadu a to bylo náročné na nutný počet pracovníků i délkou činnosti úklidu. Do revizní šachty č. 113, necelých 24 metrů před výústí do Stoky, se podařilo instalovat česle k zachycení právě plovoucích splavenin, typu textilních vlhčených ubrousků a ostatních předmětů, u kterých je zakázána likvidace způsobem vyhození do odpadu vnitřní kanalizace, dle kanalizačního řádu, ale přesto k těmto skutečnostem dochází.

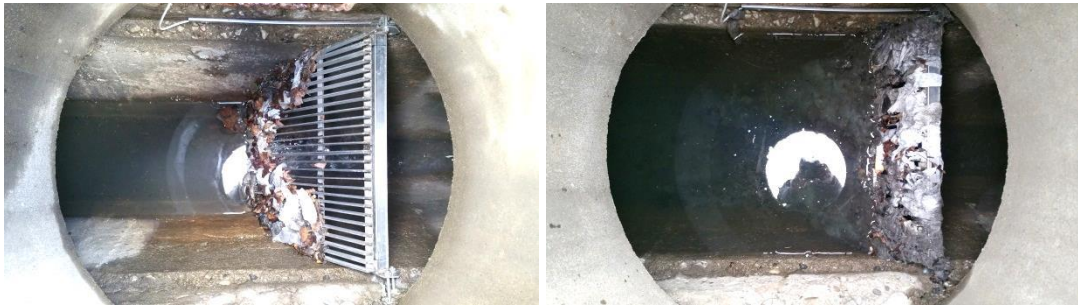
Česle byly instalovány do revizní šachty 10. 3. 2020 a vyhodnocením po ročním provozu byla potvrzena účinnost a zjednodušení údržby. Velmi pravděpodobně bude takové řešení uvažováno i na dalších odlehčovaných vodách na stokové síti v Karlových Varech.

Vnitřní průtočný profil byl změřen a na místě vyrobena šablona pro výrobu česlí, na obrázcích 32 a 33.



Obrázek 32 a 33: Zaměření profilu trouby B DN 700/1000 v náklonu 60°; ukázka vytvořené šablony pro výrobu česlí.

Podle šablony byly česle vyrobeny z nerezové oceli, na obrázcích 34 a 35.



Obrázek 34 a 35: Česle při plnění funkce - vlevo; česle po splnění funkce zachytávání splavenin a před mechanickým vyčištěním, s odrazem autora v hladině – obrázek vpravo.

Při kombinaci se záplavovým čidlem se jedná o výrazný posun v oblasti sledování jak frekvence odlehčení vod, minimalizování roznosu splavenin, tak i získání vzorku splavenin, viz obrázky 36 a 37.



Obrázek 36 a 37: Záplavové čidlo na speciální konstrukci v revizní šachtě na odlehčovací stoe - obrázek vlevo; záplavové čidlo, kryté v kombinaci s česlemi po přivalovém dešti - obrázek vpravo.

7. Diskuse

Měření ukázala, že podmínky a prostředí pro uplatnění technologií IoT na stokové síti jsou náročnější, než se zprvu očekávalo. Zařízení LoRa získala více dat s přijatelnou hodnotou signálu a také dokázala větší pokrytí než na trhu rozšířenější síť SigFox, kde bylo měření zdárné vesměs pouze při úrovni UP, tzn. 0,5 m nad terénem. V náročnějších úrovních DOWN a DEEP se příliš SigFoxem nenačítalo. Přitom úroveň DEEP je možné chápat jako nadstandardní dostupnost sítě, protože instalovaná zařízení mohou být konstrukčně rozdělena - část s vysílačem ukotvena při úrovni DOWN a kontaktní čidlo na úrovni DEEP, v nejkritičtější části komory. Tento výsledek je přinejmenším zvláštní, protože technologie SigFox, jak bylo zmíněno v rešerši, je již řadu let využívána a nabízena veřejnosti například pojišťovnou (Direct Echo 2021) – pravda, že tam nemůžeme hovořit o náročných podmínkách, srovnatelných s komorami na stokové síti, protože umístění jejich čidel je zpravidla v obývaných částech objektů nad terénem, v prvním nadzemním podlaží, u okenních otvorů a ve vyšších úrovních. Podobné je to i s uplatněním technologie společností Innogy, která rovněž SigFox využívá v souvislosti, kdy je vzdáleně sledováno měření spotřeby plynu (Innogy 2021). Plynoměr, podobně jako další základní měřicí zařízení spotřeb energií (vodoměr, elektroměr), bývá umístěn na patě domu, nebo za obvodovou zdí, u bytových domů na chodbách a někdy dokonce v energetickém pomníku na hranici pozemku, kde se také nenachází ve výrazněji stíněném prostředí. Při uvažování o nestandardním umístění zařízení této aplikace se distributor přirozeně kryje (v nejlepší smyslu slova) a před samotnou nabídkou upozorňuje na skutečnost, že zařízení vyžaduje dostatečný signál sítě, který ověří přímo v daném místě zvažované montáže. To neevokuje náročné prostředí, až na avizované ověření signálu u více krytých míst, které v případě odlehčovacích komor mnohdy vytváří samotná hloubka objektu, masitá betonová konstrukce, anebo odloučená místa, kde se objekty na stokové síti nalézají. Stejně tak traumabody v Brdech (Šuplíková 2021), které byly řešeny i konstrukčně důsledněji a byl zajištěn dosah několika základních stanic pro zajištění příjmu dostatečného signálu i v případě výpadku jedné ze stanic, tím spíše se zájmem a s podporou Plzeňského kraje.

Oproti tomu síť LoRa, v případě kdy pracuje s podporou na síti Českých radiokomunikací, které mají velmi dobré pokrytí, se projevila lepšími naměřenými hodnotami i pokrytím na více reprezentativních komorách. Tak i v některých případech, kdy byla data naměřena hluboko pod terénem v úrovni DEEP, a tady je nutno zmínit i minimální rozdíl mezi dosaženými výbornými hodnotami Up a DEEP! Lze jednoduše uvádět, že byt' je SigFox rozšířenější (jeli posuzováno ze zdrojů použitých v této práci), s LoRou se pracovalo lépe a data jsou více reflektující a logická. Určitě jsou další důvody, jistě i komerční, které nebyly při této práci zkoumány, protože se vycházelo z požadavků, typů, doporučení a dialogu s provozovatelem kanalizačního systému, kde je uvažován tento nutný způsob efektivního sledování stavu odrážející způsob obhospodařování svěřeného majetku s respektováním trvale udržitelného rozvoje.

8. Závěr a přínos práce, doporučení

Závěrem z měření je vyhodnoceno, že 9 lokalit lze monitorovat zařízením LoRa prostřednictvím sítě LoRaWAN, 3 lokality v síti SigFox, 2 lokality jsou pokryty oběma sítěmi LoRaWAN i SigFox a 3 lokality jsou mimo dostupnost. Souhrnná tabulka se zjištěnými skutečnostmi, závěrem měření a doporučení technologie je přílohou 4.

Internet věcí představuje jistou možnost využití v mnoha odvětvích a nepřímo naplněný technologický potenciál, který může výrazně zvýšit efektivní obhospodařování a správu inženýrských sítí. Povědomí o činnosti odloučených zařízeních přímo ovlivňující životní prostředí, umístěných v různých podmínkách a bez možnosti zdroje ze sítě elektrické energie, kde lze instalovat zařízení s vlastním zdrojem, je určitě žádoucí. Je potřeba zvolit správné zařízení, umístění a způsob instalace.

Diplomová práce se zabývala seznámením se základními součástmi stokové sítě, popsala objekty odlehčovacích komor a výústní objekty se zaměřením především na stokovou síť v Karlových Varech. Ve spolupráci s provozovatelem kanalizace byla na místě vytipovaných objektů odlehčovacích komor uskutečněna měření pomocí dvou dostupných technických zařízení LoRa a SigFox při stejných podmínkách, ve stejných časech. Zařízení LoRa a SigFox byla k účelu měření sestavena a vypůjčena oddělením automatizace provozovatele kanalizace. Vytipovaná místa byla diskutována s provozovatelem kanalizace, zdůvodněna a získaná data z měření analyzována. Pracovalo se na místech v centrech obce, místech odloučených se zhoršeným přístupem, u velkých toků řek a u malých toků potoků, v objektech s různými hloubkami a konstrukcí. Jednotlivá prostředí byla zastoupena třemi reprezentativními vzorky komor a v součtu bylo měření provedeno na dvanácti lokalitách. Obě komunikace LoRa a SigFox byly zhodnoceny do budoucna jako zajímavý způsob přenosu v časově velmi pomalých procesech s malou četností zasilání informačních zpráv, když jednou za den pošlou informaci o stavu, nebo budou informovat o události, či poruše.

Jedná se o doplněk vyvinutý pro maximální úsporu energie, který provozovateli chyběl. Skutečností práce ve výsledku přispěli provozovateli k navrhování

a rozhodování o způsobu objektivního sledování provozovaného zařízení napříč městem Karlovými Vary. Informace a zjištění zde uvedená určitě motivují další zájemce o IoT technologie nebo techniky a řešitele z oblasti vodárenství.

Internet věcí je jednou z cest. Místo uplatnění čidla IoT sítě musí být zdokumentováno (např. bakalářská práce 2019), signál změřen přímo na uvažovaném konkrétním místě instalace (předpoklady měření v kap. 6.2 Výsledky měření dBm), zařízení bezpečně instalováno a zavedeno do programu / aplikace / cloudu / dataskladu, ve zkušebním čase / provozu sledováno, pravidelně mechanicky čištěno a poté mu lze svěřit jistou zodpovědnost a důvěřovat v jeho reálnou spolupráci.

Přínosem práce je, ve výtahu, ověření dostupnosti pokrytí sítí IoT, navázání konkrétní komunikace s poskytovatelem služby IoT, uspořádání známých, zjištěných a navrhovaných skutečností pro další hledání cest monitorování odlehčovacích komor a především respekt k životnímu prostředí řešením problematiky spojené s vypouštěním odpadních vod do vodních toků.

Cesta využíváním IoT technologií je určitě způsob, jak blíže dosáhnout efektivního hospodaření a správy odvádění odpadních vod, „odpovědně mezi přírodou a člověkem“ (moto provozovatele vodovodů a kanalizace v Karlových Varech).

9. Přehled literatury a použitých zdrojů

Literární zdroje:

- Abbas, A., Carnacina, I., Ruddock, F., Alkhaddar, R., Rothwell, G., Andoh, R., 2019: An Innovative Method for Installing a Separate Sewer System in Narrow Streets, Journal of Water Management Modeling. č. 27 (2019) ISSN: 2292-6062.
- Běhalová, K., Macek, L., Strávský D., Švec, L., 2004: Nakládání s dešťovými vodami ve městech a obcích: městské odvodnění: sborník příspěvků konference: Darovanský Dvůr, 8. - 9. 9. 2004 Česká republika. Praha: Vodohospodářská aliance. ISBN 80-239-3474-0.
- Burian, P., 2014: Internet inteligentních aktivit. Praha: Grada. ISBN: 978-80-247-5137-5.
- Bystřický, V. a Pokorný, A., 2003. Technická zařízení budov - A. Praha: ČVUT, 205 s. ISBN 80-01-02716-3.
- Collins, D., Smith, C., 2000: 3G Wireless Networks, s. 136.
- ČÚZK, 2006: Vitický potok: (TOK_ID=141610000100) Atlas záplavového území 1:10 000. Praha: Vydal Český úřad zeměměřický a katastrální jako účelový náklad pro Ministerstvo životního prostředí ČR. ISBN 80-86918-39-4.
- Davis, G., 1988: Příručka pro posílení zvuku. Yamaha. s. 22., ISBN 0881889008.
- Gotoh, K., 1993: Instrumentation and Computer Integration of Water Utility Operations. AWWARF/JWWA. Denver. 1993.
- Hassan, F., 2018: Internet of Things A to Z: Technologies and Applications. Wiley-IEEE Press. ISBN: 978-1-119-45674-2.
- Hlavínek P., Mičín J., Prax P., 2001: Příručka stokování a čištění. Brno: NOEL. 251 s. ISBN 80-8620-30-4.

- Hydroprojekt, 1980: Karlovy Vary – Generel kanalizace a čistírny odpadních vod. Hydroprojekt. „nepublikováno“ Dep.: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.
- Jágl, A., Štafflová, V., Dlesk, V., 2012: Voda pro Karlovy Vary. Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s., Karlovy Vary, 84 s.
- Křivánek, J., Němec, J., Kopp, J., Kyzlík, P., 2014: Drobné vodní toky v České republice. Beroun: Consult, 2014. 295 s. ISBN 978-80-905159-0-1.
- Kumpera, J., 2004: Řeky a říčky Karlovarského kraje aneb vodní toulky krajem lázní. Plzeň: Agentura Ekostar, 127 s.
- Libra, J., 2005. Stavby pro odpadové hospodářství. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-715-7861-4.
- Linhartová, I. a Zbořil A., 2006: Charakteristiky vodních toků a povodí ČR. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka. ISBN 80–85900–62–9.
- Maršík, F., 2019: Odlehčovací komory na stokové síti Karlovy Vary. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, 108 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep.: Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování, ČZU v Praze.
- Mille, L., 2017: Internet of Things for Dummies. John Wiley and Sons, Ltd. ISBN: 978-1-119-34992-1.
- Moučka, J., 1991: Sborník konference Čištění komunálních odpadních vod 1991, Proceedings of the Conference Municipal Wastewater Treatment 1991: Malenovice pod Lysou horou 13. - 15. listopadu 1991, Ústředí České vodohospodářské inspekce, ISBN 80-900952-9-1.
- Novák J. a kolektiv autorů, 2003: Příručka provozovatele stokové sítě. Líbeznice u Prahy: Medim. ISBN 80-238-9947-3.
- Nypl, V., Haloun R., 1990: Komplexní projekt Z I., 1. vyd. Praha: ČVUT. 169 s. ISBN 80-010-0245-4.

- Öwaw, 2007: Regelblatt 19. Richtlinien für die Bemessung von Regentlastungen in Mischwasserkanälen.
- Pavlíčková L., Novák P., Roub R., Hejduk T., 2012: Využití geografických informačních systémů a územně plánovací dokumentace při modelování povodňového rizika. VTEI ročník 54. s. 1-6. ISSN 1211-0760.
- Pipa J., 2012: Optimalizace návrhu odlehčovacích komor na jednotné stokové síti. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Brno. 59 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep.: Vysoké učení technické Brno.
- Rais, M., 2014: WiFi lokalizace pro Android. Masarykova univerzita, Fakulta informatiky, Brno. 32 s. (bakalářská práce). „nepublikováno“. Dep.: Masarykova univerzita Brno.
- Rowlett, R., 2020: A Dictionary of Units of Measurement. Chapel Hill - USA: University of North Carolina at Chapel Hill.
- Řezáč, F., 2014: International Workshop wRTT 2014: Užití elektrotechniky a informatiky v komunikačních systémech, Frymburk, CZ, 11. 9. 2014, Praha: ČVUT. 70 s. ISBN 978-80-01-05539-7.
- Šrytr, P, 2001: Městské inženýrství. Praha: Academia. Technický průvodce (Academia). ISBN 80-200-0440-8.
- Šrytr, P. a Synáčková M., 1992: Inženýrské sítě. 1. Praha: ČVUT, 256 s., ISBN 80-01-00777-4.
- Švorc, L. a Švorcová V., 2006: České řeky a říčky. Příbram: Knihovna Jana Drdy. ISBN 80-86937-11-9.
- Thompson, A., Taylor, N. B., 2008: Příručka pro využití mezinárodní soustavy jednotek (SI), NIST Special Publication SP811 Archived 6. 3. 2016 v Wayback Machine.
- Vlček, V., 1984: Zeměpisný lexikon ČSR. Vodní toky a nádrže. Praha: Academia. 316 s. Heslo Sadovský potok, s. 240.

- Vodakva, 2015: Provozní řád kanalizace Karlovy Vary (platnost do 1. 11. 2020). „nepublikováno“ Dep.: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.
- Vodakva, 2017: Kanalizační řád města Karlovy Vary a obcí Andělská Hora, Březová, Dalovice, Jenišov, Kolová, Otovice, Pila, Sadov, Hájek u Ostrova, Hory (platnost do 31. 12. 2022). „nepublikováno“ Dep.: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.
- Vodakva, 2018: Plán údržby kanalizace. „nepublikováno“ Dep.: Vodárny a kanalizace Karlovy Vary, a.s.
- Vodovody a kanalizace Brno, 2008: Vědecko-technická konference: sborník příspěvků. Brno: Cerm. ISBN 978-80-7204-579-2.
- Žabička, Z., 2004: Vodovod a kanalizace. 2. aktualizované vydání. Brno: ERA. Stavíme. ISBN 80-865-1767-5.

Internetové zdroje:

- České hory, ©2021: Řeka Ohře (online) [cit. 2021.03.14], dostupné z <<https://ohre.ceskehory.cz/>>.
- ČRA, ©2021: České radiokomunikace – IoT – Internet věcí (online) [cit. 2021.02.28], dostupné z <<https://www.cra.cz/cra-iot-internet-veci>>.
- ČSÚ, ©2021: Český statistický úřad (ČSÚ), (online) [cit. 2021.01.09], dostupné z <<https://www.czso.cz/csu/czso/domov>>.
- DEVICEHIVE, ©2018: Three Steps To IoT (online) [cit. 2021.02.28], dostupné z <<https://docs.devicehive.com/docs>>.
- DIBAVOD, ©2018: Hydroekologický informační systém VÚV TGM (online) [cit. 2021.03.14], dostupné z <[https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?MAP=mp_heis_voda&IFRAME=0&LON=15.4871695&LAT=49.7692482&SCALE=1935360&MU=CS&G EN=LSTD&TS=17&QY=X\[\]68697](https://heis.vuv.cz/data/webmap/isapi.dll?MAP=mp_heis_voda&IFRAME=0&LON=15.4871695&LAT=49.7692482&SCALE=1935360&MU=CS&G EN=LSTD&TS=17&QY=X[]68697)>.

- Direct Echo, ©2021: Čidla Direct Echo. Pro váš klid (online) [cit. 2021.03.09], dostupné z <<https://www.directecho.cz/>>.
- EAGRI, ©2021: Voda. Centrální evidence vodních toků. Ministerstvo zemědělství (online) [cit. 2021-03-14] dostupné z <<http://eagri.cz/public/web/mze/voda/aplikace/cevt.html>>.
- Hořčica, A., 2020: Tři možnosti, jak si zprovoznit vlastní síť LoRaWAN pro internet věcí (online) [cit. 2021-03-15] dostupné z <<https://www.lupa.cz/clanky/tri-moznosti-jak-si-zprovoznit-vlastni-sit-lorawan-pro-internet-veci/>>.
- I2 O2 Solution, ©2021: Industrial Intranet of Things (online) [cit. 2021.02.28], dostupné z <<https://www.i2otsolutions.com/>>.
- Innogy, ©2021: S innosvěttem máte vždy energie pod kontrolou (online) [cit. 2021.03.10], dostupné z <https://www.innosvet.cz/?sc_camp=6A03A428E9864E26A9C18ED1677BE488&gclid=EAIAIQobChMIxJu23Oqv7wIV8wWiAx3JUw4hEAAAYASAAEgLtH_D_BwE>.
- IoT – Portál, ©2021: Co je IoT? (online) [cit. 2021.28.02], dostupné z <<https://www.iot-portal.cz/coje-iot/>>.
- Karlovy Vary, ©2021: Praktické informace. Infocentrum města Karlovy Vary (online) [cit. 2021.03.09], dostupné z <<https://www.karlovyvary.cz/cs/prakticke-informace>>.
- Kodys, ©2021: Propojení různých zařízení díky internetu (online) [cit. 2021.02.28], dostupné z <<https://www.kodys.cz/technologie/internet-veci-internet-things>>.
- Kozohorský, P., 2018: Obří dluhy znamenají konec porcelánky, vaz jí zlomil vývoz jen do Ruska. iDNES.cz (online) [cit. 2018.11.05]. Dostupné online.
- LoRa, ©2018: LoRa - read document (online) [cit. 2021.03.08], dostupné z <<https://lora.readthedocs.io/en/latest/#rssi>>.

- Metageek, ©2020: Resources (online) [cit. 2021.03.08], dostupné z <<https://www.metageek.com/training/resources/understanding-rssi.html>>.
- Osel, ©2021: LoRa Technology (online) [cit. 2021.02.28], dostupné z <<http://www.osel.cz/8732-lora-technology.html>>.
- Plzeňský kraj, ©2020: Brdy budou bezpečnější (online) [cit. 2021.03.11], dostupné z <<https://www.plzensky-kraj.cz/clanek/brdy-budou-bezpecnejsi>>.
- Pohanka, P., 2021: Internet věcí. Úvodní stránka - Pohanka (online) [cit. 2021.02.28], dostupné z <<http://www.pavelpohanka.cz/internetof-things/>>
- Smart Systems Integration, ©2019: Internet of Things in 2020 (online) [cit. 2019.06.25], dostupné z <https://www.smart-systems-integration.org/public/documents/publications/Internet-ofThings_in_2020_EC-EPoSS_Workshop_Report_2008_v3.pdf>.
- Šupolíková, J., 2021: Bezpečnější Brdy díky traumabodům (online) [cit. 2021.03.09], dostupné z <https://www.t-mobile.cz/podnikatele-firmy/blog/-/asset_publisher/bM3Hij2jjNr3/blog/bezpecnejsi-brdy-diky-traumabodum>.
- T-Mobile, ©2019: IoT řešení může zachraňovat lidské životy (online) [cit. 2021.03.09], dostupné z <<https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/iot-reseni-muze-zachranovat-lidske-zivoty/r~6baaf7c0f59111e984c6ac1f6b220ee8/>>.
- Večerní Praha, ©2019: Chytrá síť pro internet věcí IoT SigFox je v Česku vybudována (online) [cit. 2021.03.08], dostupné z <<https://www.vecerni-praha.cz/chytra-sit-pro-internet-veci-iot-sigfox-je-v-cesku-vybudovana/>>.
- Vodakva, ©2017: O Společnosti (online) [cit. 2021.03.09], dostupné z <<https://vodakva.cz/cs/o-spolecnosti.html>>.
- Vojáček, A., 2017: SigFox - princip, struktura, protokol, použití (online) [cit. 2021.03.05], dostupné z <<https://vyvoj.hw.cz/sigfox-princip-strukturaprotokol-pouziti.html>>.
- VSOZČ, ©2016: Voda pod veřejnou kontrolou (online) [cit. 2019-11-21], dostupné z: <<http://vsozc.cz/cs/>>.

- VÚV TGM, 2005: Chodovský potok. Atlas záplavového území (online) [cit. 2021.03.14] dostupné z <https://www.dibavod.cz/data/download/azu_ChodovskyPotok.pdf>.
- VÚV TGM, 2016: Základní charakteristiky Vitického potoka a jeho povodí (online) [cit. 2021.03.14] dostupné z <https://www.dibavod.cz/data/download/char_viticky1.pdf>.
- Zooco, ©2021: ZooControl s.r.o. (online) [cit. 2019.12.26]. Dostupné z <<https://www.zooco.io/cidla/zavesne-zaplavove-cidlo#sit>>.

Zákony, vyhlášky a normy:

- ČSN 75 6101: Stokové sítě a kanalizační přípojky.
- ČSN EN 752–1: Všeobecně a definice.
- ČSN EN 752–2: Požadavky.
- ČSN EN 752–3: Navrhování.
- Nařízení vlády č. 401/2015 Sb., nařízení vlády o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech.
- TNV 75 6262: Odlehčovací komory a separátory.
- Vyhláška č. 428/2001 Sb. kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., v platném znění.
- Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon), v platném znění.
- Zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích), v platném znění.

Seznam příloh:

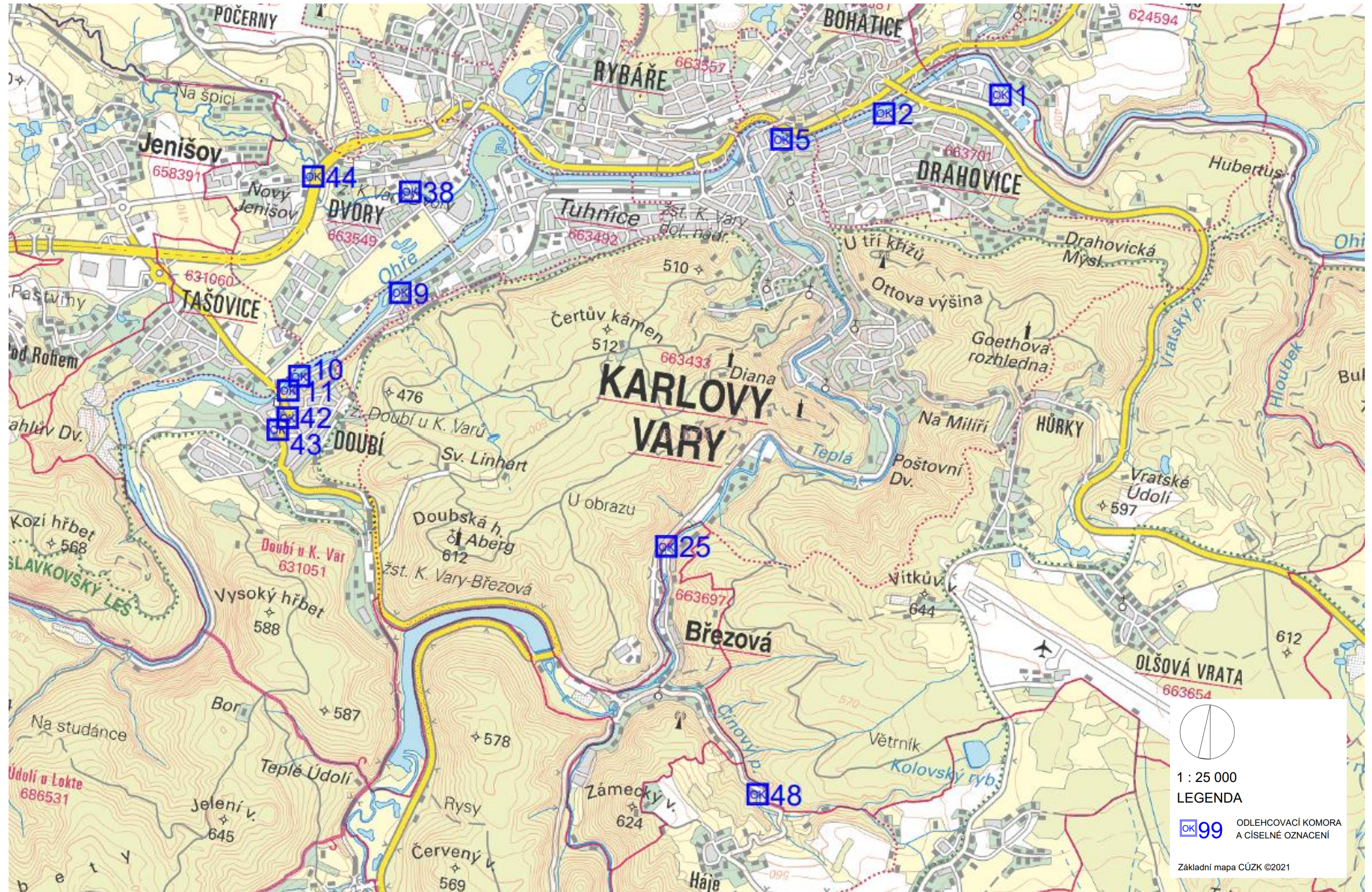
Příloha 1: Protokol IoT pro záznam místa a času měření dostupnosti signálu LoRaWAN a SigFox.....	57
Příloha 2: Mapa 1: 25 000 s vyznačením měřených odlehčovacích komor na stokové síti Karlovy Vary.....	58
Příloha 3: Přehledná mapa 1: 25 000 s prezentací výsledků měření – pokrytí LoRa a SigFox.	59
Příloha 4: Souhrnná tabulka se zjištěnými skutečnostmi, závěrem měření a doporučení technologie.	60

10. Přílohy

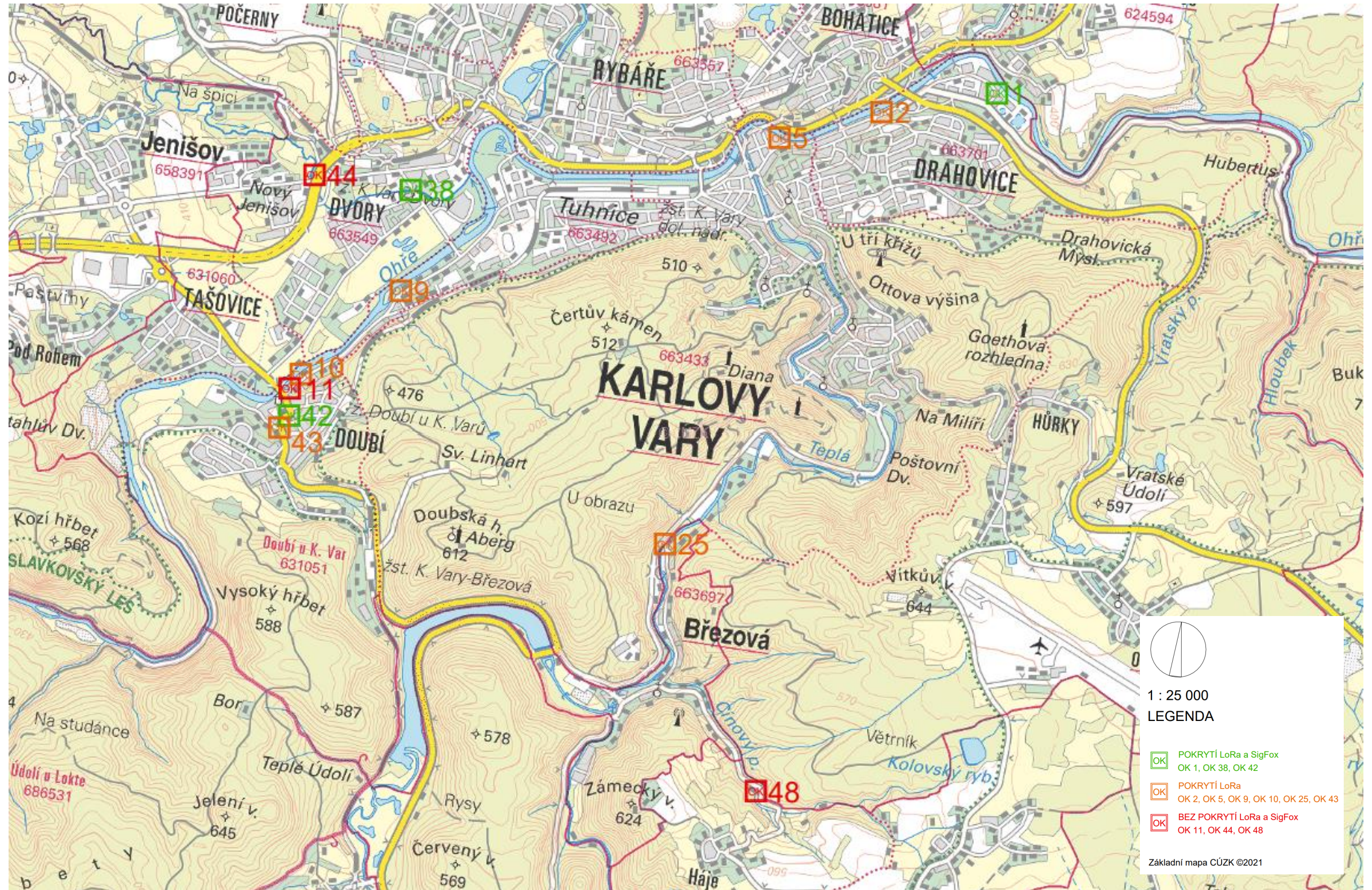
Příloha 1: Protokol IoT pro záznam místa a času měření dostupnosti signálu LoRaWAN a SigFox.

Město	číslo OK / název	Datum	LoRa / tlačítko			SigFox / baterie		
			UP (nad poklopem 0,5 m)	DOWN (pod poklopem 0,5 m)	DEEP (na přepadové hraně)	UP (nad poklopem 0,5 m)	DOWN (pod poklopem 0,5 m)	DEEP (na přepadové hraně)
1	l. VAREČ OK1 SPANOVIM	16.11.2020	9:31	9:42	9:44	9:37	9:54	9:45
2	l. VAREČ OK2 PRAJENÁ	16.11.2020	10:12	10:15	10:21	10:10	10:21	10:22
3	l. VAREČ OK5 LIDL	16.11.2020	10:38	10:40	10:40	10:38	10:40	10:39
4	l. VAREČ OK9 TRAFI	9.12.2020	9:42	9:44	9:46	9:43	9:52	9:46, 9:58
5	l. VAREČ OK10 ČSOV U TVAR	9.12.2020	10:09	10:14	DOWN=DEEP	10:14	10:17	DOWN=DEEP
6	l. VAREČ OK11 u TVAR	9.12.2020	10:26	10:31	10:34	10:27	10:33	10:36
7	l. VAREČ OK42 SPATP	9.12.2020	10:40	10:42	10:45	10:41	10:44	10:47
8	l. VAREČ OK43 SOKOLSKA	9.12.2020	10:51	10:54	10:57	10:52	10:55	10:58
9	l. VAREČ OK48 HAJE /	9.12.2020	11:15, 11:20	11:24	11:27	11:15, 11:21	11:24	11:27
10	l. VAREČ OK25 PŘEHOVA HATEROVA	9.12.2020	11:34	11:38	11:42	11:36	11:42	11:46
11	l. VAREČ OK44 ČHEBSKÁ ALGON	11.12.2020	11:22	11:25	11:28	11:22	11:25	11:28
12	l. VAREČ OK38 KAT. DABAZ MIOST 4 ŠKOL	11.12.2020	11:34	11:38	11:41	11:35	11:38	11:41
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								
22								
23								
24								
25								

Příloha 2: Mapa 1: 25 000 s vyznačením měřených odlehčovacích komor na stokové síti Karlovy Vary.



Příloha 3: Přehledná mapa 1: 25 000 s prezentací výsledků měření – pokrytí LoRa a SigFox.



Příloha 4: Souhrnná tabulka se zjištěnými skutečnostmi, závěrem měření a doporučení technologie.

K.Ú.	OBEČ	ULICE	OZNAČENÍ V GISu	STOKA	NÁZEV	UMÍSTĚNÍ dle ZÁSTAVBY	CHARAKTER LOKALITY ZÁSTAVBA/TOK	RECIPIENT	UMÍSTĚNÍ dle TERÉNU	DOSTUPNÉ PRO ČIŠTĚNÍ	LoRaWAN			SigFox			ZÁVĚR / DOPORUČENÍ TECHNOLOGIE	
											UP	DOWN	DEEP	UP	DOWN	DEEP		
1	Drahovice	Karlovy Vary	Sportovní	OK 1	A	Sportovní, před ČOV Drahovice	INTRAVILÁN	do velkého toku	Ohře	v silniční komunikaci	ANO	-86,00	-117,00	-117,00	-110,00	-110,00	-131,00	LoRa i SigFox
2	Bohatice	Karlovy Vary	Táborská	OK 12	B	Táborská ul., lapač písku	INTRAVILÁN		Ohře	v zeleni, pěší stezka	KOMPLIKOVANĚ							
3	Bohatice	Karlovy Vary	Táborská	OK 13	B	Táborská ul., lidová škola umění	EXTRAVILÁN		Ohře	v zeleni, pěší stezka	ANO							
4	Bohatice	Karlovy Vary	Táborská	OK 14	B	Táborská ul., Drahovický most	EXTRAVILÁN		Ohře	v chodníku	ANO							
5	Drahovice	Karlovy Vary	Mattoniho nábreží	OK 2	A	Mattoniho nábreží / Prašná ul.	INTRAVILÁN	do velkého toku	Ohře	v zeleni, při komunikaci	ANO	-101,00	-121,00		-114,00			LoRa
6	Drahovice	Karlovy Vary	Mattoniho nábreží	OK 3	A	Mattoniho nábreží, u čp. 67	INTRAVILÁN		Ohře	v silniční komunikaci	ANO							
7	Drahovice	Karlovy Vary	Mattoniho nábreží	OK 4	A	Mattoniho nábreží, u čp. 53	INTRAVILÁN		Ohře	v silniční komunikaci	ANO							
8	Karlovy Vary	Karlovy Vary	Vítězná	OK 5	A	Vítězná ul., u Lidlu	INTRAVILÁN	v zástavbě	Ohře	v silniční komunikaci, účelové	ANO	-115,00	-119,00		-129,00			LoRa
9	Karlovy Vary	Karlovy Vary	U Solivárny	OK 6	A	ul. U Solivárny, Ostrovský most	EXTRAVILÁN		Ohře	v zeleni, pěší stezka	KOMPLIKOVANĚ							
10	Rybáře	Karlovy Vary	Pobřežní	OK 15	E	Pobřežní ul., u Aralu	EXTRAVILÁN		Ohře	v silniční komunikaci	ANO							
11	Karlovy Vary	Karlovy Vary	Západní	OK 7	A	Chebský most, Loděnice	EXTRAVILÁN		Ohře	v zeleni, pěší stezka	ANO							
12	Rybáře	Karlovy Vary	Dolní Kamenná	OK 16	E	Dolní Kamenná, u Hypernovy	INTRAVILÁN		Ohře	v silniční komunikaci, účelové	ANO							
13	Rybáře	Karlovy Vary	Dolní Kamenná	OK 17	E	Dolní Kamenná, u McDonaldu	EXTRAVILÁN		Ohře	v zeleni	KOMPLIKOVANĚ							
14	Tuhnice	Karlovy Vary	Západní	OK 8	A	Západní/Šumavská ul., Tuhnická lávka	INTRAVILÁN		Ohře	v silniční komunikaci	ANO							
15	Rybáře	Karlovy Vary	Sokolovská	OK 18	E	Sokolovská/Nejdecká ul., U Konička	EXTRAVILÁN		Ohře	v zeleni, při komunikaci	ANO							
16	Tuhnice	Karlovy Vary	Pižeňská	OK 9	A	Pižeňská ul., u trafostanice	EXTRAVILÁN	mimo zástavbu	Ohře	v zeleni	KOMPLIKOVANĚ	-92,00	-122,00	-117,00	-122,00		-140,00	LoRa
17	Doubí	Karlovy Vary	Studentská	OK 10	A	Studentská ul., u Tvaru, ČSOV	EXTRAVILÁN	mimo zástavbu	Ohře	zpevněná plocha	KOMPLIKOVANĚ	-115,00	-121,00	-121,00				LoRa
18	Doubí	Karlovy Vary	Studentská	OK 11	A	Studentská ul., most u Tvaru	INTRAVILÁN	do velkého toku	Ohře	v zeleni, při komunikaci	ANO	-116,00			-132,00			nedostupné technologiím LoRa a SigFox
19	Doubí	Karlovy Vary	Studentská	OK 42	A	Studentská ul., areál Stamp	INTRAVILÁN	v zástavbě	Ohře	v silniční komunikaci, účelové	ANO	-98,00	-123,00	-125,00	-108,00			LoRa i SigFox
20	Doubí	Karlovy Vary	Studentská	OK 43	A	Studentská/Sokolská ul., u čp.57	INTRAVILÁN	v zástavbě	Ohře	v silniční komunikaci	ANO	-91,00	-113,00	-115,00		-123,00		LoRa
21	Všeborovice	Dalovice	Bohatická	OK 19	C	Bohatická ul., Všeborovický most	INTRAVILÁN		Ohře	v zeleni	KOMPLIKOVANĚ							
22	Dalovice	Dalovice	Hlavní	OK 39	C	Hlavní ul., u masny	INTRAVILÁN		Vitický potok	v silniční komunikaci	ANO							
23	Dalovice	Dalovice	Borská	OK 40	C	Hlavní/Všeborovická ul., u masny	INTRAVILÁN		Vitický potok	v silniční komunikaci	ANO							
24	Karlovy Vary	Karlovy Vary	Horova	OK 26	A	Horova ul., u Povodí Ohře	INTRAVILÁN		Teplá	v silniční komunikaci	ANO							
25	Karlovy Vary	Karlovy Vary	Dvořákovy sady	OK 27A	D	Dvořákovy sady, LD Thermal, před shybkou	INTRAVILÁN		Teplá	v zeleni, pěší stezka	ANO							
26	Karlovy Vary	Karlovy Vary	Dvořákovy sady	OK 27	D	Dvořákovy sady, LD Thermal, za shybkou	INTRAVILÁN		Teplá	v zeleni, pěší stezka	ANO							
27	Karlovy Vary	Karlovy Vary	Vřidelní	OK 20	D	Vřidelní/Ondřejská ul., Mlýnská lávka	INTRAVILÁN		Teplá	v silniční komunikaci, pěší zóna	ANO							
28	Karlovy Vary	Karlovy Vary	Vřidelní	OK 21	D	Vřidelní ul., Špitálská lávka	INTRAVILÁN		Teplá	v silniční komunikaci, pěší zóna	ANO							
29	Karlovy Vary	Karlovy Vary	Moravská	OK 24	D	Moravská/Hynaisova ul., - Petřín	INTRAVILÁN		Teplá	v silniční komunikaci	ANO							
30	Karlovy Vary	Karlovy Vary	Divadelní náměstí	OK 22	D	Divadelní Náměstí, u stánku	INTRAVILÁN		Teplá	v chodníku	ANO							
31	Karlovy Vary	Karlovy Vary	Goethova stezka	OK 28	D	Slovenská ul., galerie umění	EXTRAVILÁN		Teplá	v zeleni, pěší stezka	ANO							
32	Karlovy Vary	Karlovy Vary	Goethova stezka	OK 28A	D	Slovenská ul., galerie umění II	EXTRAVILÁN		Teplá	v zeleni, pěší stezka	ANO							
33	Karlovy Vary	Karlovy Vary	Slovenská	OK 23	D	Slovenská ul., Lázně VI	INTRAVILÁN		Teplá	v silniční komunikaci, účelové	ANO							
34	Karlovy Vary	Karlovy Vary	Slovenská	OK 29	D	Slovenská ul., restaurace Toscana	INTRAVILÁN		Teplá	v zeleni	KOMPLIKOVANĚ							
35	Březová	Březová	Hamerská	OK 25	D	Hamerská ul., u mostu	EXTRAVILÁN	mimo zástavbu	Teplá	v zeleni, při komunikaci	KOMPLIKOVANĚ	-101,00	-122,00					LoRa
36	Rybáře	Karlovy Vary	Sokolovská	OK 30	E	Sokolovská/U jezu	INTRAVILÁN		Rolava	v silniční komunikaci	ANO							
37	Rybáře	Karlovy Vary	Mlýnská	OK 31	F	Třeboňská/Českých bratří, u mlýna	EXTRAVILÁN		Rolava	v zeleni, při komunikaci	ANO							
38	Rybáře	Karlovy Vary	Třeboňská	OK 34	F	Čankovská ul., shybka u koupaliště	EXTRAVILÁN		Rolava	v zeleni	KOMPLIKOVANĚ							
39	Rybáře	Karlovy Vary	Mlýnská	OK 32	F	Mlýnská/Dlouhá ul., v zahrádkách	EXTRAVILÁN		Rolava	v zeleni	KOMPLIKOVANĚ							
40	Stará Role	Karlovy Vary	Vančurova	OK 45	F	Rosnice, u vzduchotechniky	EXTRAVILÁN		Rolava	v zeleni, při komunikaci	ANO							
41	Stará Role	Karlovy Vary	Závodu Míru	OK 33	F	Závodu Míru, most ČD	INTRAVILÁN		Rolava	v zeleni	ANO							
42	Stará Role	Karlovy Vary	Nádražní	OK 35	F	Nádražní ul., most ČD	INTRAVILÁN		Rolava	v silniční komunikaci	ANO							
43	Stará Role	Karlovy Vary	Rolavská	OK 46	F	Rolavská ul., u autoservisu	INTRAVILÁN		Rolava	v silniční komunikaci	ANO							
44	Rybáře	Karlovy Vary	Mlýnská	OK stoky F do E	F	Mlýnská ul., propojení sběračů	INTRAVILÁN		stoka E8	v silniční komunikaci	ANO							
45	Dvory	Karlovy Vary	Chebská	OK 37	E	Chebská ul., u čp.42 (Barum)	INTRAVILÁN		Chodovský potok	v silniční komunikaci	ANO							
46	Dvory	Karlovy Vary	Závodní	OK 36	G	Závodní ul., u školy	INTRAVILÁN		Chodovský potok	v silniční komunikaci	ANO							
47	Dvory	Karlovy Vary	Kpt. Jaroše	OK 38	G	ul. Kpt. Jaroše, most u školy	INTRAVILÁN	do malého toku	Chodovský potok	zpevněná plocha	ANO	-101,00	-122,00		-108,00		-130,00	LoRa i SigFox
48	Dvory	Karlovy Vary	Chebská	OK 44	E	Chebská ul., u Algonu	EXTRAVILÁN	do malého toku	Chodovský potok	v zeleni	KOMPLIKOVANĚ	-115,00						nedostupné technologiím LoRa a SigFox
49	Sedlec	Karlovy Vary	Merlínská	OK 47	F	Merlínská/Rosnická ul., u čp.16	INTRAVILÁN		laguna	v chodníku	ANO							
50	Sadov	Sadov		NEUVÁDĚT	C	Sadov, za zastávkou	EXTRAVILÁN		Sadovský potok	v zeleni, při komunikaci	ANO							
51	Lesov	Sadov		OK 41	C	Lesov, u můstku	EXTRAVILÁN		Borský potok	v zeleni, při komunikaci	ANO							
52	Háje u Karlových Var	Kolová		OK 48	D	Háje, u mostu	EXTRAVILÁN	do malého toku	Cínový potok	v zeleni	ANO							nedostupné technologiím LoRa a SigFox
53	Olšová Vrata	Karlovy Vary	U Rybníčka	OK 49	D	Olšová Vrata, U Rybníčka	EXTRAVILÁN		rigol	v silniční komunikaci	ANO							