

UNIVERZITA PARDUBICE

DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2023

Miloš Šula

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Vliv vybraných technických řešení na teplotu kolejnic

Bakalářská práce

2023

Miloš Šula

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Miloš Šula**
Osobní číslo: **D19043**
Studijní program: **B3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní stavitelství**
Téma práce: **Vliv vybraných technických řešení na teplotu kolejnic.**
Zadávací katedra: **Katedra dopravního stavitelství**

Zásady pro vypracování

Navrhněte a připravte měření teploty kolejnicových vzorků s vybranými technickými řešeními, jež mohou přispět jejímu snížení. Zvažte další vlivy těchto řešení na železniční provoz. Proveďte navržená měření. Vyhodnoťte naměřená data. Na základě zjištěných informací navrhněte řešení použitelné pro aplikaci na železničních tratích a navrhněte možnosti jeho použití.

Rozsah pracovní zprávy:

Rozsah grafických prací:

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

Seznam doporučené literatury:

- SŽDC S3/2. Bezстыková kolej. Praha: Správa železnic, 2013.
- VNENK, Petr a CULEK, Bohumil. Measurement Methods of Internal Stress in Continuous Welded Rail. In: Acta Polytechnica CTU Proceedings. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2017, s. 91-96. ISBN 978-80-01-06297-5. ISSN 2336-5382.
- THOMPSON, David J. Railway noise and vibration: mechanisms, modelling and means of control. Amsterdam: Elsevier, 2008.
- RITTER, George W. a AL-NAZER, Leith. Coatings to Control Solar Heat Gain on Rails. In: AREMA. Lanham: AREMA, 2014.
- LI, Xiangyu, PEOPLES, Joseph, HUANG, Zhifeng, ZHAO, Zixuan, QIU, Jun a RUAN, Xiulin. Full Daytime Sub-ambient Radiative Cooling in Commercial-like Paints with High Figure of Merit. In: Cell Reports Physical Science. 2020, 1(10). ISSN 2666-3864. DOI: 10.1016/j.xcrp.2020.100221.
- MANDAL, Jyotirmoy, YANG, Yuan, YU, Nanfang a RAMAN, Aaswath P. Paints as a Scalable and Effective Radiative Cooling Technology for Buildings. In: Joule. 2020, 4(7), 1350-1356. ISSN 2542-4351. DOI: 10.1016/j.joule.2020.04.010.
- KISH, Andrew, SAMAVEDAM, Gopal. Track Buckling Prevention: Theory, Safety Concepts, and Applications. Washington, D.C.: Federal Railroad Administration, 2013.
- LICHTBERGER, Bernhard. Handbuch Gleis: Unterbau, Oberbau, Instandhaltung, Wirtschaftlichkeit. 3., komplett überarb. Neuauf. Hamburg.: Eurailpress, 2010. ISBN 978-3-7771-0400-3.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Petr Vnenk

Výukové a výzkumné centrum v dopravě

Datum zadání bakalářské práce: **26. září 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2023**

L.S.

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

Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlašuji:

Práci s názvem Vliv vybraných technických řešení na teplotu kolejnic 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 4. 5. 2023

Miloš Šula

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat vedoucímu své práce panu Ing. Petru Vnenkovi Phd. za poskytnutí cenných rad a připomínek, trpělivé vedení a množství času, které této práci věnoval.

Rád bych také poděkoval paní prof. Ing. Andrée Kalendové, Dr. za poskytnutí užitečných rad a zprostředkování důležitých kontaktů.

Děkuji také Ing. Jiřímu Sedláři ze společnosti Colorlak a.s. za výběr vhodných nátěrových hmot pro účely této práce a věnování patřičných vzorků těchto nátěrů.

ANOTACE

Cílem této práce je výběr vhodných technických řešení, které by měly přispět ke snížení teploty kolejnice. Na základě takto vybraných technických řešení navrhnout a provést měření na kolejnicových vzorcích s následným vyhodnocením naměřených dat. Po vyhodnocení navrhnout řešení použitelné pro aplikaci na železničních tratích.

KLÍČOVÁ SLOVA

Bezstyková kolej, teplota, kolejnice, měření, barva, nátěr, žárové zinkování, štěrkové lože

TITLE

Effect of Selected Technical Solutions on Rail Temperature

ABSTRACT

The aim of this work is to select suitable technical solutions that should contribute to the reduction of the rail temperature. On the basis of the selected technical solutions, to design and perform measurements on rail samples with subsequent evaluation of the measured data. After the evaluation, propose a solution applicable for application on railway tracks.

KEYWORDS

Continuous welded rail, temperature, rail, measurement, paint, coating, hot-dip galvanizing, ballast bed

SEZNAM ZKRATEK

BK	Bezstyková kolej
ČD	České Dráhy
UV	Ultra violet Ultra fialová
IR	Infra red Infra červená
VIS	Viditelné spektrum
VVCD	Výukové a výzkumné centrum v dopravě

OBSAH

ÚVOD	12
1. Bezстыková kolej	13
1.1. Historie	13
1.2. Teorie bezстыkové koleje	14
1.3. Technologie bezстыkové koleje	15
1.4. Podmínky pro zřizování BK	17
1.5. Hlavní požadavky na železniční svršek pro zřízení BK	17
1.6. Upínací teplota	19
1.7. Zřizování bezстыkové koleje	20
1.8. Poruchy bezстыkové koleje	20
1.8.1. Lom kolejnice	20
1.8.2. Ztráta stability bezстыkové koleje (vybočení)	22
2. Zahřívání povrchů vlivem slunečního záření	28
2.1. Složení slunečního záření	28
3. Existující opatření pro snížení teploty kolejnice	31
3.1. Kropení kolejnic vodou	31
3.2. Chladič na stojně kolejnice	31
4. Příklady využití nátěru pro snížení teploty kolejnice	32
4.1. Německo	32
4.2. Velká Británie	32
4.3. Švýcarsko	32
5. Specifikace vybraných technických řešení pro snížení teploty kolejnice	33
5.1. Nátěry	33
5.1.1. Colorlak Axapur U2219	33
5.1.2. Eternal Cool	33
5.1.3. Barva ve spreji	34

5.2.	Žárové zinkování.....	34
6.	Měření teplotních vlastností vybraných technických řešení	35
6.1.	Příprava vzorků kolejnic	35
6.2.	Měření vzorků na přímém slunci	36
6.2.1.	Popis měření.....	36
6.2.1.1.	Měřicí místo a schéma měření	36
6.2.1.2.	Samotné měření	39
6.2.2.	Provedení měření	41
6.2.2.1.	Příprava měřicího místa	41
6.2.2.2.	Samotné měření	43
6.2.3.	Prezentace naměřených hodnot.....	44
6.2.3.1.	Měření 17. 8. 2022 Měřicí schéma 1	44
6.2.3.1.1.	Čisté kolejové lože	44
6.2.3.1.2.	Znečištěné kolejové lože	46
6.2.3.2.	Měření 18. 8. 2022 Měřicí schéma 2	48
6.2.3.2.1.	Čisté kolejové lože	48
6.2.3.2.2.	Znečištěné kolejové lože	50
6.2.3.3.	Měření 7.9. 2022 Měřicí schéma 2	51
6.2.3.3.1.	Čisté kolejové lože	51
6.2.3.3.2.	Znečištěné kolejové lože	53
6.2.3.4.	Měření 9. 9. 2022 Měřicí schéma 1	55
6.2.3.4.1.	Čisté kolejové lože	55
6.2.3.4.2.	Znečištěné kolejové lože	57
6.2.4.	Výpočty	58
6.2.4.1.	Korekce naměřených hodnot podle referenční kolejnice	58
6.2.4.2.	Průměrné hodnoty jednotlivých vzorků.....	59
6.2.5.	Prezentace výsledků	60

6.2.5.1.	Na základě nejvyšších denních hodnot.....	60
6.2.5.1.1.	Výsledky měření na osluněné straně kolejnice	60
6.2.5.1.2.	Výsledky měření na zastíněné straně kolejnice.....	62
6.2.5.2.	Na základě průměrných korigovaných denních teplot	63
6.2.5.2.1.	Výsledky měření na osluněné straně kolejnice	63
6.2.5.2.2.	Výsledky měření na zastíněné straně kolejnic	64
6.2.6.	Vyhodnocení měření.....	65
6.2.6.1.	Na základě nejvyšších denních hodnot.....	65
6.2.6.1.1.	Vyhodnocení měření na osluněné straně kolejnice.....	65
6.2.6.1.2.	Vyhodnocení měření na zastíněné straně kolejnice	66
6.2.6.2.	Na základě průměrných korigovaných denních teplot	67
6.2.6.2.1.	Vyhodnocení měření na osvětlené straně kolejnice.....	67
6.2.6.2.2.	Vyhodnocení měření na zastíněné straně kolejnice.....	68
6.2.6.3.	Dle úrovně znečištění kolejového lože (podle hodnot naměřených na osluněné straně kolejnic).....	68
6.2.6.4.	Dle úrovně znečištění kolejového lože (podle hodnot naměřených na zastíněné straně kolejnic)	68
6.3.	Laboratorní měření za pomoci celospektrálních žárovek	69
6.3.1.	Popis měření.....	69
6.3.1.1.	Celospektrální žárovky	69
6.3.1.2.	Reflektor pro zahřívání kolejnicových vzorků	71
6.3.1.3.	Samotné měření	71
6.3.2.	Provedení měření	72
6.3.2.1.	Výroba reflektoru pro zahřívání kolejnicových vzorků.....	72
6.3.2.2.	Úprava kolejnicových vzorků.....	74
6.3.2.3.	Samotné měření	74
6.3.3.	Prezentace naměřených hodnot.....	78
6.3.3.1	Měření 15. 2. 2023	79

6.3.4.	Výpočty	82
6.3.4.1.	Průměrná doba ohřevu vzorku o 1 °C.....	82
6.3.5.	Prezentace výsledků	86
6.3.5.1.	Dle průměrné doby ohřevu vzorku o 1 °C	86
6.3.6.	Vyhodnocení.....	87
6.4.	Srovnání výsledků obou způsobů měření	88
7.	Výběr nejvhodnější varianty technického řešení pro snížení teploty kolejnice .	89
8.	Diskuse.....	90
ZÁVĚR		93
DOPORUČENÍ K DALŠÍMU VÝZKUMU		94
SEZNAM OBRÁZKŮ		95
SEZNAM GRAFŮ.....		97
POUŽITÁ LITERATURA		99
Přílohy		101
Příloha 1 Technický list barvy Colorlak Axapur 2219.....		101
Příloha 2 Technický list barvy ETERNAL mat akrylátový COOL.....		103
Příloha 3 Výrobní kroky při žárovém zinkování		105
Příloha 4 Technický list teploměru Testo 905-T2		110
Příloha 5 Technický list teplotní sonda Eclipsera modules.....		111
Příloha 6 Technické údaje teploměru WS9410		112
Příloha 7 Technický a kalibrační list dataloggeru Comet U0141 a teplotní sondy PT1000.....		113
Příloha 8 Technický list časové relé TC-GRT8-M1		117
Příloha 9 Kompletní naměřená data z měření na přímém slunci		120
Příloha 10 Kompletní naměřená data z laboratorního měření		126

ÚVOD

Konstrukce bezstykové koleje s sebou nese spoustu úskalí a je při ní nutné striktně dodržovat velké množství někdy až překvapivých pravidel. Málokoho z laické veřejnosti by například napadlo, že při zřizování konstrukce bezstykové koleje bude jedním z hlavních sledovaných parametrů teplota kolejnic, nebo že při extrémních hodnotách teploty kolejnice může dojít až k vykolejení drážního vozidla.

Tato práce ve své první části popisuje jevy spojené s teplotou kolejnic, které se vyskytují na trati s konstrukcí bezstykové koleje. Znárodnuje také rizika, která hrozí při velmi nízkých, či naopak velmi vysokých hodnotách teploty kolejnic. Práce se také věnuje tématu slunečního záření. Zde popisuje jeho složky a popisuje, jak moc se podílí na ohřívání povrchů. Dále popisuje na konkrétních příkladech způsoby, jakými lze docílit snížení extrémních teplot kolejnic, nebo jak zamezit jejich přílišnému ohřívání.

Poté se práce věnuje výběru vhodných technických řešení pro snížení teploty kolejnice, jako je například použití barevného nátěru několika odstínů od společnosti Colorlak. Aplikace nátěru od společnosti Eternal, nebo použití povrchové úpravy v podobě žárového zinkování.

Následně již popisuje dva způsoby měření, a to venkovní měření na přímém slunci, kde se kladl důraz především na autentičnost měření a laboratorní měření za pomoci celospektrálních žárovek, kde šlo především o zpřesnění naměřených dat.

Následně předkládá výsledky z obou měření, které vyhodnocuje. Na závěr je vybrána jedna, nejvhodnější varianta technického řešení na teplotu kolejnice, kterou byla zvolena dvousložková barva od společnosti Colorlak s názvem U2219 odstínu RAL9003 – čistě bílý odstín.

1. Bezстыková kolej

Bezстыková kolej je kolej, která místo dilatačních kolejnicových styků využívá svaření jednotlivých kolejí a výhybek. Počítá tak se vznikem osových sil od změn teplot vzhledem k neutrální teplotě. Neutrální teplotou se myslí teplota, při které je osová síla v kolejnici nulová. Při zřízení bezстыkové koleje se neutrální teplota rovná upínací. [11]

1.1. Historie

Od samého začátku stavby železnic byla používána technologie stykované koleje. Tato technologie spočívá v dilatačních kolejových stycích po úsecích tratě dlouhých tak, aby mezera v místě styku pokryla volnou teplotní dilataci kolejnic. Toto pravidlo bylo značně omezující pro délku kolejnic, které na konci 19. století dosahovaly délek pouhých 12-15 m. Dilatační styky sice umožňují volnou teplotní dilataci kolejnic, ale také způsobují nehomogenitu jízdní dráhy. Tato nehomogenita je zdrojem neklidnosti chodu železničních vozidel, hluku a častých závad. V průběhu času se hledaly způsoby vylepšení této technologie a tím i odstranění všech nežádoucích vlivů. První způsob takového vylepšení je prodlužování kolejnicových pásů a tím pádem redukování počtu styků v koleji. Tento způsob byl uplatňován v době již před druhou světovou válkou, kde docházelo ke zvětšení délek kolejnic na 30 až 60 m. K tak masivnímu zvětšování délek kolejnic přispěl také rozvoj exotermického svařování, které se od svého vynálezu v roce 1895 začalo šířit přes svařování tramvajových kolejí až k svařování běžných železničních drah. V Československu v roce 1937 Prof. Ing. Dr. Josef Vaverka, DrSc. přišel s vlastní teorií o redukci a vyloučení dilatačních spár, kterou dále rozpracovával ve svých vědeckých pracích. Ruku v ruce s těmito změnami šlo i postupné zlepšování konstrukce železničního svršku, upevnění kolejnic a všech konstrukčních částí. Důležitým zjištěním bylo, že vlivem teplotních změn není změna délky kolejnice úměrná její délce, neboť je bráněno v podélném posunu kolejnic odpory v upevnění, v místech styku kolejnicových pásů a následně odpory pražců v kolejovém loži. Na základě tohoto zjištění byla opuštěna teoretická úvaha o volné dilataci kolejnic s množstvím dilatačních styků a na její místo nastoupila konstrukce bezстыkové koleje. [1],[2],[11]

1.2. Teorie bezstykové koleje

V případě volně položené kolejnice hovoříme o fyzikálním zákonu o teplotní roztažnosti materiálu při změně teploty. Teplotní změna kolejnice se projevuje její délkovou změnou dle vztahu [11]:

$$[11] \quad \pm \Delta l = \alpha_t * l * (t - t_0) \quad (1.1)$$

Kde: Δl ...Změna délky kolejnice vlivem teploty [m]

α_t ...Koeficient lineární teplotní roztažnosti oceli [$11,5 * 10^{-6} 1/K$]

l ...Délka kolejnice [m]

t ...Aktuální teplota kolejnice [$^{\circ}C$]

t_0 ...Teplota před zahájením teplotní změny [$^{\circ}C$]

Pokud je kolejnici bráněno v dilataci upnutím kolejnice k pražcům, a zároveň na ni působí vlivy teplotních změn, dojde ke vzniku mechanického napětí v kolejnici. Při zvyšující se teplotě dojde ke vzniku tlakového napětí a při snižující se teplotě tahového napětí. Velikost mechanického napětí v kolejnici při nulové změně délky lze vypočítat dle vztahu [11]:

$$[5] \quad \sigma = E * \alpha * \Delta T = E * \alpha * (t - t_0) \quad (1.2)$$

Kde: α ... Koeficient lineární roztažnosti oceli [$11,5 * 10^{-6} 1/K$]

E ... Modul pružnosti [$215000 N/mm^2$]

ΔT ... Změna teploty [K]

σ ... Napětí v kolejnici [N/mm^2], (kladné hodnoty pro tlakové napětí, záporné pro tahové)

t ...Aktuální teplota kolejnice [$^{\circ}C$]

t_0 ...Neutrální teplota [$^{\circ}C$]

Vzhledem k tomu, že kolejnicová upevnění brání kolejnici ve volné dilataci, dochází v nich k podélným odporům. Aby mohlo dojít k prodloužení kolejnice, musí být

nejdříve tyto odpory překonány. Velikost podélných odporů je dána typem a kvalitou kolejnicového upevnění. Zavedení nejprve tuhého a později i pružného svěrkového upevnění přispělo ke zvětšení délek BK, neboť poskytovalo významně vyšší podélné odpory. Napětí v kolejnici při její částečné dilataci lze zjistit dle obecného vztahu [11]:

$$[5] \quad \sigma = \varepsilon * E - E * \alpha * \Delta T = \frac{\Delta l}{l} * E - E * \alpha * \Delta T \quad (1.3)$$

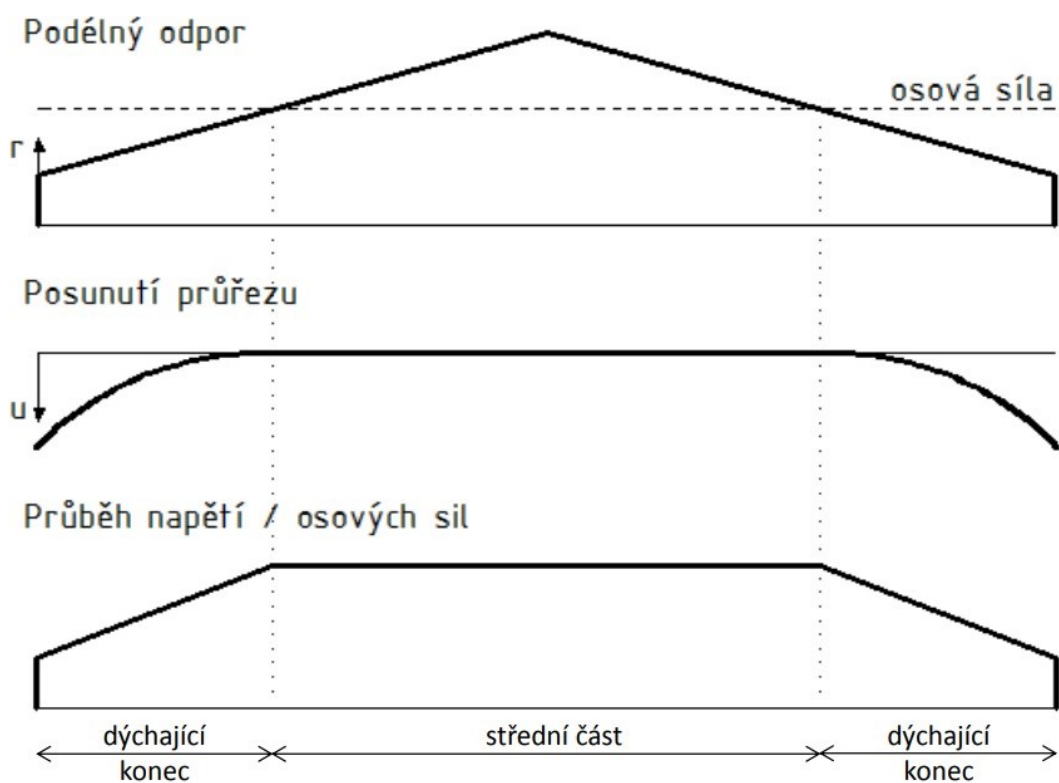
V našich středoevropských podmínkách uvažujeme teplotní rozpětí od -30 °C do +60°C. V případě upínací teploty rovné +20 °C vznikne možný teplotní rozdíl při ochlazení 50 °C, který vyvolá tahové napětí v bezстыkové koleji rovné 125 MPa. Při oteplení bude možný teplotní rozdíl roven 40 °C, což vyvolá tlakové napětí o hodnotě 100 MPa. [11]

1.3. Technologie bezстыkové koleje

Bezстыková kolej je tvořena dlouhými kolejnicovými pásy uchycenými pevným, ale pružným upevněním na podpory, nejčastěji na příčné pražce uložené do štěrkového kolejového lože. Výhodami bezстыkové koleje je menší opotřebení kolejnic a vozidel, nižší poruchovost a s tím spojené menší náklady na údržbu dráhy, klidnější a kvalitnější jízda, zvýšená bezpečnost provozu a snížení hluku. Během vývoje bezстыkové koleje byly v provozu tři typy této konstrukce: s dilatačním zařízením na koncích, s částečně regulovaným napětím a s plným napětím od teplotních změn. Postupem času se konstrukce bezстыkové koleje omezila na variantu s plným napětím od teplotních změn, která nijak neomezuje délku bezстыkové koleje a variantu s dilatačním zařízením na koncích, která se využívá například na mostních konstrukcích a v místech, kde je třeba snížit poruchovost bezстыkové koleje (dále BK). Zavedením lepených izolovaných styků se eliminovalo další omezení délky BK. [1],[2]

Účinky od teplotních změn se na různých částech BK projevují různě v závislosti na její délce. Zpravidla se jedná o rozdíly v koncových částech BK. Tyto koncové části nazýváme „dýchající konce“. Zde dochází k omezené dilataci způsobené překonáním odporů proti posunutí kolejnice, následnému prokluzu v upevnění a posunu pražců. Naopak v prostředních částech BK k teplotní dilataci kolejnicových pásů nedochází a vliv teplotních změn se zde projevuje pouze změnou mechanického napětí

v kolejnici. Při teplotách, které se liší od neutrální teploty kolejnice (teplota, při níž je v kolejnici nulové napětí od tepelného zatížení), dochází buď k napětí v tlaku v létě, nebo naopak k tahovému napětí v zimě [5]. Okamžitá délka dýchajících konců závisí na technickém stavu v jakém se nachází železniční svršek a teplotním rozdílu mezi neutrální teplotou a okamžitou teplotou konstrukce. Při největších teplotních rozdílech může délka dýchajících konců dosahovat až 75 m. Z této hodnoty lze vycházet v případě stanovení nejkratší délky BK. Vzhledem k tomu, že BK má vždy dva dýchající konce, je nejkratší délka BK rovna 150 m. Ukončení BK se nejčastěji provádí běžnými kolejnicovými styky. [1],[2]



Obrázek 1: Průběhy odporů, napětí a sil v dýchajících koncích BK [8]

1.4. Podmínky pro zřizování BK

„Při zřizování a udržování BK musí být dodrženy podmínky pro:

- a) konstrukci železničního svršku kolejí a výhybek podle předpisu ČD S 3 Železniční svršek,*
- b) kvalifikované řízení a kontrolu prací,*
- c) kvalifikovaný dozor objednatele a dohled správce dopravní cesty při realizaci a přejímání prací,*
- d) dokladování a evidenci údajů o zřizování a udržování BK, stanovených tímto předpisem.“ [3]*

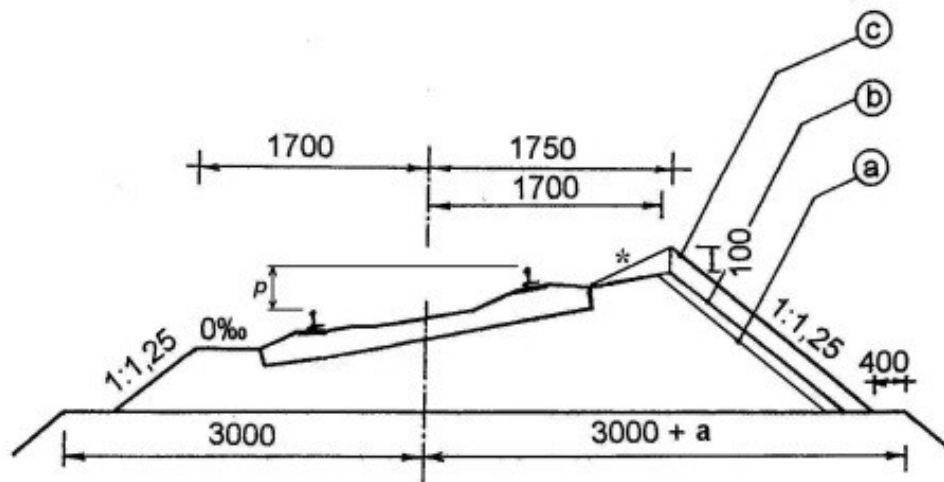
1.5. Hlavní požadavky na železniční svršek pro zřízení BK

Při zřizování bezстыkové koleje musí být dodržena spousta požadavků a zásad. V případě kolejnic jde především o jejich tvar. Povolené tvary pro zřízení BK jsou: 49 E1, T, 60 E1, 60 E2 a R 65. Při zřizování BK z nových kolejnic musí být zachována jejich celistvost a jakékoliv děrování není přípustné. Při použití vyzískaných kolejnic je nutná jejich defektoskopická prohlídka před jejich svařováním. Zřizování BK probíhá zpravidla za použití kolejnic stejného tvaru. V případě použití kolejnic rozdílného tvaru, je nutné se řídit pokyny uvedenými v předpise ČD S 3-4 Železniční svršek. [3]

Co se týče upevňovadel, je možné použít podkladnicové upevnění s žebrovými a rozponovými podkladnicemi, nebo i bezpodkladnicové upevnění. Použití výše zmíněných upevňovacích systémů pro účely BK má také svá omezení. Mezi tato omezení patří zákaz použití svěrek ŽS 3 a zákaz upevnění kolejnic tvaru R 65 do podkladnicových upevnění používajících rozponové podkladnice. [3]

Pro účely zřízení BK je možné použití dřevěných, ocelových i betonových pražců. V případě použití dřevěných, nebo ocelových se musí jednat o pražce s rozdělením nejméně „d“ (610 mm) a hustším. Betonové pražce musí mít rozdělení „c“ (675 mm) a hustší. [3]

„BK lze zřizovat v přímé a v obloucích se zapuštěným i otevřeným kolejovým ložem. Rozměry otevřeného kolejového lože jsou uvedeny na obr.1 v závislosti na směrových poměrech podle tabulky 1. Tloušťka kolejového lože se upraví podle předpisu ČD S 3 Železniční svršek, Část desátá. Při novostavbách a modernizacích musí být zemní těleso rozšířeno tak, aby byla zachována šíře banketu podle vzorových listů i při rozšíření kolejového lože podle obr.1. Při nedostatečné šířce pláně tělesa železničního spodku bude o zřízení BK rozhodnuto na základě posouzení technické a investiční náročnosti úprav železničního spodku.“ [3]



Obrázek 2: Uspořádání kolejového lože [3]

„a) základní profil podle předpisu ČD S 3 Železniční svršek, Část desátá pro poloměry oblouku ve sloupci 3 (pro $r \geq 600$ m),

b) s rozšířením pro poloměry oblouku ve sloupci 4,

c) s rozšířením a nadvýšením pro poloměry oblouku ve sloupci 5 až 8, kde * je tvar povrchu po nasypání kameniva,

a je rozšíření pláně tělesa železničního spodku,

p je převýšení koleje.“ [3]

Zřízení BK je možné v přímé i v obloucích až do poloměru oblouku $r = 600$ m. V případě menšího oblouku je nutné se řídit podmínkami z tabulky 1. Pro ostatní koleje v zapuštěném kolejovém loži je možné zřizovat BK v přímé a v obloucích o poloměru $r \geq 180$ m. [3]

Pražce	Kolejnice	Poloměr oblouku r [m] pro kolej s:					
		profilem kol.lože podle obr.1a	profilem kol.lože podle obr.1b	profilem kolejového lože podle obr.1 c			
				bez praž. kotev	s pražcovými kotvami na každém		
			3. pražci		2. pražci	pražci	
1	2	3	4	5	6	7	8
Dřev.	S49,T	≥600	≥550 <600	≥400 <550	≥350 <400	≥300 <350	≥250 <300
	R 65, UIC 60		podle sloupce 3	≥470 <600	≥400 <470	≥360 <400	≥300 <360
Beton.	všechny tvary		≥500 ^x <600	≥330 ^x <500	≥270 ^x <330	≥230 ^x <270	≥200 ^x <230
			≥550 ^{xx} <600	≥400 ^{xx} <550	≥330 ^{xx} <400	≥280 ^{xx} <330	≥250 ^{xx} <280

Pozn.: ^x při rozdělení pražců „d“ a hustším
^{xx} při rozdělení pražců „c“

Tabulka 1: Minimální poloměry oblouků BK pro určité typy pražců a kolejnic [3]

1.6. Upínací teplota

„Upínací teplota je teplota kolejnic, nebo teplota odpovídající uměle vyvolané změně délky kolejnicových pásů napínáním nebo ohřevem, při svaření závěrného svaru a upnutí těchto kolejnicových pásů.“ [3]

Důležité je také teplotní rozmezí kolejnic dovolené upínací teploty, které je určeno předpisem a nabývá hodnot od +17 do +23 °C. Pokud se teplota kolejnicových pásů nachází v tomto teplotním rozmezí, je možné kolejnicové pásy svařit závěrnými svary bez další úpravy napětí. Konkrétní hodnotu upínací teploty si volí místní správa drah, avšak přednostně se provádí svařování závěrných svarů při horním okraji rozmezí dovolené upínací teploty s ohledem na místní převládající klimatické podmínky. [5] Teplotu kolejnicových pásů je dovoleno měřit kalibrovaným digitálním kontaktním teploměrem, který se přikládá na zastíněnou stranu stojiny kolejnice. Oba kolejnicové pásy se svařují závěrnými svary při stejné upínací teplotě s maximálním rozdílem teplot 3 °C. [3]

1.7. Zřizování bezстыkové koleje

Maximální délka kolejnicových pásů pro zřízení BK v přímé koleji je 450 m, v obloucích o malém poloměru potom 250 m. Zřízení BK v obloucích o malém poloměru probíhá přednostně, a to z kolejnicových pásů svařovaných na roštu, nebo ve stabilní svařovně. Mezi svařením závěrných svarů a zahájením provozu musí být minimální prodleva kvůli deformaci konců kolejnicových pásů způsobené provozem. Svařování závěrných svarů probíhá v rozmezí dovolené upínací teploty. V případě vyšších teplot kolejnic nad rámec dovoleného rozmezí, je nutné svařování závěrných svarů odložit na období nižších denních teplot. Naopak pokud je teplota kolejnic pod spodní hranicí dovolené upínací teploty, je možné této teploty dosáhnout ohřevem kolejnic, nebo jejich napínáním pomocí napínacího zařízení. Z kolejnicových pásů vyvezených a upnutých mimo rozmezí dovolené upínací teploty musí být do 3 měsíců zřízena BK. V opačném případě musí dojít k úpravě upínací teploty v rozmezí dovolené upínací teploty. V obloucích o malých poloměrech je povoleno použití napínacího zařízení až při teplotách kolejnic $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ a vyšších. Toto pravidlo platí z důvodu potřebného omezení radiálních sil, které působí dovnitř oblouku a při napínání kolejnicových pásů za příliš nízkých teplot by působení těchto sil mohlo způsobit vychýlení z plánované geometrie kolejnic. Při svařování závěrných svarů musí být kolejnicové pásy vždy uvolněny v celé délce bez ohledu na teplotu, při jaké byly v koleji svařovány, nebo do koleje vloženy. Musí být zajištěna jejich volná dilatace jejich uložením na kluzné podložky v podobě válečků, kuliček apod. tak, aby nedocházelo k jejich styku s kolejnicovými podporami. V případě svařování závěrného svaru konce kolejnicového pásu, musí být tento konec v délce 20 m uložen na plochách kolejnicových podpor. K odstranění kluzných podložek může dojít, až po dosažení délky kolejnicového pásu, která odpovídá požadované upínací teplotě. [3]

1.8. Poruchy bezстыkové koleje

Teplotní změny od neutrální teploty a s tím související nárůst osových sil v BK mohou zapříčinit dvojí typ poruchy. [8]

1.8.1. Lom kolejnice

Vlivem nízkých teplot hluboko pod bodem mrazu mimo rozmezí dovolené upínací teploty a souběžným růstem normálových napětí v BK roste i riziko křehkého lomu

kolejnice. Po lomu kolejnice dojde v BK k vytvoření malé spáry, která zpravidla nepřesahuje 75 mm. Velikost této spáry ovlivňuje kvalita kolejového lože a drážebnost upevňovadel, což by se dalo charakterizovat jako podélný odpor koleje. Změna distribuce osových sil v BK při křehkém lomu kolejnice se podobá teorii osových sil v dýchajících koncích bezstykové koleje jen s rozdílem, že velikost podélné síly na nově vzniklém konci BK v místě lomu kolejnice se uvažuje rovna nule. Lom kolejnice není tak nebezpečný jako její vybočení. Zpravidla nepůsobí vykolejení kolejového vozidla. Vada tohoto typu je také dobře indikovatelná zabezpečovacím zařízením a kolejovými obvody, a to z důvodu jejich přerušení v místě vzniklého lomu kolejnice. [6],[8]



100/200

Obrázek 3: Křehký lom kolejnice [4]

1.	2.	3.
100 200	A A	Křehký lom bez zřejmé příčiny

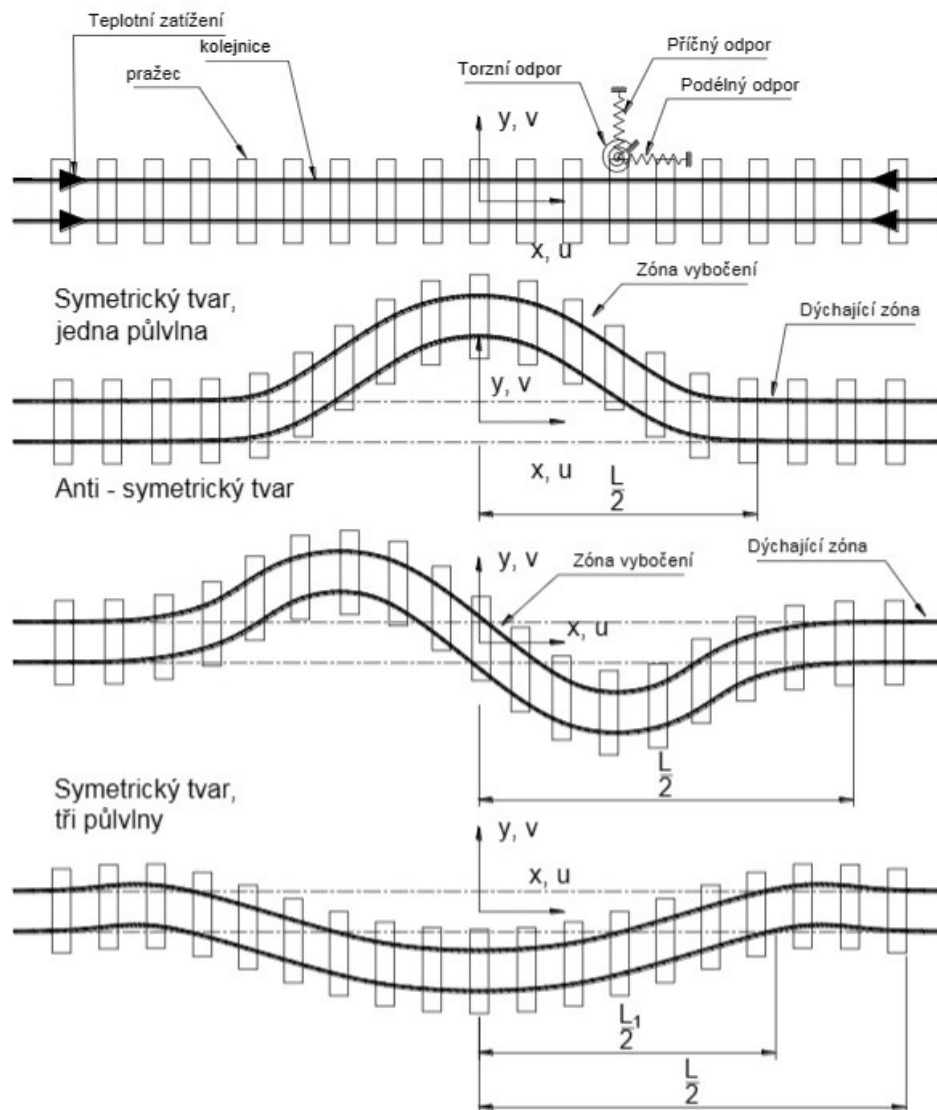
Tabulka 2: Popis vady: Křehký lom kolejnice [4]

„Příčina: Nadměrná tahová napětí v kolejnicích bezstykové koleje, špatný stav trati vyvolávající velká ohybová napětí v kolejnicích, účinky plochých kol nebo překročení

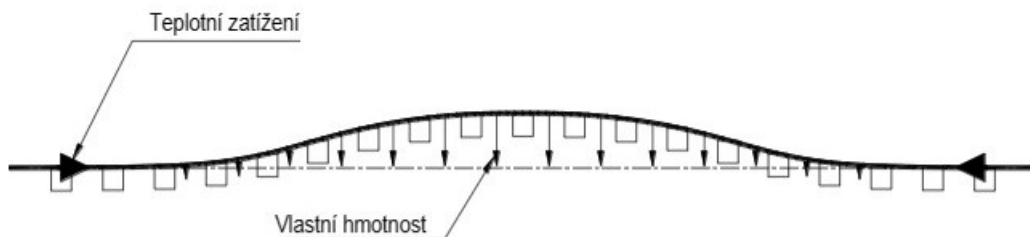
dovoleného zatížení a také lámavost kolejnicové oceli za studena mohou způsobit příčné lomy kolejnic, a to zejména při nízkých teplotách.“ [4]

1.8.2. Ztráta stability bezстыkové koleje (vybočení)

Při kladném teplotním přírůstku za zvyšujícího se tlakového napětí v BK je kolejový rošt vzpěrně namáhán a hrozí ztráta jeho stability s následným vybočením bezстыkové koleje. K vybočení může dojít jak ve svislé, tak i ve vodorovné rovině, avšak vybočení ve svislé rovině je méně časté. Při vybočení BK ve vodorovné rovině dochází k bočním výchylkám od 0,5 až do 0,75 m na vlnové délce poruchy od 8 do 20 m. Takové výchylky ohrožují jízdu kolejového vozidla značným způsobem a mohou způsobit jeho vykolejení. Jelikož se jedná o vzpěr, lze uvažovat několik nejčastějších tvarů výsledné deformační křivky. Tyto tvary jsou závislé na průběhu počátečních imperfekcí geometrie koleje. [6],[8]



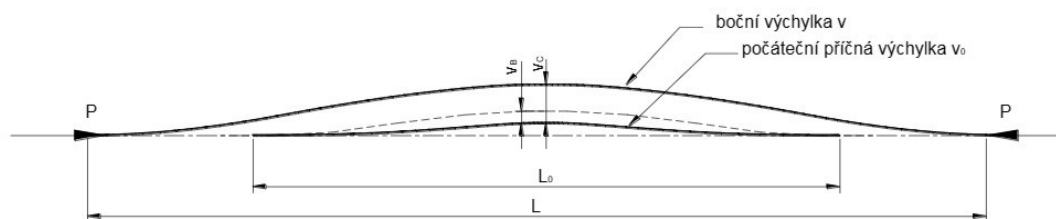
Obrázek 4: Základní tvary ztráty stability BK ve vodorovné rovině [8]



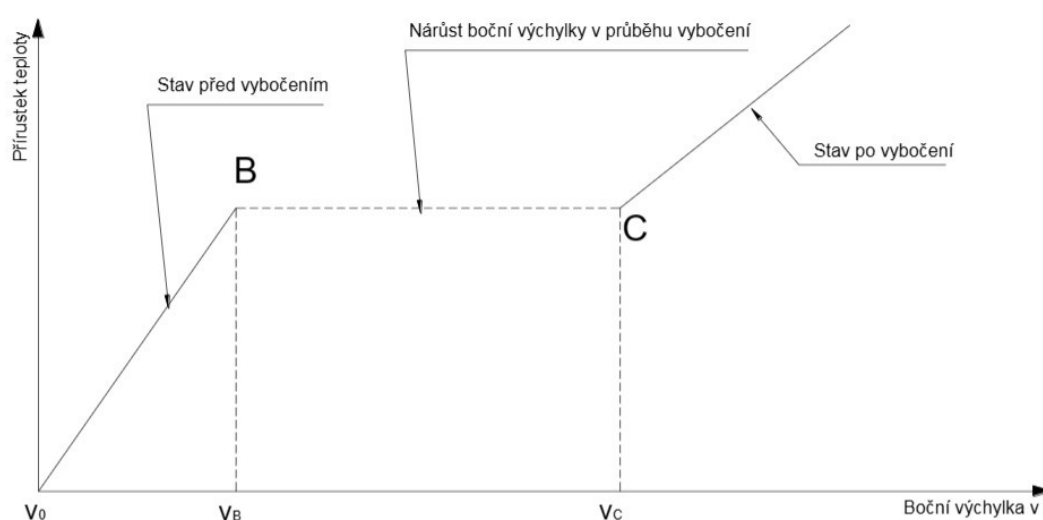
Obrázek 5: Tvar ztráty stability BK ve svislé rovině [8]

Ideálním případem je dlouhý přímý úsek BK bez příčných odchylek od ideální geometrie. V takovém případě jsou příčné síly vyvolané změnou teploty na kolejový rošt minimální a působí na něj především ty podélné. Teprve v zakřivených úsecích, při směrovém vychýlení koleje, nebo v případě příčných odchylek od ideální

geometrické polohy koleje nabývají příčné síly na kolejový rošt větších hodnot. Tyto příčné síly se podstatným způsobem podílí na vybočení bezстыkové koleje. [8],[10]



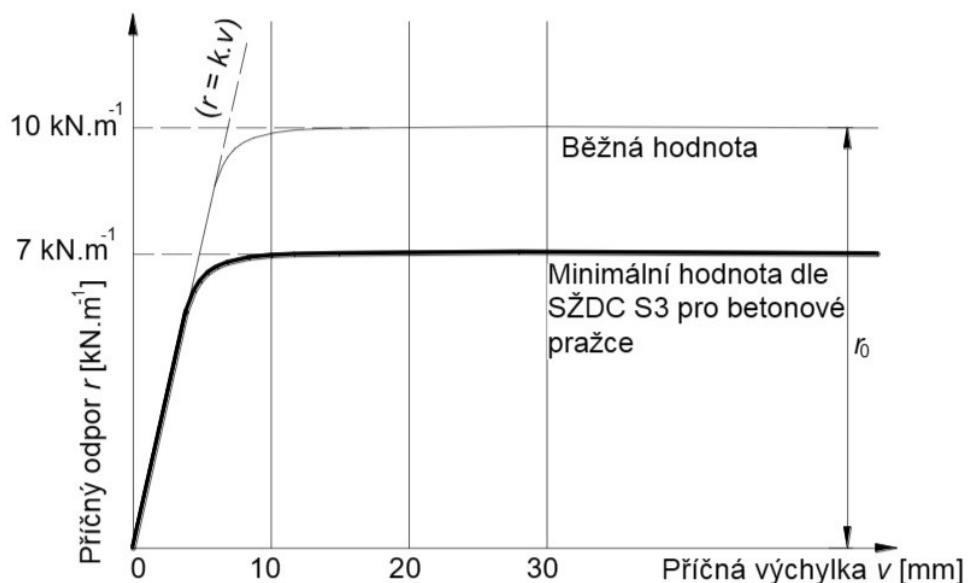
Obrázek 6: Nárůst boční výchylky v závislosti na počáteční výchylce [10]



Graf 1: Nárůst boční výchylky v závislosti na počáteční výchylce [10]

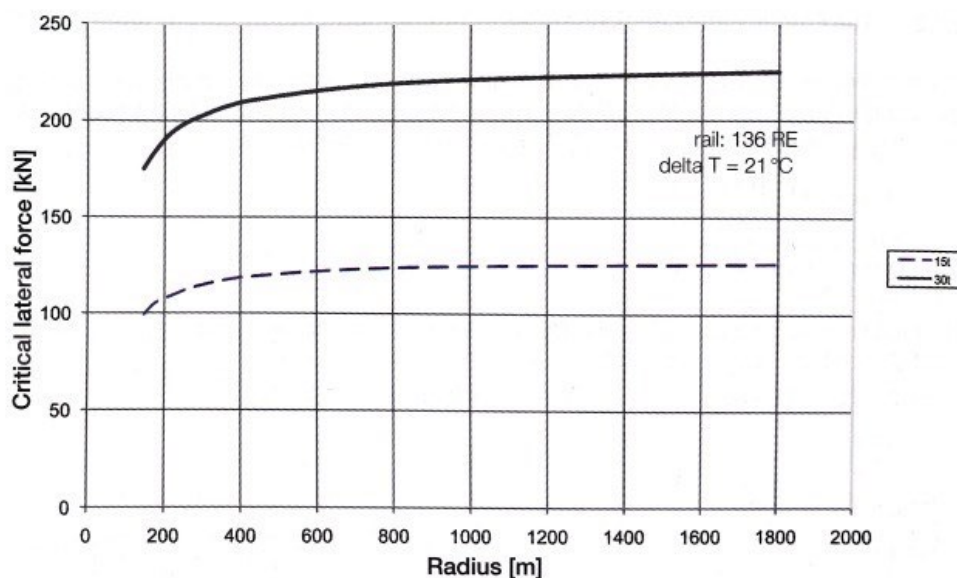
Aby došlo k vybočení bezстыkové koleje, musí být podélné, nebo příčné síly větší než podélný, nebo příčný odpor koleje. Podélný odpor zahrnuje odpor v uzlu upevnění a odpor prážců v podélném směru. Velikost příčného odporu se odvíjí od tuhosti a hmotnosti kolejového roštu, druhu kolejnicových podpěr, stavu a parametrů kolejového lože jako jsou míra homogenizace použitého kameniva, tloušťka vrstvy, tvar příčného profilu. [6],[8]

Běžná hodnota příčného odporu pro betonové prážce činí 10 kN.m^{-1} . Redukovaná průměrná hodnota pak činí 7 kN.m^{-1} . [11]



Graf 2: Typický průběh příčného odporu v závislosti na příčné výchylce koleje [10]

Zvláštním případem vybočení je tzv. dynamické vybočení bezстыkové koleje, které má na svědomí většinu případů vybočení. Při kritickém teplotním přírůstku se bezстыková kolej dostává do oblasti možného dynamického vybočení. V tomto případě kolej vybočí za dostatečného přispění vnějších sil, například jízdy kolejového vozidla. Tento stav předchází stavu určitého vybočení ke kterému dojde při dalším teplotním přírůstku. [7],[8]

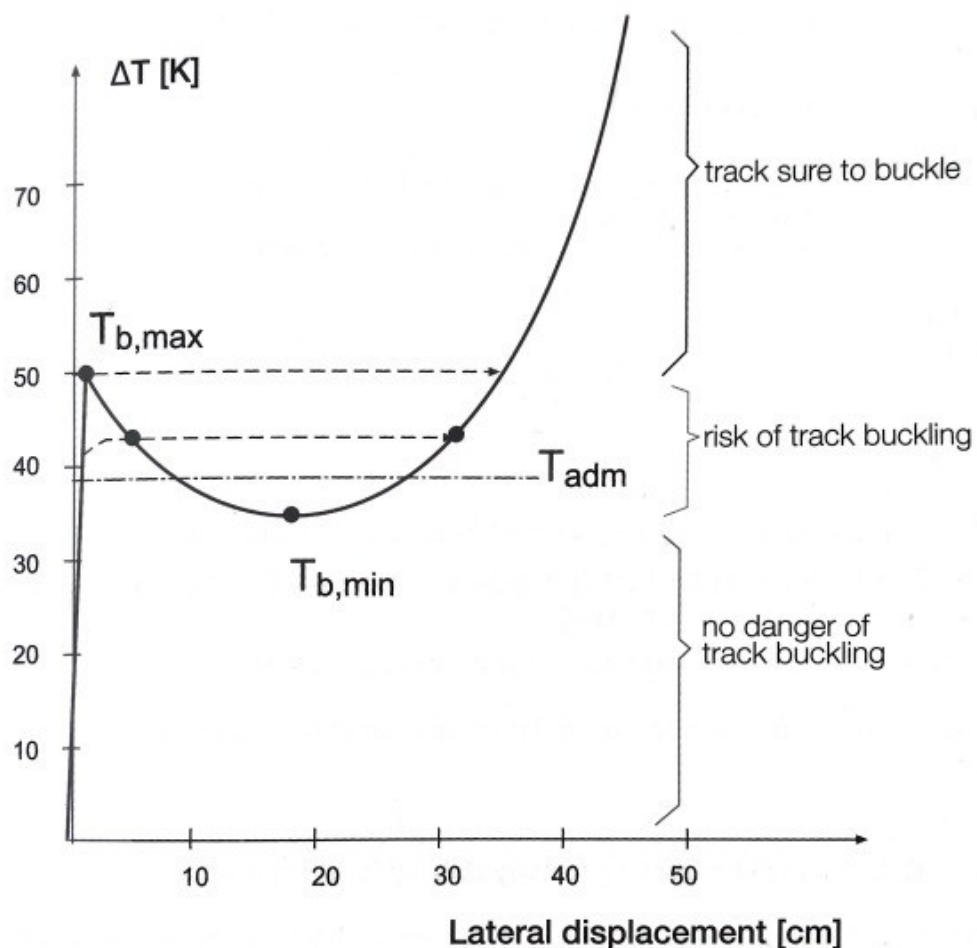


Graf 3: Kritická příčná síla v závislosti na nápravovém zatížení a poloměru oblouku [5]

Kritický teplotní přírůstek ΔT_{crit} , při kterém lze očekávat nestabilní chování bezstykové koleje za dané hodnoty defektu koleje f , je důležitým parametrem pro výpočet stability koleje. Pro zabránění vybočení BK musí být hodnota ΔT_{crit} větší než skutečná hodnota teplotního přírůstku ΔT , která se nachází v rozmezí 45 až 50 °C. Rozdíl mezi skutečným teplotním přírůstkem ΔT a kritickým teplotním přírůstkem ΔT_{crit} by se měl nacházet v rozmezí 10 až 50 °C. [5]

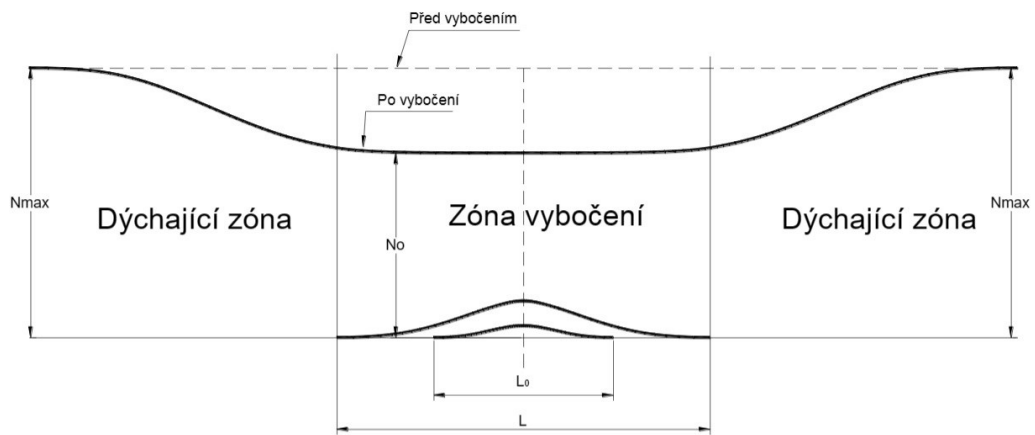
Přípustný teplotní přírůstek T_{adm} dle UIC51:

$$[5] \quad T_{adm} = T_{b,min} + 0,25 * (T_{b,max} - T_{b,min}) \quad (1.4)$$



Graf 4: Teplotní přírůstek v závislosti na příčném posunutí koleje [5]

Podobně jako v případě lomu kolejnice i po vybočení dochází k poklesu podélných osových sil v okolí vybočení. Tyto síly mají charakter dýchajících konců.



Obrázek 7: Rozložení podélných sil v kolejnici v okolí místa vybočení [10]

2. Zahřívání povrchů vlivem slunečního záření

2.1. Složení slunečního záření

Sluneční záření zahrnuje širokou oblast elektromagnetického vlnění. Všechny oblasti elektromagnetického vlnění se pohybují rychlostí světla, avšak rozdíl je v jejich kmitočtu f . Pokud známe hodnotu rychlosti světla ve vakuu c a kmitočtu určité oblasti elektromagnetického vlnění, můžeme vypočítat její vlnovou délku λ dle vztahu [9]:

$$[9] \quad \lambda = \frac{c}{f} \quad (2.1)$$

Kde: λ ... vlnová délka elektromagnetického záření

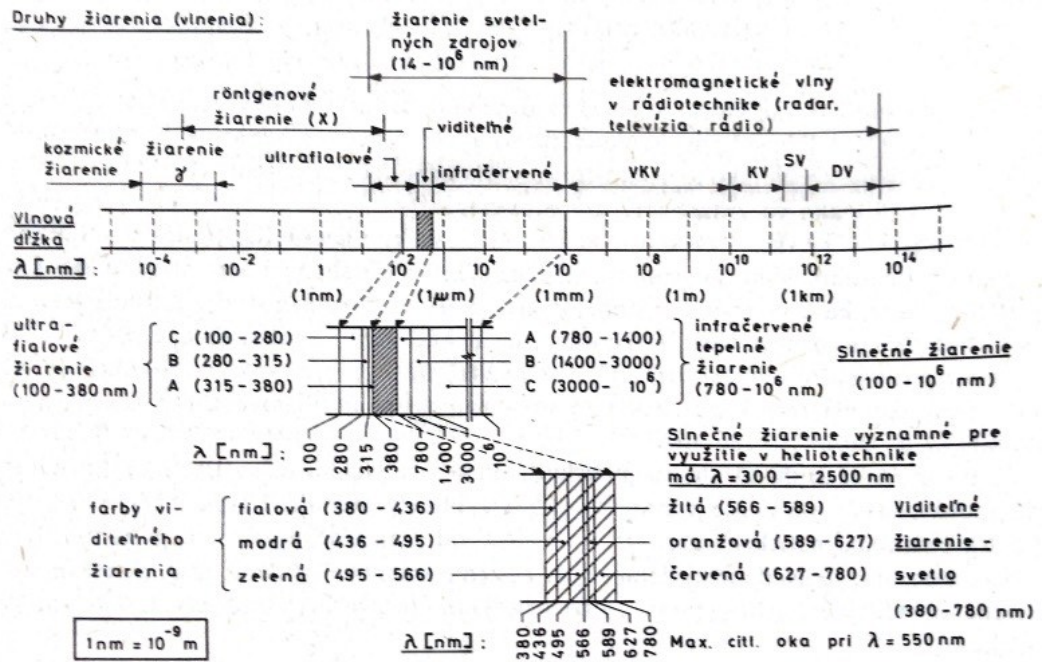
c ... rychlost světla ve vakuu

f ... kmitočet elektromagnetického záření

Dle hodnot vlnových délek lze spektrum elektromagnetického záření produkovaného Sluncem rozdělit do několika kategorií:

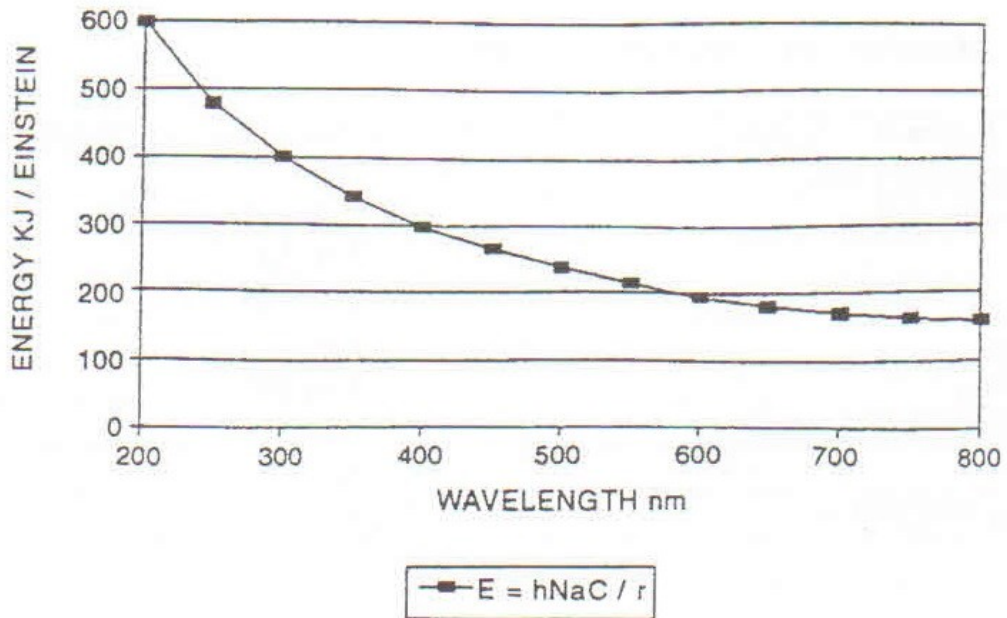
- 1+ km - 10^6 nm Rádiové záření
- 1 m – 10^6 nm Mikrovlnné záření
- 10^6 - 780 nm Infračervené záření (IR)
- 780 - 380 nm Viditelné světelné záření
- 380 – 10 nm Ultrafialové záření (UV)
- 10 – 0,01 nm Rentgenové záření (X)
- <0,01 nm Gamma záření

[9]



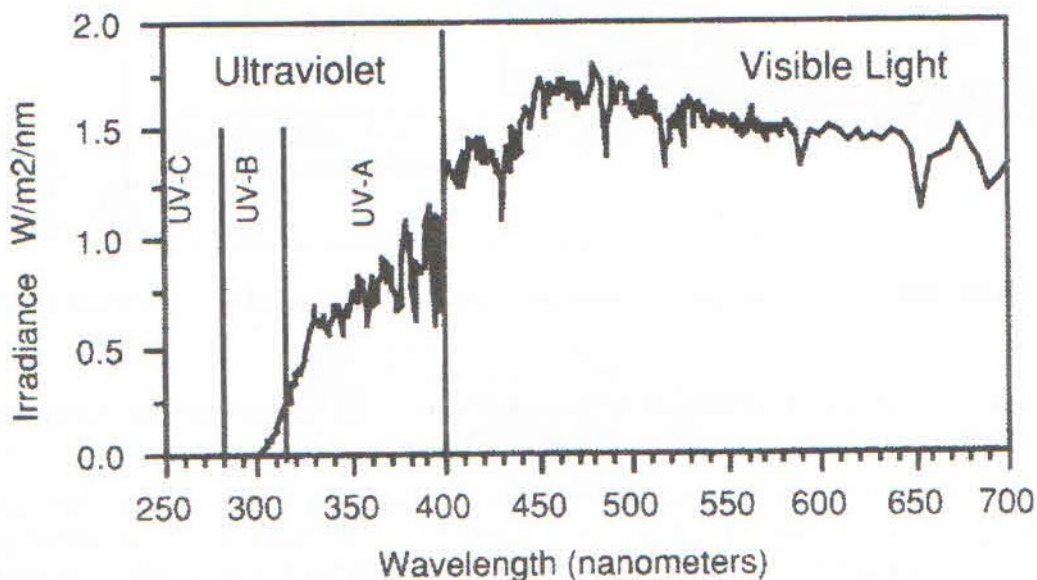
Obrázek 8: Schéma druhů elektromagnetického záření v závislosti na vlnových délkách [9]

Obecně platí, že se zvyšující se vlnovou délkou ubývá množství energie, které dané záření přenáší. Rádiové záření je nosičem zanedbatelného množství energie, naopak rentgenové a gamma záření nese energie nejvíce. [9],[13]



Graf 5: Energie fotonu v jednotlivých vlnových délkách [12]

Slunce vyzařuje elektromagnetické záření téměř v celém jeho spektru. Zahrnuje malé množství rádiového, mikrovlnného, rentgenového a gamma záření. Pouze v případě anomálií, jako jsou sluneční bouře se poměr těchto typů záření může zvýšit. [9],[13]



Graf 6: Vlnové délky slunečního světla při dopadu na zemský povrch [12]

Energeticky nejvýznamnější oblast slunečního záření je od 380 nm do 3000 nm, což zahrnuje celou oblast viditelného záření a infračervené záření typu A a typu B. Viditelná část spektra je zdrojem světla a v menší míře přenáší i tepelnou energii. [9],[13]

V oblasti kratší vlnové délky (<380 nm) přechází viditelné spektrum do ultrafialového záření. Ultrafialové záření není viditelné pouhým okem, avšak projevy UV typu A a typu B lze pozorovat na lidské kůži v podobě opálení. Kratší vlnové délky jako je UV typu C, rentgenové záření a záření gamma jsou pro člověka nebezpečné a jsou zcela pohlceny zemskou atmosférou. [9],[13]

V oblasti delší vlnové délky světelného záření (>780 nm) přechází oblast červené barvy viditelného spektra do infračerveného záření. Infračervené záření je v největší míře nosičem tepelné energie, a to především IR typu A a typu B. IR typu C se zvětšující se vlnovou délkou ztrácí energii až do bodu, kde plynule přechází v mikrovlnné a rádiové záření. [9],[13]

3. Existující opatření pro snížení teploty kolejnice

3.1. Kropení kolejnic vodou

Studie provedená Illinoiskou univerzitou v Urbana-Champaign zkoumala účinnost zavlažování kolejí na snižování teploty kolejí. Studie zjistila, že zalévání kolejí může v horkém počasí pomoci snížit teplotu kolejnic až o 8-11 stupňů Celsia. [14]

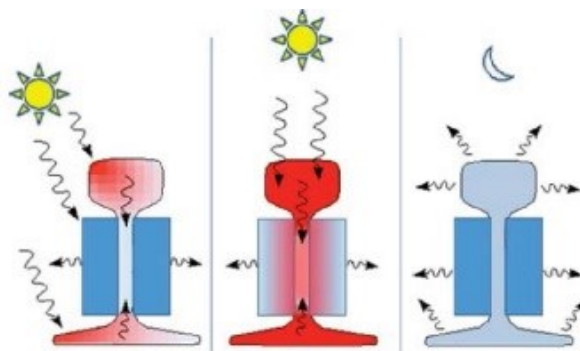
V praxi se tento způsob snižování teploty kolejnice používal například ve Švýcarsku, kde v horkých letních dnech probíhalo chlazení kolejnic vodou z cisteren hned na několika úsecích v odpoledních hodinách, kdy teplota kolejnic nabývá kritických hodnot. [15]

3.2. Chladič na stojně kolejnice

Společnost Physical Sciences Inc. z Massachusetts, USA vyvinula pasivní řešení pro omezení maximálních teplot železniční kolejnice. Systém řízení teploty kolejnice Rail Temperature Control System (RTCS) prokázal schopnost snížit teplotu kolejnice ve špičce až o 7 °C. [16]

RTCS je sada profilů čtvercového průřezu namontovaných na stojně kolejnice ke zmírnění teplotních výkyvů během špičkových hodin slunečního záření. Toto zařízení lze přizpůsobit konkrétním teplotním rozsahům a neutrálním teplotám kolejnic, aby se co nejúčinněji omezila maximální teplota kolejnice a minimalizovala se teplotní roztažnost. [16]

RTCS absorbuje tepelnou energii z oceli, když kolejnice prochází solárním ohřevem a může zabránit tomu, aby kolejnice dosáhla teplotně nebezpečné zóny pro vybočení. [16]



Obrázek 9: Schéma fungování systému RTCS [16]

4. Příklady využití nátěru pro snížení teploty kolejnice

4.1. Německo

Během léta roku 2019 opatřily Deutsche Bahn bílým emulzním nátěrem na vodní bázi zkušební úsek dlouhý 1 km mezi Hannoverem a Würzburgem. Tato aplikace následovala po aplikaci nátěru na prvním zkušebním úseku v Německu, v Königsbornu. Deutsche Bahn vyhodnocuje nejen vliv těchto nátěrů na teplotu kolejnice, ale také jejich opotřebení a znečištění v čase na zkušebních úsecích, které jsou vystaveny silnému provozu a často nepříznivým povětrnostním podmínkám. [17]

4.2. Velká Británie

Ve Velké Británii se potýkají s negativními vlivy přehřívání kolejnic v letních měsících například snížením rychlosti na kritických úsecích v období největších veder jako prevenci před dynamickým vybočením koleje, nebo možnosti včasného zastavení při zjištění takové závady na trati při jízdě vlaku. [19]

Kromě tohoto pasivního řešení byl aplikován nátěr bílé barvy na kolejnice a klíčové části tratě v létě roku 2022 v Londýnské části Vauxhall, aby se zamezilo nadměrnému zahřívání kolejnic. [19]

4.3. Švýcarsko

Ve Švýcarsku byl bílý nátěr kolejnic aplikován v létě roku 2019 na úseku tratě nedaleko Solothurnu. Bylo zjištěno, že se vlivem nátěru kolejnice zahřívají o 3 – 7 °C méně. Kromě toho bylo zjištěno, že vlivem provozu dochází ke znečištění nátěru a tím klesá jeho účinnost. [18]

Některé kritické úseky ve Švýcarsku by v budoucnu mohly jako ochranu proti přehřívání používat právě nátěr bílou barvou oproti kropení kolejnic vodou, nebo zvyšování upínací teploty, které se používá nyní. [18]

5. Specifikace vybraných technických řešení pro snížení teploty kolejnice

5.1. Nátěry

Pro účely měření byly vybrány dva typy nátěrů od různých výrobců. Hlavní kritéria pro výběr nátěrů byly jejich možné pozitivní ovlivnění teploty kolejnice při vystavení slunečnímu svitu a zvýšená odolnost proti mechanickému poškození nátěru od železničního provozu.

5.1.1. Colorlak Axapur U2219

Tato barva byla vybrána na základě doporučení zástupce firmy Colorlak pana Ing. Jiřího Sedláře. Jedná se o polyuretanovou dvousložkovou jednovrstvou barvu vhodnou jak k základním, tak i vrchním nátěrům viz. příloha 1.

Pro účely bakalářské práce byla tato barva vybrána a namíchána ve čtyřech provedeních s různými pigmenty.

Bílý pigment reprezentuje variantu, která je nejvíce užívaná pro potřeby menšího zahřívání povrchů. Šedý pigment reprezentuje bílou variantu po určité době používání, kdy dojde k jejímu znečištění a sníží se její účinnost. Pigment s příměsí hliníkových částí a funkční pigment v oblasti VIS a IR záření jsou experimentálními vzorky, které mohou svými vlastnostmi překvapit.

1. RAL 9003 – odstín nejsvětější bílé
2. RAL 7035 – odstín šedé
3. RAL 9006 – s příměsí hliníkových pigmentových částí
4. VIS a IR – funkční pigment odrážející viditelné a infračervené spektrum záření

5.1.2. Eternal Cool

Tato barva byla vybrána jako doplňkový vzorek kvůli přítomnosti tzv. Cool pigmentu, který má za cíl zvýšit odrazivost tepelné části spektra slunečního záření a tím snížit zahřívání povrchu.

Je to akrylátová disperzní nátěrová hmota pro stavebnictví a aplikaci na střešních krytinách viz. příloha 2.

Barva obsahující Cool pigmenty je nabízena pouze v odstínu černá, nebo antracit. Pro měření byla vybrána světlejší varianta, tedy antracit.

Zařazením této barvy do měření se bude ověřovat Cool pigment a jeho schopnosti odrážet tepelné sluneční záření při tmavém odstínu antracit, v porovnání se světlejšími odstíny ostatních vzorků včetně vzorku bez povrchové úpravy.

5.1.3. Barva ve spreji

Barva ve spreji byla potřebná při venkovním měření pro vytvoření tmavého podkladu kolejnic. Tento podklad byl tvořen vrstvou šterku a jeho obarvením barvou tmavého odstínu mělo za cíl simulovat prostředí, kde se vyskytuje znečištěné kolejové lože a zjistit, zda se znečištěné kolejové lože podílí na zahřívání kolejnic.

Pro tyto účely byla vybrána barva Dupli – color Aerosol ART v odstínu RAL8017 – čokoládově hnědá, matná. Jedná se o barvu ve spreji pro víceúčelové použití.

5.2. Žárové zinkování

Žárové zinkování bylo vybráno na základě jeho odrazivosti a lesklého povrchu, který by mohl být zdrojem zajímavých výsledků měření.

Jedná se o proces pokovení, při kterém jsou ocelové součásti ponořeny do tekutého zinku o teplotě 450 °C. Vzájemnou chemickou reakcí pak vznikne povlak zinku na ocelové součásti.

Kompletní popis procesu žárového zinkování je uveden v příloze č.3 v dokumentu zinkovny WIEGEL s.r.o., kde bylo provedeno žárové zinkování kolejnicových vzorků pro účely měření.

6. Měření teplotních vlastností vybraných technických řešení

Pro zjištění vlivu technických řešení na teplotu kolejnice v letních měsících byly uskutečněny celkem dva experimenty.

6.1. Příprava vzorků kolejnic

Pro účely experimentů bylo v areálu VVCD Doubravice dostupných celkem sedm vzorků kolejnice typu UIC 60 E2. Tyto vzorky kolejnic již měly požadovanou délku pro experimenty 1m, a tak nebylo nutné dále upravovat jejich rozměry. Pro nanesení povrchové úpravy v podobě nátěrů a žárového zinkování bylo nutné odstranění povrchové koroze obrusem.



Obrázek 10: Příprava kolejnicových vzorků na nanesení povrchové úpravy

Po odstranění povrchové koroze bylo možné nanesení povrchových úprav. V případě nátěrů byla každá kolejnice využita pro dva různé vzorky nátěru tak, že na každou stranu kolejnice byl nanesen jiný vzorek nátěru. U žárového zinkování bohužel nebylo možné kolejnici takto efektivně využít, proto byl pozinkován celý povrch kolejnice.

Vzorek kolejnice	Typ povrchové úpravy	
1	Strana 1	Žárové zinkování
	Strana 2	Žárové zinkování
2	Strana 1	Žárové zinkování
	Strana 2	Žárové zinkování
3	Strana 1	Colorlak Axapur U2219 RAL 9003 (bílá)
	Strana 2	Bez povrchové úpravy
4	Strana 1	Colorlak Axapur U2219 RAL 9003 (bílá)
	Strana 2	Bez povrchové úpravy
5	Strana 1	Colorlak Axapur U2219 RAL 7035 (šedá)
	Strana 2	Colorlak Axapur U2219 VIS a IR záření
6	Strana 1	Colorlak Axapur U2219 RAL 7035 (šedá)
	Strana 2	Colorlak Axapur U2219 RAL 9006 (hliník)
7	Strana 1	Colorlak Axapur U2219 VIS a IR záření
	Strana 2	Colorlak Axapur U2219 RAL 9006 (hliník)

Tabulka 3: Přehled povrchových úprav na kolejnicových vzorcích

6.2. Měření vzorků na přímém slunci

Účelem měření bylo se co nejvíce přiblížit podmínkám, které panují na železnici v letním období a určit přibližné teplotní rozdíly mezi jednotlivými povrchovými úpravami.

Měření spočívalo ve vystavení vzorků přímému slunečnímu svitu ve venkovním prostředí, sledování teploty jejich povrchu v průběhu dne a zaznamenávání těchto hodnot spolu s údaji o teplotě vzduchu a aktuální oblačnosti v hodinových intervalech.

Měření probíhalo v areálu VVCD Doubravice od 17. 8. 2022 do 9. 9. 2022 celkem v pěti měřicích dnech.

6.2.1. Popis měření

6.2.1.1. Měřicí místo a schéma měření

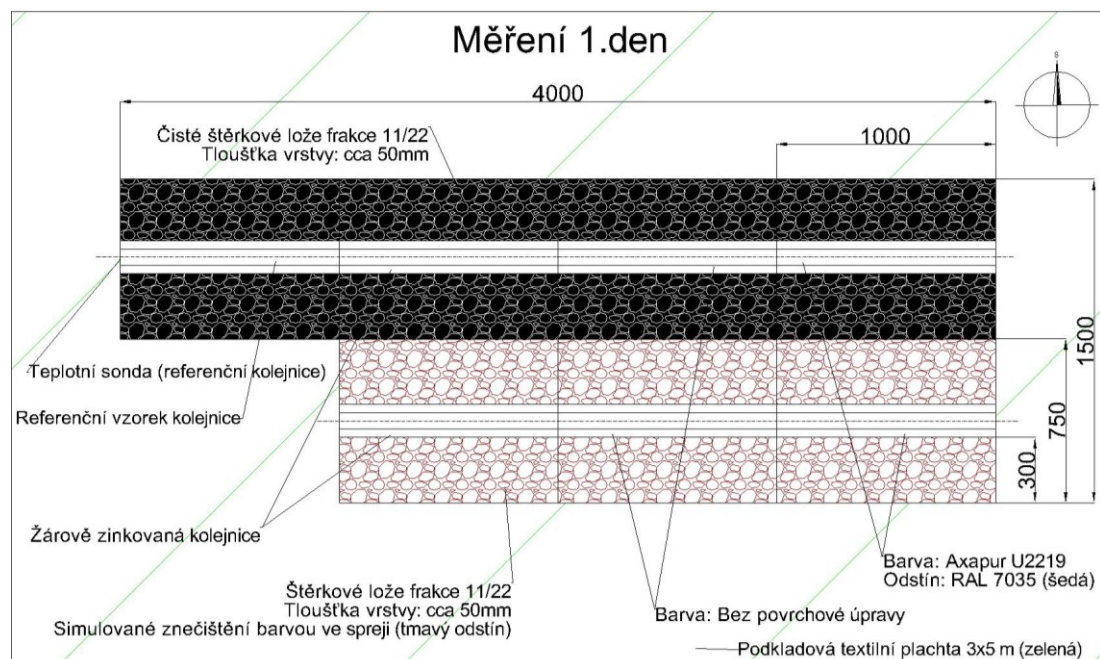
První myšlenka venkovního měření spočívala v prostém uložení kolejnicových vzorků na osluněné místo a odečítání hodnot teploty jejich povrchu v průběhu dne s jejich následným porovnáním. Tato myšlenka se postupně rozrostla v několika směrech. Například z důvodu lepší simulace podmínek na železniční trati byla pod vzorky

kolejnic doplněna vrstva kameniva představující kolejové lože. Teplota kolejnic je bezesporu ovlivněna i odstínem a strukturou pozadí, na kterém leží. Z toho důvodu jsem se rozhodl do měření zakomponovat dva typy štěrkového podsypu. Jeden představující kolejové lože na nově zřízeném úseku tratě a druhý simulující kolejové lože silně znečištěné. Z důvodu přítomnosti štěrku a skutečnosti, že se měřící místo bude nacházet na zatravněné ploše, bylo nutné zajistit také úklid celého místa po dokončení měření. Proto byl model doplněn o plachtu jako podklad pro štěrk tak, aby se štěrk nedostal do kontaktu se zatravněnou plochou.

Pro zaznamenání teplotního rozdílu mezi vzorky na čisté a znečištěné štěrkové vrstvě, byly veškeré vzorky nátěrů přítomny dvakrát, každý na jiné kolejnici dle tabulky 3.

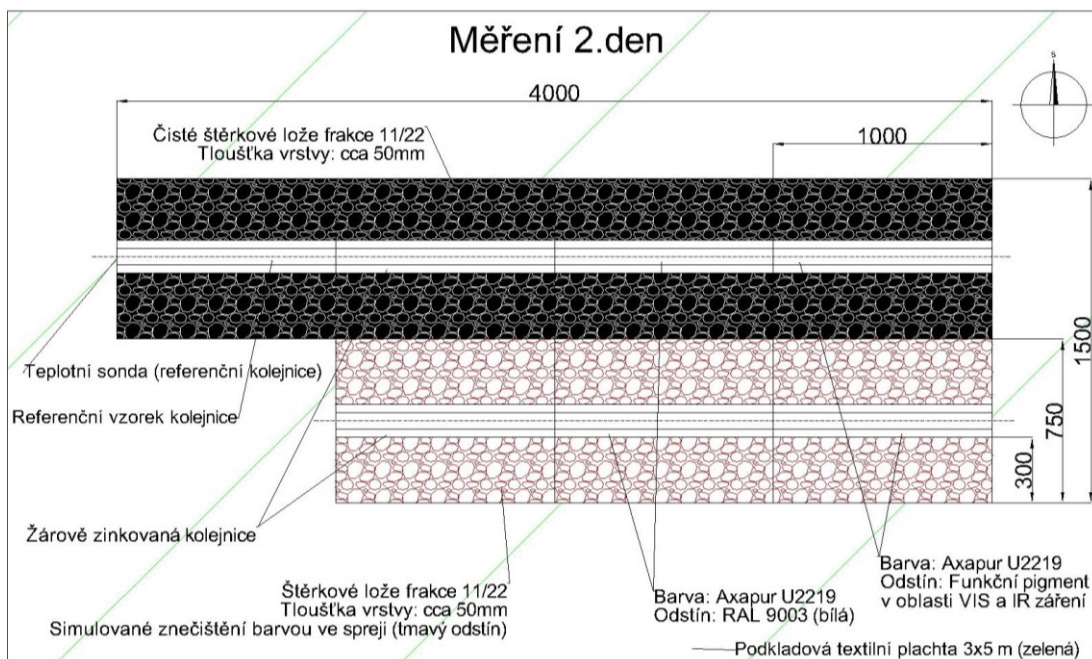
Oslunění správné strany kolejnice se vzorkem nátěru pro daný den bylo zajištěno správnou orientací celého modelu ke světovým stranám. Ten byl orientován měřenou stranou kolejnic na jih viz. obrázky č. 11 – 13.

Ze skutečnosti, že každá kolejnice má vzorek nátěru po obou svých stranách, při měření bude využito všech kolejnic a měřená bude pouze osluněná strana kolejnice vyplývá, že aby byly změřeny všechny vzorky nátěrů, musí být měření rozčleněno do více dnů, kde se jednotlivé vzorky budou střídát dle následujících schémat měření.

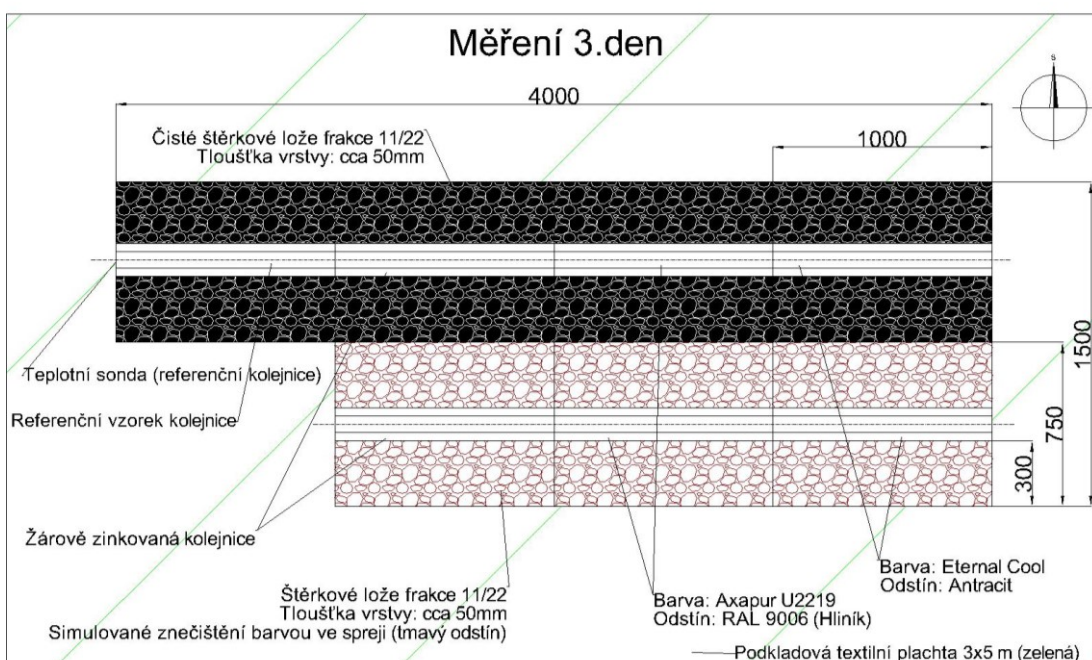


Obrázek 11: 1. Schéma rozložení kolejnicových vzorků pro první měřící den

(Není-li uvedena jednotka, jedná se o mm.)



Obrázek 12: 2. Schéma rozložení kolejnicových vzorků pro druhý měřicí den
(Není-li uvedena jednotka, jedná se o mm.)



Obrázek 13: 3. Schéma rozložení kolejnicových vzorků pro třetí měřicí den
(Není-li uvedena jednotka, jedná se o mm.)

Každý měřicí den panují na měřícím místě rozdílné meteorologické podmínky, včetně rozdílné sluneční aktivity. Tím pádem je i zahřívání vzorků kolejnic každý den jiné. To znamená, že spolu nelze porovnávat vzorky, které byly měřeny v rozdílné dny. Jako řešení tohoto problému byl zaveden referenční vzorek kolejnice. Pro tyto účely byl zapůjčen funkční vzorek z projektu TJ04000301 *Nedestruktivní stanovení mechanického napětí v bezстыkové koleji* programu TAČR Zéta. Jedná se o kolejnici typu UIC 60 E2 o délce 120 cm. V hlavě kolejnice je navrtaný otvor, který lze osadit teplotní sondou. Tento vzorek není opatřen žádnou povrchovou úpravou a jeho pozice se po celou dobu měření nemění. Na základě výsledků měření na referenční kolejnici bylo možné porovnat výsledky vzorků, měřené v různé dny.

Na obrázku č. 13 je v schématu měření znázorněna barva Eternal Cool v odstínu Antracit. Tato barva nebyla součástí tabulky č. 3 neboť její aplikace proběhla až po prvním dnu měření, a to na kolejnice, které byly do té doby bez povrchové úpravy. Tímto krokem se ještě více zefektivnilo využití dostupných vzorků kolejnic.

6.2.1.2. Samotné měření

Měření probíhalo každý měřicí den v hodinových intervalech. První měření proběhlo vždy před východem slunce. Další poté probíhaly každou celou hodinu tak dlouho, dokud sluneční svit dopadal na povrch kolejnice pod přijatelným úhlem, aby byly výsledky měření relevantní. Měření mohlo být také ukončeno předčasně z důvodu dlouhodobé vysoké oblačnosti nebo deště.



Obrázek 14: Ukončení měření z důvodu špatného úhlu dopadu slunečních paprsků v pozdních odpoledních hodinách

Při měření se nejprve odečetla teplota vzduchu, poté teplota z teplotní sondy referenční kolejnice a poté se přešlo k měření teplot osluněných povrchů kolejnic povrchoвым teploměrem. Od měření uskutečněného 7. 9. 2022 se k měření teploty povrchu osluněné strany kolejnice přidalo měření neosluněné strany kolejnice.

Měřené veličiny	Způsob měření
Teplota na povrchu kolejnice [°C]	Povrchový teploměr Testo 905-T2 (viz. příloha č. 4)
Teplota uvnitř referenční kolejnice [°C]	Teploměr Eclipsera modules (viz. příloha č. 5)
Teplota vzduchu [°C]	Teploměr WS9410 (viz. příloha č. 6)
Čas	GMT+2

Tabulka 4: Přehled měřených veličin a měřících přístrojů

6.2.2. Provedení měření

6.2.2.1. Příprava měřicího místa

Příprava měřicího místa proběhla v areálu VVCD Doubravice dne 9. 8. 2022. Započala položením podkladové plachty s její následnou korekcí vůči světovým stranám. Pokračovala pokládkou šterku fr. 11/22. Dále následovala tvorba simulace znečištěného kolejového lože, která proběhla barvou ve spreji Dupli – color Aerosol ART v odstínu RAL8017 – čokoládově hnědá, matná. Následně byly na místo usazeny vzorky kolejnic dle schématu prvního měřicího dne.



Obrázek 15: Pokládka šterku na měřicí místo



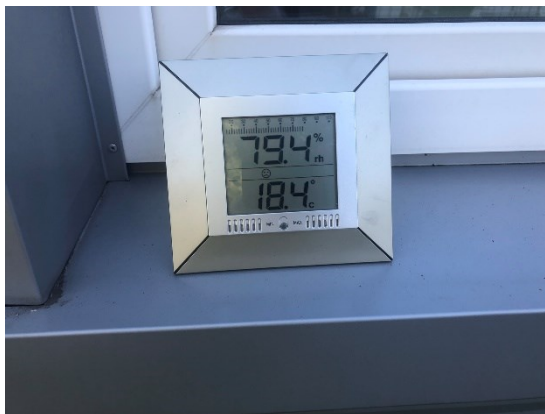
Obrázek 16: Tvarování šterku na měřicím místě



Obrázek 17: Finální podoba měřicího místa

6.2.2.2. Samotné měření

Oproti plánovaným třem měřicím dnům jich nakonec bylo uskutečněno pět. První dva měřicí dny byla měřena teplota kolejnic pouze na osluněné straně. Z důvodu možného zpřesnění výsledků jsem se rozhodl měření prvních dvou dní opakovat se záznamem teplot povrchu kolejnice jak z osluněné strany, tak i z té ve stínu.



Obrázek 18: Detail teploměru



Obrázek 19: Umístění měřicí sondy

První a druhý den proběhlo měření dle obrázku č. 11 a 12. Obě tato měření byla zdárně dokončena. Třetí den proběhlo opakované měření 2. schématu s měřením teploty povrchu na obou stranách kolejnice a bylo zdárně dokončeno. Čtvrtý den bylo uskutečněno opravné měření 1. schématu. Toto měření muselo být předčasně ukončeno z důvodu nepříznivého počasí a deště. Pátý den proběhlo opravné měření 1. schématu a bylo zdárně dokončeno.

Číslo měření	Datum měření	Měřené schéma	Měřená strana	Úspěšnost
1.	17.8.2022	1.	Osluněná	Dokončeno
2.	18.8.2022	2.	Osluněná	Dokončeno
3.	7.9.2022	2.	Obě	Dokončeno
4.	8.9.2022	1.	Obě	Nedokončeno
5.	9.9.2022	1.	Obě	Dokončeno

Tabulka 5: Přehled uskutečněných měření

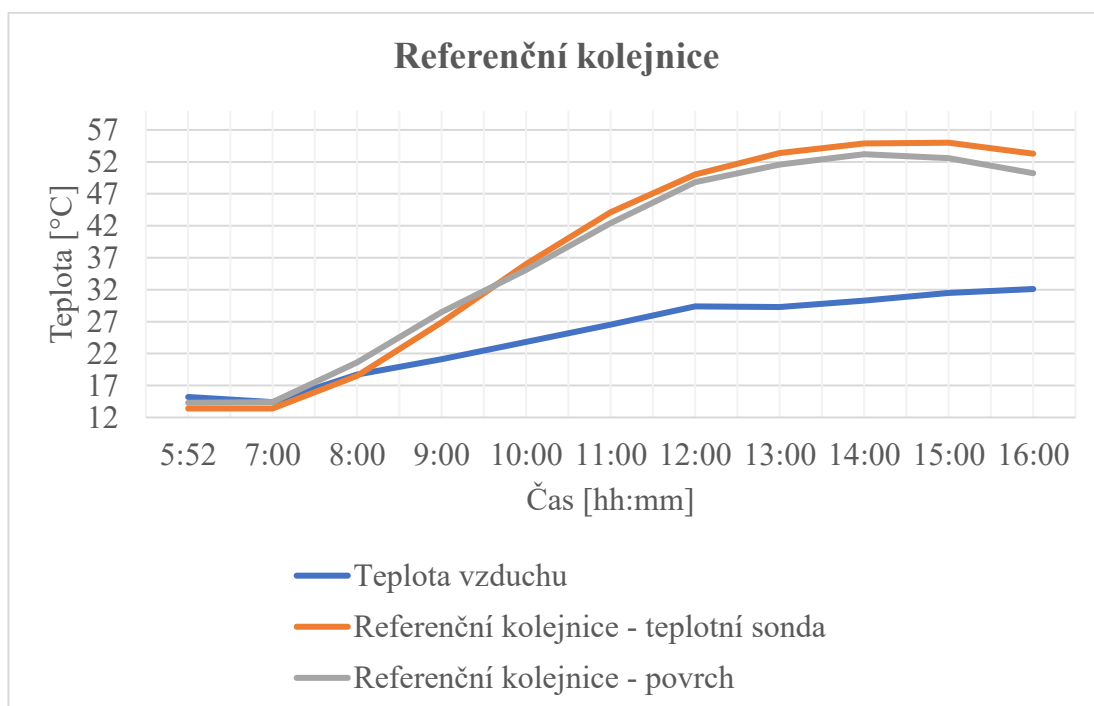
Přes veškerou snahu se z důvodu nepřízně počasí během měsíce září nepodařilo provést měření 3. schématu. Bohužel tedy v záznamu chybí hodnoty dvou vzorků nátěrů, a to nátěrů Axapur U2219 odstínu RAL 9006 s částicemi hliníku a Eternal Cool odstínu Antracit.

6.2.3. Prezentace naměřených hodnot

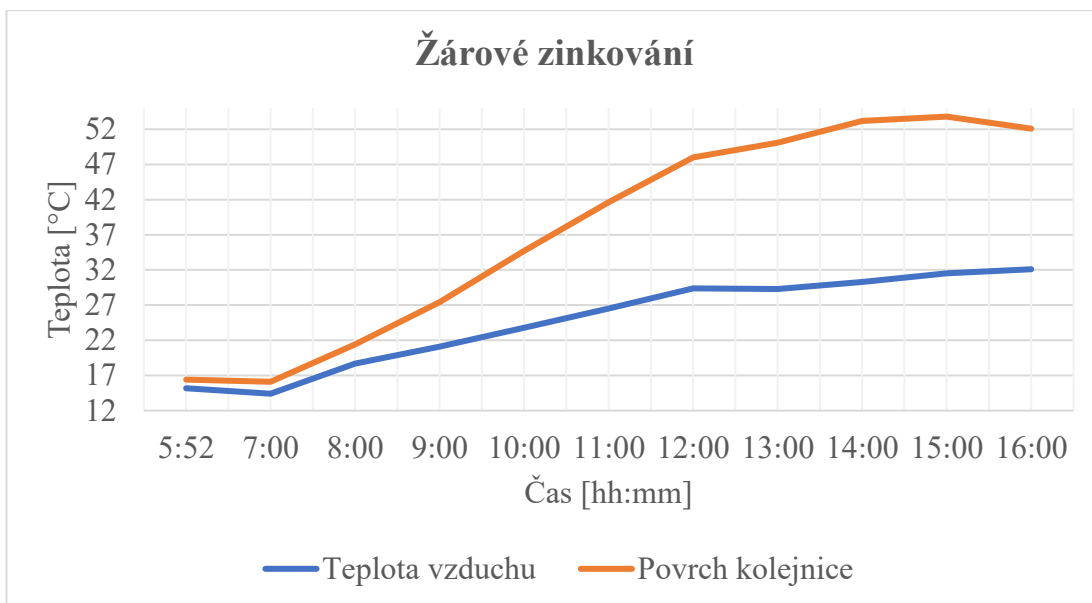
Naměřené hodnoty budou prezentovány formou grafů. Kompletní tabulkový soupis naměřených hodnot pro jednotlivé dny měření je k dispozici v příloze č. 9.

6.2.3.1. Měření 17. 8. 2022 Měřicí schéma 1

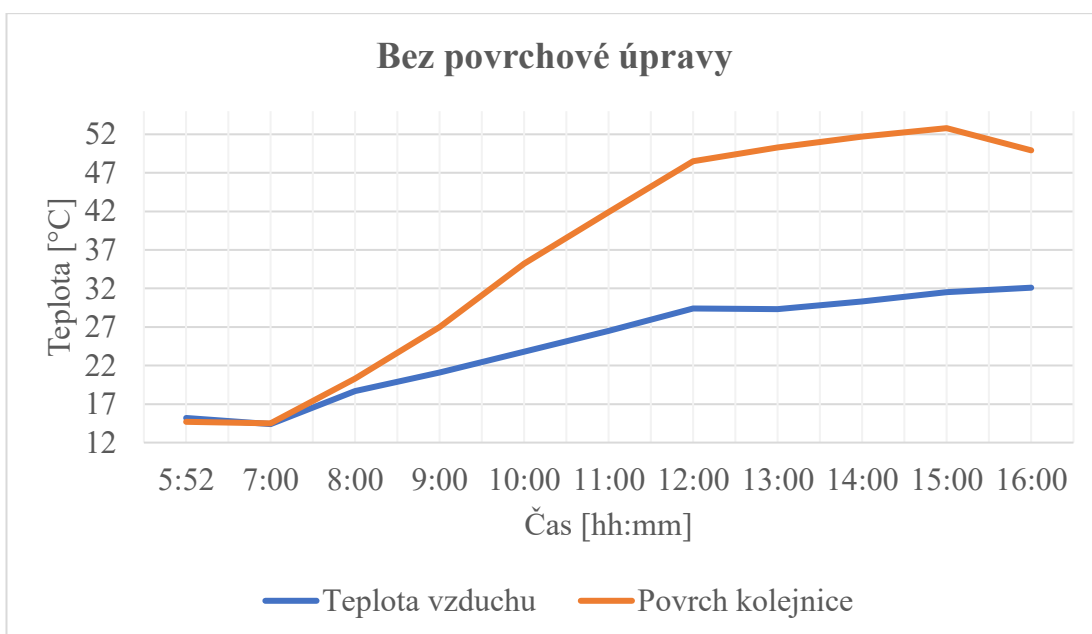
6.2.3.1.1. Čisté kolejové lože



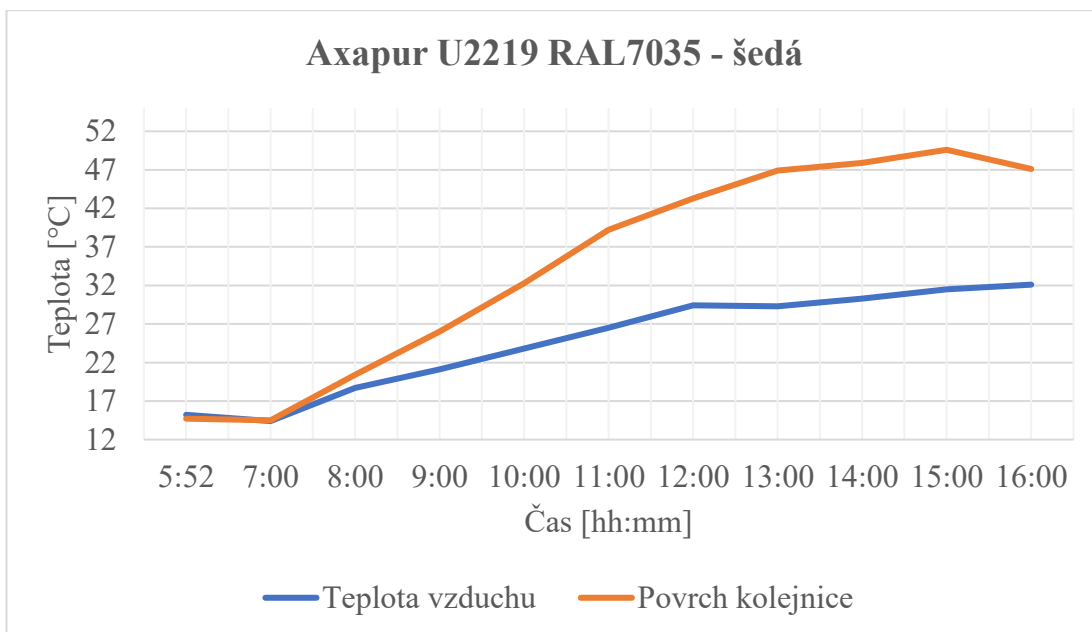
Graf 7: Měření 17.8. Čisté kolejové lože, Referenční kolejnice



Graf 8: Měření 17.8. Čisté kolejové lože, Žárové zinkování

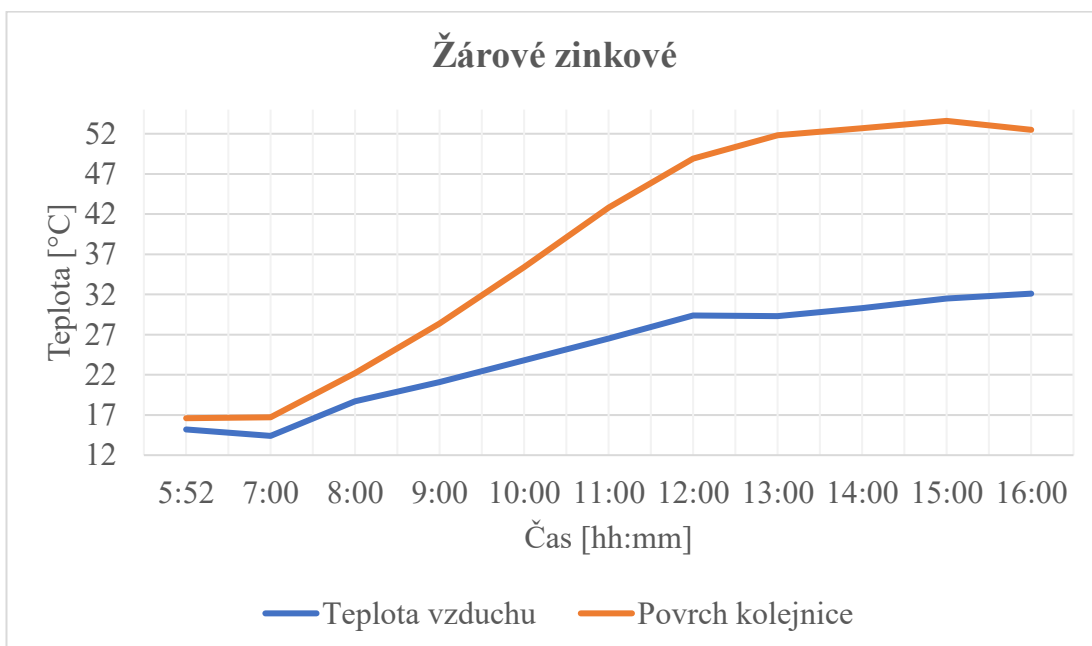


Graf 9: Měření 17.8. Čisté kolejové lože, Bez povrchové úpravy

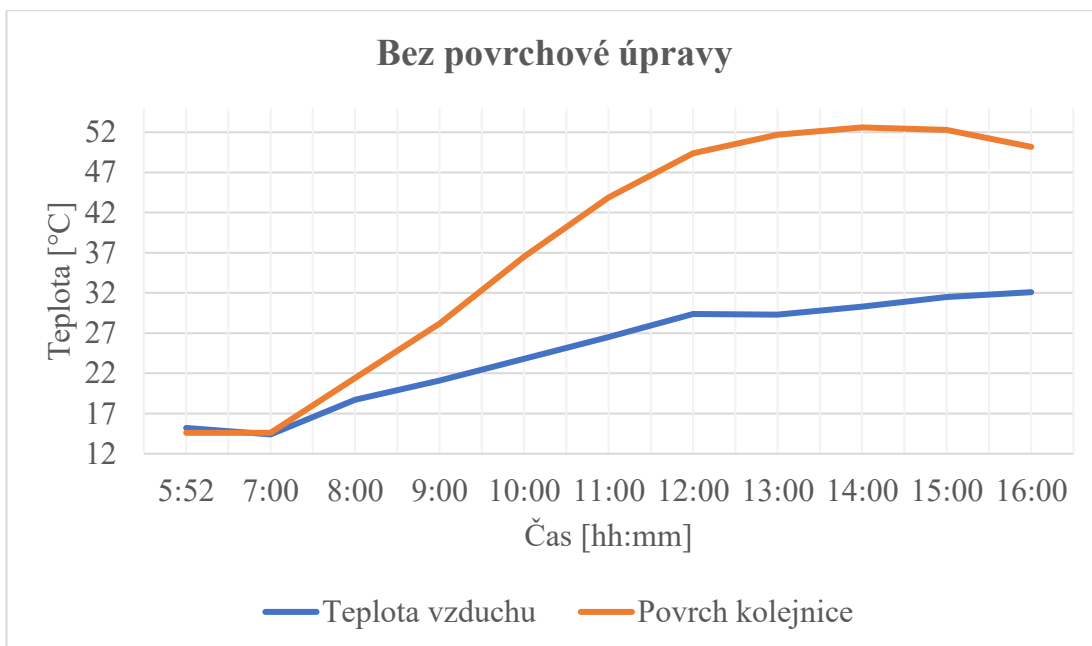


Graf 10: Měření 17.8. Čisté kolejové lože, Axapur U2219 RAL7035 – šedá

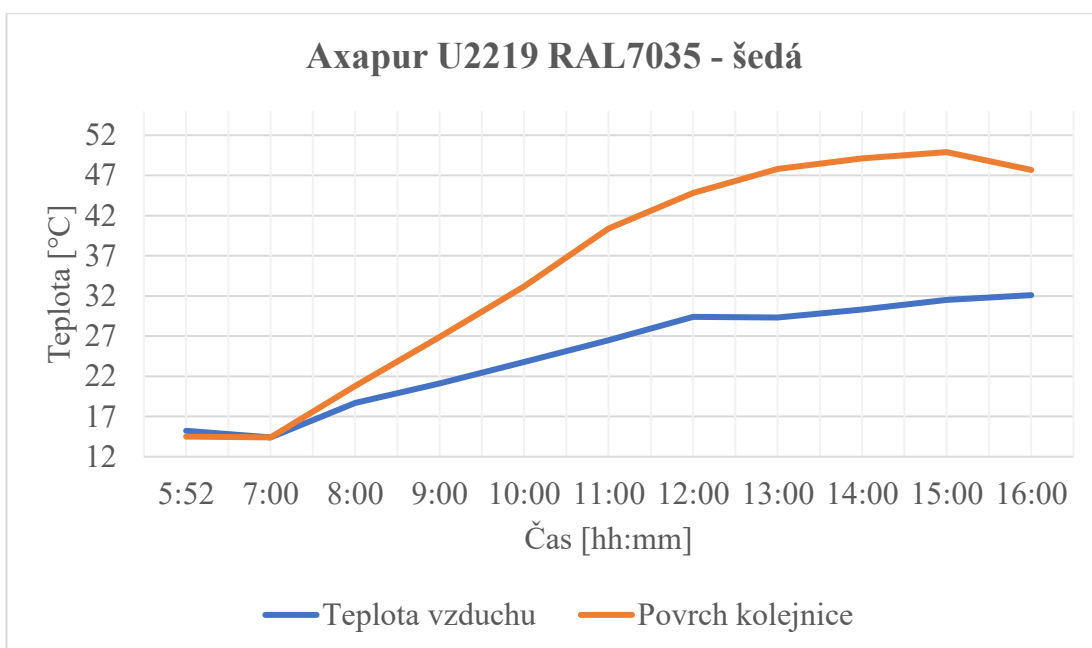
6.2.3.1.2. Znečištěné kolejové lože



Graf 11: Měření 17.8. Znečištěné kolejové lože, Žárové zinkování



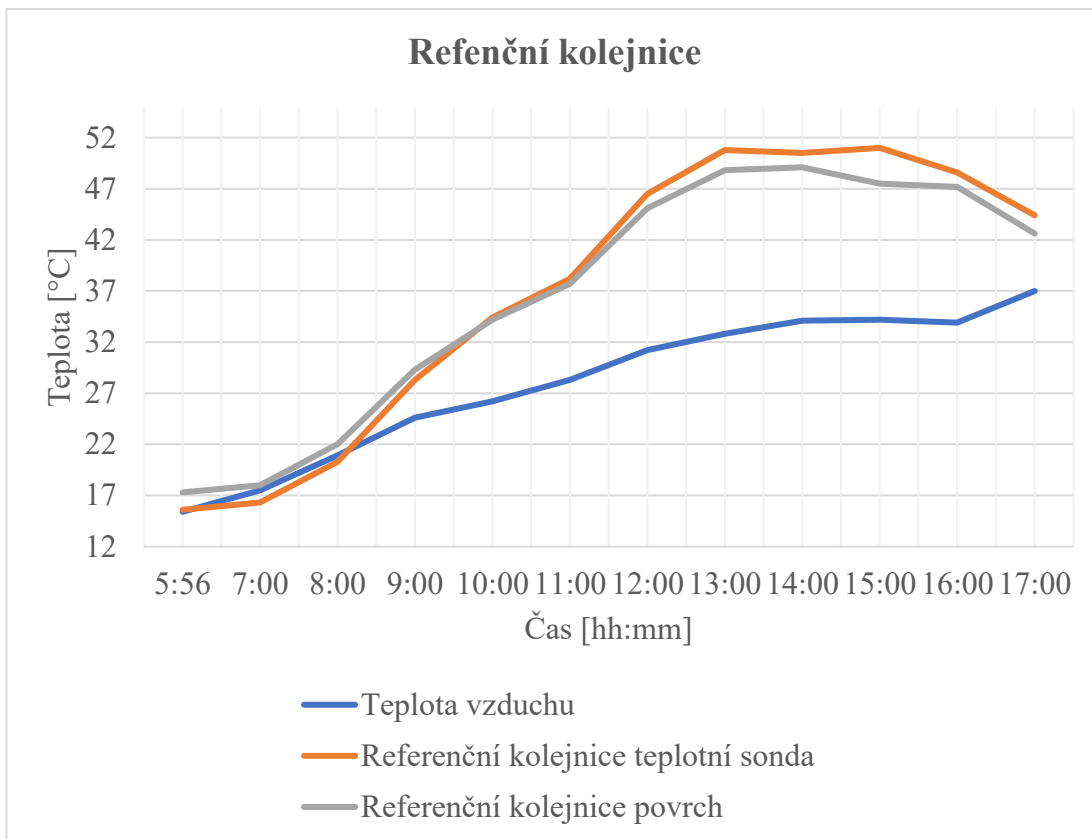
Graf 12: Měření 17.8. Znečištěné kolejové lože, Žárové zinkování



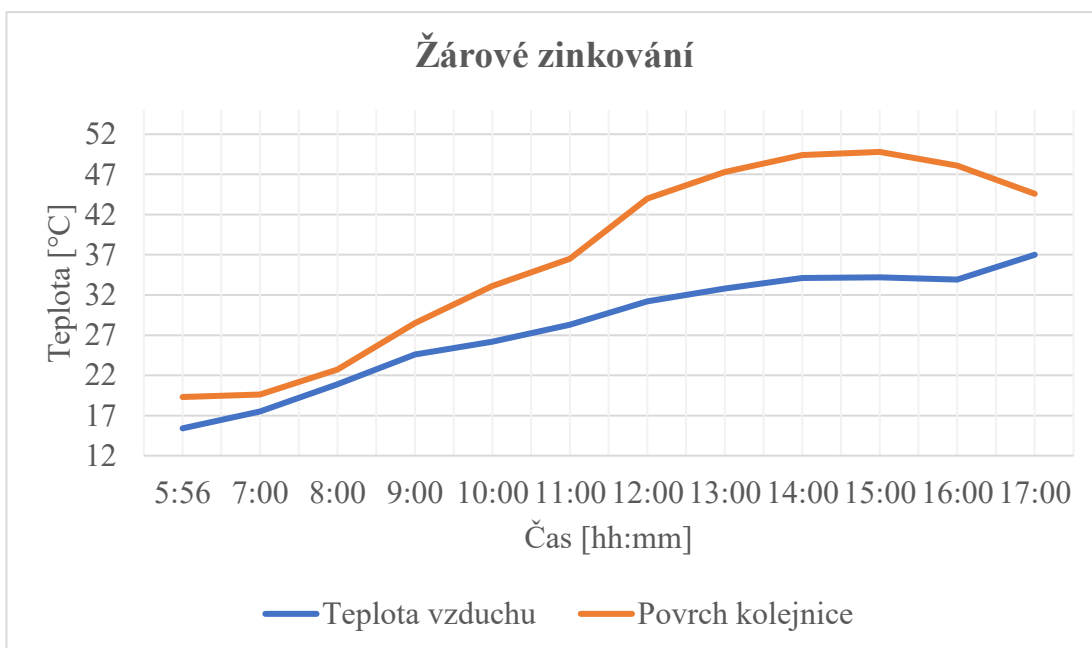
Graf 13: Měření 17.8. Znečištěné kolejové lože, Axapur U2219 RAL7035 - šedá

6.2.3.2. Měření 18. 8. 2022 Měřicí schéma 2

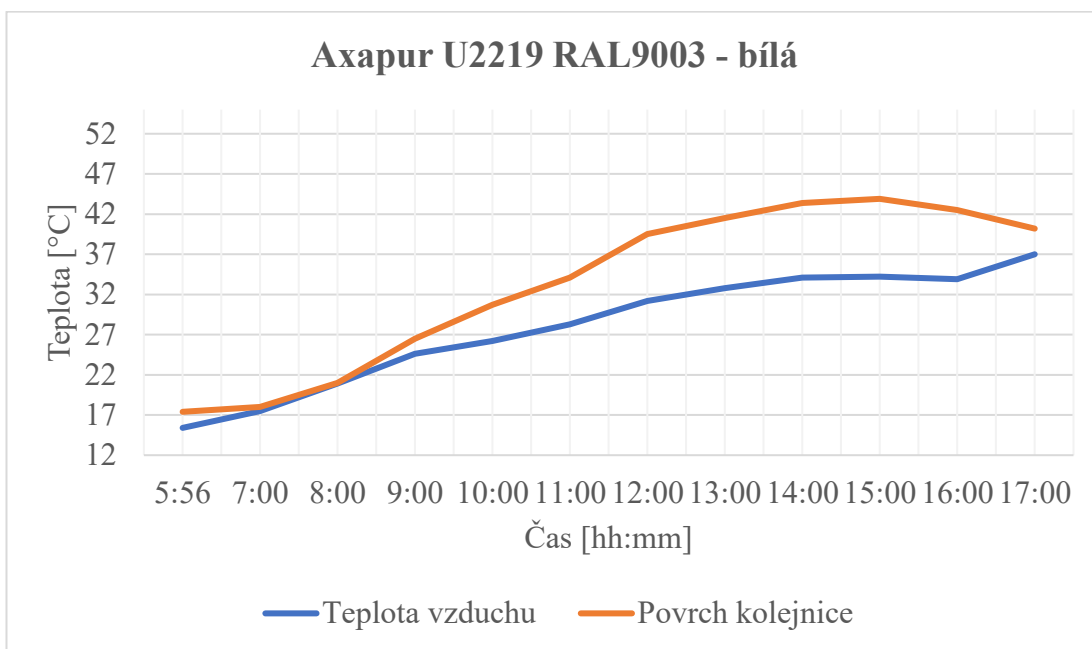
6.2.3.2.1. Čisté kolejové lože



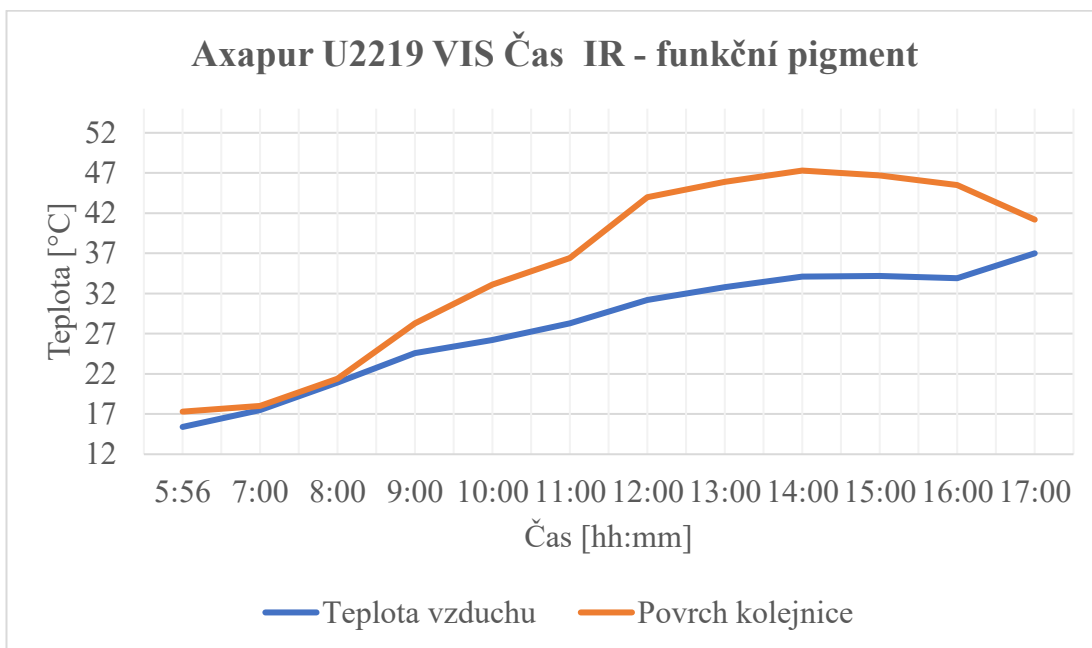
Graf 14: Měření 18.8. Čisté kolejové lože, Referenční kolejnice



Graf 15: Měření 18.8. Čisté kolejové lože, Žárové zinkování

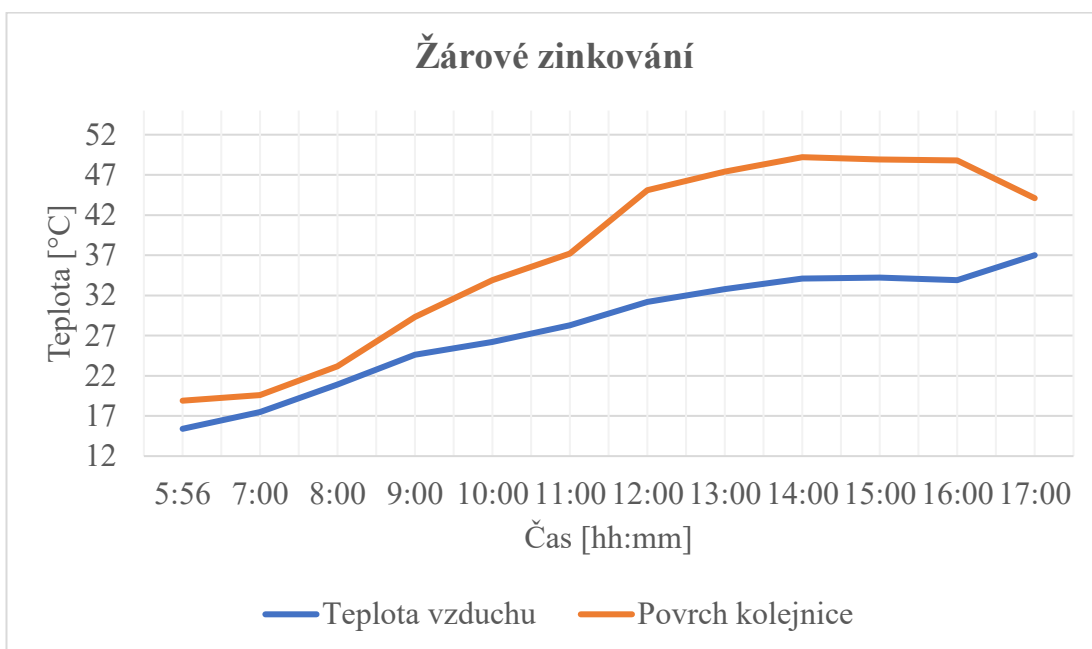


Graf 16: Měření 18.8. Čisté kolejové lože, Axapur U2219 RAL9003 – bílá

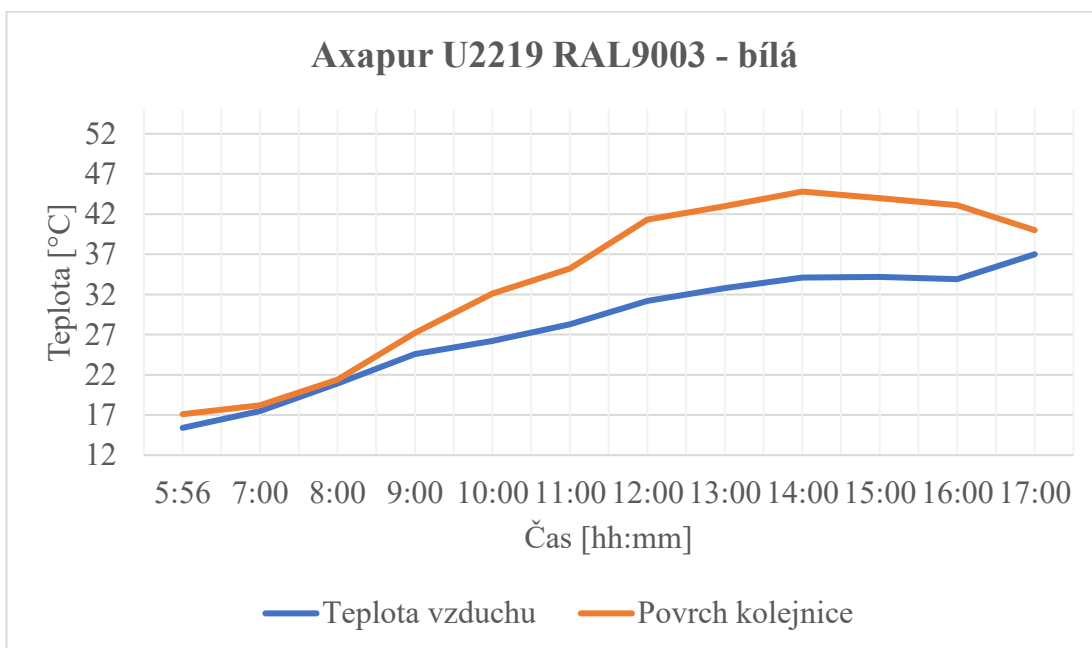


Graf 17: Měření 18.8. Čisté kolejové lože, Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment

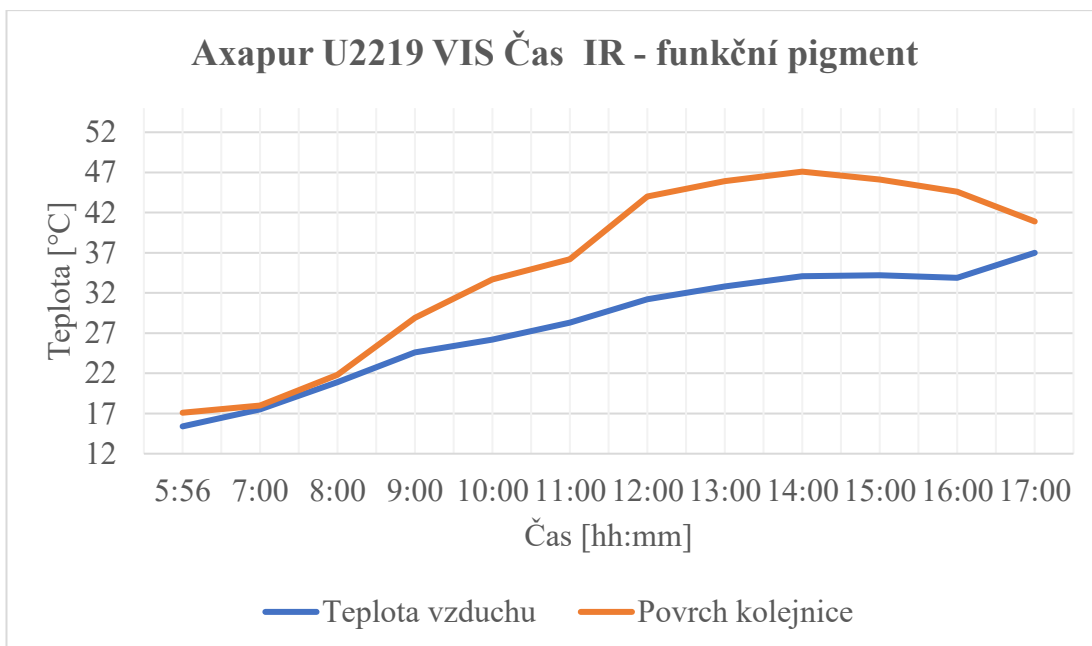
6.2.3.2.2. Znečištěné kolejové lože



Graf 18: Měření 18.8. Znečištěné kolejové lože, Žárové zinkování



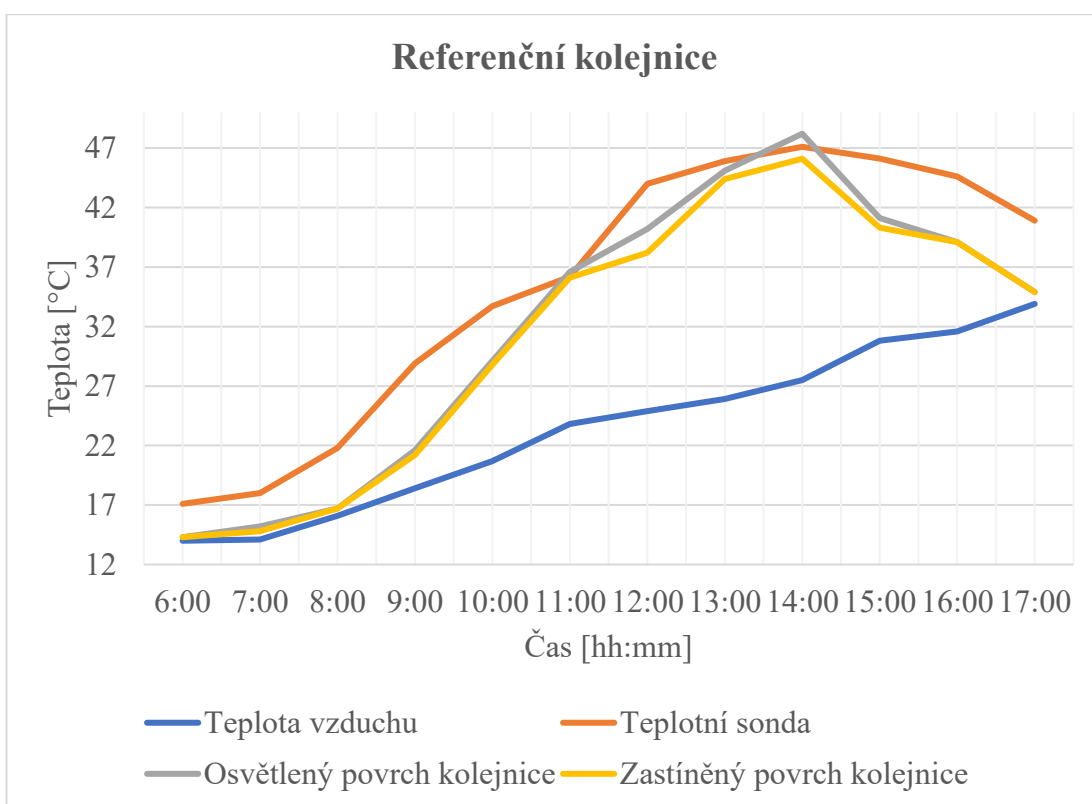
Graf 19: Měření 18.8. Znečištěné kolejové lože, Axapur U2219 RAL9003 - bílá



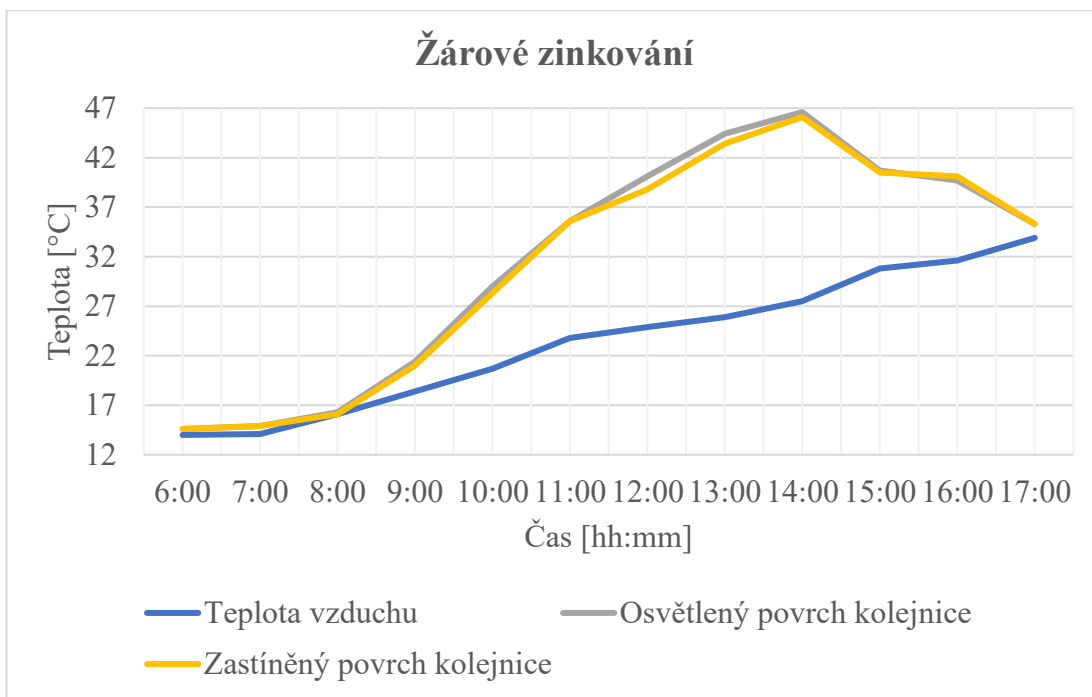
Graf 20: Měření 18.8. Znečištěné kolejové lože, Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment

6.2.3.3. Měření 7.9. 2022 Měřicí schéma 2

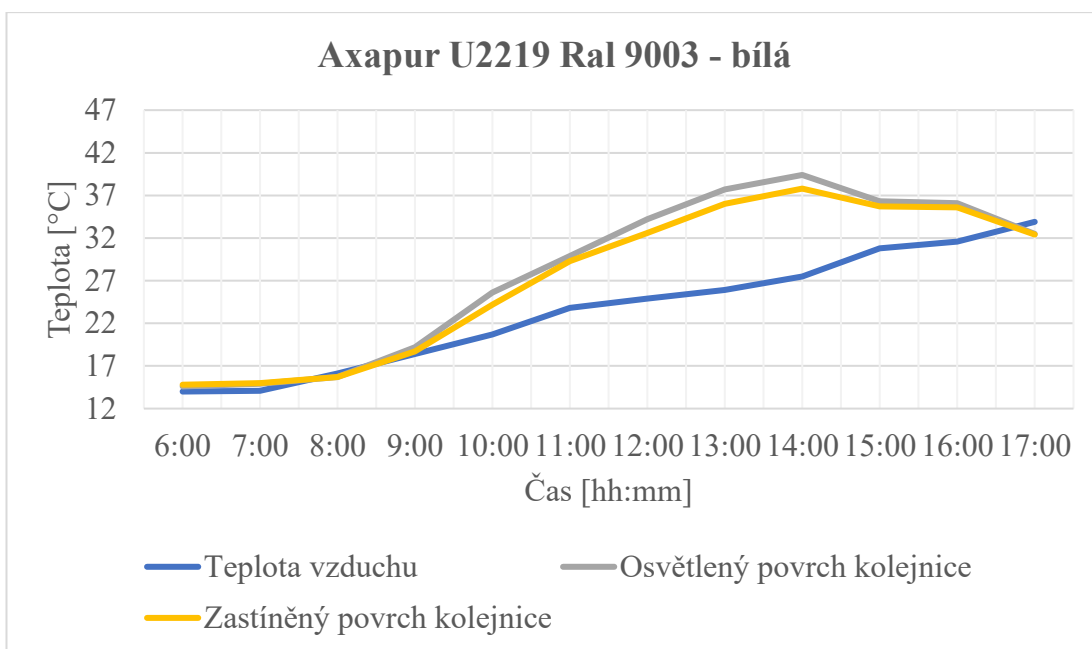
6.2.3.3.1. Čisté kolejové lože



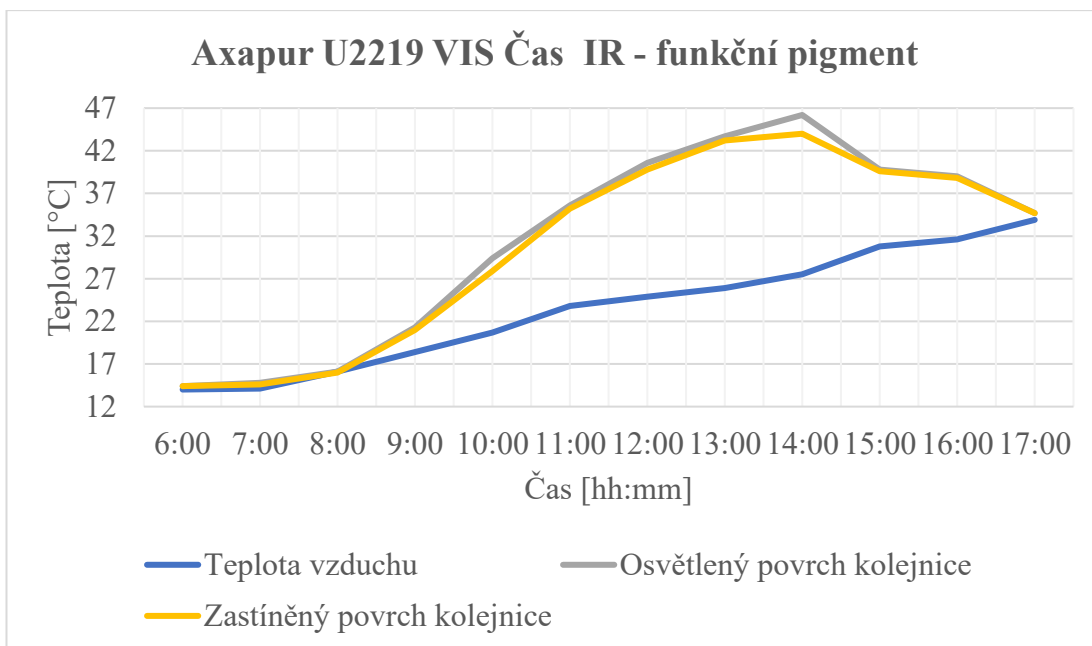
Graf 21: Měření 7.9. Čisté kolejové lože, Referenční kolejnice



Graf 22: Měření 7.9. Čisté kolejové lože, Žárové zinkování

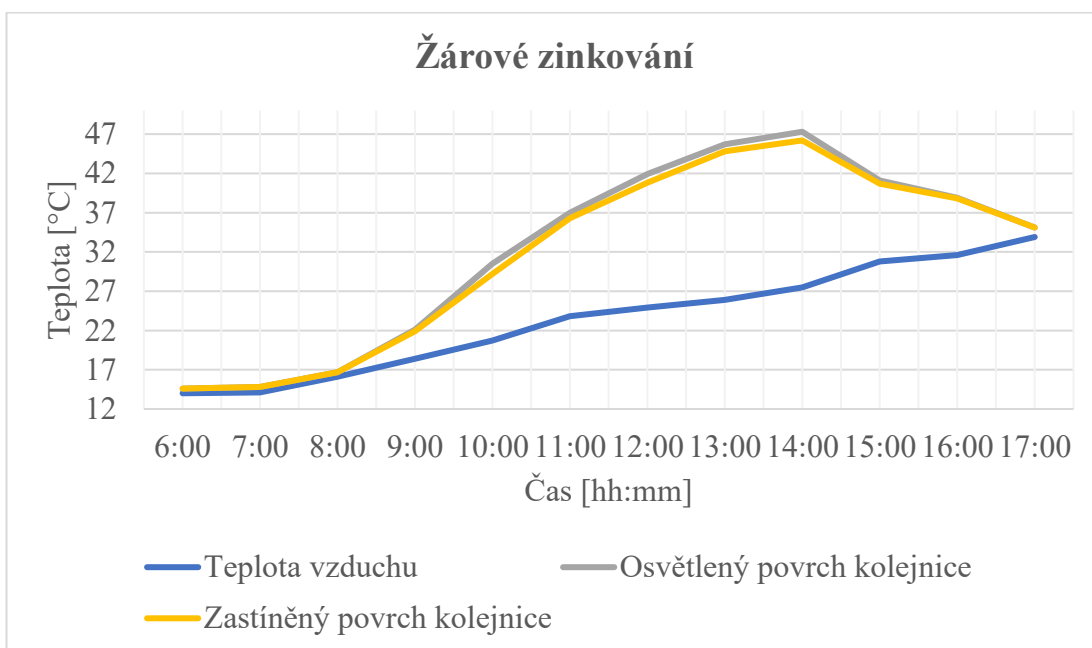


Graf 23: Měření 7.9. Čisté kolejové lože, Axapur U2219 RAL9003 - bílá

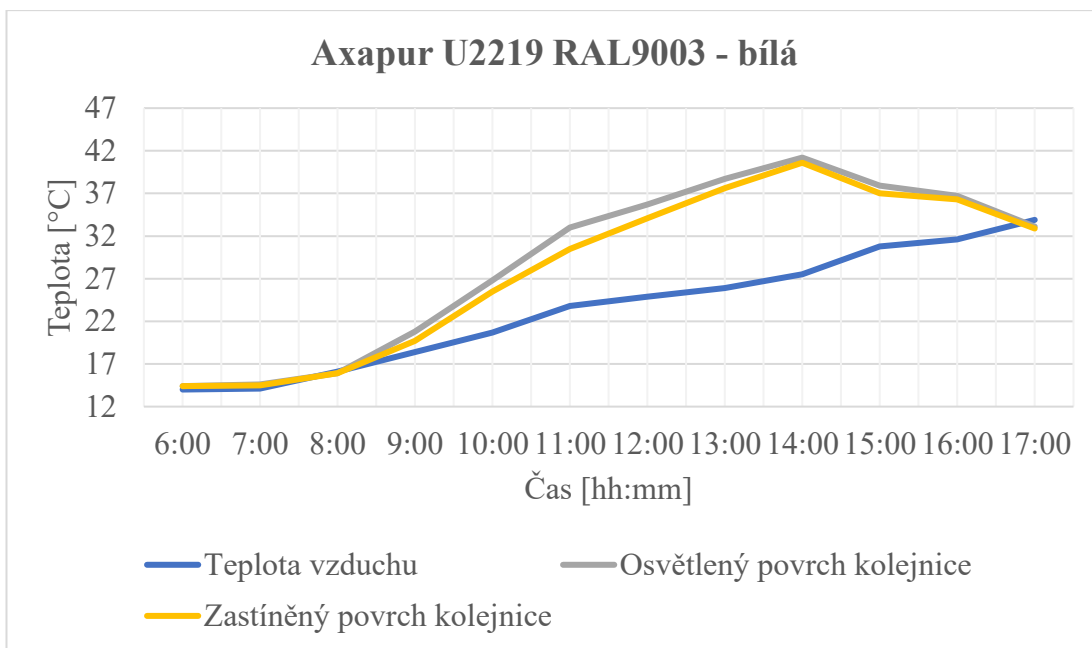


Graf 24: Měření 7.9. Čisté kolejové lože, Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment

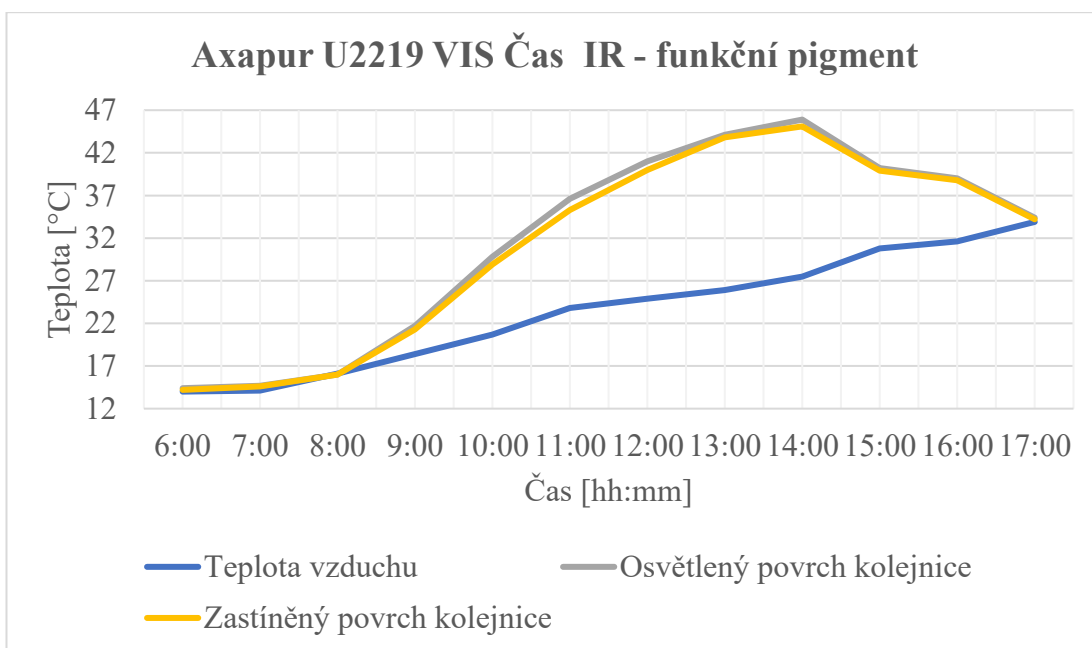
6.2.3.3.2. Znečištěné kolejové lože



Graf 25: Měření 7.9. Znečištěné kolejové lože, Žárové zinkování



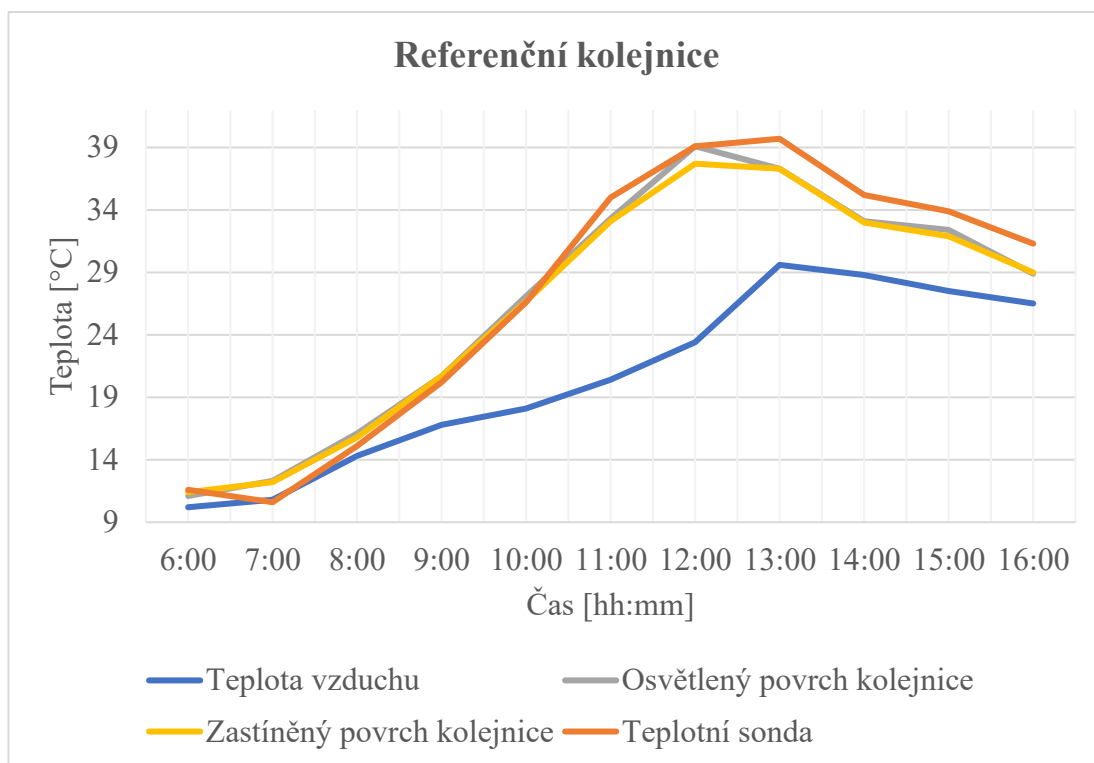
Graf 26: Měření 7.9. Znečištěné kolejové lože, Axapur U2219 RAL9003 - bílá



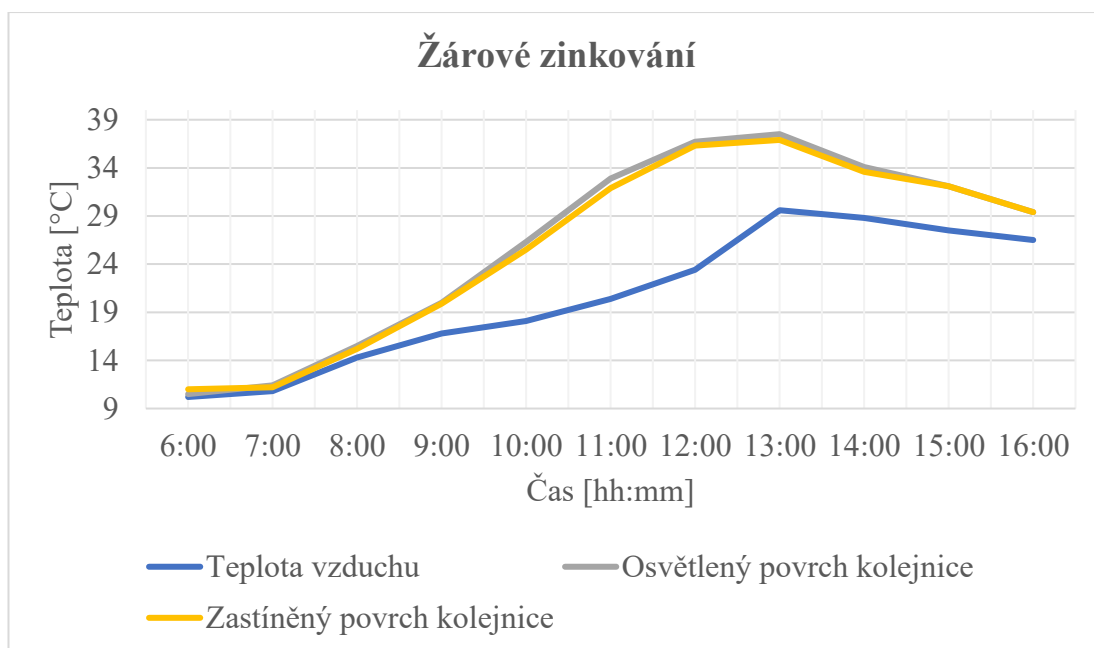
Graf 27: Měření 7.9. Znečištěné kolejové lože, Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment

6.2.3.4. Měření 9. 9. 2022 Měřicí schéma 1

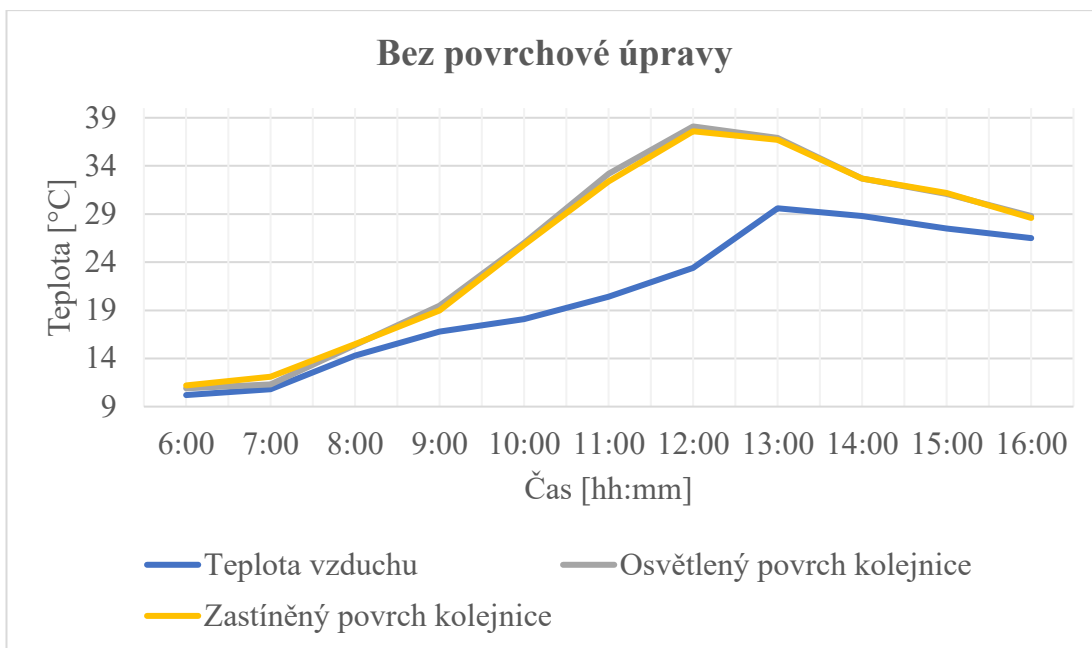
6.2.3.4.1. Čisté kolejové lože



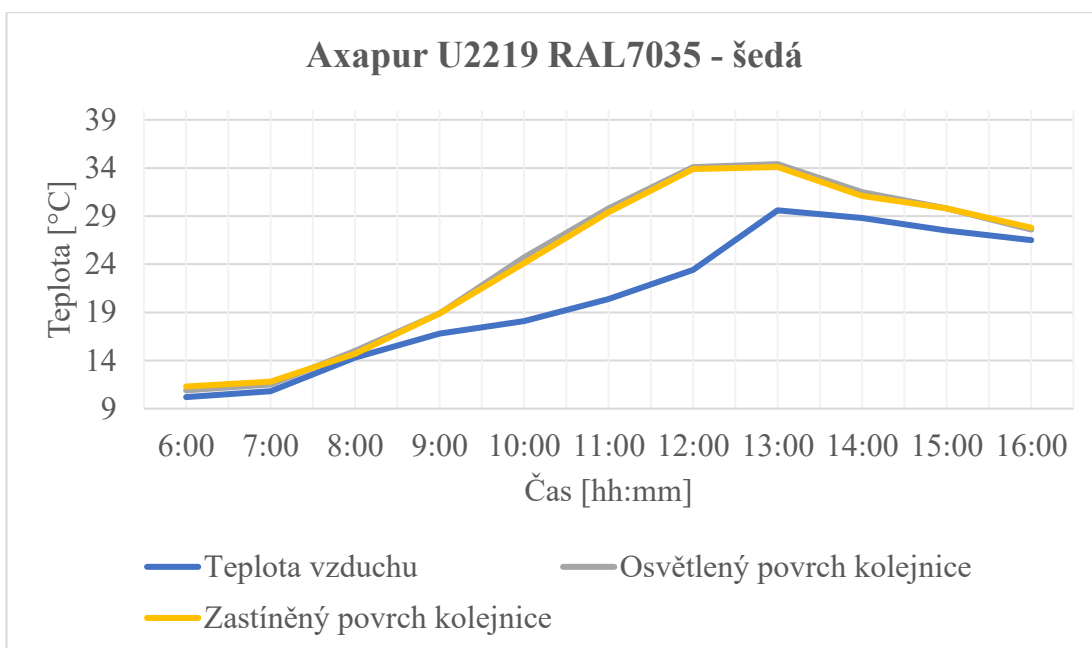
Graf 28: Měření 9.9. Čisté kolejové lože, Referenční kolejnice



Graf 29: Měření 9.9. Čisté kolejové lože, Žárové zinkování

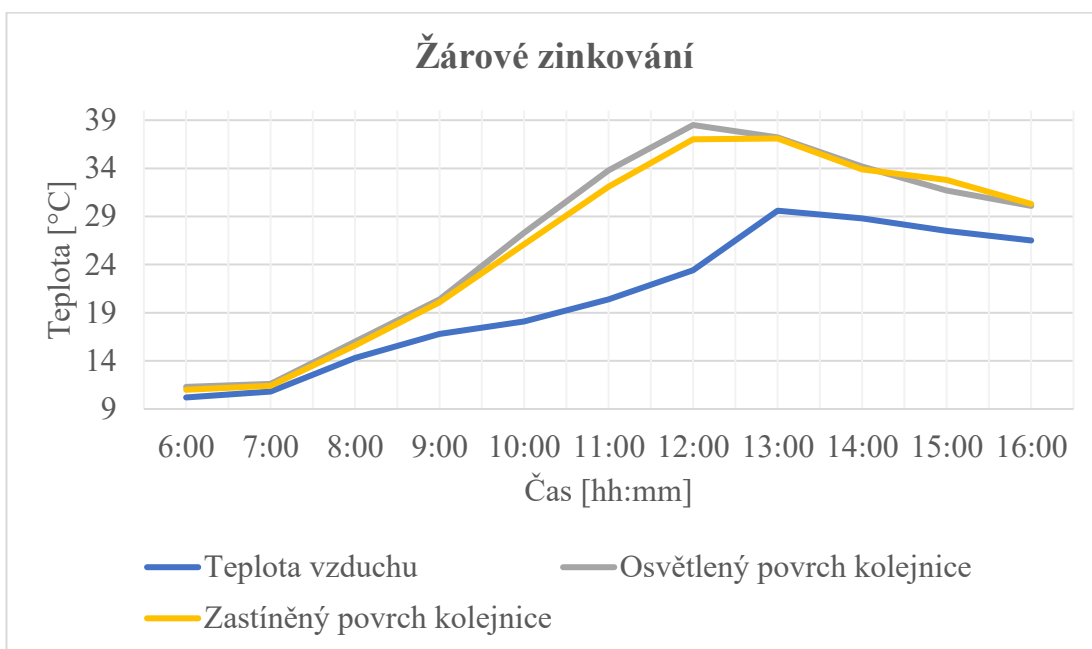


Graf 30: Měření 9.9. Čisté kolejové lože, Bez povrchové úpravy

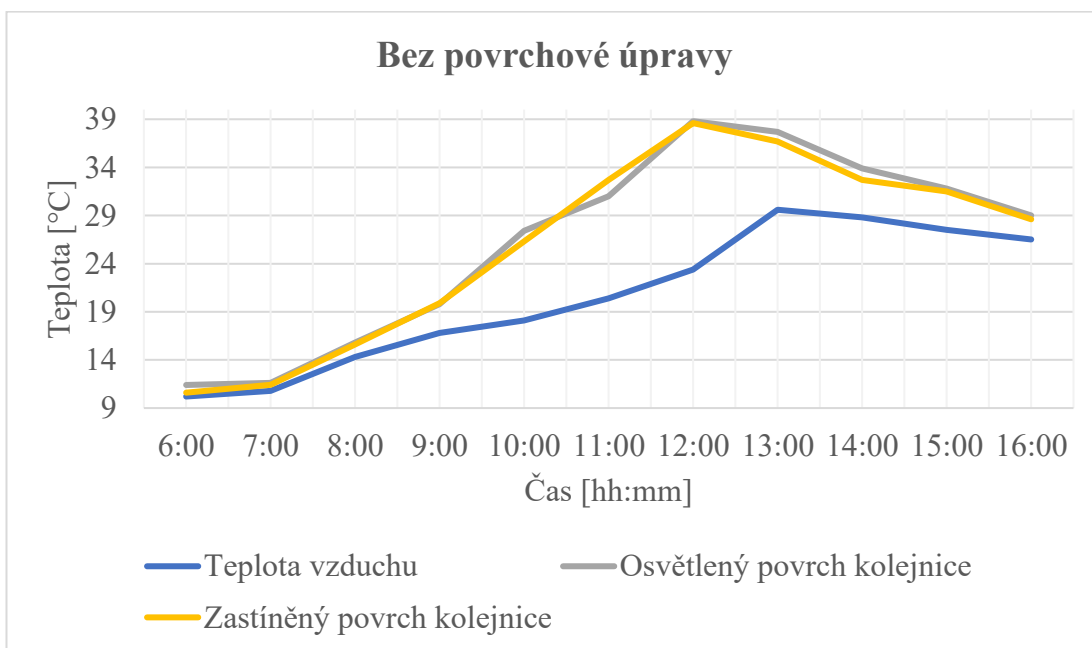


Graf 31: Měření 9.9. Čisté kolejové lože, Axapur U2219 RAL7035 - šedá

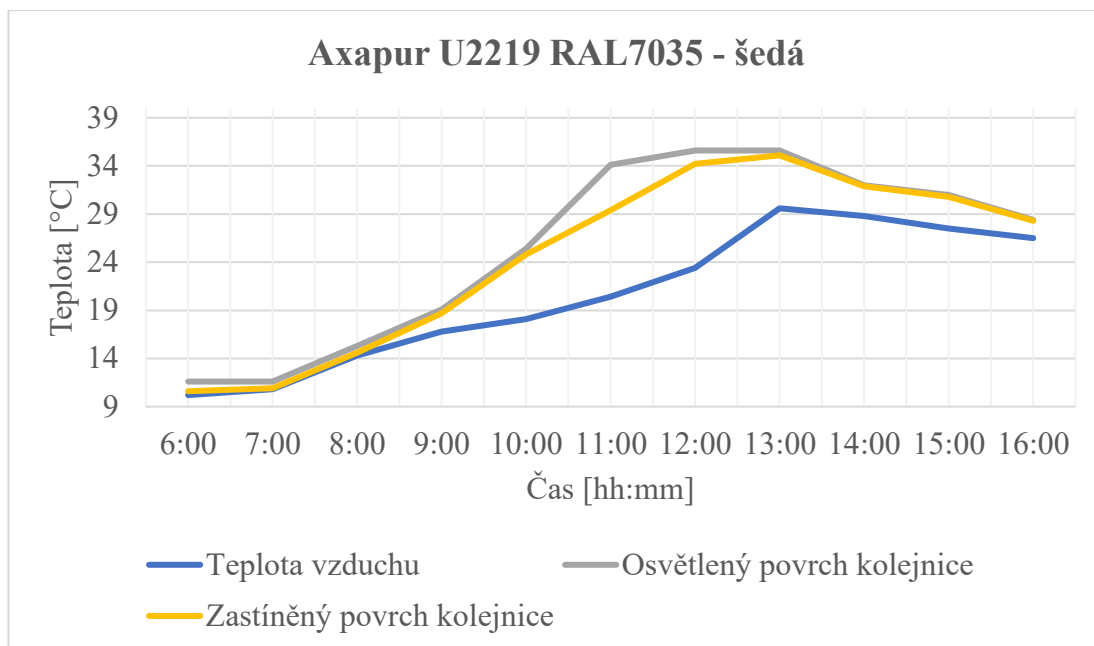
6.2.3.4.2. Znečištěné kolejové lože



Graf 32: Měření 9.9. Znečištěné kolejové lože, Žárové zinkování



Graf 33: Měření 9.9. Znečištěné kolejové lože, Bez povrchové úpravy



Graf 34: Měření 9.9. Znečištěné kolejové lože, Axapur U2219 RAL7035 – šedá

6.2.4. Výpočty

6.2.4.1. Korekce naměřených hodnot podle referenční kolejnice

Měření probíhalo ve více dnech na různých kolejnicových vzorcích. Každý den měření panovaly na měřicím místě různé světelné a povětrnostní podmínky. Pro zjištění nejvhodnějšího technického řešení pro snížení teploty kolejnice je však nutné spolu porovnávat naměřené hodnoty vzorků, které byly měřeny v různé dny. Z toho důvodu byl zaveden referenční vzorek kolejnice, jehož podmínky, ani prostorová poloha se za všechny dny měření nemění. Může tak sloužit jako srovnávací prvek pro ostatní kolejnicové vzorky.

Tato korekce je provedena prostým odečtem naměřených hodnot na referenčním vzorku od naměřených hodnot jednotlivých vzorků ve stejném čase dle vztahu:

$$T_k = T_{ref} - T_v \quad (6.1)$$

Kde: T_v ... naměřená hodnota teploty měřeného vzorku před korekcí

T_{ref} ... naměřená hodnota teploty referenční kolejnice

T_k ... korigovaná hodnota teploty měřeného vzorku

Jako příklad výpočtu slouží následující tabulka:

Čas měření	Naměřená teplota [°C]		Teplota po korekci [°C]
	Povrch referenční kolejnice	Axapur U2219 RAL9003	
18.8.2022			Axapur U2219 RAL9003
5:56	17,3	17,4	0,1
7:00	18	18	0
8:00	22	21	-1
9:00	29,3	26,5	-2,8
10:00	34,2	30,7	-3,5
11:00	37,7	34,1	-3,6
12:00	45,1	39,5	-5,6
13:00	48,8	41,5	-7,3
14:00	49,1	43,4	-5,7
15:00	47,5	43,9	-3,6
16:00	47,2	42,5	-4,7
17:00	42,6	40,2	-2,4

Tabulka 6: Příklad aplikace teplotní korekce na naměřené hodnoty

Takto připravené hodnoty teploty vzorku po korekci jsou oprostěné od vlivu počasí v dané dny měření a lze je mezi sebou srovnávat.

6.2.4.2. Průměrné hodnoty jednotlivých vzorků

Pro zjištění nejlepšího technického řešení pro snížení teploty kolejnice bude použit aritmetický průměr hodnot korigovaných denních teplot jednotlivých vzorků dle vztahu:

$$\bar{T} = \frac{\sum T_k}{n} \quad (6.2)$$

Kde: \bar{T} ... aritmetický průměr korigovaných hodnot teploty vzorku

T_k ... korigovaná hodnota teploty měřeného vzorku

n ... počet měření

Takto připravené hodnoty průměrných korigovaných teplot jednotlivých vzorků budou sloužit k závěrečnému srovnání a celkovému vyhodnocení venkovního měření.

6.2.5. Prezentace výsledků

Prezentace a následné vyhodnocení naměřených hodnot proběhne dvěma způsoby. První způsob bude porovnávat jednotlivé vzorky pouze na základě extrémních hodnot naměřených v jednotlivé dny, zatímco druhý způsob se zaměří na srovnání průměrných naměřených hodnot z celého dne. Referenční kolejnice je kolejnice bez povrchové úpravy s délkou 120 cm a otvorem pro teplotní sondu na čelní straně.

6.2.5.1. Na základě nejvyšších denních hodnot

Nejvyšší denní teploty se u všech vzorků vyskytovali na měření nejčastěji v 14:00, nebo 15:00. Pouze v případě měření 9. 9. 2022 nastaly teplotní extrémy dříve z důvodu zvýšené oblačnosti.

6.2.5.1.1. Výsledky měření na osluněné straně kolejnice

Datum měření	Druh povrchové úpravy	Čas odečtu [hh:mm]	Čisté kolejové lože		Znečištěné kolejové lože	
			Naměřené hodnoty teplotních extrémů [°C]	Korigované hodnoty teplotních extrémů [°C]	Naměřené hodnoty teplotních extrémů [°C]	Korigované hodnoty teplotních extrémů [°C]
17. 8. 2022	Referenční kolejnice	14:00	53,2	0,0		
		15:00	52,6	0,0		
	Žárové zinkování	14:00	53,2	0,0	52,7	-0,5
		15:00	53,8	1,2	53,6	1,0
	Bez povrchové úpravy	14:00	51,7	-1,5	52,6	-0,6
		15:00	52,8	0,2	52,3	-0,3
	Axapur U2219 RAL7035 - šedá	14:00	47,9	-5,3	49,1	-4,1
		15:00	49,6	-3,0	49,9	-2,7
18. 8. 2022	Referenční kolejnice	14:00	49,1	0,0		
		15:00	47,5	0,0		

Datum měření	Druh povrchové úpravy	Čas odečtu [hh:mm]	Čisté kolejové lože		Znečištěné kolejové lože	
			Naměřené hodnoty teplotních extrémů [°C]	Korigované hodnoty teplotních extrémů [°C]	Naměřené hodnoty teplotních extrémů [°C]	Korigované hodnoty teplotních extrémů [°C]
18. 8. 2022	Žárové zinkování	14:00	49,4	0,3	49,2	0,1
		15:00	49,8	2,3	48,9	1,4
	Axapur U2219 RAL9003 - bílá	14:00	43,4	-5,7	44,8	-4,3
		15:00	43,9	-3,6	44,0	-3,5
	Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment	14:00	47,3	-1,8	47,1	-2
		15:00	46,7	-0,8	46,1	-1,4
7.9. 2022	Referenční kolejnice	14:00	48,2	0,0		
		15:00	41,1	0,0		
	Žárové zinkování	14:00	46,6	-1,6	47,3	-0,9
		15:00	40,7	-0,4	41,1	0,0
	Axapur U2219 RAL9003 - bílá	14:00	39,4	-8,8	41,2	-7,0
		15:00	36,3	-4,8	37,9	-3,2
	Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment	14:00	46,2	-2,0	45,9	-2,3
		15:00	39,8	-1,3	40,2	-0,9
9.9. 2022	Referenční kolejnice	12:00	39,1	0,0		
		13:00	37,3	0,0		
	Žárové zinkování	12:00	36,7	-2,4	37,0	-0,6
		13:00	37,5	0,2	37,1	-0,1
	Bez povrchové úpravy	12:00	38,1	-1,0	38,6	-0,3
		13:00	36,9	-0,4	36,7	0,4
	Axapur U2219 RAL7035 - šedá	12:00	34,1	-5,0	34,2	-3,5
		13:00	34,4	-2,9	35,1	-1,7

Tabulka 7: Přehled nejvyšších denních hodnot výsledků měření na osluněné straně kolejnic v jednotlivé dny měření

6.2.5.1.2. Výsledky měření na zastíněné straně kolejnice

Datum měření	Druh povrchové úpravy	Čas odečtu [hh:mm]	Čisté kolejové lože		Znečištěné kolejové lože	
			Naměřené hodnoty teplotních extrémů [°C]	Korigované hodnoty teplotních extrémů [°C]	Naměřené hodnoty teplotních extrémů [°C]	Korigované hodnoty teplotních extrémů [°C]
7.9. 2022	Referenční kolejnice	14:00	46,1	0,0		
		15:00	40,3	0,0		
	Žárové zinkování	14:00	46,1	0,0	46,2	0,1
		15:00	40,5	0,2	40,7	0,4
	Axapur U2219 RAL9003 - bílá	14:00	37,8	-8,3	40,6	-5,5
		15:00	35,7	-4,6	37,0	-3,3
	Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment	14:00	44,0	-2,1	45,1	-1
		15:00	39,6	-0,7	39,9	-0,4
9.9. 2022	Referenční kolejnice	12:00	37,7	0,0		
		13:00	37,3	0,0		
	Žárové zinkování	12:00	36,3	-1,4	37,0	-0,7
		13:00	36,9	-0,4	37,1	-0,2
	Bez povrchové úpravy	12:00	37,6	-0,1	38,6	0,9
		13:00	36,7	-0,6	36,7	-0,6
	Axapur U2219 RAL7035 - šedá	12:00	33,9	-3,8	34,2	-3,5
		13:00	34,1	-3,2	35,1	-2,2

Tabulka 8: Přehled nejvyšších denních hodnot výsledků měření na zastíněné straně kolejnic v jednotlivé dny měření

6.2.5.2. Na základě průměrných korigovaných denních teplot

6.2.5.2.1. Výsledky měření na osluněné straně kolejnice

		Čisté kolejové lože	Znečištěné kolejové lože
Datum měření	Druh povrchové úpravy	Průměrná korigovaná teplota za den [°C]	Průměrná korigovaná teplota za den [°C]
17. 8. 2022	Referenční kolejnice	0,000	
	Žárové zinkování	0,282	0,900
	Bez povrchové úpravy	-0,445	0,336
	Axapur U2219 RAL7035 - šedá	-2,709	-2,018
18. 8. 2022	Referenční kolejnice	0,000	
	Žárové zinkování	0,342	0,567
	Axapur U2219 RAL9003 - bílá	-3,342	-2,617
	Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment	-1,142	-1,208
7.9. 2022	Referenční kolejnice	0,000	
	Žárové zinkování	-0,292	0,300
	Axapur U2219 RAL9003 - bílá	-3,833	-2,775
	Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment	-0,542	-0,358
9.9. 2022	Referenční kolejnice	0,000	
	Žárové zinkování	-0,550	-0,050
	Bez povrchové úpravy	-0,740	-0,330
	Axapur U2219 RAL7035 - šedá	-2,190	-1,120

Tabulka 9: Přehled průměrných hodnot výsledků měření na osluněné straně kolejnic v jednotlivé dny měření

6.2.5.2.2. Výsledky měření na zastíněné straně kolejnic

		Čisté kolejové lože	Znečištěné kolejové lože
Datum měření	Druh povrchové úpravy	Průměrná korigovaná teplota za den [°C]	Průměrná korigovaná teplota za den [°C]
7.9. 2022	Referenční kolejnice	0,000	
	Žárové zinkování	-0,017	0,417
	Axapur U2219 RAL9003 - bílá	-3,925	-2,992
	Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment	-0,475	-0,233
9.9. 2022	Referenční kolejnice	0,000	
	Žárové zinkování	-0,620	-0,270
	Bez povrchové úpravy	-0,560	-0,380
	Axapur U2219 RAL7035 - šedá	-2,070	-1,880

Tabulka 10: Přehled průměrných hodnot výsledků měření na zastíněné straně kolejnic v jednotlivé dny měření

Dle prezentace výsledků prostřednictvím tabulek výše si lze povšimnout nulových korigovaných hodnot referenční kolejnice. Všechny hodnoty se korigují na základě hodnot naměřených na referenční kolejnici. V případě aplikování stejného postupu na hodnoty referenční kolejnici budou výsledné korigované hodnoty teploty rovny nule.

6.2.6. Vyhodnocení měření

6.2.6.1. Na základě nejvyšších denních hodnot

6.2.6.1.1. Vyhodnocení měření na osluněné straně kolejnice

Následující tabulka znázorňuje pořadí jednotlivých vzorků podle nejvyšších korigovaných hodnot z měření.

			Čisté kolejové lože	Znečištěné kolejové lože
Pořadí	Druh povrchové úpravy	Datum a čas odečtu [DD.M. hh:mm]	Korigované hodnoty teplotních extrémů [°C]	Korigované hodnoty teplotních extrémů [°C]
1.	Axapur U2219 RAL9003 - bílá	18.8. 14:00	-5,7	-4,3
		18.8. 15:00	-3,6	-3,5
2.	Axapur U2219 RAL7035 - šedá	17.8. 14:00	-5,3	-4,1
		17.8. 15:00	-3,0	-2,7
3.	Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment	18.8. 14:00	-1,8	-2,0
		18.8. 15:00	-0,8	-1,4
4.	Bez povrchové úpravy	17.8. 14:00	-1,5	-0,6
		17.8. 15:00	0,2	-0,3
5.	Žárové zinkování	17.8. 14:00	0,0	-0,5
		17.8. 15:00	1,2	1,0

Tabulka 11: Výsledné srovnání nejvyšších denních hodnot na osluněné straně kolejnice

U vzorků, které se na měření objevily opakovaně byla pro vyhodnocení použita ta hodnota, u které byla vyšší naměřená hodnota na referenční kolejnici k ní vztažená.

6.2.6.1.2. Vyhodnocení měření na zastíněné straně kolejnice

Následující tabulka znázorňuje pořadí jednotlivých vzorků podle nejvyšších korigovaných hodnot z měření.

			Čisté kolejové lože	Znečištěné kolejové lože
Pořadí	Druh povrchové úpravy	Datum a čas odečtu [D.M. hh:mm]	Korigované hodnoty teplotních extrémů [°C]	Korigované hodnoty teplotních extrémů [°C]
1.	Axapur U2219 RAL9003 - bílá	7.9. 14:00	-8,3	-5,5
		7.9. 15:00	-4,6	-3,3
2.	Axapur U2219 RAL7035 - šedá	9.9. 12:00	-3,8	-3,5
		9.9. 13:00	-3,2	-2,2
3.	Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment	7.9. 14:00	-2,1	-1
		7.9. 15:00	-0,7	-0,4
4.	Bez povrchové úpravy	9.9. 12:00	-0,1	0,9
		9.9. 13:00	-0,6	-0,6
5.	Žárové zinkování	7.9. 14:00	0,0	0,1
		7.9. 15:00	0,2	0,4

Tabulka 12: Výsledné srovnání nejvyšších denních hodnot na zastíněné straně kolejnice

Tam, kde se v tabulce výše objevují časy odečtu 12:00 a 13:00 byly do vyhodnocení měření použity hodnoty z měřicího dne 9. 9. 2022, kdy se teplotní extrémy vyskytly dříve.

U vzorků, které se na měření objevily opakovaně byla pro vyhodnocení použita ta hodnota, u které byla vyšší naměřená hodnota na referenční kolejnici k ní vztážená.

6.2.6.2. Na základě průměrných korigovaných denních teplot

Vyhodnocení měření proběhlo na základě aritmetických průměrů z hodnot prezentovaných v předchozí kapitole. Aritmetické průměry byly vypočteny napříč měřícími dny pro jednotlivé druhy povrchových úprav a druhy kolejového lože zvlášť dle následujících tabulek.

6.2.6.2.1. Vyhodnocení měření na osvětlené straně kolejnice

		Čisté kolejové lože	Znečištěné kolejové lože
Pořadí	Druh povrchové úpravy	Průměr výsledných korigovaných hodnot [°C]	Průměr výsledných korigovaných hodnot [°C]
1.	Axapur U2219 RAL9003 - bílá	-3,5875	-2,696
2.	Axapur U2219 RAL7035 - šedá	-2,4495	-1,569
3.	Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment	-0,842	-0,783
4.	Bez povrchové úpravy	-0,5925	0,003
5.	Žárové zinkování	-0,0545	0,42925

Tabulka 13: Výsledné srovnání průměrných hodnot pro jednotlivé vzorky na osvětlené straně kolejnic

6.2.6.2.2. Vyhodnocení měření na zastíněné straně kolejnice

Pořadí	Druh povrchové úpravy	Čisté kolejové lože Průměr výsledných korigovaných hodnot [°C]	Znečištěné kolejové lože Průměr výsledných korigovaných hodnot [°C]
1.	Axapur U2219 RAL9003 - bílá	-3,925	-2,992
2.	Axapur U2219 RAL7035 - šedá	-2,070	-1,880
3.	Bez povrchové úpravy	-0,560	-0,380
4.	Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment	-0,475	-0,233
5.	Žárové zinkování	-0,3185	0,0735

Tabulka 14: Výsledné srovnání průměrných hodnot pro jednotlivé vzorky na zastíněné straně kolejnic

6.2.6.3. Dle úrovně znečištění kolejového lože (podle hodnot naměřených na osluněné straně kolejnic)

Pořadí	Druh kolejového lože	Průměr výsledných korigovaných hodnot [°C]
1.	Čisté kolejové lože	-1,263
2.	Znečištěné kolejové lože	-0,698

Tabulka 15: Výsledné srovnání průměrných hodnot pro jednotlivé druhy kolejového lože na osluněné straně kolejnic

6.2.6.4. Dle úrovně znečištění kolejového lože (podle hodnot naměřených na zastíněné straně kolejnic)

Pořadí	Druh kolejového lože	Průměr výsledných korigovaných hodnot [°C]
1.	Čisté kolejové lože	-1,278
2.	Znečištěné kolejové lože	-0,890

Tabulka 16: Výsledné srovnání průměrných hodnot pro jednotlivé druhy kolejového lože na zastíněné straně kolejnic

Z vyhodnocených výsledků měření na přímém slunci vyplývá, že z měřených vzorků se svými vlastnostmi, které mají vliv na snížení teploty kolejnice nejvíce osvědčila varianta barvy Axapur U2219 odstínu RAL9003, což značí čistě bílý odstín. Jako nejhorší varianta se ukázala možnost žárového zinkování kolejnic, která svými výsledky při tomto způsobu měření jeví jako horší varianta, než ponechání kolejnice bez jakékoliv úpravy. Co se týče průměrného rozdílu mezi nejlepší a nejhorší variantou, jedná se o necelé 3 °C.

Na základě průměrných výsledků měření na čistém a znečištěném kolejovém loži lze usuzovat vliv stavu kolejového lože na teplotu kolejnic v řádu desetin °C.

6.3. Laboratorní měření za pomoci celospektrálních žárovek

Účelem měření bylo stanovení alternativního měření k měření na přímém slunci z důvodu nemožnosti provádět venkovní měření mimo letní období. Laboratorní měření s sebou přináší řadu výhod v podobě nezávislosti měření na počasí, lepší kontroly nad vstupní energií a přesnějšího odečítání naměřených hodnot. Měření spočívalo ve vystavení kolejnicových vzorků záření žárovek, které svým složením imitují záření sluneční.

6.3.1. Popis měření

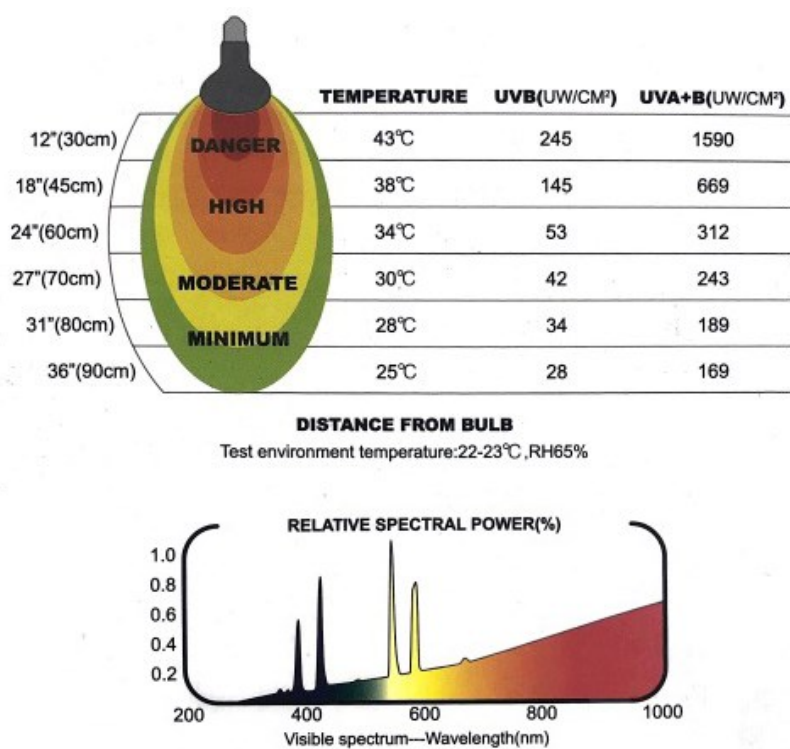
6.3.1.1. Celospektrální žárovky

Pro účely laboratorního měření byly vybrány žárovky s názvem ReptiZoo SuperSun s výkonem 160W. Předpokládané určení těchto žárovek je osvětlení a výhřev velkých terárií pro plazy.

Důvod výběru právě takových žárovek je poměr infračervené části spektra jejich záření, kterým se přibližují k záření slunečnímu. Kromě toho také poskytují záření ultrafialové, konkrétně UVA a UVB. Ultrafialové záření se sice příliš nepodílí na ohřevu povrchů objektů, ale jeho přítomností se záření žárovky ještě více podobá slunečnímu záření.



Obrázek 20: Žárovka ReptiZoo SuperSun 160W



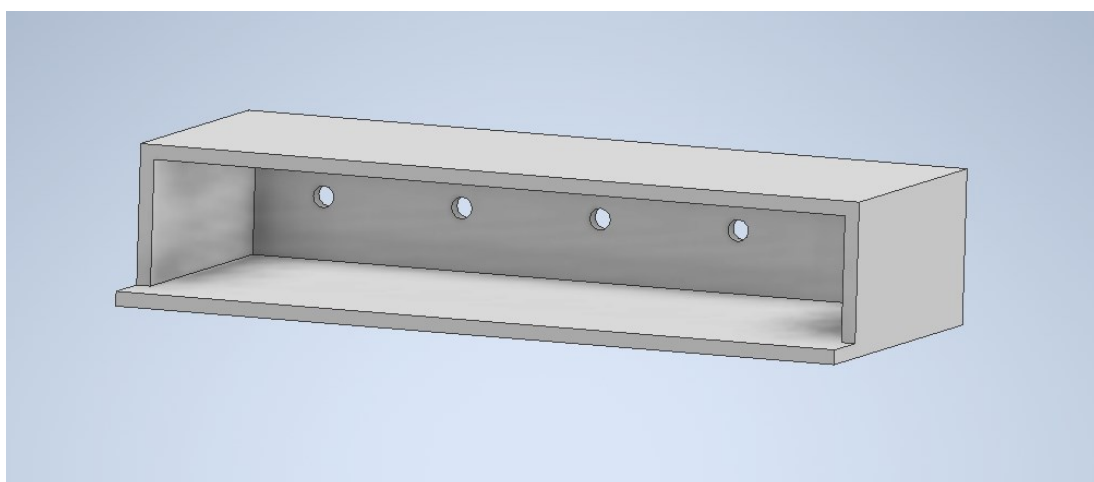
Obrázek 21: Technické údaje žárovky ReptiZoo SuperSun 160W, upraveno autorem [20]

6.3.1.2. Reflektor pro zahřívání kolejnicových vzorků

Po výběru vhodných žárovek následovalo navržení svítidla, do kterého se žárovky umístí. Bylo navrženo svítidlo, které svými rozměry kopíruje siluetu kolejnicových vzorků s dostatečným místem pro pět celospektrálních žárovek umístěných v řadě vedle sebe.

Kolejnicové vzorky se umísťují na okraj svítidla do dostatečné vzdálenosti od žárovek tak, aby byl zajištěn ohřev vzorků. Celkový výkon svítidla při osazení pěti žárovkami činí 800 W.

Pro lepší názornost jsem před výrobou svítidla vytvořil jednoduchý 3D model v softwaru Autodesk Inventor.



Obrázek 22: 3D model skeletu kolejnicového reflektoru

6.3.1.3. Samotné měření

Měření spočívalo ve vystavení každého kolejnicového vzorku záření od vyrobeného kolejnicového reflektoru po dobu jedné hodiny. Zároveň probíhal záznam teploty kolejnice každou minutu pomocí dataloggeru Comet U0141 povrchové teplotní sondy PT1000 na neosvětlené straně kolejnice. Povrchová teplotní sonda byla osazena v polovině šířky kolejnicového vzorku a v polovině výšky stojiny kolejnice. Kromě minutového záznamu teploty kolejnice byla zaznamenána i orientační hodnota teploty okolního vzduchu.

Měřené veličiny	Způsob měření
Teplota kolejnice	Datalogger Comet U0141+Povrchová teplotní sonda PT1000 (viz příloha č. 7)
Teplota vzduchu	Teploměr WS9410 (viz. příloha č. 6)
Čas	Interní čas Dataloggeru Comet U0141

Tabulka 17: Přehled měřených veličin a měřících přístrojů

Po dokončení měření jednoho vzorku byla uskutečněna krátká přestávka pro vychladnutí celé sestavy a výměnu kolejnicového vzorku. Poté se pokračovalo dalším hodinovým zahříváním jiného vzorku. Vzhledem ke skutečnosti, že některé kolejnicové vzorky byly opatřeny různými nátěry z obou stran kolejnice, nebylo možné tyto nátěry měřit ihned po sobě pouhým otočením kolejnice, nýbrž bylo nutné čekat na úplné vychladnutí kolejnicového vzorku po zahřátí jeho jedné strany.

6.3.2. Provedení měření

Po teoretické přípravě měření byly zahájeny práce na jeho uskutečnění. V první řadě byla uskutečněna výroba kolejnicového reflektoru, poté se přešlo k úpravě kolejnicových vzorků a následovalo provedení samotného měření.

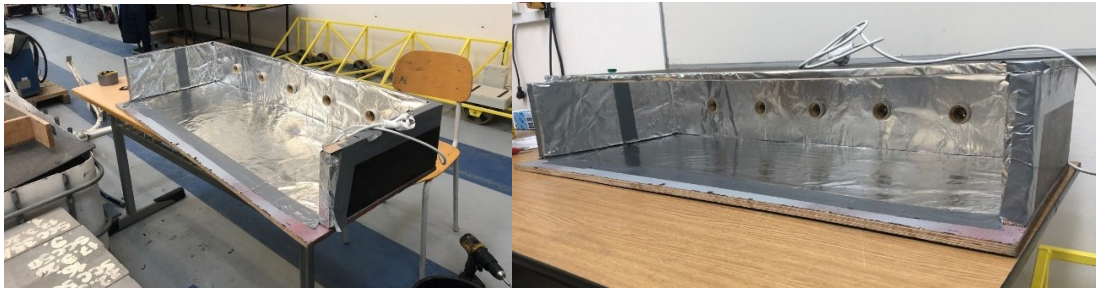
6.3.2.1. Výroba reflektoru pro zahřívání kolejnicových vzorků

Kolejnicový reflektor byl vyroben 15.9.2022 v areálu VVCD Doubravice podle nákresů a 3D modelu, který byl zmíněn v kapitole výše. Jako materiál pro výrobu skeletu tohoto svítidla byla použita stavební překližka.

Po zkonstruování skeletu reflektoru z překližky, byly jeho vnitřní stěny doplněny o odrazivou folii. Poté začaly práce na elektroinstalaci. Reflektor byl osazen keramickými objímkami E27. Jako vodič byl použit kabel CYLY 3x0,75, který byl ukončen vidlicovou zástrčkou na 230V. Následovalo osazení a zkouška celospektrálních žárovek.



Obrázek 23: Elektrifikace kolejnicového reflektoru



Obrázek 24: Kompletace kolejnicového reflektoru



Obrázek 25: Kompletní kolejnicový reflektor

6.3.2.2. Úprava kolejnicových vzorků

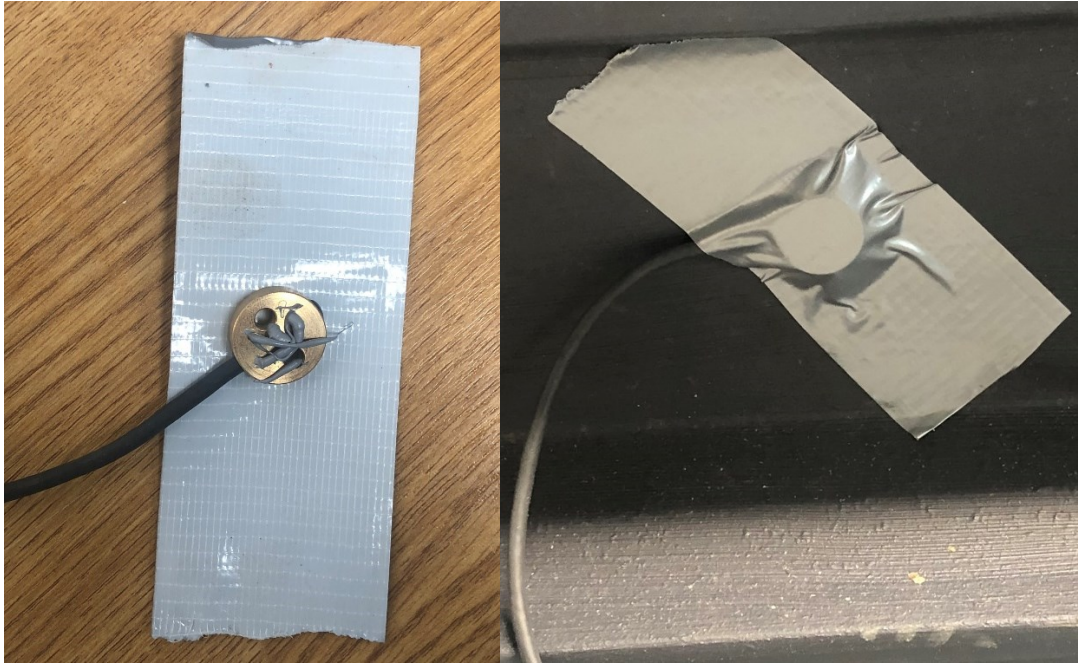
Pro účely měření povrchovou teplotní sondou PT1000 bylo nutné kolejnicové vzorky upravit obrusem povrchové úpravy až na původní materiál kolejnice, a to v místě osazení povrchové teplotní sondy z důvodu lepší tepelné vodivosti. Tato úprava byla provedena v areálu VVCD Doubravice 7.10.2022.



Obrázek 26: Úprava kolejnicových vzorků pro instalaci povrchové teplotní sondy

6.3.2.3. Samotné měření

Před zahájením měření bylo vždy nutné provést očištění kolejnicových vzorků od nečistot. Poté se kolejnicový vzorek umístil na stanovené místo měřenou stranou do prostoru reflektoru. Následně se připevnila povrchová teplotní sonda na předem připravené místo na neosvětlenou stranu kolejnicového vzorku viz. kapitola výše. Povrchová teplotní sonda se na kolejnici připevnila za pomoci lepicí pásky. Na místo styku sondy s kolejnicí byla doplněna teplovodní pasta. Instalace povrchové teplotní sondy probíhala v souladu s doporučením výrobce sondy viz. příloha č. 7.



Obrázek 27: Instalace povrchové teplotní sondy

Po správné instalaci povrchové teplotní sondy a po propojení sondy s dataloggerem Comet následovalo nastavení minutového časového intervalu záznamu teploty po dobu jedné hodiny. Poté nic nebránilo zahájení měření v podobě spuštění kolejnicového reflektoru.



Obrázek 28: Záznam měření kolejnicovým reflektorem

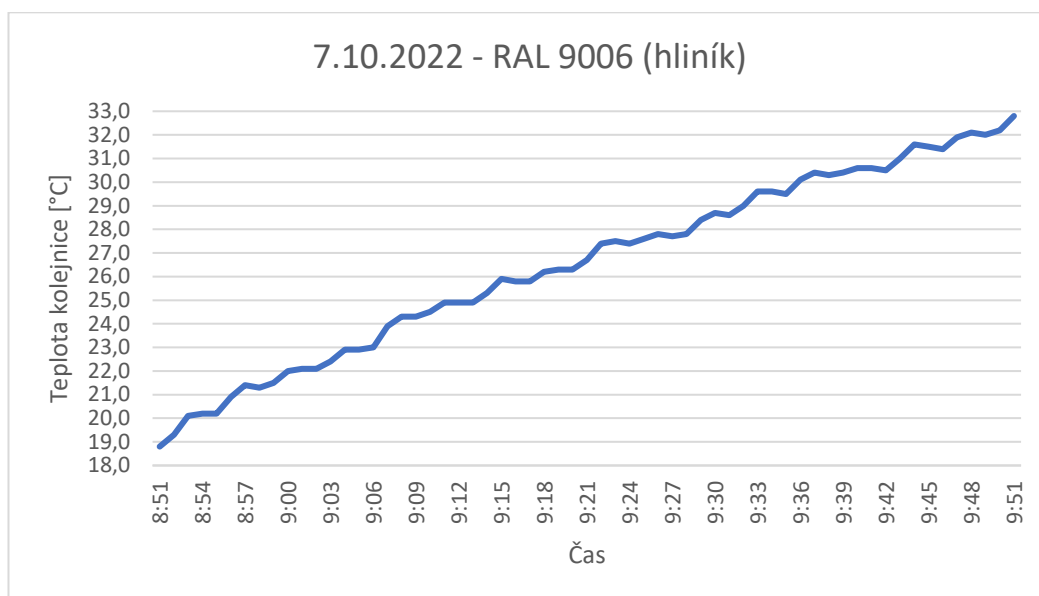
Celkově měření probíhalo v pěti dnech v areálu VVCD Doubravice. První dva měřicí dny lze označit jako zkušební. Pro zpřesnění měření bylo ideální, aby všechny vzorky povrchových úprav kolejnice byly změřeny v jednom měřicím dnu kvůli malým změnám okolní teploty v laboratoři během dne. To se podařilo pouze poslední měřicí den, tudíž výsledky z tohoto dne lze považovat za nejvíce relevantní. O rozložení jednotlivých měření vypovídá následující tabulka.

Datum měření	7.10.2022	10.10.2022	11.11.2022	14.11.2022	15.2.2023
Charakter měření	Zkouška	Zkouška	Měření	Měření	Měření
Colorlak Axapur U2219	RAL 9006 (hliník)	RAL 9003 (bílá)	RAL 9006 (hliník)	U2219 RAL 9003 (bílá)	U2219 RAL 9003 (bílá)
		VIS a IR záření	VIS a IR záření	RAL 7035 (šedá)	RAL 9006 (hliník)
		RAL 7035 (šedá)			VIS a IR záření
					RAL 7035 (šedá)
Zinkování	Žárové zinkování		Žárové zinkování		Žárové zinkování
Eternal Cool			Antracit		Antracit
Bez povrchové úpravy					Bez povrchové úpravy

Tabulka 18: Přehled jednotlivých měření

Měřicí dny s daty 7. a 10. 10. 2022 jsou označena jako zkušební z důvodu technického problému, jenž v průběhu těchto měřicích dnů objevil. Celospektrální žárovky jsou opatřeny integrovanou teplotní ochranou proti přehřátí. Ta má za následek vypnutí žárovky po překročení určité vnitřní teploty a její opětovné zapnutí po ochlazení. Vzhledem k tomu, že se v reflektoru nacházelo 5 žárovek o celkovém výkonu 800 W vedle sebe, docházelo k jejich přehřívání a následnému vypínání a opětovnému zapínání velmi často a brzy po zapnutí reflektoru. Docházelo tedy k nahodilému

zapínání a vypínání jednotlivých žárovek nezávisle na sobě během celého měřicího cyklu. Toto chování bylo zcela nahodilé a pro každý měřený vzorek zcela odlišné. Takto měřené vzorky by v žádném případě nebylo možné spolu porovnat, neboť na každý vzorek působilo po dobu jedné hodiny jiné množství energie.



Graf 35: Záznam měření při nahodilém spínání teplotní ochrany žárovek

Jako řešení tohoto problému se naskytla redukce výkonu žárovek a jejich řízené odpojování. Toho bylo docíleno doplněním elektrického obvodu o přepínací časové relé TC-GRT8-M1 dle přílohy č. 8.

Místo pěti žárovek byly dále používány pouze čtyři. Středová žárovka byla odpojována a zbylé čtyři žárovky se střídavě řízeně zapínaly a vypínaly ve dvouminutových intervalech. Během této doby se zapnuté žárovky nestihly přehřát a vypnuté žárovky se naopak stihly ochladit dostatečně na to, aby zvládly příští dvouminutový interval svícení bez přehřátí.



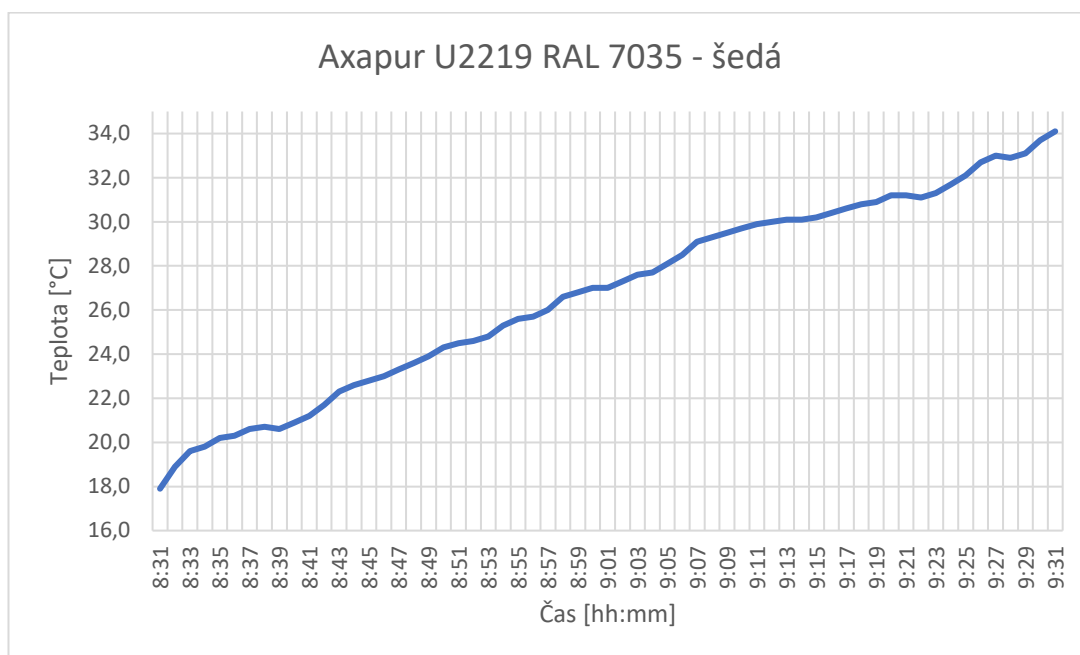
Obrázek 29: Automatizované spínání dvojice žárovek skrze časové relé

V dalších měřících dnech probíhalo měření již podle plánu. Během 11. a 14. 11. 2022 bylo provedeno měření téměř všech vzorků kromě vzorku kolejnice bez jakékoliv povrchové úpravy. Jak již bylo zmíněno v kapitole 6.2.1.1, kolejnicové vzorky bez povrchové úpravy byly po jejich změření ve venkovním prostředí opatřeny nátěrem Eternal Cool Antracit z důvodu úspory kolejnic. To zapříčinilo, že pro laboratorní měření kolejnicový vzorek bez povrchové úpravy již chyběl a bylo zapotřebí jej doobjednat. Tento proces byl časově náročný, což se projevilo na měření, kdy se vzorek bez povrchové úpravy objevil až poslední měřící den 15. 2. 2023, kdy se podařilo změřit všechny dostupné vzorky povrchových úprav v jednom dni.

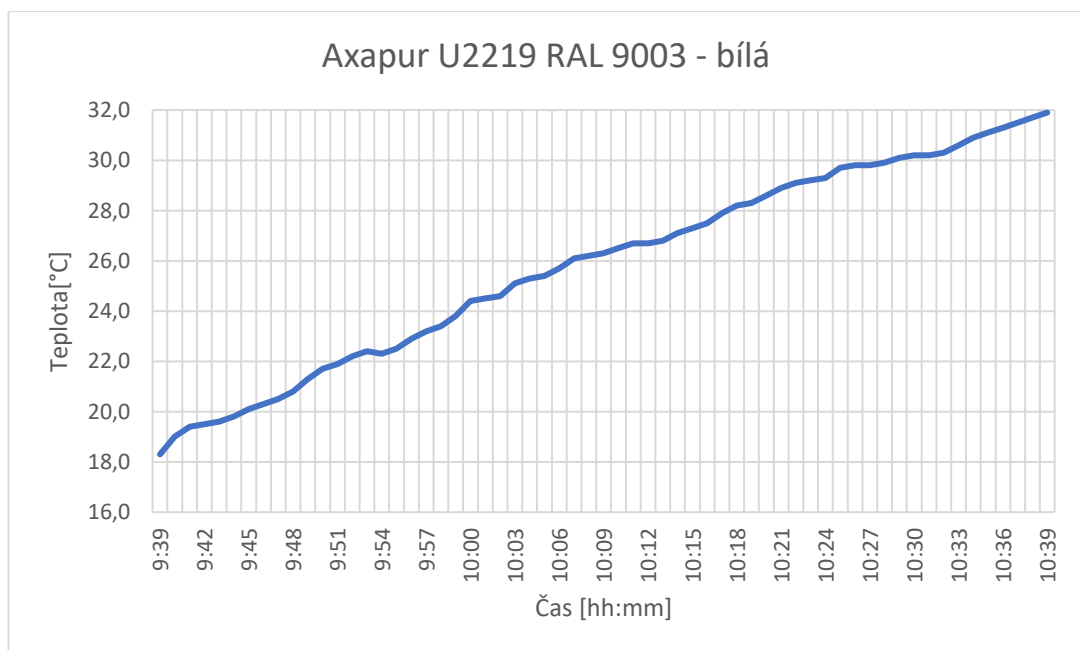
6.3.3. Presentace naměřených hodnot

Vzhledem k tomu, že měření probíhalo v několika dnech, ale pouze poslední den měření se podařilo změřit všechny dostupné vzorky najednou, bude toto měření považováno za nejvíce relevantní a pouze jeho výsledky zde budou prezentovány. Kompletní data ze všech měření budou dostupná v příloze 10.

6.3.3.1 Měření 15. 2. 2023



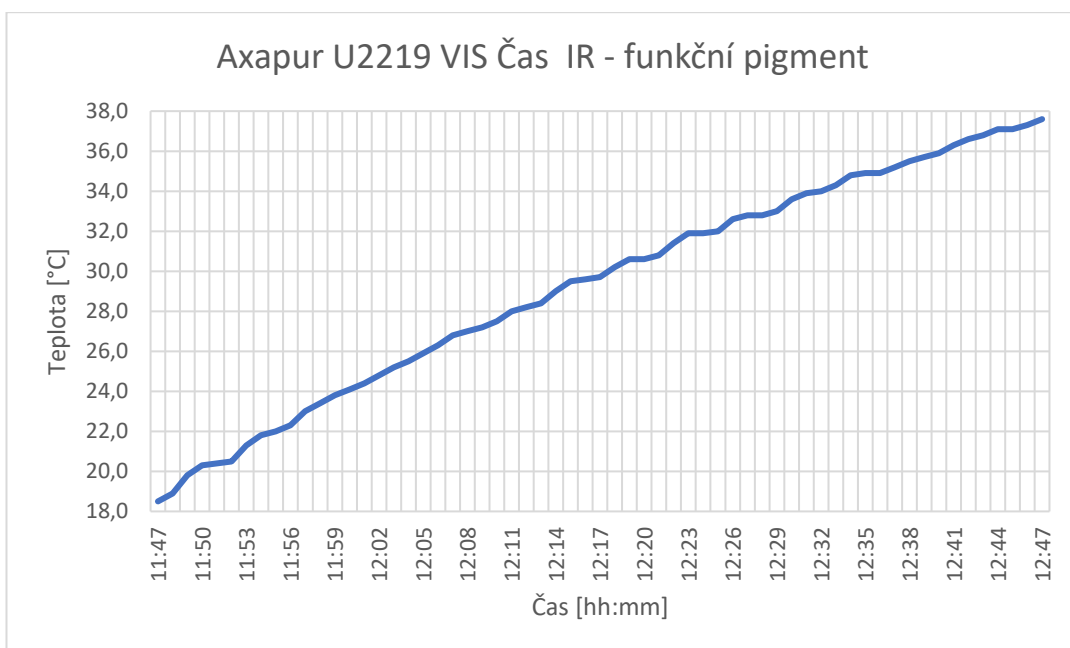
Graf 36: Měření 15.2. Axapur U2219 RAL7035 - šedá



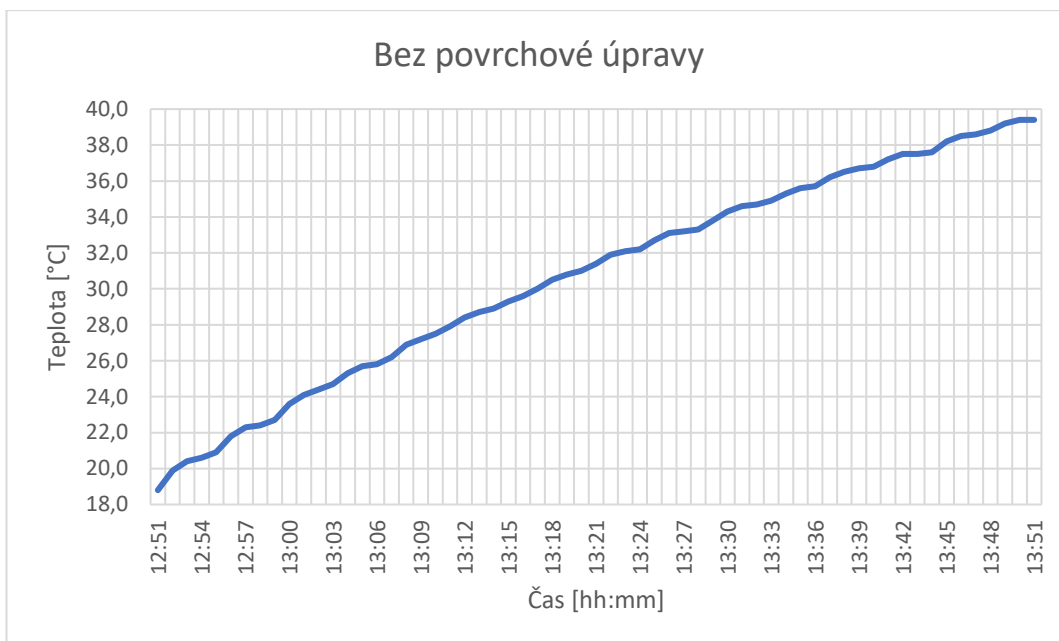
Graf 37: Měření 15.2. Axapur U2219 RAL9003 - bílá



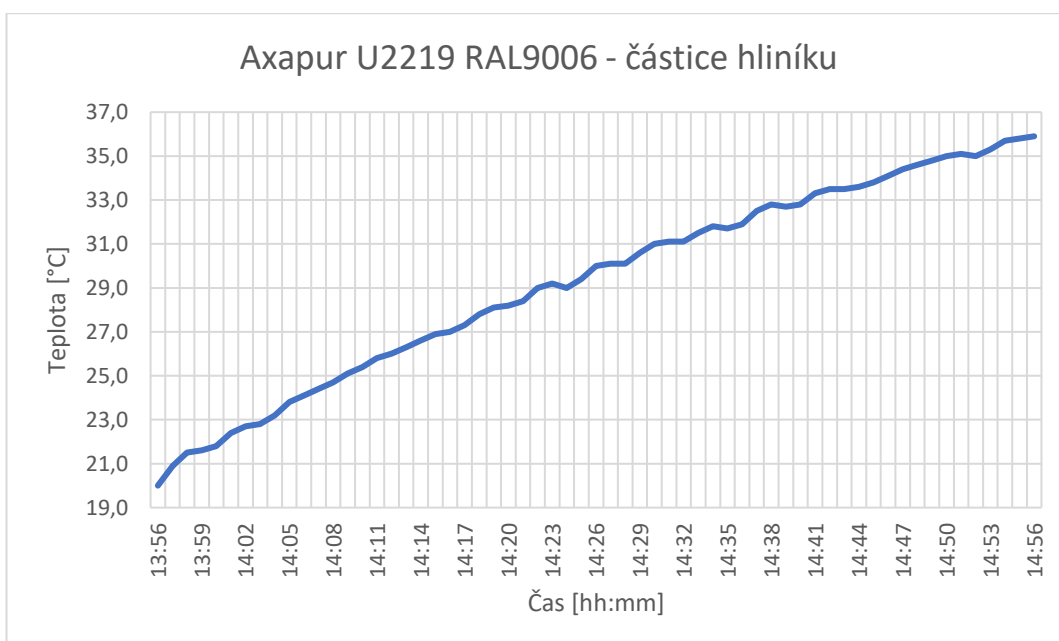
Graf 38: Měření 15.2. Žárové zinkování



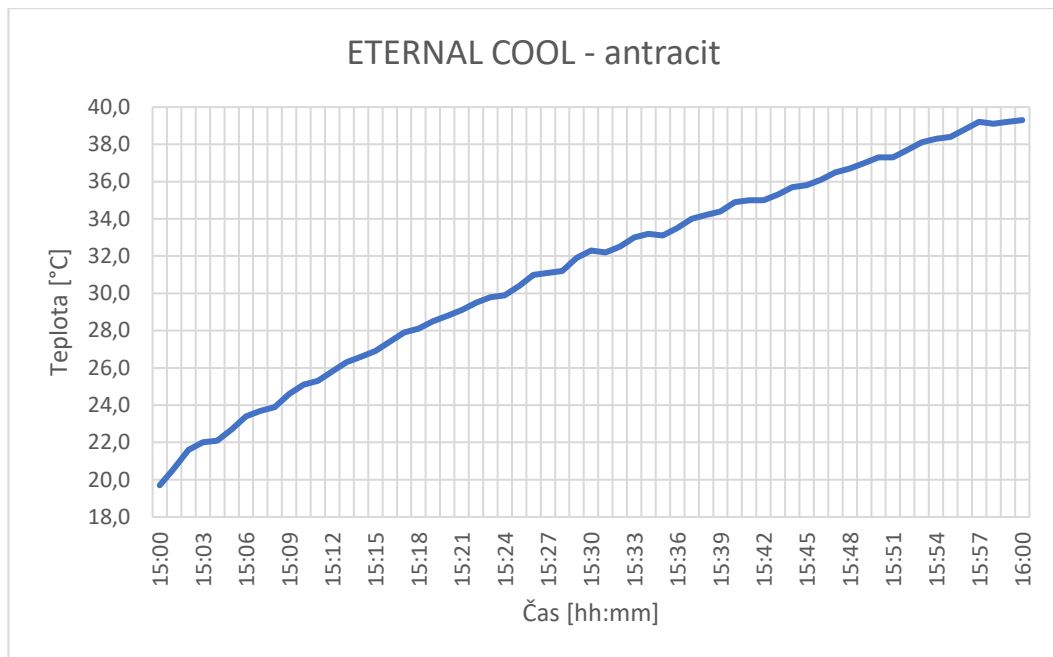
Graf 39: Měření 15.2. Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment



Graf 40: Měření 15.2. Bez povrchové úpravy



Graf 41: Měření 15.2. Axapur U2219 RAL9006 – částice hliníku



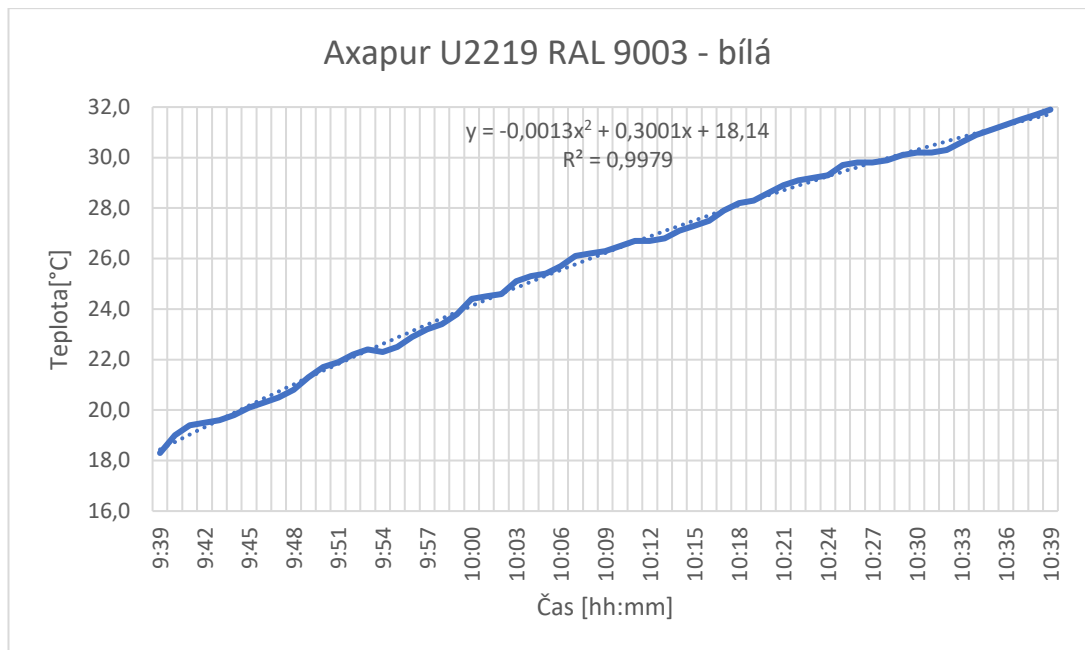
Graf 42: Měření 15.2. ETERNAL COOL – Antracit

6.3.4. Výpočty

Pro vyhodnocení měření bude použita metoda, která bude srovnávat jednotlivé vzorky na základě průměrné doby ohřevu daného vzorku o 1°C.

6.3.4.1. Průměrná doba ohřevu vzorku o 1 °C

Pro určení hodnot průměrných dob ohřevů u jednotlivých vzorků bude použita regresní funkce. S ohledem na koeficient determinace bude použit polynom 2. stupně jako tvar křivky regresní funkce.



Graf 43: Příklad užití polynomicke regresní funkce na grafu naměřených hodnot

Na grafickém příkladu výše lze zaznamenat, že se nyní jedná o kvadratickou funkci. Koeficient determinace nabývá hodnoty 0,9979, což vypovídá o vysoké kvalitě regresního modelu.

$$y = -0,0013x^2 + 0,3001x + 18,14 \quad (6.3)$$

Do takto připravených rovnic regresních funkcí pro všechny vzorky budeme dosazovat za y jednotlivé naměřené hodnoty teploty v celých stupních a dopočítáme hodnoty x . Jelikož se jedná o kvadratickou funkci, výsledkem budou vždy dva kořeny x_1 a x_2 . Vzhledem k tomu, že kořen x_2 se bude vždy nacházet mimo oblast našeho měření, bude nás zajímat pouze kořen x_1 .

Dosazení do rovnice 6.3:

$$20 = -0,0013x^2 + 0,3001x + 18,14$$

Výpočet kořenů kvadratické rovnice:

$$x_1 = \frac{3001 - \sqrt{3001^2 - 967200}}{26} = 6,37393$$

$$x_2 = \frac{3001 + \sqrt{3001^2 - 967200}}{26} = 224,47223$$

Vypočtené hodnoty x_I v našem případě znázorňují čas od počátku měření v minutách, kdy regresní funkce nabyla námi dosažené hodnoty teploty.

Po vypočítání dob ohřevu x_I pro hodnoty teploty v celých °C zbývá dopočítat relativní doby ohřevu podle vzorce:

$$\Delta t(20) = x_1(20) - x_1(19) \quad (6.4)$$

Kde:

$\Delta t(20)$...relativní doba ohřevu o 1°C v rozmezí 19-20 °C
$x_1(19)$...doba ohřevu na 19 °C od začátku měření
$x_1(20)$...doba ohřevu na 20 °C od začátku měření

Z takto vypočítaných relativních dob ohřevu o 1 °C zbývá vypočítat aritmetický průměr pro zjištění průměrné doby ohřevu o 1 °C.

Pro dodržení správného způsobu výpočtu je nutné dodržet stejný posuzovaný teplotní rozsah pro všechny vzorky, neboť mezi sebou budeme porovnávat aritmetické průměry těchto rozsahů. Byl vybrán takový teplotní rozsah, který pokrývají všechny vzorky, a to 20 °C až 31°C.

Axapur U2219 RAL9003 - bílá		
$y = -0,0013x^2 + 0,3001x + 18,14$		
Naměřená hodnota teploty [°C]	Dopočítaná hodnota x_i [min]	Relativní doba ohřevu o 1 °C Δt [min]
20	6,37393	-
21	9,95988	3,58595
22	13,67213	3,71225
23	17,52504	3,85291
24	21,53594	4,0109
25	25,72601	4,19007
26	30,12165	4,39564
27	34,75647	4,63482
28	39,67434	4,91787
29	44,93449	5,26015
30	50,62022	5,68573
31	56,85535	6,23513
Průměrná doba ohřevu o 1°C [min]		4,58922
Průměrná doba ohřevu o 1 °C [m:ss]		4:35

Tabulka 19: Výpočet průměrné doby ohřevu o 1 °C vzorku Axapur U2219 RAL9003 – bílá

6.3.5. Prezentace výsledků

6.3.5.1. Dle průměrné doby ohřevu vzorku o 1 °C

Druh povrchové úpravy	Předpis polynomicke regresní funkce	Koeficient determinace R ²	Průměrná doba ohřevu o 1 °C [m:ss]
Axapur U2219 RAL 7035 - šedá	$y = -0,0013x^2 + 0,3292x + 18,157$	0,9954	3:52
Axapur U2219 RAL 9003 - bílá	$y = -0,0013x^2 + 0,3001x + 18,14$	0,9979	4:35
Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment	$y = -0,0019x^2 + 0,4307x + 18,35$	0,9992	2:48
Žárové zinkování	$y = -0,0021x^2 + 0,4447x + 18,184$	0,999	2:45
Bez povrchové úpravy	$y = -0,0023x^2 + 0,4742x + 18,885$	0,9993	2:30
Axapur U2219 RAL9006 - částice hliníku	$y = -0,0018x^2 + 0,3688x + 20,167$	0,9988	3:16
ETERNAL COOL - antracit	$y = -0,0023x^2 + 0,4547x + 20,126$	0,9982	2:33

Tabulka 20: Prezentace výsledků dle průměrné doby ohřevu vzorku o 1 °C

6.3.6. Vyhodnocení

Pořadí	Druh povrchové úpravy	Průměrná doba ohřevu o 1 °C [m:ss]
1.	Axapur U2219 RAL 9003 - bílá	4:35
2.	Axapur U2219 RAL 7035 - šedá	3:52
3.	Axapur U2219 RAL9006 - částice hliníku	3:16
4.	Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment	2:48
5.	Žárové zinkování	2:45
6.	ETERNAL COOL - antracit	2:33
7.	Bez povrchové úpravy	2:30

Tabulka 21: Výsledné srovnání všech měřených vzorků

Z vyhodnocených výsledků měření pomocí celospektrálních žárovek lze usuzovat, že z pohledu snížení teploty kolejnice má nejlepší výsledky barva Axapur U2219 v čistě bílém odstínu RAL9003. Jako nejhorší varianta se pak jeví ponechání kolejnice bez jakékoliv povrchové úpravy.

6.4. Srovnání výsledků obou způsobů měření

Srovnání výsledků všech způsobů měření je provedeno na základě pořadí, které jednotlivé druhy povrchových úprav dostaly jako vyhodnocení jednotlivých způsobů měření.

Druh povrchové úpravy	Měření vzorků na přímém slunci – osluněná strana kolejnice	Měření vzorků na přímém slunci – neosluněná strana kolejnice	Měření pomocí celospektrálních žárovek
Axapur U2219 RAL 9003 - bílá	1.	1.	1.
Axapur U2219 RAL 7035 - šedá	2.	2.	2.
Axapur U2219 RAL9006 - částice hliníku	-	-	3.
Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment	3.	4.	4.
Žárové zinkování	5.	5.	5.
ETERNAL COOL - antracit	-	-	6.
Bez povrchové úpravy	4.	3.	7.

Tabulka 22: Srovnání výsledků všech způsobů měření

Mezi výslednými pořadími jednotlivých způsobů měření existují rozdíly. Rozdíly mezi měřením vzorků na přímém slunci a měřením pomocí celospektrálních žárovek lze přisoudit nižší přesnosti měření vzorků na přímém slunci, a to jak v kontrole vstupní energie od slunečního záření během dne, ve způsobu odečítání teploty vzorků a přesnosti měřící techniky, tak i ve vyhodnocování výsledků, kde byly použity korekce naměřených hodnot a aritmetický průměr.

7. Výběr nejvhodnější varianty technického řešení pro snížení teploty kolejnice

I přes různé rozdíly výsledků jednotlivých způsobů měření se všechny způsoby měření shodnou na první příčce technického řešení s největším pozitivním vlivem na teplotu kolejnice. Jedná se o barvu Colorlak Axapur U2219 RAL9003 – čistě bílý odstín.

Z výsledků měření na přímém slunci vyplývá, že kolejnice opatřená touto barvou dosahovala průměrně o 3 °C nižších teplot než vzorek bez povrchové úpravy.

Z výsledků měření pomocí celospektrálních žárovek zase vyplývá, že ohřev o 1 °C vzorku opatřeného čistě bílou barvou trval průměrně o více jak 90 sekund déle než vzorku bez povrchové úpravy.

8. Diskuse

Pro úspěšné uskutečnění venkovního měření bylo nezbytně nutné zachytit letní slunečné počasí, kdy je minimum oblačnosti a padají teplotní rekordy nejen v meteostanicích po celém Česku, ale i na železničních tratích. S výběrem tématu bakalářské práce a následným návrhem a realizací venkovního měření nebylo možné otálet a musel jsem začít již velmi brzy. V červnu 2022 jsem se rozhodl pro konkrétní téma bakalářské práce, a už v tu chvíli se rodily první myšlenky na průběh měření. Po několika konzultacích, shromáždění potřebného materiálu v podobě šterku, kolejnicových vzorků a především bylo zapotřebí dát dohromady veškeré druhy povrchových úprav. Zde jsem kontaktoval paní prof. Ing. Andréu Kalendovou, Dr. Z fakulty chemicko-technologické a poprosil ji o pomoc. Paní profesorka mi poskytla kontakt na pana Ing. Jiřího Sedláře z firmy Colorlak a.s. Po krátké komunikaci mi pan inženýr Sedlár doporučil jejich dvousložkovou barvu Axapur U2219 v několika odstínech a provedeních. Následně také namíchal vzorky těchto barev, které mi bezplatně poskytl. K barvě od Colorlaku časem přibyla ještě barva Eternal a povrchová úprava v podobě žárového zinkování. Na samotnou přípravu měřicího místa došlo až začátkem srpna. Tou dobou již bylo jasné, že na měření nebude potřebné množství času, neboť od začátku září je již typicky letní počasí na ústupu a zvyšuje se množství oblačnosti.

První měření proběhlo 17. 8. 2022 a bylo úspěšné. V podobném duchu se neslo i druhé měření. Poté mi bylo doporučeno zaznamenávat teplotu na obou stranách kolejnice, tedy i na té, která není osvětlena. Z toho důvodu jsem se rozhodl pro opakování předchozích měření, nyní již se zaznamenáním teplot z obou stran kolejnice. Zde bylo zajímavé pozorovat výsledky měření na vzorcích opatřených žárovým zinkováním. U této varianty se totiž naměřené hodnoty na osluněné a neosluněné straně nikdy příliš nelišily. Tuto skutečnost přisuzuji tomu, že vrstva zinku na kolejnicích svojí velmi dobrou tepelnou vodivostí způsobila lepší distribuci tepla po povrchu kolejnice i na místa, která nebyla přímo osluněná. Od žárového zinkování jsem celkově čekal velmi dobré výsledky, což se nakonec nepotvrdilo a spousta jiných variant z řad nátěrů mělo daleko větší pozitivní vliv na teplotu kolejnice než varianta žárového zinkování.

Když bylo 9. září dokončeno poslední měření, byl jsem velmi rád, že se moje aktivita v letních měsících vyplatila, a že několik dnů měření bylo úspěšně dokončeno. Na

druhou stranu mě mrzelo, že se nepodařilo změřit všechny zamýšlené vzorky povrchových úprav z důvodu nepříznivého počasí, které mělo být v další týdnech pouze horší a horší. Další nedostatky tohoto měření jsem spatřoval například v nízké přesnosti měřící techniky, nebo nemožnosti měřit všechny vzorky najednou. I přes úspěch, který uskutečnění venkovního měření v tak krátkém časovém horizontu nepochybně bylo, jsem již přemýšlel nad dalšími způsoby měření, které by především nebyly závislé na počasí a zvýšily by celkovou přesnost měření a tím i vypovídající hodnotu bakalářské práce.

Z několika myšlených způsobů měření jsem si nakonec vybral zahřívání kolejnicových vzorků žárovkami. Záleželo mi na co největší autenticitě, proto jsem vybral žárovky, které se složením svého záření co nejvíce blíží záření slunečnímu. Běžné použití těchto žárovek je v teráriích pro plazy, kde slouží jako osvětlení a vytápění. Po výběru vhodných žárovek jsem navrhl a sestavil svítidlo, do kterého se po umístění a zapojení žárovek z boku nasune vzorek kolejnice a po spuštění svítidla proběhne hodinové měření teploty vzorku na straně, která není osvětlena žárovkami. Měření se již zaznamenávalo každou minutu a to na datalogger od společnosti Comet systems s použitím velmi přesné povrchové sondy.

První zkušební měření bylo uskutečněno již 7.10.2022, kde jsem narazil na zásadní problém. Z důvodu velkého tepla, které je uvolňováno žárovkami a jejich původnímu určení v teráriích, jsou žárovky opatřené integrovanou tepelnou ochranou, která chrání žárovku před zničením a živočichy před přehřátím. Tato tepelná ochrana měla za následek nahodilé vypínání a opětovné zapínání žárovek ve svítidle při překročení teploty žárovek, na kterou je nastavena tepelná ochrana. Tato skutečnost měla za následek, že neexistovala kontrola nad energií, kterou přijmou jednotlivé vzorky, tudíž nebylo možné zajistit, aby se na všechny kolejnicové vzorky svítilo během hodiny měření stejně. Tento problém bylo potřeba vyřešit, jinak by výsledky měření byly absolutně irelevantní. To se nakonec podařilo redukcí počtu žárovek z pěti na čtyři a aplikací časového relé pro jejich střídavé zapínání po dvou, kdy byly dvě žárovky zapnuté a dvě se chladily. Toto opatření velmi výrazně ovlivnilo plynulost měření, a umožnilo uskutečnit několik relevantních měření včetně toho referenčního, které bylo uskutečněno 15. 2. 2023.

Z tohoto laboratorního měření jsem měl již mnohem lepší pocit. Byla totiž použita mnohem přesnější měřicí technika a výstupy měření se nemusely nijak korigovat kvůli vlivům počasí.

Po uskutečnění všech měření, následovalo vyhodnocení výsledků a jejich interpretace do bakalářské práce včetně výběru nejvhodnějšího technického řešení pro snížení teploty kolejnice. Kromě toho došlo také na pečlivý výběr informací do teoretické části práce tak, aby se co nejlépe přiblížila čtenáři celá problematika teploty kolejnic v bezstykové koleji ve zhuštěné podobě.

I přes všechny nepříjemnosti, které provázely vznik této práce si myslím, že se podařilo dát dohromady mnoho zajímavých myšlenek a informací, které mohou být užitečné v dalším výzkumu.

ZÁVĚR

V první části práce byla vysvětlena problematika konstrukce bezстыkové koleje především s ohledem na teplotu kolejnic. Následně byla vyzdvihnuta rizika spojená s extrémními teplotami kolejnice jak v zimním období v podobě křehkého lomu kolejnice, tak v letním období v podobě vybočení. Poté byl vysvětlen způsob zahřívání povrchů pro jednotlivé části spektra elektromagnetického záření a bylo popsáno složení slunečního záření.

Pak bylo představeno několik způsobů zamezení ohřívání kolejnice do extrémních hodnot, nebo přímo chlazení kolejnice v tropickém počasí, které již byly použity ve světě. Nejčastějšími používanými způsoby ve světě je především chlazení kolejnic kropením vodou a zamezení nadměrnému ohřevu kolejnic pomocí nátěru kolejnic barvou světlého odstínu.

Následně bylo navrženo několik druhů povrchových úprav které měly za cíl ochránit kolejnici před nadměrným zahříváním v letních měsících. Při návrhu se jednak vycházelo z předchozích zkušeností, ale také došlo k využití nových, zatím nevyzkoušených způsobů. Jednalo se především o barvu od společnosti Colorlak v několika zajímavých odstínech a provedeních. Další vzorky obsahovaly nátěr od společnosti Eternal, nebo povrchovou úpravu v podobě žárového zinkování.

Následně byly popsány dva způsoby měření teploty kolejnice, a to venkovní měření na přímém slunci, kde se dbalo na co největší autentičnost měření a laboratorní měření za pomoci celospektrálních žárovek, kde došlo ke zpřesnění naměřených hodnot.

Po uskutečnění měření byly představeny naměřené hodnoty z obou měření a podrobně popsán způsob jejich vyhodnocení.

Na závěr práce byl na základě vyhodnocených hodnot měření vybrán nejvhodnější způsob technického řešení pro snížení teploty kolejnice. Tím se stala dvousložková barva od společnosti Colorlak s názvem U2219 odstínu RAL9003 – čistě bílý odstín.

DOPORUČENÍ K DALŠÍMU VÝZKUMU

K dalšímu výzkumu bude vhodné zabývat se použitím pouze světlých odstínů nátěrů, ideálně pokud by byl vyvinut nátěr bílého odstínu v kombinaci s nějakou formou aktivního „chladícího“ prvku.

Dále doporučuji zabývat se odolností různých druhů nátěrů proti mechanickému poškození, nebo vlivu povětrnostních podmínek. Je totiž nesmírně důležité, aby nemuselo docházet k obnovám nátěru v krátkých časových horizontech. S tím souvisí také výzkum odolnosti nátěru proti ušpinění. Například zvážit možnosti aplikace nátěru s hydrofobními vlastnostmi.

Také doporučuji zabývat se možnostmi aplikace takového nátěru na již zřízených úsecích železniční tratě a srovnání různých způsobů aplikace dle různých kritérií, které je ovlivňují.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Průběhy odporů, napětí a sil v dýchajících koncích BK [8].....	16
Obrázek 2: Uspořádání kolejového lože [3]	18
Obrázek 3: Křehký lom kolejnice [4].....	21
Obrázek 4: Základní tvary ztráty stability BK ve vodorovné rovině [8]	23
Obrázek 5: Tvar ztráty stability BK ve svislé rovině [8]	23
Obrázek 6: Nárůst boční výchylky v závislosti na počáteční výchylce [10]	24
Obrázek 7: Rozložení podélných sil v kolejnici v okolí místa vybočení [10]	27
Obrázek 8: Schéma druhů elektromagnetického záření v závislosti na vlnových délkách [9].....	29
Obrázek 9: Schéma fungování systému RTCS [16].....	31
Obrázek 10: Příprava kolejnicových vzorků na nanesení povrchové úpravy	35
Obrázek 11: 1. Schéma rozložení kolejnicových vzorků pro první měřicí den	37
Obrázek 12: 2. Schéma rozložení kolejnicových vzorků pro druhý měřicí den	38
Obrázek 13: 3. Schéma rozložení kolejnicových vzorků pro třetí měřicí den	38
Obrázek 14: Ukončení měření z důvodu špatného úhlu dopadu slunečních paprsků v pozdních odpoledních hodinách.....	40
Obrázek 15: Pokládka šterku na měřicí místo.....	41
Obrázek 16: Tvarování šterku na měřicím místě	42
Obrázek 17: Finální podoba měřicího místa	42
Obrázek 18: Detail teploměru	43
Obrázek 19: Umístění měřicí sondy.....	43
Obrázek 20: Žárovka ReptiZoo SuperSun 160W	70
Obrázek 21: Technické údaje žárovky ReptiZoo SuperSun 160W, upraveno autorem [20]	70
Obrázek 22: 3D model skeletu kolejnicového reflektoru	71
Obrázek 23: Elektrifikace kolejnicového reflektoru	73
Obrázek 24: Kompletace kolejnicového reflektoru	73
Obrázek 25: Kompletní kolejnicový reflektor	73
Obrázek 26: Úprava kolejnicových vzorků pro instalaci povrchové teplotní sondy .	74
Obrázek 27: Instalace povrchové teplotní sondy	75
Obrázek 28: Záznam měření kolejnicovým reflektorem	75
Obrázek 29: Automatizované spínání dvojice žárovek skrze časové relé.....	78

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Minimální poloměry oblouků BK pro určité typy pražců a kolejnic [3].....	19
Tabulka 2: Popis vady: Křehký lom kolejnice [4]	21
Tabulka 3: Přehled povrchových úprav na kolejnicových vzorcích	36
Tabulka 4: Přehled měřených veličin a měřících přístrojů	40
Tabulka 5: Přehled uskutečněných měření	44
Tabulka 6: Příklad aplikace teplotní korekce na naměřené hodnoty	59
Tabulka 7: Přehled nejvyšších denních hodnot výsledků měření na osluněné straně kolejnic v jednotlivé dny měření	61
Tabulka 8: Přehled nejvyšších denních hodnot výsledků měření na zastíněné straně kolejnic v jednotlivé dny měření	62
Tabulka 9: Přehled průměrných hodnot výsledků měření na osluněné straně kolejnic v jednotlivé dny měření	63
Tabulka 10: Přehled průměrných hodnot výsledků měření na zastíněné straně kolejnic v jednotlivé dny měření	64
Tabulka 11: Výsledné srovnání nejvyšších denních hodnot na osluněné straně kolejnice	65
Tabulka 12: Výsledné srovnání nejvyšších denních hodnot na zastíněné straně kolejnice	66
Tabulka 13: Výsledné srovnání průměrných hodnot pro jednotlivé vzorky na osluněné straně kolejnic.....	67
Tabulka 14: Výsledné srovnání průměrných hodnot pro jednotlivé vzorky na zastíněné straně kolejnic.....	68
Tabulka 15: Výsledné srovnání průměrných hodnot pro jednotlivé druhy kolejového lože na osluněné straně kolejnic.....	68
Tabulka 16: Výsledné srovnání průměrných hodnot pro jednotlivé druhy kolejového lože na zastíněné straně kolejnic	68
Tabulka 17: Přehled měřených veličin a měřících přístrojů	72
Tabulka 18: Přehled jednotlivých měření	76
Tabulka 19: Výpočet průměrné doby ohřevu o 1 °C vzorku Axapur U2219 RAL9003 – bílá	85
Tabulka 20: Prezentace výsledků dle průměrné doby ohřevu vzorku o 1 °C.....	86
Tabulka 21: Výsledné srovnání všech měřených vzorků.....	87
Tabulka 22: Srovnání výsledků všech způsobů měření	88

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1: Nárůst boční výchylky v závislosti na počáteční výchylce [10].....	24
Graf 2: Typický průběh příčného odporu v závislosti na příčné výchylce koleje [10]	25
Graf 3: Kritická příčná síla v závislosti na nápravovém zatížení a poloměru oblouku [5].....	25
Graf 4: Teplotní přírůstek v závislosti na příčném posunutí koleje [5].....	26
Graf 5: Energie fotonu v jednotlivých vlnových délkách [12]	29
Graf 6: Vlnové délky slunečního světla při dopadu na zemský povrch [12]	30
Graf 7: Měření 17.8. Čisté kolejové lože, Referenční kolejnice	44
Graf 8: Měření 17.8. Čisté kolejové lože, Žárové zinkování	45
Graf 9: Měření 17.8. Čisté kolejové lože, Bez povrchové úpravy	45
Graf 10: Měření 17.8. Čisté kolejové lože, Axapur U2219 RAL7035 – šedá	46
Graf 11: Měření 17.8. Znečištěné kolejové lože, Žárové zinkování	46
Graf 12: Měření 17.8. Znečištěné kolejové lože, Žárové zinkování	47
Graf 13: Měření 17.8. Znečištěné kolejové lože, Axapur U2219 RAL7035 - šedá... ..	47
Graf 14: Měření 18.8. Čisté kolejové lože, Referenční kolejnice	48
Graf 15: Měření 18.8. Čisté kolejové lože, Žárové zinkování	48
Graf 16: Měření 18.8. Čisté kolejové lože, Axapur U2219 RAL9003 – bílá	49
Graf 17: Měření 18.8. Čisté kolejové lože, Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment	49
Graf 18: Měření 18.8. Znečištěné kolejové lože, Žárové zinkování	50
Graf 19: Měření 18.8. Znečištěné kolejové lože, Axapur U2219 RAL9003 - bílá	50
Graf 20: Měření 18.8. Znečištěné kolejové lože, Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment.....	51
Graf 21: Měření 7.9. Čisté kolejové lože, Referenční kolejnice	51
Graf 22: Měření 7.9. Čisté kolejové lože, Žárové zinkování	52
Graf 23: Měření 7.9. Čisté kolejové lože, Axapur U2219 RAL9003 - bílá	52
Graf 24: Měření 7.9. Čisté kolejové lože, Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment	53
Graf 25: Měření 7.9. Znečištěné kolejové lože, Žárové zinkování	53
Graf 26: Měření 7.9. Znečištěné kolejové lože, Axapur U2219 RAL9003 - bílá	54

Graf 27: Měření 7.9. Znečištěné kolejové lože, Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment.....	54
Graf 28: Měření 9.9. Čisté kolejové lože, Referenční kolejnice	55
Graf 29: Měření 9.9. Čisté kolejové lože, Žárové zinkování	55
Graf 30: Měření 9.9. Čisté kolejové lože, Bez povrchové úpravy	56
Graf 31: Měření 9.9. Čisté kolejové lože, Axapur U2219 RAL7035 - šedá.....	56
Graf 32: Měření 9.9. Znečištěné kolejové lože, Žárové zinkování	57
Graf 33: Měření 9.9. Znečištěné kolejové lože, Bez povrchové úpravy	57
Graf 34: Měření 9.9. Znečištěné kolejové lože, Axapur U2219 RAL7035 – šedá	58
Graf 35: Záznam měření při nahodilém spínání teplotní ochrany žárovek.....	77
Graf 36: Měření 15.2. Axapur U2219 RAL7035 - šedá.....	79
Graf 37: Měření 15.2. Axapur U2219 RAL9003 - bílá.....	79
Graf 38: Měření 15.2. Žárové zinkování.....	80
Graf 39: Měření 15.2. Axapur U2219 VIS a IR – funkční pigment.....	80
Graf 40: Měření 15.2. Bez povrchové úpravy.....	81
Graf 41: Měření 15.2. Axapur U2219 RAL9006 – částice hliníku.....	81
Graf 42: Měření 15.2. ETERNAL COOL – Antracit	82
Graf 43: Příklad užití polynomicke regrese na grafu naměřených hodnot ...	83

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] KREJČIŘÍKOVÁ, Hana. *Železniční stavby 2*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2011. ISBN 978-80-01-04889-4.
- [2] VNENK, Petr. *Methodology of Thermal Stress Determination in Continuous Welded Rail*. Pardubice, 2022. Disertace. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra dopravního stavitelství. Vedoucí práce Bohumil Culek.
- [3] *ČD S3/2 Bezстыková kolej*. Praha: České dráhy, s.o. Divize obchodně provozní, oz., OPŘ Ostrava oddělení reklamy, propagace a tisku Nerudova 1 772 58 Olomouc, 2002.
- [4] *ČD S67 Vady a lomy kolejnic*. Praha: DEBORA, spol. s r. o. Budečská 6 120 00 Praha 2, 1997.
- [5] LICHTBERGER, Bernhard. *Track compendium: track system, substructure, maintenance, economics*. 2nd edition, completely revised. Hamburg: DVV Media Group GmbH Eurailpress, 2011. ISBN 978-3-7771-0421-8.
- [6] ESVELD, Coenraad. *Modern railway track*. 2nd ed. Zaltbommel: MRT Productions, c2001. ISBN 90-800324-3-3.
- [7] KLIMEŠ, Ferdinand. *Železniční stavitelství : II. díl - Stanice a uzly*. Československo: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1981.
- [8] HRUZÍKOVÁ, Miroslava. *Bezстыková kolej - Teorie a zřizování*. In: *CSVS* [online]. VUT Brno: Ústav železničních konstrukcí a staveb Vysoké učení technické v Brně, 2015 [cit. 2023-03-24]. Dostupné z: http://servere.csvs.cz/projekty/2014_veda_pro_zivot/KA3_prilohy/prezentace-doktorandu/B_Miroslava%20Hruzikova_Bezстыkova%20kolej,%20teorie.PDF
- [9] KITTLER, Richard a Josef MIKLER. *Základy využívania snečného žiarenia*. Bratislava: Veda, 1986.
- [10] PLÁŠEK, Otto. *Železniční stavby: železniční spodek a svršek*. Brno: CERM, 2004. ISBN 80-214-2620-9.
- [11] MURÍNOVÁ, Klára. *Nelineární analýza bezстыkové koleje v obloucích malého poloměru*. Brno, 2021. Diplomová práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA STAVEBNÍ. Vedoucí práce Otto Plášek.

- [12] KALEDOVÁ, Andrea. *Metody testování vlastností organických povlaků*. Díl 1., Korozně-inhibiční účinnost organických povlaků. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2001. ISBN 80-7194-398-3
- [13] HORVÁTH, Josef. *SOLÁRNÍ ZÁŘENÍ V LOKALITĚ VUT FSI V BRNĚ*. Brno, 2010. Bakalářská práce. VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ, ENERGETICKÝ ÚSTAV. Vedoucí práce Josef Štětina.
- [14] LIU, Yujie, Christopher BARKAN a Leszek JANUSZ. Track Temperature and Buckling: A Review of Literature and Current Methods of Prediction. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2009, **2116**(1), 78-87. ISSN 0361-1981. Dostupné z: doi:10.3141/2116-10
- [15] *Swiss railway tracks buckle under the heat* [online]. In: . swissinfo.ch, 2019, s. 1-1 [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: https://www.swissinfo.ch/eng/society/track-record_swiss-railway-tracks-buckle-under-the-heat/45120350
- [16] M. LANG, Christopher a Cameron STUART. Rail temperature control system for improved railway safety. *Research results* [online]. U.S. Department of transportation, Federal railroad administration, 2018, 1-3 [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: https://railroads.dot.gov/sites/fra.dot.gov/files/fra_net/18248/RR_Rail%20Temperature%20Control%20System.pdf
- [17] TURNER, Julian. *Cool runnings: is white paint the perfect solution to overheated tracks?* [online]. In: . Railway technology, 2019 [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.railway-technology.com/features/solution-to-overheated-rail-tracks/>
- [18] *Was die weissen Schienen bringen* [online]. In: . Švýcarsko: srf.ch, 2019 [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://www.srf.ch/news/schweiz/test-der-sbb-was-die-weissen-schienen-bringen>
- [19] Network Rail is painting tracks white to cool them down because they're 48°C. In: *Metro.co.uk* [online]. Londýn: Metro, 2022 [cit. 2023-04-27]. Dostupné z: <https://metro.co.uk/2022/07/18/network-rail-is-painting-tracks-white-to-cool-them-down-in-the-heat-17021528/>
- [20] ReptiZoo, 2023. Interní dokument [cit. 2023-05-04].

Příloha 1 Technický list barvy Colorlak Axapur 2219

U2219



AXAPUR U2219

polyuretanová dvousložková jednovrstvá barva

Použití:

Barva AXAPUR U2219 se používá k základním i vrchním nátěrům výrobků z oceli, pozinkované oceli včetně čerstvých zinkovaných materiálů, hliníku, titanu a lehkých kovů. V 1-2 vrstvách plní současně funkci kvalitní základní i vrchní barvy pro exteriérové i interiérové využití. Tloušťka jedné vrstvy DFT, podle způsobu aplikace, je 40-90 µm. U2219 má široké použití pro nátěry obytných a přepravních kontejnerů, palet, obložení a konstrukci hal, sloupů osvětlení, krytů strojů a zařízení, okapů a parapetů. U2219 je charakteristická svou výbornou odolností (mechanickou i chemickou) a stálostí na povětrnosti, rychlým zasycháním.

Barevné odstíny: Základní odstínová škála dle platné ceníkové nabídky, a další podle přání zákazníka.
Balení: Dle aktuální nabídky

Předúprava povrchu	Podklad musí být suchý, čistý, zbavený případných nečistot, mastnot, zbytků rzi a solí. Optimální antikorozi vlastnosti (ocel) jsou dosaženy při otryskání na Sa 2,5.
Příprava barvy	Obal otevřete těsně před použitím a obsah důkladně rozmíchejte tak, aby na dně nezůstala žádná usazenina. Nemíchejte příliš rychle, aby se do barvy nevmíchalo zbytečně mnoho vzduchu. Po otevření originálních obalů je nutné obsah spotřebovat co nejdříve. Nepoužitou barvu udrztejte v neprodyšně uzavřeném obalu s co nejmenší vrstvou vzduchu nad hladinou.
Aplikační podmínky	Optimální teplota prostředí a povrchu je 18-25 °C. Teplota povrchu musí být 3 °C nad rosným bodem. Maximální relativní vlhkost vzduchu je 75 %.
Přestříkatelnost	Barvu U2219 je možné aplikovat „mokrý do mokrého“. Další vrstvu štětcem nebo válečkem doporučujeme aplikovat po 24 hodinách.
Doporučené nátěrové systémy (NS)	Přesné doporučení NS Vám na Váš požadavek vypracují pracovníci COLORLAKU. U2219 je jednovrstvá barva, není tedy nutná kombinace s jinou NH.

Nanášení:

Štětec + váleček	přídavek 0-10 % ředidla
Vzduchové stříkání	přídavek 10-25 % ředidla
Bezvzduchové stříkání	přídavek 0-10 % ředidla
Ředidlo	U6002

Tužení:

Tužidlo	U7002	U7008
Poměr tužení (hm.)	12 : 1	10 : 1
Poměr tužení (obj.)	9 : 1	7 : 1
Zpracovatelnost při 20°C (hod)	5	5

Vlastnosti nátěrové hmoty:

Obsah netěkavých složek	72 ± 3 % hm.
Obsah netěkavých složek	60 ± 5 % obj.
VOC (obsah těkavých organických látek)	uvedeno v bezpečnostním listu
TOC (obsah těkavého organického uhlíku)	uvedeno v bezpečnostním listu
Hustota	1,35 ± 0,1 g/cm ³

Zasychání:

		23 °C
U7002	Proti prachu	max. 30 min
	Pro manipulaci	max. 18 hod
U7008	Proti prachu	max. 30 min
	Po manipulaci	max. 18 hod

Rychlost zasychání se mění v závislosti na klimatických podmínkách a tloušťce vrstvy nátěru (uvedené údaje platí pro laboratorní podmínky a DFT 40 µm), konečných vlastností dosáhne nátěr po úplném vyzrání, což představuje cca 3 dny

COLORLAK, a.s., Továrna 1076, 686 03 Staré Město, tel: 572 527 111, info : 800 145 555, www.colorlak.cz

Vlastnosti zaschlého filmu: (po 7 dnech od zhotovení nátěru)

Lesk	stupeň 2-3 (pololesk)
------	-----------------------

V případě dalších informací nebo u jiných způsobů aplikace je nutno postupy konzultovat s výrobcem.

Teoretická vydatnost (spotřeba):

	při DFT 50 µm	
Vydatnost	8,6 ± 1,0 m ² /kg	12,0 ± 1,0 m ² /l
Spotřeba	0,12 ± 0,02 kg/ m ²	0,08 ± 0,02 l/ m ²

Skladovatelnost: Při teplotách 5-25 °C po dobu trvání záruční doby uvedené na obale nátěrové hmoty.

Výstražné symboly:

Signální slovo: varování

**H věty:**

H226	Hořlavá kapalina a páry.
H315	Dráždí kůži.
H319	Způsobuje vážné podráždění očí.
H335	Může způsobit podráždění dýchacích cest.
H373	Může způsobit poškození centrálního nervového systému při prodloužené nebo opakované expozici.
H411	Toxický pro vodní organismy, s dlouhodobými účinky

Podrobnosti o preventivních opatřeních, ekotoxikologických vlastnostech a likvidaci odpadů jsou uvedeny v bezpečnostním listu výrobku.

„Uživatel nese odpovědnost za správné použití nátěrových hmot, případně za skladbu a správnou aplikaci nátěrového systému, tj. vždy musí zvážit všechny okolnosti - podmínky aplikace a zpracování, které by mohly ovlivnit konečnou kvalitu povrchové úpravy.“

Reklamací barevných odstínů uznáváme pouze za podmínek předem zhotoveného zkušebního nátěru dle závazného technologického postupu na malé ploše, který byl postoupen k reklamaci. Na případné reklamace uplatňované po spotřebování výrobku nebude brán zřetel. Výrobce COLORLAK, a.s. si vyhrazuje právo na změnu údajů v technických a propagačních materiálech bez předcházejícího upozornění.“

"Technická doporučení v tomto katalogovém listě uvedená jsou vydávána na základě našich zkušeností a nejlepších vědomostí o současném stavu ve vědě a praxi, nejsou závazná a nezakládají žádné vedlejší povinnosti mimo kupní smlouvy."

Marketing, 5/2020



akrylátová disperzní nátěrová hmota pro stavebnictví a ochranné nátěry střešních krytin

Výrobní číslo 9401

Vlastnosti:

ETERNAL mat akrylátový je vodou ředitelná nátěrová hmota pro venkovní i vnitřní použití připravená z vodné disperze akrylátových kopolymerů, pigmentů, plniv a speciálních aditiv. **ETERNAL mat akrylátový** tvoří hedvábně matné nátěry s vysokou odolností UV záření a povětrnosti.

Oblast použití:

ETERNAL mat akrylátový je určen zejména k novým i udržovacím nátěrům pozinkovaného plechu (i bez předchozí oxidace), oceli natřené antikorozním základním nátěrem, hliníku (přílnavost nutno předem ověřit). Lze jej použít i k nátěrům nepochozího betonu, vláknocementu, neglazované keramiky, mědi, dřeva, třískocementových a dřevotřískových desek, pěnového polystyrenu a dalších stavebních materiálů. Kvalitou vyhovuje pro zpracování při průmyslových aplikacích, např. při výrobě střešních krytin (betonové, plechové). **ETERNAL mat akrylátový** není vhodný pro vrchní nátěry oken, dveří, nábytku apod. Pro tyto účely jsou určeny **ETERNAL mat Revital**, **ETERNAL lesk akrylátový**, **ETERNAL pololesk akrylátový**.

Technické údaje:

Sušina	min. 50 hm. %
Specifická hmotnost	cca 1,3 g/cm ³
Objemová sušina	38,0 ± 1,0 obj. %
pH	8,0–10,5
Konzistence (4 mm, 23 °C)	min. 20 s
Zasychání st. 1	35 minut
st. 4	do 24 hodin
Mrazuvzdornost (na betonové krytině)	500 cyklů – beze změny
Přidržitost k podkladu (beton)	3,0 MPa

Obsah těkavých organických látek:

Kategorie/subkategorie výrobku	A/d
Max. obsah VOC ve výrobku	38,5 g/l 0,0296 kg/kg

Spotřeba (konečný nátěr):

- pozinkované plechy/konstrukce, hliník 0,28–0,30 kg/m² (2 vrstvy)
- betonová střešní krytina 0,28–0,30 kg/m² (2 vrstvy)
- vláknocement 0,25–0,30 kg/m² (2 vrstvy)
- dřevo, dřevovláknové desky 0,35–0,40 kg/m² (2 vrstvy)

Spotřeba penetrace:

0,15–0,40 kg/m² - dle savosti podkladu

Odstín:

01 - bílý, 02 - světle šedý, 03 - středně šedý, 04 - antracit, 05 - žlutý, 06 - zelený, 07 - červenohnědý, 08 - cihlově červený, 09 - tmavě hnědý, 010 - palisandr, 013 - černý, 014 - slonová kost, 016 - modrý, 017 - světle žlutý, 018 - červená jahoda, 019 - světle hnědý, 021 - středně hnědý, 022 - tmavě zelený, 023 višňový, 024 přírodní dřevo, antracit

COOL, černá COOL

Centra **COLOR SYSTÉMU AUSTIS** tónují do odstínů podle mnoha vzorkovnic.

Balení:

- Standardní odstíny: 0,7 kg plechovky, 5 kg plastové obaly, 10 kg plastové obaly, vybrané odstíny 2,8 kg,
- Odstíny tónované v systému CSA: 0,7 kg plechovky, 5 kg a 10 kg plastové obaly

Skladování:

V originálních dobře uzavřených obalech při teplotě 5 °C až 25 °C. Nesmí zmznout!

Zpracování:

ETERNAL mat akrylátový se nanáší na suchý, dokonale očištěný a odmaštěný podklad zbavený nesoudržných částic štětcem, válečkem, vzduchovým nebo bezvzduchovým stříkáním, při teplotě podkladu a okolí v rozmezí 8 °C až 30 °C. **ETERNAL mat akrylátový** se nanáší ve dvou až třech vrstvách v časovém rozmezí min. 4 hodin (20 °C) mezi nátěry.

Pro aplikaci vysokotlakým bezvzduchovým stříkáním se **ETERNAL mat akrylátový** neředí. Stříká se tlakem 200 bar tryskou č. 311 nebo větší (ověřeno na zařízení VYZA vario). Nářadí je nutné ihned po ukončení práce umýt vodou.

Příklady použití nátěrové hmoty ETERNAL mat akrylátový:

Nátěr pozinkovaného a hliníkového plechu:

Nátěrovou hmotu **ETERNAL mat akrylátový** je možné použít k nátěru nového pozinkovaného plechu bez předchozí oxidace. Podklad je nutné pečlivě očistit od mechanických nečistot, zbytků uvolněných starých nátěrů a odmastit (nejlépe roztokem koncentrátu **ETERNAL odmašťovač**, nebo jiného vhodného saponátu s následným oplachem vodou). Případně i malé plochy nechráněného železa (šrouby, spoje, aj.) je nutné opatřit základním a antikorozním nátěrem **ETERNAL antikor akrylátový** a to ve dvou vrstvách.

Celková tloušťka nátěru **ETERNAL antikor akrylátový** musí být min. 80 µm. Časový interval mezi nátěry je 5 hodin při teplotě 20 °C. Poté následují dva nátěry neředěnou hmotou **ETERNAL mat akrylátový** s časovým odstupem mezi nátěry 4 až 24 hodin. Přílnavost nátěru na hliníkovém plechu je nutné předem ověřit.

Nátěr ocelových podkladů:

Ocelové podklady je nutné pečlivě očistit od korozních zplodin, mechanických nečistot, zbytků uvolněných starých nátěrů a odmastit (nejlépe roztokem koncentrátu **ETERNAL odmašťovač**, nebo jiného vhodného saponátu s následným oplachem vodou). Připravený podklad se opatří jedním až dvěma nátěry barvou **ETERNAL**



antikor akrylátový nebo **ETERNAL na kovy** s intervalem mezi nátěry 5 hodin. Po zaschnutí základního antikoročního nátěru se provedou dva nátěry hmotou **ETERNAL mat akrylátový** s časovým odstupem mezi nátěry min. 4 až 24 hodiny.

Nátěr betonové a vláknocementové střešní krytiny:

Starou krytinu je nutné dokonale zbavit mechanických nečistot, sazí a mechu, nepřilnavých starých nátěrů, degradovaných povrchových vrstev a mastnoty. Takto připravený podklad se dokonale nasytí speciálním penetračním prostředkem **FORTE penetral**. Penetrujeme jedním nátěrem do nasycení podkladu. V okamžiku, kdy zaschlý penetrační prostředek začne vytvářet lesklý film na povrchu krytiny, penetraci ukončíme. Po nejméně šestihodinové technologické přestávce nanese dva nátěry neředěnou hmotou **ETERNAL mat akrylátový** v časovém intervalu mezi nátěry min. 4 hodiny podle teploty a vlhkosti prostředí. Při aplikaci na starší, značně porézní, nesoudržnou betonovou a vláknocementovou krytinu, je třeba provést zkoušku nátěru a vyžádat odbornou radu výrobce.

Nátěry dřeva, dřevovláknových a dřevotřískových desek:

Podklad se důkladně očistí, odstraní se pryskyřičná místa (např. vymytím pryskyřice nitroředidlem), povrch se lehce přebrousí jemným brusným papírem, natře se prostředkem **FORTEKRYL na pouštědlo na dřevo** s ochrannými účinky proti dřevokazným a dřevozbarvujícím houbám a dřevokaznému hmyzu. V suchých interiérech je možné použít i penetrační prostředek **FORTE penetral**. Po zaschnutí penetrační (tj. podle použitého přípravku po 8–20, resp. cca po 6 hodinách) se povrch lehce přebrousí jemným brusným papírem a nanese se dva nátěry barvou **ETERNAL mat akrylátový** s intervalem mezi nátěry 12 hodin. Pro lesklý vzhled můžeme provést konečný nátěr hmotou **ETERNAL lesk akrylátový**.

Certifikace:

TZÚS Praha Autorizovaná osoba č. 204, TSÚS Bratislava Notifikovaná osoba č. 1301

Likvidace odpadů:

Je obsahem Bezpečnostního listu výrobku

Bezpečnost a hygiena při práci:

ETERNAL mat akrylátový není klasifikován jako nebezpečný. Výrobek je ošetřený předmět, obsahuje biocidní přípravek. Obsahuje reakční směs CMIT/MIT (3:1) [Indexové číslo: 613-167-00-5]. Může vyvolat alergickou reakci. Na vyžádání je k dispozici bezpečnostní list. Pozor! Při postřiku se mohou vytvářet nebezpečné respirabilní kapičky. Nevdechujte aerosoly nebo mlhu. Při práci je vhodné používat ochranný pracovní oděv, rukavice a ochranné brýle. Potřísněnou pokožku umyjte vodou a mýdlem, oči v případě zasažení vymývejte nejméně 15 min. velkým množstvím vody. Pokud dráždění

4 VÝROBNÍ KROKY PŘI ŽÁROVÉM ZINKOVÁNÍ



Důraz na lidský faktor ve výrobním procesu, pečlivost a dobrá znalost řemesla jsou pro konečný účinek nezbytnými předpoklady.

Až o několik let později však možná zjistíte, že životnost a hospodárnost závisí na pečlivosti, manuálním citu a řemeslné zručnosti.

Jsou to znalosti, dovednosti a zkušenosti vložené do celého procesu, které nakonec rozhodují o kvalitě a účinnosti protikorozní ochrany.

1. NAVĚŠOVÁNÍ
2. PŘEDÚPRAVA
3. ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ
4. SVĚŠOVÁNÍ



QMS ISO 9001
CERTIFIKACE

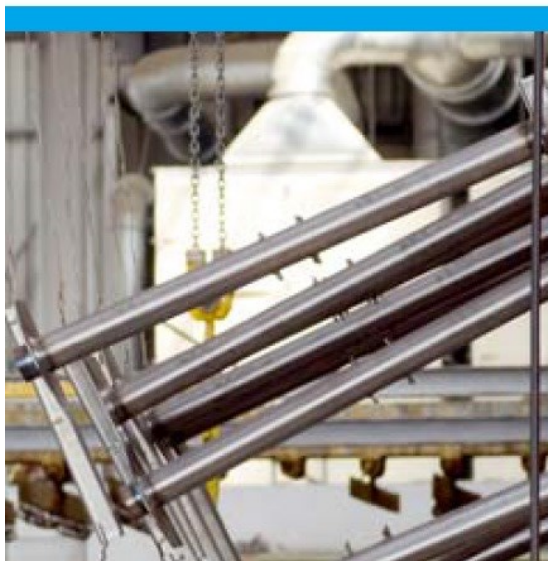
UMS ISO 14001
CERTIFIKACE

Ú Ověřování o způsobilosti
Dle seznamu stavebních pravidel A
Směrnice DAB 022

Společnost Wiegel CZ za projekt ekologické zinkovny v duchu trvale udržitelného rozvoje obdržela prestižní Cenu zdraví a bezpečného životního prostředí za rok 2004 udělovanou nadací Business Leaders Forum pod záštitou prince Charlese.

www.wiegel.cz

1. VÝROBNÍ KROK: NAVĚŠOVÁNÍ



1.

kontrola
třídění
navěšování



Příjem zboží: Materiál (černé zboží), který má být pozinkován, je po dodání zvážen, zkontrolován z hlediska jeho způsobilosti k pozinkování, roztříděn a přechodně uskladněn mimo haly.

Proč se dílce určené k pozinkování třídí?

Rozdílným vlastnostem konstrukčních dílců (tloušťka stěny, tvarové řešení, jakost oceli) je nutno přizpůsobit postup předúpravy i podmínky zinkování. Proto jsou pro jednotlivé závěsy sestavovány z dílců s podobnými vlastnostmi.

Lidský faktor

Na pracovišti navěšování je každý dílec znovu zkontrolován a na závěs přichycen s maximálním sklonem všech konstrukčních prvků, aby jeho poloha pro ponor a zejména pro stékání zinku při vynořování byla optimální. K upevnění dílců na závěs jsou používány speciální přípravky, háčky nebo vázací dráty.



Žárové zinkování je prováděno ponořením dílců do roztaveného kovu. Při předúpravě, vlastním zinkování i následném ochlazování jsou dílce ponořovány do různých lázní. Proto musí být opatřeny vhodně umístěnými a dostatečně dimenzovanými vtokovými, drenážními i odvzdušňovacími otvory.

Uzavřené dutiny mohou explodovat!

Manipulace

Dílce určené k pozinkování se z venkovního skladu přepravují na pracoviště zavěšování vysokozdvíhacími vozíky. Další manipulace se závěsy je pak prováděna pomocí mostových jeřábů, kolejového vozíku a řetězových dopravníků.



Šikmá poloha: Vtokové otvory dole v nejnižším bodě a odvětrání úhlopříčně nahoře v nejvyšším bodě tubusu, aby nevznikly kapsy, v nichž by roztok zadržel dole i vzduchové bubliny nahoře vedly k vadám pozinkování.



2. VÝROBNÍ KROK: PŘEDÚPRAVA



Kovově čistý povrch

Podmínkou pro úspěšné nanesení povlaku je kovově čistý povrch podkladu. Toho je dosahováno chemickou předúpravou dílců určených k pozinkování.

Odmaštění

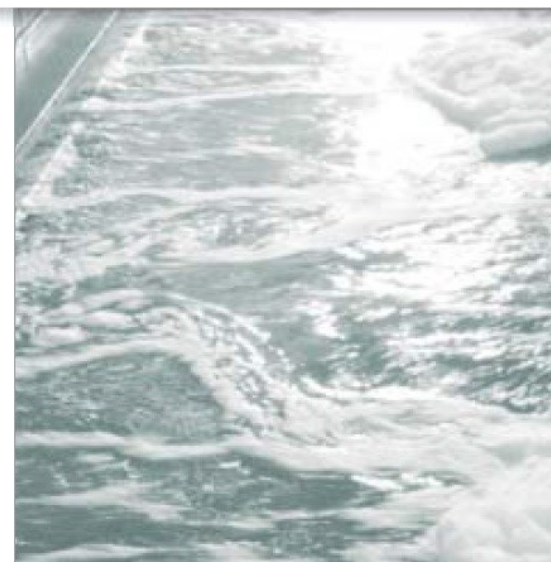
První operací chemické předúpravy je očištění dílců od zbytků oleje a tuků ve vysoce ekologickém kyselém roztoku, aby následně při moření došlo k dokonalému smáčení jejich povrchu.

Moření

Mořením v kyselině solné jsou z povrchu dílců odstraňovány okuje a rez.

Nanášení tavidla

Směs chloridu zinečnatého a chloridu amonného zlepšuje smáčivost oceli v zinkové tavenině a podobně jako při pájení slouží k intenzivnímu dočištění povrchu zinkovaných dílců v okamžiku jejich ponořování do zinkové lázně. ponořením do tekuté zinkové lázně.



2.



Ekologický provoz

Celé pracoviště chemické předúpravy je v uzavřeném prostoru odděleném od pracovního prostředí a je obsluhováno zvenku. Emise vznikající odparem z procesních lázní jsou zachycovány v účinném odlučovači. Veškeré vyprodukované odpady jsou předávány k recyklaci. Voda z oplachových lázní je bez zbytku využívána ve vlastním provozu, který neprodukuje žádné odpadní vody. není nutné napojení na veřejnou síť odpadních vod.

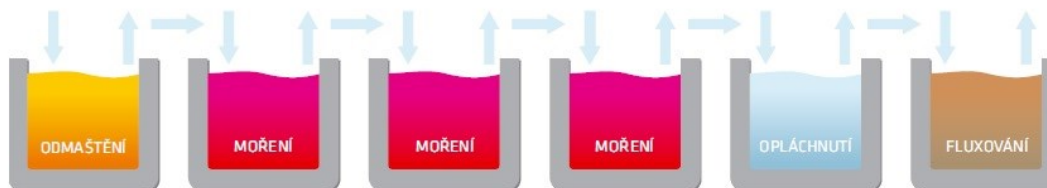
QMS ISO 9001
CERTIFIKACE

UMS ISO 14001
CERTIFIKACE

Uzavřený výrobní cyklus a moderní odlučovací technika, odborně vyškolený personál v provozovnách společnosti Wiegel spolu s důslednou kontrolou garantují minimalizaci vlivů na životní prostředí.

www.wiegel.cz

odmaštění
moření
fluxování



3. VÝROBNÍ KROK: ŽÁROVÉ ZINKOVÁNÍ



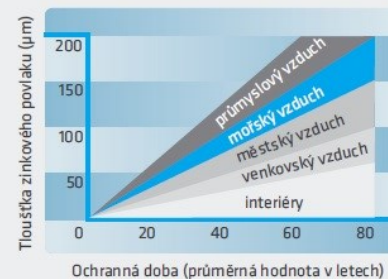
Předupravené dílce jsou uvnitř zapouzdřeného zinkovacího pracoviště s pomocí speciálního **ručně ovládaného** zinkovacího jeřábu ponořeny do lázně z roztaveného zinku. Zde opět sehrává důležitou roli lidský faktor, neboť každá šarže vyžaduje specifický postup.

Přirozeně propojený s podkladem

V zinkové lázni o teplotě 450°C reaguje železo se zinkem za vzniku slitinových fází, které narůstají v několika vrstvách na podkladové oceli a jsou s ní bezprostředně propojené.

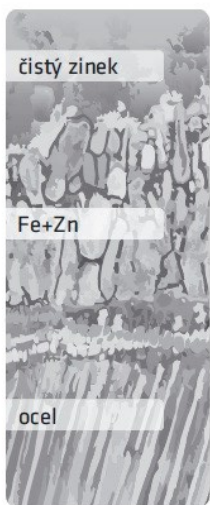
Souvislá bariéra na celém povrchu

Kovový povlak pokrývá celý povrch zinkovaného dílce a uzavírá ho tak do pláště o tloušťce několika desítek až stovek mikrometrů. Tloušťka vrstvy nanášeného povlaku závisí na tloušťce stěny pokladového materiálu a jeho chemickém složení. Norma ČSN EN ISO 1461 stanoví jeho minimální hodnoty.



Trvanlivá ochrana žárovým zinkem

Povlak žárového zinku je velmi odolná bariéra, která ocelové dílce dlouhodobě chrání proti korozi na celém jejich povrchu včetně dutin. V neztenčené vrstvě je nanášen i na hrany.



Metalurgická reakce

Povlak žárového zinku je slitinový a vzniká metalurgickou reakcí mezi železem a zinkem, při níž se na povrchu oceli tvoří několik, na sobě ve vrstvách uložených slitinových fází, které jsou dobře mechanicky odolné a poskytují trvanlivou ochranu proti korozi.

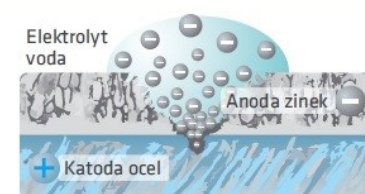


Zinek je přírodní materiál

Aplikace povlaků žárového zinku k protikorozi ochraně oceli je technikou založenou na přírodních principech. Zinek je stoprocentně recyklovatelný prvek a žárové zinkování nenarušuje jeho přirozený koloběh.

Šetrné k životnímu prostředí

Společnost Wiegel má všechny své provozovny certifikované podle ČSN EN ISO 14001 v environmentálním systému řízení. U odpadních produktů v maximální možné míře zajišťuje jejich recyklaci a odpadní teplo z technologického ohřevu rekuperuje k využití pro ohřev TUV a vyhřívání procesních lázní předúpravy.



Katodická ochrana

Železo a zinek při ovlhčení tvoří v důsledku různých elektrochemických potenciálů galvanický člunek, v němž méně ušlechtilý kov, kterým je zinek, oxiduje a železo při tom přechází do pasivity. Zinek jako obětovaná anoda chrání obnaženou ocel proti korozi.

24 hodin denně a 365 dní v roce

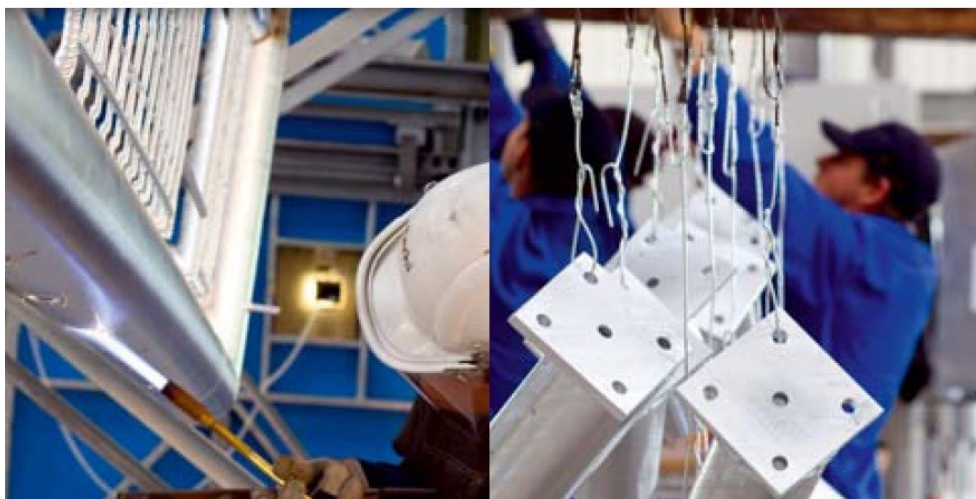
je zinková lázeň v moderní peci s elektronicky řízenou vysokou účinností spalování zemního plynu udržována na teplotě 450°C.

QMS ISO 9001
CERTIFIKACE

QMS ISO 14001
CERTIFIKACE

Ú Ověřování o způsobilosti
ČS seznamu stavebních pravidel A
Směrnice DASA 022

4. VÝROBNÍ KROK: SVĚŠOVÁNÍ



Opravy

Otřepy na kontaktních místech po zavěšovacích prostředcích a špičky na odtokových hranách jsou ručně vyhlazovány pilníkem, vadná místa se odborně vyspravují vhodnou barvou s vysokým obsahem zinkového prachu.

Chlazení

Podle požadavku zákazníka nebo vlastností ocelové konstrukce se pozinkovaný dílec ponechá ke zchladnutí na vzduchu nebo se ochladí ve vodní lázni.

Důsledná kontrola

Po pozinkování jsou dílce kontrolovány, zda provedená povrchová úprava odpovídá smluvnímu ujednání, a zvláště pak, zda splňuje požadavky normy ČSN EN ISO 1461. U nosných stavebních dílců se provádí zkoušky podle směrnice DASt 022.

Co je kontrolováno

Technik výstupní kontroly prověřuje vyspravení kontaktních míst po zavěšovacích prostředcích, přítomnost zjevných nepozinkovaných míst či ulpělého zinkového popela a zjišťuje, zda na dílcích nezůstaly na odtokových hranách špičky nebo zadržený zinek v zákoutích, případně, zda nedošlo poškození dílce.

A opět spolehnoutí na lidský faktor

Na pracovišti svěšování jsou pozinkované dílce opatrně svěšovány a roztříděny podle zakázek. Při tom je kontrolována jejich kompletnost podle dodacích listů zákazníka i způsob balení pro šetrnou přepravu.

kontrola
chlazení
svěšování

Balení a přeprava

Pro přepravu jsou žárově pozinkované dílce baleny tak, aby nedocházelo k poškození povlaku vzájemným třením nebo nárazy. Důležité je zejména proložení dřevěnými hranoly a spolehlivé zajištění těžkých dílců proti posunutí na ložné ploše přepravního prostředku.

4.



Nadstandardní služby

Konzervace proti bílé rzi, jemné vyhlazení povrchu, čištění závitů nebo speciální dokončovací operace před expedicí jsou nadstandardní služby prováděné s velkou pečlivostí na základě zvláštní dohody se zákazníkem.

www.wiegel.cz



- ① Multi-purpose clip
- ② Sprung thermocouple for uneven surfaces, adapts itself to the surface.
- ③ Swivel head. The display can always be read.

Commissioning

Remove the protective film on the display.

Technical data

Type of application:Short measurement
 Sensor:Thermocouple, type K
 Measurement range:-50 to +350°C; short-term to +500°C/
 -58 to +660°F; short-term to +930°F
 Parameters:°C/°F
 Resolution:0.1°C/0.1°F
 Accuracy: (referred to calibration temperature of 25°C)
±(1°C + 1% of m.v.)
 Ambient temperature:0 to +40°C/+32°F to +104°F
 Storage temperature:-20 to +70°C/-4 to +160°F
 Response time t99:Approx. 5 s
 Battery type:3 x AAA
 Battery lifetime:Approx. 1000 h
 Probe stem:Ø 0.5 in / length:5.9 in
 Warranty:2 years
 CE guideline:2014/30/EC

Position measuring head directly on the surface:

wrong



right



Switching on

On Press button once:



Segmenttest



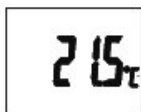
Current reading

Switch measurement view

On Press button repeatedly:



Hold



Current reading

Switching off

On Keep button pressed for 3 seconds.

Selecting between °C/°F


On When switching on keep button pressed until the segment test is finished, instrument switches to configuration menu. Press button again the instrument alternates between °C and °F. Wait 2 sec. before pressing the button again. The selected unit then applies.

Please read before using instrument

- Do not measure on live parts!
- Do not damage crossed metal wires at bottom of probe - Avoid sharp edges.
- Observe measurement ranges of sensor.
- Do not exceed storage and operating temperature (e.g. protect measuring instrument from direct sunlight)!
- Approx. 15 min. adjustment time if ambient temperature changes.
- Inexpert handling cancels your warranty.


Changing the battery



The battery has to be changed if the  symbol appears in the display during the measurement.

- ✓ Instrument is switched off.
- 1 Open battery compartment cover.
- 2 Remove spent batteries and insert new batteries (3 x AAA) into the battery compartment. Observe polarity!
- 3 Close battery compartment cover.

Auto Off function

 If no button has been pressed in approx. 10 minutes, the instrument switches itself off automatically.

Bílý Akvariijní teploměr

1. POPIS

Univerzální teploměr s termistorem a přehledným LCD displejem může být použit nejen v akváriích, ale také např. pro měření vnitřní a venkovní teploty v klimatizované místnosti, autě, chladničce atp. Teplota se automaticky obnovuje každé 2 sekundy.

Upozornění: Baterie není součástí balení.



2. SPECIFIKACE

Rozsah měření teploty	-50 až 110 °C	Typ baterie	LR44
Rozlišení	0,1 °C	Délka kabelu	1 m
Chyba měření	±1 °C	Rozměry rámečku (mm)	46 x 27 x 14
Stupeň krytí senzoru	IP67	Rozměry displeje (mm)	48 x 28 x 15
Stupeň krytí displeje	IP40	Hmotnost	22 g

Příloha 6 Technické údaje teploměru WS9410

Teploměr digitální s vlhkoměrem WS9410

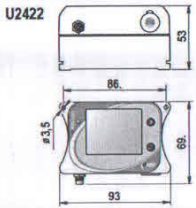






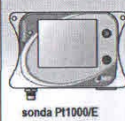
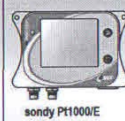
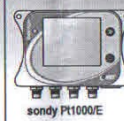

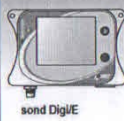

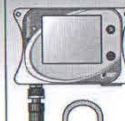
- Zobrazení vnitřní teploty v °C
- Zobrazení vnitřní vlhkosti v RH%
- Zobrazení MIN / MAX hodnot
- Ukazatel úrovně vlhkosti
- Ikona komfortu
- Indikátor baterie
- Montáž na stěnu nebo postavení na stůl

Technické údaje:

- Vnitřní teplota: -9,9°C ~ +50°C
- Rozlišení: +/- 0,1°C
- Vnitřní vlhkost: 1% ~ 99%
- Rozlišení: +/- 0,1%
- Napájení: 2x AAA, IEC LR3, 1,5V
- Rozměry: 152,2 x 17 x 141,2 mm

Příloha 7 Technický a kalibrační list datologgeru Comet U0141 a teplotní sondy PT1000

Technické parametry

typ přístroje	U0111	U0121	U0141	U0122	U3121	U3631	U2422
napájení	lithiová baterie 3,6 V	lithiová baterie 3,6 V	lithiová baterie 3,6 V	lithiová baterie 3,6 V	lithiová baterie 3,6 V	lithiová baterie 3,6 V	Li-Ion akumulace 3,6V
interval záznamu	(1 - 2 - 5 - 10 - 15 - 30) s • (1 - 2 - 5 - 10 - 15 - 30) min • (1 - 2 - 3 - 4 - 6 - 8 - 12 - 24) hodin						
kapacita paměti	500 000 hodnot v necyklickém záznamu • 350 000 hodnot v cyklickém záznamu						
rozsah měření interní teploty	—	—	—	-30 až +70°C	—	-30 až +70°C	—
přesnost měření interní teploty	—	—	—	± 0,4°C	—	± 0,4°C	—
rozsah měření externí teploty	-90 až +260°C	-200 až +260°C	-200 až +260°C	-90 až +260°C	dle připojené sondy	-90 až +260°C	—
přesnost měření externí teploty	± 0,2°C *	± 0,2°C *	± 0,2°C *	± 0,2°C *	dle připojené sondy	± 0,2°C *	—
rozsah měření relativní vlhkosti (bez trvalé kondenzace)	—	—	—	—	dle připojené sondy	0 až 100 %RV	—
přesnost měření senzoru relativní vlhkosti	—	—	—	—	dle připojené sondy	± 1,8 %RV **	—
rozsah měření teploty rosného bodu	—	—	—	—	dle připojené sondy	-60 až +70 °C	—
přesnost měření teploty rosného bodu	—	—	—	—	dle připojené sondy	± 1,5 °C ***	—
rozsah měření barometrického tlaku	—	—	—	—	—	—	700 až 1100 hPa
přesnost měření barometrického tlaku při teplotě 23°C	—	—	—	—	—	—	± 1,3 hPa
rozsah a přesnost měření koncentrace CO2	—	—	—	—	—	—	dle připojené sondy
doporučený interval kalibrace	2 roky	2 roky	2 roky	2 roky	dle připojené sondy	1 rok	1 rok
stupeň krytí - skříňka s elektronikou / sonda CO2 / T+RV senzor	IP67 / — / —	IP67 / — / —	IP67 / — / —	IP67 / — / —	IP67 / — / —	IP67 / — / IP30	IP54 / IP65 / —
rozsah provozní teploty přístroje	-30 až +70°C	-30 až +70°C	-30 až +70°C	-30 až +70°C	-30 až +70°C	-30 až +70°C	-30 až +70°C
rozsah provozní teploty sondy CO2	—	—	—	—	—	—	-20 až +60°C
rozsah provozní vlhkosti přístroje (bez trvalé kondenzace)	0 až 100%RV	0 až 100%RV	0 až 100%RV	0 až 100%RV	0 až 100%RV	0 až 100%RV	0 až 100%RV
skladovací teplota přístroje	-20 až +45°C	-20 až +45°C	-20 až +45°C	-20 až +45°C	-20 až +45°C	-20 až +45°C	-20 až +45°C
skladovací vlhkost přístroje	5 až 90 %RV	5 až 90 %RV	5 až 90 %RV	5 až 90 %RV	5 až 90 %RV	5 až 90 %RV	5 až 90 %RV
elektromagnetická kompatibilita	ČSN EN 61326-1	ČSN EN 61326-1	ČSN EN 61326-1	ČSN EN 61326-1	ČSN EN 61326-1	ČSN EN 61326-1	ČSN EN 61326-1
hmotnost (bez sond)	120 g	120 g	130 g	120 g	120 g	130 g	260 g
rozměry [mm]							
							
				sonda PT1000/E senzor teploty (uvnitř skříňky)		sonda PT1000/E senzor teploty a relativní vlhkosti	
				sonda CO2R1-x, rozsah 0 - 1 %CO2 • přesnost při 23 °C a tlaku 1013 hPa : ±(0,01+0,05xMH) [%CO2] • teplotní závislost v rozsahu -20 až +45°C : ±(0,0001+0,001xMH) [%CO2/°C]		sonda CO2R5-x, rozsah 0 - 5 %CO2 • přesnost při 23 °C a tlaku 1013 hPa : ±(0,075+0,02xMH) [%CO2] • teplotní závislost v rozsahu -20 až +45°C : ±(0,003xMH) [%CO2/°C] x délka kabelu sondy [m] MH ... měřená hodnota [%CO2]	

* přesnost přístroje bez sondy v rozsahu do +100 °C (v teplotním rozsahu +100 až +260 °C je přesnost přístroje bez sondy ±0,2 % z měřené hodnoty)
** při teplotě 23 °C v rozsahu 0 až 90 %RV (hysterese < ±1 %RV, nelinearita < ±1 %RV, teplotní závislost 0,05 %RV/°C v rozsahu 0 až 60°C)

*** při teplotě T < 25 °C relativní vlhkosti RV > 30 %RV (podrobně viz grafy v manuálu k přístrojům)

Kalibrační list

No. 22271463/002

Typ U0141
 Výrobní číslo 22271463
 Počet stran 2

Kalibrační metoda Porovnání měřením
Podmínky měření Teplota 23 °C ± 3 °C
 Relativní vlhkost 40 % ± 20 %

Použité etalony (platnost do)

Přesný teploměr PE133, J0295A-1-1+21990010, (06.09.2023)
 Simulátor Pt1000/3850ppm, Pt002, (13.05.2023)
 Použité etalony jsou navázány na Mezinárodní systém jednotek (SI).

Naměřené hodnoty

Kanál 1 - Teplota externí

Etalon	Přístroj	Nejistota	Použitý etalon	Poznámka
-90.0 °C	-90.1 °C	0.11 °C	Pt002	Pt1000TG7,4036/0222
0.0 °C	-0.1 °C	0.11 °C	Pt002	
23.95 °C	24.0 °C	0.18 °C	PE133	
260.0 °C	259.7 °C	0.11 °C	Pt002	

Kanál 2 - Teplota externí

Etalon	Přístroj	Nejistota	Použitý etalon	Poznámka
-90.0 °C	-90.1 °C	0.11 °C	Pt002	
0.0 °C	-0.1 °C	0.11 °C	Pt002	
23.95 °C	24.0 °C	0.18 °C	PE133	
260.0 °C	259.8 °C	0.11 °C	Pt002	

Kanál 3 - Teplota externí

Etalon	Přístroj	Nejistota	Použitý etalon	Poznámka
-90.0 °C	-90.1 °C	0.11 °C	Pt002	
0.0 °C	-0.1 °C	0.11 °C	Pt002	
23.95 °C	24.0 °C	0.18 °C	PE133	
260.0 °C	259.8 °C	0.11 °C	Pt002	

Kanál 4 - Teplota externí

Etalon	Přístroj	Nejistota	Použitý etalon	Poznámka
-90.0 °C	-90.1 °C	0.11 °C	Pt002	
0.0 °C	-0.1 °C	0.11 °C	Pt002	
23.95 °C	24.0 °C	0.18 °C	PE133	
260.0 °C	259.7 °C	0.11 °C	Pt002	

Nejistota měření

Rozšířená nejistota měření byla stanovena jako součin standardní nejistoty měření a koeficientu rozšíření $k=2$, což pro normální rozdělení odpovídá pravděpodobnosti pokrytí 95%. Standardní nejistota měření byla určena v souladu s dokumentem EA4/02.

Datum kalibrace

13.10.2022

Kalibroval

servis

Schválil

OMET
Josef Fabišík
Josef Fabišík
756 020 043/0
Radhošť
IČ: CZ60776846

Legal regulations and standards:

- Electrical connection of the detector may only be carried out by a competent person with electrician qualification who is familiarized with the "Instruction Manual" in detail.
- The Instruction Manual is part of the product and it is necessary to keep it for the entire service life of the product.
- The Instruction Manual must be transferred to any other owner or user of the product.
- The disposal must be performed in compliance with the Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council - on waste and the Directive 2012/19/EU of the European Parliament and of the Council - on waste electrical and electronic equipment (WEEE), as amended.
- The sensors are delivered in packages, which guarantee resistance to mechanical influences and that meet the conditions with the European Parliament and Council Directive 94/62/EC on packaging and packaging waste), as amended.
- The final metrological inspection – comparison with standards or working instruments – is carried out for all the products. Continuity of the standards and working measuring instruments is ensured within the meaning of the Section 5 of Act no.505/1990 on metrology. The manufacturer offers a possibility to supply the sensors calibrated in SENSIT s.r.o. laboratory (according to EN ISO/IEC 17025 standard) or in an Accredited laboratory.

Application:

The temperature sensors TG7 are designed for contact temperature measurements of smooth and plane surface of solids. The temperature range for application of the sensor is -30°C to 200 °C and it must not be exceeded even for a short term. The sensors may be used for all control systems compatible with the Pt 1000 temperature sensor with a temperature coefficient of 3850 ppm / °C. They meet the ingress protection IP65 according to the EN 60 529 standard. The sensors are suitable for temperature measurement in chemically non-aggressive environments, the using must be chosen with regard to temperature and chemical resistant housing and a cable.

Recommended use and location of sensors:

- Operating position is arbitrary
- For contact temperature measurements of surface, it is necessary to ensure fix installation of the sensor by suitable fastening straps and isolate the sensor from the ambient influence temperature and environment.
- To ensure accuracy of measurement is recommended to purify surface and use a thermal conductive paste or silicone vaseline on a surface

Warnings and restrictions:

The sensors must not be used for measuring in locations:

- Where the specified technical parameters and operating conditions are not adhered
- Where the sensor is exposed to mechanical action
- With explosion hazard
- For measuring temperatures of subjects under voltage
- With chemically aggressive environment
- Where the sensor is exposed to prolonged immersion in liquid or intense jetting liquid

It is not suitable to use the sensors for measuring temperature in locations:

- Where exposure to direct heat radiation from surroundings or to sunlight may occur
- Where the measured surface is not flat and its roughness does not provide a sufficient contact with the measured surface
- Where the supply cable might run parallel to mains cables (risk of interference signal induction and the measurement results may be influenced), the safe distance from mains power cables when cables run parallel can be as much as 0,5 m according to the nature of interfering fields.
- Where the sensor might be exposed to effects of strong organic and inorganic acids with medium and strong concentrations at high temperatures, weak organic acids with high concentrations and high temperatures, chlorinated hydrocarbons, and undiluted alkaline substances.

Failure to follow the said recommendations will negatively affect measurement accuracy, reliability and service life of the temperature sensor.

Declaration of conformity

SENSIT s.r.o. provides the product with the EU Declaration of Conformity issued according to Act No. 91/2016 Coll. and Act No. 22/1997 Coll., as subsequently amended. The product is in accordance with the following directives:

- European Parliament and Council Directive 2011/65/EU of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment and Commission delegated Directive 2015/863/EU of 31 March 2015 amending annex II to Directive 2011/65/EU, as amended.

Product safety and technical parameters were evaluated according to the following standards and norms, as amended:

- EN 60751, EN 60529, EN 60730-1, EN 60730-2-9

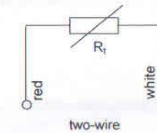
Sensor description:

The sensor consists of a metallic housing with the sensing element inside and a supply cable. The sensor housing is made of brass, holes in the housing are intended for mounting on a flat surface. The sensors are connected as two-wire probes. The supply cable has external silicone insulation and is shielded. The shielding is not connected with the housing or with the temperature element.

Sensor installation:

1. Make one or two M4 threaded holes in the measured material to fix the sensor. The smallest material thickness is 3 mm. In the case of thinner materials in which the threaded hole cannot be made, drill the 4.2 mm holes through.
2. Before sensor location purify surface and use a thermal conductive paste or silicone vaseline on a surface
3. Put the temperature sensor on the surface of the measured material and fasten it using M4 erection bolts. In the case of the material with thickness below 3 mm, use combination of the screw and a nut.
4. Connect the wires of the supply cable to the evaluation unit according the wiring diagram. **The supply cable shielding is not conductively connected with the external housing of the sensor or with the temperature element.**
5. After installation and connection to the consequential electrical measuring device, the sensor is ready for operation. The sensor does not require any special manipulation or maintenance.

Wiring diagram:



Technical parameters:

Type of element	Pt 1000 / 3850 ppm / °C
Accuracy class of element *	$\pm (0,15 + 0,002 t)$ in °C
Temperature element wiring	Two-wire configuration
Measuring range	-30 °C to 200 °C
Power supply	SELV or PELV
Max. / recomm. measuring current	Cl. A: 0.5 mA / 0.2 mA Cl. B: 0.8 mA / 0.3 mA
Sensor IP code	IP 65 according to EN 60 529
Response time	$t_{0,5} < 10$ sec (on smooth surface without paste)
Housing material	Brass
Housing diameter	19,5 ± 0,1 mm
Housing height	6 ± 0,1 mm
Mounting holes diameter	4,3 ± 0,05 mm
Dielectric strength	500 VAC according to EN 60730-1
Insulation resistance	> 200 MΩ at 500VDC, 25 ± 3 °C
Supply cable type	shielded silicone 2 x 0,22 mm ²
Supply cable length	1 m
Supply leads resistance	0,162 Ω / 1 m at a temperature of 25 °C
Weight	0,05 kg / 1 m

* for two wire connection the influence of the cable resistance must be add to measured value, for example at temperature 25°C must be add the value 0,042 °C / 1m.

Operating conditions:

- temperature round the supply cable: -30 °C to 200 °C
- relative humidity of the surroundings: 10 to 100 %
- atmospheric pressure: 70 to 106 kPa

Storage:

- Ambient temperature 5 to 40 °C
- Humidity 5 to 85%

Příloha 8 Technický list časové relé TC-GRT8-M1

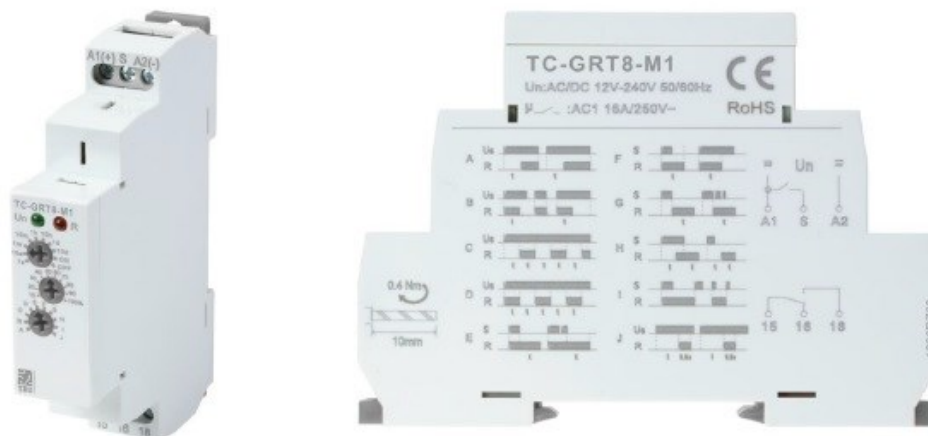
Conrad Electronic SE, Klaus-Conrad-Str. 1, D-92240 Hirschau

Item no.: 2490827

Data Sheet



Multifunction Time Relay



Applications

- Multifunction time relay can be used for electrical appliances, control of lights, heating, motors, pumps, and fans (10 functions, 10-time ranges, multi-voltage).

Function Features

- 10 functions:
 - 5 delay modes with power supply control (A, B, C, D, J)
 - 4 delay models with signal control (E, F, G, H)
 - 1 delay mode with pulse (I)
- Rotary switches for setting functions and time ranges.
- Wide range of time settings (0.1 secs – 10 days)
- Relay status is indicated by LED.
- 1-module (18 mm), DIN rail mounting.

Item no.: 2490827

Data Sheet

Technical data

Supply terminals	A1-A2
Voltage range	AC/DC 12-240V(50-60Hz)
Burden	AC 0.09-3VA/DC 0.05-1.7W
Power input	AC max.6VA/1.3W
Supply voltage tolerance	-15%; +10%
Supply indication	green LED
Time Ranges	0.1s-10days, ON,OFF
Time setting	Selected by rotary microswitch
Accuracy	10%
Repeat time setting accuracy	0.2%
Temperature coefficient	0.05%/°C, at=20°C(0.05%°F , at=68°F)
Output	1 × SPDT
Current rating	1 × 16A(AC1)
Switching voltage	250VAC/24VDC
Min. switching power	500mW
Output indication	red LED
Mechanical life	1×10 ⁷
Electrical life(AC1)	1×10 ⁵
Reset time	max.200ms
Operating temperature	-20°C to+55°C (-4°Fto131°F)
Storage temperature	-35°C to+75°C (-22°Fto158°F)
Mounting/DIN rail	Din rail EN/IEC 60715
Protection degree	IP20
Mounting attitude	≤2000 m
Over voltage category	III
Pollution degree	2
Max. cable size(mm ²)	solid wire max.1×2.5mm ² or 2×1.5mm ²
Dimensions	90×18×64mm
Standards	EN/ IEC60947-5-1; 61812-1

Item no.: 2490827

Data Sheet

Function Diagram

A: On Delay (Power On)

When the input voltage U is applied, timing delay t begins. Relay contacts R change state after time delay is complete. Contacts R return to their shelf state when input voltage U is removed. Trigger switch is not used in this function.



B: Interval (Power On)

When input voltage U is applied, relay contacts R change state immediately and timing cycle begins. When time delay is complete, contacts return to their shelf state. When input voltage U is removed, contacts will also return to their shelf state. Trigger switch is not used in this function.



C: Repeat Cycle (Starting Off)

When input voltage U is applied, time delay t begins. When time delay t is complete, relay contacts R change state for time delay t. This cycle will repeat until input voltage U is removed. Trigger switch is not used in this function.



D: Repeat Cycle (Starting On)

When input voltage U is applied, relay contacts R change state immediately and time delay t begins. When time delay t is complete, contacts return to their shelf state for time delay t. This cycle will repeat until input voltage U is removed. Trigger switch is not used in this function.



E: Off Delay (S Break)

Input voltage U must be applied continuously. When trigger switch S is closed, relay contacts R change state. When trigger switch S is opened, delay t begins. When delay t is complete, contacts R return to their shelf state. If trigger switch S is closed before time delay t is complete, then time is reset. When trigger switch S is opened, the delay begins again, and relay contacts R remains in their energized state. If input voltage U is removed, relay contacts R return to their shelf state.



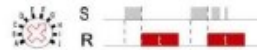
F: Single Shot

Upon application of input voltage U, the relay is ready to accept trigger signal S. Upon application of the trigger signal S, the relay contacts R transfer and the preset time t begins. During time-out, the trigger signal S is ignored. The relay resets by applying the trigger switch S when the relay is not energized.



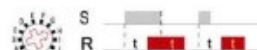
G: Single Shot Trailing Edge (Non-Retriggerable)

Upon application of input voltage U, the relay is ready to accept trigger signal S. Upon application of the trigger signal S, the relay contacts R transfer and the preset time t begins. At the end of the preset time t, the relay contacts R return to their normal condition unless the trigger switch S is opened and closed prior to time out t (before preset time elapses). Continuous cycling of the trigger switch S at a rate faster than the preset time will cause the relay contacts R to remain closed. If input voltage U is removed, relay contacts R return to their shelf state.



H: On/Off Delay

Input voltage U must be applied continuously. When trigger switch S is closed, time delay t begins. When time delay t is complete, relay contacts R change state and remain transferred until trigger switch S is opened. If input voltage U is removed, relay contacts R return to their shelf state.



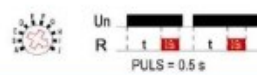
I: Latching relay

Input voltage U must be applied continuously. Output changes state with every trigger switch S closure. If input voltage U is removed, relay contacts R return to their shelf state.

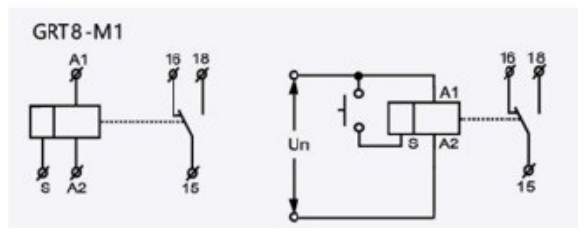


J: Pulse generator

Upon application of input voltage U, a single output pulse of 0.5 seconds is delivered to relay after time delay t. Power must be removed and reapplied to repeat pulse. Trigger switch is not used in this function.



Wiring Diagram



Příloha 9 Kompletní naměřená data z měření na přímém slunci

Měření 17. 8. 2022

Čas	Teplota vzduchu ve stínu	Čisté kolejové lože [°C]					Znečištěné kolejové lože			Osvětlení kolejnic	Oblačnost
		Referenční kolejnice- sonda	Referenční kolejnice- povrch	Žárové zinkování	Kolejnice bez povrchové úpravy	Axapur U2219 RAL7035	Žárové zinkování	Kolejnice bez úpravy	Axapur U2219 RAL7035		
5:52	15,2	13,4	14,3	16,4	14,7	14,7	16,6	14,6	14,5	neosvětleno	0/10
7:00	14,4	13,4	14,4	16,1	14,5	14,5	16,7	14,6	14,4	neosvětleno	0/10
8:00	18,7	18,5	20,6	21,4	20,3	20,4	22,2	21,4	20,8	Osvětleno	0/10
9:00	21,1	26,9	28,5	27,4	27	26	28,4	28,2	26,9	Osvětleno	0/10
10:00	23,8	36	35,1	34,7	35,2	32,3	35,4	36,5	33,2	Osvětleno	0/10
11:00	26,5	44,1	42,4	41,6	41,9	39,2	42,8	43,9	40,4	Osvětleno	0/10
12:00	29,4	50	48,8	48	48,5	43,3	48,9	49,4	44,8	Osvětleno	0/10
13:00	29,3	53,4	51,6	50,1	50,3	46,9	51,8	51,7	47,8	Osvětleno	1/10
14:00	30,3	54,9	53,2	53,2	51,7	47,9	52,7	52,6	49,1	Osvětleno	1/10
15:00	31,5	55	52,6	53,8	52,8	49,6	53,6	52,3	49,9	Osvětleno	1/10
16:00	32,1	53,3	50,2	52,1	49,9	47,1	52,5	50,2	47,7	Osvětleno	1/10

Měření 18. 8. 2022

Čas	Teplota vzduchu ve stínu	Čisté kolejové lože					Znečištěné kolejové lože			Osvětlení kolejnic	Oblačnost
		Referenční kolejnice- sonda	Referenční kolejnice- povrch	Žárové zinkování	Axapur U2219 RAL9003	Axapur U2219 VIS a IR záření	Žárové zinkování	Axapur U2219 RAL9003	Axapur U2219 VIS a IR		
5:56	15,4	15,6	17,3	19,3	17,4	17,3	18,9	17,1	17,1	Neosvětleno	0/10
7:00	17,5	16,3	18	19,6	18	18	19,6	18,2	18	Neosvětleno	0/10
8:00	20,9	20,3	22	22,7	21	21,4	23,2	21,4	21,8	Osvětleno	1/10
9:00	24,6	28,3	29,3	28,5	26,5	28,3	29,3	27,2	28,9	Osvětleno	2/10
10:00	26,2	34,4	34,2	33,1	30,7	33,1	33,9	32,1	33,7	Osvětleno	6/10
11:00	28,3	38,2	37,7	36,5	34,1	36,4	37,2	35,2	36,2	Osvětleno	4/10
12:00	31,2	46,5	45,1	44	39,5	44	45,1	41,3	44	Osvětleno	2/10
13:00	32,8	50,8	48,8	47,3	41,5	45,9	47,4	43	45,9	Osvětleno	4/10
14:00	34,1	50,5	49,1	49,4	43,4	47,3	49,2	44,8	47,1	Osvětleno	4/10
15:00	34,2	51	47,5	49,8	43,9	46,7	48,9	44	46,1	Osvětleno	3/10
16:00	33,9	48,6	47,2	48,1	42,5	45,5	48,8	43,1	44,6	Osvětleno	3/10
17:00	37	44,4	42,6	44,6	40,2	41,2	44,1	40	40,9	Osvětleno	3/10

Měření 7. 9. 2022

Čas	Teplota vzduchu ve stínu	Čisté kolejové lože								
		Referenční kolejnice- sonda	Referenční kolejnice- povrch osluněná	Referenční kolejnice- povrch	Žárové zinkování osluněná	Žárové zinkování	Axapur U2219 Ral 9003 osluněná	Axapur U2219 RAL9003	Axapur U2219 VIS a IR osluněná	Axapur U2219 VIS a IR
6:00	14	13,6	14,3	14,3	14,6	14,6	14,6	14,8	14,4	14,4
7:00	14,1	13,6	15,2	14,8	14,9	14,9	14,9	15	14,8	14,6
8:00	16,1	15,5	16,7	16,7	16,3	16,1	15,7	15,7	16,1	16
9:00	18,4	21,1	21,6	21,2	21,4	21	19,2	18,7	21,3	21
10:00	20,7	29,8	29,1	28,8	29	28,3	25,6	24,2	29,4	27,9
11:00	23,8	37,8	36,6	36,1	35,6	35,6	29,9	29,3	35,6	35,2
12:00	24,9	41,4	40,2	38,2	40,1	38,8	34,2	32,6	40,6	39,8
13:00	25,9	46,1	45,1	44,4	44,4	43,4	37,7	36	43,7	43,2
14:00	27,5	48	48,2	46,1	46,6	46,1	39,4	37,8	46,2	44
15:00	30,8	40,3	41,1	40,3	40,7	40,5	36,3	35,7	39,8	39,6
16:00	31,6	39,2	39,1	39,1	39,7	40,1	36,1	35,6	39	38,8
17:00	33,9	34,8	34,9	34,9	35,3	35,3	32,5	32,4	34,7	34,7

Znečištěné kolejové lože						Osvětlení kolejnič	Oblačnost
Žárové zinkování osluněná	Žárové zinkování	Axapur U2219 Ral 9003 osluněná	Axapur U2219 RAL9003	Axapur U2219 VIS a IR osluněná	Axapur U2219 VIS a IR	Osvětleno/neo světleno	1/10
14,6	14,6	14,4	14,4	14,4	14,2	Neosvětleno	3/10
14,8	14,8	14,6	14,5	14,7	14,6	osvětleno	2/10
16,7	16,7	15,9	15,9	16	16	osvětleno-zataženo	4/10
22,1	21,9	20,8	19,7	21,7	21,3	Osvětleno	2/10
30,5	29,2	26,8	25,5	29,8	28,9	Osvětleno	2/10
37	36,3	33	30,5	36,6	35,3	Osvětleno	3/10
41,9	40,8	35,7	34,1	41	40	Osvětleno	2/10
45,7	44,8	38,7	37,6	44,1	43,8	Osvětleno	2/10
47,3	46,2	41,2	40,6	45,9	45,1	Osvětleno	3/10
41,1	40,7	37,9	37	40,2	39,9	Osvětleno-zataženo	6/10
38,9	38,8	36,7	36,3	39	38,8	Osvětleno-zataženo	6/10
35,1	35,1	33,1	32,9	34,4	34,2	Osvětleno-zataženo	7/10

Měření 9. 9. 2022

Čas	Teplota vzduchu ve stínu	Čisté kolejové lože								
		Referenční kolejnice-sonda	Referenční kolejnice-povrch osluněná	Referenční kolejnice-povrch	Žárové zinkování osluněná	Žárové zinkování	Bez povrchové úpravy osluněná	Bez povrchové úpravy	Axapur U2219 šedý osluněná	Axapur U2219 šedý
6:00	10,2	11,6	11,1	11,4	10,5	11	10,9	11,2	10,9	11,3
7:00	10,8	10,6	12,3	12,2	11,4	11,2	11,3	12,1	11,5	11,8
8:00	14,3	15,1	16,1	15,8	15,5	15,2	15,4	15,5	15	14,7
9:00	16,8	20,2	20,7	20,7	20	19,9	19,5	19	18,9	18,9
10:00	18,1	26,6	27,1	26,7	26,3	25,5	26	25,8	24,7	24,1
11:00	20,4	35	33,3	33,1	32,9	31,9	33,2	32,4	29,8	29,4
12:00	23,4	39,1	39,1	37,7	36,7	36,3	38,1	37,6	34,1	33,9
13:00	29,6	39,7	37,3	37,3	37,5	36,9	36,9	36,7	34,4	34,1
14:00	28,8	35,2	33,1	33	34,1	33,6	32,7	32,7	31,5	31,1
15:00	27,5	33,9	32,4	31,9	32,1	32,1	31,1	31,2	29,8	29,8
16:00	26,5	31,3	28,9	29	29,4	29,4	28,8	28,6	27,6	27,8

Znečištěné kolejové lože						Osvětlení kolejnic	Oblačnost
Žárové zinkování osluněná	Žárové zinkování	Bez povrchové úpravy osluněná	Bez povrchové úpravy	Axapur U2219 šedý osluněná	Axapur U2219 šedý	Osvětleno/neosvětleno	
11,3	11	11,4	10,6	11,6	10,6	Neosvětleno	1/10
11,6	11,4	11,6	11,4	11,6	10,9	Osvětleno	0/10
16	15,6	15,8	15,6	15,3	14,6	Osvětleno	2/10
20,4	20,1	19,8	19,9	19,1	18,7	Osvětleno	3/10
27,3	26,1	27,4	26,3	25,4	24,8	Osvětleno	4/10
33,8	32,1	31	32,7	34,1	29,4	Osvětleno	3/10
38,5	37	38,8	38,6	35,6	34,2	Osvětleno	3/10
37,2	37,1	37,7	36,7	35,6	35,1	Osvětleno-zataženo	5/10
34,2	33,9	33,9	32,7	32	31,9	Osvětleno-zataženo	5/10
31,7	32,8	31,8	31,5	31	30,8	Osvětleno-zataženo	6/10
30,1	30,3	29	28,6	28,4	28,3	Osvětleno-zataženo	6/10

Příloha 10 Kompletní naměřená data z laboratorního měření

Měření 11. 11. 2022

Měření 11. 11. 2022							
Eternal Cool Antracit		Axapur U2219 RAL9006 (částice hliníku)		Axapur U2219 VIS a IR záření		Žárové zinkování	
Čas [hh:mm]	Teplota [°C]	Čas [hh:mm]	Teplota [°C]	Čas [hh:mm]	Teplota [°C]	Čas [hh:mm]	Teplota [°C]
11:53	20,5	15:34	20,9	13:18	22,2	14:26	20,0
11:54	21,4	15:35	21,6	13:19	23,0	14:27	20,8
11:55	22,3	15:36	22,0	13:20	23,8	14:28	21,7
11:56	22,7	15:37	22,1	13:21	24,1	14:29	22,2
11:57	22,7	15:38	22,4	13:22	24,1	14:30	22,3
11:58	22,6	15:39	22,7	13:23	24,3	14:31	22,5
11:59	23,3	15:40	22,9	13:24	24,8	14:32	23,0
12:00	23,8	15:41	22,9	13:25	25,1	14:33	23,5
12:01	24,0	15:42	23,1	13:26	25,1	14:34	23,6
12:02	24,2	15:43	23,5	13:27	25,5	14:35	23,9
12:03	24,5	15:44	23,9	13:28	26,2	14:36	24,6
12:04	25,0	15:45	24,0	13:29	26,5	14:37	25,0
12:05	25,1	15:46	24,2	13:30	26,5	14:38	25,3
12:06	25,4	15:47	24,7	13:31	26,9	14:39	25,8
12:07	25,8	15:48	25,1	13:32	27,4	14:40	26,1
12:08	26,1	15:49	25,3	13:33	27,4	14:41	26,1
12:09	26,3	15:50	25,7	13:34	27,4	14:42	26,5
12:10	26,7	15:51	26,2	13:35	27,9	14:43	27,1
12:11	27,1	15:52	26,6	13:36	28,5	14:44	27,5
12:12	27,2	15:53	26,9	13:37	28,7	14:45	27,8
12:13	27,4	15:54	27,3	13:38	28,9	14:46	28,0
12:14	27,7	15:55	27,5	13:39	29,4	14:47	28,5
12:15	28,1	15:56	27,6	13:40	29,8	14:48	28,8
12:16	28,3	15:57	27,8	13:41	29,8	14:49	28,9
12:17	28,5	15:58	28,2	13:42	30,0	14:50	29,1
12:18	29,1	15:59	28,5	13:43	30,4	14:51	29,7
12:19	29,4	16:00	28,6	13:44	30,7	14:52	30,0
12:20	29,3	16:01	28,7	13:45	30,7	14:53	30,0
12:21	29,4	16:02	29,3	13:46	30,8	14:54	30,2
12:22	29,9	16:03	29,7	13:47	31,3	14:55	30,9
12:23	30,2	16:04	29,8	13:48	31,7	14:56	31,3
12:24	30,2	16:05	29,8	13:49	31,7	14:57	31,2
12:25	30,4	16:06	30,1	13:50	31,9	14:58	31,4
12:26	31,0	16:07	30,3	13:51	32,5	14:59	32,0
12:27	31,3	16:08	30,4	13:52	32,8	15:00	32,1
12:28	31,2	16:09	30,5	13:53	32,8	15:01	32,0
12:29	31,3	16:10	30,9	13:54	33,1	15:02	32,3

Měření 11. 11. 2022

Eternal Cool Antracit		Eternal Cool Antracit		Eternal Cool Antracit		Eternal Cool Antracit	
Čas [hh:mm]	Čas [hh:mm]	Čas [hh:mm]	Čas [hh:mm]	Čas [hh:mm]	Čas [hh:mm]	Čas [hh:mm]	Čas [hh:mm]
12:30	31,8	16:11	31,2	13:55	33,5	15:03	32,9
12:31	31,9	16:12	31,5	13:56	33,7	15:04	33,2
12:32	31,8	16:13	31,6	13:57	33,6	15:05	33,3
12:33	32,2	16:14	32,0	13:58	34,0	15:06	33,7
12:34	32,8	16:15	32,3	13:59	34,3	15:07	34,0
12:35	32,9	16:16	32,2	14:00	34,6	15:08	33,8
12:36	32,9	16:17	32,3	14:01	34,7	15:09	33,8
12:37	33,1	16:18	32,8	14:02	35,0	15:10	34,3
12:38	33,6	16:19	33,1	14:03	35,2	15:11	34,6
12:39	33,7	16:20	33,3	14:04	35,3	15:12	34,6
12:40	33,6	16:21	33,6	14:05	35,5	15:13	34,9
12:41	33,8	16:22	33,9	14:06	35,8	15:14	35,1
12:42	34,1	16:23	34,0	14:07	35,9	15:15	35,3
12:43	34,4	16:24	34,0	14:08	36,1	15:16	35,4
12:44	34,7	16:25	34,2	14:09	36,5	15:17	35,6
12:45	35,0	16:26	34,5	14:10	36,7	15:18	35,8
12:46	35,1	16:27	34,6	14:11	36,8	15:19	35,9
12:47	35,1	16:28	34,7	14:12	36,8	15:20	35,9
12:48	35,2	16:29	34,9	14:13	37,0	15:21	36,1
12:49	35,4	16:30	35,2	14:14	37,1	15:22	36,5
12:50	35,5	16:31	35,4	14:15	37,2	15:23	36,8
12:51	35,7	16:32	35,5	14:16	37,3	15:24	36,8
12:52	36,1	16:33	35,6	14:17	37,5	15:25	37,2
12:53	36,5	16:34	35,7	14:18	37,9	15:26	37,5

Měření 14. 11. 2022

Měření 14. 11. 2022			
Axapur U2219 RAL9003 - bílá		Axapur U2219 RAL7035 - šedá	
Čas [hh:mm]	Teplota [°C]	Čas [hh:mm]	Teplota [°C]
8:51	18,3	9:57	19,2
8:52	18,9	9:58	19,8
8:53	19,5	9:59	20,6
8:54	19,9	10:00	20,8
8:55	19,9	10:01	20,8
8:56	20,1	10:02	21,4
8:57	20,5	10:03	21,9
8:58	20,8	10:04	22,0
8:59	20,8	10:05	22,2
9:00	21,0	10:06	22,7
9:01	21,6	10:07	23,1
9:02	22,0	10:08	23,3
9:03	22,1	10:09	23,6
9:04	22,3	10:10	23,9
9:05	22,7	10:11	24,2
9:06	22,9	10:12	24,5
9:07	22,9	10:13	24,9
9:08	23,2	10:14	25,2
9:09	23,7	10:15	25,5
9:10	23,9	10:16	26,0
9:11	23,9	10:17	26,3
9:12	24,1	10:18	26,4
9:13	24,4	10:19	26,9
9:14	24,5	10:20	27,3
9:15	24,5	10:21	27,2
9:16	24,7	10:22	27,4
9:17	25,1	10:23	27,9
9:18	25,5	10:24	28,0
9:19	25,6	10:25	27,9
9:20	25,8	10:26	28,4
9:21	26,1	10:27	29,1
9:22	26,4	10:28	29,2
9:23	26,5	10:29	29,4
9:24	26,6	10:30	29,7
9:25	26,9	10:31	30,0
9:26	27,2	10:32	30,2
9:27	27,3	10:33	30,5
9:28	27,5	10:34	30,5
9:29	27,7	10:35	30,6
9:30	27,9	10:36	31,1

Měření 14. 11. 2022

Axapur U2219 RAL9003 - bílá		Axapur U2219 RAL9003 - bílá	
Čas [hh:mm]	Čas [hh:mm]	Čas [hh:mm]	Čas [hh:mm]
9:31	28,1	10:37	31,5
9:32	28,3	10:38	31,4
9:33	28,5	10:39	31,5
9:34	28,7	10:40	32,0
9:35	28,8	10:41	32,2
9:36	29,1	10:42	32,2
9:37	29,3	10:43	32,5
9:38	29,4	10:44	32,9
9:39	29,5	10:45	33,2
9:40	29,7	10:46	33,4
9:41	30,0	10:47	33,5
9:42	30,1	10:48	33,7
9:43	30,3	10:49	33,8
9:44	30,4	10:50	33,8
9:45	30,6	10:51	33,8
9:46	30,8	10:52	33,9
9:47	31,0	10:53	34,0
9:48	31,1	10:54	34,1
9:49	31,3	10:55	34,4
9:50	31,5	10:56	34,9
9:51	31,7	10:57	35,1

Měření 15. 2. 2023

Měření 15. 2. 2023													
Axapur U2219 RAL9003 - bílá		Eternal Cool Antracit		Axapur U2219 RAL9006 (částice hliníku)		Axapur U2219 RAL7035 - šedá		Žárové zinkování		Axapur U2219 VIS a IR záření		Bez povrchové úpravy	
Čas [hh:m m]	Teplot a [°C]	Čas [hh:m m]	Teplot a [°C]	Čas [hh:mm]	Teplota [°C]	Čas [hh:m m]	Teplot a [°C]	Čas [hh:m m]	Teplot a [°C]	Čas [hh:m m]	Teplot a [°C]	Čas [hh:m m]	Teplot a [°C]
9:39	18,3	15:00	19,7	13:56	20,0	8:31	17,9	10:43	18,0	11:47	18,5	12:51	18,8
9:40	19,0	15:01	20,6	13:57	20,9	8:32	18,9	10:44	18,9	11:48	18,9	12:52	19,9
9:41	19,4	15:02	21,6	13:58	21,5	8:33	19,6	10:45	19,8	11:49	19,8	12:53	20,4
9:42	19,5	15:03	22,0	13:59	21,6	8:34	19,8	10:46	20,2	11:50	20,3	12:54	20,6
9:43	19,6	15:04	22,1	14:00	21,8	8:35	20,2	10:47	20,2	11:51	20,4	12:55	20,9
9:44	19,8	15:05	22,7	14:01	22,4	8:36	20,3	10:48	20,6	11:52	20,5	12:56	21,8
9:45	20,1	15:06	23,4	14:02	22,7	8:37	20,6	10:49	21,4	11:53	21,3	12:57	22,3
9:46	20,3	15:07	23,7	14:03	22,8	8:38	20,7	10:50	21,8	11:54	21,8	12:58	22,4
9:47	20,5	15:08	23,9	14:04	23,2	8:39	20,6	10:51	21,8	11:55	22,0	12:59	22,7
9:48	20,8	15:09	24,6	14:05	23,8	8:40	20,9	10:52	22,4	11:56	22,3	13:00	23,6
9:49	21,3	15:10	25,1	14:06	24,1	8:41	21,2	10:53	23,1	11:57	23,0	13:01	24,1
9:50	21,7	15:11	25,3	14:07	24,4	8:42	21,7	10:54	23,4	11:58	23,4	13:02	24,4
9:51	21,9	15:12	25,8	14:08	24,7	8:43	22,3	10:55	23,6	11:59	23,8	13:03	24,7
9:52	22,2	15:13	26,3	14:09	25,1	8:44	22,6	10:56	24,1	12:00	24,1	13:04	25,3
9:53	22,4	15:14	26,6	14:10	25,4	8:45	22,8	10:57	24,6	12:01	24,4	13:05	25,7
9:54	22,3	15:15	26,9	14:11	25,8	8:46	23,0	10:58	24,7	12:02	24,8	13:06	25,8
9:55	22,5	15:16	27,4	14:12	26,0	8:47	23,3	10:59	25,1	12:03	25,2	13:07	26,2
9:56	22,9	15:17	27,9	14:13	26,3	8:48	23,6	11:00	25,6	12:04	25,5	13:08	26,9
9:57	23,2	15:18	28,1	14:14	26,6	8:49	23,9	11:01	26,0	12:05	25,9	13:09	27,2
9:58	23,4	15:19	28,5	14:15	26,9	8:50	24,3	11:02	26,2	12:06	26,3	13:10	27,5
9:59	23,8	15:20	28,8	14:16	27,0	8:51	24,5	11:03	26,7	12:07	26,8	13:11	27,9
10:00	24,4	15:21	29,1	14:17	27,3	8:52	24,6	11:04	27,2	12:08	27,0	13:12	28,4
10:01	24,5	15:22	29,5	14:18	27,8	8:53	24,8	11:05	27,4	12:09	27,2	13:13	28,7
10:02	24,6	15:23	29,8	14:19	28,1	8:54	25,3	11:06	27,6	12:10	27,5	13:14	28,9
10:03	25,1	15:24	29,9	14:20	28,2	8:55	25,6	11:07	27,9	12:11	28,0	13:15	29,3
10:04	25,3	15:25	30,4	14:21	28,4	8:56	25,7	11:08	28,3	12:12	28,2	13:16	29,6
10:05	25,4	15:26	31,0	14:22	29,0	8:57	26,0	11:09	28,6	12:13	28,4	13:17	30,0
10:06	25,7	15:27	31,1	14:23	29,2	8:58	26,6	11:10	29,1	12:14	29,0	13:18	30,5
10:07	26,1	15:28	31,2	14:24	29,0	8:59	26,8	11:11	29,3	12:15	29,5	13:19	30,8
10:08	26,2	15:29	31,9	14:25	29,4	9:00	27,0	11:12	29,6	12:16	29,6	13:20	31,0
10:09	26,3	15:30	32,3	14:26	30,0	9:01	27,0	11:13	30,0	12:17	29,7	13:21	31,4
10:10	26,5	15:31	32,2	14:27	30,1	9:02	27,3	11:14	30,4	12:18	30,2	13:22	31,9
10:11	26,7	15:32	32,5	14:28	30,1	9:03	27,6	11:15	30,4	12:19	30,6	13:23	32,1
10:12	26,7	15:33	33,0	14:29	30,6	9:04	27,7	11:16	30,7	12:20	30,6	13:24	32,2
10:13	26,8	15:34	33,2	14:30	31,0	9:05	28,1	11:17	31,2	12:21	30,8	13:25	32,7
10:14	27,1	15:35	33,1	14:31	31,1	9:06	28,5	11:18	31,6	12:22	31,4	13:26	33,1
10:15	27,3	15:36	33,5	14:32	31,1	9:07	29,1	11:19	31,6	12:23	31,9	13:27	33,2
10:16	27,5	15:37	34,0	14:33	31,5	9:08	29,3	11:20	31,9	12:24	31,9	13:28	33,3

Měření 15. 2. 2023

Axapur U2219 RAL9003 - bílá		Axapur U2219 RAL9003 - bílá		Axapur U2219 RAL9003 - bílá		Axapur U2219 RAL9003 - bílá		Axapur U2219 RAL9003 - bílá		Axapur U2219 RAL9003 - bílá		Axapur U2219 RAL9003 - bílá	
Čas [hh:m m]	Čas [hh:m m]	Čas [hh:m m]	Čas [hh: mm]	Čas [hh:mm]	Čas [hh:mm]	Čas [hh:m m]	Čas [hh:m m]	Čas [hh:m m]	Čas [hh: mm]	Čas [hh:m m]	Čas [hh:m m]	Čas [hh:m m]	Čas [hh: mm]
10:17	27,9	15:38	34,2	14:34	31,8	9:09	29,5	11:21	32,5	12:25	32,0	13:29	33,8
10:18	28,2	15:39	34,4	14:35	31,7	9:10	29,7	11:22	32,9	12:26	32,6	13:30	34,3
10:19	28,3	15:40	34,9	14:36	31,9	9:11	29,9	11:23	32,9	12:27	32,8	13:31	34,6
10:20	28,6	15:41	35,0	14:37	32,5	9:12	30,0	11:24	33,1	12:28	32,8	13:32	34,7
10:21	28,9	15:42	35,0	14:38	32,8	9:13	30,1	11:25	33,7	12:29	33,0	13:33	34,9
10:22	29,1	15:43	35,3	14:39	32,7	9:14	30,1	11:26	34,0	12:30	33,6	13:34	35,3
10:23	29,2	15:44	35,7	14:40	32,8	9:15	30,2	11:27	33,8	12:31	33,9	13:35	35,6
10:24	29,3	15:45	35,8	14:41	33,3	9:16	30,4	11:28	34,1	12:32	34,0	13:36	35,7
10:25	29,7	15:46	36,1	14:42	33,5	9:17	30,6	11:29	34,6	12:33	34,3	13:37	36,2
10:26	29,8	15:47	36,5	14:43	33,5	9:18	30,8	11:30	34,8	12:34	34,8	13:38	36,5
10:27	29,8	15:48	36,7	14:44	33,6	9:19	30,9	11:31	34,8	12:35	34,9	13:39	36,7
10:28	29,9	15:49	37,0	14:45	33,8	9:20	31,2	11:32	35,3	12:36	34,9	13:40	36,8
10:29	30,1	15:50	37,3	14:46	34,1	9:21	31,2	11:33	35,8	12:37	35,2	13:41	37,2
10:30	30,2	15:51	37,3	14:47	34,4	9:22	31,1	11:34	35,8	12:38	35,5	13:42	37,5
10:31	30,2	15:52	37,7	14:48	34,6	9:23	31,3	11:35	35,8	12:39	35,7	13:43	37,5
10:32	30,3	15:53	38,1	14:49	34,8	9:24	31,7	11:36	36,3	12:40	35,9	13:44	37,6
10:33	30,6	15:54	38,3	14:50	35,0	9:25	32,1	11:37	36,6	12:41	36,3	13:45	38,2
10:34	30,9	15:55	38,4	14:51	35,1	9:26	32,7	11:38	36,5	12:42	36,6	13:46	38,5
10:35	31,1	15:56	38,8	14:52	35,0	9:27	33,0	11:39	36,6	12:43	36,8	13:47	38,6
10:36	31,3	15:57	39,2	14:53	35,3	9:28	32,9	11:40	37,2	12:44	37,1	13:48	38,8
10:37	31,5	15:58	39,1	14:54	35,7	9:29	33,1	11:41	37,6	12:45	37,1	13:49	39,2
10:38	31,7	15:59	39,2	14:55	35,8	9:30	33,7	11:42	37,4	12:46	37,3	13:50	39,4
10:39	31,9	16:00	39,3	14:56	35,9	9:31	34,1	11:43	37,6	12:47	37,6	13:51	39,4