

UNIVERZITA PARDUBICE

DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2023

Vojtěch Adamec

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera

Experimentální stanovení teploty na bezstykové koleji  
Bakalářská práce

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2021/2022

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Vojtěch Adamec**  
Osobní číslo: **D18038**  
Studijní program: **B3607 Stavební inženýrství**  
Studijní obor: **Dopravní stavitelství**  
Téma práce: **Experimentální stanovení teploty na bezstykové koleji**  
Zadávající katedra: **Katedra dopravního stavitelství**

## Zásady pro vypracování

### Požadované výstupy:

Úvod

Přehled stanovených cílů

1) Teoretická část

Neutrální teplota

Analýza současného stavu poznání v ČR a v zahraničí

2) Experimentální část

Přípevnění teplotních sond ke kolejnici

Stanovení teplotního gradientu teplotního cyklu kolejnice

3) Vyhodnocení dosažených výsledků

Stanovení indexu tepelného zatížení kolejnic (Rail Thermal Load Index) pro vybrané lokality

Verifikace a závěr

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Portál ČHMÚ: Home [online]. Český hydrometeorologický institut, [2021] [cit. 2021-09-01]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/?tab=0>.

Peřinová, Kateřina. Bezстыková kolej v obloucích malých poloměrů [online]. Brno, 2018. [cit. 2021-09-01]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/70754>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta stavební. Ústav železničních konstrukcí a staveb. Vedoucí práce Otto Plášek.

Hong, Sung and Kim, Hyong and Lim, Nam and Kim, Kyung and Kim, Hong Jip and Cho, Seong J.. (2019). A Rail-Temperature-Prediction Model Considering Meteorological Conditions and the Position of the Sun. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. 20. 10.1007/s12541-019-00015-1.

CHABIČOVSKÝ, Martin and RAUDENSKÝ, Miroslav. Experimental investigation of a heat-transfer coefficient. Materiali in Tehnologije/Materials and Technology. 2013, 47(3), 395-398. ISSN 1580-2949.

Vnenk, Petr. Methodology of Internal Stress Determination in Continuous Welded Rail. Univerzita Pardubice, 2018. Odborná práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera. Vedoucí práce Bohumil Culek.

SŽDC S3/2. Bezстыková kolej. Praha: Správa železnic, 2013.

SŽDC S3. Železniční svršek. Kolejnice ve znění změn č. 1 a 2. 2014. Kapitola IV, Pododíl 43.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vladimír Suchánek, Ph.D.**  
Katedra dopravního stavitelství

Datum zadání bakalářské práce: **26. října 2021**

Termín odevzdání bakalářské práce: **17. května 2022**

L.S.

---

**doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 28. října 2021

# PROHLÁŠENÍ

Práci s názvem *Experimentální stanovení teploty na bezstykové koleji* jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 11. 05. 2023

Vojtěch Adamec v. r.

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych v této části poděkoval vedoucímu své bakalářské práce panu Ing. Vladimíru Suchánkovi, Ph.D., za odborné vedení a rady při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Petru Vnenkovi, Ph.D., za výpomoc při odečtech v lokalitě Karviná a studentům Miloši Šulovi, Karlu Suchému a Tadeáši Šustrovi za sestavení funkčních teploměrů a při odečtech v lokalitách Borovnice a Ostružná. Zároveň bych chtěl poděkovat své rodině za podporu během celého studia.

Závěrečná práce byla zpracována v souvislosti s řešením vědeckovýzkumného projektu – „TJ04000301 – Nedestruktivní stanovení mechanického napětí v bezстыkové koleji“, a také v souvislosti s řešením vědeckovýzkumného projektu – SGS\_2023\_014 – „Aktuální výzkumná témata z oblastí dopravních prostředků a infrastruktury řešená na DFJP.“

## **ANOTACE**

Tato bakalářská práce se zabývá experimentálním stanovením teploty na bezстыkové koleji. V teoretické části jsou popsány základní informace pro uvedení do tématu a jeho pochopení. Experimentální část se zabývá vyhodnocením indexu tepelného zatížení kolejnic a teplotním gradientem teplotního cyklu kolejnic pro vybrané lokality. V rámci vyhodnocování naměřených dat jsou do obsahu zahrnuty hodnoty z meteostanic ČHMI, která slouží pro porovnání s naměřenými hodnotami. Verifikací hodnot a expertizou korelačního koeficientu je dosaženo podrobnějšího popisu výsledků díky eliminaci zkreslených hodnot.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

bezстыková kolej, teplotní gradient, index tepelného zatížení kolejnic, teploměr

## **TITLE**

Experimental determination of the temperature at continuous welded rail

## **ANNOTATION**

This bachelor's thesis deals with the experimental determination of temperature at continuous welded rail. The theoretical part describes the basic information for introduction to the topic and its understanding. The experimental part deals with the evaluation of the thermal load index of the rails and the temperature gradient of the temperature cycle of the rails for selected locations. As part of the evaluation of the measured data, the content includes values from ČHMI weather stations, which are used for comparison with the measured values. By verifying the values and expertizing the correlation coefficient, a more detailed description of the results is achieved thanks to the elimination of distorted values.

## **KEYWORDS**

continuously welded rail, temperature gradient, temperature data logger

# OBSAH

ÚVOD A CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE.....	15
TEORETICKÁ ČÁST.....	16
<b>1. Bezstyková kolej.....</b>	<b>16</b>
1.1 Historie bezstykové koleje .....	16
1.2 Bezstyková kolej v současnosti .....	17
<b>2. Teplota.....</b>	<b>19</b>
2.1 Teplo .....	20
2.2 Teplotní gradient teplotního cyklu kolejnice .....	20
2.3 Index tepelného zatížení kolejníc .....	21
2.4 Neutrální teplota .....	23
2.5 Vzniklé napětí vlivem teploty .....	23
<b>3. Druhy poruch bezstykové koleje .....</b>	<b>27</b>
3.1 Vybočení kolejnice .....	27
3.1.1 Druhy vybočení kolejnice .....	27
3.2 Lom kolejnice .....	29
<b>4. Druhy svařování kolejníc .....</b>	<b>30</b>
4.1 Odtavovací stykové svařování.....	30
4.2 Aluminotermické svařování .....	31
4.3 Požadavky na technologie svařování kolejníc.....	31
EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST.....	32
<b>5. Zařízení pro odečet teplot – bezkontaktní teploměr.....</b>	<b>32</b>
5.1 Kostra teploměru .....	32
5.2 Parametry a funkce teploměru.....	32
5.3 Průřez kolejníc s naznačením osazení teploměrů.....	36
<b>6. Lokality osazených teploměrů .....</b>	<b>37</b>
<b>7. Vyhodnocení experimentální části pro lokalitu Harrachov .....</b>	<b>39</b>
7.1 Porovnání naměřených hodnot s hodnotami z meteostanic ČHMI .....	40
7.2 Četnost indexů ve vybraných jednotlivých lokalitách.....	47
7.2.1 Zastávka .....	48
7.2.2 Skalní zářez .....	50
7.2.3 Za mostem přes Jizeru.....	52
7.2.4 Na mostě přes Jizeru .....	54
7.2.5 Před mostem přes Jizeru.....	56
7.2.6 Polubenský tunel .....	58



7.3	Stanovení teplotního gradientu teplotního cyklu kolejnice .....	59
7.4	Porovnání hodnot – zajímavosti z lokality .....	60
7.4.1	V okolí mostu.....	60
7.4.2	Polubenský tunel .....	61
<b>8.</b>	<b>Vyhodnocení experimentální části pro lokalitu Hradec Králové .....</b>	<b>63</b>
8.1	Porovnání naměřených hodnot s hodnotami z meteostanic ČHMI .....	64
8.1.1	Slezské předměstí.....	69
8.1.2	Pražské předměstí.....	71
8.2	Teplotní gradient.....	72
<b>ZÁVĚR</b>	.....	<b>74</b>
<b>POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA</b>	.....	<b>76</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	.....	<b>79</b>

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Bezstyková kolej .....	18
Obrázek 2 – Stupnice měření teploty [10] .....	19
Obrázek 3 – Základní části bezstykové koleje [14] .....	24
Obrázek 4 - Vybočení kolejnice [16] .....	27
Obrázek 5 – Nevybočená kolej [15] .....	27
Obrázek 6 – Symetrický tvar vybočení, 1 půlvlna [15] .....	28
Obrázek 7 – Anti-symetrický tvar vybočení, 2 půlvlny [15] .....	28
Obrázek 8 – Symetrický tvar vybočení, 3 půlvlny [15] .....	28
Obrázek 9 – Vybočení ve svislé rovině [15] .....	29
Obrázek 10 – Lom kolejnice [16] .....	29
Obrázek 11 – Odtavovací stykové svařování [18] .....	30
Obrázek 12 – Aluminotermické svařování [19] .....	31
Obrázek 13 – Schématické náčrty teploměru – Autor Karel Suchý .....	33
Obrázek 14 – Schématický náčrt kompozitní destičky – Autor Karel Suchý .....	34
Obrázek 15 – Teploměr zdola .....	34
Obrázek 16 – Teploměr z boční strany .....	34
Obrázek 17 – Teploměr shora .....	35
Obrázek 18 – Teploměr v ochranné transparentní fólii .....	35
Obrázek 19 – Schéma průřezu kolejnice s naznačením upevnění teploměru .....	36
Obrázek 20 – Mapa ČR s vyznačením vybraných lokalit [21] .....	38
Obrázek 21 – Mapa ČR s přehledem meteostanic z ČHMI [22] .....	38
Obrázek 22 – Přehledová mapa osazených teploměrů v lokalitě Harrachov [23] .....	39
Obrázek 23 – Přehledová mapa osazených teploměrů v lokalitě Hradec Králové [23] .....	63

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Bezstyková kolej tratí ČSD v běhu času [2] .....	16
Tabulka 2 – Kategorické rozdělení indexů – Autor Ing. Miroslav Ďurkovský.....	21
Tabulka 3 – Stanovení indexů – Autor Ing. Miroslav Ďurkovský .....	22
Tabulka 4 – Závislost mezi upínací teplotou a velikostí dilatační spáry [12].....	23
Tabulka 5 – Souhrnná tabulka pro lokalitu Harrachov .....	39
Tabulka 6 – Přehled maximálních teplotních gradientů teplotního cyklu kolejnice v lokalitě Harrachov.....	60
Tabulka 7 – Přehled průměrných teplotních gradientů teplotního cyklu kolejnice v lokalitě Harrachov.....	60
Tabulka 8 – Souhrnná tabulka pro lokalitu Hradec Králové.....	63
Tabulka 9 – Přehled maximálních teplotních gradientů teplotního cyklu kolejnice v lokalitě Hradec Králové .....	73
Tabulka 10 – Přehled průměrných teplotních gradientů teplotního cyklu kolejnice v lokalitě Hradec Králové .....	73

## SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 – Porovnání průměrných naměřených denních hodnot ze všech teploměrů v lokalitě Harrachov a meteostanice ČHMI .....	41
Graf 2 – Porovnání maximálních naměřených denních hodnot ze všech teploměrů v lokalitě Harrachov a meteostanice ČHMI .....	42
Graf 3 – Porovnání minimálních naměřených denních hodnot ze všech teploměrů v lokalitě Harrachov a meteostanice ČHMI .....	43
Graf 4 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Zastávka .....	44
Graf 5 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Skalní zářez.....	44
Graf 6 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Za mostem přes Jizeru .....	45
Graf 7 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Na mostě přes Jizeru .....	45
Graf 8 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Před mostem přes Jizeru .....	46
Graf 9 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Polubenský tunel.....	46
Graf 10 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Zastávka .....	48
Graf 11 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 - Zastávka .....	48
Graf 12 – Četnost indexů po celou dobu měření – Zastávka.....	49
Graf 13 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Skalní zářez .....	50
Graf 14 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 – Skalní zářez.....	50
Graf 15 – Četnost indexů po celou dobu měření – Skalní zářez.....	51
Graf 16 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Za mostem přes Jizeru.....	52
Graf 17 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 – Za mostem přes Jizeru.....	52
Graf 18 – Četnost indexů po celou dobu měření – Za mostem přes Jizeru .....	53
Graf 19 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Na mostě přes Jizeru .....	54
Graf 20 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 – Na mostě přes Jizeru .....	54
Graf 21 – Četnost indexů po celou dobu měření – Na mostě přes Jizeru.....	55
Graf 22 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Před mostem přes Jizeru .....	56
Graf 23 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 – Před mostem přes Jizeru .....	56

Graf 24 – Četnost indexů po celou dobu měření – Před mostem přes Jizeru .....	57
Graf 25 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Polubenský tunel .....	58
Graf 26 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 – Polubenský tunel .....	58
Graf 27 – Četnost indexů po celou dobu měření – Polubenský tunel .....	59
Graf 28 – Porovnání naměřených maximálních denních teplot z teploměrů v blízkosti mostu přes Jizeru v letním období 2022 .....	61
Graf 29 – Porovnání hodnot denních extrémů z teploměru Polubenský tunel a hodnot z meteostanice ČHMI .....	62
Graf 30 – Porovnání průměrných naměřených denních hodnot ze všech teploměrů v lokalitě Hradec Králové a meteostanice ČHMI .....	65
Graf 32 – Porovnání minimálních naměřených denních hodnot ze všech teploměrů v lokalitě Hradec Králové a meteostanice ČHMI .....	67
Graf 33 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Slezské předměstí .....	68
Graf 34 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Pražské předměstí .....	68
Graf 35 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Slezské předměstí .....	69
Graf 36 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 – Slezské předměstí .....	69
Graf 37 – Četnost indexů po celou dobu měření – Slezské předměstí .....	70
Graf 38 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Pražské předměstí .....	71
Graf 39 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 – Pražské předměstí .....	71
Graf 40 – Četnost indexů po celou dobu měření – Pražské předměstí .....	72

## **SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK**

SŽ – Správa železnic

SŽDC – Správa železniční dopravní cesty

Index – index tepleného zatížení kolejnic

Teplotní gradient – teplotní gradient teplotního cyklu kolejnic

ČHMI – Český hydrometeorologický institut

# ÚVOD A CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Téma bakalářské práce se věnuje experimentálnímu stanovení teploty na bezstykové koleji. Pro vyhodnocení výsledků bylo potřebné připevnění teploměrů na patu kolejnice ve vybraných lokalitách. V průběhu sledování probíhaly průběžné odečty hodnot. Jejich odečtový cyklus byl stanoven vlastní kapacitou hodnot teploměrů, aby nedocházelo ke ztrátě dat.

Teplota je základní fyzikální veličina soustavy SI. Charakterizuje tepelný stav hmoty a souvisí právě s vnitřní energií hmoty. V této bakalářské práci je hmotou uvažována ocel, potažmo kolejnice. Kovy jsou chemické prvky, které disponují dobrou tepelnou vodivostí, a proto dochází k vyšší teplotní roztažnosti. U kolejnice dochází k rozpínání materiálu, což vede k vnesení napětí. Největší napětí kolejnice zažívá při extrémních změnách teplot a při extrémních teplotách vůči upevňovací teplotě kolejnice.

Index tepelného zatížení kolejnic a teplotní gradient teplotního cyklu kolejnic jsou primárními výsledky této bakalářské práce, jelikož přímo souvisí s teplotou. Porovnání naměřených hodnot s hodnotami z meteorostanic ČHMI bylo zvoleno z důvodu zkoumání případné nefunkčnosti teploměrů a z důvodu vzájemné závislosti teplot, kterou udává korelační koeficient.

## Cíle bakalářské práce

- stanovení tepelného gradientu kolejnic,
- stanovení indexu tepelného zatížení kolejnic,
- stanovení korelačního koeficientu,
- porovnání naměřených teplot s hodnotami z ČHMI (teplot),
- porovnání hodnot ve vybraných lokalitách,
- porovnání hodnot mezi jednotlivými úseky,
- pozorování funkčnosti teploměrů a jejich závadnost,
- zdokonalení znalostí v programu MS Office – Excel,
- studium kontingenčních tabulek v programu MS Office – Excel,
- připevnění teploměrů pro dlouhodobá měření,
- připevnění teploměrů na místa zvolená autorem bakalářské práce,

# TEORETICKÁ ČÁST

## 1. Bezстыková kolej

### 1.1 Historie bezстыkové koleje

V kolejové dopravě byl již od počátku znám problém s kolejnicovým stykem na železničním svršku. Docházelo k poklesům kolejnice v místě spojek, které spojovaly jednotlivé kolejnice dlouhé 25 m, neboť měly mnohem nižší pevnost než samotná kolejnice. Dalším výrazným problémem byly dynamické účinky v kolejnici vyvolané přejezdem železničních vozidel přes dilatační spáru. To vyvolávalo poklesy pražců a trvalou deformaci kolejnic. Problém s dynamickými účinky se také projevoval na mostních objektech, neboť se v jistém časovém úseku začal zhoršovat stav mostních objektů. Z tohoto důvodu bylo následně zakázáno zřizovat kolejnicové styky na mostech. V průběhu času se začaly prodlužovat kolejnice, snižoval se počet styků a zvyšovala se kvalita ocelí. Nicméně ani tyto aspekty nevedly k výrazné změně, jelikož problémy v kolejnicovém styku stále přetrvávaly [1].

V bývalé ČSR byl v roce 1954 zřízen první úsek s bezстыkovou kolejí na trati Nepomuk – Pačejov. Tento úsek byl dlouhý 1275 metrů. Největší zásluhy na vývoji měl Ing. Dr. Techn. Josef Veverka, DrSc. [2]

Tabulka 1 – Bezстыková kolej tratí ČSD v běhu času [2]

rok	délka BK	rok	délka BK
1954	5,8 km	1962	3819 km
1955	72,4 km	1963	4464 km
1956	220,4 km	1964	4700 km
1957	374,1 km	1965	4997 km
1958	641,2 km	1966	5462 km
1959	1281,5 km	1967	5917 km
1960	2173,0 km	1969	6762 km
1961	3102,0 km		

I když se bývalá ČSR řadila mezi průkopníky ve zřizování bezстыkové koleje, první státy, které s bezстыkovou kolejí experimentovaly, byly USA a Německo. V Německu se jednalo o dva úseky dlouhé 108 m a 321 m, které byly zřízeny v letech 1924 – 1925. Následně v roce 1935 se jednalo o dva úseky s délkou přibližně 1000 m.

Vývojem bezстыkové koleje došlo ke zrychlenému přechodu na betonové pražce, rozvoji svařovací techniky, změnám v upevnění kolejnice k pražci a ke změně průřezu kolejnic.



V roce 1957 bylo umožněno svařovat výhybky, které do té doby představovaly problém, jenž znemožňoval dosahovat velkých délek bezстыkové koleje [1, 3, 4].

## **1.2 Bezстыková kolej v současnosti**

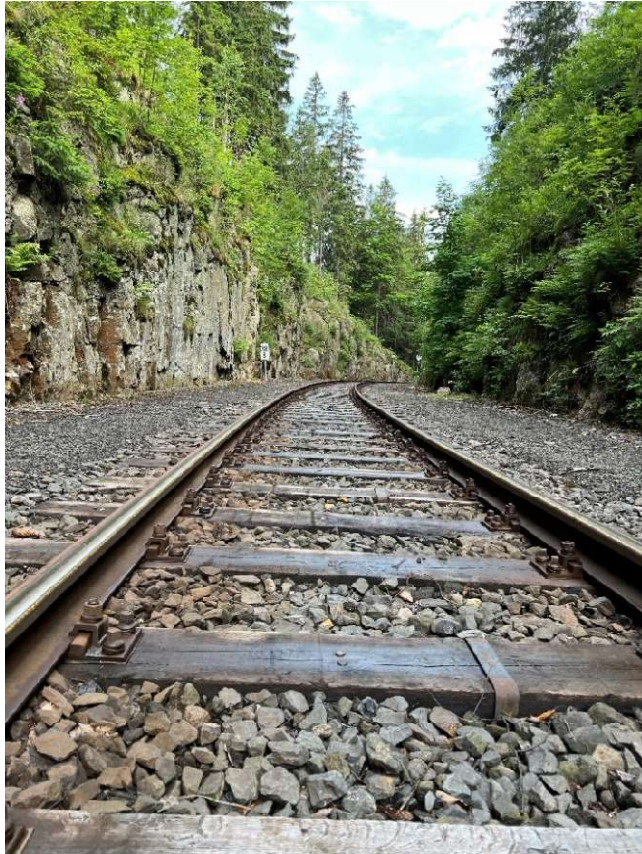
Bezстыková kolej je v současné době považována za moderní řešení konstrukce železničního svršku. Za bezстыkovou kolej se považuje pouze ta, pokud se jedná o kolej s kolejnicovými pásy o minimální délce 150 m a větší. Pokud je délka menší než 150 m, pak se nejedná o bezстыkovou kolej. Maximální délka bezстыkové koleje není stanovena, ale může být limitována například mostními objekty nebo oblouky malého poloměru. Tradičně se svařují kolejnice stejného průřezu (S 49, T, UIC 60, R60), ale mohou se svařovat i kolejnice dvou různých průřezů. Veškeré technické, technologické, organizační podmínky určuje předpis *SŽDC S3/2 Bezстыková kolej* [6]. To platí jak pro nové zřízení bezстыkové koleje, tak pro údržbu bezстыkové koleje [5, 6].

### **Výhody bezстыkové koleje**

- zvýšení komfortu a rychlosti jízdy
- zvýšení bezpečnosti jízdy
- snížení množství prostředků na údržbu
- vyšší životnost
- minimální množství styků v dlouhých úsecích
- snížení hluku
- nižší opotřebení železničních vozidel

### **Nevýhody bezстыkové koleje**

- vnesení značných osových sil do kolejnice od teploty, které mohou vést k následným poruchám bezстыkové koleje
- složitější řešení v okolí mostních objektů [2, 3]



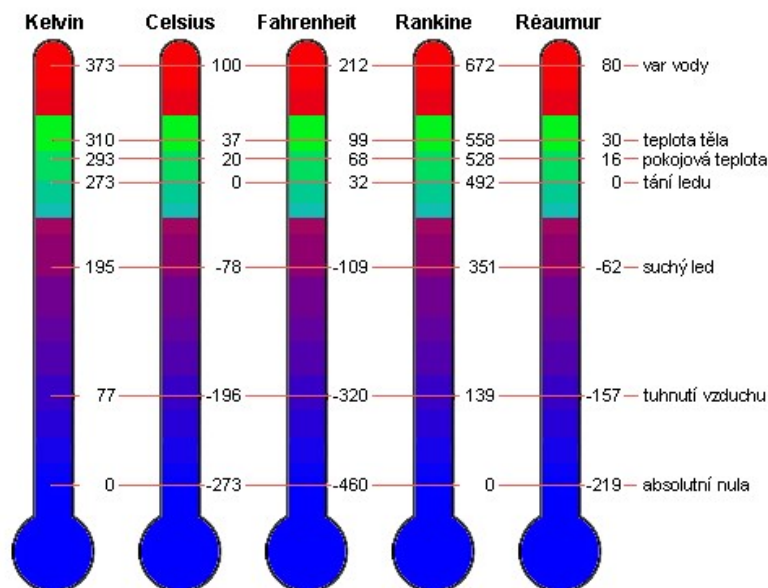
*Obrázek 1 – Bezstyková kolej*

## 2. Teplota

Teplota je stavová veličina, která se charakterizuje okamžitým stavem a ovlivňuje téměř všechny stavy a procesy v přírodě. Teplota může být vnímána subjektivně jako „teplo“ nebo „chlad“. V případě subjektivního vnímání může být tato veličina značně zkreslená a rozsah vnímání je omezen. Proto je potřeba tuto stavovou veličinu vnímat objektivně, a to pomocí číselného vyjádření. Pro číselné vyjádření známe řadu teplotních stupnic [7].

Termodynamická teplotní stupnice je jedinou stupnicí, která není materiálově závislá. Značíme ji  $T$  a jednotkou je **K [kelvin]**. Rovnovážný stav všech tří skupenství vody (led + voda + pára) nazýváme trojný bod. Trojnému bodu byla dohodou přiřazena hodnota  $T = 273,16$  K. Počátkem této stupnice je absolutní nula, která odpovídá hodnotě 0 K. Této hranice nelze dosáhnout, ale lze se jí přiblížit. Vrchní hranice teploty doposud není omezena

Celsiova teplotní stupnice je nejrozšířenější stupnicí, která se u nás v praxi používá. Značíme ji  $t$  a jednotkou je  $^{\circ}\text{C}$ . Tato teplotní stupnice má dvě referenční teploty: teplotu  $0^{\circ}\text{C}$ , která je známa jako bod mrazu, a teplotu  $100^{\circ}\text{C}$ , která je známa jako bod varu. Celsiova teplotní stupnice nabývá kladných i záporných hodnot, což může být považováno za nevýhodné. Na území USA se používá stupnice Fahrenheitova. Ve světě jsou známé i další stupnice, jako je Newtonova, Romerova nebo Delisleova, které nejsou tak často využívány [8, 9, 10].



Obrázek 2 – Stupnice měření teploty [10]

## 2.1 Teplo

Teplem se rozumí změna vnitřní energie při tepelné výměně mezi tělesy. Pokud se mezi tělesy zvýší vnitřní energie, pak těleso přijalo určité množství tepla a zároveň se zvýšila teplota tělesa. Opakem je, pokud se sníží vnitřní energie mezi tělesy, pak těleso odevzdalo určité množství tepla a zároveň se snížila teplota tělesa. Schopnost látky přenášet teplo nazýváme tepelná vodivost.

### Způsoby přenosu tepla:

- vedením
- prouděním
- zářením (sáláním)

### Přenos tepla vedením

Tento způsob přenosu tepla probíhá u pevných látek, kde jsou silné vazby mezi částicemi, které nepřipustí velký pohyb. Přenos nastává vzájemnými srážkami částic, které jsou v bezprostřední blízkosti, ačkoliv těleso zůstává v klidu. Teplo se přenáší z teplejších míst do chladnějších míst.

### Přenos tepla prouděním

Přenos tepla tímto způsobem probíhá v tekutinách. Mikročástice se v látce mohou volně pohybovat, což ovlivňuje existence malých vazebních sil mezi částicemi. Zahřejeme-li v tíhovém poli kapalinu nebo plyn, pak studenější tekutina, která má větší hustotu, klesá dolů a vytlačuje teplejší tekutiny směrem vzhůru. Energie je přenášena pomocí proudící tekutiny z teplejších míst do studenějších.

### Přenos tepla zářením (sáláním)

Mezi dvěma tělesy s rozdílnou teplotou nemusí být látkové prostředí, což je považováno za hlavní odlišnost od předchozích způsobů. Tepelná výměna mezi tělesy se uskutečňuje vyzařováním a pohlcováním elektromagnetického záření. Za hlavní zdroj energie je považováno Slunce [9].

## 2.2 Teplotní gradient teplotního cyklu kolejnice

Teplotním gradientem se rozumí nárůst nebo pokles teploty za určitý časový cyklus. Jelikož jsou kolejnice uloženy v externím prostředí, působí na ně veškeré klimatické podmínky. Pokud je kolejnice vystavena slunečnímu svitu nebo dopadající vlhkosti, pak lze očekávat, že teplotní gradient bude výrazně vyšší než ve stinných místech.

S výraznou změnou klimatických podmínek se výrazně změní i teplotní gradient. Řeka tekoucí pod mostem může být dalším faktorem, který má vliv na teplotní gradient.

### 2.3 Index tepelného zatížení kolejnic

Do napjatosti kolejnice vstupuje více faktorů. Jedním z těchto faktorů je teplota, která poměrně výrazně ovlivňuje napětí v kolejnici. Při extrémních teplotách může docházet k vadám kolejnic. Index tepelného zatížení kolejnic vyjadřuje, jak vysoký vliv má teplota na napětí v kolejnici pro danou lokalitu či úsek.

Lze vyjádřit pomocí vztahu:

$$I_{TZK} = \frac{(T_{Kmax} * \Delta T_K)}{100} \quad (1)$$

kde,

$I_{TZK}$  – index tepelného zatížení kolejnic,

$T_{Kmax}$  – maximální naměřená teplota,

$\Delta T_K$  – rozdíl maximální a minimální teploty.

Hodnoty, které vstupují do tohoto vztahu, jsou vždy v rozmezí 24 hodin. Výsledek indexu tepelného zatížení kolejnic dle tabulky 3 řadíme do šesti kategorií dle tabulky 2.

Tabulka 2 – Kategorické rozdělení indexů – Autor Ing. Miroslav Ďurkovský

Rozsah $I_{TZK}$			Tepelné zatížení kolejnic:	
2,00	~	3,00	extrémne	
1,10	~	1,99	veľmi vysoké	
0,90	~	1,09	vysoké	
0,70	~	0,89	vyššie	
0,50	~	0,69	nízke	
0,00	~	0,49	veľmi nízke	

Tabulka 3 – Stanovení indexů – Autor Ing. Miroslav Ďurkovský

$\Delta T_K$ [°C]											$T_{Kmax}$ [°C]
50,0	3,00	2,75	2,55								
49,0	2,94	2,70	2,48								
48,0	2,88	2,64	2,40								
47,0	2,82	2,58	2,35								
46,0	2,75	2,52	2,30								
45,0	2,70	2,48	2,25	2,05							
44,0	2,64	2,42	2,20	1,98							
43,0	2,58	2,37	2,15	1,94							
42,0	2,52	2,31	2,10	1,89							
41,0	2,46	2,26	2,05	1,85							
40,0	2,40	2,20	2,00	1,80	1,60						
39,0	2,34	2,15	1,95	1,76	1,58						
38,0	2,28	2,09	1,90	1,71	1,52						
37,0	2,22	2,04	1,85	1,67	1,48						
36,0	2,16	1,98	1,80	1,62	1,44						
35,0	2,10	1,93	1,75	1,58	1,40	1,23					
34,0	2,04	1,87	1,70	1,53	1,36	1,19					
33,0	1,98	1,82	1,65	1,49	1,32	1,16					
32,0	1,92	1,76	1,60	1,44	1,28	1,12					
31,0	1,86	1,71	1,55	1,40	1,24	1,09					
30,0	1,80	1,65	1,50	1,35	1,20	1,05	0,90				
29,0	1,74	1,60	1,45	1,31	1,16	1,00	0,87				
28,0	1,68	1,54	1,40	1,26	1,12	0,96	0,84				
27,0	1,62	1,49	1,35	1,22	1,08	0,95	0,81				
26,0	1,56	1,43	1,30	1,17	1,04	0,91	0,78				
25,0	1,50	1,38	1,25	1,13	1,00	0,88	0,75	0,63			
24,0	1,44	1,32	1,20	1,08	0,96	0,84	0,72	0,60			
23,0	1,38	1,27	1,15	1,04	0,92	0,81	0,69	0,58			
22,0	1,32	1,21	1,10	0,99	0,88	0,77	0,66	0,55			
21,0	1,26	1,16	1,05	0,95	0,84	0,74	0,63	0,53			
20,0	1,20	1,10	1,00	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50			0,40
19,0	1,14	1,05	0,95	0,86	0,76	0,67	0,57	0,48	0,38		
18,0	1,08	0,99	0,90	0,81	0,72	0,63	0,54	0,45	0,36		
17,0	1,02	0,94	0,85	0,77	0,68	0,60	0,51	0,43	0,34		
16,0	0,96	0,88	0,80	0,72	0,64	0,56	0,48	0,40	0,32		
15,0	0,90	0,83	0,75	0,68	0,60	0,53	0,45	0,38	0,30		
14,0	0,84	0,77	0,70	0,63	0,56	0,49	0,42	0,35	0,28		
13,0	0,78	0,72	0,65	0,59	0,52	0,46	0,39	0,33	0,26		
12,0	0,72	0,66	0,60	0,54	0,48	0,42	0,36	0,30	0,24		
11,0	0,66	0,61	0,55	0,50	0,44	0,39	0,33	0,28	0,22		
10,0	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25	0,20		
9,0	0,54	0,50	0,45	0,41	0,36	0,32	0,27	0,23	0,18		
8,0	0,48	0,44	0,40	0,36	0,32	0,28	0,24	0,20	0,16		
7,0	0,42	0,39	0,35	0,32	0,28	0,25	0,21	0,18	0,14		
6,0	0,36	0,33	0,30	0,27	0,24	0,21	0,18	0,15	0,12		
5,0	0,30	0,28	0,25	0,23	0,20	0,18	0,15	0,13	0,10		
4,0	0,24	0,22	0,20	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,08		
3,0	0,18	0,17	0,15	0,14	0,12	0,11	0,09	0,08	0,06		
2,0	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	0,06	0,05	0,04		
1,0	0,06	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,02		
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
	60,0	55,0	50,0	45,0	40,0	35,0	30,0	25,0	20,0		

## 2.4 Neutrální teplota

Neutrální teplota je obvykle shodná s upínací teplotou. Při upevňování bezстыkové koleje je neutrální teplota důležitým aspektem. Při správné instalaci kolejnice by v moment uchycení kolejnice nemělo docházet k žádnému namáhání [11]. Při nedodržení upínací teploty, kterou stanovuje předpis *SŽDC S3/2 Bezстыková kolej* [6], může dojít k poruchám, které jsou zmíněny v kapitole 3. Předpis stanovuje upínací teplotu +17 °C až +23 °C. Při upevňování kolejnic může být maximální rozdíl teplot mezi pravým a levým pásem 3 °C. Za nepříznivých klimatických podmínek lze upravit teplotu kolejnice před upnutím pomocí ochlazení/nahřátí nebo natažením kolejnice. Kolejnice, která má v době upínání teplotu v teplotním rozmezí předepsanou předpisem, se považuje za silově neutrální. Nedochozí k téměř žádným silovým odporům od teplotních změn [3, 12, 13].

Výjimkou může být bezстыková kolej, jenž je zřizovaná v tunelu. U takových kolejí záleží na samotné délce tunelu. Při délce tunelu do 300 m je bezстыková kolej zřizovaná za stejných podmínek jako kolej v běžném externím prostředí. Při délce tunelu nad 300 m mohou být kolejnice upnuty při upínací teplotě 5 °C až 23 °C, viz *SŽDC S3/2 Bezстыková kolej* [6][2].

Při nedodržení upínací teploty kolejnic je upravena koncová dilatační spára dle následující tabulky (Tabulka 4) [12].

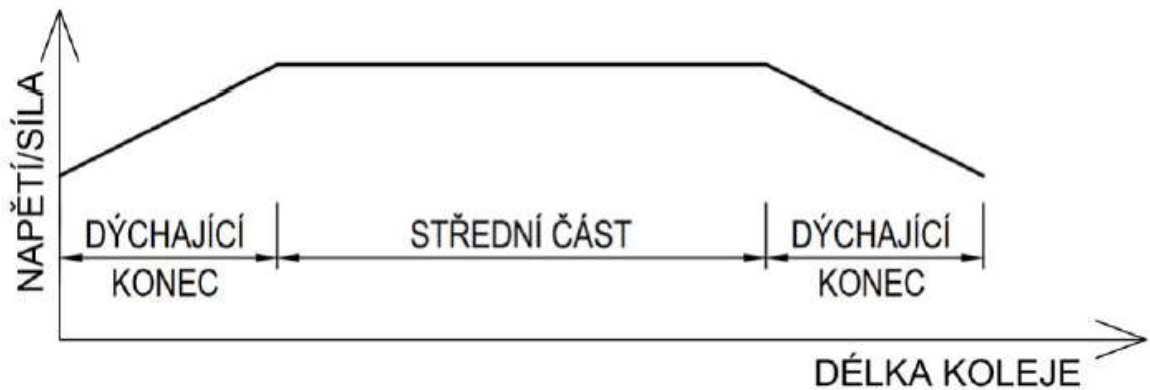
Tabulka 4 – Závislost mezi upínací teplotou a velikostí dilatační spáry [12]

Teplota kolejnic [°C]	Velikost dilatační spáry [mm]
> + 30	0
+ 21 až + 30	3
+ 11 až + 20	6
+ 3 až + 10	9
+ 2 až - 3	12

## 2.5 Vzniklé napětí vlivem teploty

Klimatické podmínky značně ovlivňují chování kolejnic. Předpokládá se, že v ČR se teplota kolejnic pohybuje v rozmezí – 30 °C až + 60 °C. Kolejnice má tendenci měnit svoji délku vlivem teploty, a proto v bezстыkové koleji dochází k poměrně značnému namáhání. Toto namáhání způsobené teplotou bývá natolik výrazné, že může způsobit kolaps kolejnic.

Mechanické namáhání od železničních vozidel je sčítáno spolu s napětím vlivem teploty a dalších přítomných napětí. Na obrázku 3 lze vidět, že podélný odpor koleje roste se vzdáleností. Pokud je kolejnice dostatečně dlouhá, pak střední část nedilatuje. Dilatace je umožněna pouze v dýchajících koncích [12, 13].



Obrázek 3 – Základní části bezстыkové koleje [14]

Dýchající konec – část na začátku a na konci bezстыkové koleje, kde může docházet k dilataci kolejnice vyvolané změnou teploty.

Střední část – část bezстыkové koleje, kde mezi dýchajícími konci kolejnice nevykazuje pohyb [5].

Podélný odpor koleje – odpor proti posunutí v podélné ose koleje. Na jeho velikost má vliv zejména:

- odpor proti posunutí kolejnic v uzlech upevnění,
- odpor proti podélnému posunutí kolejového roštu v kolejovém loži.

Příčný odpor koleje – odpor proti směrovému posunutí koleje. Ovlivňujícími faktory jsou: hmotnost, tuhost kolejového roštu, stav kolejového lože [3, 6, 14].



V důsledku znemožnění posunu kolejnic ve střední části dochází ke změně normálové síly v závislosti na změně teploty. Závislost těchto dvou veličin je přímo úměrná a lze vyjádřit rovnicí:

$$N_x = -E * A_R * \alpha * \Delta T \quad (2)$$

kde,

$N_x$  – normálová síla v bezstykové koleji [kN],

$E$  – modul pružnosti kolejnicové oceli [kN/m<sup>2</sup>],

$A_R$  – průřezová plocha dvou kolejnic [m<sup>2</sup>],

$\alpha$  – součinitel tepelné roztažnosti kolejnic [K<sup>-1</sup>],

$\Delta T$  – teplotní rozdíl aktuální a upínací teploty kolejnice [K].

V dýchajících koncích se síla změní o vstupující podélný odpor koleje proti posunutí a spojitě podélné zatížení vyvolané silami od železničních vozidel.

$$N_x = E * \left( \frac{du}{dx} - \alpha * \Delta T \right) \quad (3)$$

kde,

$u(x)$  – funkce podélného posunutí koleje (kolejového roštu nebo kolejnic) [m].

Změnu osově síly vyvolanou podélným odporem koleje proti posunutí a spojitým podélným zatížením vyvolaným silami od železničních vozidel lze vyjádřit rovnicí:

$$\frac{dN}{dx} = r_x - q_x \quad (4)$$

kde,

$r_x$  – podélný odpor proti posunutí kolejnice [kN/m],

$q_x$  – spojitě podélné zatížení od železničních vozidel (brzdné a rozjezdové síly) [kN/m].

Závislost již zmíněných odporů je obecně nelineární funkcí. Pro zjednodušení lze funkci upravit na lineární, a to lze považovat za bezpečný přístup.

$$r_x = k * u \quad (5)$$

kde,

k – konstanta vyjadřující tuhost kolejového lože a závislost mezi posunutím koleje a podélným odporem na zemním tělese [kN/m<sup>2</sup>],

u – podélné posunutí koleje [m].

Z výše uvedených vztahů je odvozená výsledná rovnice 6 [1].

$$-E * A * \frac{d^2u}{dx^2} + k * u = q_x \quad (6)$$

### 3. Druhy poruch bezстыkové koleje

Vlivem extrémních teplot může docházet ke dvěma typům poruch bezстыkové koleje: vybočení kolejnice, lom kolejnice. Změna teploty vyvolá změnu napětí v kolejnici. Jelikož jsou dilatační spáry nahrazeny svary, dochází k vnesení napětí od teploty, jak již bylo zmíněno. Abychom tomuto problému předešli, je stanovena dovolená upínací teplota.

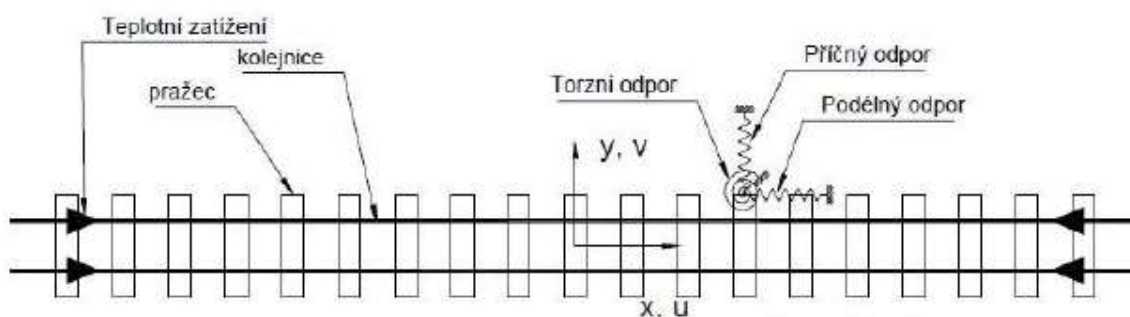
#### 3.1 Vybočení kolejnice

Tento případ může nastat v případě vysokého nárůstu teploty. Vznikem tlakové síly může dojít k vybočení koleje – ztráta stability [15]

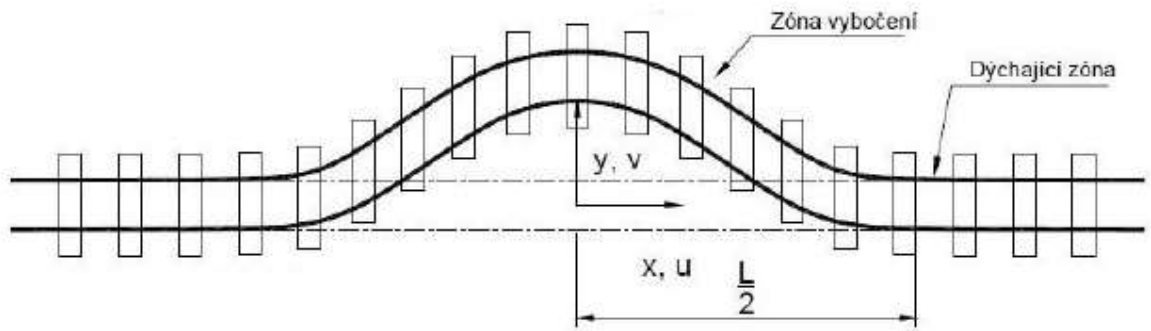


Obrázek 4 - Vybočení kolejnice [16]

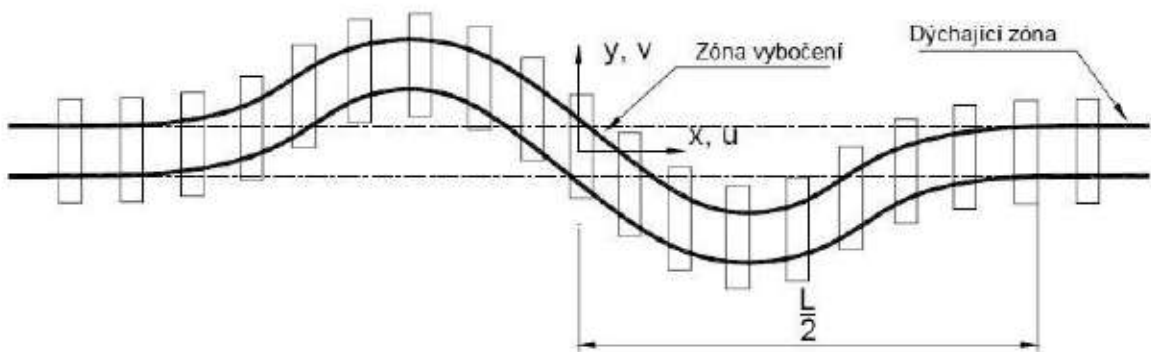
#### 3.1.1 Druhy vybočení kolejnice



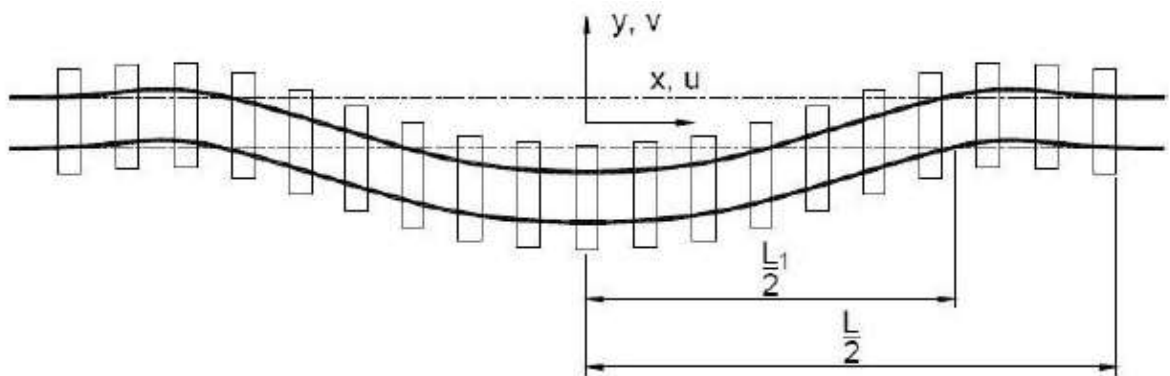
Obrázek 5 – Nevybočená kolej [15]



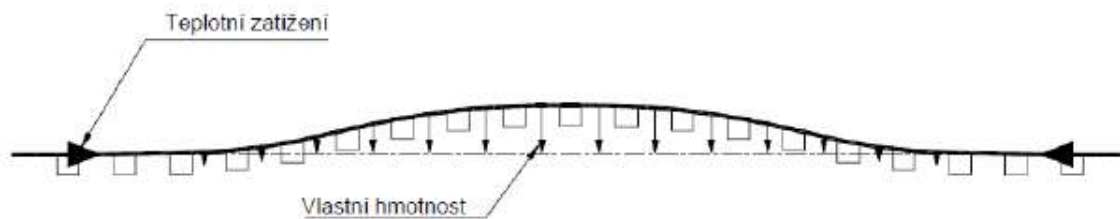
Obrázek 6 – Symetrický tvar vybočení, 1 půlvlna [15]



Obrázek 7 – Anti-symetrický tvar vybočení, 2 půlvlny [15]



Obrázek 8 – Symetrický tvar vybočení, 3 půlvlny [15]



Obrázek 9 – Vybočení ve svislé rovině [15]

### 3.2 Lom kolejnice

Tento případ může nastat v případě vysokého poklesu teploty. Vznikem tahové síly může dojít k lomu kolejnice [15].



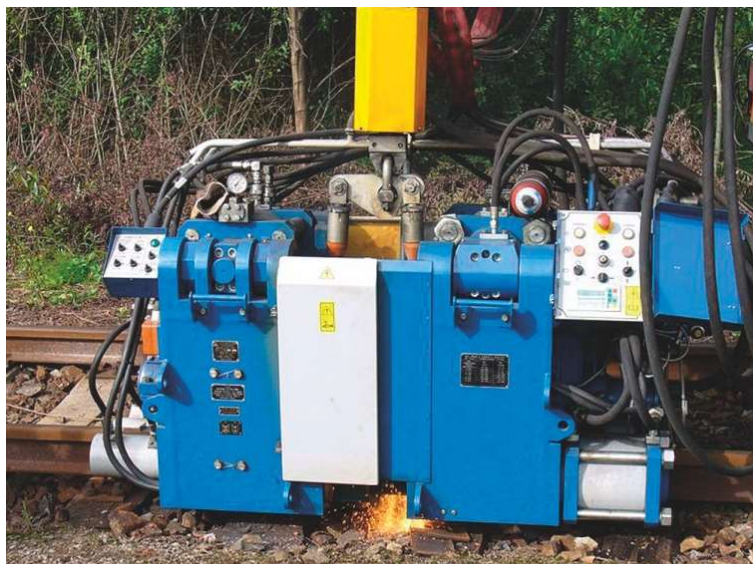
Obrázek 10 – Lom kolejnice [16]

## 4. Druhy svařování kolejnic

Bezstyková kolej je spojována pomocí svaru, které jsou nezbytným krokem pro zhotovení koleje. Veškeré podmínky udávají právní normy, technické normy, předpisy a dokumenty SŽ. Zhotovitel musí vždy dodržovat tyto podmínky, jelikož není možné kontrolovat každý zhotovený svar na mechanické vlastnosti. Existují dva typy svařování kolejnic, které se považují za standardní technologie. Jedná se o odtavovací stykové svařování a aluminotermické svařování. Za nestandardní a doplňkovou technologii se považuje svařování obloukem. Podmínky pro použití nestandardní technologie udává dokument *SŽDC – Pokyn generálního ředitele č 6/2006 a výnos ČD č.j. 403/2007-013* [17].

### 4.1 Odtavovací stykové svařování

Tato metoda svařování je téměř bez ovlivnění lidským faktorem a je považována za bezkonkurenčně nej kvalitnější. Jde o automatizovaný průběh svařování s hydraulicky ovládatelným upínáním kolejnic, pohybu svařovaných kolejnic a seříznutím svarového výronku. Není potřeba přídavného materiálu, protože při vhodné teplotě a při dostatečném působení tlaku dochází k odtavování spolu s přibližováním čel kolejnic a k následnému stlačení kolejnic. Novější přístroje digitálně vyhodnocují kvalitu svaru, zda je či není vyhovující [3, 18].



Obrázek 11 – Odtavovací stykové svařování [18]

## 4.2 Aluminotermické svařování

Při této metodě dochází k exotermické reakci pomocí tekuté oceli nalité do reakčního kelímku, který je nasazený na svařovaném styku (obrázek 12). Jedná se o jednoduché a spolehlivé svařování, které se využívá především pro opravné práce a svařování výhybek. Nedbá se zde na kvalifikaci svářečů, stejně jako na zručnost a zkušenost, neboť vliv člověka na kvalitu je v tomto případě velmi nízký [18].



Obrázek 12 – Aluminotermické svařování [19]

## 4.3 Požadavky na technologie svařování kolejnic

- kvalita a spolehlivost
- bezpečnost
- omezení vlivu lidského faktoru
- vyhovující mech vlastnosti svaru
- ekonomická přijatelnost [18]

# EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

## 5. Zařízení pro odečet teplot – bezkontaktní teploměr

### 5.1 Kostra teploměru

Použité zařízení pro odečet hodnot je bezkontaktní teploměr. Samotný teploměr je uchycený zespodu kompozitní destičky, která tvoří kostru odečítacího přístroje. Nahoře se nachází batterybox. V batteryboxu je lithiová baterie, která dodává teploměru energii. Lithiová baterie byla zvolena z důvodu vyšší odolnosti v extrémních teplotách. Celá konstrukce je upevněna na patě kolejnice pomocí dvou magnetů, které jsou vymezeny distanční podložkou, aby nedocházelo k přímému kontaktu mezi teploměrem a kolejnicí. Magnety jsou uchyceny křížovými šrouby ke kompozitní destičce. Celý přístroj je zatavený v transparentní fólii, která brání proniknutí nečistot a vody.

### 5.2 Parametry a funkce teploměru

V průběhu sledování byly použity dva modely teploměrů od výrobce Elitech. Prvním a starším modelem teploměru byl Elitech ETAG-1, který byl následně nahrazen druhým a novějším modelem teploměru Elitech TI-1S. Teploměr Elitech ETAG-1 byl z hlediska praktičnosti a spolehlivosti vyhodnocen autorem této bakalářské práce jako výhodnější. Starší model ukládá odečtená data přímo do příslušné aplikace. Novější model, oproti staršímu, vyžaduje připojení k mobilním datům, která jsou potřebná k odeslání odečtených hodnot na cloud. Připojení k mobilním datům je značnou nevýhodou, jelikož v horských lokalitách je slabší pokrytí signálu a stejně tak tomu je i v tunelech. Oba teploměry umožňují export odečteného záznamu hodnot s příponou .pdf a .xlsx. Teploměry mají celou řadu funkcí, které si uživatel může libovolně nastavit dle svých potřeb. Primární funkcí je odečet hodnot pomocí funkce NFC.

#### Elitech ETAG-1

- Rozsah měření teploty: - 25 až + 60 °C,
- Přesnost měření:  $\pm 0,5$  °C,
- Kapacita hodnot: 4000 záznamů,
- Interval záznamu: 1 až 240 minut
- Rozměry: 40,0 x 50,0 x 2,4 mm
- Uložiště: Aplikace

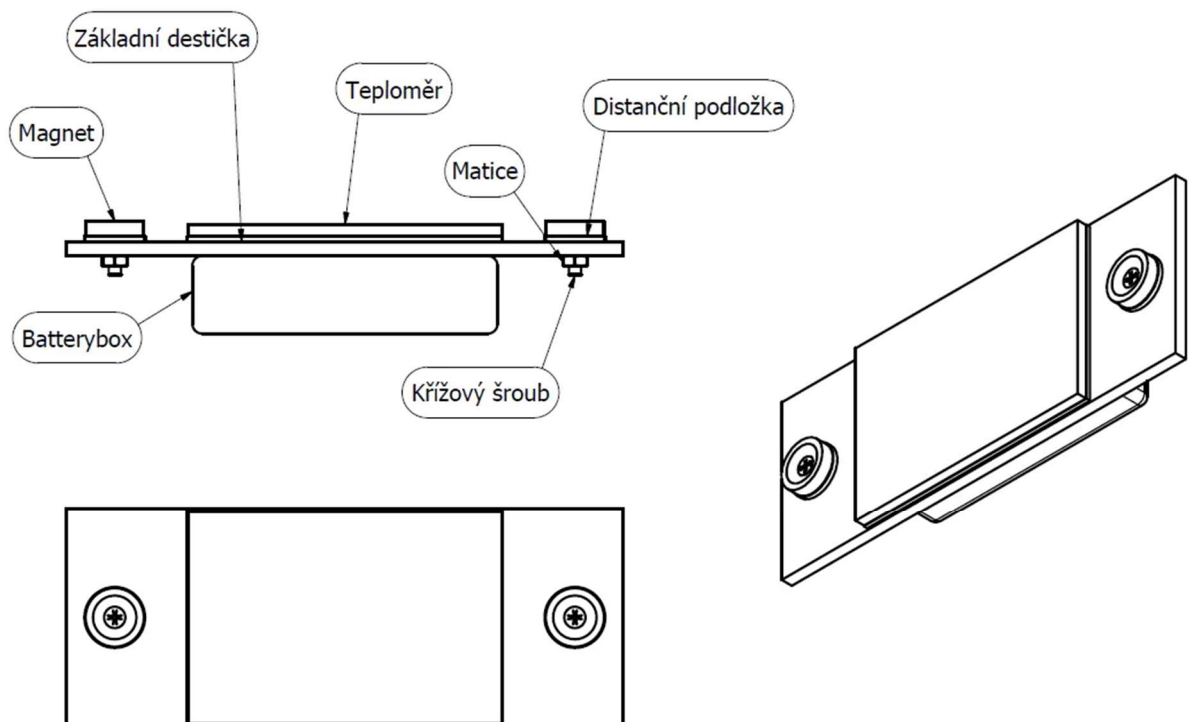


### Elitech TI-1S

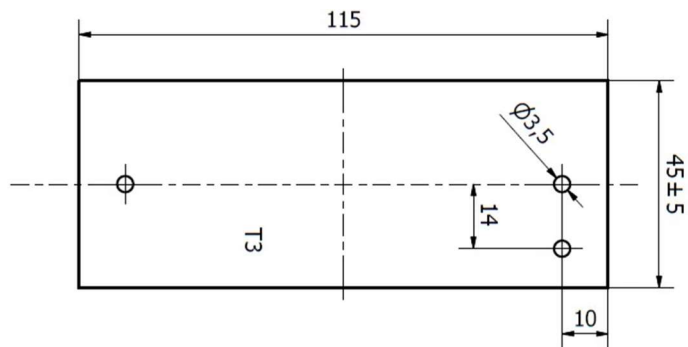
- Rozsah měření teploty: - 30 až + 60 °C,
- Přesnost měření:  $\pm 0,5$  °C,
- Kapacita hodnot: 3800 záznamů,
- Interval záznamu: 1 až 720 minut
- Rozměry: 40,0 x 57,0 x 5,5 mm
- Uložiště: Cloud

### Teploměr řízený mikropočítačem

Teploměr řízený mikropočítačem je funkčním vzorkem, který byl vytvořen pro účely měření teploty kolejnic v rámci již zmiňovaného projektu. Hlavním cílem vzorku bylo zjednodušení odečtu hodnot. Vzorek odečítal hodnoty v pravidelných časových cyklech a následně je ukládal na SD kartu. Záznam hodnot uložených na SD kartě byl odeslán SMS zprávou v předem stanovených časových intervalech [20].



Obrázek 13 – Schématické náčrty teploměru – Autor Karel Suchý



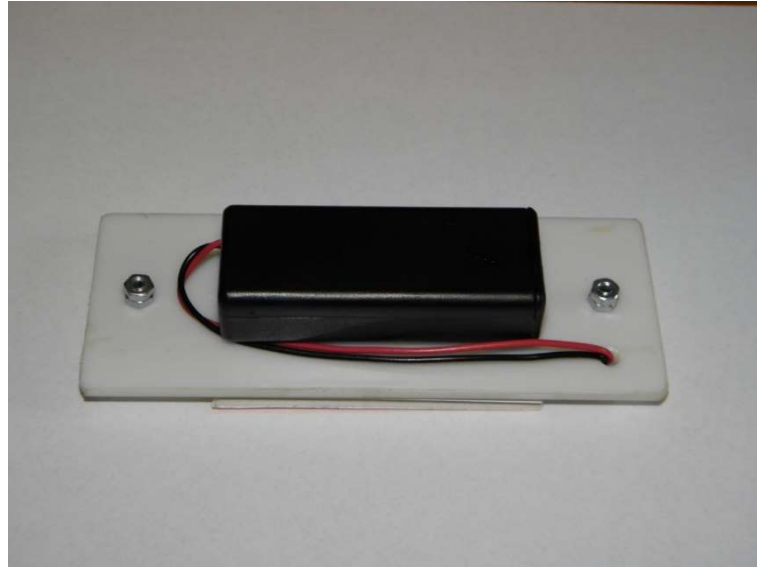
Obrázek 14 – Schématický náčrt kompozitní destičky – Autor Karel Suchý



Obrázek 15 – Teploměr zdola



Obrázek 16 – Teploměr z boční strany



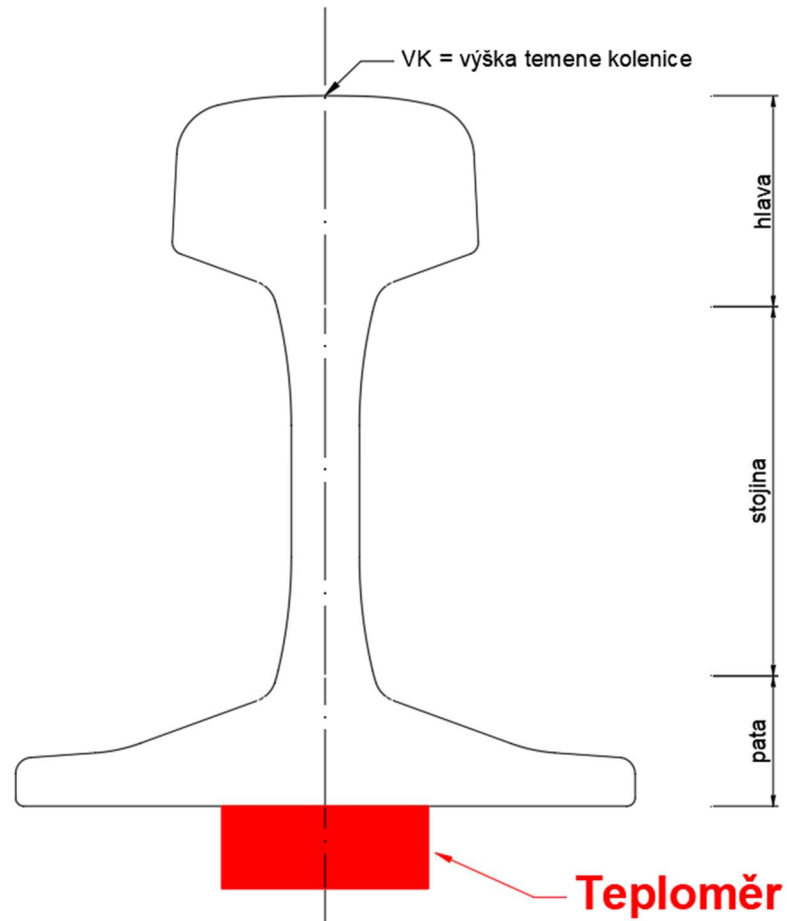
*Obrázek 17 – Teploměr shora*



*Obrázek 18 – Teploměr v ochranné transparentní fólii*

### 5.3 Průřez kolejnicí s označením osazení teploměru

Na obrázku 19 je naznačeno upevnění teploměru na patu kolejnice. Snahou bylo upevnit teploměr tak, aby procházela jeho podélná osa podélnou osou kolejnice.



Obrázek 19 – Schéma průřezu kolejnice s označením upevnění teploměru

## 6. Lokality osazených teploměrů

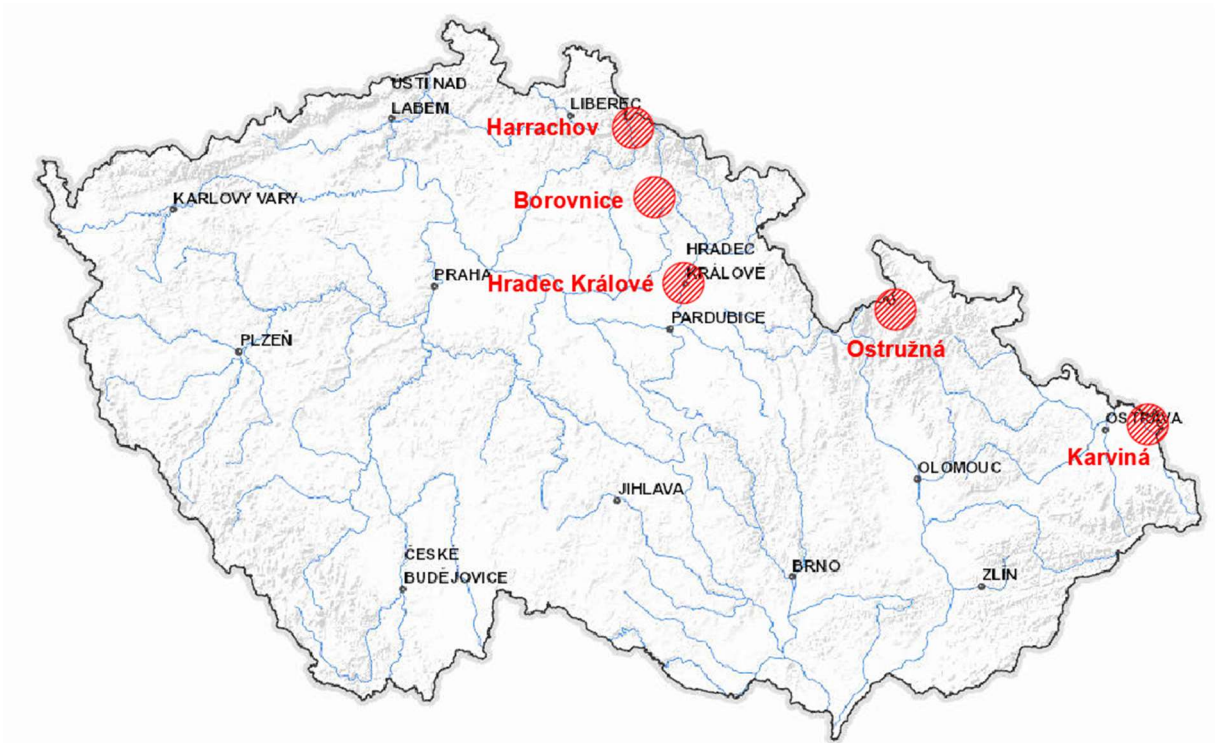
Správou železnic byly v rámci vědeckovýzkumného projektu – Nedestruktivní stanovení mechanického napětí v bezстыkové koleji, vybrány lokality pro sledování hodnot. Mezi Univerzitou Pardubice a Správou železnic byla uzavřena smlouva pro možnost odečtu hodnot, pro příslušné operace s teploměry a další prováděné práce v rámci projektu [21, 22]. Lokality osazených teploměrů jsou znázorněny na obrázku 20. Jejich četnost byla doporučena Správou železnic. Teploměry mohly být doplněny i na místa zajímavá pro autora. Tato bakalářská práce se věnuje lokalitám Hradec Králové a Harrachov, jelikož sledováním a odečtem hodnot v těchto lokalitách se zabýval přímo autor bakalářské práce. Hodnoty v lokalitách Borovnice, Ostružná a Karviná byly sledovány a odečítány kolegy z již zmiňovaného projektu.

**Borovnice** byla lokalitou, kde proběhlo prvotní upevnění teploměrů ze všech řešených lokalit. Taktéž zde proběhlo prvotní osazení tenzometrů, kterým se věnuje zmiňovaný projekt. Teploměry byly zkušebně osazeny na patu kolejnice i na stojinu kolejnice. Tato lokalita byla uvažována jako testovací úsek.

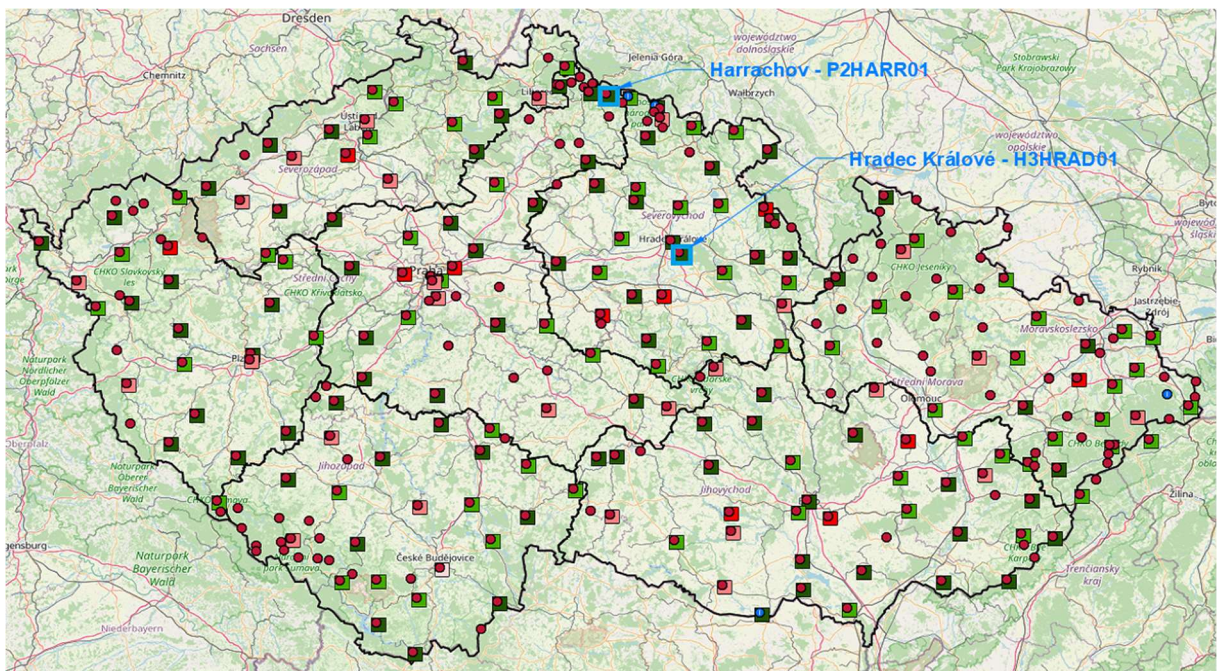
**Ostružná** byla lokalitou, kde Správou železnic byla vybrána 3 místa k sledování. V průběhu sledování byly doplněny 2 teploměry na doporučení traťmistra. I v této lokalitě byla zaznamenána vysoká poruchovost teploměrů, které byly průběžně nahrazovány. Student Miloš Šula byl hlavní osobou, která odečty prováděla.

**Karviná** byla lokalitou, kde probíhalo sledování na 2 místech. Prvotně byl osazen pouze jeden teploměr a následně v průběhu sledování druhý. I v této lokalitě byla zaznamenána vysoká poruchovost teploměrů. Jeden z teploměrů nepřepisoval hodnoty a s druhým se nepodařilo navázat spojení pomocí funkce NFC. Ing. Petr Vnenk, Ph.D., byl hlavní osobou, která odečty prováděla.

Z důvodu vysoké nefunkčnosti teploměrů a velké ztráty dat tyto lokality nebyly v rámci bakalářské práce vyhodnocovány. Záznamy hodnot z teploměrů se často nasetkávaly ve stejném časovém období, což bylo pro vyhodnocení žádoucí.



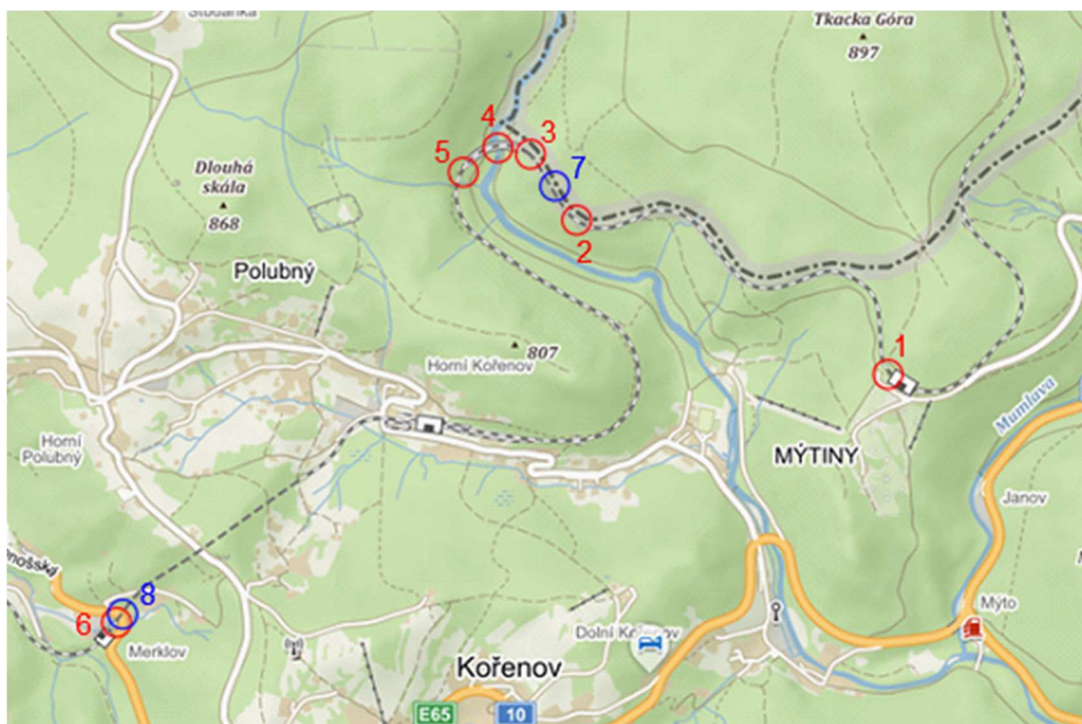
Obrázek 20 – Mapa ČR s vyznačením vybraných lokalit [23]



Obrázek 21 – Mapa ČR s přehledem meteostanic z ČHMI [24]

## 7. Vyhodnocení experimentální části pro lokalitu Harrachov

Harrachov je horské město nacházející se v Libereckém kraji na severu Čech. Leží v údolí řeky Mumlavy pod Čertovou horou ve výšce 665 m. n. m. Město se nachází v těsné blízkosti Polska, se kterým je spojeno cestou i železnicí. Vznik města se datuje již do 17. století. V průběhu let se z malé vesničky stalo významné horské středisko. Aktuálně zde žije přibližně 1300 obyvatel, ale město je velmi oblíbeným turistickým místem.



Obrázek 22 – Přehledová mapa osazených teploměrů v lokalitě Harrachov [25]

Tabulka 5 – Souhrnná tabulka pro lokalitu Harrachov

název teploměru	číslo teploměru	$t_{\max}$ [°C]	datum záznamu $t_{\max}$	$t_{\min}$ [°C]	datum záznamu $t_{\min}$	korelační koeficient
Zastávka	1	49,4	21. 07. 2022	-11,8	20. 11. 2022	0,97
Skalní zářez	2	38,3	26. 07. 2021	-9,4	26. 12. 2021	0,97
Za mostem přes Jizeru	3	49,4	05. 08. 2022	-12,4	26. 12. 2021	0,97
Na mostě přes Jizeru	4	41	20. 07. 2022	-19,5	26. 12. 2021	0,98
Před mostem přes Jizeru	5	47,9	02. 08. 2022	-11,1	17. 11. 2022	0,95
Polubenský tunel	6	15,2	20. 08. 2022 26. 08. 2022	-7,2	13. 12. 2022	0,95

V této lokalitě probíhalo **dlouhodobé** sledování hodnot po dobu 18 měsíců. Teploměry byly osazeny 14. 07. 2021 a k tomuto dni je datován začátek měření.

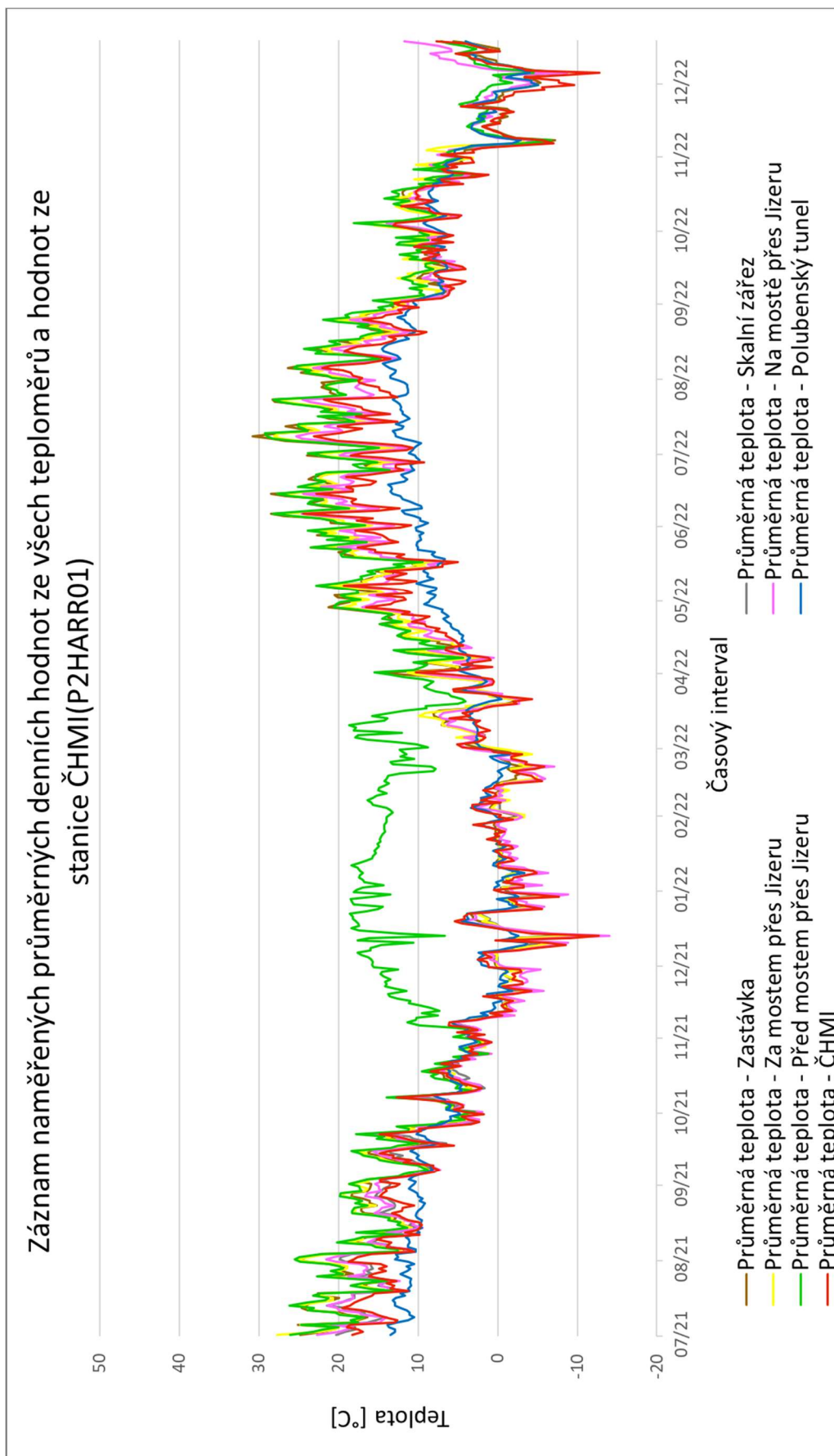
Měření bylo ukončeno k termínu 31. 12. 2022. Celkem bylo osazeno 8 teploměrů, jejichž umístění je znázorněno na obrázku 22.

Na počátku měření bylo připevněno 6 teploměrů modelu ETAG-1, které jsou na obrázku 22 znázorněny červenou barvou a byly doporučeny SŽ. Modely teploměru TI-S jsou znázorněny modrou barvou. Modře označené teploměry byly připevněny v průběhu sledování a byly vybrány autorem této bakalářské práce jako doplňující měření. V tomto časovém období měřily všechny teploměry modelu ETAG – 1 po celou dobu, s výjimkou teploměru **Skalní zářez**. Tento teploměr byl nahrazen teploměrem novějšího modelu TI-1S. I přes opakovanou výměnu teploměru se nepodařilo získat další naměřené hodnoty, nejprve z důvodu odcizení a v dalším případě z důvodu nefunkčnosti teploměru. Teploměr snímal hodnoty v intervalu jedné hodiny, ale nezaznamenával je. V hlavičce záznamu byl viditelný pouze počet sejmutých hodnot. Tento problém se vyskytl u všech teploměrů modelu TI-1S, a to v obou řešených lokalitách.

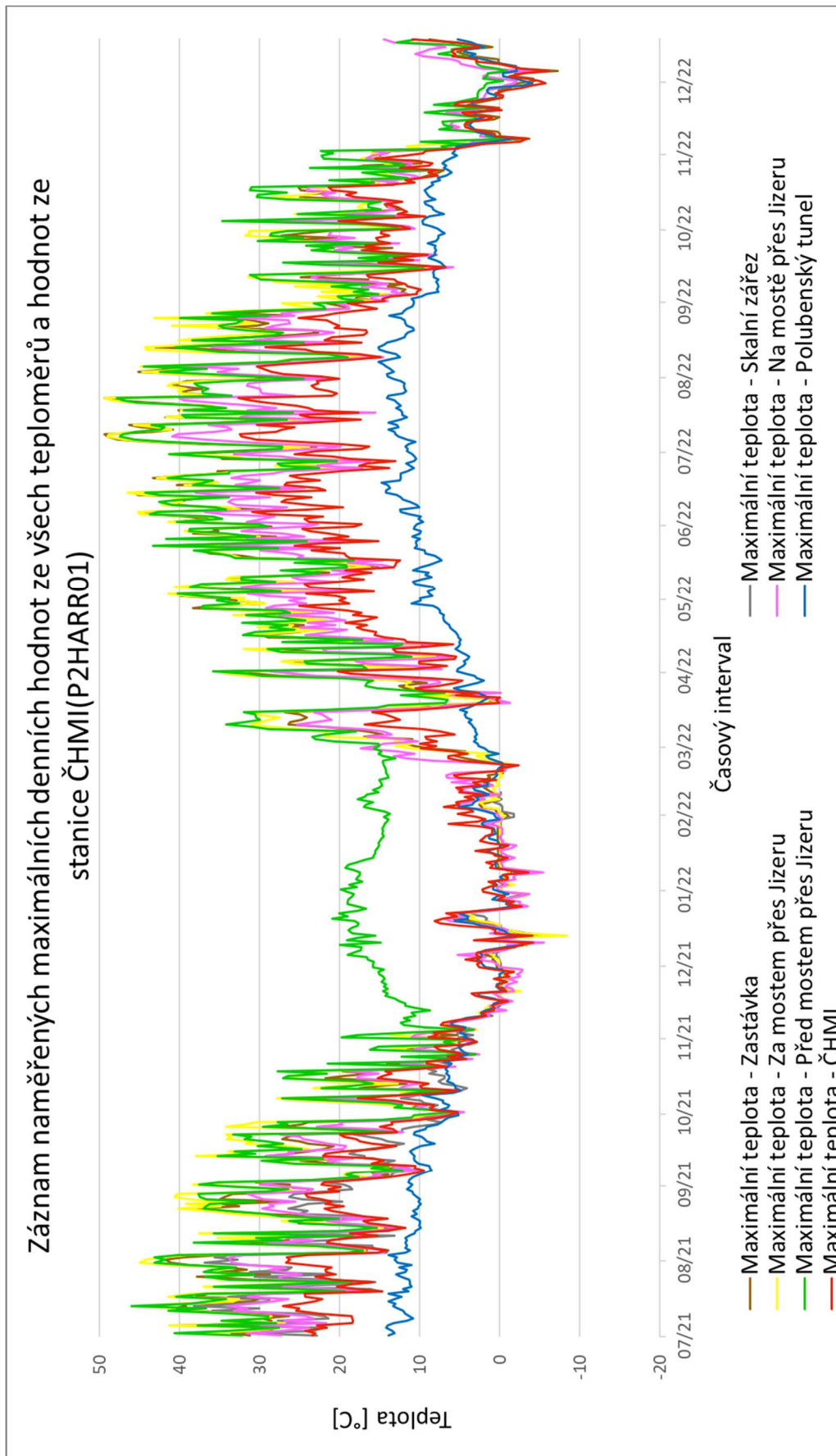
## **7.1 Porovnání naměřených hodnot s hodnotami z meteostanic ČHMI**

Záznam hodnot na jednotlivých teploměrech byl porovnán s hodnotami z ČHMI. Tento krok byl zvolen pro sledování funkčnosti teploměrů a pro sledování vzájemné závislosti, kterou udává korelační koeficient (viz tabulka 5). Od počátku bylo zřejmé, že naměřené hodnoty nebudou dokonale kopírovat křivku hodnot z ČHMI, ale budou se pohybovat v její blízkosti. Rozptyl naměřených hodnot z teploměrů vůči hodnotám z ČHMI je závislý na konkrétní lokalitě. Každá lokalita je jinak ovlivněna klimatickými vlivy, a proto se křivky liší (viz grafy 1, 2, 3). Na grafech 1, 2, 3, 5 lze vidět, že křivka naměřených hodnot **není vykreslena** po celé časové ose, což je způsobeno ztrátou dat z důvodu nefunkčnosti teploměru.

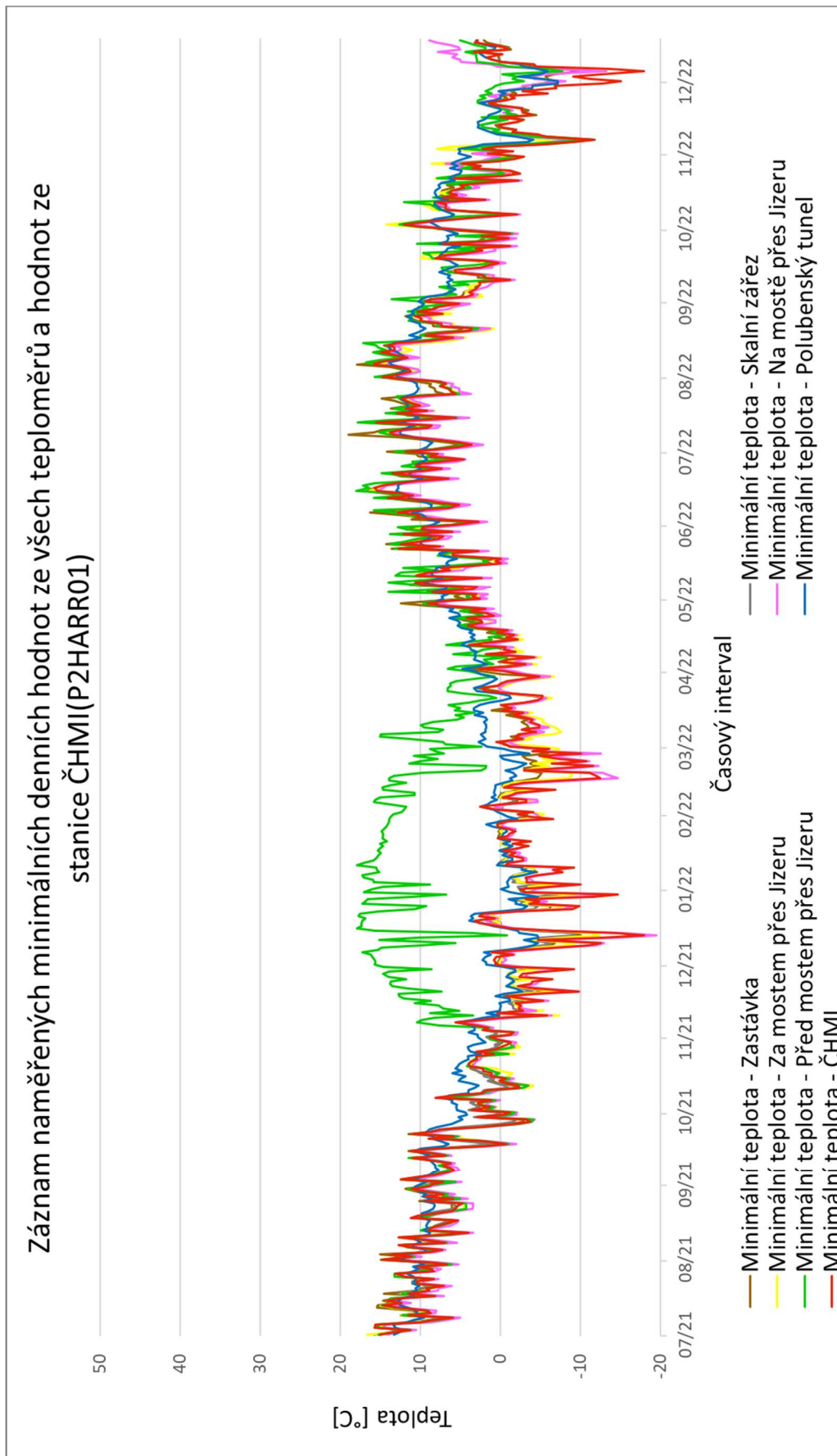




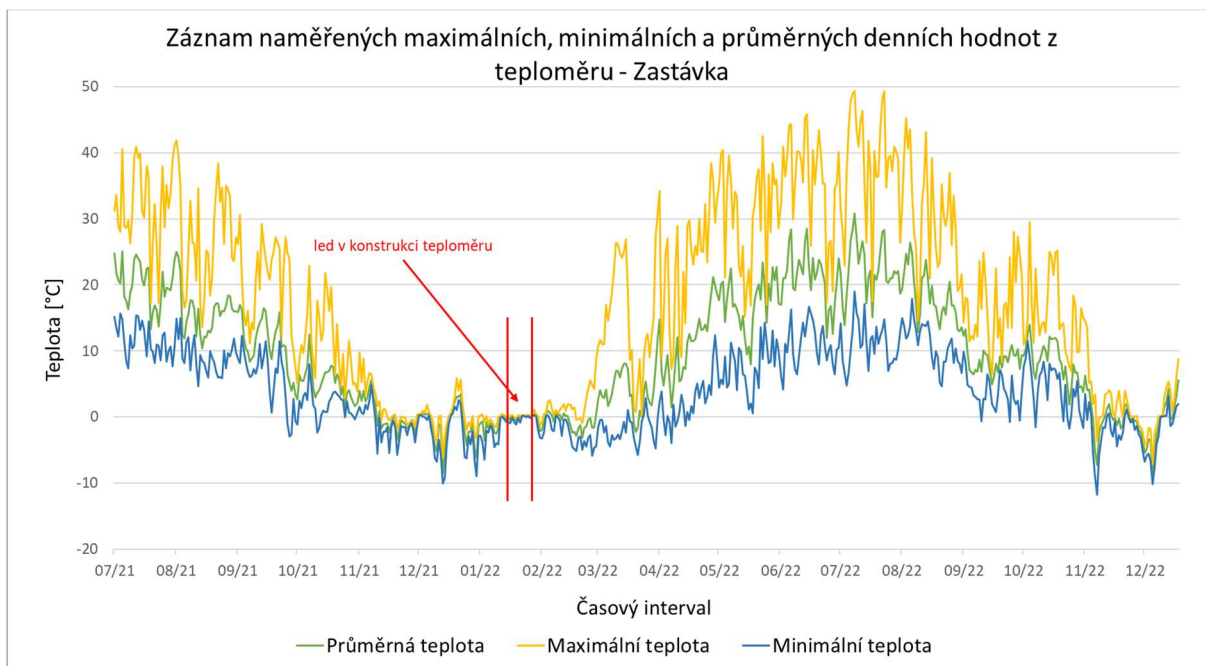
Graf 1 – Porovnání průměrných naměřených denních hodnot ze všech teploměrů v lokalitě Harrachov a meteorostanice ČHMI



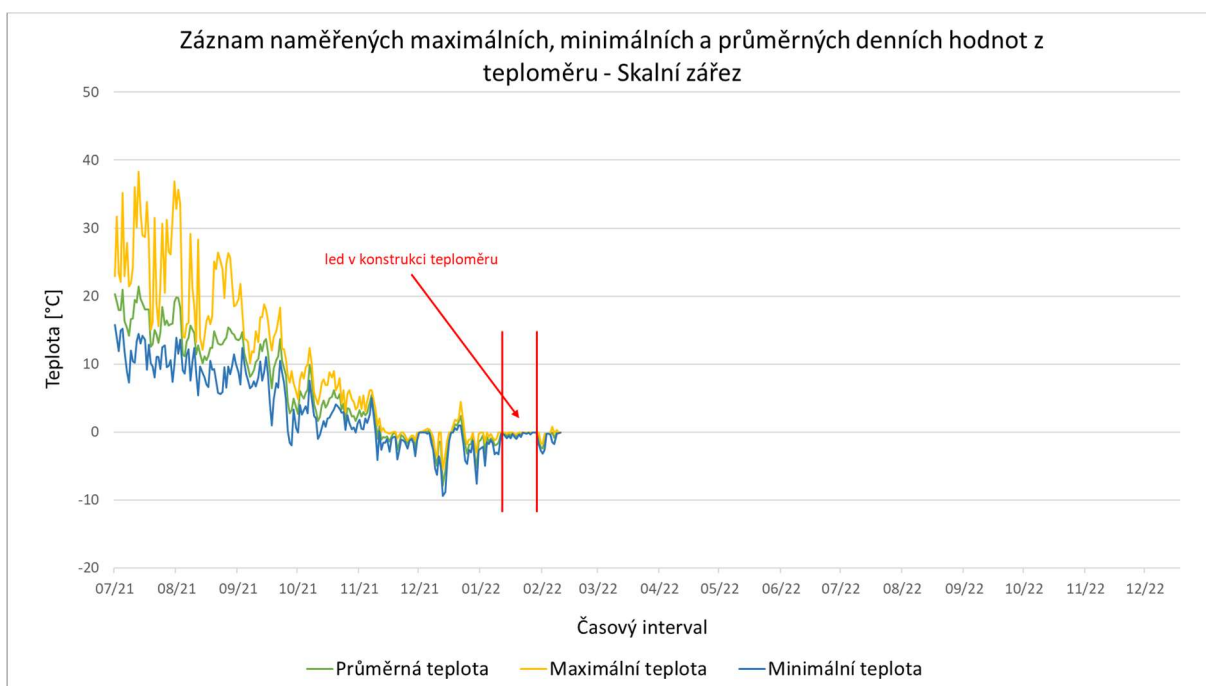
Graf 2 – Porovnání maximálních naměřených denních hodnot ze všech teploměrů v lokalitě Harrachov a meteorostanice ČHMI



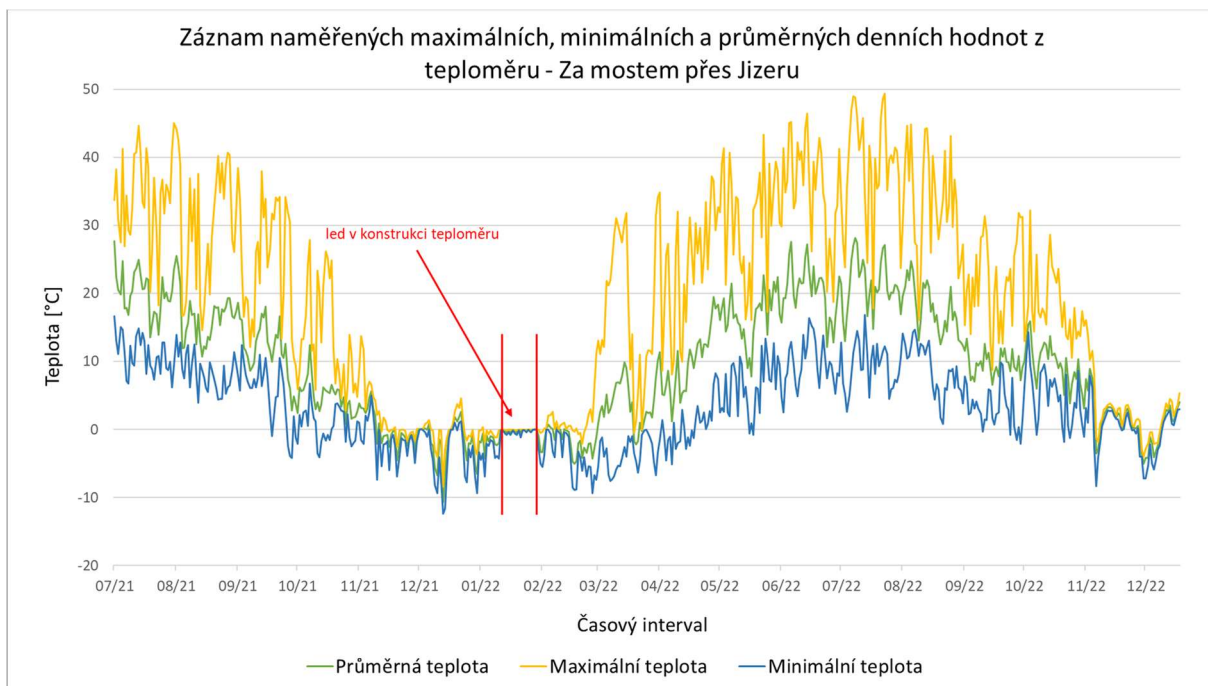
Graf 3 – Porovnání minimálních naměřených denních hodnot ze všech teploměrů v lokalitě Harrachov a meteorostanice ČHMI



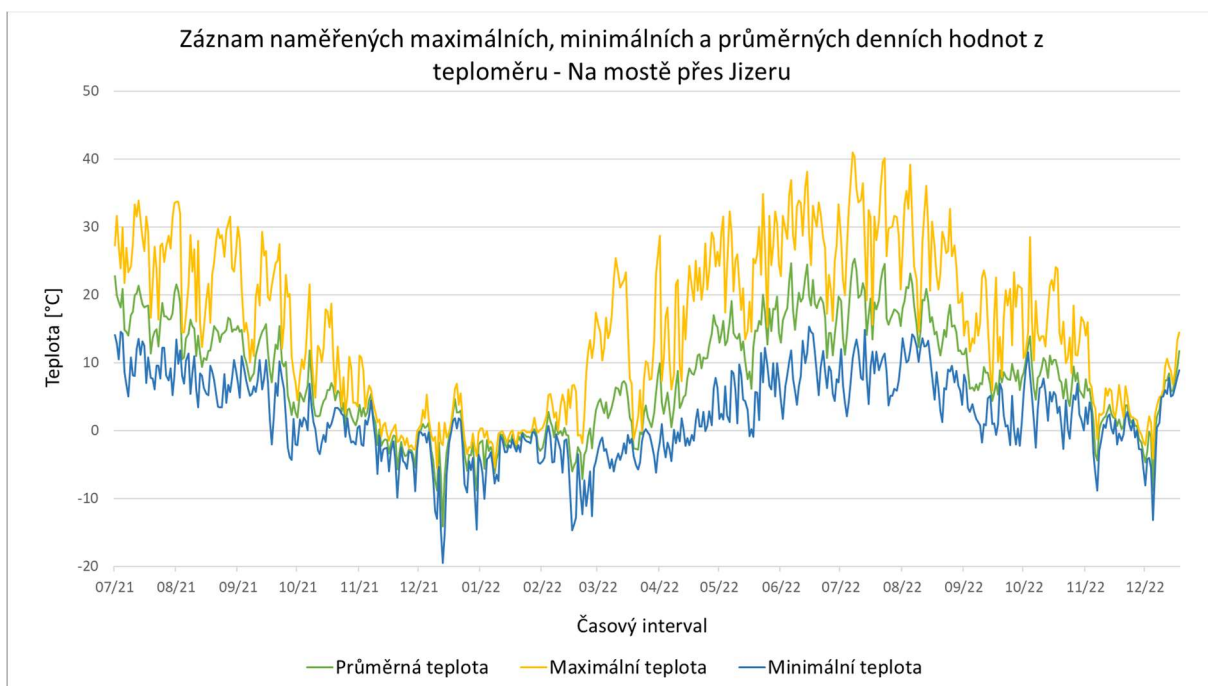
Graf 4 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Zastávka



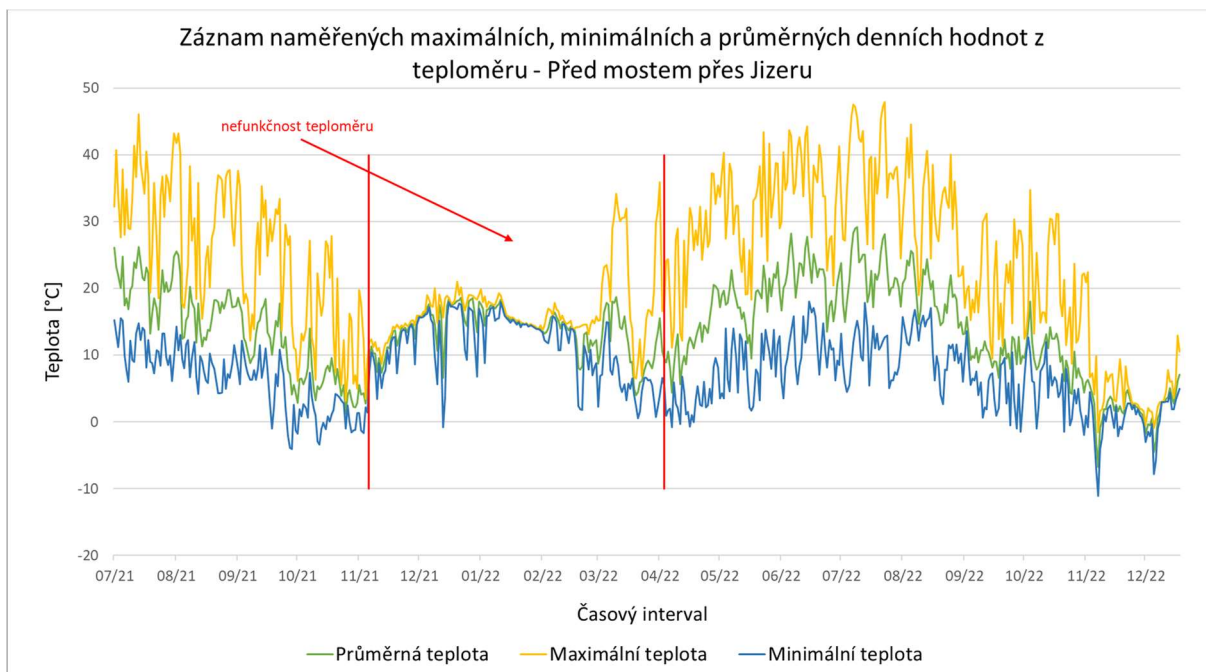
Graf 5 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Skalní zářez



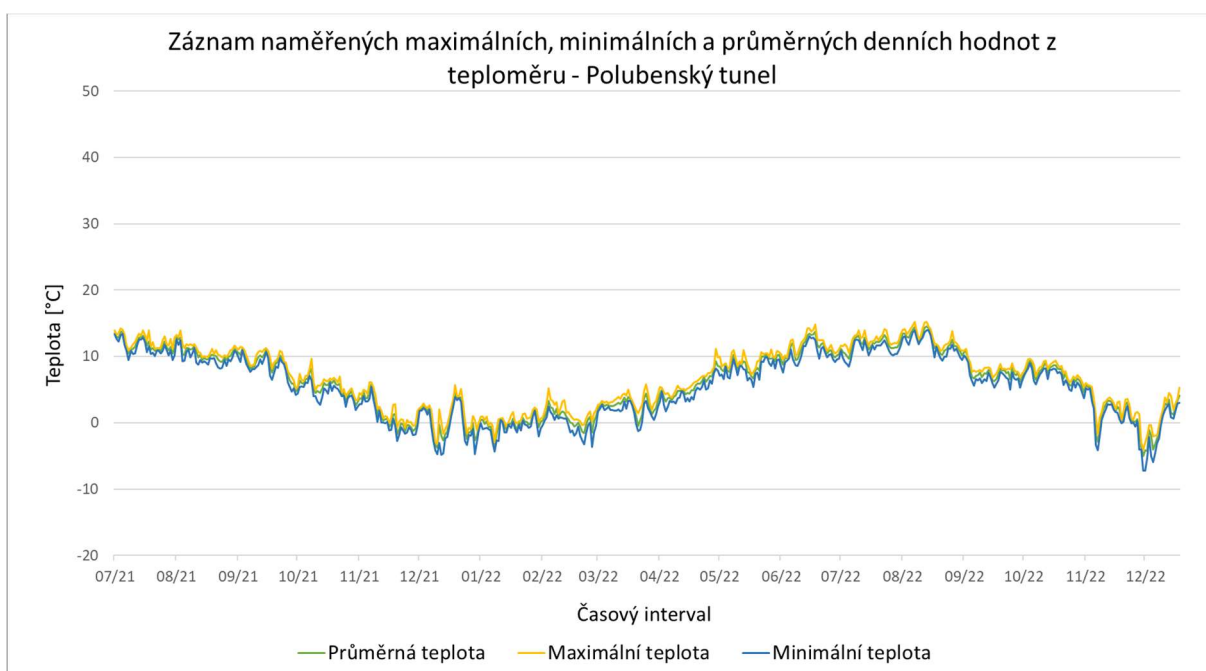
Graf 6 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Za mostem přes Jizeru



Graf 7 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Na mostě přes Jizeru



Graf 8 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Před mostem přes Jizeru



Graf 9 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Polubenský tunel

Na grafech 1, 2, 3 a 8 je patrně vidět, že teploměr **Před mostem přes Jizeru** nefungoval správně. Nefunkčnost teploměru byla vyhodnocena pro období od 19. 11. 2021 do 15. 4. 2022, kde jsou naměřené hodnoty poměrně konstantní a příliš vysoké s ohledem na roční období.

Jedná se převážně o zimní roční období a hodnoty se výrazně liší od hodnot z jiných teploměrů i od hodnot z ČHMI. Přes opakovanou kontrolu je zřejmé, že nedošlo ke špatnému napojení záznamu naměřených hodnot jednotlivých odečtů autorem této bakalářské práce. Není známé, z jakého důvodu teploměr přestal odečítat reálné hodnoty, i přestože v průběhu měření se zpět vrátil k odečtu reálných hodnot. Domněnkou může být ovlivnění teploměru vodou, která zatekla do konstrukce. Hodnoty v tomto období na teploměru **Před mostem přes Jizeru** nejsou zohledněny.

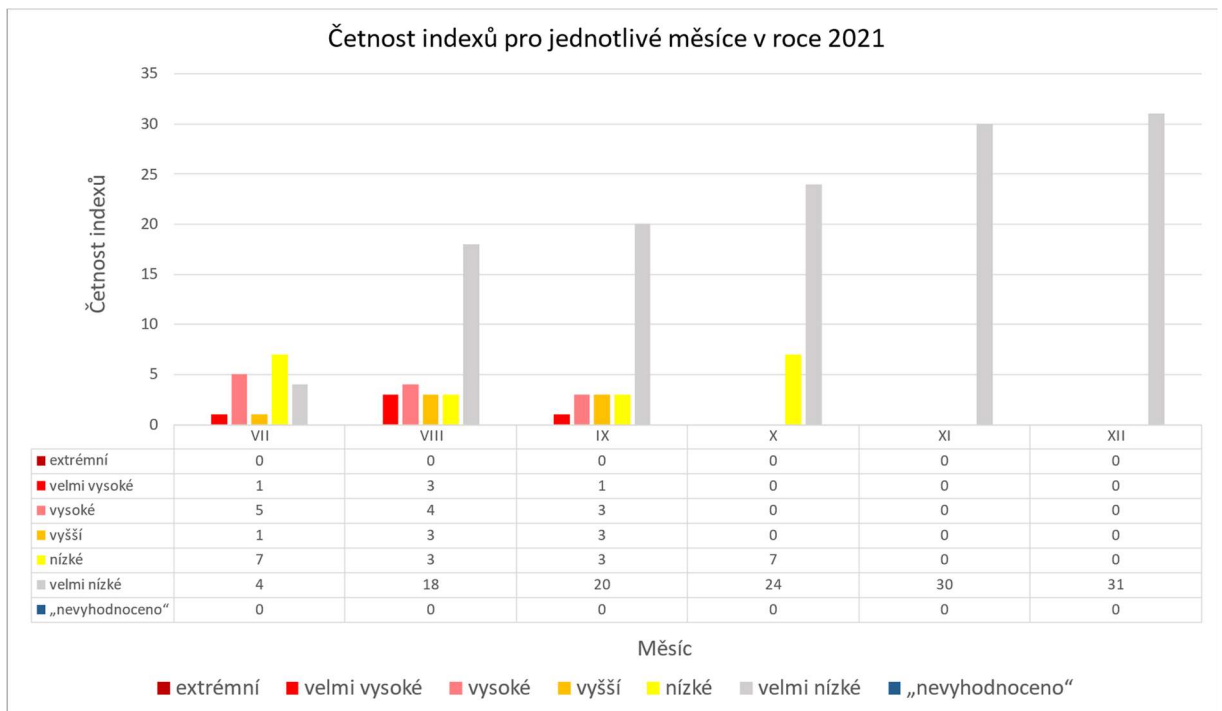
Další důvod, který výrazně ovlivnil odečtené hodnoty, byl led přimrzlý ke konstrukci teploměru. Na grafech 4, 5 a 6 je vidět, že v zimních měsících, kdy teplota vzduchu oscilovala okolo 0 °C, nepřesahovaly odečtené hodnoty hranici 0 °C, i přestože hodnoty z ČHMI jsou nad hranicí bodu mrazu. Z tohoto důvodu mohou být výsledky vyhodnocení nepatrně zkresleny.

## 7.2 Četnost indexů ve vybraných jednotlivých lokalitách

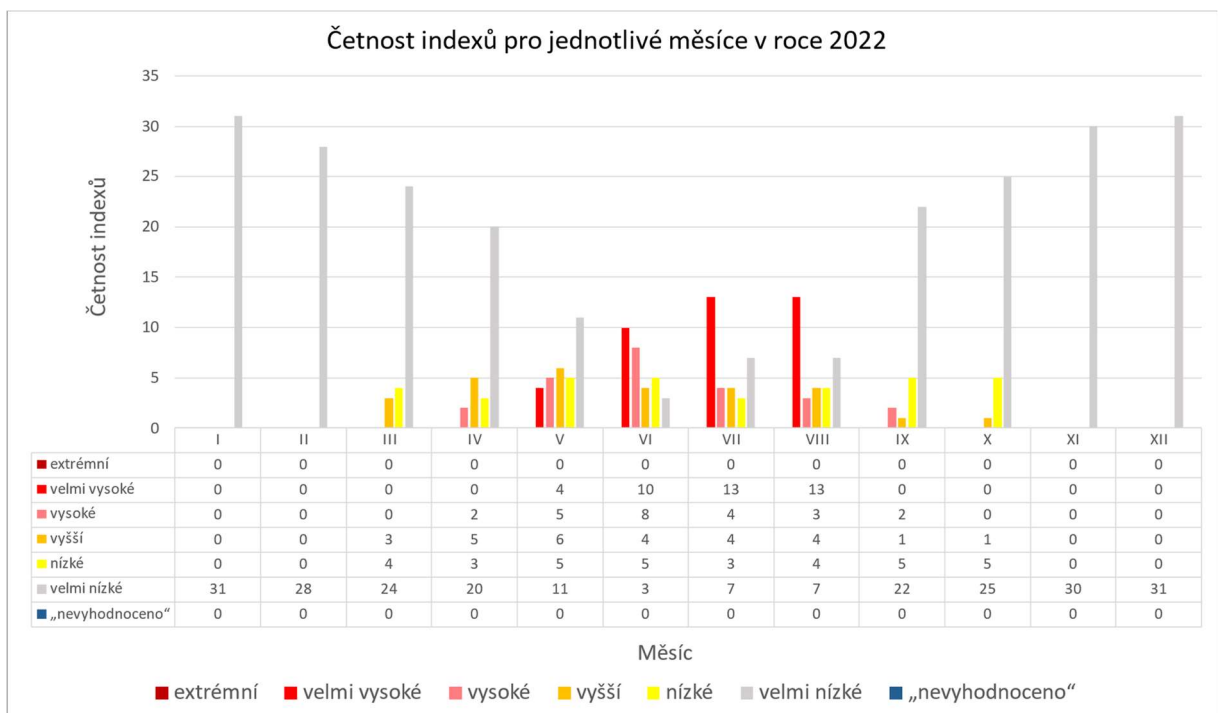
Index tepelného zatížení kolejnic byl vyhodnocen na základě tabulky 2 a 3, která je znázorněna v teoretické části.

V této lokalitě probíhalo sledování hodnot v období 18 měsíců. V prvním měsíci je zaznamenáno pouze 18 dnů, jelikož teploměry byly osazeny 14. 07. 2021. K tomuto dni je datován počátek měření.

## 7.2.1 Zastávka

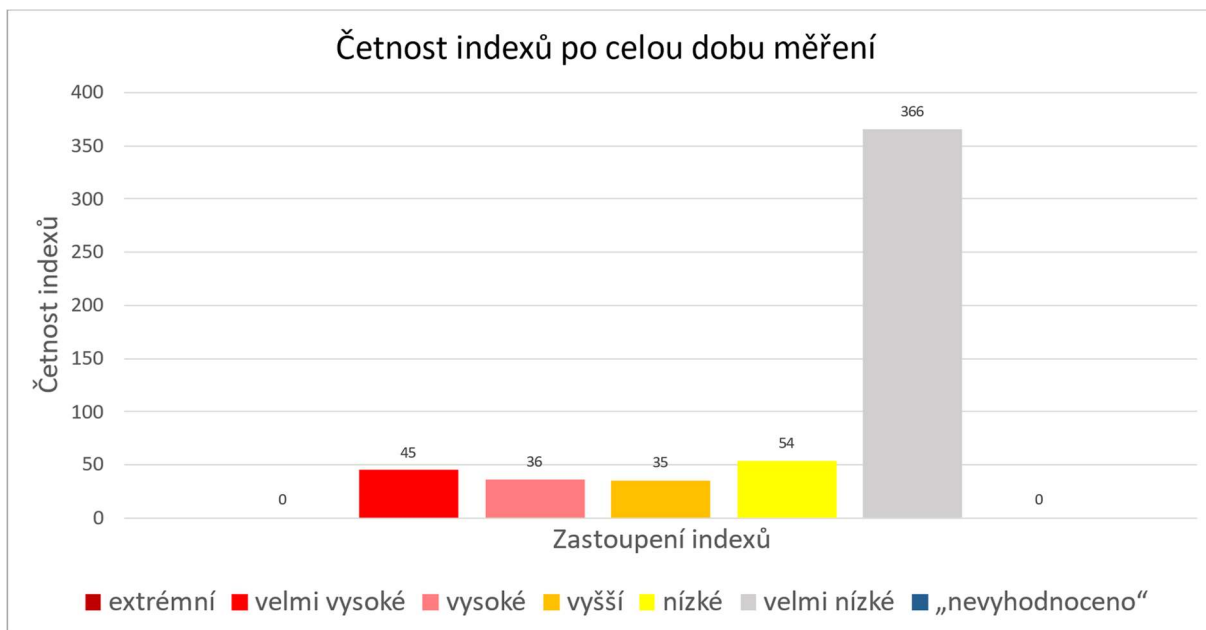


Graf 10 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Zastávka



Graf 11 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 - Zastávka



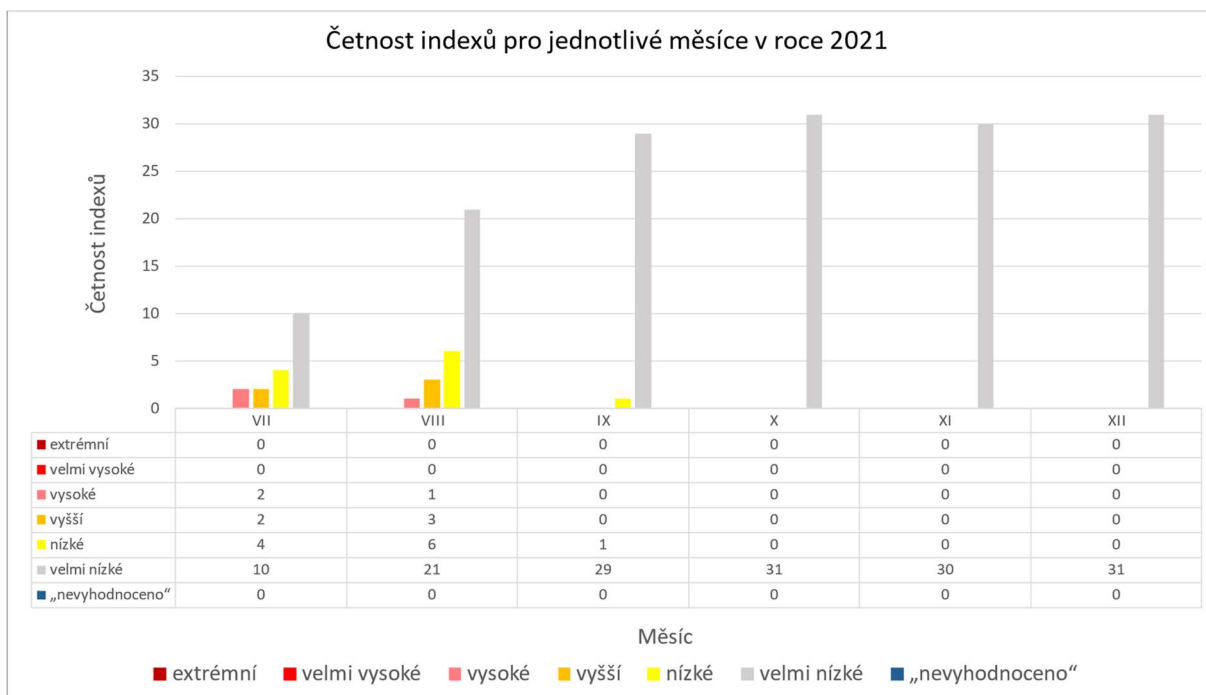


Graf 12 – Četnost indexů po celou dobu měření – Zastávka

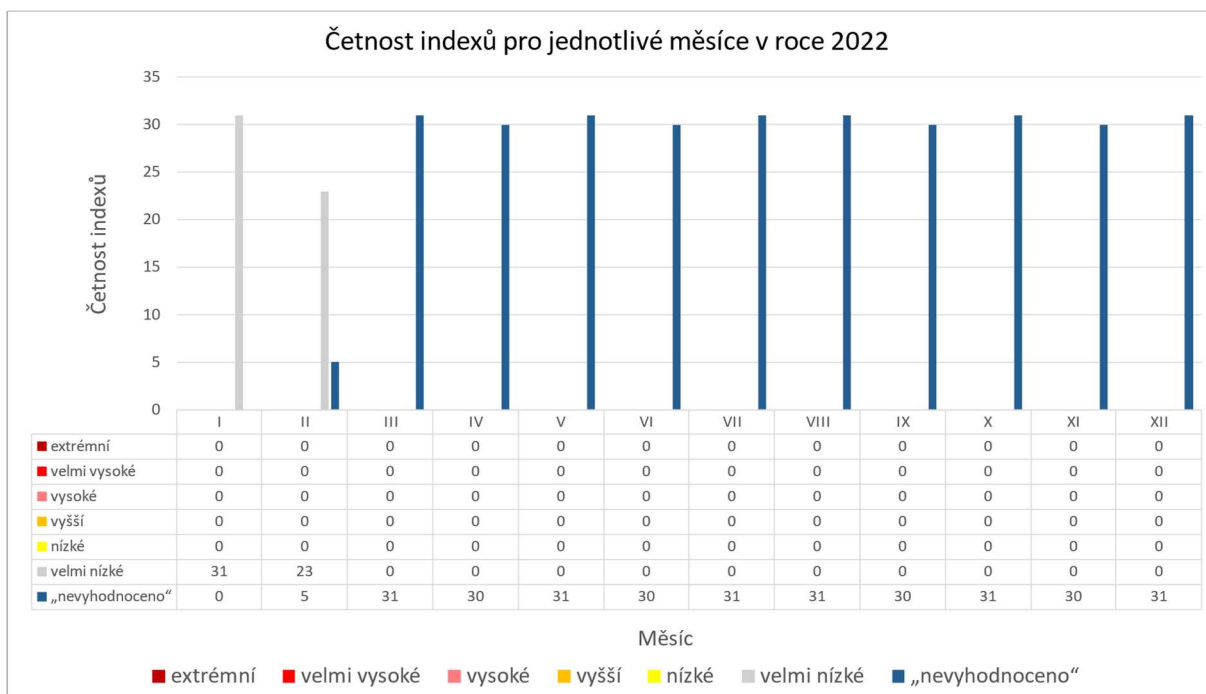
### Závěr

V rámci celého sledování se podařilo získat kompletní záznam naměřených hodnot. V tomto časovém období je obdobné zastoupení kategorie **velmi vysoké**, **vysoké**, **vyšší** a **nízké** s ohledem na množství dat. Kategorie **velmi nízké** četností výrazně převyšuje. Na grafu 11 je vidět, že právě kategorie **velmi nízké** znázorňuje parabolu otevřenou nahoru. Stejně znázornění opačného formátu platí pro kategorii **velmi vysoké**, která znázorňuje parabolu otevřenou dolů. Kategorie **extrémní** nebyla zaznamenána.

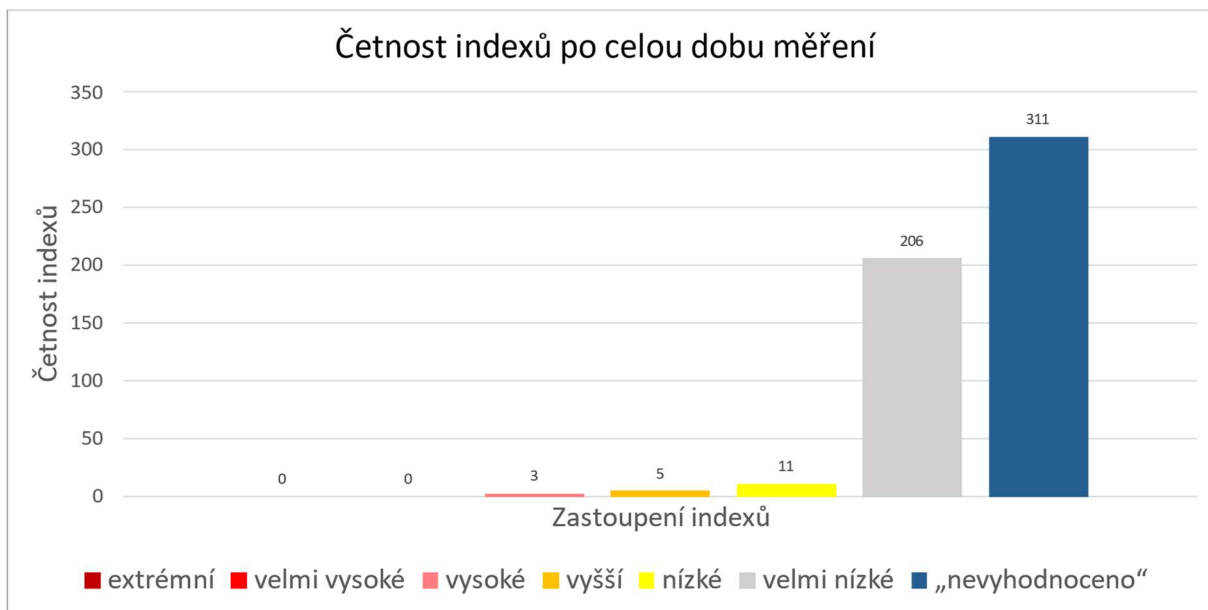
## 7.2.2 Skalní zářez



Graf 13 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Skalní zářez



Graf 14 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 – Skalní zářez

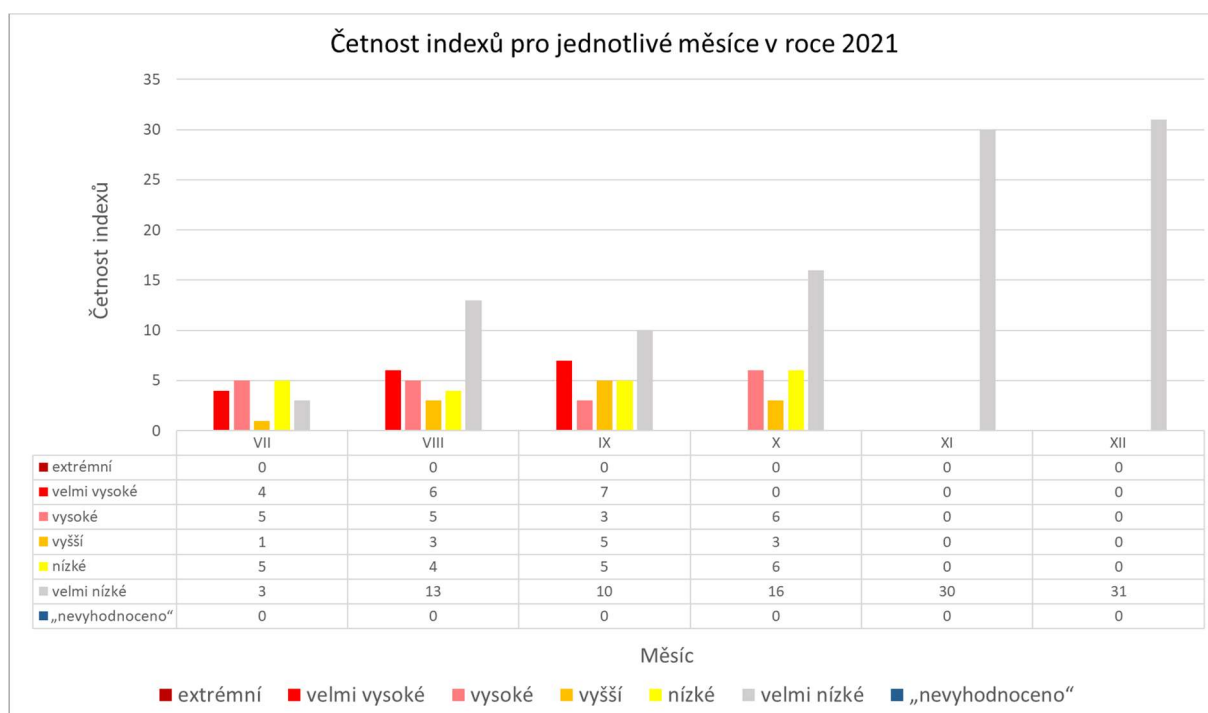


Graf 15 – Četnost indexů po celou dobu měření – Skalní zářez

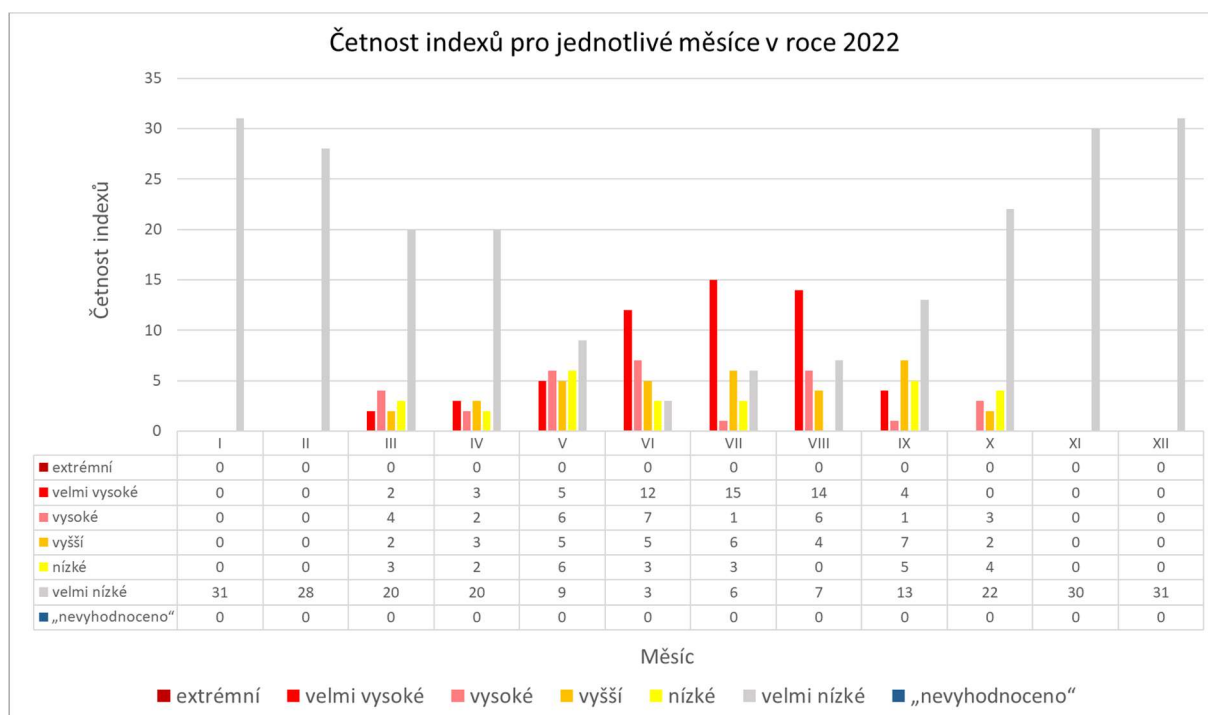
### Závěr

V rámci celého sledování se nepodařilo získat kompletní záznam naměřených hodnot. V tomto časovém období bylo téměř 58 % hodnot nevyhodnoceno z důvodu nefunkčnosti teploměru (viz kapitola 8.1). Zastoupení kategorie **vysoké, vyšší a nízké** je obdobné s ohledem na množství dat. Kategorie **velmi nízké** četností výrazně převyšuje mezi vyhodnocenými daty. Poslední dvě kategorie nebyly zaznamenány.

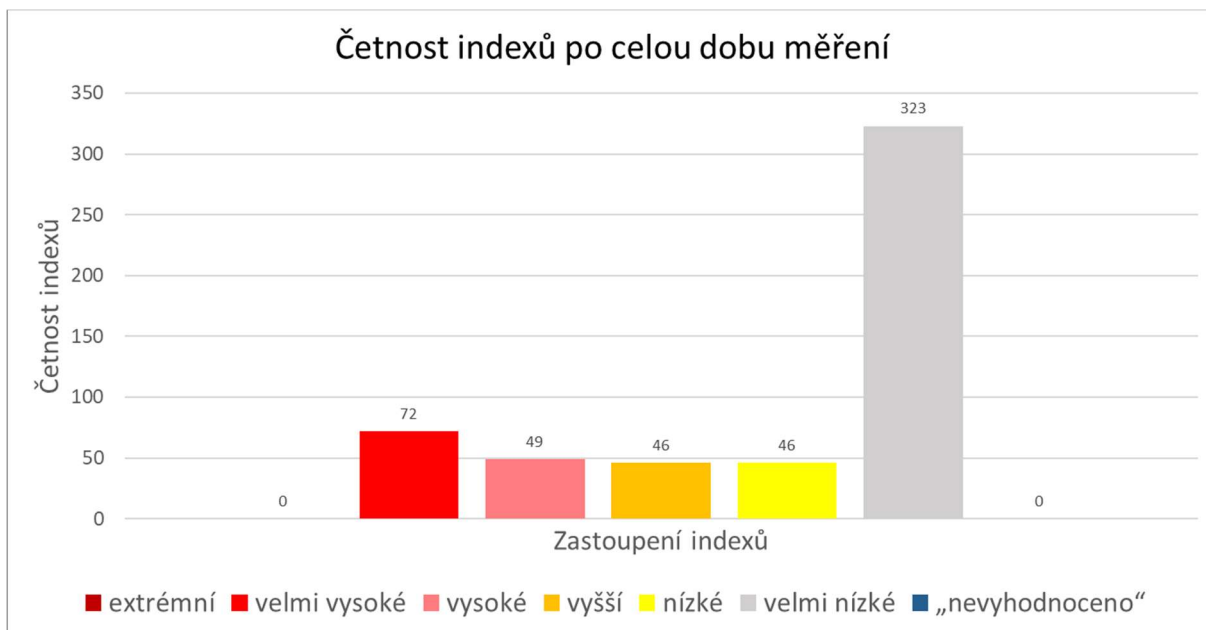
## 7.2.3 Za mostem přes Jizeru



Graf 16 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Za mostem přes Jizeru



Graf 17 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 – Za mostem přes Jizeru

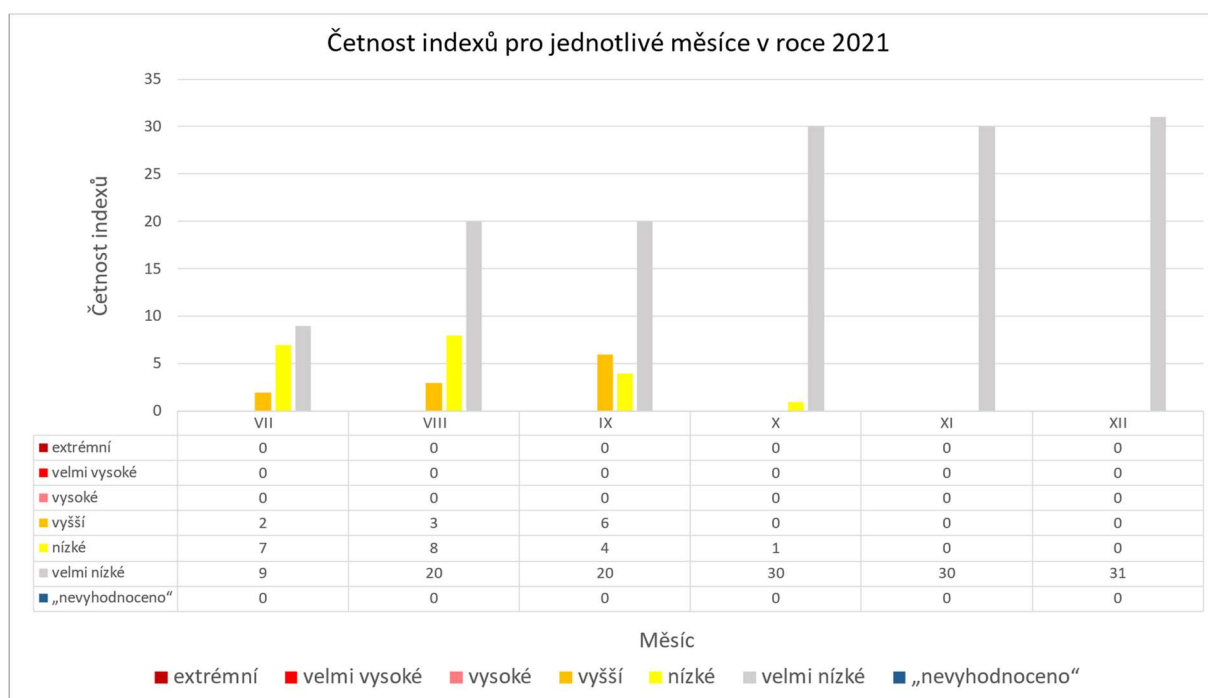


Graf 18 – Četnost indexů po celou dobu měření – Za mostem přes Jizeru

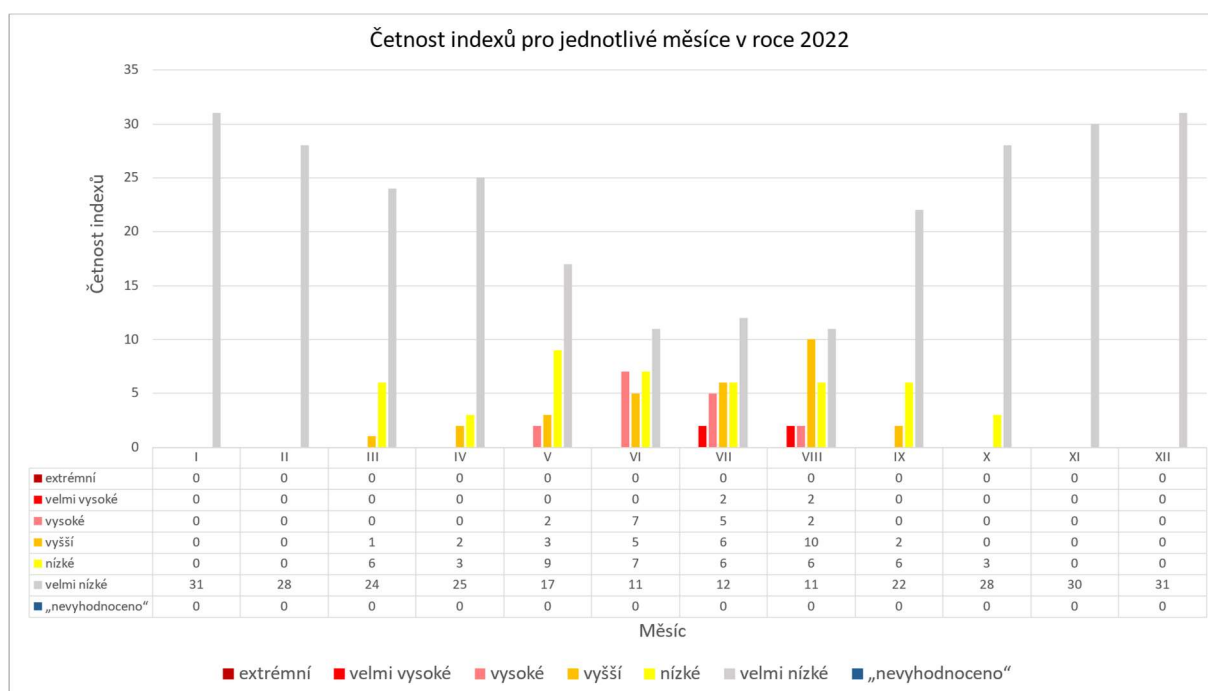
### Závěr

V rámci celého sledování se podařilo získat kompletní záznam naměřených hodnot. V tomto časovém období je obdobné zastoupení kategorie **velmi vysoké, vysoké, vyšší a nízké** s ohledem na množství dat. Kategorie **velmi nízké** četností výrazně převyšuje. Na grafu 17 je vidět, že právě kategorie **velmi nízké** znázorňuje parabolu otevřenou nahoru. Stejně znázornění opačného formátu platí pro kategorii **velmi vysoké**, která znázorňuje parabolu otevřenou dolů. Kategorie **extrémní** nebyla zaznamenána. Hodnocení je tedy obdobné jako u teploměru Zastávka.

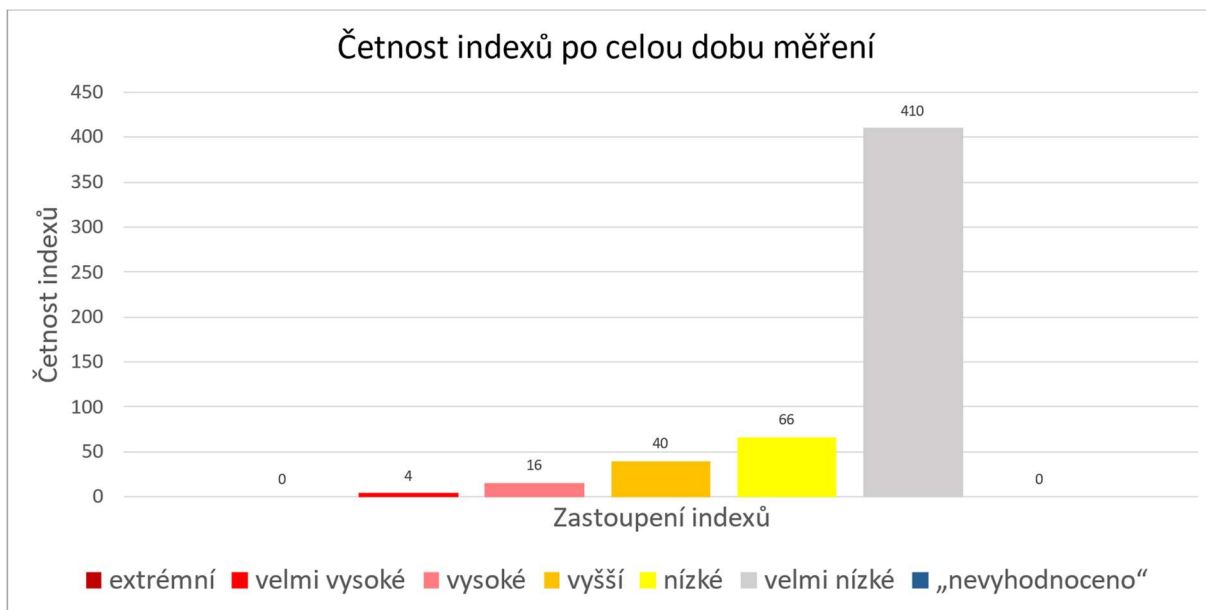
## 7.2.4 Na mostě přes Jizeru



Graf 19 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Na mostě přes Jizeru



Graf 20 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 – Na mostě přes Jizeru

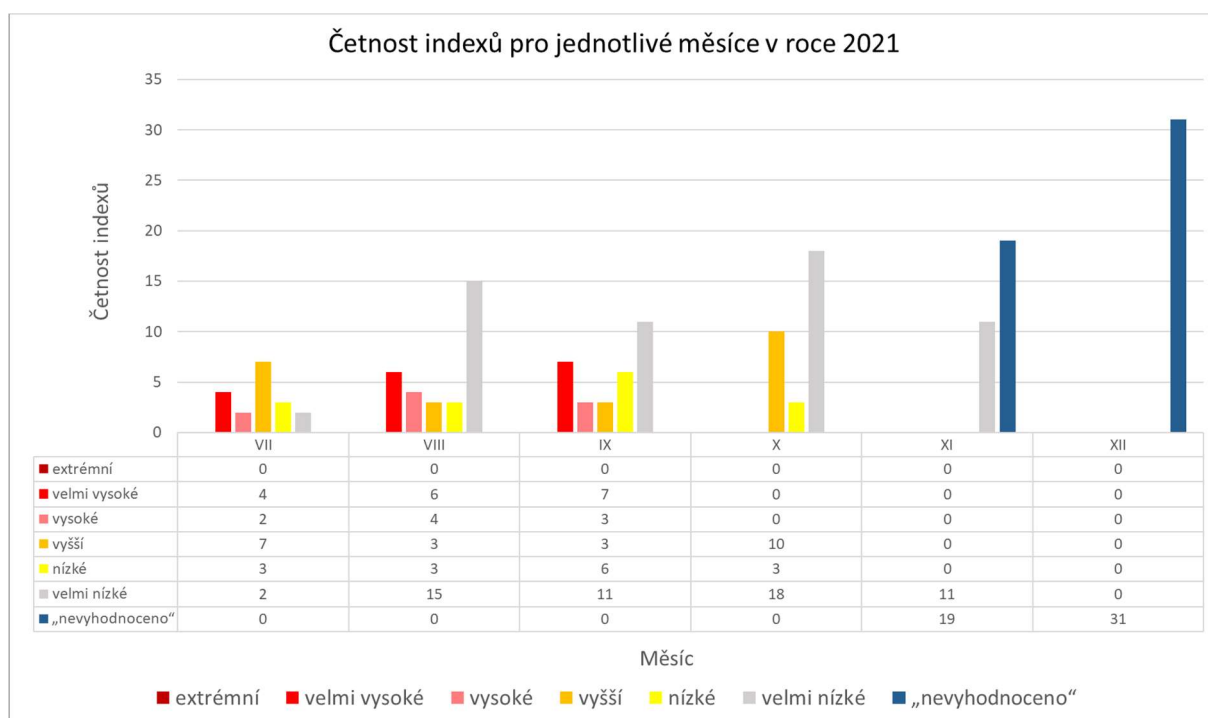


Graf 21 – Četnost indexů po celou dobu měření – Na mostě přes Jizeru

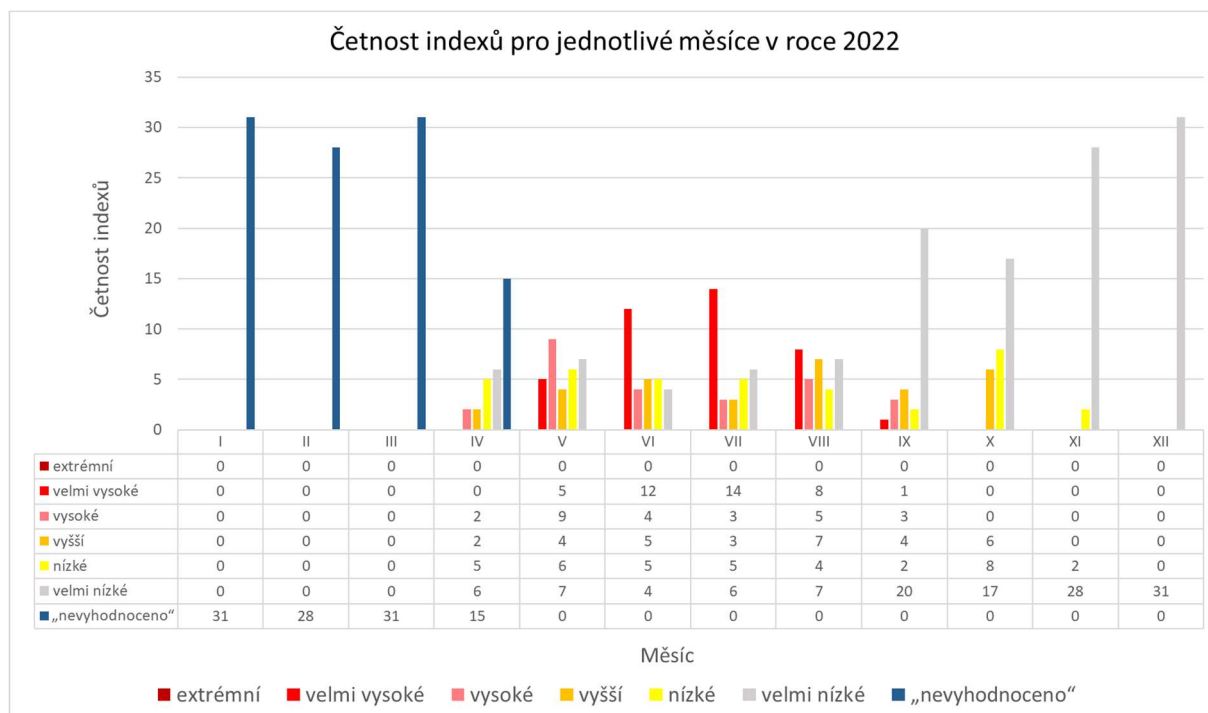
### Závěr

V rámci celého sledování se podařilo získat kompletní záznam naměřených hodnot. V tomto časovém období zastoupením silně převyšuje kategorie **velmi nízké**. Kategorie **nízké** je druhou nejčetnější spolu s kategorií **vyšší**. Kategorie **vysoké a velmi vysoké** se vyskytuje pouze zřídka s ohledem na množství dat. Kategorie **extrémní** nebyla zaznamenána. Při porovnání vyhodnocených indexů sedmého a osmého měsíce v roce 2021 a 2022 lze na grafech 19 a 20 vidět, že v roce 2021 nebyla zaznamenána kategorie **velmi vysoké** na rozdíl od roku 2022, kde se tato kategorie vyskytla čtyřikrát. Dle získaných dat lze konstatovat, že v letních měsících v roce 2022 docházelo k vyššímu zatížení kolejnic vlivem teploty. Výsledky jsou ovlivněny řekou tekoucí pod mostem a obecným faktem, že mostní objekty jsou ochlazovány a promrzají.

## 7.2.5 Před mostem přes Jizeru

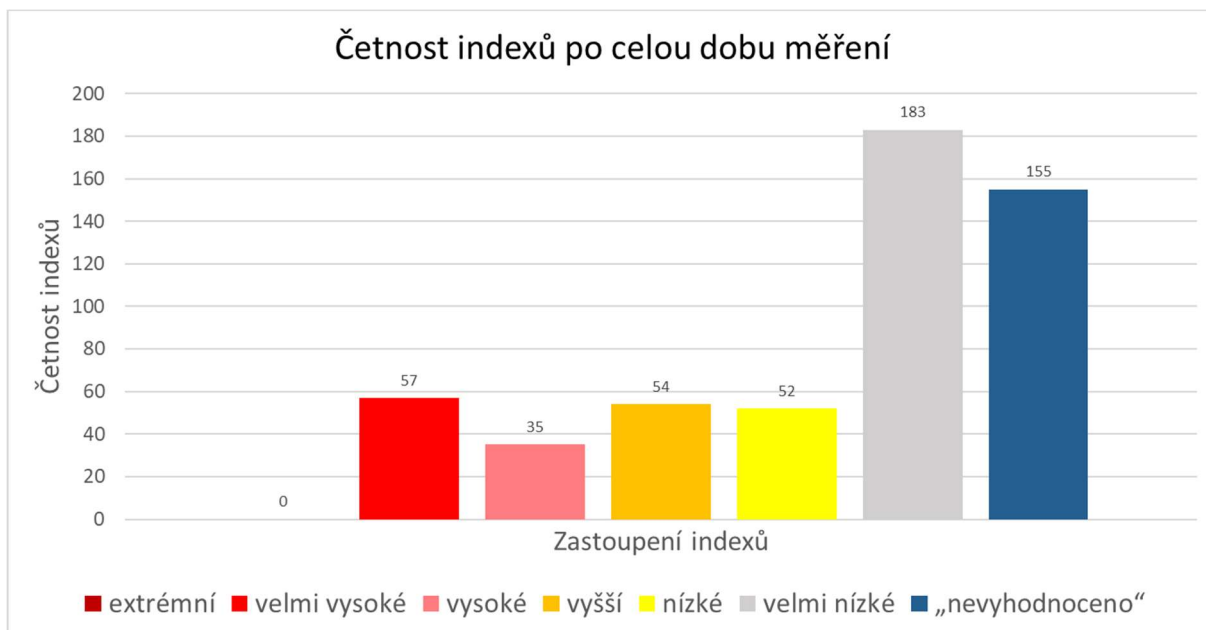


Graf 22 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Před mostem přes Jizeru



Graf 23 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 – Před mostem přes Jizeru





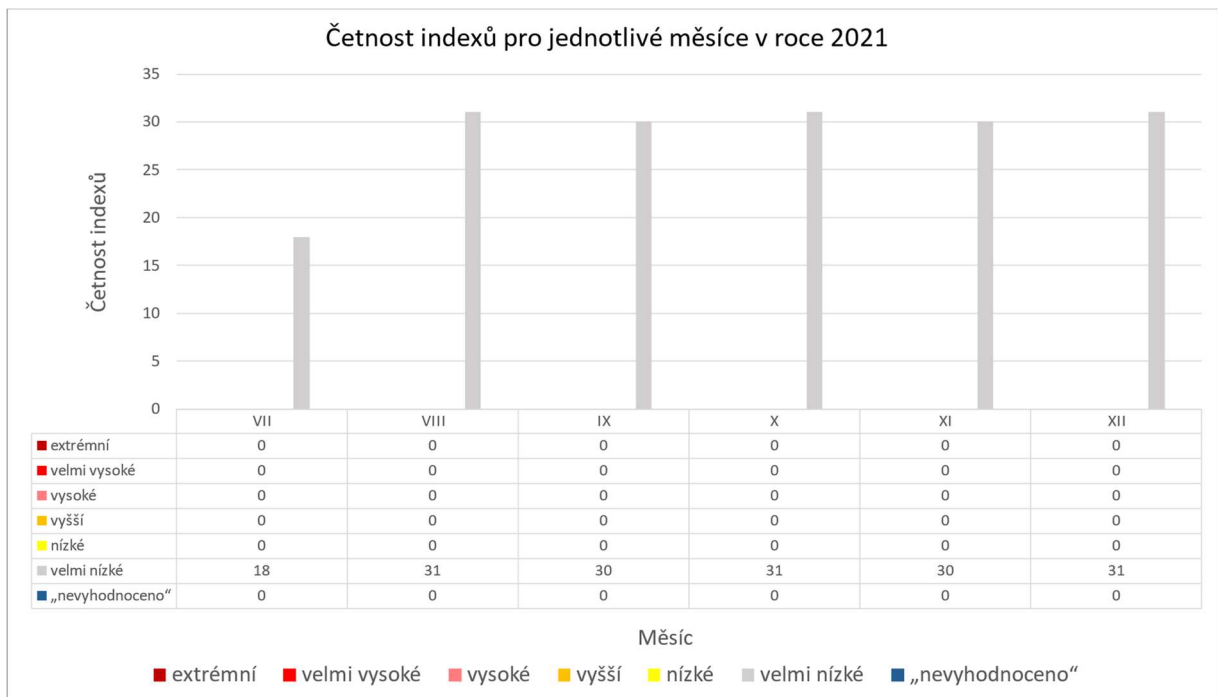
Graf 24 – Četnost indexů po celou dobu měření – Před mostem přes Jizeru

### Závěr

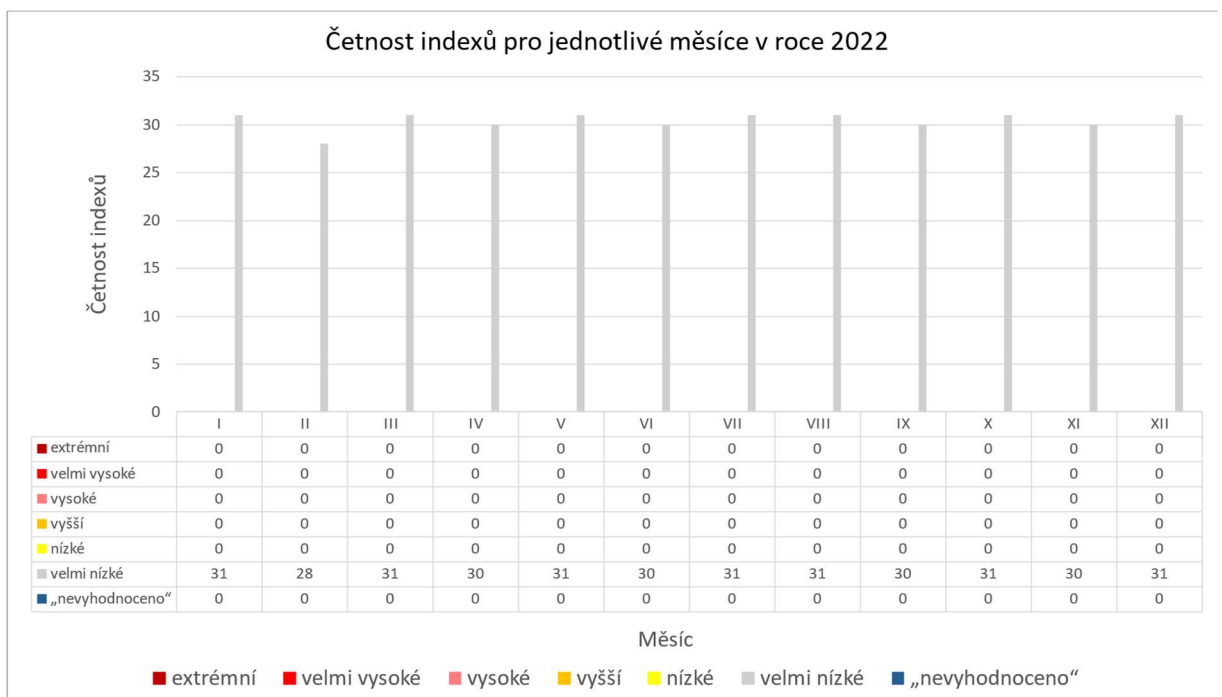
V rámci celého sledování se nepodařilo získat kompletní záznam naměřených hodnot. V tomto časovém období je téměř 29 % hodnot nevyhodnoceno z důvodu nefunkčnosti teploměru. Zastoupení kategorie **velmi vysoké**, **vyšší** a **nízké** je obdobné s ohledem na množství dat. Kategorie **velmi nízké** četností výrazně převyšuje a kategorie **vysoké** byla vyhodnocena s nejnižší četností. Kategorie **extrémní** nebyla zaznamenána.

Autor bakalářské práce se domnívá, že v případě funkčnosti teploměru by bylo hodnocení „obdobné“ jako na teploměru Za mostem přes Jizeru, jelikož umístění a vliv klimatických podmínek je téměř totožné.

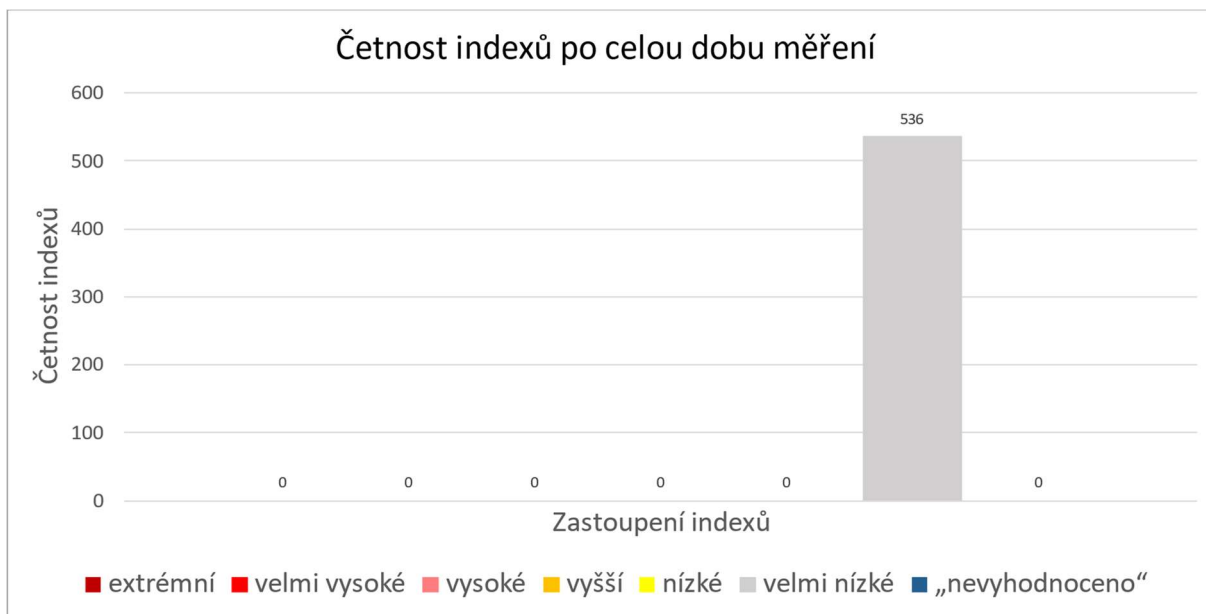
## 7.2.6 Polubenský tunel



Graf 25 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Polubenský tunel



Graf 26 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 – Polubenský tunel



Graf 27 – Četnost indexů po celou dobu měření – Polubenský tunel

### Závěr

V rámci celého sledování se podařilo získat kompletní záznam naměřených hodnot. Po celou dobu měření nebyl zaznamenán pouze index v kategorii **velmi nízké**. Tyto výsledky byly předem očekávány, jelikož teploměr je umístěn v tunelu cca 50 metrů hluboko, kde po celou dobu měření nedochází ke slunečnímu svitu, ani k ovlivňování od jiných klimatických vlivů. V této lokalitě tedy dochází k minimálnímu napětí kolejnice vlivem teploty.

### 7.3 Stanovení teplotního gradientu teplotního cyklu kolejnice

Teploměry snímaly po celou dobu sledování hodnoty v hodinových cyklech. Teplotní gradient na bezстыkové koleji byl tedy vyhodnocen mezi jednotlivými cykly. Na základě dosud provedených experimentálních činností lze konstatovat, že sklony maximálních teplotních gradientů jsou shodné v jednotlivých hodinách. Pro stoupající maximální teplotní gradient je relevantní rozmezí mezi 10. a 11. hodinou dopolední a pro klesající maximální teplotní gradient je relevantní 17. hodina odpolední. Ve kterém dni, měsíci nebo období je teplotní gradient nejvyšší, nelze vyhodnotit. Nejvyšší hodnoty maximálního teplotního gradientu byly vyhodnoceny na teploměrech, kde je kolejnice vystavena přímému slunečnímu svitu a teploměry nejsou ovlivňovány dalšími aspekty, jako je ochlazování řekou nebo stinným místem. Podle očekávání byla nejnižší vyhodnocená hodnota v Polubenském tunelu, a to pouze 1,5 °C. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou maximálního teplotního gradientu je 16,2 °C, což je teplota, která se výrazně projeví na napjatosti kolejnice. Výsledky jsou znázorněny v tabulce 6.

Minimální teplotní gradient byl mnohokrát vyhodnocen jako 0 °C po celou dobu měření. Nulový teplotní gradient byl zaznamenán tehdy, když se teplota během jednoho cyklu nezměnila. Tento průběh se vyskytoval především v nočních hodinách a zimním období.

Průměrný teplotní gradient je přímo úměrný maximálnímu teplotnímu gradientu na všech teploměrech, vyjma teploměru Skalní zářez. Zde byl výsledek ovlivněn získáním malého počtu dat. Obecně lze konstatovat, že průměrný teplotní gradient je v intervalu <0,5; 1,5> °C. Výsledky jsou znázorněny v tabulce 7.

Tabulka 6 – Přehled maximálních teplotních gradientů teplotního cyklu kolejnice v lokalitě Harrachov

název teploměru	teplotní gradient [°C]	datum a čas	sklon
Zastávka	12,5	03. 08. 2021 16:30 - 17:30	klesající
Skalní zářez	9,5	30. 07. 2021 10:30 - 11:30 03. 08. 2021 10:30 - 11:30	stoupající
Za mostem přes Jizeru	17,7	30. 08. 2022 09:30 - 10:30	stoupající
Na mostě přes Jizeru	10,7	23. 03. 2023 09:30 - 10:30	stoupající
Před mostem přes Jizeru	13,2	09. 10. 2021 19:30 - 10:30	stoupající
Polubenský tunel	1,5	18. 12. 2022 16:30 - 17:30	klesající

Tabulka 7 – Přehled průměrných teplotních gradientů teplotního cyklu kolejnice v lokalitě Harrachov

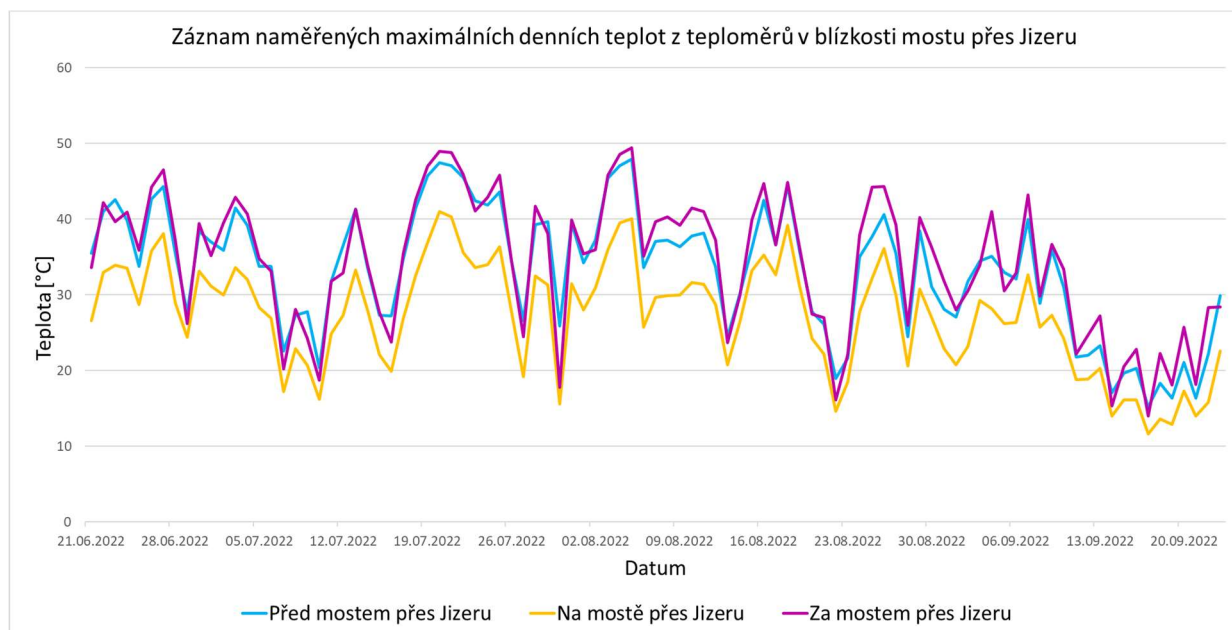
název teploměru	průměrný hodinový gradient
Zastávka	1,07
Skalní zářez	0,5
Za mostem přes Jizeru	1,47
Na mostě přes Jizeru	1,03
Před mostem přes Jizeru	1,41
Polubenský tunel	0,12

## 7.4 Porovnání hodnot – zajímavosti z lokality

### 7.4.1 V okolí mostu

Porovnání hodnot na teploměrech v blízkosti řeky Jizery bylo vyhodnoceno v letním období v roce 2022. Konkrétně se jednalo o teploměry: Před mostem přes Jizeru, Na mostě přes Jizeru, Za mostem přes Jizeru. Na grafu 28 je vidět, že teploty před mostem a za mostem jsou v těsné blízkosti, kdežto teploty na mostě jsou výrazně nižší. Důvody nižších teplot na mostě přes Jizeru jsou větší proudění vzduchu na mostě a ochlazování teploměru tekoucí řekou pod mostem.

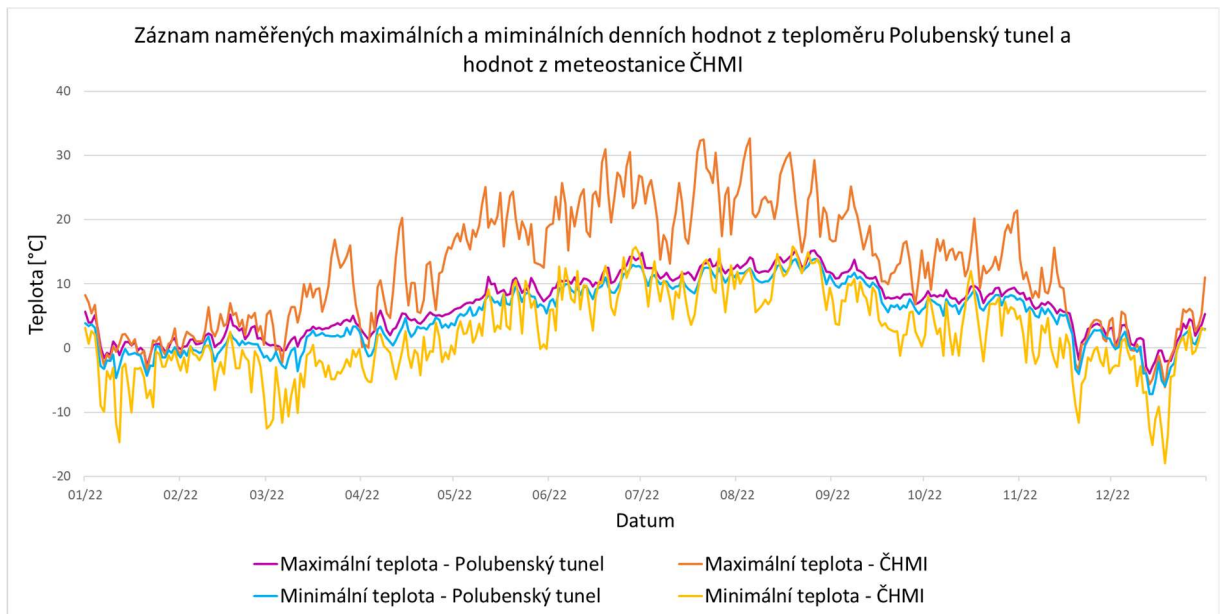
Predikci rozdílu hodnot v této lokalitě autor bakalářské práce předpokládal již před samotným sledováním. Teploměry v této lokalitě byly doporučeny pro ověření skutečnosti, která se dle výsledku sledování potvrdila.



Graf 28 – Porovnání naměřených maximálních denních teplot z teploměrů v blízkosti mostu přes Jizeru v letním období 2022

#### 7.4.2 Polubenský tunel

Naměřené hodnoty z teploměru v Polubenském tunelu byly porovnány s hodnotami z ČHMI v intervalu 12 měsíců. Konkrétně po celý rok 2022. Na grafu jsou znázorněny maximální a minimální denní hodnoty z teploměru v Polubenském tunelu i z meteostanice Harrachov. Dne 19. 07. 2022 byl zaznamenán na meteostanici ČHMI největší rozptyl hodnot, který činil 22,1 °C. V tento stejný den byl na teploměru v Polubenském tunelu zaznamenán rozptyl pouhé 2 °C. Naopak dne 12. 12. 2022 byl zaznamenán největší rozptyl hodnot na teploměru v Polubenském tunelu, který činil 5,3 °C. V tento stejný den byl na meteostanici zaznamenán rozptyl pouhé 2,9 °C. Graf 29 potvrdil skutečnost menšího ovlivnění teplot klimatickými vlivy, jelikož je teploměr na stinném krytém místě, které není vystaveno slunečnímu svitu, větru, sněhu a dalším klimatickým vlivům. Hodnoty v Polubenském tunelu nejsou výrazně ovlivněny denními teplotními extrémy. Proto je na křivkách v grafu zřejmé, že hodnoty z meteostanice Harrachov vykreslují výraznější píky, než hodnoty z teploměru v Polubenském tunelu. Rozptyl denních teplot v Polubenském tunelu je po celý rok téměř konstantní a výrazně menší, než rozptyl denních hodnot z meteostanice Harrachov.



Graf 29 – Porovnání hodnot denních extrémů z teploměru Polubenský tunel a hodnot z meteostanice ČHMI

## 8. Vyhodnocení experimentální části pro lokalitu Hradec Králové

Hradec Králové je statutárním městem nacházejícím se v Královéhradeckém kraji na východě Čech. Leží na soutoku řek Labe a Orlice ve výšce 235 m. n. m. Na přelomu 18. a 19. století město sloužilo jako vojenská pevnost. Urbanistický rozvoj města dosáhl rozkvětu na začátku 20. století. Josef Gočár a Jan Kotěra byli hlavními architekty, kteří se podíleli na rozvoji města. Hlavními dominantami tohoto města jsou katedrála sv. Ducha a Bílá věž. Aktuálně zde žije přibližně 91 tisíc obyvatel.



Obrázek 23 – Přehledová mapa osazených teploměrů v lokalitě Hradec Králové [25]

Tabulka 8 – Souhrnná tabulka pro lokalitu Hradec Králové

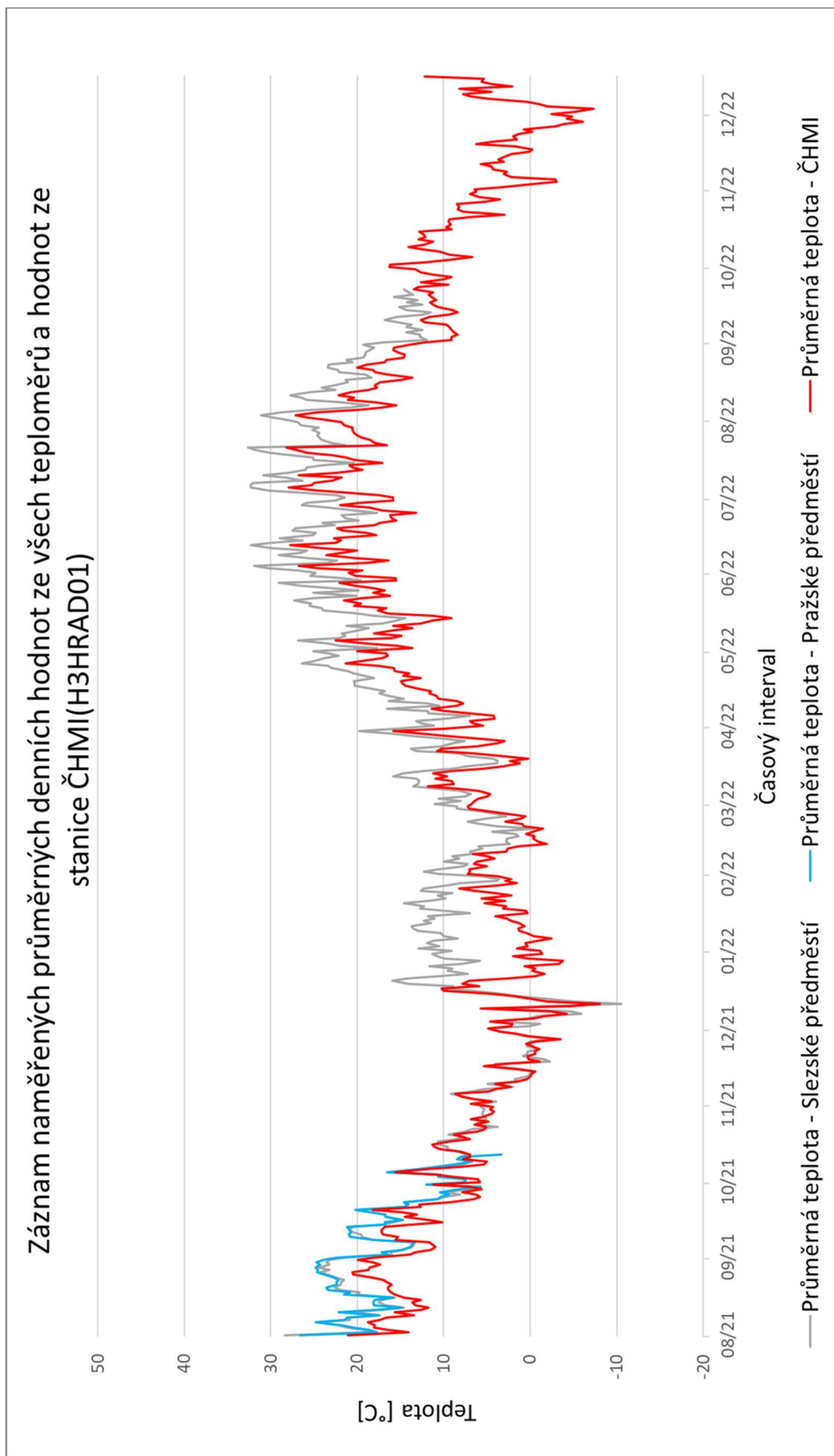
název teploměru	číslo teploměru	$t_{\max}$ [°C]	datum záznamu $t_{\max}$	$t_{\min}$ [°C]	datum záznamu $t_{\min}$	korelační koeficient
Slezské předměstí	1	49,4	21. 07. 2022	-13,4	26. 12. 2021	0,95
Pražské předměstí	2	41	14. 09. 2021	-2	24. 10. 2021	0,97

V této lokalitě probíhalo **dlouhodobé** sledování hodnot v období 17 měsíců. Jelikož teploměry nebyly připevněny ve stejném dni, společný záznam hodnot vyhodnocujeme ode dne připevnění druhého z teploměrů, tedy od 16. 08. 2022 do 31. 12. 2022. Připevněny byly celkem 2 teploměry. Na počátku měření byly připevněny oba teploměry modelu ETAG-1, které jsou znázorněny červenou barvou v obrázku 23 a byly doporučeny SŽ. V tomto časovém intervalu se nepodařilo zaznamenat kompletní záznam hodnot **ani na jednom** z teploměrů. Teploměr na Slezském předměstí byl připevněn 16. 8. 2021 a přestal odečítat hodnoty v den kdy autor prováděl odečet hodnot. Konkrétně dne 7. 10. 2022. Nefunkčnost teploměru byla tedy zachycena až při dalším odečtu v březnu roku 2023 a byla pravděpodobně ovlivněna právě samotným odečtem. Autor bakalářské práce se domnívá, že odečtem byl z neznámých důvodů zrušen prepis hodnot. Z kapacitních důvodů nezaznamenal žádnou další hodnotu. Teploměr na Pražském předměstí byl připevněn 13. 7. 2021. Poslední použitá hodnota k vyhodnocení byla dne 27. 10. 2021, kdy proběhl první odečet na tomto teploměru. Při následujícím odečtu bylo zjištěno, že v průběhu sledování došlo k poruše teploměru. Interval odečtu hodnot se prodloužil z jedné hodiny na 4 hodiny a 45 minut. Autor bakalářské práce se domnívá, že odečtem byl z neznámých důvodů změněn interval snímání hodnot. Tento teploměr byl vícekrát nahrazen teploměrem novějšího modelu TI-1S, ale i přesto se nepodařilo získat další naměřené hodnoty. Teploměr snímal hodnoty v intervalu jedné hodiny, ale nezaznamenával je. V hlavičce záznamu byl pouze viditelný počet sejmutých hodnot. Nefunkčnost teploměrů modelu TI-1S je tedy shodná jako v lokalitě Harrachov.

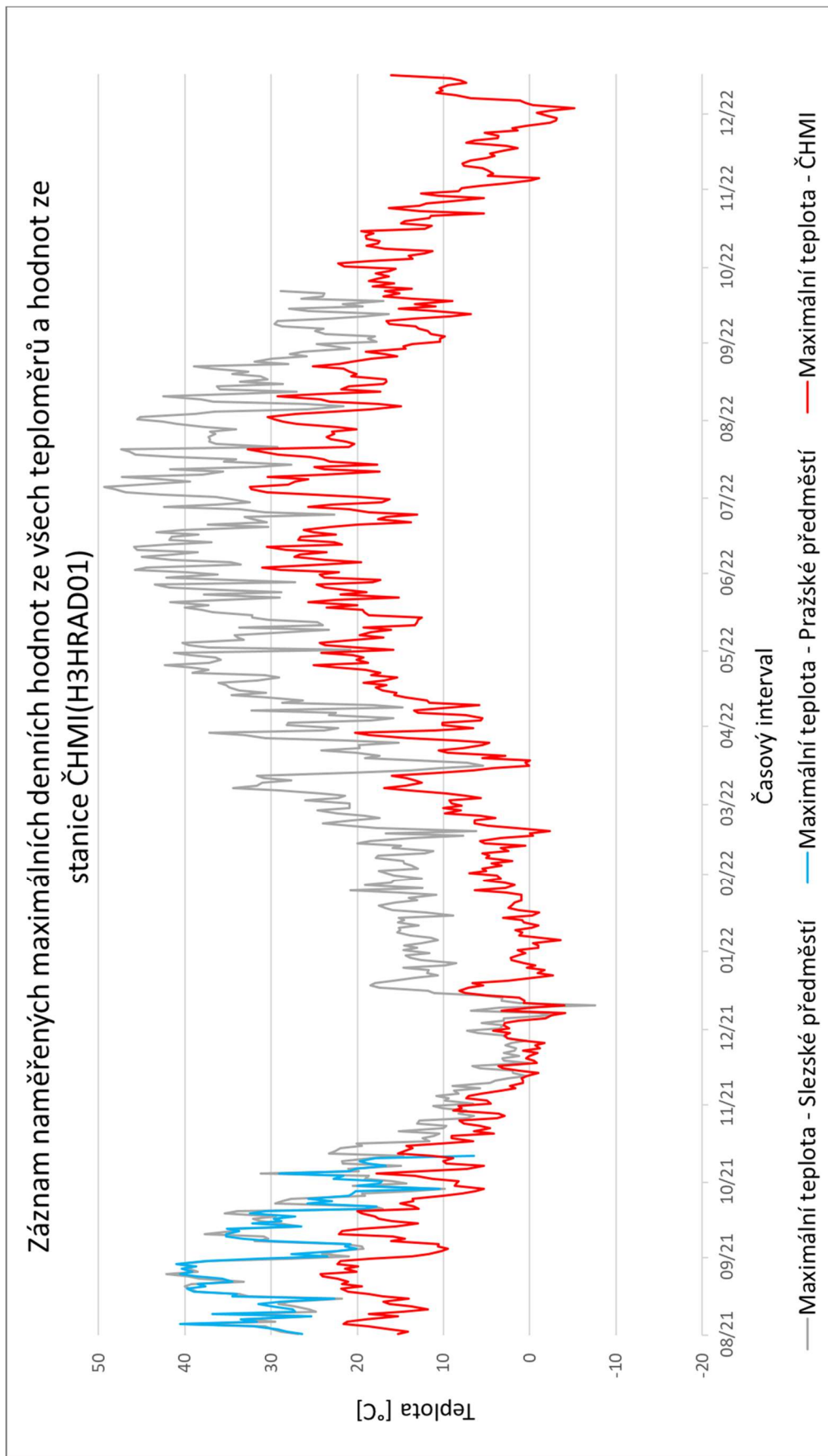
## **8.1 Porovnání naměřených hodnot s hodnotami z meteostanic ČHMI**

Záznam hodnot z jednotlivých teploměrů byl porovnán s hodnotami z ČHMI. Tento krok byl zvolen pro sledování funkčnosti teploměrů a pro sledování vzájemné závislosti, kterou udává korelační koeficient (viz tabulka 8). Od počátku bylo zřejmé, že naměřené hodnoty nebudou dokonale kopírovat křivku hodnot z ČHMI, ale budou se pohybovat v její blízkosti. Rozptyl naměřených hodnot z teploměrů vůči hodnotám z ČHMI je závislý na konkrétní lokalitě. Každá lokalita je jinak ovlivněna klimatickými vlivy, a proto se křivky liší (viz obrázky 30, 31 a 32). Na grafech 30 až 34 lze vidět, že křivka naměřených hodnot **není vykreslena** po celé časové ose, což je způsobeno ztrátou dat z důvodu nefunkčnosti teploměru.

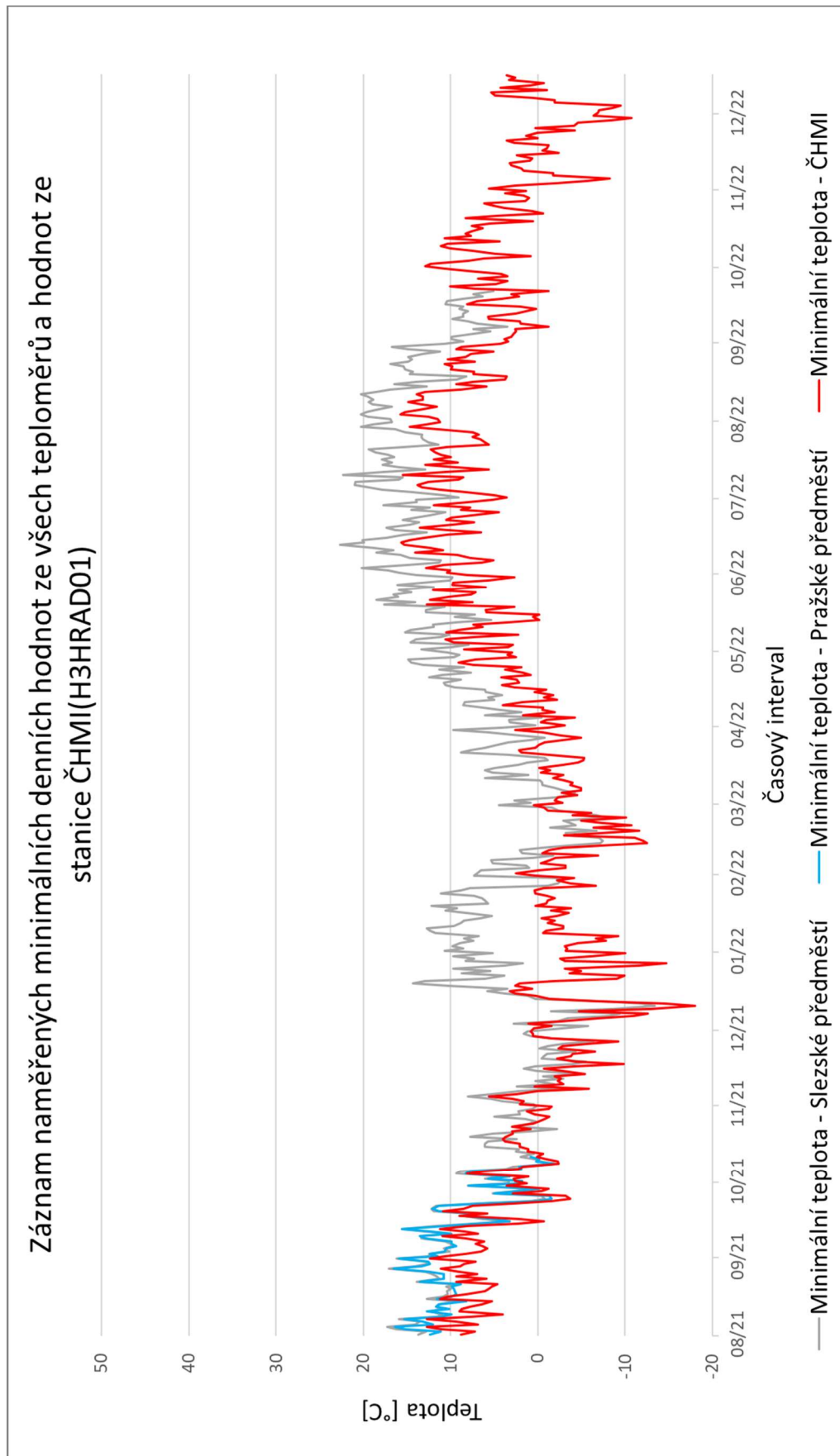




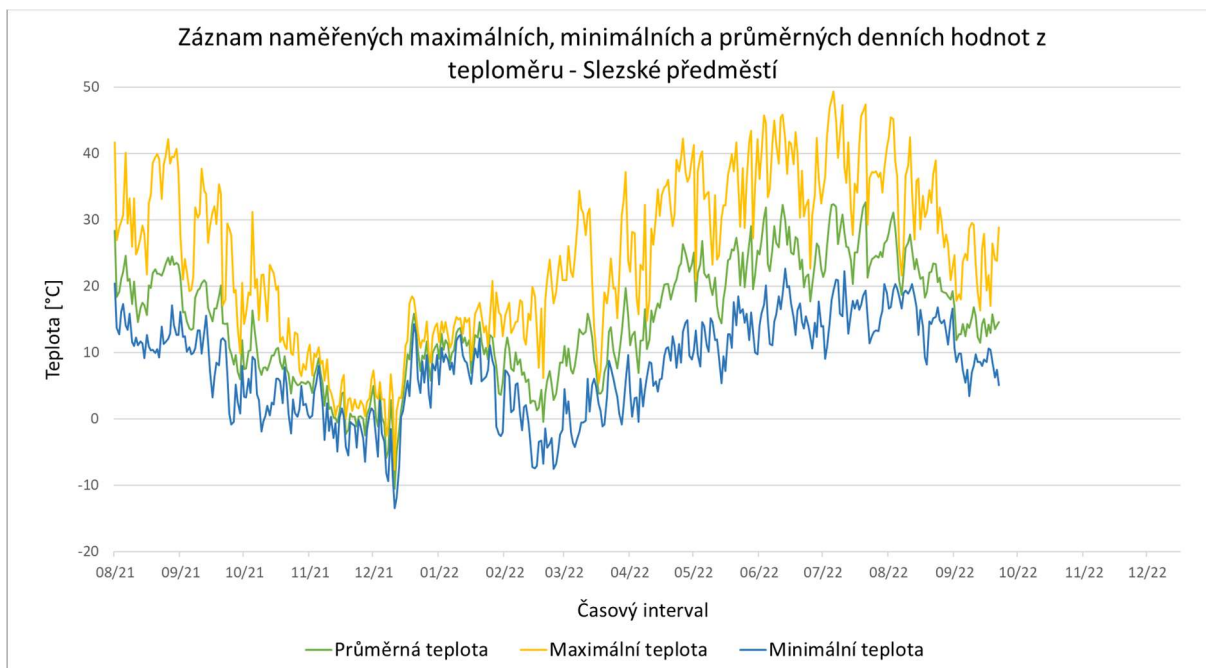
Graf 30 – Porovnání průměrných naměřených denních hodnot ze všech teploměrů v lokalitě Hradec Králové a meteorostanice ČHMI



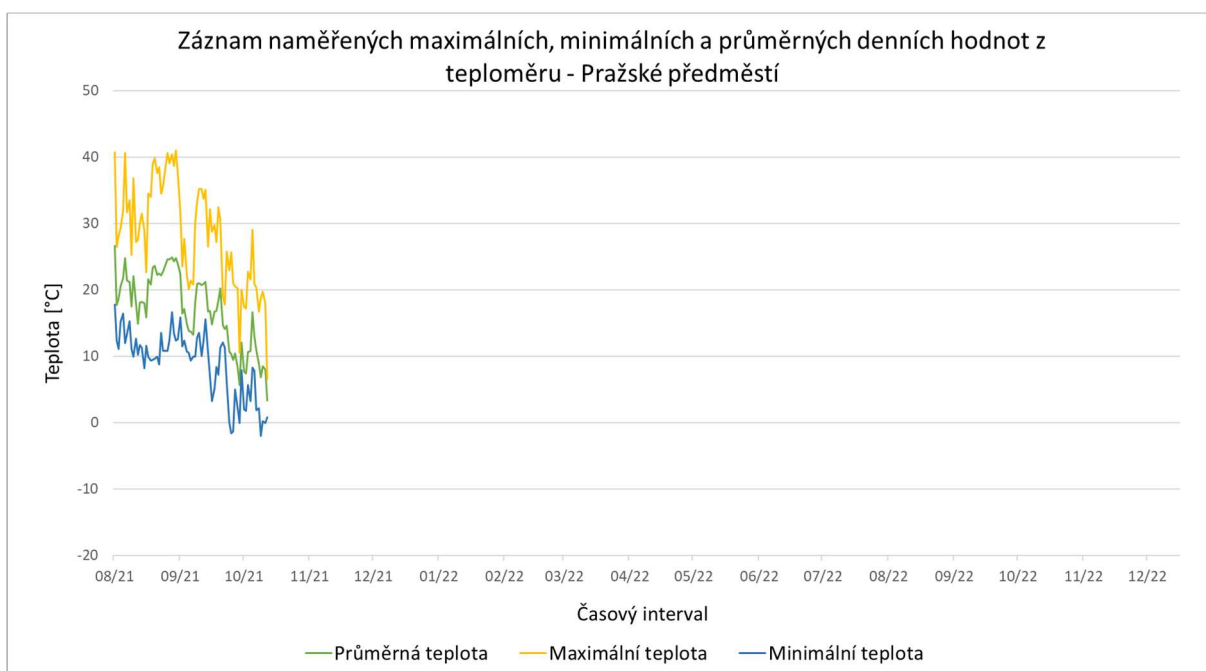
Graf 31 – Porovnání maximálních naměřených denních hodnot ze všech teploměrů v lokalitě Hradec Králové a meteorostanice ČHMI



Graf 31 – Porovnání minimálních naměřených denních hodnot ze všech teploměrů v lokalitě Hradec Králové a meteorostanice ČHMI



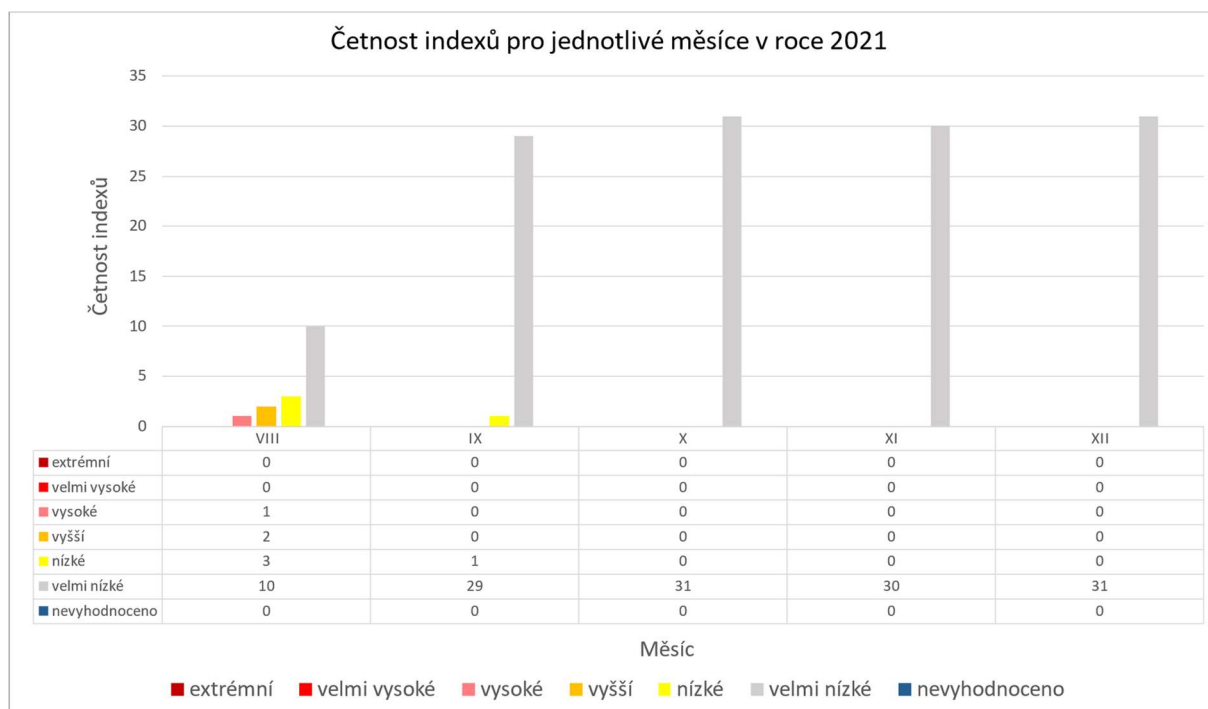
Graf 32 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Slezské předměstí



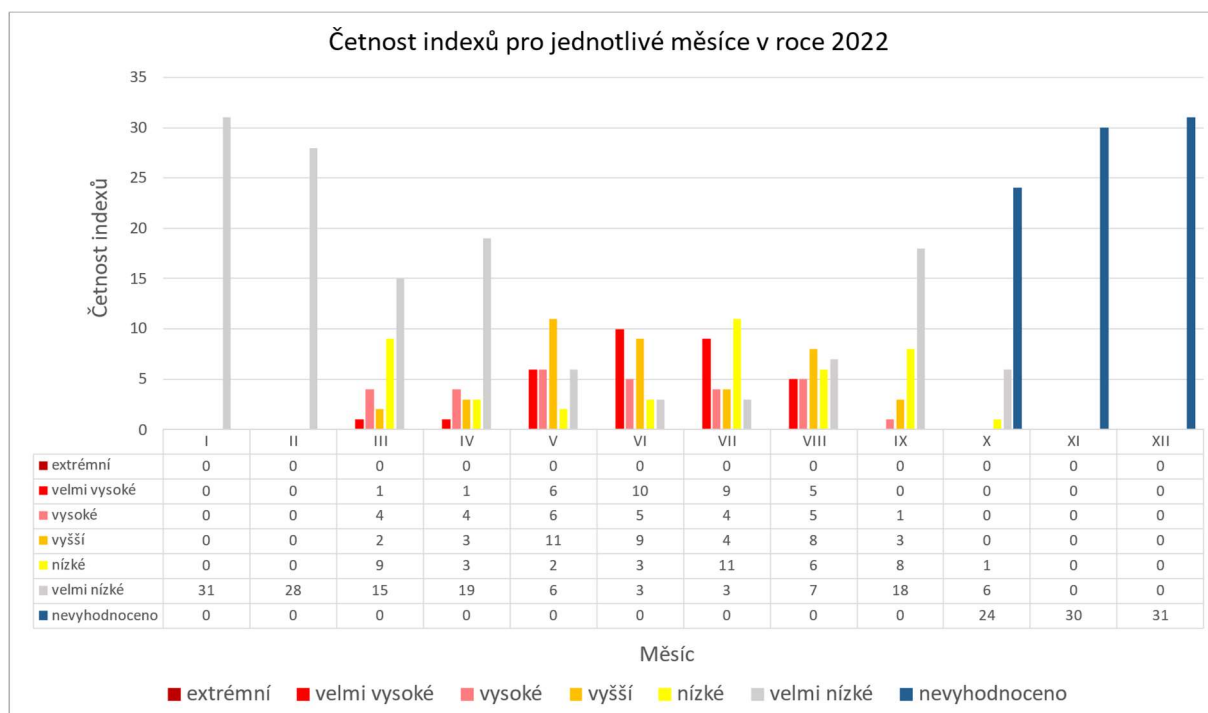
Graf 33 – Záznam naměřených maximálních, minimálních a průměrných denních hodnot z teploměru – Pražské předměstí

V této lokalitě se autor bakalářské práce neseťkal s neobvyklým ovlivněním hodnot klimatickými vlivy ani s jinou poruchou teploměru, která by vedla ke zkreslení vyhodnocovaných dat. V případě poruch teploměrů se jednalo o absolutní nefunkčnost, tedy zastavení snímání hodnot.

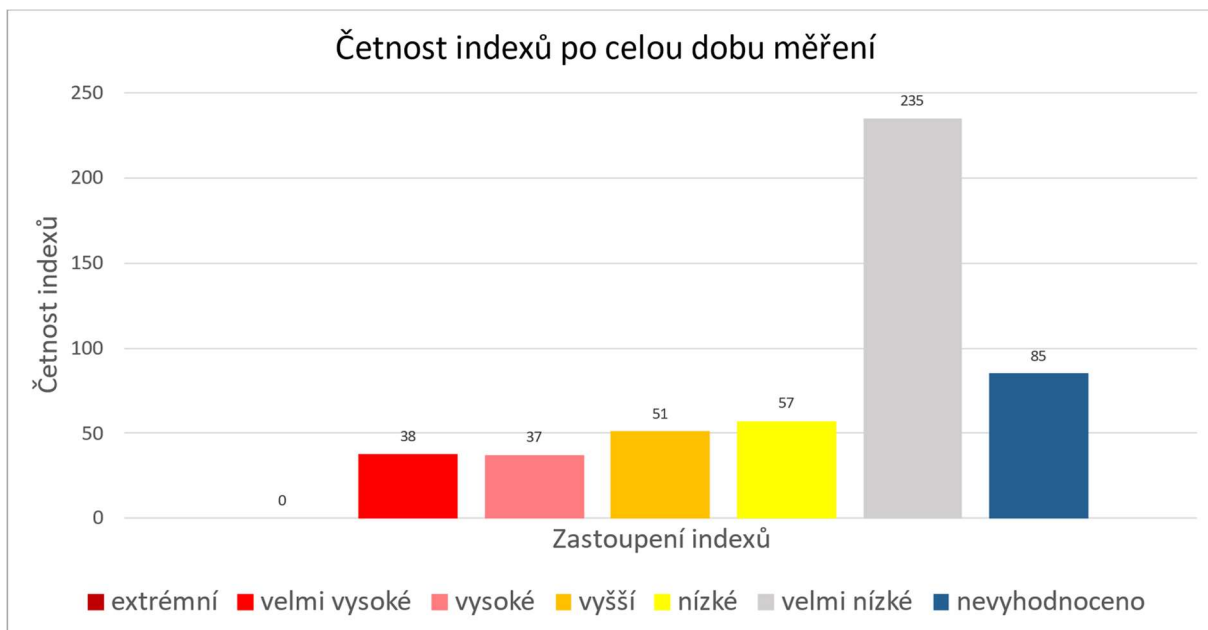
## 8.1.1 Slezské předměstí



Graf 34 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Slezské předměstí



Graf 35 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 – Slezské předměstí

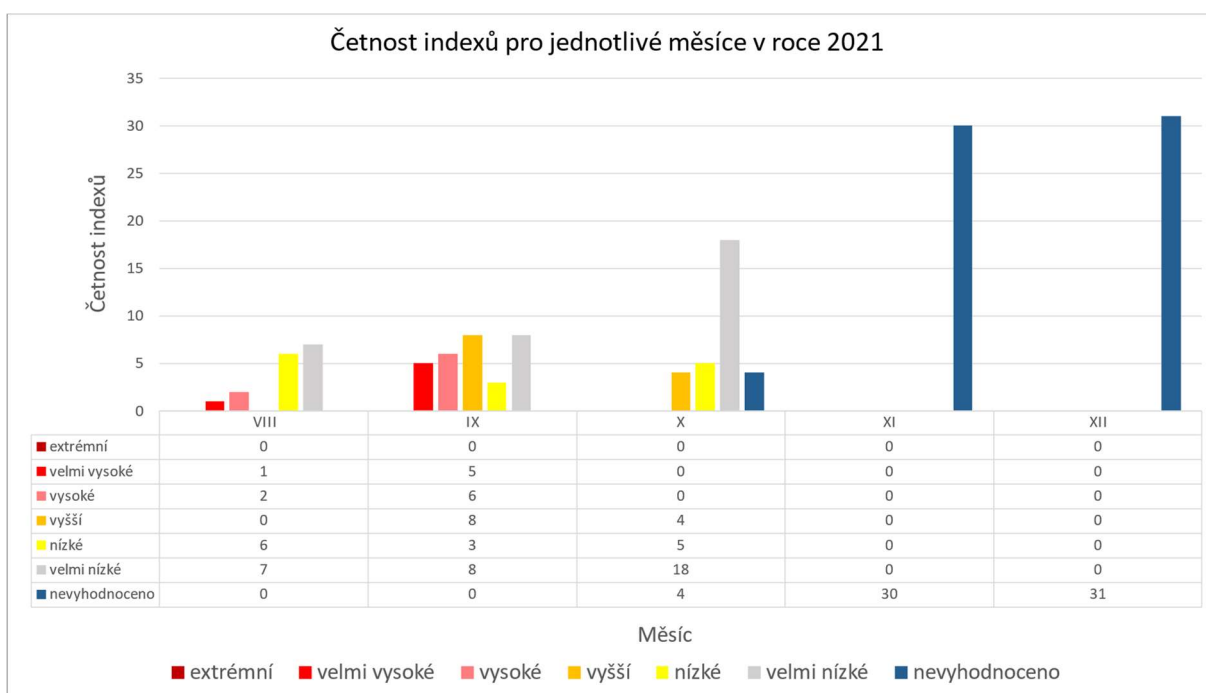


Graf 36 – Četnost indexů po celou dobu měření – Slezské předměstí

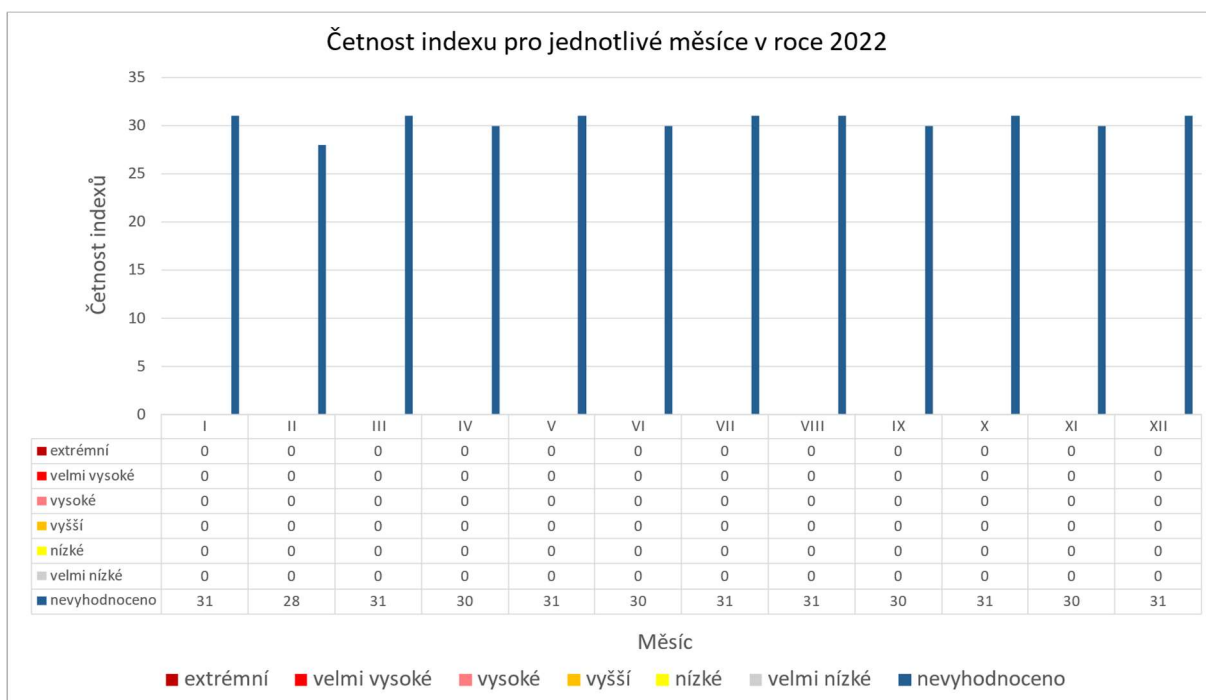
### Závěr

V rámci celého sledování se nepodařilo získat kompletní záznam naměřených hodnot. V tomto časovém období je téměř 17 % hodnot nevyhodnoceno z důvodu nefunkčnosti teploměru. Zastoupení kategorií **vyšší a nízké** četností nepatrně přesahuje kategorie **velmi vysoké a vysoké**. Kategorie **velmi nízké** četností výrazně převyšuje ostatní kategorie. Autor bakalářské práce se domnívá, že v období nefunkčnosti teploměru by byla zaznamenána pouze kategorie **velmi nízké** s ohledem na roční období, vyhodnocení předchozího roku i vyhodnocení dat z jiných teploměrů.

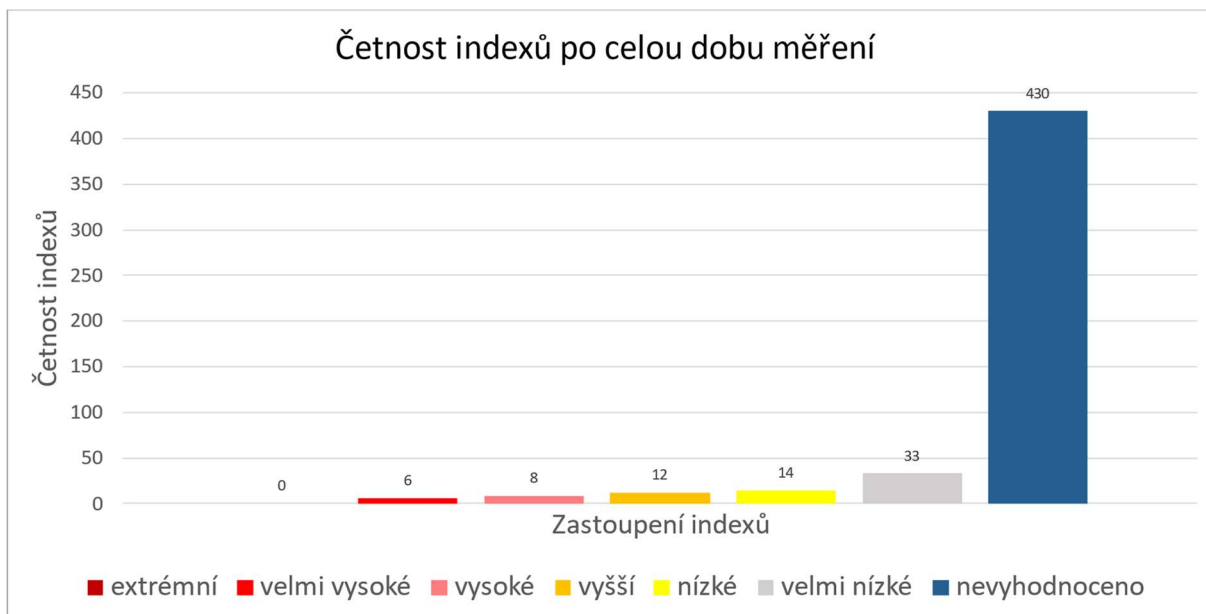
## 8.1.2 Pražské předměstí



Graf 37 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2021 – Pražské předměstí



Graf 38 – Četnost indexů pro jednotlivé měsíce v roce 2022 – Pražské předměstí



Graf 39 – Četnost indexů po celou dobu měření – Pražské předměstí

### Závěr

Z hlediska nedostatečného množství získaných dat, pouze 15 % ze všech předpokládaných dat, lze pouze konstatovat, že ve shodném časovém intervalu jsou častěji vyhodnoceny kategorie indexů s vyšším tepelným zatížením na tomto teploměru v porovnání s teploměrem Slezské předměstí.

## 8.2 Teplotní gradient

Teploměry snímaly po celou dobu sledování hodnoty v hodinových cyklech. Teplotní gradient na bezстыkové koleji byl tedy vyhodnocen mezi jednotlivými cykly. Na základě dosud provedených experimentálních činností nelze konstatovat v jaké hodině, dni nebo měsíci je teplotní gradient nejvyšší. Rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší hodnotou maximálního teplotního gradientu je 1,9 °C, což lze považovat z hlediska napjatosti kolejnice za shodné. Výsledky jsou znázorněny v tabulce 9.

Minimální teplotní gradient byl nespočetněkrát vyhodnocen jako 0 °C po celou dobu měření. Nulový teplotní gradient byl zaznamenán tehdy, když se teplota během jednoho cyklu nezměnila. Tento průběh se vyskytoval především v nočních hodinách a v zimním období.

Průměrný teplotní gradient je výrazně ovlivněn nekompletním záznamem naměřených dat. Teploměr Pražské předměstí nemá žádný záznam ze zimního období, kde jsou teplotní gradienty nižší oproti letnímu období. Obecně lze konstatovat, že průměrný teplotní gradient je v intervalu <1,4; 1,7> °C. Výsledky jsou znázorněny v tabulce 10.



Tabulka 9 – Přehled maximálních teplotních gradientů teplotního cyklu kolejnice v lokalitě Hradec Králové

<b>název teploměru</b>	<b>teplotní gradient [°C]</b>	<b>datum a čas</b>	<b>sklon</b>
Slezské předměstí	12,1	01. 07. 2022 13:30 - 14:30	klesající
Pražské předměstí	10,2	09. 10. 2021 08:30 - 09:30	stoupající

Tabulka 10 – Přehled průměrných teplotních gradientů teplotního cyklu kolejnice v lokalitě Hradec Králové

<b>název teploměru</b>	<b>průměrný hodinový gradient</b>
Slezské předměstí	1,39
Pražské předměstí	1,68

## ZÁVĚR

Hlavním cílem experimentu bylo stanovení indexu tepelného zatížení kolejnic a stanovení teplotního gradientu teplotního cyklu kolejnic v lokalitě Hradec Králové a Harrachov. Mezi další vyhodnocované výsledky se řadil korelační koeficient a porovnání naměřených hodnot jednotlivých teploměrů s hodnotami z meteostanice ČHMI.

Data z meteostanic ČHMI byla považována za referenční hodnoty při zkoumání nefunkčnosti teploměrů i při vyhodnocení korelačního koeficientu. Veškeré naměřené hodnoty pochází z teploměrů staršího modelu ETAG-1, který autor bakalářské práce považuje za praktičtější a spolehlivější. Novější model teploměrů TI-1S se v těchto lokalitách projevil jako absolutně nefunkční. V hlavičce záznamu z teploměrů byla viditelná četnost sejmutých hodnot, ale v samotném záznamu nebyla žádná hodnota. Po redukci zkreslených a nezískaných hodnot bylo z předpokládaného množství dat dosaženo celkem 80 %. V Harrachově se podařilo získat 85,5 % dat a v Hradci Králové pouze 48,8 % dat. Led v konstrukci teploměru mohl nepatrně ovlivnit naměřené hodnoty, ale autor bakalářské práce se rozhodl s hodnotami pracovat, jelikož se jedná o zimní období, kde index tepelného zatížení kolejnic přetrvává v kategorii velmi nízké, což je shodné vyhodnocení i za přítomnosti ledu v konstrukci. Po eliminaci zkreslených hodnot bylo dalším krokem vyhodnocení korelačních koeficientů. Na všech teploměrech byl korelační koeficient vyhodnocen nad hranicí 0,9, což je považováno za **silně závislé** hodnoty.

Vyhodnocení indexu tepelného zatížení kolejnic přineslo očekávaná fakta. Na teploměrech, které jsou vystaveny všem klimatickým vlivům, zastoupení četností kategorií v průběhu roku koresponduje s ročními obdobími našeho podnebného pásma. Sloupcové grafy v průběhu jednoho kalendářního roku znázorňují parabolu otevřenou nahoru v případě kategorie velmi nízké a parabolu otevřenou dolů v případě kategorie velmi vysoké. Na stinných a krytých místech jsou převážně vyhodnoceny poslední dvě nejnižší kategorie. Důvodem je malé ovlivnění klimatickými vlivy, jak ukázalo vyhodnocení teploměru z Polubenského tunelu. V případě teploměrů Na mostě přes Jizeru bylo potvrzeno, že teploměr byl ochlazován tekoucí řekou pod mostem a obecným faktem, že mostní objekty podléhají ve větší míře klimatickým vlivům. Mosty promrzají a jsou vystaveny silnějšímu proudění vzduchu. Z doposud provedených experimentálních činností lze potvrdit, že ani jednou nebyl vyhodnocen index tepelného zatížení kolejnic v kategorii **extrémní**, což lze pokládat za pozitivní. Kolejnice nepodléhají extrémnímu tepelnému zatížení.

Na základě expertizy teplotního gradientu teplotního cyklu kolejnice z dosud provedených experimentálních činností lze konstatovat, že sklony maximálních teplotních gradientů jsou shodné v jednotlivých hodinách. Toto platí pouze pro lokalitu Harrachov, nikoliv pro lokalitu Hradec Králové. Pro stoupající maximální teplotní gradient je relevantní 10. - 11. hodina dopolední a pro klesající maximální teplotní gradient je relevantní 17. hodina odpolední. Nelze stanovit konkrétnější výšeč dnů, neboť maxima se vyskytují v průběhu celého roku. Nejvyšší hodnoty maximálního teplotního gradientu jsou vyhodnoceny na teploměrech, kde je kolejnice vystavena přímému slunečnímu svitu, a kolejnice nejsou ovlivňovány dalšími klimatickými vlivy, jako je ochlazování řekou tekoucí pod mostem nebo stinným místem. Nejnižší hodnoty maximálního teplotního gradientu jsou zaznamenány právě ve stinných místech s minimálním ovlivněním klimatickými vlivy.

Z provedeného sledování plyne doporučení, že odečet hodnot by měl probíhat v kratších časových intervalech z důvodu nefunkčnosti teploměrů. Před samotným osazením je doporučeno teploměr zapnout a ověřit jeho nastavení, zkusit odečet a zhodnotit jeho funkčnost.

Autorem bakalářské práce je doporučeno nepoužívat teploměr modelu TI-1S pro další experimentální činnosti. Vhodnějším řešením by mohlo být zařízení, které umožní provést odečet hodnot bez potřeby navštívení lokality. Tímto zařízením by mohl být právě teploměr řízený mikropočítačem, který byl zkoumán v rámci projektu nebo jiný komerční teploměr fungující na obdobném principu. Při tomto řešení by bylo vhodné posoudit finanční náročnost a rozhraní využití.

## POUŽITÉ ZDROJE A LITERATURA

- [1] STEJSKAL, Jakub. *Možnosti uplatnění systému DFF300 pro mosty s bezстыkovou kolejí* [online]. Praha, 2018 [cit. 2023-03-03]. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D. Dostupné z: [https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/78147/F1-BP-2018-Stejskal-Jakub-moznost\\_uplatneni\\_dff300.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://dspace.cvut.cz/bitstream/handle/10467/78147/F1-BP-2018-Stejskal-Jakub-moznost_uplatneni_dff300.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)
- [2] HRUZÍKOVÁ, Miroslava. *Bezстыková kolej: Teorie a zřizování* [online]. 2015 [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: [Bezстыková kolej. Teorie a zřizování. Registrační číslo CZ.1.07 2.3.00 45.0029 Název projektu Věda pro život, život pro vědu.pdf](#)
- [3] *Technologie prací na železničním svršku*. Praha: ČKAIT, 2019. ISBN 978-80-88265-17-7.
- [4] LONSDALE, C. P. *Thermite Rail Welding: History, Process Developments, Current Practices And Outlook For The 21st Century* [online]. [cit. 2023-03-05]. Dostupné z: [thermite rail walding\\_history.pdf](#)
- [5] PLÁŠEK, Otto. *Úvod do železničních staveb* [online]. [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/812329-Uvod-do-zeleznicnich-staveb.html>
- [6] SPRÁVA ŽELEZNIČNÍ DOPRAVNÍ CESTY. *S3/2 Bezстыková kolej*. Praha, 2013.
- [7] *Fyzika základního kurzu I (hypertextově)* [online]. Brno. 2005 [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://is.muni.cz/el/1431/podzim2009/F1030/um/9850259/F1.pdf>
- [8] KREIDL, Marcel. *Měření teploty: senzory a měřicí obvody*. Praha: BEN – technická literatura, 2005. Senzory neelektrických veličin, 1. ISBN 80-7300-145-4.
- [9] MÁJOVÁ, Světlana. *Fyzika* [online]. Ostrava, 2006 [cit. 2023-03-20]. Střední škola elektrotechnická. Dostupné z: [https://www.sse-najizdarne.cz/dokumenty/studijni\\_materialy/fyzika.pdf](https://www.sse-najizdarne.cz/dokumenty/studijni_materialy/fyzika.pdf)
- [10] *Přehled teplotních stupnic* [online]. © Marek Soukeník, 2000. [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <http://prevod.cz/popis.php?str=220&parent=y>
- [11] HURLEY, Samuel James. *Development Of A Longitudinal Rail Stress Measurement Device* [online]. 2014 [cit. 2023-04-07]. Texas A&M University. Dostupné z: <https://oaktrust.library.tamu.edu/handle/1969.1/154019>

- [12] PLÁŠEK, Otto. *Železniční stavby: železniční spodek a svršek*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2004. ISBN 80-214-2620-9.
- [13] VNENK, Petr. *Methodology of Thermal Stress Determination in Continuous Welded Rail* [online]. Pardubice, 2022 [cit. 2023-04-19]. Dissertation. University of Pardubice. Dostupné z: <https://dk.upce.cz/handle/10195/80492>
- [14] KAŠPÁREK, Jiří. *Pravděpodobnostní hodnocení interakce mostu a koleje* [online]. Praha, 2021 [cit. 2023-03-18]. Disertační práce. České vysoké učení technické v Praze. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/95846?locale-attribute=cs>
- [15] PLÁŠEK, Otto. *Bezстыková kolej* [online]. 2014. [cit. 2023-03-03]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/43575482-Bezstykova-kolej-continuous-welded-rail-otto-plasek-doc-ing-ph-d-ustav-zeleznicnich-konstrukci-a-staveb.html>
- [16] VNENK, Petr. *Mechanické napětí v bezстыkové koleji* [online]. 2018 [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/157951794-Mechanicke-napeti-v-bezstykovke-koleji-petr-vnenk-dopravni-fakulta-jana-pernera-univerzita-pardubice.html>
- [17] SPRÁVA ŽELEZNIC, *S3/5 Svářečské práce na součástech železničního svršku*, Praha, 2021.
- [18] DVOŘÁK, Libor. *Zajišťování kvality při svařování kolejnic* [online]. Praha [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: <https://www.spravazeleznic.cz/documents/50004227/50159407/17pr.pdf>
- [19] Aluminotermické svařování. *Viamont* [online]. [cit. 2023-03-12]. Dostupné z: <https://viamont.cz/divize/specializovane-cinnosti>
- [20] ŠULA Miloš, SADÍLEK Ondřej. *Teploměr řízený mikrospínačem* [online]. Pardubice, 2022 [cit. 2023-05-10]. Dostupné z: [https://dfjp.upce.cz/sites/default/files/public/pevn0935/funkcni\\_vzorek\\_1\\_183418.pdf](https://dfjp.upce.cz/sites/default/files/public/pevn0935/funkcni_vzorek_1_183418.pdf)
- [21] VNENK, Petr, Özgür YURDAKUL, Jiří ŠLAPÁK, Vladimír SUCHÁNEK, Ondřej SADÍLEK, Filip KLEJCH, Bohumil CULEK a Ladislav ŘOUTIL. *Metodika nedestruktivního stanovení mechanického napětí v kolejnicích bezстыkové koleje* [online]. Pardubice, 2022 [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: [https://dfjp.upce.cz/sites/default/files/public/pevn0935/metodika\\_komplet\\_2\\_180313.pdf](https://dfjp.upce.cz/sites/default/files/public/pevn0935/metodika_komplet_2_180313.pdf)

[22] VNENK Petr, YURDAKUL Özgür, ŠLAPÁK Jiří, SUCHÁNEK Vladimír, SADÍLEK Ondřej, KLEJCH Filip, CULEK Bohumil, SUCHÝ Karel, ŠUSTR Tadeáš, ŠULA Miloš, ŘOUTIL Ladislav. *Měřicí sestava pro diagnostiku časového vývoje napěťových stavů v bezstykové koleji* [online]. Pardubice, 2021 [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: [https://dfjp.upce.cz/sites/default/files/public/pevn0935/funkcni\\_vzorek\\_1\\_175178.pdf](https://dfjp.upce.cz/sites/default/files/public/pevn0935/funkcni_vzorek_1_175178.pdf)

[23] ČESKÁ GEOLOGICKÁ SLUŽBA: *Půdní mapa* [online]. [cit. 2023-04-24]. Dostupné z: <https://mapy.geology.cz>

[24] Český hydrometeorologický ústav: *Meteorologické stanice ČHMÚ* [online]. [cit. 2023-04-24].

Dostupné z: [https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/stanice/ShowStations\\_CZ.html](https://www.chmi.cz/files/portal/docs/poboc/OS/stanice/ShowStations_CZ.html)

[25] MAPOVÝ PORTÁL Mapy.cz [online]. © Seznam.cz, a.s., 2023 [cit. 2023-04-24]. Dostupné z: <https://mapy.cz>

## **SEZNAM PŘÍLOH**

PŘÍLOHA 1 – MANUÁLY K TEPLOMĚRŮM

PŘÍLOHA 2 – ZÁZNAMNÍKY PRO LOKALITU HARRACHOV

PŘÍLOHA 3 – ZÁZNAMÍKY PRO LOKALITU HRADEC KRÁLOVÉ

# PŘÍLOHA 1 – MANUÁL K TEPLOMĚRŮM

User Manual
Single-use NFC Temperature Data Logger

### Product overview

The data logger is mainly used in the fields of medicine, vaccine, blood, foodstuffs, flower and plant, laboratory etc., especially in the places which require using higher waterproof grade of data logger in cold chain storage and transportation. Data can be read directly by mobile phone APP in NFC mode wirelessly with no need to tear off the plastic film bag. Even in case of dead battery, the data still can be read by a mobile phone.

### Appearance and caption



1	Double faced adhesive tape on the back
2	LED indicator
3	Start button
4	Barcode / Serial No.
5	Scan QR code to download the APP

### Technical parameters

Temperature measuring range: -25°C~60°C(-13°F ~140°F)	Start mode: press start button (press and hold for more than 4 sec)
Resolution: 0.1°C	Storage mode: cyclic storage, full record stop
Storage temperature: -25°C~60°C(-13°F ~140°F)	Stop mode: full record stop, record reading stop
Accuracy: ±0.5°C(±0.9°F)	Data reading device: Android mobile phones with NFC function
Sensor: internal NTC1 <sup>1</sup>	How to read: place the mobile phone right above the logger within 5cm
Record capacity: 4000 points (MAX)	System: Android 4.0 above
Record interval: 1~240 min settable	Dimensions: 70 (L)*50(W)*2.4(H) (mm)
Start delay: 1~240min settable	Weight: 10g
Power supply: internal CR2032 lithium battery	Battery life: 1 year at 25 C in cyclic storage mode with 15 min record interval
Protection grade: IP672 <sup>2</sup>	

**Note:** 1. It is suggested to store the data logger at normal temperature before it is started. 2. To guarantee the protection grade, please do not immerse the data logger in corrosive liquid, such as ethyl alcohol or oleic acid, etc. for long time.

### Flow chart



### Operating steps

- Download mobile phone APP  
Use an Android mobile phone with NFC function to scan Fig.1 or the QR code on the data logger, download and install the APP software. After installation is completed, the APP icon (Fig.2) will appear on the desktop.




Hotline: 400-067-5995

ISO9001:2008 ISO14001:2004 OHSAS18001:2011 ISO/TS16949:2009

Addr: No.1 Huangshan Rd, Tangshan Economic Development Zone, Xinhua, Jiangsu, China

URL: www.e-elitech.com

1/2

80



**2. Open NFC function of the mobile phone**

Open the APP and NFC function per hints shown in Fig.3 & Fig.4. Please refer to the mobile phone manual for detailed operating steps.

**3. APP interface and parameter settings**

Click "more" in the APP (Fig.5) to enter the following interface (Fig.6). Then set parameters of 'Unit', 'Email address', 'Language', 'Server', 'File path', 'Date format', 'Time format', 'Data access' etc. Click 'Clean file' to clean up the file under storage path.

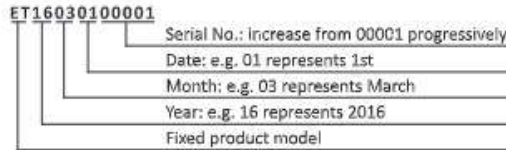
- Unit: Celsius (°C) / Fahrenheit (°F).
- Email address: the email address of the email receiver.
- Language: Simplified Chinese / English.
- Server: IP address and port number of the server which data will be uploaded to.
- File path: the local path of the exported data file in the mobile phone.
- Date format: multiple formats are selectable.
- Time format: multiple formats are selectable.
- Data access: Query the user, cover (default), add (default).
- Query the user: when reading data, the APP Query the user to select 'cover' or 'add'.
- Cover (default): when read, the data is covered in the original record list.
- Add (default): when read, the data is saved in a new record list.

**4. Configure the data logger**

Default parameters are as follows (Fig.7):

Company name : /	Temp : Upper 25°C, Lower 15°C
Product name : /	Record interval : 5 min
Place of origin : /	Start delay : 10 min
Time zone : GMT+8	Storage mode : cyclic storage
Serial No. : ET16030100001 <sup>3</sup>	Whether to stop to read data? No
Remark : /	

Note: 3.The definition of serial No. is as follows:



When the data logger leaves factory, its serial No. is configured and does not allow change. Before the data logger is started, parameters except "serial No." can be modified as needed. Open the APP and click "config." as shown in Fig. 8. Type in parameter info (Fig.9), place the back of the mobile phone close to the data logger within 5cm, stay still until read-in is completed. The software will automatically scan the data logger and prompt "whether to read in data". Click "OK", wait until "read-in successful" appears in the interface. Then move the mobile phone away.

**5. Start recording**

After configuration of the data logger, press and hold the start button for more than 4 seconds, the indicator will blink continuously. Release the button and the data logger is started. Press and release the button once, you may judge the running status of the data logger by the blinking of red indicator. Refer to the table below for details.

Status	Action of the indicator
Not started	Red indicator blinks once.
Start recording	Red indicator blinks quickly and continuously.
Stop recording	Red indicator blinks slowly and continuously.

**6. Read data**

Open the APP, place the back of the mobile phone close to the data logger within 5cm, stay still until read-in is completed. It will take about 15 seconds to read 4000 points of data. If the mobile phone fails to read the data. Move the mobile phone away and place it close to the data logger again within 5 cm, stay still until it reads data successfully.



Fig.3



Fig.4



Fig.5



Fig.6



Fig.7



Fig.8



Fig.9

**Product Overview**

This is a temperature tag with NFC communication function, which is mainly used in application scenarios such as blood, vaccines, biological preparations, biological medicines, cold chain foods, and precision instruments. The product is lightweight, thin and compact, and the start-stop operation with break-tab is simple and reliable. It is suitable especially for the smallest packaging products. It supports any handheld devices with NFC function, such as a mobile phone to retrieve key data during temperature monitoring, and long battery life to ensure data recording during the entire monitoring process.



- |                       |                         |
|-----------------------|-------------------------|
| ① Break to start      | ④ The LED indicators    |
| ② Setting information | ⑤ Product serial number |
| ③ Button              | ⑥ Break to stop         |

Note: The picture is for reference only. Any discrepancy in future, please adhere to the final product.

**Technical Specifications**

Model	TI-1S	TI-2S
Memory	/	3800(MAX)
Teasuring Range	-30°C~60°C/-22°F~140°F	
Accuracy	± 0.5°C(-20°C~40°C)/±0.9°F (-4°F~104°F), ± 1°C/±1.8°F(others)	
Sensor	Built-in NTC	
Sampling Interval	1min(standard,others on request)	
Recording Interval	nonsuppor	12h(standard,others on request)
Start Delay	30 min(standard,others on request)	
Start Mode	Break to start	
Stop Mode	Break to stop	
Alarm threshold	Optional, up to 6 points	
Data Interface	NFC	
Battery life	2 years(normal temperature)	3 years(normal temperature)
Shelf life/Battery	3 years/CR1620 lithium battery	4 years/CR2032 lithium battery
Report Generation	PDF/Excel report	
Protection Class	IP54	
Weight	Approx.6g	Approx.11g
Dimensions	34mm * 48mm * 4.5mm (L * W * H)	40mm * 57mm * 5.5mm (L * W * H)

**Operation Instructions**


1. Install and log in to the APP

Scan the QR code to download the 'Elitech iCold' APP or download from APP store or Google Play. Open the APP and follow the steps to log in or register a new account.



2. Parameter setting

Click the navigation button on the upper left corner of the APP , select the NFC temperature sticker, and then approach the device to view the data (enable the mobile NFC function).

Click the  on the upper right corner to set the parameters. After the setting is completed, place the mobile phone close to the device and click the 'OK' button to save the parameters (the parameters are only allowed to be set when the device is not in the recording mode.)

3. Start record

Break off the 'BREAK TO START' tab at on the edge of the device, the green LED flash 5 times, indicating that it has been turned on successfully; After breaking off tab, tear off the adhesive and pastethe temperature indicator to an appropriate place/position for temperature measurement.

4. Synchronize time

When the mobile phone is close to the device, it will automatically synchronize the time while reading the device data.

5. Stop recording











Break off the 'BREAK TO STOP' tab at the edge of the device, the red LED flash 5 times, indicating that the recording is stopped.

6. View and export data

Place the mobile phone near to the temperature indicator, click  on the upper right corner to select the desired report format to export the data.



LED instructions

Status / Action	Indicator	Remarks
Break To Start	 flash 5 times	
Break To Stop	 flash 5 times	
Start Delay/ Button	  flash 1 time	Blinking every 10 seconds
Recording/ Button	 (or  or  ) flash 1 time	Alarm: Over upper limit red light flash; over lower limit blue light flash. No Alarm: Green light flash.
Stop Recording/ Button	 (or  or  ) flash 2 time	
Button	No indicator	Device Failure

Note: Light indicator flash automatically after Parameter Setting.


Packing List



- ◆ Temperature Tag 100pcs/box(TI-15)      ◆ Calibration Certificate/box      ◆ User Manual/box
- 90pcs/box(TI-25)


Default Setting


Parameter	Default Value	Parameter	Default Value
Start Delay	30min	Upper Temperature Limit	8 °C
Sampling Interval	1min	Lower Temperature Limit	2 °C
Temperature Unit	°C	Alarm Type	Single
LED Blinking	prohibited	Alarm Delay	30min
Recording Interval	12h	Data Category	AVG


## PŘÍLOHA 2 – ZÁZNAMNÍKY PRO LOKALITU HARRACHOV

Záznamový list kartového teploměru							
Číslo teploměru:	1	Název:	Zastávka				
Poloha							
Okres:	Jablonec nad Nisou						
GPS:	50.7715794N, 15.3929675E						
Lokalita:	Zastávka Harrachov: 1. kolej, pravý kolejnicový pás, mezi 2. - 3. pražcem proti směru staničení						
Měření							
Termín instalace:	14.07.2021						
Termíny odečtu:	plán:	14.12.2021	14.05.2022	14.10.2022	14.03.2023	14.08.2023	14.01.2024
	skutečnost:	29.10.2021	12.03.2021	05.07.2022	19.11.2022	05.03.2023	
Další informace							
Popis místa instalace:	Teploměr je umístěn ze spodní strany kolejnice pravého kolejnicového pásu koleje č. 1, staničení stoupá směrem od Harrachovského tunelu do Polska. Teploměr je umístěn v mezipražcovém prostoru v úrovni svíslého dopravního značení (za 2. pražec od přechodu kolejí)						
Nainstalovali:	Ing. Vladimír Suchánek, Ph.D., Rudolf Šudík						
Kontakty na Správu železnic pro danou lokalitu:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Jaroslav Janda</b>, Přednosta Správy tratí Liberec, jandaj@spravazeznic.cz, 972 365 506</li> <li>• <b>Jaroslav Čepelík</b>, Systémový specialista, Správa tratí Liberec, cepelik@szdc.cz, 972 365 300, 607 544 929</li> <li>• <b>Dirigující dispečer v žst. Tanvald</b> (T: Tanvald – Harrachov), 972 364 561, 724 786 455</li> <li>• <b>Ing. Pavel Novák</b>, Vedoucí oddělení OJ a VJ, Správa mostů a tunelů, Novakpa@spravazeznic.cz, 972 322 434, 724 215 108</li> <li>• <b>Ing. Tomáš Sklenář</b>, Vedoucí oddělení správy mostů a tunelů, Sklenar@spravazeznic.cz, 602 185 206</li> </ul>						
Záznamy aktualizace listu:	14. července 2021 – List vytvořen. 29. listopadu 2022 – List aktualizován. 12. března 2022 – List aktualizován. 05. července 2022 – List aktualizován. 19. listopadu 2022 – List aktualizován. 05. března 2023 – List aktualizován.						
Mapa							
Zastávka Harrachov <a href="https://mapy.cz/s/jugarevucu">https://mapy.cz/s/jugarevucu</a>							
Foto							
							



Záznamový list kartového teploměru							
Číslo teploměru:	2	Název:	Skalní zářez				
Poloha							
Okres:	Jablonec nad Nisou						
GPS:	50.7776986N, 15.3738539E						
Lokalita:	Skalní zářez: 1. kolej, pravý kolejnicový pás, za tunelem za mostem						
Měření							
Termín instalace:	14.07.2021						
Termíny odečtu:	plán:	14.12.2021	14.05.2022	14.10.2022	14.03.2023	14.08.2023	14.01.2024
	skutečnost:	29.10.2021	12.03.2021	05.07.2022	19.11.2022	05.03.2023	
Další informace							
Popis místa instalace:	Teploměr je umístěn ze spodu paty kolejnice pravého kolejnicového pásu koleje č. 1, staničení stoupá směrem od Harrachovského tunelu ke stanici Harrachov. Teploměr je umístěn v mezipražcovém prostoru v úrovni svíslého dopravního značení za Harrachovským tunelem.						
Nainstalovali:	Ing. Vladimír Suchánek, Ph.D., Rudolf Šudík						
Kontakty na Správu železnic pro danou lokalitu:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Jaroslav Janda</b>, Přednosta Správy tratí Liberec, jandaj@spravazeleznic.cz, 972 365 506</li> <li>• <b>Jaroslav Čepelík</b>, Systémový specialista, Správa tratí Liberec, cepelik@szdc.cz, 972 365 300, 607 544 929</li> <li>• <b>Dirigující dispečer v žst. Tanvald</b> (T: Tanvald – Harrachov), 972 364 561, 724 786 455</li> <li>• <b>Ing. Pavel Novák</b>, Vedoucí oddělení OJ a VJ, Správa mostů a tunelů, Novakpa@spravazeleznic.cz, 972 322 434, 724 215 108</li> <li>• <b>Ing. Tomáš Sklenář</b>, Vedoucí oddělení správy mostů a tunelů, Sklenar@spravazeleznic.cz, 602 185 206</li> </ul>						
Záznamy aktualizace listu:	14. července 2021 – List vytvořen. 29. listopadu 2022 – List aktualizován. 12. března 2022 – List aktualizován. 05. července 2022 – List aktualizován. 19. listopadu 2022 – List aktualizován. 05. března 2023 – List aktualizován.						
Mapa							
Skalní zářez <a href="https://mapy.cz/s/gumulacefa">https://mapy.cz/s/gumulacefa</a>							
Foto							
							

Záznamový list kartového teploměru							
Číslo teploměru:	3	Název:	Za mostem přes Jizeru				
Poloha							
Okres:	Jablonec nad Nisou						
GPS:	50.7802600N, 15.3703942E						
Lokalita:	Most přes Jizeru staničení: km 36,7 1. kolej, pravý kolejnicový pás, konec mostu						
Měření							
Termín instalace:	14.07.2021						
Termíny odečtu:	plán:	14.12.2021	14.05.2022	14.10.2022	14.03.2023	14.08.2023	14.01.2024
	skutečnost:	29.10.2021	12.03.2021	05.07.2022	19.11.2022	05.03.2023	
Další informace							
Popis místa instalace:	Teploměr je umístěn ze spodu paty kolejnice pravého kolejnicového pásu koleje č. 1, staničení stoupá směrem od Kořenova do Harrachovského tunelu. Teploměr je umístěn v mezipražcovém prostoru v úrovni svíslého dopravního značení blíže k Harrachovskému tunelu.						
Nainstalovali:	Ing. Vladimír Suchánek, Ph.D., Rudolf Šudík						
Kontakty na Správu železnic pro danou lokalitu:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Jaroslav Janda</b>, Přednosta Správy tratí Liberec, jandaj@spravazeleznic.cz, 972 365 506</li> <li>• <b>Jaroslav Čepelík</b>, Systémový specialista, Správa tratí Liberec, cepelik@szdc.cz, 972 365 300, 607 544 929</li> <li>• <b>Dirigující dispečer v žst. Tanvald</b> (T: Tanvald – Harrachov), 972 364 561, 724 786 455</li> <li>• <b>Ing. Pavel Novák</b>, Vedoucí oddělení OJ a VJ, Správa mostů a tunelů, Novakpa@spravazeleznic.cz, 972 322 434, 724 215 108</li> <li>• <b>Ing. Tomáš Sklenář</b>, Vedoucí oddělení správy mostů a tunelů, Sklenar@spravazeleznic.cz, 602 185 206</li> </ul>						
Záznamy aktualizace listu:	14. července 2021 – List vytvořen. 29. listopadu 2022 – List aktualizován. 12. března 2022 – List aktualizován. 05. července 2022 – List aktualizován. 19. listopadu 2022 – List aktualizován. 05. března 2023 – List aktualizován.						
Mapa							
Za mostem přes Jizeru <a href="https://mapy.cz/s/gakohazoka">https://mapy.cz/s/gakohazoka</a>							
Foto							
							



Záznamový list kartového teploměru							
Číslo teploměru:	4	Název:	Na mostě přes Jizeru				
Poloha							
Okres:	Jablonec nad Nisou						
GPS:	50.7802572N, 15.3696369E						
Lokalita:	Most přes Jizeru staničení: km 36,6 1. kolej, pravý kolejnicový pás, střed mostu						
Měření							
Termín instalace:	14.07.2021						
Termíny odečtu:	plán:	14.12.2021	14.05.2022	14.10.2022	14.03.2023	14.08.2023	14.01.2024
	skutečnost:	29.10.2021	12.03.2021	05.07.2022	19.11.2022	05.03.2023	
Další informace							
Popis místa instalace:	Teploměr je umístěn ze spodu paty kolejnice pravého kolejnicového pásu koleje č. 1, staničení stoupá směrem od Kořenova do Harrachovského tunelu. Teploměr je umístěn v mezipražcovém prostoru za 63. pražec od začátku mostu (blíže k Harrachovskému tunelu), případně úroveň 31. výplně mostního zábradlí, taktéž počítáno ze strany blíže k Harrachovskému tunelu.						
Nainstalovali:	Ing. Vladimír Suchánek, Ph.D., Rudolf Šudík						
Kontakty na Správu železnic pro danou lokalitu:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Jaroslav Janda</b>, Přednosta Správy tratí Liberec, jandaj@spravazeleznic.cz, 972 365 506</li> <li>• <b>Jaroslav Čepelík</b>, Systémový specialista, Správa tratí Liberec, cepelik@szdc.cz, 972 365 300, 607 544 929</li> <li>• <b>Dirigující dispečer v žst. Tanvald</b> (T: Tanvald – Harrachov), 972 364 561, 724 786 455</li> <li>• <b>Ing. Pavel Novák</b>, Vedoucí oddělení OJ a VJ, Správa mostů a tunelů, Novakpa@spravazeleznic.cz, 972 322 434, 724 215 108</li> <li>• <b>Ing. Tomáš Sklenář</b>, Vedoucí oddělení správy mostů a tunelů, Sklenar@spravazeleznic.cz, 602 185 206</li> </ul>						
Záznamy aktualizace listu:	14. července 2021 – List vytvořen. 29. listopadu 2022 – List aktualizován. 12. března 2022 – List aktualizován. 05. července 2022 – List aktualizován. 19. listopadu 2022 – List aktualizován. 05. března 2023 – List aktualizován.						
Mapa							
Na mostě přes Jizeru <a href="https://mapy.cz/s/kutorumupe">https://mapy.cz/s/kutorumupe</a>							
Foto							
							

Záznamový list kartového teploměru							
Číslo teploměru:	5	Název:	Před mostem přes Jizeru				
Poloha							
Okres:	Jablonec nad Nisou						
GPS:	50.7799928N, 15.3685047E						
Lokalita:	Most přes Jizeru staničení: km 36,6 1. kolej, pravý kolejnicový pás, začátek mostu						
Měření							
Termín instalace:	14.07.2021						
Termíny odečtu:	plán:	14.12.2021	14.05.2022	14.10.2022	14.03.2023	14.08.2023	14.01.2024
	skutečnost:	29.10.2021	12.03.2021	05.07.2022	19.11.2022	05.03.2023	
Další informace							
Popis místa instalace:	Teploměr je umístěn ze spodu paty kolejnice pravého kolejnicového pásu koleje č. 1, staničení stoupá směrem od Kořenova do Harrachovského tunelu. Teploměr je umístěn v mezipražcovém prostoru za 13. pražec od konce mostu (dále od Harrachovského tunelu). V úrovni svíslého dopravního značení.						
Nainstalovali:	Ing. Vladimír Suchánek, Ph.D., Rudolf Šudík						
Kontakty na Správu železnic pro danou lokalitu:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Jaroslav Janda</b>, Přednosta Správy tratí Liberec, jandaj@spravazeleznic.cz, 972 365 506</li> <li>• <b>Jaroslav Čepelík</b>, Systémový specialista, Správa tratí Liberec, cepelik@szdc.cz, 972 365 300, 607 544 929</li> <li>• <b>Dirigující dispečer v žst. Tanvald</b> (T: Tanvald – Harrachov), 972 364 561, 724 786 455</li> <li>• <b>Ing. Pavel Novák</b>, Vedoucí oddělení OJ a VJ, Správa mostů a tunelů, Novakpa@spravazeleznic.cz, 972 322 434, 724 215 108</li> <li>• <b>Ing. Tomáš Sklenář</b>, Vedoucí oddělení správy mostů a tunelů, Sklenar@spravazeleznic.cz, 602 185 206</li> </ul>						
Záznamy aktualizace listu:	14. července 2021 – List vytvořen. 29. listopadu 2022 – List aktualizován. 12. března 2022 – List aktualizován. 05. července 2022 – List aktualizován. 19. listopadu 2022 – List aktualizován. 05. března 2023 – List aktualizován.						
Mapa							
Před mostem přes Jizeru <a href="https://mapy.cz/s/gokecoseve">https://mapy.cz/s/gokecoseve</a>							
Foto							
							



Záznamový list kartového teploměru							
Číslo teploměru:	6	Název:	Polubenský tunel				
Poloha							
Okres:	Jablonec nad Nisou						
GPS:	50.7633350N, 15.3481747E						
Lokalita:	Polubenský tunel staničení: km 33,7 1. kolej, pravý kolejnicový pás, 50m v tunelu						
Měření							
Termín instalace:	14.07.2021						
Termíny odečtu:	plán:	14.12.2021	14.05.2022	14.10.2022	14.03.2023	14.08.2023	14.01.2024
	skutečnost:	29.10.2021	12.03.2021	05.07.2022	19.11.2022	05.03.2023	
Další informace							
Popis místa instalace:	Teploměr je umístěn ze spodu paty kolejnice pravého kolejnicového pásu koleje č. 1, staničení stoupá směrem od Kořenov - zastávka do Polubenského tunelu. Teploměr je umístěn v mezipražcovém úseku za 73. pražec od začátku tunelu v úrovni ochranných výklenků. Přístup z rozšířené krajnice před objektem (lze zaparkovat - Krkonošská 924, 468 61 Desná III, Liberecký kraj, Česko)						
Nainstalovali:	Ing. Vladimír Suchánek, Ph.D., Rudolf Šudík						
Kontakty na Správu železnic pro danou lokalitu:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Jaroslav Janda</b>, Přednosta Správy tratí Liberec, jandaj@spravazeleznic.cz, 972 365 506</li> <li>• <b>Jaroslav Čepelík</b>, Systémový specialista, Správa tratí Liberec, cepelik@szdc.cz, 972 365 300, 607 544 929</li> <li>• <b>Dirigující dispečer v žst. Tanvald</b> (T: Tanvald – Harrachov), 972 364 561, 724 786 455</li> <li>• <b>Ing. Pavel Novák</b>, Vedoucí oddělení OJ a VJ, Správa mostů a tunelů, Novakpa@spravazeleznic.cz, 972 322 434, 724 215 108</li> <li>• <b>Ing. Tomáš Sklenář</b>, Vedoucí oddělení správy mostů a tunelů,</li> </ul>						
Záznamy aktualizace listu:	14. července 2021 – List vytvořen. 29. listopadu 2022 – List aktualizován. 12. března 2022 – List aktualizován. 05. července 2022 – List aktualizován. 19. listopadu 2022 – List aktualizován. 05. března 2023 – List aktualizován.						
Mapa							
Polubenský tunel <a href="https://mapy.cz/s/nedesavega">https://mapy.cz/s/nedesavega</a>							
Foto							
							

## PŘÍLOHA 3 – ZÁZNAMÍKY PRO LOKALITU HRADEC KRÁLOVÉ

Záznamový list kartového teploměru							
Číslo teploměru:	1	Název:	Slezské předměstí				
Poloha							
Okres:	Hradec Králové						
GPS:	50.2218289N, 15.8596472E						
Lokalita:	TÚ HK, hl. n. - Třebechovice p. Orebem, staničení: km 32,2, pravý kolejnicový pás, 2. kolej od VB						
Měření							
Termín instalace:	16.08.2021						
Termíny odečtu:	plán:	16.01.2022	16.06.2022	16.11.2022	16.04.2023	16.09.2023	16.02.2024
	skutečnost:	29.10.2021	12.03.2021	05.07.2022	07.10.2022	05.03.2023	
Další informace							
Popis místa instalace:	<p>Teploměr je umístěn na druhé koleji (prostor přechodu) zesponu paty kolejnice pravého kolejnicového pásu ve směru Třebechovice p. Orebem (staničení stoupá směrem na Třebechovice p. Orebem). Teploměr je umístěn na provozované koleji (2. kolej od VB) v mezipražcovém úseku hned vedle přechodu (přibližné staničení km 32,203).</p> <p>Přístup k teploměru je přímo od výpravní budovy po přechodu.</p> <p>Lze zaparkovat parkovišti Slezské Předměstí, vlaková zastávka.</p>						
Nainstalovali:	Ing. Vladimír Suchánek, Ph.D.						
Kontakty na Správu železnic pro danou lokalitu:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ing. Lubomír Snížek, přednosta správy tratí, OŘ Hradec Králové, Snizek@spravazeznic.cz, 972 341 312, 602 973 782</li> <li>• Ing. Jaroslav Zajíček, vedoucí oddělení OJ, Správa tratí Hradec Králové, ZajicekJ@spravazeznic.cz, 972 341 327, 720 972 247</li> <li>• Lukáš Ješina, vrchní mistr tratí, TO Hradec Králové, Jesina@spravazeznic.cz, 972 342 149, 721 087 441</li> <li>• Jiří Vít, vedoucí provozního střediska, OŘ Hradec Králové, VitJ@spravazeznic.cz, 972 341 318, 724 564 825</li> <li>• Výpravčí HK hl. n., 972 342 193</li> <li>• Výpravčí HK Slezské předměstí, 972 341 397</li> </ul>						
Záznamy aktualizace listu:	<p>16. srpna 2021 – List vytvořen.</p> <p>29. listopadu 2022 – List aktualizován.</p> <p>12. března 2022 – List aktualizován.</p> <p>05. července 2022 – List aktualizován.</p> <p>7. října 2022 – List aktualizován.</p> <p>05. března 2023 – List aktualizován.</p>						
Mapa							
<p>Slezské předměstí</p> <p><a href="https://mapy.cz/s/lorumulaca">https://mapy.cz/s/lorumulaca</a></p>							
Foto							
							

Záznamový list kartového teploměru							
Číslo teploměru:	2	Název:	Pražské předměstí				
Poloha							
Okres:	Hradec Králové						
GPS:	50.2036636N, 15.8068214E						
Lokalita:	TÚ Hradec Králové hl. n. – Opatovice n. L., staničení: km 21,2, pravý kolejnicový pás						
Měření							
Termín instalace:	13.07.2021						
Termíny odečtu:	plán:	13.12.2022	13.05.2022	13.10.2022	13.03.2023	13.08.2023	13.01.2024
	skutečnost:	29.10.2021	12.03.2021	05.07.2022	07.10.2022	05.03.2023	
Další informace							
Popis místa instalace:	<p>Teploměr je umístěn zesponu paty kolejnice pravého kolejnicového pásu ve směru Hradec Králové hl. n. (staničení stoupá směrem na Hradec Králové hl. n.). Teploměr je umístěn v mezpražcovém úseku naproti kamennému kilometrovníku km 21,2. Jedná se o mezpražcový prostor hned za kolejnicovým svárem, anebo od úrovně kamenného kilometrovníku (km 21,2) hned 1. mezpražcový prostor směrem na HK, hl. n.</p> <p>Poznámka: eventuálně 24. mezpražcový prostor od sloupu trakčního vedení (km 21,2) směrem na Hradec Králové hl. n.</p> <p>Přístup k teploměru je od ul. Opatovická.</p> <p>Lze zaparkovat přímo v ul. Opatovická – v místě vjezdu k rodinnému domu č. p. 1342/35.</p>						
Nainstalovali:	Ing. Vladimír Suchánek, Ph.D.						
Kontakty na Správu železnic pro danou lokalitu:	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ing. Lubomír Snížek, přednosta správy tratí, OŘ Hradec Králové, Snizek@spravazeleznic.cz, 972 341 312, 602 973 782</li> <li>• Ing. Jaroslav Zajíček, vedoucí oddělení OJ, Správa tratí Hradec Králové, ZajicekJ@spravazeleznic.cz, 972 341 327, 720 972 247</li> <li>• Lukáš Ješina, vrchní mistr tratí, TO Hradec Králové, Jesina@spravazeleznic.cz, 972 342 149, 721 087 441</li> <li>• Jiří Vít, vedoucí provozního střediska, OŘ Hradec Králové, VitJ@spravazeleznic.cz, 972 341 318, 724 564 825</li> <li>• Výpravčí HK hl. n., 972 342 193</li> <li>• Výpravčí HK Slezské předměstí, 972 341 397</li> </ul>						
Záznamy aktualizace listu:	<p>13. července 2021 – List vytvořen.</p> <p>27. listopadu 2022 – List aktualizován.</p> <p>31. března 2022 – List aktualizován.</p> <p>05. července 2022 – List aktualizován.</p> <p>7. října 2022 – List aktualizován.</p> <p>05. března 2023 – List aktualizován.</p>						
Mapa							
Pražské předměstí <a href="https://mapy.cz/s/jupofezece">https://mapy.cz/s/jupofezece</a>							
Foto							
