

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Katedra geografie

Bc. René Jirmus

Tepelný komfort na dětských hřištích: případová studie pro
město Olomouc

Diplomová práce

Vedoucí práce: Mgr. Michal Lehnert, Ph.D

Olomouc 2021

Bibliografický záznam

Autor (osobní číslo): Bc. René Jirmus (R200063)

Studijní obor: Geografie a regionální rozvoj

Název práce: Tepelný komfort na dětských hřištích: případová studie pro město Olomouc

Title of thesis: Thermal comfort of playgrounds: case study for the city of Olomouc

Vedoucí práce: Mgr. Michal Lehnert, Ph.D.

Rozsah práce: 81 stran, 4 vázané přílohy

Abstrakt: Předmětem této studie je zhodnocení tepelného komfortu vybraných dětských hřišť na území statutárního města Olomouce v průběhu letních měsíců roku 2021. Výzkum je tvořen z měření meteorologických hodnot potřebných pro výpočet indexu UTCI (Universal Thermal Comfort Index), které byly získány pomocí upravených meteorologických stanic pro výzkum tepelného komfortu v městském prostředí. Součástí studie je též měření teplot vybraných herních prvků a povrchů hřišť pomocí infračerveného teploměru. Studie přináší poznatky o prostředí vybraných dětských hřišť v Olomouci a jejich stavu během horkých dní z pohledu tepelného komfortu. Výsledky zdůrazňují velkou variabilitu tepelného komfortu způsobenou odlišnými aspekty daných lokalit. Prostřednictvím navržených kroků studie přináší doporučení úprav dětských hřišť v městském prostředí. Studie zdůrazňuje vliv stínících prvků jako jeden z nejúčinnějších způsobů eliminování rizika vzniku stresu z tepla.

Klíčová slova: mikroklima, stres z tepla, tepelná expozice, adaptace na změnu klimatu

Abstract: The subject of this study is to evaluate the thermal comfort of selected playgrounds in the territory of the Statutory City of Olomouc during the summer months of 2021. The research consists of meteorological measurements necessary for the calculation of the UTCI (Universal Thermal Comfort Index), which were obtained using modified meteorological stations for research on thermal comfort in urban environments. The study also includes temperature measurements of selected play elements and playground surfaces using an infrared thermometer. The study provides knowledge about the environment of selected playgrounds in Olomouc and its condition during hot days from the perspective of thermal comfort. The results highlight the high variability of thermal comfort caused by different aspects of the sites. Through the proposed steps, the study provides recommendations for modifications of playgrounds in urban environments. The study highlights the influence of shading elements as one of the most effective ways to eliminate the risk of heat stress.

Keywords: microclimate, heat stress, heat exposure, adaptation to climate change

Prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci vypracoval samostatně a veškerou použitou literaturu jsem řádně uvedl v seznamu literatury.

V Olomouci dne 15. 4. 2022

.....

Bc. René Jirmus

Děkuji zejména Mgr. Michalu Lehnertovi, Ph.D. za možnost práce na tomto tématu a aktivního výzkumu v rámci katedry geografie. Též děkuji za věcné rady a typy nejen v průběhu výzkumu a měření, ale také při zpracování dat a psaní práce. Velké díky také patří všem ostatním, kteří byť jen nápadem pomohli při vypracování této práce.

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Přírodovědecká fakulta

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. René JIRMUS
Osobní číslo: R200063
Studijní program: N0532A330021 Geografie a regionální rozvoj
Studijní obor: Geografie a regionální rozvoj
Téma práce: Tepelný komfort na dětských hřištích: případová studie pro město Olomouc
Zadávající katedra: Katedra geografie

Zásady pro vypracování

Cílem diplomové práce je zhodnotit tepelný komfort na vybraných dětských hřištích v Olomouci. V první řadě budou zmapovány a popsány veřejně přístupná dětská hřiště na území města. Následně budou na vytipovaných hřištích zkoumány bioklimatické podmínky a subjektivní vnímání tepla. Tyto údaje mohou být dále vyhodnoceny např. v kontextu návětnosti jednotlivých hřišť. Výsledky práce by měly sloužit ke zvýšení (tepelného) komfortu na dětských hřištích (nejen) v Olomouci.

Rozsah pracovní zprávy: 20 000 – 24 000 slov
Rozsah grafických prací: Podle potřeb zadání
Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam doporučené literatury:

- Geiger, R., Aron, R. H., Todhunter, P. (2003). *The Climate Near the Ground*. Rowman & Littlefield publishers, Inc., Lanham, 584 s.
- Kántor, N., Chen, L., & Gál, C. V. (2018). *Human-biometeorological significance of shading in urban public spaces & 2014 Summer time measurements in Pécs, Hungary*. *Landscape and Urban Planning*, 170, 241-255.
- Lehneit, M., Brabec, M., Jurek, M., Tokar, V., & Geletič, J. (2020). *The role of blue and green infrastructure in thermal sensation in public urban areas: a case study of summer days in four Czech cities*. *Sustainable Cities and Society*, 102683.
- Lehneit, M., Tokar, V., Jurek, M., & Geletič, J. (2020). *Summer thermal comfort in Czech cities: measured effects of blue and green features in city centres*. *International Journal of Biometeorology*, 1-13.
- Parsons, K. (2003). *Human thermal environment. The effects of hot, moderate and cold temperatures on human health, comfort and performance*. (2. vyd.). New York, CRC.
- Potchter, O., Cohen, P., Lin, T. P., & Matzarakis, A. (2018). *Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification*. *Science of The Total Environment*, 631, 390-406.
- Prošek, P. & Rein, F. (1982). *Mikroklimatologie a mezní ústava atmosféry*. SPN, 237 s.
- Vanos, J. K., Herdt, A. J., & Lochbaum, M. R. (2017). *Effects of physical activity and shade on the heat balance and thermal perceptions of children in a playground microclimate*. *Building and Environment*, 126, 119-131.
- Vysoužil, M. (2012). *Podnebí Olomouce*. Univerzita Palackého v Olomouci, Olomouc, 211 s.

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Michal Lehnert, Ph.D.**
Katedra geografie

Datum zadání diplomové práce: **18. ledna 2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **10. dubna 2022**

L.S.

doc. RNDr. Martin Kubala, Ph.D.
děkan

prof. RNDr. Marián Halás, Ph.D.
vedoucí katedry

V Olomouci dne 18. ledna 2021

Obsah

1. Úvod	9
2. Cíle práce	10
3. Teoretická východiska	11
3.1. Klima města	11
3.2. Tepelný ostrov	14
3.1. Prvky ovlivňující klimatické podmínky ve městě	15
3.1.1. Vegetace	16
3.1.2. Vodní prvky	16
3.1.3. Materiály	16
3.2. Stres z tepla a tepelný komfort	17
3.2.1. Složky ovlivňující tepelnou expozici	18
3.2.2. Vliv na lidské tělo	19
3.3. Dětská hřiště ve městech z pohledu tepelného komfortu	21
3.4. Psychologické faktory tepelného komfortu	22
3.5. Adaptace statutárního města Olomouce na změnu klimatu	23
3.5.1. Sociální a environmentální politika města	24
4. Účelová charakteristika zkoumaného území	26
4.1. Klimatická charakteristika	26
4.2. Klimatické zóny (LCZ)	28
4.3. Vývoj počtu obyvatel	29
5. Metody	30
5.1. Zkoumané lokality a termíny výzkumu	30
5.2. Vybavení a postupy měření	34
5.3. Zpracování dat	35
5.3.1. Index UTCI	36
5.3.2. Doplnující měření povrchů a herních prvků	37
6. Výsledky měření	39
6.1. Měření 16. 6. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Michalský výpad	39
6.2. Měření 19. 6. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – ulice Purkyňova	42
6.3. Měření 7. 7. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Rozárium	45
6.4. Měření 8. 7. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Rozárium	48
6.5. Měření 24. 7. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Čechovy sady	51
6.6. Měření 12. 8. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – ulice Mišákova	54
6.7. Měření 9. 9. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – park Malého prince	57
6.8. Výsledky doplňkového měření ploch a prvků hřišť	60

6.8.1.	Doplňkové měření 16. 6. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Michalský výpad	60
6.8.2.	Doplňkové měření 19. 6. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – ulice Purkyňova.....	62
6.8.3.	Doplňkové měření 7. 7. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Rozárium	63
6.8.4.	Doplňkové měření 8. 7. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Rozárium	65
6.8.5.	Doplňkové měření 24. 7. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Čechovy sady	66
6.8.6.	Doplňkové měření 12. 8. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – ulice Mišákova	68
6.8.7.	Doplňkové měření 9. 9. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – park Malého prince.....	69
7.	Souhrnné výsledky měření	71
8.	Diskuze a návrh opatření.....	73
9.	Závěr	80
10.	Summary.....	81
11.	Seznam literatury	83
12.	Přílohy.....	89

1. Úvod

Naše planeta se mění. Její pro nás někdy samozřejmý ráz nás stále překvapuje. Jevy, které pro nás byly spíše raritní, se stávají běžnými a teploty, které jsme zažívali jednou za dlouhou dobu, se stávají novým normálem. Naše role jakožto lidí je na těchto změnách nepopiratelná a jen těžko bychom mohli hledat většího viníka. Více než plakat nad rozlitym mlékem je však na místě se na tyto změny efektivně připravit a ideálně udělat vše pro jejich zmírnění. Ona pomyslná planeta B opravdu na nás nečeká.

Otázka změny klimatu je stále častějším tématem vědeckého bádání a diskuzí, ale také se svou aktuálností stává stále více tématem celospolečenským. Vliv změny klimatu může pozorovat nejen člověk znalý problematiky, nýbrž i každý běžný člověk. Charakter projevů změny klimatu se totiž projevuje v běžných životech každého. Extrémní meteorologické jevy jsou v současné době natolik výrazné a závažné, že ovlivňují každého bez rozdílu a je nutné, aby na ně obyvatelstvo reagovalo, či jim ideálně předcházelo. V městském prostředí se změny klimatu nejvíce projevují na teplotních extrémech a s nimi spojeným teplotním komfortem občanů dotčených měst. Reakce na takové nekomfortní situace na sebe zpravidla nedává dlouho čekat a velmi brzy se objevují komplikace zejména spojené s ohrožením zdraví lidí. Z toho důvodu je zcela prioritní záležitostí zabývat se výzkumem těchto změn, jejich projevů a efektů nejen na obyvatele měst, ale též na všechny ostatní živočichy. Následné výsledky a návrhy na adaptaci by měly být nedílnou součástí strategických dokumentů pro rozvoj jednotlivých měst a obcí. Důležitost těchto adaptačních prvků roste úměrně s plynoucím časem a jejich odkládání či nevyslyšení doporučení odborníků by mohlo mít v budoucnu nemalé újmy nejen finanční, ale především ty na životech.

Předkládaná diplomová práce se zabývá výzkumem efektivity jednotlivých adaptačních prvků, použitých materiálů povrchů i herních prvků a také celkovou konstelací vybraných dětských hřišť, která jsou často exponována silnému slunečnímu záření. Význam výzkumu tepelného komfortu na dětských hřištích je umocňován také tím, že se zde zcela přirozeně nejvíce vyskytují malé děti, které můžeme zařadit mezi osoby nejvíce náchylné na teplotní a zdraví ohrožující meteorologické extrémy. Adaptační prvky na hřištích posléze mohou ovlivňovat nikoli jen mikroklima hřišť samotných, ale také své široké okolí. Zcela přirozeně je tedy důležité dbát na jejich správně umístění, volbu materiálu nebo také barvy. I malé detaily mohou ve výsledku hrát velkou roli nejen ve funkčnosti hřiště, ale pokud vztáhneme tuto myšlenku na celé město, vidíme, jak důležité je, aby vše bylo komplexní, funkční a také prospěšné pro zvládnutí nastávající klimatické změny.

2. Cíle práce

Diplomová práce se zaměřuje na hodnocení tepelného komfortu na vybraných dětských hřištích na území statutárního města Olomouce. Jejím primárním cílem je zhodnotit míru tepelného komfortu a souvisejícího stresu z tepla na vybraných volně přístupných dětských hřištích v rámci území města Olomouce. Následně pak s využitím zjištěných dat vypracovat celkové zhodnocení výsledků, z kterých bude možné navrhnout doporučení na úpravu daných hřišť, a také obecné doporučení pro úpravu dětských hřišť z pohledu tepelného komfortu.

3. Teoretická východiska

3.1. Klima města

Výzkum změny klimatu je posledních letech mediálně stále více viditelným tématem. Bylo by však mylné domnívat se, že problémy spojené se změnou klima i změna samotná, jsou problematikou pouze poslední doby. Zatímco klima na Zemi bylo dlouhou dobu poměrně stabilní povahy, tak od dob průmyslové revoluce, konkrétněji s nástupem spalování fosilních paliv, se klima naší planety začalo měnit rapidnějším tempem. Zde už však nemluvíme o přirozených cyklech ovlivňujících výkyvy podnebí, ale o přímých negativních vlivech člověka. Antropogenní vliv na změnu klimatu je citelný pro všechny složky ekosystému daného místa. V otázkách lidského zdraví můžeme přímé negativní dopady pozorovat nejlépe v městském prostředí. Zájem o výzkum klimatu města v průběhu čase roste. Je zřejmé, že tato problematika je stále více akcentována z důvodu stále se zvětšujícího podílu lidí žijících právě v městském prostředí (Štecová a kol., 2017). Problémy spojené se špatným stavem městského klimatu přitom nejsou otázkou pouze velkoměst, nýbrž i středně velkých měst v našem geografickém prostředí, mezi která patří i Olomouc. Urgentnost tématu je tedy dána primárně hrozbou dopadu negativních vlivů špatného městského klimatu na jeho obyvatele, jejichž počet roste. Změna klimatu se totiž nevyhýbá ani modernímu městskému prostředí a je nutno ji spíše vnímat ne jako změnu klimatu samotnou, ale spíše jako nebezpečí stále zvětšující se intenzity opakování extrémních jevů. Městská krajina je, vzhledem ke svému aktivnímu povrchu, který je z velké části umělého rázu, místem, kde se zvyšuje četnost extrémních projevů. (Vysoudil, 2009) Ty pak vzhledem k velké koncentraci obyvatelstva způsobují intenzivnější škody nejen na majetku, ale především negativně ovlivňují zdraví lidí. V tomto směru je pravděpodobně jedním z nejzávažnějších témat výskyt horkých vln. Jen během posledních sto let došlo k této extrémní události na území Evropy 38x s tím, že mezi lety 1990 až 2010 proběhlo 17 z těchto horkých vln. To naznačuje jejich stále větší intenzitu (Solomon et al., 2007).

Obečně se v otázce klimatu města dle Okeho (1997) dá samotné klima zkoumat z pohledu měřítka od mikroklimatu, kam se dají zařadit např. uzavřené prostory (možno vztáhnout i vnitřky budov), až po makroklima, které se dá zkoumat až měřítku kontinentů. Pro účely této práce stěžejní městské klima pak Oke (1997) dělí na úroveň mezoklima, místního klima a mikroklima. Pro všechny tyto tři úrovně je stěžejní, že procesy ve spodních vrstvách atmosféry jsou velkou měrou ovlivňovány vlastnostmi aktivního povrchu, kde je vhodné jmenovat především vlastnosti tepelné, radiační, aerodynamiku a vlhkost.

Důležité je také říci, že za aktivní povrch je brán takový povrch, kde dochází k přeměně zářivé energie na jiný druh energie. V případě silně urbanizovaných částí měst pak aktivní povrchy tvoří z velké části nepropustné materiály, do kterých se nemá jak vsakovat dešťová voda, a naopak po nich velmi rychle stéká. Výsledkem toho je pak snižující se vlhkost vzduchu a také výpar, na který se posléze nespotebovává latentní teplo. Dochází poté k tomu, že je do okolní atmosféry uvolňováno více tepelné energie nebo je vstřebávána do daných materiálů. Jako příklad může posloužit porovnání dvou vybraných povrchů a jejich termálních vlastností. Ve studii od Webera (2016) je dobře zřejmé, že povrchy, které jsou umělé, mají vyšší hustotu, tepelnou kapacitu i tepelnou vodivost. Zajímavou vlastností je pak tepelná difuzivita, která má u povrchů tu schopnost vyrovnávat rozdílné teploty při šíření tepla. Tepelná jímavost pak určuje, jak moc dokáže teplo prostupovat danou látkou. Jak můžeme vidět níže, tak umělé povrchy v případě difuzivity i jímavosti vykazují až dvojnásobné hodnoty oproti povrchu přirozené (přírodní) povahy. Tyto rozdíly nejvíce člověk pociťuje během horkých slunečných dní, kdy díky vyšším hodnotám materiálu mnohem více akumulují teplo a následně pak i během noci teplo vyzařují. Negativní vliv vysoké míry stresu z tepla následně vede ke zdravotním komplikacím a v některých případech až k úmrtí jedince.

Tab. 1 Porovnání dvou vybraných termálních vlastností typických povrchů používaných v městských oblastech

materiál	hustota	tepelná kapacita	tepelná vodivost	tepelná difuzivita	tepelná jímavost
asfalt	2100	$1,96 \cdot 10^6$	0,75	$0,4 \cdot 10^6$	1200
jílová půda	1600	$1,4 \cdot 10^6$	0,25	$0,2 \cdot 10^6$	600

Zdroj: Weber 2016, upraveno autorem

Další důležitá vlastnost, která ovlivňuje městské klima a je vázána na charakter povrchů, je albedo jednotlivých povrchů. Jak uvádí Landsberg (1981), albedo je v zastavěných oblastech o 10 až 15% nižší než v oblastech s přirozeným (přírodním) povrchem. To znamená, že město, které je tvořené převážně z umělých povrchů většinu dopadající slunečního záření absorbuje.

Nezanedbatelným faktorem utvářejícím klima města je také znečištění ovzduší, které ovlivňuje nejen kvalitu ovzduší, ale také složení přízemní atmosféry a obecně bioklimatické podmínky. Kupříkladu zvýšená koncentrace polutantů snižuje prostupnost atmosféry a zvyšuje výskyt mlh. Obecně můžeme říci, že vlivy plynoucí ze znečištění atmosféry mají zřetelnou denní periodicitu např. v době dopravní špičky ve městě nebo také v období zimy, kdy jsou vykazovaná roční maxima. Zimní maxima souvisejí zejména s častější incidencí inverze, což obecně napomáhá k zvýšeným hodnotám polutantů ve vzduchu. Znečištění ovzduší však není spojeno pouze s množstvím polutantů obsažených ve vzduchu.

Dalším neopomenutelným vlivem ovlivňující znečištění ovzduší je produkce antropogenního tepla. Jak píše Sailor a Lu (2004), můžeme toto znečištění brát buďto jako celkové množství tepla vyprodukované budovami, dopravou a celkově obyvatelstvem, nebo dle Christena a Vogta (2004) pouze jako složku, která zbyde po odečtení všech ostatní producentů tepla.

Tab. 2 Vybrané ukazatele klimatu měst ve srovnání s venkovskou oblastí

vybraný ukazatel	velikost změny
průměrná roční rychlost větru	o 20 až 30 % nižší
průměrná roční relativní vlhkost	o 6 % nižší
délka topné sezóny	o 10 % kratší
průměrná max. teplota v létě	o 1 až 2 °C vyšší
průměrná max. teplota v zimě	o 1 až 2 °C vyšší
průměrná roční teplota	o 0,5 až 3,0 °C vyšší
četnost bouřek	o 5 až 15 % více
množství srážek	o 5 až 15 % více
četnost výskytu mlhy v zimě	o 100 % více
množství oblačnosti	o 5 až 10 % více
trvání slunečního svitu	o 5 až 15 % méně
počet pevných částic	10x více

Zdroj: Landsberg (1981) in Dobrovolný a kol (2012), upraveno autorem

Výše zmíněný vliv vyzařování odpadního tepla nejvíce ovlivňuje okolní prostředí především v hustě urbanizovaných částech města (Alberti, 2008)

V závislosti na nižším albedu se v urbanizovaných územích odráží menší množství záření dopadající na všechny druhy aktivního povrchu, což má za následek rozdíl v radiační bilanci až $1,5 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ za den. Tento fakt může mít v extrémních případech za následek rozdíl v teplotě vzduchu až 10–13 °C (Alberti, 2008).

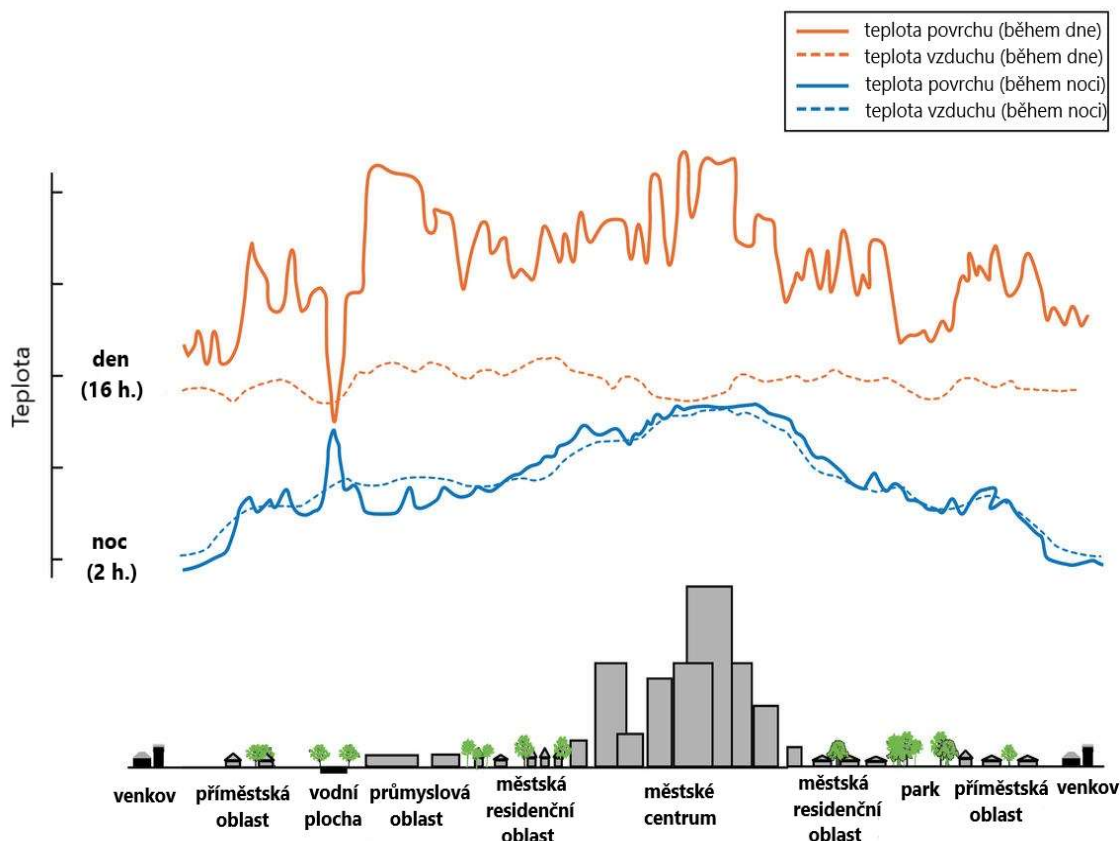
Tepelnou bilanci měst a celkově městským prostředím ovlivněné místní klima můžeme vnímat téměř celý rok. Někdy jsou projevy takového typu, že jich všímá i řadový občan bez většího zkoumání dané problematiky. V tabulce 2 můžeme vidět některé z projevů v chodu roku, které jsou ovlivňovány právě charakteristickým vlivem města na klima. Nutno však dodat, že hodnoty z *tabulky 2* jsou hodnotami průměrnými v dosti širokých škálách a s přihlédnutím k různorodým geografickým podmínkám či rozdílům denního nebo ročního chodu mohou tyto hodnoty značně kolísat, a dokonce se mohou dostat do hodnot s opačným znaménkem.

Takovým příkladem může být třeba případná rozdílnost ve vlhkosti vzduchu během letních dnů. Rozdíl se může projevit v lišících se hodnotách během dne, kdy může vzduch být sušší a v noci vlhčí. Další odlišnost může nastat v množství aerosolů ve vzduchu, který ovlivňuje oblačnost. Zmíněné množství aerosolů může být ovlivněno např. rozdílnými podmínkami okolí daných měst (Alberti, 2008).

Výzkum klimatu města a zejména pak vlivu extrémních jevů ovlivňujících obyvatele měst v České republice rezonuje ve vědecké rovině již delší dobu a bylo podniknuto mnoho úspěšných výzkumů a prací. Tématem se zabývá stále více výzkumných pracovišť i státních institucí. Jedním z příkladů může být projekt CzechAdapt či UrbanAdapt, které fungují pod záštitou Akademie věd ČR a kladou si za cíl vytvořit otevřenou on-line databázi shrnující informace o dopadech změny klimatu, rizicích, zranitelnosti a adaptačních opatření pro celou ČR.

3.2. Tepelný ostrov

Jedním z nejtýpějších jevů z pohledu výzkumu městského klimatu je tzv. tepelný ostrov města. (angl. Urban Heat Island -> UHI). Dle Filho a kol. (2017) je městský tepelný ostrov (UHI) jev, při kterém jsou úrovně teploty v městských oblastech vyšší než v okolním venkovském prostředí. Jedná se o jeden z nejlépe probádaných a zdokumentovaných příkladů toho, jak se klimatické a meteorologické podmínky modifikují v závislosti na prostředí (Arnfield, 2003). Město jako takové a zejména pak jeho hustě zastavěné oblasti vykazují často až výrazně odlišné hodnoty teplot, než má okolní krajina. Míra tohoto efektu pak závisí na specifickém prostředí daného místa, ať už se jedná o městskou zástavbu nebo třeba naopak otevřenou krajinu. Jedním z faktorů umocňujícím negativní působení na blízké okolí jsou např. velké plochy zejména vertikální orientace. Ty během noci snižují tepelné ztráty a jejich okolí tak vykazuje i během nočních hodin vyšší teplotu. Dalším aspektem zvětšující efekt tepelného ostrova je drsnost městské zástavby, která snižuje rychlost větru, a tím se potlačuje efekt ochlazování. Důležitý efekt mají také používané materiály povrchů. Rozdílnost použitého materiálu je měřitelná pomocí tepelné kapacity daného povrchu. Takto špatně zvolené povrchy, které mají velkou tepelnou kapacitu, vedou k přílišnému pohlcování a akumulaci tepla během průběhu přijímání energie, a naopak k jeho uvolňování do okolí zejména během noci, kdy by se mělo okolí přirozeně ochlazovat (Oke, 1987). Také propustnost povrchů použitých v celém městě hraje velkou roli z pohledu evapotranspirace. Ta následně snižuje tok latentního tepla, které je důležitou součástí celkového transportu energie. Neopomenutelnou věcí je také geometrie míst ve městě. Zejména se jedná o nasměrování uliční sítě a pak hlavně o uzavřené prostory zástavbou (Voogt, 2000).



Obr. 1 Schematický profil tepelného ostrova v odpoledních a nočních hodinách během léta (upraveno dle <https://www.usgs.gov/media/images/urban-heat-islands>)

Z výše popsaného se dá vyvodit, že městská prostředí jsou obecně teplejší v porovnání s jejich okolím. Není však radno si efekt tepelného ostrova představovat příliš zjednodušeně jeho efekt klesající rovnoměrně se vzdáleností od centra města. Zejména pak rozsáhlejší aglomerace jsou často složitým systémem, kde by takto zjednodušený model neobstál.

3.1. Prvky ovlivňující klimatické podmínky ve městě

V rámci zmírnění negativního dopadu špatného městského klimatu na lidské zdraví se používají přírodě více či méně blízké prvky, které mají za cíl pozitivně změnit dané prostředí. Městské strategie pro boj s klimatickou změnou se sice mohou lišit, avšak ty nejpoužívanější prvky zůstávají zpravidla stejné. Jejich vliv a vhodnost je pak otázkou dané lokality. Nejdůležitější je sledovat efektivitu zvolených prvků v tom směru, které byly zvoleny pro dosažení maximální účinnosti. Mezi ty nejzákladnější prvky řadíme vegetaci, vodní prvky, použité materiály a tvary staveb, případně geometrie ulic (Kleerekoper a kol., 2012).

3.1.1. Vegetace

Vliv vegetace na okolní prostředí bychom mohli rozdělit do dvojího druhu působení. Tím prvním by bylo působení aktivní, mezi které řadíme zejména vypařování a transpiraci. Mezi pasivní ovlivnění pak řadíme zastínění povrchů, což je důležité především z toho důvodu, že je tím zamezováno absorbování krátkovlnného záření. Jak uvádí Schmidt (2006), v rámci měst můžeme zezeň dělit na čtyři základní skupiny dle jejich použití, a to na parkovou zezeň, uliční stromořadí, zezeň v zahradách a zezeň jako součást budov (střechy, fasády aj.). Průměrný účinek vegetace na okolní klima se ve městě pohybuje od 1– 4,7 °C. Míra efektivity zeleně pozitivně ovlivňovat své okolí silně závisí na množství vody, které rostliny mají k dispozici (Schmidt, 2006).

Největší pozitivní efekt na městské klima a případné snížení stresu z tepla mají parky, někdy označované jako městské lesy. Jejich rozloha přitom nemusí být nutně nijak velká. Z výsledků výzkumu Shashua-Bara a Hoffmana (2000) můžeme vidět, že už jen 0,15 ha velký park má průměrný chladivý efekt během dne 1,5 °C. V poledne tento chladivý efekt dosáhl dokonce hodnot kolem 3 °C. Z výsledků studií švédských vědců lze pozorovat, že byl během léta v parku o výměře 159 ha naměřen rozdíl 5,9 °C (Upmanis a kol., 1998). Tento efekt se v rámci městského klimatu nazývá PCI (Park Cool Island), což je v rámci UHI (Urban Heat Island) pozitivně vnímaný jev.

3.1.2. Vodní prvky

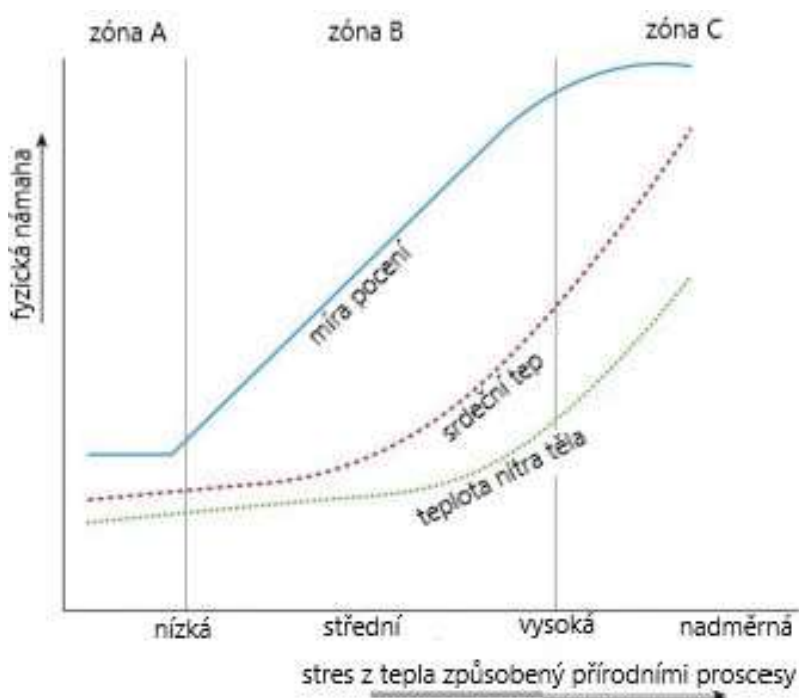
Pozitivní vliv vody spočívá zejména v její schopnosti absorbovat teplo a také jejím výparu. Chladivý účinek vody se udává v rozmezí 1–3 °C. Stejně jako u vegetace i zde platí, že čím větší je vodní plocha, tím větší má pozitivní chladičí efekt. Účinnost se také umocňuje prouděním vody např. v řekách nebo také prouděním vzduchu jako rozptýlené menší částice typicky z rozprašovačů nebo fontán. Ze studie z Japonska od Nishimury a kol. (1998) zjišťujeme, že na závětrné straně fontány je chladičí efekt až 3 °C.

3.1.3. Materiály

Kvůli povaze materiálů používaných v městských oblastech např. na chodníky, cesty a jiné, je snížená míra vypařování. Často používané nepropustné materiály jako je asfalt či kámen snižují schopnosti chladit okolí a zmíněné schopnosti vypařování, naopak mají schopnost akumulovat tepelnou energii a tu následně vyzařovat do okolí. Důležitou vlastností materiálů je také jejich albedo. Dle studie Wonga Nyuka (2007) může rozdíl mezi světlými a tmavými materiály dosáhnout rozdílu 8 až 10 °C.

3.2. Stres z tepla a tepelný komfort

Stres z tepla je běžný termín, který je používán při zkoumání vlivů tepla na zdraví. Stres z tepla je z pohledu vlivu na lidské zdraví velice negativní. Tělo reagující na nadměrné tepelné zatížení vykazuje aktivitu, jenž tělo zatěžuje (viz Obr. 2). Teplotní zátěž v podobě zvyšující se teploty kůže a rychlosti pocení však bude předcházet nárůstu příznaků stresu z tepla. WHO (1969) To může být zejména u dětí rizikové, protože může dojít k přehřátí metabolismu, úpalu a jiným újmám na zdraví během pobytu v tepelně nekomfortním prostředí. Tělo začne reagovat prudce až ve chvíli, kdy bývá za hranou zdravé míry McGregor (2012). Zejména děti tento fakt např. na dětských hřištích upozadují a v kombinaci s nadměru rozpálenými herními prvky se riziko zdravotního ohrožení stupňuje (McMichael a kol., 1996). Se zvyšujícím se tepelným zatížením organismu se narušuje jeho termoregulační mechanismus. Tělo pak přijímá nebo vytváří mnohem více tepla, než odvádí z těla ven, a důsledkem toho je zvyšující se teplota nitra těla, a ne už pouze kůže. To celé zvyšuje celkové nepohodlí a způsobuje zdravotní potíže a v některých případech i smrt. V rámci výzkumů a možného předcházení dopadů těchto vlivů na člověka byly vytvořeny indexy, které hodnotí tepelný komfort a související stres z tepla (Havenith a Fiala, 2016).



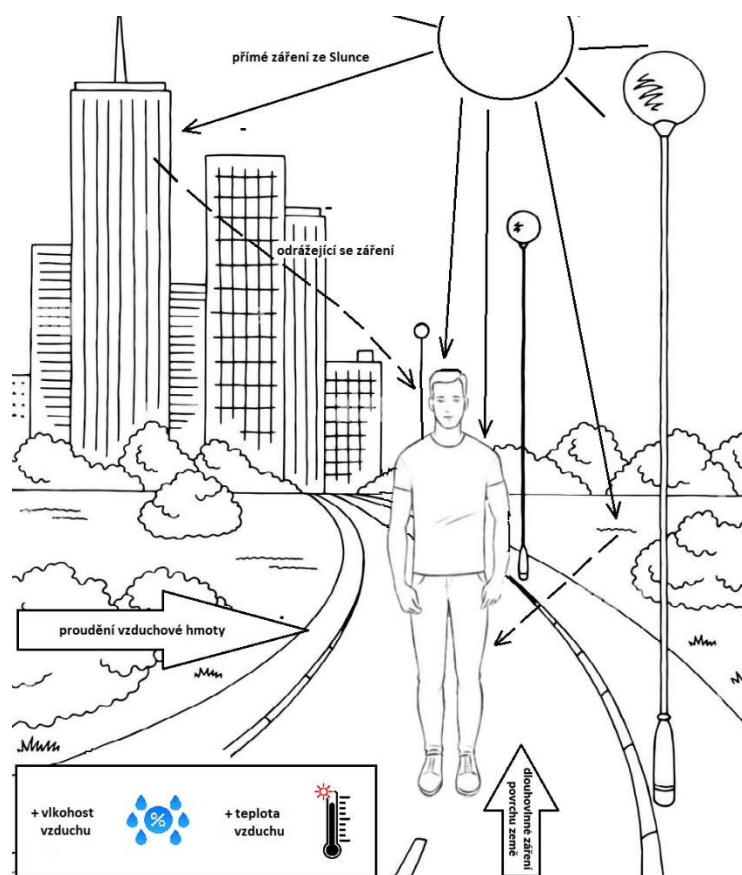
Obr. 2 Diagram tepelné zátěže související s tepelnou zátěží působením fyzické aktivity (vertikální osa) a přírodními podmínkami (horizontální osa) - Zóna A: téměř žádné tepelné namáhání, Zóna B: zvyšující se zátěž produkující teplo ve smyslu tvorby potu, Zóna C: zvyšující se tepelný stres se ztrátami potu blížíícími se meznímu stavu. (zdroj: WHO 1969, upraveno autorem)

3.2.1. Složky ovlivňující tepelnou expozici

Hlavní složky, které ovlivňují vnější tepelné zisky aktivních povrchů (v případě člověka se jedná o kůži), jsou zejména teplota vzduchu, radiační teplota, rychlost větru a vlhkost vzduchu. Jinými slovy nemůžeme zjednodušeně říci, že je-li člověk v městské oblasti, tak je automaticky v teplotně nekomfortním prostředí. Je vždy nutné vzít v úvahu jeho aktuální polohu a expozici vůči několika faktorům.

Teplota vzduchu je důležitá, protože odráží úroveň tepla ve vzduchu vyplývající z citelného přenosu tepla, což je takové teplo, které je ovlivněno např. okolními aktivními povrchy.

Jak ve svém článku uvádí Davis a kol. (2016) vlhkost v rámci stresu z tepla má dvojí roli. Za prvé, nízké úrovně atmosférické vlhkosti mohou usnadnit vysoké ztráty odpařováním z povrchu kůže, což usnadňuje ochlazování těla. Nekontrolovaná míra pocení však může vést k životu ohrožující dehydrataci a zastavení pocení, což může také zvýšit příznaky stresu z tepla. Zároveň ještě mohou vysoké hodnoty vlhkosti vzduchu bránit rychlosti odpařování, čímž se proces pocení stává zcela neúčinným a opět dochází k růstu příznaků stresu z tepla.



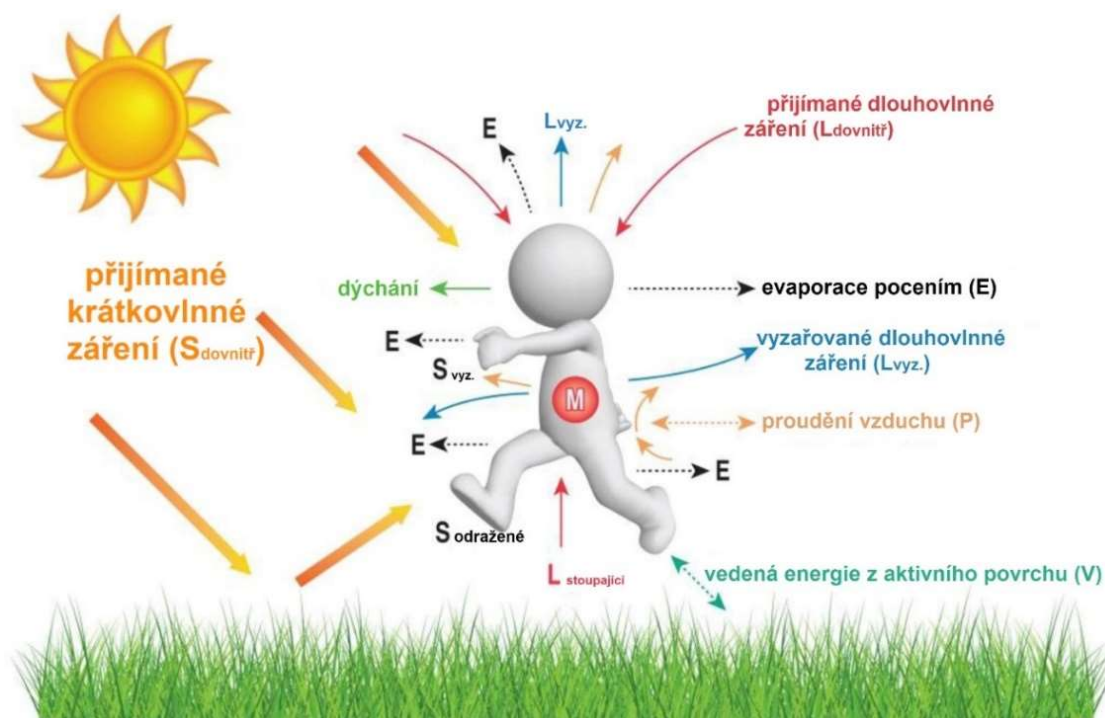
Obr. 3 Schéma tepelné expozice člověka

3.2.2. Vliv na lidské tělo

Z pohledu zdraví je také dobré říci, že malé děti, starší nebo nemocní lidé mohou mít sníženou funkci pocení či si nejsou plně schopni uvědomovat, zda je jejich míra pocení v normálu či ne, a též (zejména u malých dětí či postižených osob) nereagují na pocit žízně. Z těchto důvodů vyžadují zvýšené sledování během výrazně horkých dní (Kenney a kol., 2014). Proudění vzduchu (vítr) plní v rámci tepelného komfortu funkci větrání a jeho úlohou je pomáhat odvádět přebytečné teplo z těla. K tomuto typu tepelných ztrát dochází, když je teplota vzduchu nižší, než je teplota pokožky (která se v normálu pohybuje okolo 36 °C).

Stres z tepla negativně ovlivňuje nejen lidské zdraví, ale celkově fungování města, fungování lidí v něm a využívání různých veřejných prostranství všemi občany (Cohen a kol., 2013). V neposlední řadě trpí stresem z tepla také životní prostředí. Kromě lidského zdraví, fungování a rozvoje města jsou stresem z tepla ovlivněny např. i rostliny, což může snižovat jejich efektivitu v rámci snižování negativních dopadů stresu z tepla (Kotak a kol., 2007).

VENKOVNÍ TEPELNÁ VÝMĚNA



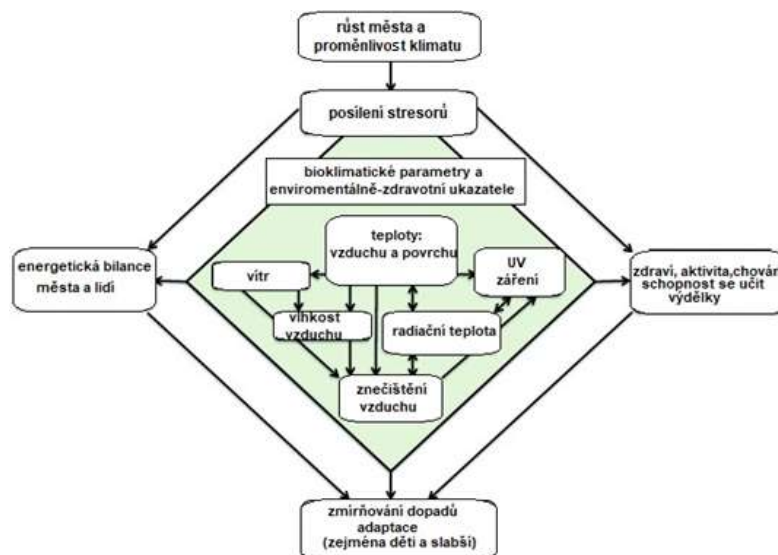
Obr. 4 Výměna tepla mezi prostředím a lidským tělem ve venkovním prostředí. Metabolické teplo (M), Přijímané teplo: záření krátkovlnné ($S_{\text{dovnitř}}$ a $S_{\text{odražené}}$), záření dlouhovlnné ($L_{\text{dovnitř}}$ a $L_{\text{stoupající}}$). Ztrácející se teplo: vedením (V), pocením (E), vyzařovaným dlouhovlnným zářením ($L_{\text{vyz.}}$) a dýcháním. (zdroj: National Program for Playground Safety 2020, upraveno autorem)

Špatné teplotní podmínky, které dokáží škodit lidskému zdraví, nejsou vázány pouze na venkovní prostředí, nýbrž je nutné si uvědomovat, že se jedná o obecnou problematiku zdravotního rizika prostředí, kde lidé tráví svůj čas. Z toho nám vyplývá, že se můžeme bavit jak o venkovním prostředí, tak o prostředí vnitřku budov (McGregor et al., 2015). Pro vnitřní prostředí budov jsou rozhodující zejména teplota, tepelné záření a vlhkost vzduchu. V otevřeném venkovním prostředí je ale nutné brát v potaz i mnohé další meteorologické faktory jako je třeba vítr nebo přímé sluneční záření. Působení vysoké teploty v kombinaci s např. bezvětřím a slunečním zářením vytváří na člověka určitou tepelnou zátěž, kterou se snižuje pro člověka tepelný komfort a vzniká tím stres z tepla. Ten může mít silné negativní projevy na člověka zejména proto, že lidské tělo by mohlo přestat být schopno udržovat svou přirozenou teplotu a hrozí např. přehřátí lidského organismu (McGregor a Vanos, 2018).

3.3. Dětská hřiště ve městech z pohledu tepelného komfortu

Dětská hřiště v rámci výzkumu jejich mikroklimatu nabírají na důležitosti nikterak nějakou významnou odlišností z pohledu městského klimatu, nýbrž kvůli primárnímu spektru obyvatel, kteří je využívají. Touto skupinou jsou zejména děti, tedy jedna z nezanedbatelných skupin osob ohrožených negativními dopady městského klimatu. Zaměřit tedy výzkumné činnosti v rámci výzkumu městského klimatu na dětská hřiště je nesporně důležitým krokem k ochraně zdraví obyvatel měst. Zaměřit se je přitom nutné na několik případných problémů, které mohou nějakým způsobem ovlivňovat prostředí hřišť i jejich blízkého okolí. Mezi nejvýznamnější faktory patří použité aktivní povrchy na hřištích a sportovištích. Vzhledem k faktu, že děti většinou na těchto vyvíjejí i určitou fyzickou aktivitu (běhají, šplhají, skáčou apod.), se u nich stres z tepla umocňuje, je-li prostředí daného hřiště špatné z pohledu tepelného komfortu. Kromě otázky použití jednotlivých druhů povrchů na samotné zemi (podkladu) hřišť je také důležité zaměřit pozornost výzkumníků na použité materiály herních prvků hřišť, míru zastínění celkové plochy, začlenění prvků zmírňujících negativní vlivy tepla na uživatele hřišť aj. Pobyt a aktivity v nepřiměřeně horkém prostředí mohou vést k zdravotní újmě a negativnímu vlivu na jedince.

Použitý povrchový materiál je jedním z faktorů nejvíce ovlivňujícím mikroklima. Rozdíl vlivů rozdílných povrchů na člověka si jistě vyžaduje ještě podrobnější výzkumy. Dle Zhixina (2021) a jeho studie zkoumající rozdíl vlivů umělé trávy a té přírodní na dětské zdraví se ukázalo, že děti trpí stresem z tepla až o 24 % více na umělém povrchu než na povrchu přírodního charakteru. Děti byly identifikovány jako zranitelná skupina z pohledu stresu z tepla kvůli svým fyziologickým a psychologickým vlastnostem (Gilchrist, Haileyesus, Murphy, Collins, & McIlvain, 2010). Z fyziologického pohledu mají totiž děti mnohem vyšší poměr plochy povrchu těla k jejich hmotnosti (Cheng, 2020). Těž mají vyšší rychlost metabolismu (Fabbri, 2013), zvyšuje se rychleji jejich teplota kůže při pobytu v horkém prostředí a při fyzické aktivitě (Cheng, 2020), tím i dochází k rychlejšímu nárůstu teploty nitra těla (Vanos, Herdt & Lochbaum, 2017) a též mají nižší produkci potu (Gomes, Carneiro-Júnior, & Marins, 2013).



Obr. 5 Konceptní diagram interagujících faktorů souvisejících s environmentálními stresory u dětí, které synergicky působí na děti v různé míře a ovlivňují energetický rozpočet dítěte, chování, úroveň aktivity, procesy učení (např. kognitivní vývoj) a celkové zdraví. Šipky znázorňují jednosměrné nebo obousměrné interakce proměnných v rámci městského mikroklimatu. (zdroj: Helldén a kol. 2021, upraveno autorem)

3.4. Psychologické faktory tepelného komfortu

To, jak člověk vnímá svůj tepelný komfort je dosti individuální. Ne vždy se totiž potvrdilo, že naměřená data korespondují s míněním obyvatel vystavených danému horkému prostředí. Kromě změřitelných hodnot a faktorů mentální vnímání tepelného komfortu člověka ovlivňují totiž i jiné aspekty (Lehnert a kol., 2021, Chen a kol., 2012). Jak Lehnert a kol., (2021) uvádí, tak i většině dosavadních studií o tepelném komfortu v městském klimatu chybí určitá komplexnost při hodnocení této problematiky, protože je opomíjena právě stránka smyslového vnímání lidí. Absence takových změn, které by uspokojovaly v problematice tepelného komfortu i psychofyzilogické stránky vnímání horka, je kvůli tomu pravděpodobnější. Navrhovaná opatření by tedy neměla opomíjet i tuto stránku problematiky. Zohlednění těchto psychologických faktorů může přinést velice cenné poznatky v rámci výzkumu. Cennost těchto dat je ještě více umocněna, když dotazovaní lidé mají místní znalost a ve zkoumaném prostoru se pohybují opakovaně či v různých časových obdobích. Proměnlivost vnímání stresu z tepla je v tomto případě mnohem více individuální, a především více proměnlivá než jiné měřené faktory. Je totiž nutné přihlédnout k mnohým proměnným, jako je stavba těla dotazovaných, nálada, oblečení, subjektivní vnímání, zdravotní stav aj. Ve své studii Lehnert a kol. (2021) uvádí, že zejména momentální vnímání je velice silně ovlivněno vedlejšími faktory, jako mohou být blízkost zeleně či vodního prvku. To je ovšem velice zajímavé zjištění už jen toho důvodu, že v městském klimatu např. trávníky nevykazují o tolik rozdílné bioklimatické podmínky oproti nepropustným povrchům zbytku města. Přesto se tato místa ve vnímání lidí jeví jako příjemnější.



Obr. 6 Vodní prvek v kombinaci s travnatým povrchem v Brně, autor: René Jirmus 15. 8. 2021

3.5. Adaptace statutárního města Olomouce na změnu klimatu

Města mají svou povahou zásadní význam v boji s globální změnou klimatu a v provádění strategií udržitelného rozvoje. Městská sídla jsou domovem více než poloviny světové populace a jsou zodpovědná za tři čtvrtiny celosvětové spotřeby energie a emisí skleníkových plynů. Zároveň jsou to však právě města, která zpravidla patří k těm finančně lépe postaveným oblastem v rámci daných regionů. To jim dává určitý vyšší potenciál v boji proti změnám klimatu, která jsou ve městech citelné. Urgenci řešení klimatických změn ve městech pak už jen podtrhuje již zmíněná soustředěnost velkého množství obyvatel (Gouldson et al., 2016).

Město Olomouc je podobně jako ostatní města České republiky, ale také světa, ovlivňováno globální změnou klimatu. Tím, že v městském klimatu se tato změna projevuje v určitých směrech intenzivněji, se města obecně musí na případné změny a adaptaci na ně připravit s dostatečným předstihem. Kroky vedoucí k správné adaptaci jsou ovlivněny řadou výzkumů městského klimatu a jeho změn. V případě Olomouce můžeme zmínit např. studie (Vysoudil, 2009; Vysoudil, 2012; Jurek a Vysoudil, 2005; Lehnert a kol., 2015; Geletič a kol., 2016; Lehnert a kol., 2018; Pour & Voženílek, 2020; Pour a kol., 2019 nebo Boori a kol., 2015). Tyto studie následně napomáhají efektivnějšímu rozhodování příslušných orgánů ve věcech návrhů úprav a rozvoje území města z pohledu udržitelného rozvoje a zmíněné adaptace na klimatickou změnu.

V rámci svého strategického plánu má město Olomouc zahrnuto kroky vedoucí k udržitelnosti v pilíři číslo 3. „Udržitelná Olomouc“

- *Chceme zlepšit kvalitu veřejných prostranství včetně zeleně a chránit historické dědictví.*
 - *Chceme rozvíjet a zkvalitňovat veřejná prostranství a zvýšit podíl vzrostlé zeleně ve městě.*
 - *Budeme upřednostňovat rozvoj města v rámci zastavěného území, zaměříme se na nevyužívané plochy a objekty, proluky a brownfieldy. Nastavíme koncepční přístup při rozvoji a zkvalitňování veřejných prostranství.*
- *Chceme zlepšit kvalitu ovzduší.*
 - *Budeme nadále pokračovat v aktivitách vedoucích ke snižování znečišťování ovzduší ve měst.*
 - *Zaměříme se na monitoring kvality ovzduší, informační kampaň a zpracování studií původců znečištění ovzduší směřujících k identifikaci znečišťovatelů.*

Zdroj: Magistrát města Olomouce

Jak můžeme vidět výše, tak zmíněné plánované kroky ve strategickém plánu města nejsou ještě zcela mířeny přímo na omezení vlivů klimatické změny a jejich adaptaci. Řešením této problematiky by měla tzv. Adaptační strategie města Olomouce, která je v současné době zpracovávána firmou Ekotoxa, která již v minulosti vypracovala adaptační strategii např. ve statutárním městě Ostrava. Součástí této plánované adaptační strategie má být např. řešení otázky osvěty o klimatické změně a jejích dopadech, návrhy na udržitelnější dopravu ve městě, řešení energetické otázky, projektů SmartCity aj. Celková částka za vypracování by měla být 1,4 milionu korun, z čehož 9/10 pokryjí dotace EU a Norské fondy (Statutární město Olomouc, 2021).

3.5.1. Sociální a environmentální politika města

Statutární město Olomouc se snaží jít kupředu ve smyslu zlepšování podmínek ve městě nejen environmentálních, ale také sociálních, a to skrze místní Agendu 21. Místní Agenda 21 je zaváděna v rámci projektu „*Olomouc plánuje budoucnost*“. U tohoto projektu bylo městem uděláno šetření spokojenosti občanů, na jehož výsledcích se město snaží postupovat. Výsledky průzkumu vyšly pro město veskrze pozitivně a dle vyjádření respondentů by se město mělo zaměřit spíše na problémy spojené s infrastrukturou a sociální problémy, než problémy spojené s environmentálními otázkami. Jako velice pozitivní stránky města považují respondenti např. zeleň a parky ve městě či kulturní vyžití (olomouc.eu).

Město Olomouc se v roce 2020 také rozhodlo vytvořit pro podporu rodin s dětmi platformu „*Olomouc, město pro rodinu*“. Ta plyne z jednoho ze současných pilířů rozvoje města Olomouce a klade si za cíl podporovat mladé páry v zakládání rodin, ale také podporovat veřejný prostor ve směru prorodinném, nebo třeba podporu slučitelnosti zaměstnání a rodinného života. I takovéto projekty mohou napomáhat zvyšování podílu dětí na obyvatelstvu města. Jak už bylo zmíněno, tak jednou z částí projektu je i sekce „*Městský prostor přátelský rodinám*“, jehož součástí je i úprava sportovišť, parků a také dětských hřišť. Jak ostatně řekl pro Olomoucké listy sám primátor Žbánek:

„Obnově a výstavbě dětských hřišť a sportovišť se věnujeme systematicky už mnoho let. Požadavky na budování nových a obnovu vybavení stávajících hřišť evidují správci dětských hřišť a požadavky veřejnosti shromažďují příslušné komise městských částí. Po kontrolách provedených v posledních dvou letech teď chystáme hlavně obnovu těch hřišť, které už nejsou v úplně dobrém stavu. Vedle toho samozřejmě projektujeme a sbíráme záměry na další nová hřiště. O nich pak rozhodnou komise městských částí a my je zařadíme do investičního plánu.“
(Olomoucké listy, 8. vydání, 2021, s.31)

Veškeré zmíněné plány a projekty i jejich plnění může veřejnost sledovat na stránkách statutárního města Olomouce. Zde je vše sjednoceno pod jeden velký projekt s názvem „*Měníme Olomouc*“. V rámci tohoto programu je řešena i problematika dětských hřišť. Nikoliv však z pohledu jejich vhodnosti k pobytu během tropických dnů, ale spíše z pohledu technického stavu apod. Revize hřišť probíhá jednou ročně, avšak opět jen v rámci technického stavu hřišť. Jejich stav i vybavení je pro veřejnost online dostupná na stránkách města na doméně prorodinu.olomouc.eu.

#menimeolomouc

Obr. 7 Logo projektu Měníme Olomouc, zdroj: menime.olomouc.eu

4. Účelová charakteristika zkoumaného území

Výzkum popisovaný v této diplomové práci byl prováděn na území města Olomouce. Olomouc je krajským městem Olomouckého kraje a je centrem kulturně-historického území Haná. Jeho význam je v rámci regionu zcela zásadní (Halás a kol., 2012). Poloha města je již od jeho vzniku vázána na vyvýšeninu nad řekou Moravou tvořenou zejména z drobů a slepenců. Zmíněná řeka Morava je jedním z hlavních činitelů, která nejenže ovlivňovala vývoj města, ale především je ovlivňuje dodnes. Řeka Morava v průběhu doby modelovala blízké i širší okolí města. Nyní se území Olomouce nachází v Hornomoravském úvalu na nivách právě řeky Moravy, která městem protéká

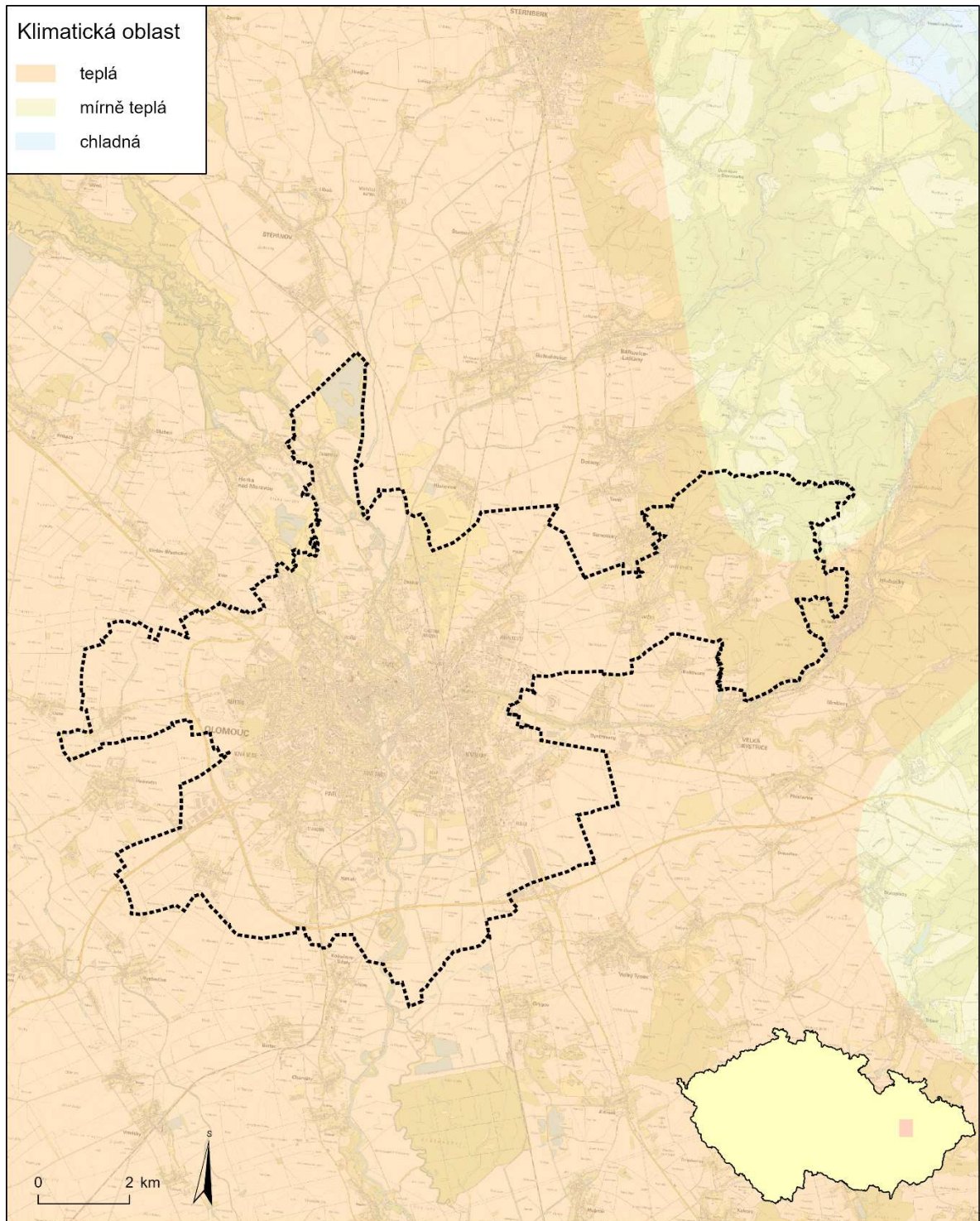
Město Olomouc se svou rozlohou 10 336 ha a 100 696 obyvateli k 31. 12. 2020 šestým největším městem České republiky (ČSÚ, 2020). V rámci Olomouckého kraje i okresu je městem největším jak plochou, tak i počtem obyvatel. Olomouc je statutárním městem, které je děleno do 26 samosprávných částí, které spadají pod Magistrát města Olomouce.

4.1. Klimatická charakteristika

V rámci klimatických oblastí se zkoumané oblasti nacházejí v teplé klimatické oblasti (T2). Dá se tedy říci, že území Olomouce je typické dlouhými a teplými léty, a naopak mírnější zimou. Z pohledu úhrnu srážek se na území města hodnoty pohybují v rozmezí 500 a 550 mm. Nejvíce srážek je zpravidla během letních měsíců, a naopak nejmenší úhrny bývají během měsíců zimních (Quitt, 1971). Průměrná teplota za rok 2021 je v Olomouci 9,6 °C. (Tauberová, 2022)

Z pohledu ročního chodu teplot vykazuje území Olomouce jedno letní maximum a dle očekávání též jedno zimní minimum. Nejteplejším měsícem je s průměrnou teplotou 19,1 °C červenec. Naproti to mu tím nejchladnějším měsícem je s průměrnou teplotou -2,2 °C leden (Vysoudil, 2012). Jak uvádí Vysoudil (2012), v Olomouci se hodnoty vlhkosti vzduchu v průměru roku pohybují okolo 79,6 %. Denní chod vlhkosti vzduchu je silně závislý na oblačnosti. Nejvyšší hodnoty vlhkosti vzduchu bývají zaznamenávány okolo 4. hodiny ráno, a to v průměru ve výši 90 %. Zatímco nejnižší hodnoty jsou zaznamenávány okolo 14. až 15. hodiny, a to zejména za slunečného počasí. V takovém případě se hodnoty průměrného minima pohybují okolo 45 %. Olomoucké hodnoty průměrné rychlosti větru se v období 1961 až 2010 pohybovaly okolo 2,1 m.s⁻¹. Bezvětří činilo až 23,6 % převládajícího proudění větru. Podíl bezvětří však v průběhu let výrazně kolísá (Vysoudil, 2012). Nejvyšší průměrné hodnoty slunečního svitu v rozmezí 137 až 359,9 hod. vykazuje měsíc červenec, který je následován měsícem srpem s průměrem 225,8 hod. První letní měsíc červen má průměrnou hodnotu záření 221 hod (Vysoudil, 2012).

Dle Vysoudila (2012) a výsledků jeho měření můžeme také říci, že pro území Olomouce jsou typické výskyty horkých vln. Jakožto jeden z nebezpečných meteorologických jevů je nutné na jejich pravidelný výskyt adekvátně reagovat. V případě úpravy veřejného prostoru a jeho modifikaci ve smyslu zlepšení míru tepelného komfortu je prostor pro možné kroky značný.



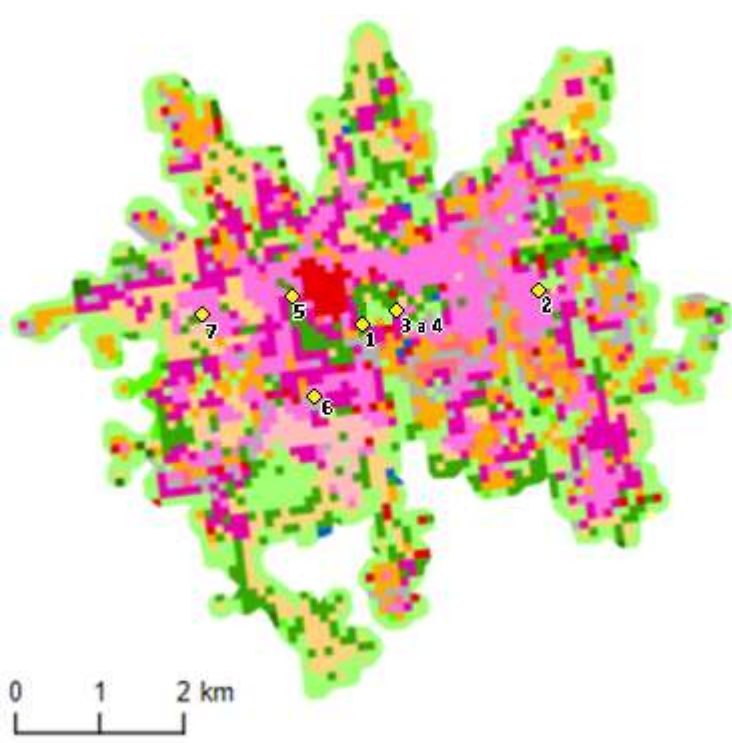
Obr. 8 Klimatické oblasti Olomouce a okolí, zdroj: VÚKOZ

4.2. Klimatické zóny (LCZ)

Třídy LCZ byly vytvořeny pro prostředí měst střední Evropy tak, aby charakterizovaly typické teplotní podmínky daného místa v rámci města. Největší rozdíly mezi jednotlivými třídami nastávají během horkých letních dnů. V průběhu roku se pak teplotní hodnoty tříd liší. Hodnoty nejvyšší pro povrchy i vzduch vykazují během léta třídy LCZ 2, LCZ 3, LCZ 5, LCZ 8 a také LCZ 10. Možná proměnlivost charakteristických hodnot pro dané třídy se může v návaznosti na rozdílné podmínky jednotlivých měst měnit (cirkulace vzduchu, druh zástavby aj.) (Lehnert, M., & Geletič, J., 2017). Vybraná dětská hřiště podrobená měření v této práci se nacházely v následujících místních klimatických zónách (Tab. 3). Nutno však dodat, že se často hřiště nacházela blízko rozhraní tříd, a tudíž je u hřišť významný vliv okolí.

Tab. 3 Třídy LCZ na vybraných dětských hřištích a mapa LCZ Olomouce

lokality	ID	třída LCZ
hřiště Michalské stromořadí	1	LCZ B (rozptýlené stromy)
hřiště ulice Purkyňova	2	LCZ 5 (středně vysoká rozvolněná zástavba)
hřiště Rozárium	3	LCZ D (nízká vegetace)
hřiště Rozárium	4	LCZ D (nízká vegetace)
hřiště Čechovy sady	5	LCZ A (hustě osázené stromy)
hřiště ul. Mišákova	6	LCZ 5 (středně vysoká rozvolněná zástavba)
hřiště v parku Malého prince	7	LCZ B (rozptýlené stromy)



Zdroj: Lehnert, M., a Geletič, J. 2017, upraveno autorem

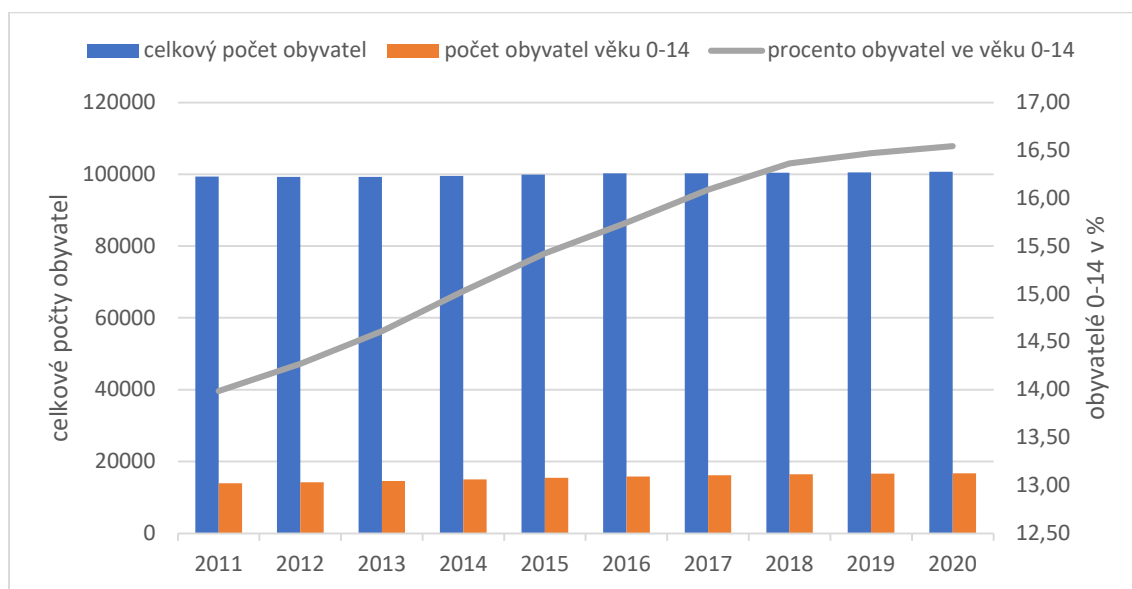
4.3. Vývoj počtu obyvatel

Počet obyvatel města Olomouce od roku 2013 narůstá. Tempo růstu počtu obyvatel je sice pozvolné, avšak vzhledem k nové výstavbě bytů a domů na území města se počítá se stále pokračujícím stoupajícím trendem počtu obyvatel. Z přiložené tabulky (Tab. 4) i grafu (Obr. 9) je zároveň zřejmé, že v Olomouci stoupá podíl obyvatel ve věku 0 až 14 let. Tento fakt je sám o sobě určující v případné diskusi o důležitosti výzkumu tepelného komfortu a mikroklimatu města nejen obecně, ale též v případě dětských hřišť. Nejmladší část obyvatelstva ve věku do 14 je z pohledu tepelného diskomfortu a celkově hrozbami plynoucích z přehřívání města ohrožena podobnou mírou jako senioři. Dětská hřiště jsou místem, kde jsou tyto obyvatelé přímo vystaveni prostředí daného místa (hřiště).

Tab. 4 Vývoj počtu obyvatel Olomouce mezi lety 2011 – 2020

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
obyv. celkem	99 407	99 325	99 272	99 555	99 884	100 265	100 271	100 408	100 576	100 696
obyv. do 14 let	13 903	14 174	14 504	14 962	15 406	15 787	16 133	16 432	16 566	16 662
obyv. do 14 let v %	13,99	14,27	14,61	15,03	15,42	15,75	16,09	16,37	16,47	16,55

Zdroj: ČSÚ 2021, upraveno autorem



Obr. 9 Vývoj počtu obyvatel Olomouce mezi lety 2011 – 2020 (zdroj: ČSÚ 2021, upraveno autorem)

5. Metody

Výzkum tepelného komfortu vybraných dětských hřišť probíhal dle obvyklých postupů použitých např. Lehnertem a kol. (2021), které spočívali v měření potřebných meteorologických prvků pomocí semistacionárních meteorologických stanic upravených tak, aby byly získány všechny potřebné hodnoty pro výpočet tepelné expozice a stanovení indexu UTCI (Universal Thermal Climate Index). Dále byly průběžně v pravidelných intervalech zaznamenávány povrchové teploty vybraných ploch daných hřišť, které doplňují komplexnost vyhodnocení možného stresu z tepla na zkoumaných hřištích.

5.1. Zkoumané lokality a termíny výzkumu

Terénní výzkum tepelného komfortu dětských hřišť v Olomouci probíhal v letních měsících roku 2021 na vybraných hřištích v Olomouci. V součtu proběhlo sedm měření během sedmi jednotlivých dnů. Všechny vybrané dny byly vybrány s ohledem na předpokládanou maximální denní teplotu vzduchu pohybující se na 25,0 °C. Vybraná dětská hřiště byla vybrána účelově pro potřeby výzkumu, a to zejména na základě jejich rozdílnosti z pohledu použitých povrchů a také případných pozitivních prvků ve smyslu zlepšení tepelného komfortu jako jsou stínící prvky, vodní prvky aj. Celkem bylo zvoleno šest lokalit s předpokladem rozdílné tepelné expozice a předpokládaného rozdílného tepelného komfortu vzhledem s přihlédnutím k použitým materiálům povrchů a použitých komfort zlepšujících prvků. Těmito lokalitami jsou: dětské hřiště Michalské stromořadí (*Obr. 10 a*), dětské hřiště v ulici Purkyňova u fotbalového stadionu (*Obr. 10 b*), dětské hřiště u vodní plochy v Rozáriu (*Obr. 10 c*), dětské hřiště v Čechových sadech (*Obr. 10 d*), dětské hřiště v ulici Mišákova (*Obr. 10 e*) a dětské hřiště v parku Malého prince (*Obr. 10 f*). Po vzoru podobných studií místních i nadregionálních (např. Lehnert a kol., 2021) byl interval jednotlivých měření stanoven vždy mezi 9:00 až 18:00 s jedinou výjimkou, a tou bylo poslední měření z 9. 9. 2021, kdy bylo měření ukončeno již v 17:00 z důvodu brzkého západu slunce. Lokalita dětského hřiště v Rozáriu se opakuje ve dvou případech z důvodu více zkoumaných prvků a omezeného množství měřících stanic. Žádný z měřených dnů nemuselo být měření přerušeno a veškerý chod nebyl ničím narušen. Souhrn jednotlivých měření můžeme vidět v následující *tabulce č. 5*.

Tab. 5 Přehled dnů a lokalit provedeného výzkumu tepelného komfortu dětských hřišť v Olomouci během léta 2021

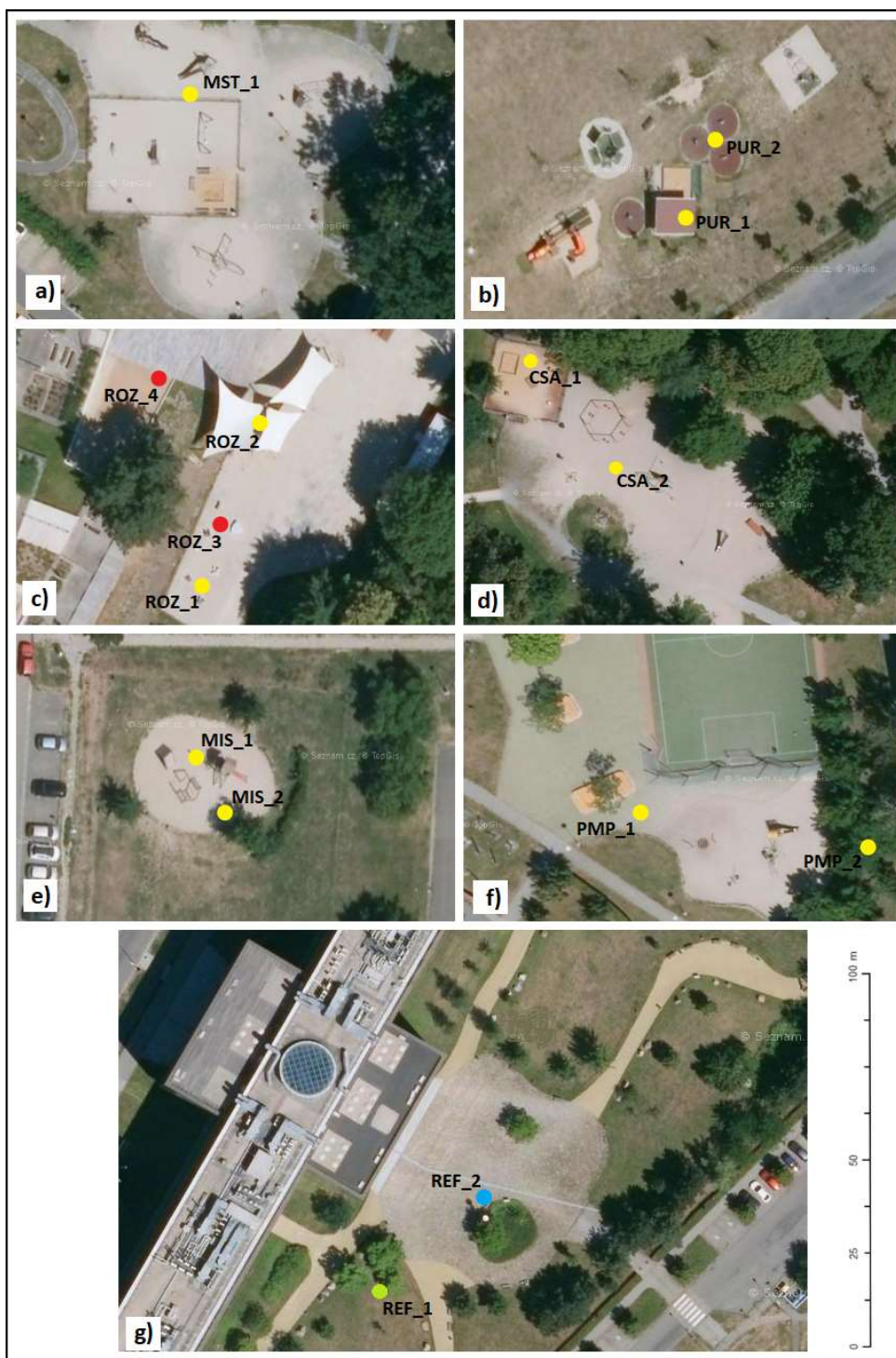
datum	začátek měření	konec měření	lokalita
17. 6. 2021	10:00	18:00	hřiště Michalské stromořadí
19. 6. 2021	10:00	18:00	hřiště ulice Purkyňova (u stad.)
7. 7. 2021	10:00	18:00	hřiště Rozárium
8. 7. 2021	10:00	18:00	hřiště Rozárium
24. 7. 2021	10:00	18:00	hřiště Čechovy sady
12. 8. 2021	10:00	18:00	hřiště ul. Mišákova
9. 9. 2021	10:00	17:00	hřiště v parku Malého prince

V průběhu každého měření na jednotlivých lokalitách v rámci města Olomouce probíhalo souběžné referenční měření meteorologických prvků na stanici umístěné vždy na nádvoří Přírodovědecké fakulty v ulici 17. listopadu (REF_1 a REF_2). Stanice byla umístěna na travnaté ploše bez ovlivnění umělými vodními prvky nebo zastíněním. Ve dvou případech však byla referenční stanice umístěna na kamenném povrchu.

Tab. 6 Souhrn výzkumných lokalit v průběhu výzkumu tepelného komfortu dětských hřišť a jejich popis (běžově – referenční stanice, žlutě – zkoumání vlivu použitého povrchu, zeleně – zkoumání vlivu použitého stínícího prvku)

stanice/datum měření	poloha	popis	povrch	zastínění
MST_1 17. 6. 2021	dětské hřiště Michalské stromořadí 49.5905419N, 17.2563186E	u plotu hřiště	štěrk	ne
REF_1 17. 6. 2021	Přf, ul. 17. listopadu 49.5924978N, 17.2641064E	volné prostranství	trávník	ne
REF_2 17. 6. 2021	Přf, ul. 17. listopadu 49.5922300N, 17.2639333E	volné prostranství	kámen	ne
PUR_1 19. 6. 2021	dětské hřiště ulice Purkyňova 49.5935611N, 17.2879203E	uprostřed altánu	betonová dlažba	ano (střecha)
PUR_2 19. 6. 2021	dětské hřiště ulice Purkyňova 49.5936358N, 17.2879889E	v centru tří kruhů s herními prvky	tartan	ne
REF_1 19. 6. 2021	Přf, ul. 17. listopadu 49.5924978N, 17.2641064E	volné prostranství	tráva	ne
ROZ_1 7. 7. 2021	dětské hřiště Rozárium 49.5918781N, 17.2616186E	mezi herními prvky	štěrk	ne
ROZ_2 7. 7. 2021	dětské hřiště Rozárium 49.5920519N, 17.2617339E	pod plachtami	štěrk	ano (plachta)
REF_1 7. 7. 2021	Přf, ul. 17. listopadu 49.5924978N, 17.2641064E	volné prostranství	tráva	ne
ROZ_3 8. 7. 2021	dětské hřiště Rozárium 49.5919450N, 17.2616547E	mezi herními prvky	štěrk	ne
ROZ_4 8. 7. 2021	dětské hřiště Rozárium 49.5921058N, 17.2615622E	ve vodní ploše	voda, dřevo, trávník	ne
REF_1 8. 7. 2021	Přf, ul. 17. listopadu 49.5924978N, 17.2641064E	volné prostranství	tráva	ne
CSA_1 24. 7. 2021	dětské hřiště Čechovy sady 49.5950761N, 17.2434722E	v centru ohrazeného hřiště	písek	ne
CSA_2 24. 7. 2021	dětské hřiště Čechovy sady 49.5948906N, 17.2437150E	volné prostranství	štěrk	ne
REF_1 24. 7. 2021	Přf, ul. 17. listopadu 49.5924978N, 17.2641064E	volné prostranství	tráva	ne
MIS_1 12. 8. 2021	dětské hřiště v ulici Mišákova 49.5823200N, 17.2518300E	volné prostranství	štěrk	ne
MIS_2 12. 8. 2021	dětské hřiště v ulici Mišákova 49.5822669N, 17.2518917E	pod stromem	štěrk	ano (strom)
REF_1 12. 8. 2021	Přf, ul. 17. listopadu 49.5924978N, 17.2641064E	volné prostranství	tráva	ne
PMP_1 9. 9. 2021	dětské hřiště v parku Malého prince 49.5918114N, 17.2302033E	volné prostranství	umělá tráva	ne
PMP_2 9. 9. 2021	dětské hřiště v parku Malého prince 49.5917772N, 17.2305681E	pod stromy	trávník	ano (strom)
REF_2 9. 9. 2021	Přf, ul. 17. listopadu 49.5922300N, 17.2639333E	volné prostranství	kámen	ne

Umístění výzkumných bodů na jednotlivých lokalitách v rámci města Olomouce si můžeme lépe prohlédnout na *Obr. 8* níže, kde jsou zakreslené přesné polohy jednotlivých stanic v průběhu každého měření. Zároveň jde v *Obr. 8* vidět umístění referenčních stanic za budovou Přírodovědecké fakulty.

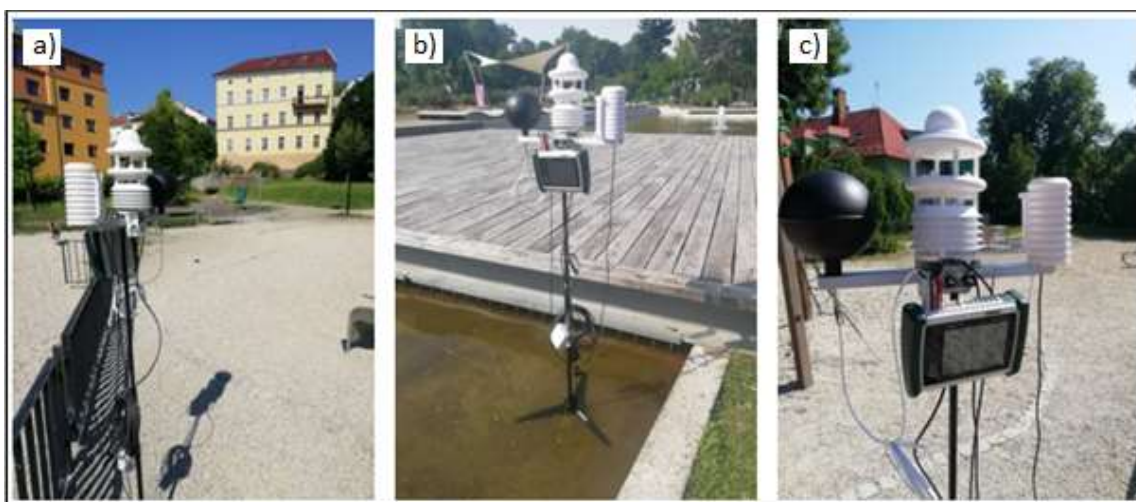


Obr. 10 Lokalizace stanic během výzkumu tepelného komfortu v daných dnech měření: a) dětské hřiště Michalské stromořadí, b) dětské hřiště v ulici Purkyňova, c) dětské hřiště v Rozáriu, d) dětské hřiště v Čechových sadech, e) dětské hřiště v ulici Mišákova, f) dětské hřiště v parku Malého prince, g) referenční plocha za Přf v ulici 17. listopadu, zdroj: Mapy.cz, upraveno autorem

5.2. Vybavení a postupy měření

K výzkumu a měření potřebných meteorologických dat byla na všech vybraných lokalitách použita trojice přenosných meteorologických stanic, které můžeme vidět na obrázku níže. Většina měřených prvků byla měřena ve výšce 1,7 m nad povrchem. V tomto případě mluvíme o teplotě vzduchu (T_a), relativní vlhkosti vzduchu (H) a teplotě kulového teploměru (T_g). Výjimkou byly měřené hodnoty rychlosti větru (V), které byly měřeny ve výšce 1,9 m nad povrchem. Všechny měřené hodnoty byly stanicemi zaznamenávány co 1 vteřinu a ve výsledném stavu pak průměrovány do pětiminutových intervalů.

Jednotlivé stanice se skládají z několika komponentů, jejichž základem je měřící set AHLBORN. Centrálním komponentem byl multifunkční meteorologický senzor FMD7-60, který je schopný zaznamenávat širokou škálu meteorologických prvků. Pro účely měření byl tento senzor důležitý zejména v případě měření teploty vzduchu, relativní vlhkosti vzduchu, směru větru a intenzity větru. Součástí stanice byl také kulový teploměr průměru 150 mm FPA805GTS a senzor FHAD46C41 v radiačním krytu (*Obr. 11*). Veškerá data zaznamenaná senzory byla ukládána do kompatibilního dataloggeru ALMENO 710. Senzory i samotný datalogger byly před každým měřením kalibrovány a předpřipraveny. Naměřená data byla ve výsledné fázi stažena pomocí softwaru ALMENO Control verze 6.2.1.9.



Obr. 11 Použité stanice AHLBORN nakonfigurované pro potřeby měření tepelné expozice dětských hřišť: a) pohled na stanici zezadu (Olomouc–Michalské stromořadí, 17. 6. 2021), b) stanice v průběhu měření ve vodě (Olomouc – Rozárium, 8. 7. 2021), c) pohled zepředu na stanici během měření (Olomouc, 17. 6. 2021)

5.3. Zpracování dat

K správnému výpočtu UTCI bylo po změření potřebných meteorologických dat některá nezbytně nutná z nich upravit. Jedná se o výpočet hodnoty střední radiační teploty (T_{mrt}), jež byla upravena dle normy ISO 7726 (1998) (Tan, C. L a kol., 2013).

$$t_{mrt} = \left[(t_g + 273.15)^4 + \frac{1.1 \times 10^8 V_a^{0.6}}{\varepsilon D^{0.4}} \times (t_g - t_a) \right]^{0.25} - 273.15$$

Ve vzorci výše T_g rozumíme výslednou teplotu kulového teploměru [°C], T_a teplotu vzduchu [°C] a V_a rychlost větru [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$] (Tan, C. L a kol., 2013).

Poslední zmíněnou rychlost větru v 10 metrech na povrchem bylo též nutné dopočítat vzorcem níže (Oke T. R., 1987).

$$V_a = V_{amax} \cdot \log\left(\frac{10}{0.01}\right) / \log\left(\frac{x}{0.01}\right),$$

Z výzkumných dnů byl v práci obecně meteorologicky představen každý výzkumný den na základě dat poskytnutých Českým hydrometeorologickým ústavem (2022). Protože všechny vybrané lokality měření byly na území města Olomouce, byla pro tyto úvodní denního chodu počasí vybrána tatáž meteorologická stanice (*Obr. 12*), a to Olomouc – Holice (O2OLOM01). Český hydrometeorologický ústav pro výzkum poskytl data v desetiminutových intervalech v předem vybraných veličinách: T – teplota vzduchu (°C), H – relativní vlhkost vzduchu (%), F_{prum} – průměrná rychlost větru (m/s), D_{prum} – směr průměrné rychlosti větru, F_{max} – maximální rychlost větru (m/s), D_{max} – směr maximální rychlosti větru, SSV – úhrn slunečního svitu (0,1 hodiny).

5.3.1. Index UTCI

Index UTCI je jedním z nejkompexnějších indexů, které se dají v otázce tepelného komfortu aplikovat a využít pro srozumitelné vyjádření výsledků. Je to biometeorologický index, který hodnotí vazby mezi člověkem a jeho okolním prostředím. Dokáže kategorizovat jednotlivé stupně tepelného komfortu a obecně jak lidské tělo pociťuje své okolí, a to zejména teplotu vzduchu, vítr, vlhkost vzduchu a také záření (Jendritzky a kol., 2009). Velkou výhodou je jeho aplikovatelnost v každém klimatickém prostředí. Je vhodný i např. k vytváření předpovědí či předpovídání extrémních teplotních vln, které by mohly ohrozit obyvatelstvo. Jeho obliba, a především východy plynou právě z jeho provázanosti na člověka. Jak už však bylo v předchozích kapitolách naznačeno, vnímání tepelného komfortu je značně variabilní věc v případě každého člověka. S přihlédnutím k dispozicím jednotlivých osob ovlivněných stejným prostředím může tedy být míra tepelného komfortu značně odlišná (Jendritzky a kol., 2007).

Index UTCI se pohybuje na desetistupňové škále (viz. Tab. 7), která reflektuje intenzitu míry stresu z tepla dotčené osoby. Stres z extrémní teploty se též bere v potaz v případě minusových teplotních hodnot (Jendritzky a kol., 2009). Výpočet indexu UTCI se dá provádět buďto mechanickou cestou, přes webovou aplikaci (utci.org) či pomocí různých statistických programů jako je např. R. Pro správný výpočet indexu je nutné mít k dispozici naměřené a spočítané hodnoty: teploty vzduchu [°C], střední radiační teploty (T_{mrt}) [K], relativní vlhkosti vzduchu [%] a rychlosti proudění vzduchu [m/s] (Jendritzky a kol., 2012).

Tab. 7 Pocitové teploty na základě indexu UTCI rozdělené dle míry pociťovaného stresu člověkem

hodnota UTCI [°C]	
extrémní stres z tepla	více než 46 °C
velmi silný stres z tepla	38 °C až 46 °C
silný stres z tepla	32 °C až 38 °C
mírný stres z tepla	26 °C až 32 °C
žádný stres z tepla	9 °C až 26 °C
velmi mírný stres z chladu	0 °C až 9 °C
mírný stres z chladu	- 13 °C až 0 °C
silný stres z chladu	-27 °C až -13 °C
velmi silný stres z chladu	-40 °C až -27 °C
extrémní stres z chladu	méně než -40 °C

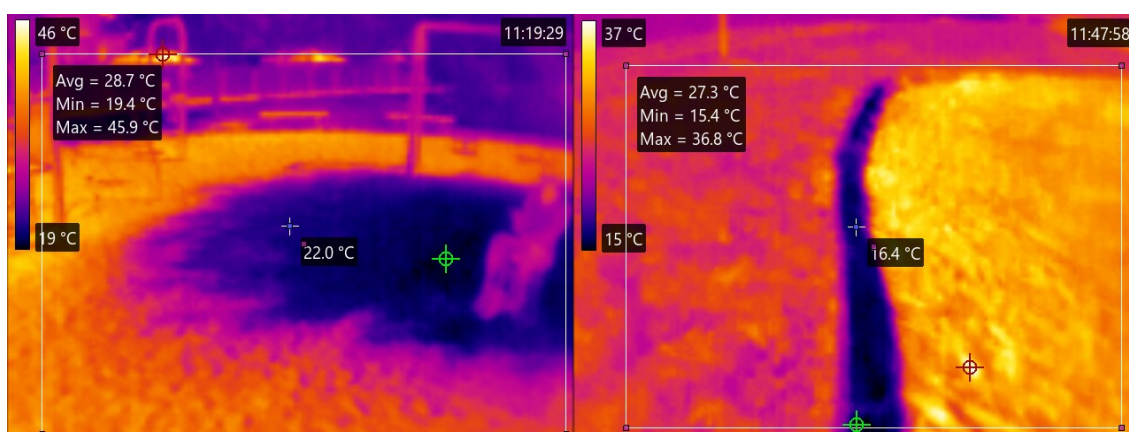
Zdroj: Jendritzky a kol. (2009), upraveno autorem



Obr. 12 Meteorologická stanice ČHMÚ Olomouc – Holice (O2OLOM01), pořízeno autorem

5.3.2. Doplnující měření povrchů a herních prvků

V průběhu jednotlivých měření meteorologických prvků zároveň probíhalo doplňující měření teploty vybraných povrchů a povrchů herních prvků na dotčených dětských hřištích. Toto doplňující měření probíhalo po celou dobu každého měření tedy od 10:00 až 18:00 (s výjimkou posledního měření, kdy se čas měření zkracoval o hodinu, jak již bylo uvedeno v předchozích kapitolách) ve dvacetiminutových intervalech. Získaná data byla následně zapisována do připraveného archu a po skončení měření digitalizována. Měření teploty aktivních povrchů probíhalo s pomocí ručního infračerveného termometru PTIA 1, který je schopen změřit teplotu povrchu v rozmezí - 50 °C až 380 °C s emisivitou pevně nastavenou na hodnotě 0,95. Ve dvou případech měření (lokalita dětské hřiště Mišákova a dětské hřiště v parku Malého prince) byla v průběhu čase měření též zhotoveny sady termálních fotek měřených povrchů vždy v čase 11:00, 14:00 a 17:00. K tomuto sloužila termovizní kamera TIMI EDU s rozsahem měření -10 °C až 140 °C.



Obr.13 Termosnímky pořízené během doplňkového měření: vlevo rozdíl zastíněné a osluněné plochy na dětském hřišti v ulici Mišákova, vpravo rozdíl teplot dvou odlišných materiálů na osluněném místě, pořízeno autorem



Obr. 14 Kamera TIMI EDU při měření na dětském hřišti v parku Malého prince, autor: Veronika Květoňová

6. Výsledky měření

6.1. Měření 16. 6. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Michalský výpad

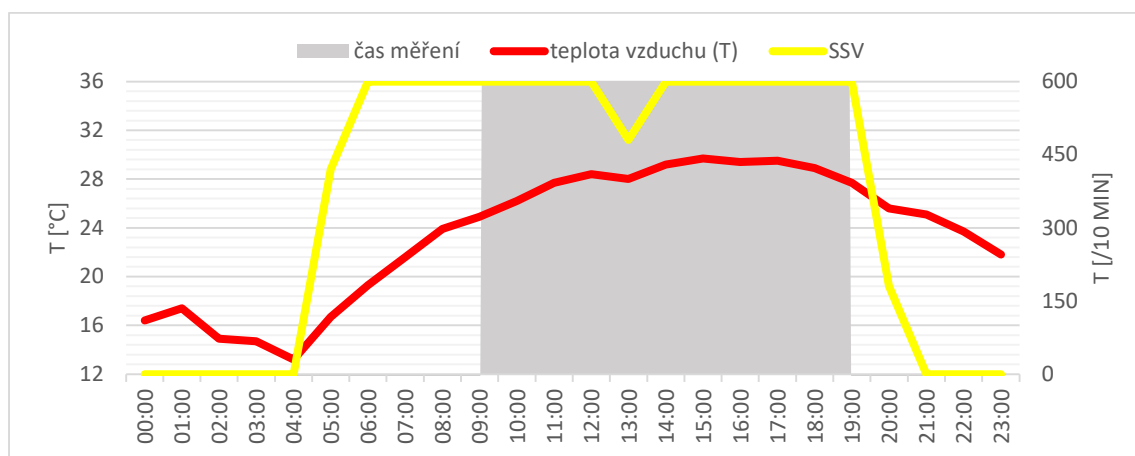
Přehled denních podmínek z dat meteorologické stanice Olomouc – Holice

Během dne 16. června 2021 byla na meteorologické stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01) naměřena maximální denní teplota vzduchu (T_{max}) v hodnotě 28,9 °C, a to v čase 15:00. Tento den byl tedy dnem letním. Průměrná teplota vzduchu během dne (T_{avg}) na téže stanici byla 23,5 °C. V průběhu měření, tedy v čase mezi 10:00 až 18:00 průměrná teplota dosahovala hodnoty 28,5 °C. Chod denní teploty vzduchu je možno pozorovat na obr. 15. Denní průměrná hodnota vlhkosti vzduchu (H_{avg}) činila 54,8 %. Během měření pak průměrná hodnota vlhkosti vzduchu dosahovala 37,3 % a vychází z rozmezí 31 až 45 % (Tab. 8). V průměru celého dne převládal jihovýchodní vítr. Vítr dosahoval rychlosti v průměru (V_{avg}) hodnoty 1,5 m·s⁻¹ a v maximum 6,4 m·s⁻¹ v 16:00. Z termínového pozorování míry zakrytí oblohy oblačností jde vyčíst, že v 7:00 hodin ráno bylo zcela jasno, zatímco odpoledne v 14:00 hodina večer ve 21:00 bylo polojasno. Tento fakt se mírně promítnul i do délky slunečního svitu během dne (Obr. 15). Vybrané hodnoty ze stanice v Holici ze dne 16. 6. 2021 jsou zahrnuty do Tab. 8.

Tab. 8 Meteorologické hodnoty ze dne 16. 06. 2021 zaznamenané na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01)

	teplota vzduchu [°C]			relativní vlhkost vzduchu [%]			rychlost větru [m.s ⁻¹]			převládající směr větru	oblačnost [desetiny]		
	T _{avg}	T _{min}	T _{max}	H _{avg}	H _{min}	H _{max}	V _{avg}	V _{min}	V _{max}		7:00	14:00	21:00
celý den (00:00 - 23:59)	23,5	16,4	29,7	54,8	31	91	1,5	0,1	6,4	SSE	0	3	7
čas výzkumu (10:00 - 18:00)	28,5	26,2	29,7	37,3	31	45	2,3	1,7	6,4	SSE		3	

Zdroj: ČHMÚ 2022, vlastní zpracování

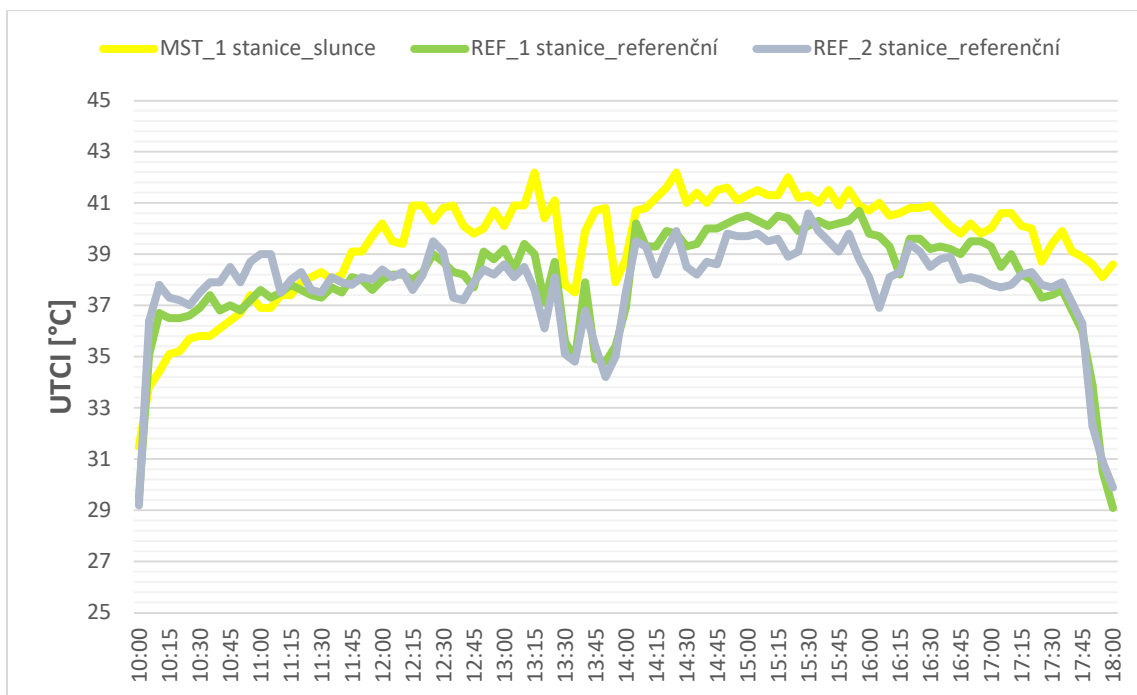


Obr. 15 Denní chod meteorologických prvků ze dne 16. 06. 2021 na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01) s vyznačeným časem výzkumu.

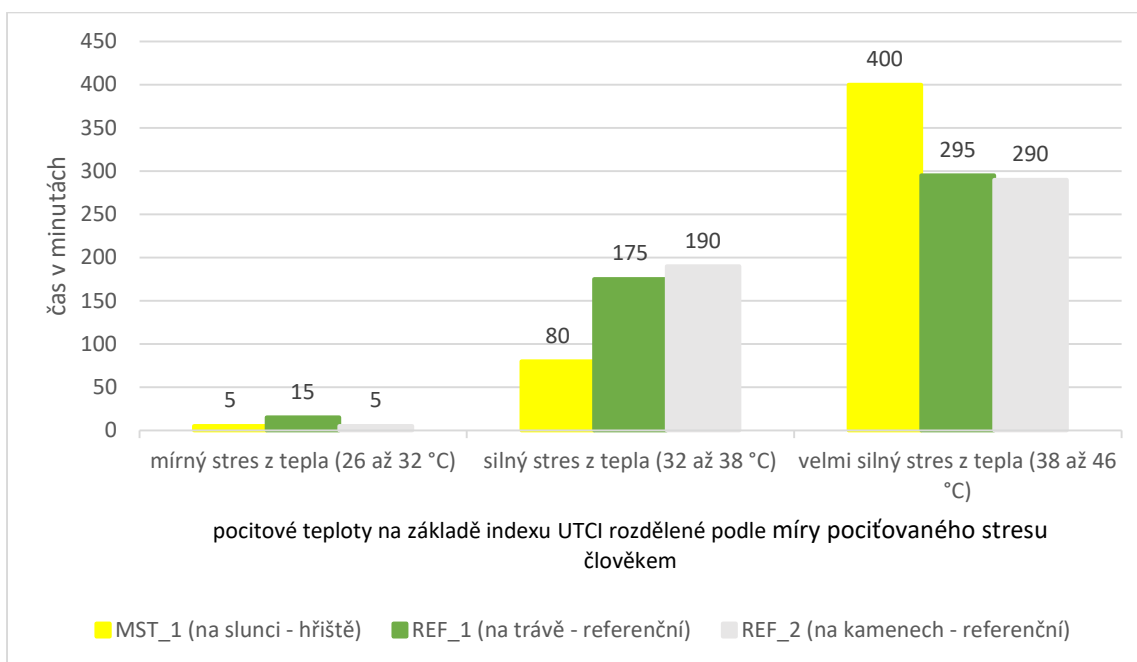
Výsledky měření na dětském hřišti – Michalský výpad

V průběhu dne 16. 6. 2021, kdy probíhalo první měření na základě indexu UTCI, měly hodnoty na všech třech stanicích (MST_1 stanice_slunce, REF_1 stanice_referenční, REF_2 stanice_referenční) mírně rostoucí tendenci až do 15:45, což bylo způsobeno zejména zvyšující se naměřenou teplotou vzduchu (T_a) a též teplotou kulového teploměru (T_g). Tato rostoucí tendence byla během měření narušena pouze mezi 13:00 až 14:15, kdy se zvýšilo na jistou dobu zakrytí oblohy oblačností. Hodnoty UTCI začaly přibližně od 16:00 pozvolna klesat, což bylo způsobeno zejména postupně zapadajícím sluncem (*Obr. 16*). Výsledné hodnoty UTCI (*Obr. 16*) jsou obecně velmi vysoké a během celého dne se pohybují v rámci stupnice UTCI na hodnotách odpovídající osmému, tj. silný stres z tepla (32 až 38 °C) a devátému stupni, tj. velmi silný stres z tepla (38 až 46 °C (*Tab. 7*)).

Mírné výkyvy meteorologických prvků měřených stanicemi (T_g , T_a , V a H) byly na všech stanicích podobného charakteru, což se promítlo i do chodu výsledných hodnot pocitové teploty vyjádřené pomocí UTCI (*Obr. 16*). Naměřený chod všech ostatních meteorologických prvků za každou z použitých stanic, je možno vidět v *příloze 1* práce (data z MST_1 *Obr. 1 a 2*, data z REF_1 *Obr. 3 a 4*, data z REF_2 *Obr. 5 a 6*). I přesto, že hodnoty UTCI byly zprvu vyšší na referenčních stanicích, v čase 11:30 došlo k obratu, od kterého byly naopak hodnoty ze stanice na dětském hřišti chvílemi i znatelně vyšší. Dáno je to nejen materiálem povrchu pod stanicemi, ale především povahou aktivních povrchů v okolí a exponovaností stanice na slunci. Hřiště u Michalského výpadu je zcela bez zastínění či jakékoli jiné ochrany před tepelnou zátěží. I z toho důvodu maximální hodnoty UTCI dosahují na dětském hřišti až 42,2 °C, což může zejména u dětí vyvolat velmi silný stres z tepla a vážné zdravotní potíže. Hodnoty UTCI referenční stanic se v průběhu dne pohybovaly většinou v hodnotách vyvolávajících silný teplotní stres. Hranici velmi silného teplotního stresu (38 °C) však během dne překonaly hned několikrát i na delší dobu. Průměrné denní hodnoty UTCI jednotlivých stanic byly též vysoké, ale lišily se. Konkrétně vycházejí takto MST_1 (39,5 °C), REF_1 (38 °C) a REF_2 (37,8 °C). Opět je patrné, že i průměrné hodnoty všech stanic se pohybovaly u hranice velmi silného stresu z tepla. Jak lze vyčíst z *obr. 17*, na všech stanicích byly během dne zaznamenány hodnoty značící ve velké části dne velmi silný stres z tepla (trvání velmi silného stresu z tepla bylo následující – MST_1 – 400 minut, REF_1 – 295 minut, REF_2 – 290 minut).



Obr. 16 Chod hodnot UTCI z měření ze dne 16. 06. 2021



Obr. 17 Doba trvání (v minutách) jednotlivých stupňů míry stresu z tepla na dětském hřišti u Michalského výpadu z 16. 6. 2021

6.2. Měření 19. 6. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – ulice Purkyňova

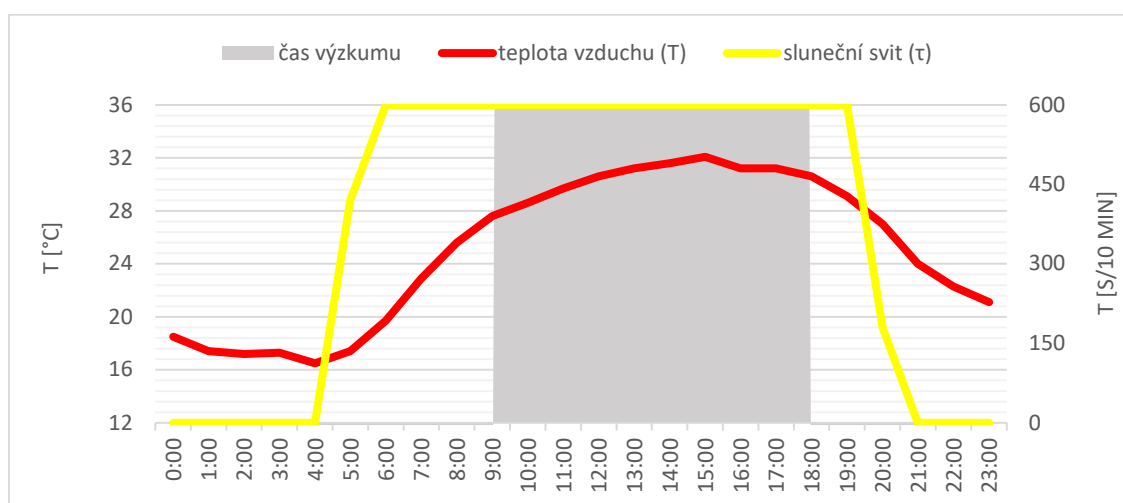
Přehled denních podmínek z dat meteorologické stanice Olomouc – Holice (O2OLOM01)

Den 19. 6. 2021 byl dle naměřených meteorologických dat na stanici Olomouc-Holice (O2OLOM01) dnem tropickým, kdy maximální hodnota teploty vzduchu (T_{max}) dosáhla na 32,1 °C, a to konkrétně v 15:00. Průměrná denní teplota (T_{avg}) na meteorologické stanici v Holici dosáhla hodnoty 25 °C. Průměrná teplota v průběhu čase měření od 10:00 do 18:00 poté činila 30,8 °C. Denní chod teploty lze pozorovat na *obr. 18*. Průměrná denní hodnota vlhkosti vzduchu (H_{avg}) byla 54,3 %. Průměrná vlhkost vzduchu byla následně během měření 33,2 % (*Tab. 9*). Proudění větru v průběhu dne převládalo z jihovýchodního směru a v průběhu měření se převládající směr větru změnil na jižní. V maximech vítr dosahoval během dne rychlosti 2,6 m·s⁻¹, a to v 11:00. Průměrná denní rychlost větru (V_{avg}) během dne byla na hodnotě 1,2 m·s⁻¹. Termínové pozorování míry zakrytí oblohy oblačností ukazuje, že ráno v 7:00 byla obloha jasná, zatímco během dne ve 14:00 a večera ve 21:00 bylo polojasno. Tyto hodnoty však nijak zvláště neovlivnily délku slunečního svitu během dne (*Obr. 18*).

Tab. 9 Meteorologické hodnoty ze dne 19. 06. 2021 zaznamenané na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01)

	teplota vzduchu [°C]			relativní vlhkost vzduchu [%]			rychlost větru [m·s ⁻¹]			převládající směr větru	oblačnost [desetiny]		
	T _{avg}	T _{min}	T _{max}	H _{avg}	H _{min}	H _{max}	V _{avg}	V _{min}	V _{max}		7:00	14:00	21:00
celý den (00:00 - 23:59)	25	16,5	32,1	54,3	27	84	1,2	0	2,6	JV	0	3	7
čas výzkumu (10:00 - 18:00)	30,8	28,6	32,1	33,2	27	43	2	1,1	2,6	J		3	

Zdroj: ČHMÚ 2022, vlastní zpracování

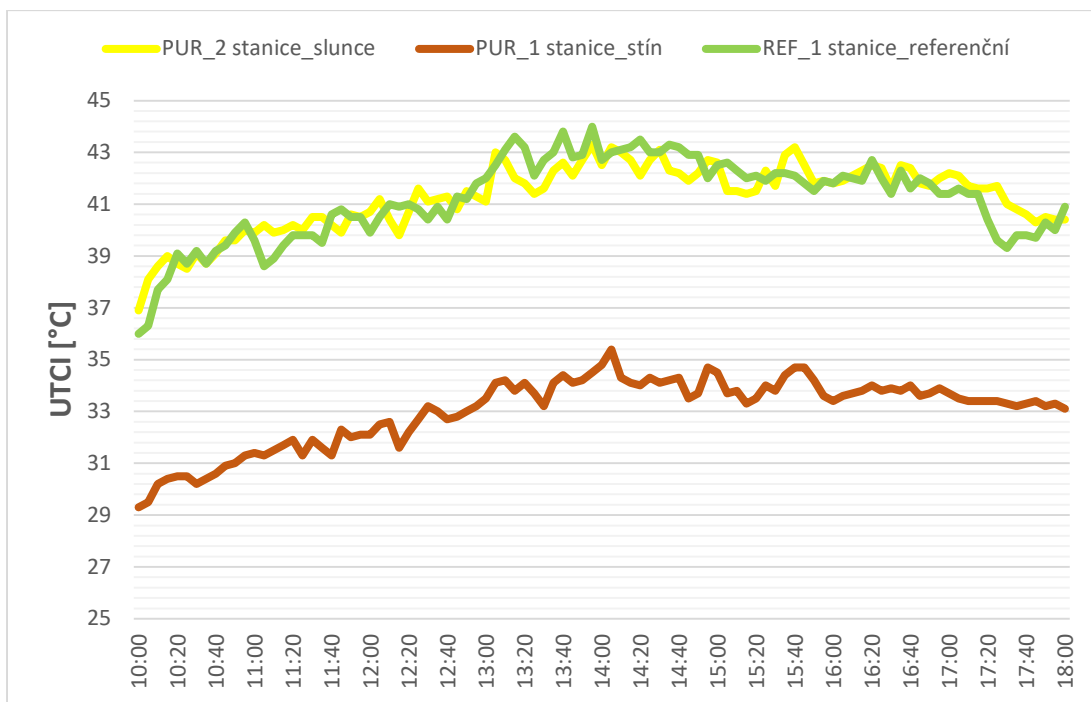


Obr. 18 Denní chod meteorologických prvků ze dne 19. 06. 2021 na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01) s vyznačeným časem výzkumu.

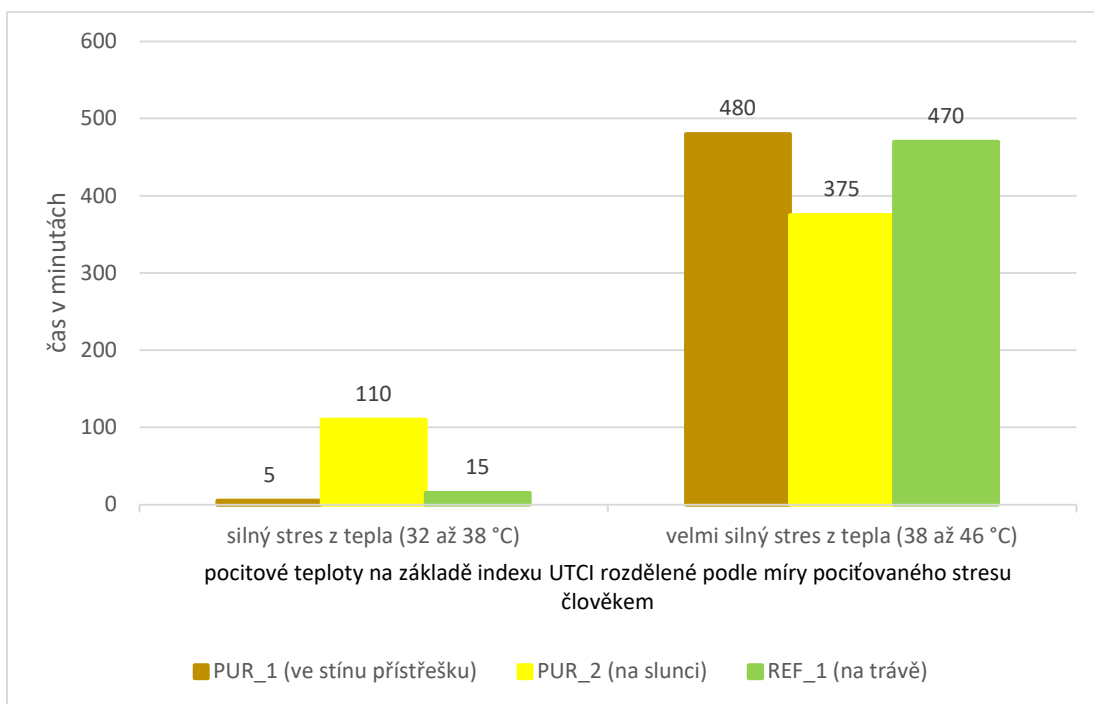
Výsledky měření na dětském hřišti – ulice Purkyňova

Hodnoty UTCI měřené během dne 19. 6. 2021 měly na všech stanicích (PUR_1 stanice_slunce, PUR_2 stanice_stín a REF_1 stanice_referenční) stoupající tendenci shodně do 14:00, kdy hodnoty dosáhly denního maxima a pozvolna začaly klesat. Tento chod hodnot byl způsoben zejména naměřenou teplotou vzduchu (T_a). U stanic, které byly vystaveny slunečnímu záření (PUR_1 a REF_1) jsou hodnoty UTCI značně vyšší než u stanice PUR_2 (*Obr. 19*), což je způsobeno naměřenými hodnotami kulovým teploměrem (T_g). Chod naměřených hodnot nebyl narušen oblačností, a tím se hodnoty osluněných stanic dostaly do kategorie velmi silného stresu z tepla už v ranních hodinách, v nichž přetrvaly až do konce měření.

Malé výkyvy v naměřených hodnotách UTCI jsou výsledkem mírných výkyvů naměřených meteorologických dat (T_g , T_a , V a H) z použitých stanic. V případě tohoto měření jsou výkyvy způsobeny zejména poryvy větru, které však byly obecně vzato opět mírného charakteru. Chod všech ostatních meteorologických prvků za každou z výzkumných lokalit, je možno vidět v *příloze 1* práce (data z PUR_1 *Obr. 7 a 8*, data z PUR_2 *Obr. 9 a 10*, data z REF_1 *Obr. 11 a 12*). Z výsledků měření ze dne 19. 6. 2021 je nejvíce patrný rozdíl mezi stanicemi, které byly osluněné a stanicí, která byla kryta stínem. Rozdíl hodnot UTCI mezi stanicí ve stínu a stanicí vystavené slunci dosahovaly v průběhu měření rozdílu až 7,9 °C, kdy stanice na slunci dosáhla velmi silného stresu z tepla teplotou 43,3 °C a stanice ve stínu o stupeň nižšího ohrožení, a to silného stresu z tepla teplotou 35,4 °C. V rámci zkoumaného hřiště byl altán, kde byla umístěna stanice PUR_2, jediným místem, kde se dalo ukrýt do stínu před slunečním zářením. Hřiště také trpí absencí vzrostlé zeleně, která by vrhala stín na své okolí a ochlazovala nejbližší prostor. Zároveň je stres z tepla umocňován použitými umělými materiály, které se nadměrně přehřívají a vyzařují velké množství tepelné energie do okolí. V průměru se hodnoty UTCI na jednotlivých stanicích pohybovaly takto PUR_1 (41,2 °C), PUR_2 (33,2 °C) a REF_1 (41,1 °C). Jde tedy i podle průměrných hodnot zřetelně říci, že ochrana před slunečním zářením je v rámci takto situovaného prostoru stěžejním opatřením, které napomáhá snížit tepelnou expozici člověka, a tím snižuje možnost vzniku stresu z tepla. Z *obr. 20* lze sledovat, že na všech stanicích byly během dne zaznamenány hodnoty značící ve velké části dne velmi silný stres z tepla (trvání velmi silného stresu z tepla bylo následující – PUR_1 – 480 minut, PUR_2 – 370 minut, REF_1 – 470 minut). Je též patrné, že hodnoty UTCI byly v době měření tak vysoké, že se ani na minutu hodnoty žádné ze stanic nepohybovaly ve stupni „mírný stres z tepla“.



Obr. 19 Chod hodnot UTCI z měření ze dne 19. 06. 2021



Obr. 20 Doba trvání (v minutách) jednotlivých stupňů míry stresu z tepla na dětském hřišti v ulici Purkyňova ze dne 19. 6. 2021

6.3. Měření 7. 7. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Rozárium

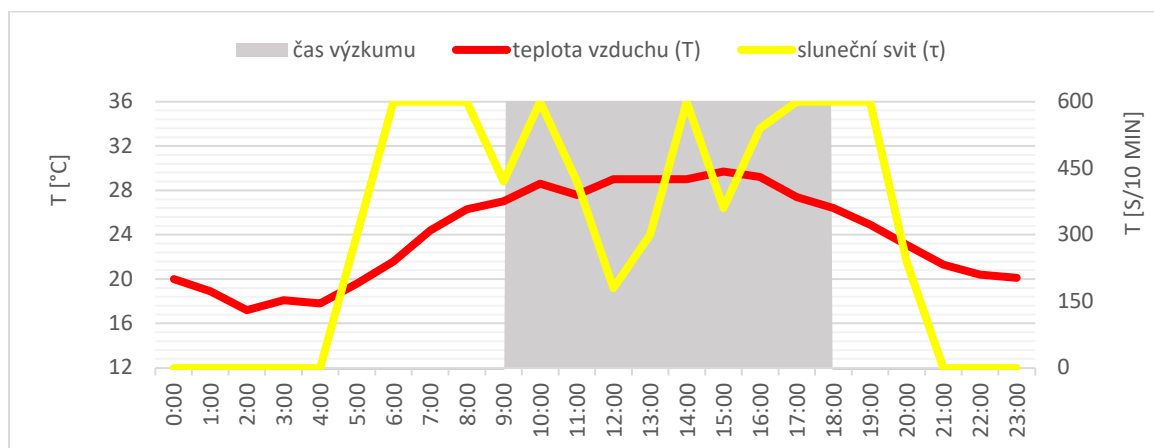
Přehled denních podmínek z dat meteorologické stanice Olomouc – Holice (O2OLOM01)

Dle dat naměřených stanicí Olomouc-Holice (O2OLOM01) dne 7. 7. 2021 byl tento den letní. Maximální teplota vzduchu tohoto dne dosáhla 29,7 °C, a to v čase 15:00. Průměrná denní teplota (T_{avg}) naměřená meteorologickou stanicí v Holici dosáhla hodnoty 24 °C. V průběhu měření, tj. od 10:00 do 18:00 pak průměrná teplota činila 28,4 °C. Chod teploty během dne je možno pozorovat na obr. 19. Hodnota průměrné vlhkosti vzduchu (H_{avg}) toho dne činila 62,1 %. V čase měření pak průměrná hodnota vlhkost vzduchu činila 50 % (Tab. 10). Převládající směr proudění větru byl během celého dne jihojihozápadního směru. V průběhu měření posléze převládalo proudění větru z jihozápadu. Rychlost větru (V_{max}) v maximu během dne dosáhla hodnoty 5,3 m·s⁻¹, a to v čase 11:00. Průměrná rychlost větru byla během dne naměřena v hodnotě 2,5 m·s⁻¹. Z termínového pozorování míry zakrytí oblačností lze pozorovat, že dne 7. 7. 2021 bylo ráno jasné. Stejně jasný byl i večer ve 21:00. Avšak přes den se obloha střídavě zatahovala a ve 14:00 byla obloha polojasná. Stupeň pokrytí oblohy oblačností tento den silně ovlivnila délku slunečního svitu (Obr. 21).

Tab. 10 Meteorologické hodnoty ze dne 7. 7. 2021 zaznamenané na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01)

	teplota vzduchu [°C]			reativní vlhkost vzduchu [%]			rychlost větru [m.s ⁻¹]			převládající směr větru	oblačnost [desetiny]		
	T _{avg}	T _{min}	T _{max}	H _{avg}	H _{min}	H _{max}	V _{avg}	V _{min}	V _{max}		7:00	14:00	21:00
celý den (00:00 - 23:59)	24	17,2	29,7	62,1	44	86	2,5	0	5,3	JJZ	1	6	0
čas výzkumu (10:00 - 18:00)	28,4	26,4	29,7	50	44	56	4,1	2,6	5,3	JZ		6	

Zdroj: ČHMÚ 2022, vlastní zpracování

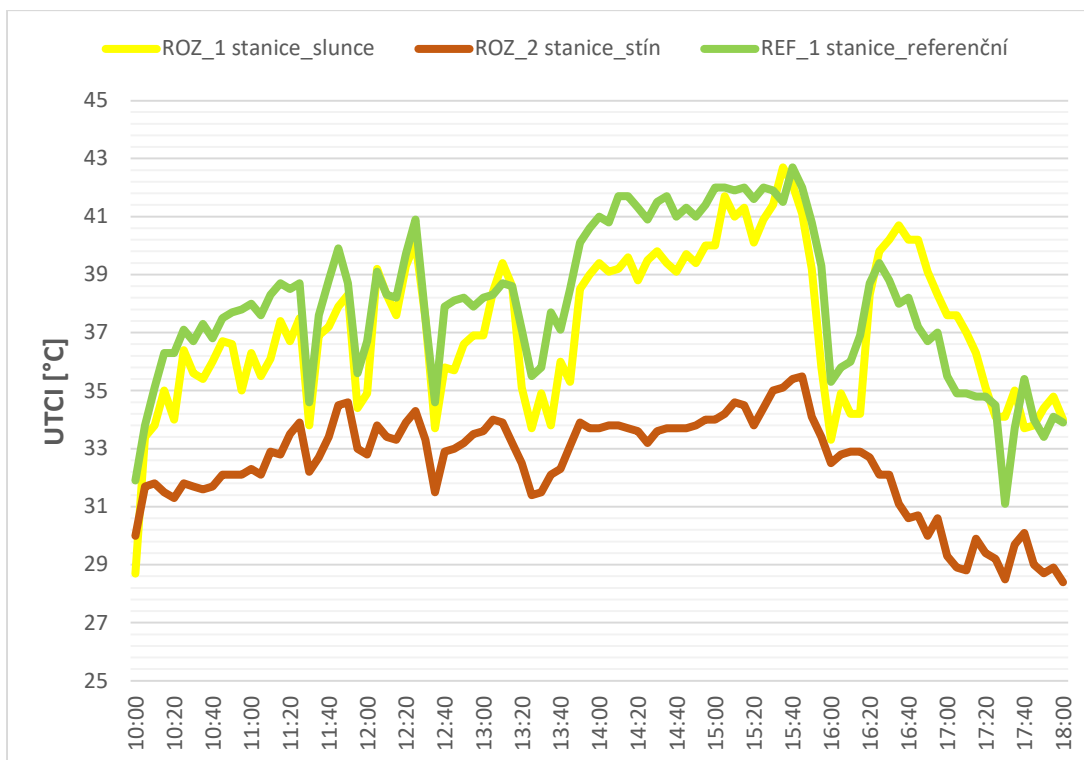


Obr. 21 Denní chod meteorologických prvků ze dne 07. 07. 2021 na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01) s vyznačeným časem výzkumu.

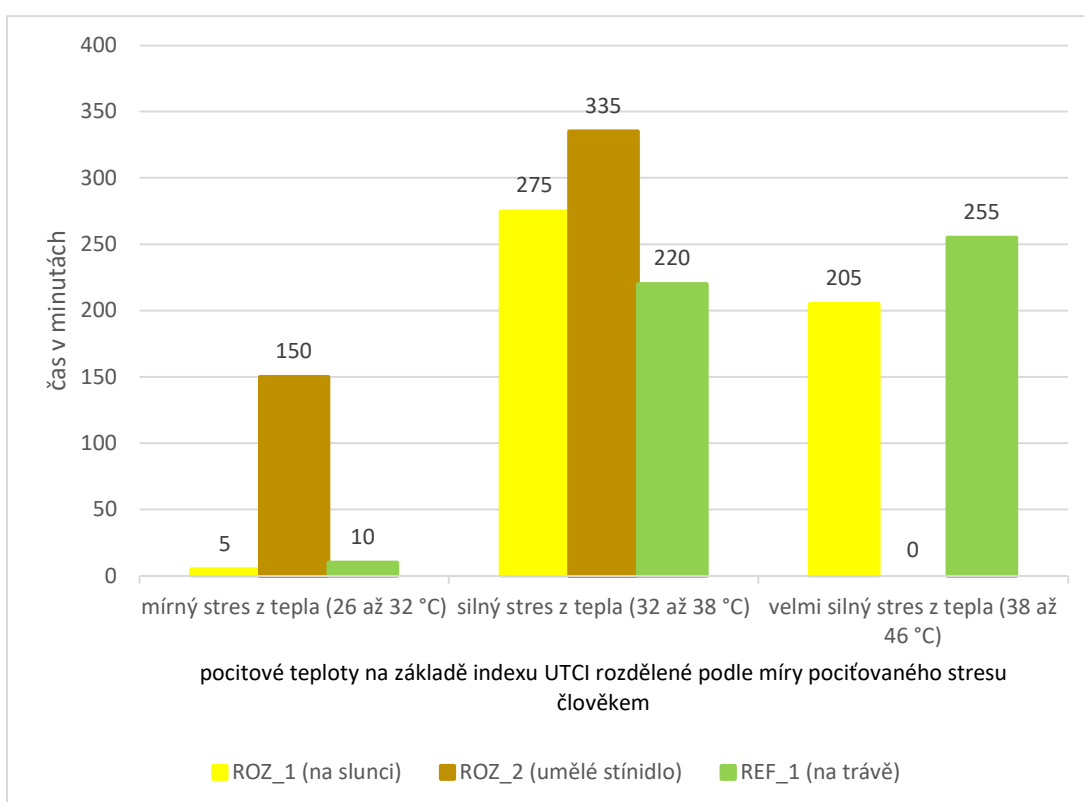
Výsledky měření na dětském hřišti – Rozárium (1.)

Chod hodnot UTCI v průběhu dne 7. 7. 2021 měl značně kolísavý charakter, který byl způsobován především výkyvy slunečního svitu vlivem oblačnosti. Kolísání hodnot zaznamenaly všechny použité stanice (ROZ_1 stanice_slunce, ROZ_2 stanice_stínidlo i REF_1 stanice_referenční). I před výkyvy hodnot byla tendence u všech stanic stoupající do 15:45, kdy na všech stanicích začaly hodnoty klesat. Tento pokles byl způsoben zejména poklesem teplot naměřených kulovým teploměrem. Poklesy hodnot UTCI jsou tedy velmi závislé na dopadajícím slunečním svitu, což dokládá i křivka chodu UTCI ze stanice ROZ_2 (*Obr. 22*), která byla po celou dobu měření ve stínu, a tudíž její výkyvy nejsou tak značné.

Chodu hodnot UTCI odpovídají též chody hodnot naměřených meteorologických prvků (T_g , T_a , V a H). Z jejich chodu je velice dobře patrná závislost na chodu UTCI. Průběh jednotlivých naměřených hodnot lze pozorovat v *příloze 1* (data z ROZ_1 *Obr. 13 a 14*, data z ROZ_2 *Obr. 15 a 16* a data z REF_1 *Obr. 17 a 18*). Z měření je nejvíce patrný rozdíl mezi osluněnou stanicí umístěnou mezi herními prvky a stanicí umístěnou též na hřišti, ale pod umělým stínidlem. Zde je rozdíl opět ovlivněn především délkou trvání slunečního svitu. Výsledek opět jen dokumentuje důležitost stínících prvků v prostoru dětského hřiště. Největší rozdíl hodnot UTCI mezi stanicemi ROZ_1 a ROZ_2 činil až 9,6 °C (*příloha 2, Obr. 3*). Ve zmíněnou chvíli se stanice ROZ_1 nacházela v části hřiště, kde hrozil velmi silný stres z tepla, zatímco stanice ROZ_2 se nacházela pod zastíněním, kde se hodnotami pohybovala v kategorii mírného stresu z tepla. Jednotlivé stanice naměřily tyto průměrné denní hodnoty UTCI (ROZ_1 – 37,2 °C, ROZ_2 – 32,6 °C a REF_1 – 38 °C). Dobré je si také povšimnout rozdílu hodnot stanice ROZ_1 a REF_1, kdy lze pozorovat velice podobné chody hodnot. Přesto jsou hodnoty stanice REF_1 v průběhu dne v průměru o 1 °C vyšší. Tento jev je spjatý zejména s vyšší teplotou vzduchu (T_a) a vyšší naměřenou teplotou kulového teploměru (T_g). Můžeme říci, že okolní prostředí těchto dvou stanic ovlivnilo právě chody těchto prvků. Stanice byly obě na osluněném místě, avšak stanice ROZ_1 se nacházela uprostřed parku plného zeleně, v blízkosti vzrostlých stromů i vodní plochy. Na druhou stranu stanice REF_1 byla sice umístěna na travnatém povrchu, avšak ten se nachází vedle vysoké budovy, která svým obložěním z brazilské žuly (tmavé barvy) velmi napomáhá ohřívání svého okolí. Níže z *obr. 23* lze sledovat, že na všech stanicích byly během dne zaznamenány hodnoty značící ve velké části dne velmi silný stres z tepla (trvání velmi silného stresu z tepla bylo následující – ROZ_1 – 200 minut a REF_1 – 255 minut). V *obr. 23* je také patrné, že stanice ROZ_2, která byla ve stínu, dosáhla pouze stupně „silný stres z tepla“, a to na 335 minut.



Obr. 22 Chod hodnot UTCI z měření ze dne 07. 07. 2021



Obr. 23 Doba trvání (v minutách) jednotlivých stupňů míry stresu z tepla na dětském hřišti v Rozáriu ze dne 7. 7. 2021

6.4. Měření 8. 7. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Rozárium

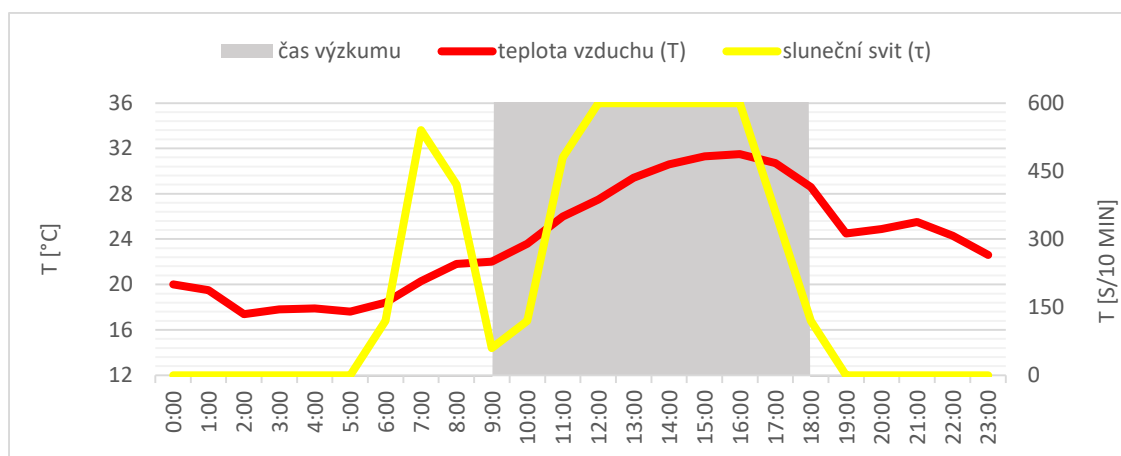
Přehled denních podmínek z dat meteorologické stanice Olomouc – Holice (O2OLOM01)

Data poskytnutá ze dne 8. 7. 2021 naměřená meteorologickou stanicí Olomouc-Holice (O2OLOM01) nám ukazují, že dotčený den byl dnem tropickým. Jeho nejvyšší hodnota teploty vzduchu dosáhla na 31,5 °C, a v 16:00. Denní průměrná teplota (T_{avg}) tento den činila 23,9 °C. Průměrná teplota vzduchu byla 28,8 °C. Celodenní chod teploty vzduchu je možno sledovat na obr. 21. Vlhkost vzduchu (H_{avg}) se v denní průměrné hodnotě dostala na hodnotu 71,6 %. V čase výzkumu pak průměrná vlhkost vzduchu byla 57,3 % (Tab. 11). Směr větru během celého dne převažoval z jihojihozápadního směru, avšak v průběhu měření byl převládající směr spíše jihovýchodního směru. Vítr toho dne dosáhl průměrné rychlosti (V_{avg}) 1,9 m·s⁻¹ a v průběhu měření pak 1,8 m·s⁻¹. Rychlost větru se dostala v denním maximum na hodnotu 4,1 m·s⁻¹ a v průběhu měření pak na hodnotu 3 m·s⁻¹ (Tab. 11). Termínové pozorování míry zakrytí oblačností ze dne 8. 7. 2021 ukazuje, že den byl poměrně oblačný. Ráno v 7:00 byla obloha polojasná až skoro zatažená. V průběhu dne ve 14:00 se vyjasnilo a obloha byla po většinu odpoledne jasná. Večer ve 21:00 byla obloha zatažená. Zvýšená oblačnost během dne silně ovlivnila množství slunečního svitu v průběhu dne a s tím i nástup vyšších teplot (Obr. 24).

Tab. 11 Meteorologické hodnoty ze dne 8. 7. 2021 zaznamenané na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01)

	teplota vzduchu [°C]			reaktivní vlhkost vzduchu [%]			rychlost větru [m·s ⁻¹]			převládající směr větru	oblačnost [desetiny]		
	T _{avg}	T _{min}	T _{max}	H _{avg}	H _{min}	H _{max}	V _{avg}	V _{min}	V _{max}		7:00	14:00	21:00
celý den (00:00 - 23:59)	23,9	17,4	31,5	71,6	49	96	1,8	0,2	4,1	JJZ	7	2	9
čas výzkumu (10:00 - 18:00)	28,8	26	31,5	57,3	49	69	1,9	1	3	JV		2	

Zdroj: ČHMÚ 2022, vlastní zpracování

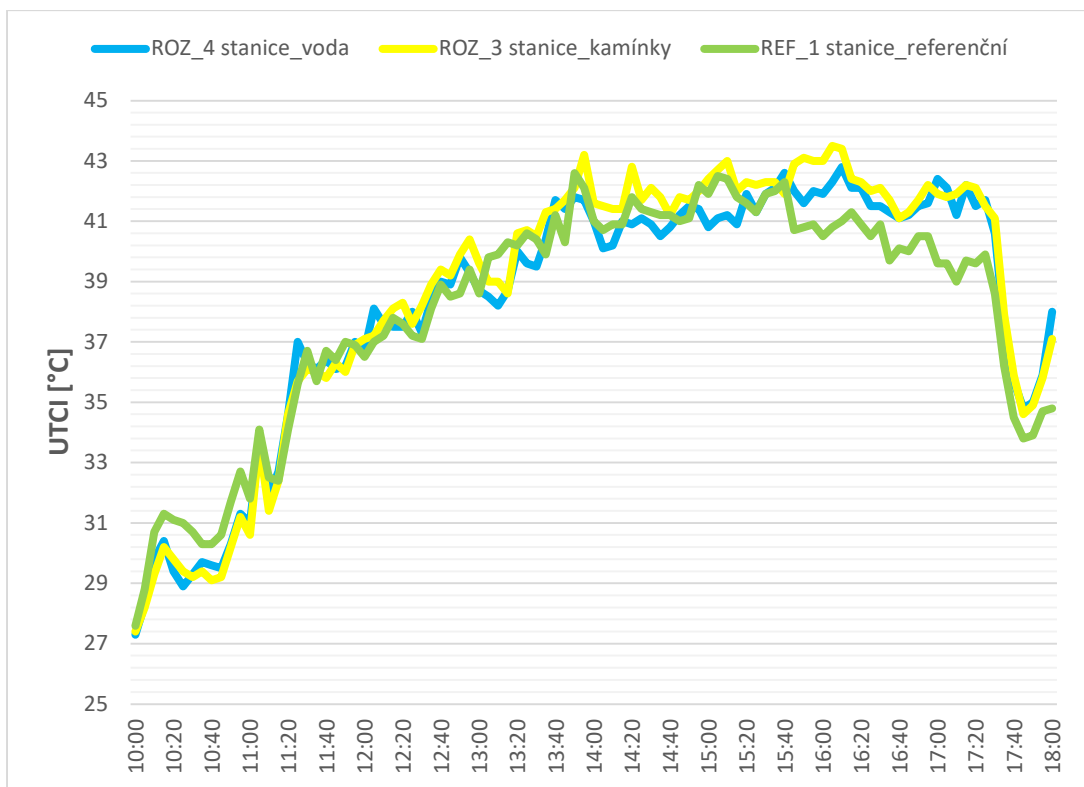


Obr. 24 Denní chod meteorologických prvků ze dne 08. 07. 2021 na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01) s vyznačeným časem výzkumu.

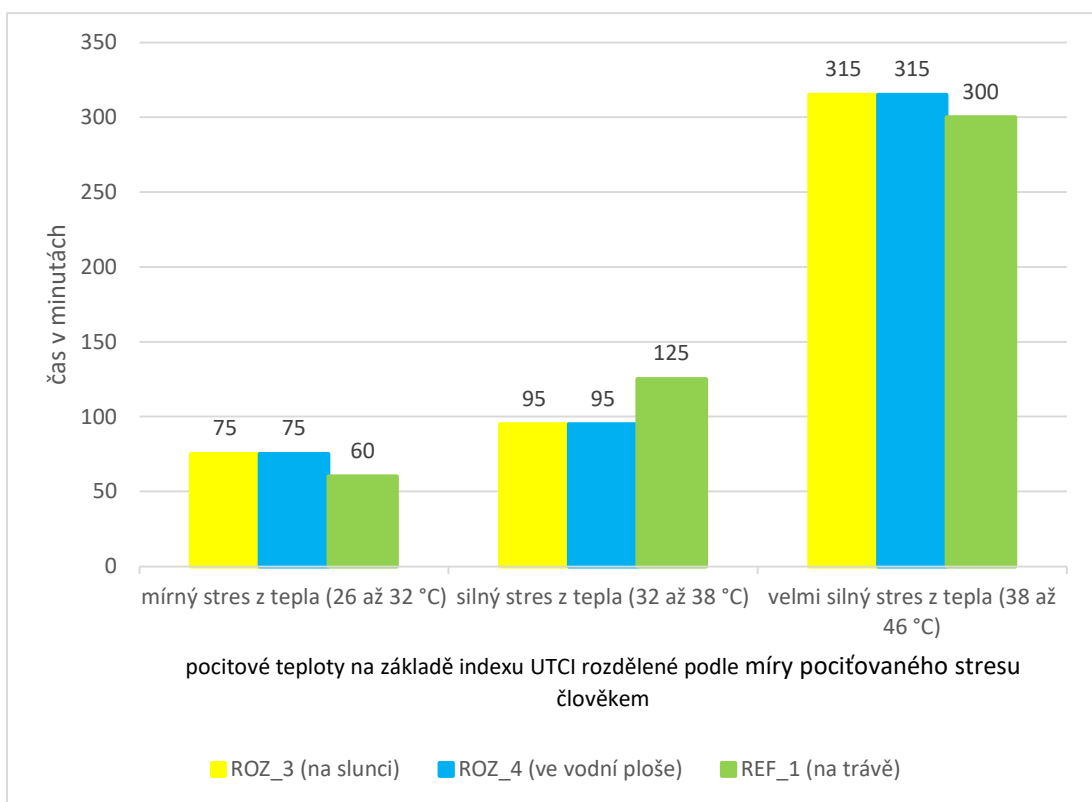
Výsledky měření na dětském hřišti – Rozárium (2.)

Dne 8. 7. 2021 byl chod hodnot UTCI poznamenán pouze malými výkyvy v průběhu dne a vývoj křivek v grafu (*Obr. 25*) je u všech tří stanic víceméně podobný. Z všech tří použitých stanic (ROZ_3 stanice_voda, ROZ_4 stanice_slunce a REF_1 stanice_referenční) je však velice dobře patrné, že se do chodu hodnot UTCI velmi výrazně promítla denní míra oblačnosti. Nejvíce je tento jev viditelný zpočátku měření, kde došlo k výraznějšímu nárůstu hodnot až po vyjasnění oblohy. Z toho nám vyplývá, že všechny tři stanice a jejich nárůst hodnot UTCI byl ovlivněn především růstem teploty vzduchu (T_a) a výsledné teploty kulového teploměru (T_g). Viditelný pokles hodnot UTCI po 17:00 hodině byl též ovlivněn změnou, v tomto případě poklesem teploty vzduchu (T_a) a výsledné teploty kulového teploměru (T_g).

Jak už bylo naznačeno, tvary křivek v grafu hodnot UTCI, které jsou viditelné v grafu níže (*Obr. 25*) jsou svým vývojem v průběhu dne velice podobné. Nejvyšší průměrná denní hodnota indexu UTCI byla naměřena u stanice ROZ_3 – 38,6 °C a nejnižší průměrná hodnota UTCI byla naopak naměřena u stanice REF_1 – 38 °C. Zajímavé je porovnání stanice ROZ_3 a ROZ_4, která se nacházela ve vodní ploše. Rozdíl průměrných hodnot UTCI zde byl za celou dobu měření 0,5 °C. V grafu (*Obr. 25*) je též velice dobře patrný dřívější vzestup hodnot indexu UTCI u stanice REF_1 a zároveň také dřívější pokles téže hodnot ke konci dne, což se lišilo od chodu u ostatních dvou stanic. Na tomto časovém a hodnotovém rozdílu je velice dobře patrný vliv úhlu slunečního svitu na jednotlivé stanice. Jelikož stanice REF_1 byla vystavena slunci dříve, tak i její hodnoty UTCI rostly dříve. Vliv na to má vysoká budova fakulty, která referenční stanici oddělovala od stanic umístěných v Rozáriu. Prostředí Rozária bylo slunečním zářením stejnou silou ohříváno o 45 minut později než prostor na východ od budovy fakulty. Opačný efekt byl poté pozorován v pozdních odpoledních hodinách. Na všech stanicích (*Obr. 26*) byly během dne zaznamenány hodnoty značící ve velké části dne velmi silný stres z tepla (trvání velmi silného stresu z tepla bylo následující – ROZ_3 – 315 minut, ROZ_4 – 315 minut, REF_1 – 300 minut).



Obr. 25 Chod hodnot UTCI z měření ze dne 08. 07. 2021



Obr. 26 Doba trvání (v minutách) jednotlivých stupňů míry stresu z tepla na dětském hřišti v Rozáriu ze dne 8. 7. 2021

6.5. Měření 24. 7. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Čechovy sady

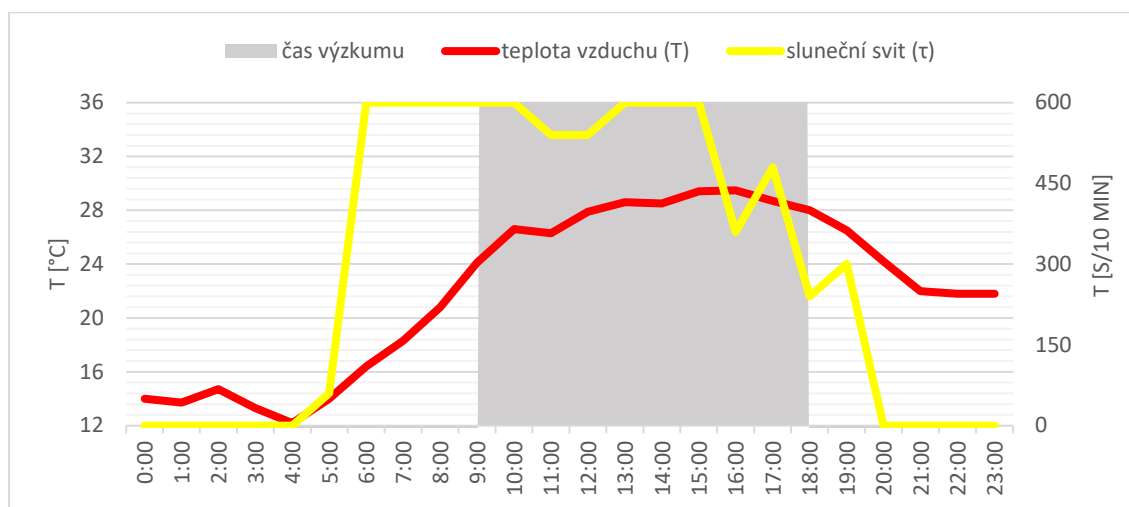
Přehled denních podmínek z dat meteorologické stanice Olomouc – Holice (O2OLOM01)

Na základě získaných dat z měření na meteorologické stanici Olomouc-Holice (O2OLOM01) ze dne 24. 7. 2021 a naměřené maximální denní teploty vzduchu (T_{\max}) 29,5 °C můžeme tento den charakterizovat jako den letní. Průměrná denní teplota (T_{avg}) dosáhla hodnoty 22,1 °C. V průběhu čase výzkumu (10:00 až 18:00) pak průměrná teplota činila 28,2 °C. Průměrná hodnota relativní vlhkosti vzduchu (H_{avg}) byla v denním průměru 53 %. Průměrná hodnota relativní vlhkosti vzduchu během čase měření (10:00 až 18:00) byla 30,3 %. V denním průměru převažovalo proudění větru z jihovýchodního směru. Během měření pak vítr proudil většinou z jihovýchodního směru. Průměrná denní rychlost (V_{avg}) proudění vzduchu byla 1,4 m·s⁻¹ a v průběhu měření dosáhla hodnoty 2,3 m·s⁻¹. Nejvyšší rychlost proudění vzduchu v tento den činila 3,4 m·s⁻¹, což bylo i naměřené maximum během v čase měření. Termínové pozorování míry zakrytí oblohy oblačností nám odhaluje, že den byl zprvu velmi slunečný a obloha byla jasná. Jak jde vidět v *Tab. 12*, zvýšená míra oblačnosti ovlivnila délku slunečního svitu výrazněji až v odpoledních hodinách a na večer (*Obr. 27*).

Tab. 12 Meteorologické hodnoty ze dne 24. 7. 2021 zaznamenané na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01)

	teplota vzduchu [°C]			relativní vlhkost vzduchu [%]			rychlost větru [m·s ⁻¹]			převládající směr větru	oblačnost [desetiny]		
	T _{avg}	T _{min}	T _{max}	H _{avg}	H _{min}	H _{max}	V _{avg}	V _{min}	V _{max}		7:00	14:00	21:00
celý den (00:00 - 23:59)	22,1	12,2	29,5	53	24	89	1,4	0	3,4	JV	0	3	2
čas výzkumu (10:00 - 18:00)	28,2	26,3	29,5	30,3	24	37	2,3	0,8	3,4	JJV		3	

Zdroj: ČHMÚ 2022, vlastní zpracování

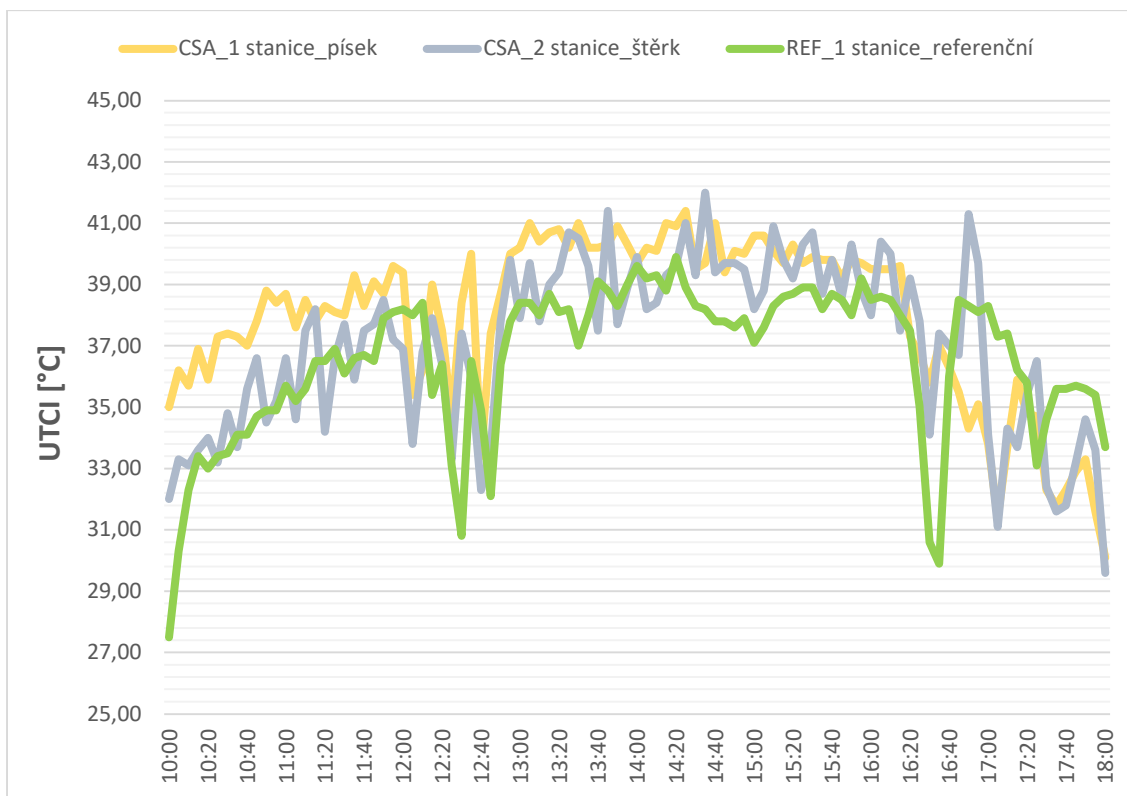


Obr. 27 Denní chod meteorologických prvků ze dne 24. 07. 2021 na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01) s vyznačeným časem výzkumu.

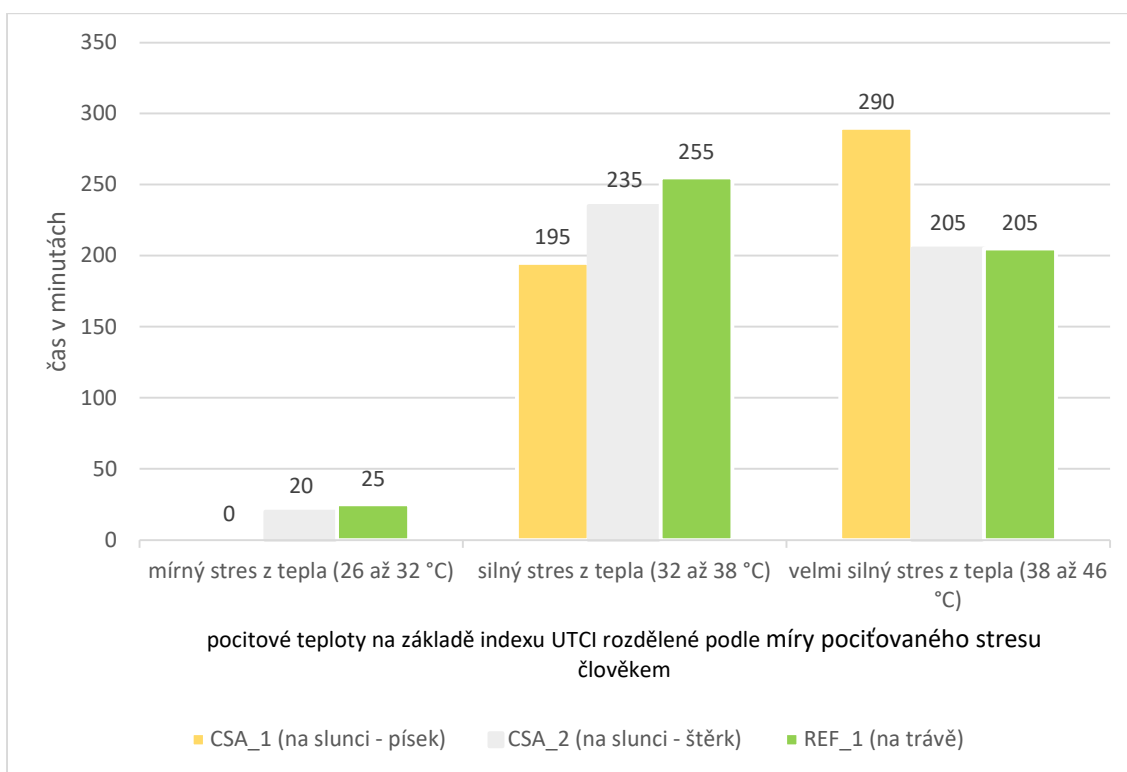
Výsledky měření na dětském hřišti – Čechovy sady

Pocitová teplota vyjádřená hodnotami indexu UTCI měřených 24. 7. 2021 v Čechových sadech nebyla nijak výrazně rozkolísaná na žádné z použitých stanic (CSA_1 stanice_písek, CSA_2 stanice_štěrk a REF_1 stanice referenční). Růst i následný večerní pokles hodnot UTCI silně závisel na průběhu hodnot (*Obr. 28*) teploty vzduchu (T_a) výsledné teploty kulového teploměru (T_g). Po 16:00 došlo u všech dotčených stanic k postupnému poklesu hodnot tepelného indexu UTCI v důsledku zvyšující se míry zakrytí oblohy oblačností a s ní spojeným poklesem teploty vzduchu (T_a), výsledné teploty kulového teploměru (T_g) a růstem vlhkosti vzduchu (H), což je patrné v *příloze 2* (za CSA_1 na *Obr. 25*, za CSA_2 na *Obr. 27* a za REF_1 na *Obr 29*).

Jak je patrné z *obr. 28*, tak hodnoty stanic umístěných na zkoumaném dětském hřišti byly v průběhu měření mírně vyšší než na referenční stanici. S podrobnějším pohledem na chody měřených hodnot (T_g , T_a , H a V) v *příloze 2* (*Obr. 25 až 30*) se zdá být příčinou zejména vyšší rychlost prodění větru v prostoru za fakultou, kde byla umístěna stanice REF_1, a také s vyššími hodnotami relativní vlhkosti vzduchu, které byly s největší pravděpodobností způsobeny právě závany vlhčího a chladnějšího vzduchu od řeky Moravy, jež je nedaleko budovy fakulty a dané stanice REF_1. Zajímavé je sledovat rozdílnost hodnot UTCI u stanic CSA_1 a CSA_2, které byly obě umístěné shodně na osluněné ploše na témže hřišti. Přesto jsou jejich naměřené hodnoty UTCI odlišné v návaznosti na aktivní povrch, který byl pod nimi. Z výsledků, které lze sledovat v *příloze 2* (*obr. 5*) je patrné, že povrch tvořený pískem vykazuje v průměru během celého měření o 0,8 °C vyšší hodnoty indexu UTCI. Nástup vyšších hodnot UTCI je též u písčitého povrchu rychlejší, což je dobře pozorovatelné v grafu (*obr. 24*). Rozdíly hodnoty UTCI se u zmíněných povrchů stírají až ve chvíli, kdy došlo ke zkrácení délky trvání slunečního svitu v dané periodě vlivem oblačnosti. Tehdy se jejich rozdíl v hodnotách UTCI pohyboval kolem 0,2 °C a v pozdním odpoledni se dokonce rozdíl hodnot obrátil tak, že se písčité povrch stal tím s nižší hodnotou UTCI. Obecně však měření ukázalo, že v takto teplotně náročném dni bylo dětské hřiště v Čechových sadech a jeho prostředí dne 24. 7. 2021 vystaveno velmi silnému stresu z tepla (v případě stanice CSA_1 – 290 minut, CSA_2 – 205 minut a REF_1 – 205 minut). Přesto, že rozdíl mezi stanicemi CSA_1 a CSA_2 (případně mezi písčitém a štěrkovým povrchem) nebyl v průměru více než 1 °C, tento rozdíl silně ovlivnil čas délky periody, během které byli návštěvníci vystaveni velmi silnému stresu z tepla.



Obr. 28 Chod hodnot UTCI z měření ze dne 24. 07. 2021



Obr. 29 Doba trvání (v minutách) jednotlivých stupňů míry stresu z tepla na dětském hřišti v Čechových sadech ze dne 24. 7. 2021

6.6. Měření 12. 8. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – ulice Mišákova

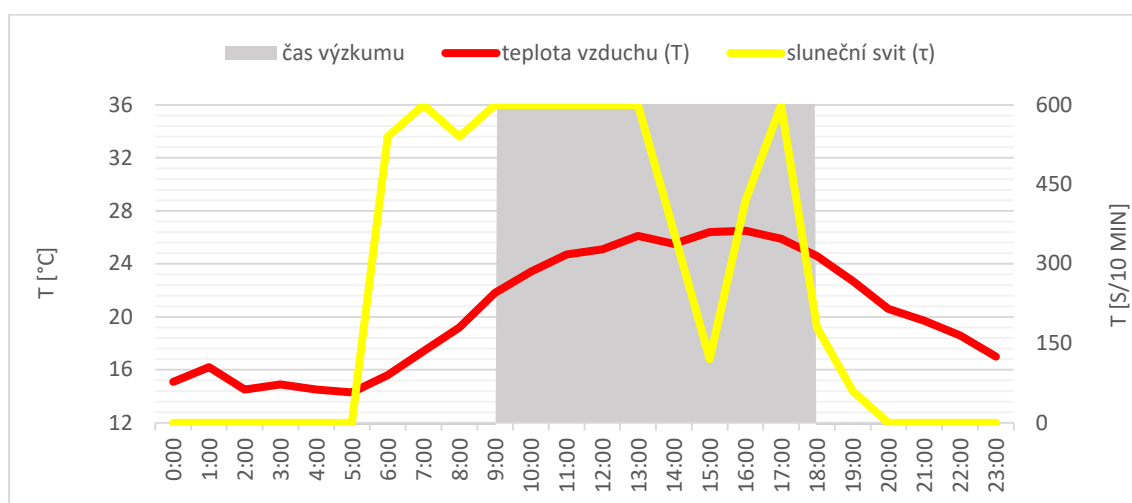
Přehled denních podmínek z dat meteorologické stanice Olomouc – Holice (O2OLOM01)

Den 12. 8. 2021 byl, dle dat naměřených na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01), dnem letním s maximální naměřenou teplotou (T_{\max}) 26,5 °C, a to v 16:00. Tento den byla naměřena průměrná denní teplota v hodnotě 20,4 °C. V průběhu výzkumu byla však průměrná hodnota vyšší, a to v hodnotě 25,4 °C. Během této výzkumné doby (10:00 až 18:00) neklesla teplota vzduchu (T_a) pod 23 °C (obr. 30). Hodnota denního průměru relativní vlhkosti vzduchu (H_{avg}) činila 62,7 %. V čase výzkumu byla však nižší, a to 40,1 %. Průměrná denní rychlost větru (V_{avg}) dosáhla 1,1 m·s⁻¹, což je téměř stejná hodnota jako v průběhu výzkumu, tedy 1,2 m·s⁻¹ (tab. 13). Směr proudění větru během dne převládal z jihovýchodního směru, což se nezměnilo ani v průběhu měření samotného. Měnila se však míra zakrytí oblohy oblačností v průběhu dne i v průběhu měření. Z termínového pozorování této míry vidíme (Tab. 13), že ráno bylo v 7:00 jasno, ale odpoledne a taktéž i večerní hodiny byly poznamenány zvýšenou oblačností, která silně ovlivnila délku slunečního svitu (Obr. 30).

Tab. 13 Meteorologické hodnoty ze dne 12. 8. 2021 zaznamenané na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01)

	teplota vzduchu [°C]			relativní vlhkost vzduchu [%]			rychlost větru [m·s ⁻¹]			převládající směr větru	oblačnost [desetiny]		
	Tavg	Tmin	Tmax	Havg	Hmin	Hmax	Vavg	Vmin	Vmax		7:00	14:00	21:00
celý den (00:00 - 23:59)	20,4	14,3	26,5	62,7	38	93	1,1	0	2,6	JJV	2	7	7
čas výzkumu (10:00 - 18:00)	25,4	24,7	26,5	40,1	38	43	1,2	0,6	2,3	JJV		7	

Zdroj: ČHMÚ (2022); vlastní zpracování

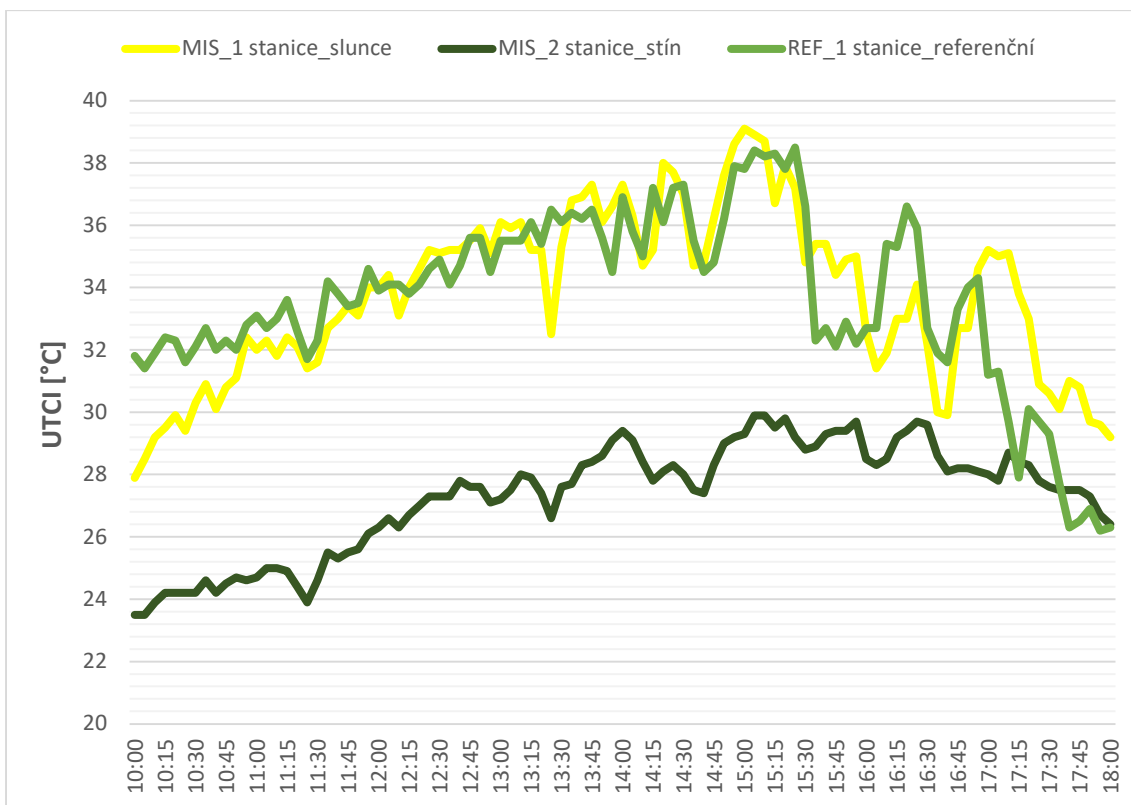


Obr. 30 Denní chod meteorologických prvků ze dne 12. 08. 2021 na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01) s vyznačeným časem výzkumu.

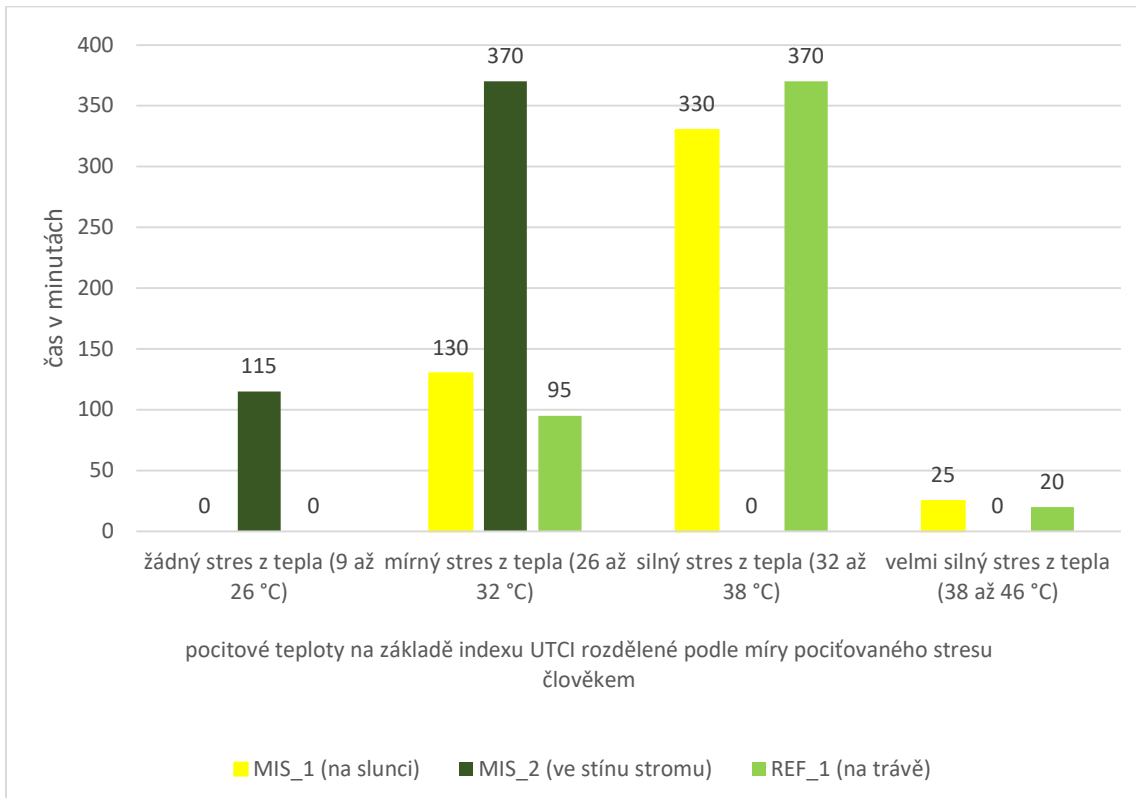
Výsledky měření na dětském hřišti – ulice Mišákova

Tvar křivek grafu (*Obr. 31*) odhalující chod získaných hodnot pocitové teploty vyjádřené pomocí indexu UTCI na všech třech stanicích z výzkumných lokalit pro daný den 12. 8. 2021 (MIS_1 stanice_slunce, MIS_2 stanice_stín a REF_1 stanice_referenční) je nejvíce závislý na výsledných hodnotách kulového teploměru (T_g), které lze vidět v *příloze 1 (Obr. 31* pro stanici MIS_1, *Obr. 33* pro stanici MIS_2 a *Obr. 35* pro stanici REF_1). Chod hodnot UTCI na všech stanicích by se dal zhodnotit jako konstantně stoupající až do 14:00. Po 14:00 došlo u stanice MIS_2, která byla umístěna ve stínu stromu, k zastavení stoupajícího trendu a hodnoty UTCI se již jen s mírnými výkyvy ustálily. U zbylých dvou stanic ve 14:30 došlo, a v průběhu celého odpoledne dále docházelo, k soustavným výkyvům hodnot UTCI, které byly způsobeny zvýšenou mírou oblačnosti a úbytkem dopadajícího slunečního záření na stanice. Jak je tedy patrné, pro chod pocitové teploty vyjádřené indexem UTCI, byla tento den rozhodující zejména přechodná oblačnost. Ta způsobila největší propady hodnot především u stanic MIS_1 a REF_1, a to v časech 15:30 a 16:30. Zvýšená oblačnost způsobila i pokles teploty vzduchu, která byla hlavním důvodem poklesu hodnot stanice MIS_2. S časem 15:30 je také spojen zlom v chodu další z hodnot, a to relativní vlhkosti vzduchu, která právě v tento čas přestala klesat a její hodnota začala opět pozvolna stoupat na všech stanicích. Chod naměřených hodnot lze pozorovat v *příloze 1* (pro MIS_1 *Obr. 31* a *32*, MIS_2 *Obr. 33* a *34* a pro REF_1 *Obr. 35* a *36*).

Je zcela zřejmé, že hodnoty UCTI, jsou u stanice MIS_2 výrazně nižší než u zbylých dvou stanic (*Obr. 31*). Její lokalizace ve stínu přítomného stromu zapříčila znatelně nižší výsledné hodnoty kulového teploměru, což mělo za následek právě nižší interval hodnot UTCI. Tato ochrana před možným stresem z tepla byla toho dne velmi výrazná, což lze usuzovat např. z *obr. 6* v *příloze 2*, kde je jasně patrné, že v maximu byl rozdíl osluněné a kryté stanice až 9,9 °C. Průměrný rozdíl během měření pak skýtal hodnotu 6,5 °C. V rámci daného hřiště šlo o jediný stínící prvek či jiný prvek, který by jakýmkoliv způsobem zmírňoval dopad tepelné expozice na lidské tělo. Stín vrhaný stromem vytvářel prostor, ve kterém za celou dobu měření hrozil pouze mírný stres z tepla. Stanice vystavené slunečnímu záření však měly hrozbu velmi silného stresu z tepla, a to po dobu 25 minut (MIS_1) a 20 minut (REF_1). Silný stres z tepla hrozil u stanice MIS_1 po dobu 330 minut a u stanice REF_1 po dobu 370 minut (*Obr. 32*).



Obr. 31 Chod hodnot UTCI z měření ze dne 12. 08. 2021



Obr. 32 Doba trvání (v minutách) jednotlivých stupňů míry stresu z tepla na dětském hřišti v ulici Mišákova ze dne 12. 8. 2021

6.7. Měření 9. 9. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – park Malého prince

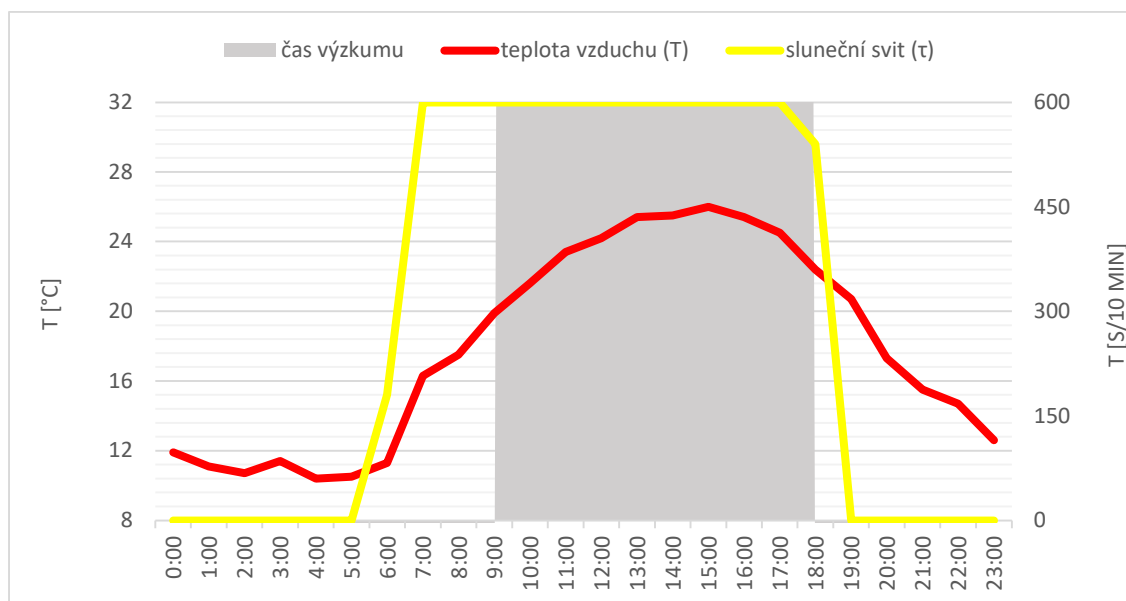
Přehled denních podmínek z dat meteorologické stanice Olomouc – Holice (O2OLOM01)

Maximální teplota vzduchu se 9. 9. 2021 na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01) dostala v 15:00 na hodnotu (T_{\max}) 26 °C, což z tohoto dne činí den letní. Průměrná denní teplota (T_{avg}) tento den činila 17,9 °C, avšak během čase měření (10:00 – 17:00) se průměrná teplota dostala na hodnotu 24,5 °C (Tab. 14). Chod denního chodu teploty reprezentuje modrá křivka v grafu níže (obr. 33). Průměrná relativní vlhkost vzduchu (H_{avg}) tento den byla 53,8 % a v průběhu měření pak 30,8 %. Převládající proudění větru bylo tento den jihovýchodního směru, avšak v čase měření se mírně stočilo na jihovýchod. Vítr byl toho dne poměrně silný a dosáhl nejvyšší rychlosti (V_{\max}) 10,3 m·s⁻¹ ve 13:00, avšak výrazněji zesiloval už od 10:00. Z termínového pozorování míry zakrytí oblohy oblačností lze vyčíst (Tab. 14), že celý den byl jasný a oblačnost se téměř nevyskytovala. To ovlivnilo délku slunečního svitu během dne a též chod teplot.

Tab. 14 Meteorologické hodnoty ze dne 9. 9. 2021 zaznamenané na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01)

	teplota vzduchu [°C]			relativní vlhkost vzduchu [%]			rychlost větru [m.s ⁻¹]			převládající směr větru	oblačnost [desetiny]		
	T _{avg}	T _{min}	T _{max}	H _{avg}	H _{min}	H _{max}	V _{avg}	V _{min}	V _{max}		7:00	14:00	21:00
celý den (00:00 - 23:59)	17,9	10,4	26	53,8	26	83	2,8	0	10,3	JV	0	0	0
čas výzkumu (10:00 - 18:00)	24,5	23,4	26	30,8	26	42	5,2	3,5	10,3	JJV		0	

Zdroj: ČHMÚ 2022, vlastní zpracování

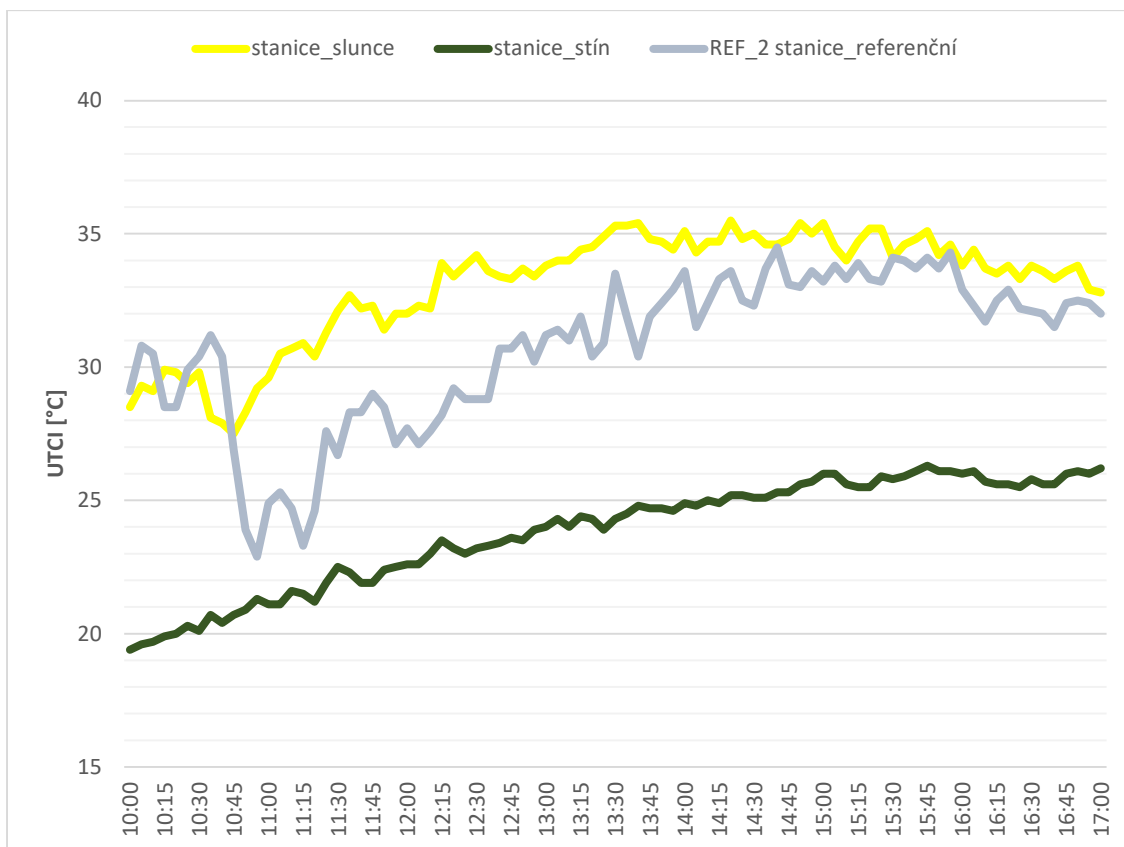


Obr. 33 Denní chod meteorologických prvků ze dne 09. 09. 2021 na stanici Olomouc – Holice (O2OLOM01) s vyznačeným časem výzkumu.

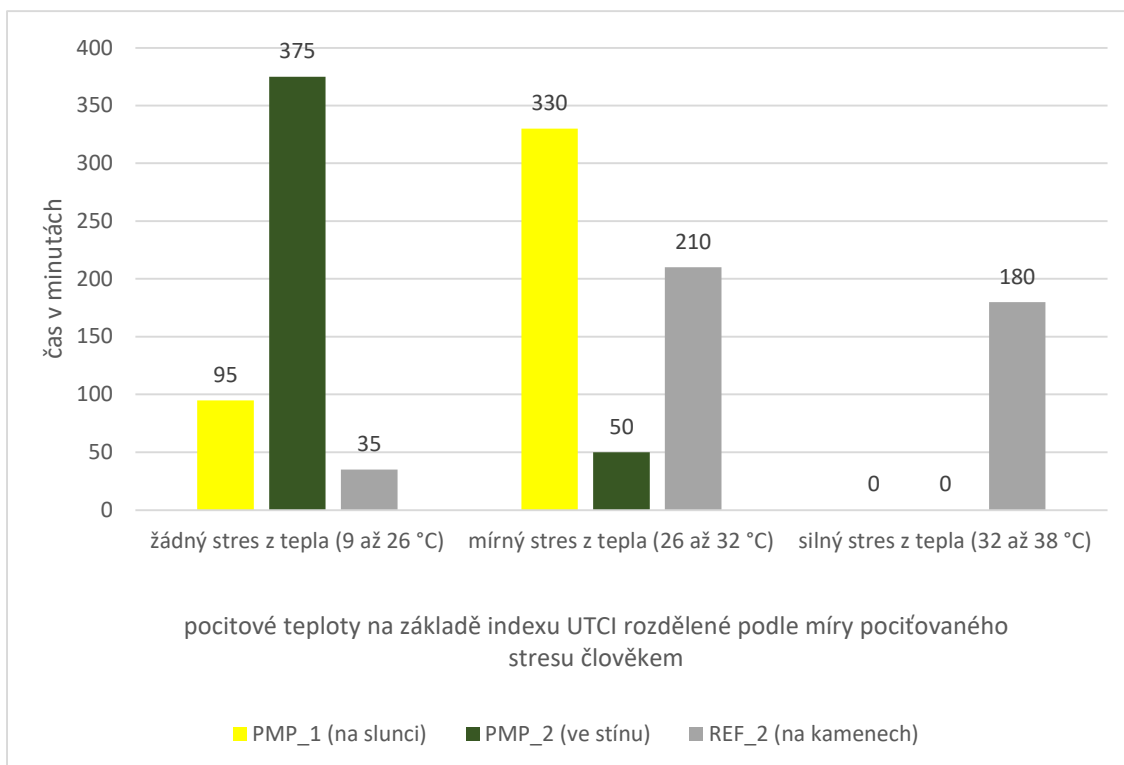
Výsledky měření na dětském hřišti – park Malého prince

Chod výsledných hodnot UTCI ze dne 9. 9. 2021 je zajímavý hned několika aspekty. Jedná se o data naměřená jako jediná v měsíci září, kdy takto vysoké hodnoty nebyly v primárním očekávání. Z tvaru křivek v grafu níže (Obr. 28) je patrný poměrně stabilní vývoj hodnot pocitové teploty vyjádřené pomocí indexu UTCI. Zejména u stanic PMP_1 stanice_slunce a PMP_2 stanice_stín je vidět, že výkyvy byly spíše mírného charakteru. V případě stanice REF_2 došlo v průběhu měření k výraznému propadu, který byl způsoben nehodou stanice, které mírně poničila kulový teploměr a její následné přemístění z původního stanoviště na stanoviště, jež bylo ovlivněno stínem stromu. Důkazem toho nám může být chod teploty vzduchu (T_a), který zůstal konstantně stoupající, a naopak prudký pokles výsledných hodnot kulového teploměru viz. *Příloha 2 (Obr. 41)*. Z toho důvodu je nárůst hodnot UTCI u této stanice opožděn a k dorovnání hodnot se stanicí PMP_1 dochází až v 15:00. Jak už bylo naznačeno, tak hlavní veličinou ovlivňující chod UTCI u stanic PMP_1 a REF_2 byla výsledná hodnota kulové teploměru (T_g), a tedy sluneční záření. Růst hodnot UTCI u stanice PMP_2, která byla umístěna ve stínu stromů, byl ovlivňován zejména chodem teploty vzduchu (T_a), která pozvolna rostla v průběhu celého měření (10:00 až 17:00). Toto měření bylo jako jediné o hodinu zkráceno, a to z důvodu dřívějšího západu slunce a také úhlu dopadu slunečního svitu. Důležitým aspektem také bylo to, že hřiště je obklopeno panelákovou zástavbou, která chvíli po skončení měření již nepropustila žádné sluneční záření na výzkumnou plochu a vrhala stín. Průměrná denní hodnota UTCI se u stanic pohybovala takto PMP_1 (33 °C), PMP_2 (23,8 °C) a REF_2 (30,7). Dá se usuzovat, že nebyť nehody u stanice REF_2, tak rozdíl hodnot se stanicí PMP_1 by nebyl tak značný. Chod ostatních měřených meteorologických prvků za jednotlivé stanice je součástí přílohy 1 (pro PMP_1 *Obr. 37 a 38*, pro PMP_2 *Obr. 39 a 40* a pro REF_2 *Obr. 41 a 42*).

Jak můžeme vidět v *příloze 2* na *Obr. 7*, tak rozdíl mezi osluněnou částí hřiště, kde byla stanice PMP_1 a částí chráněnou stínem stromu (stanice PMP_2), byl v maximech až 11,0 °C. Průměrný rozdíl hodnot UTCI u těchto stanic byl poté 8,5 °C. Během měření byl na dětském hřišti zjištěn silný stres z tepla i přes poměrně silné proudění větru (*příloha 2, Obr. 42*). Silný stres z tepla dle získaných trval 330 minut. V prostoru, který byl chráněný stínem, naopak hrozil pouze mírný stres z tepla, a to jen na 50 minut (*Obr. 35*).



Obr. 34 Chod hodnot UTCI z měření ze dne 09. 09. 2021



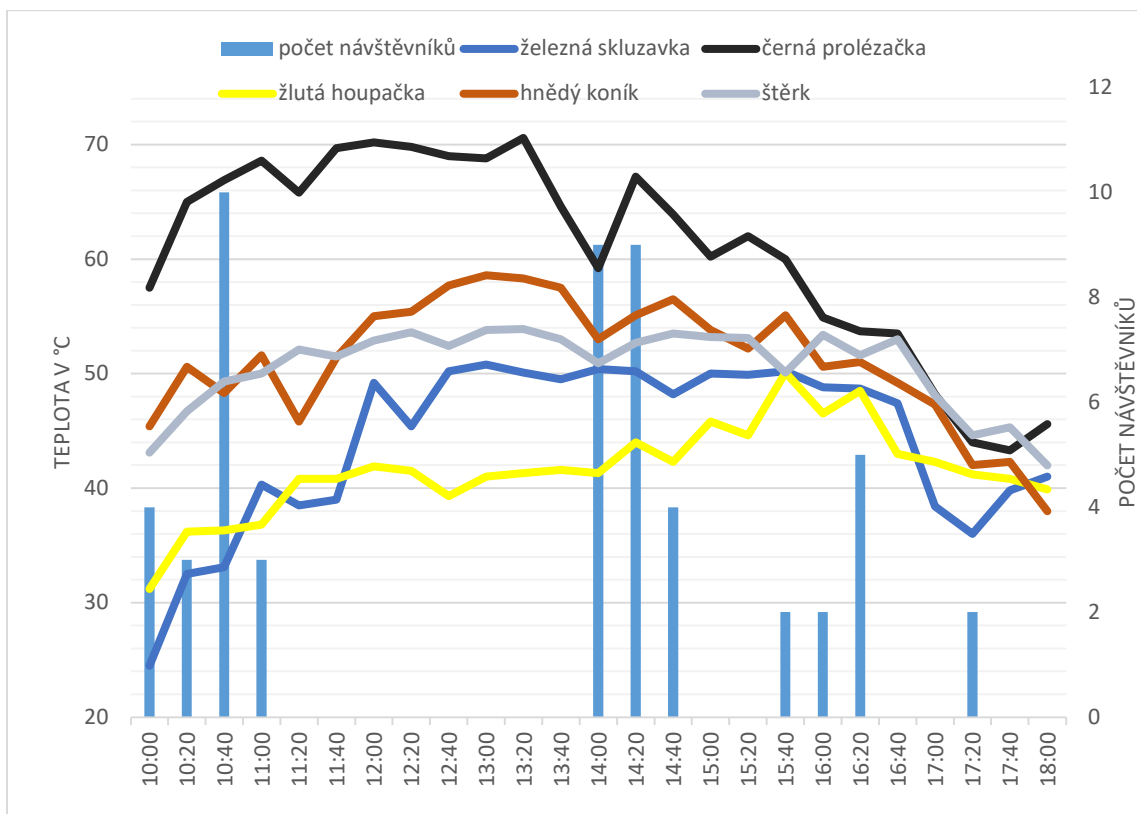
Obr. 35 Doba trvání (v minutách) jednotlivých stupňů míry stresu z tepla na dětském hřišti v parku Malého prince ze dne 9. 9. 2021

6.8. Výsledky doplňkového měření ploch a prvků hřišť

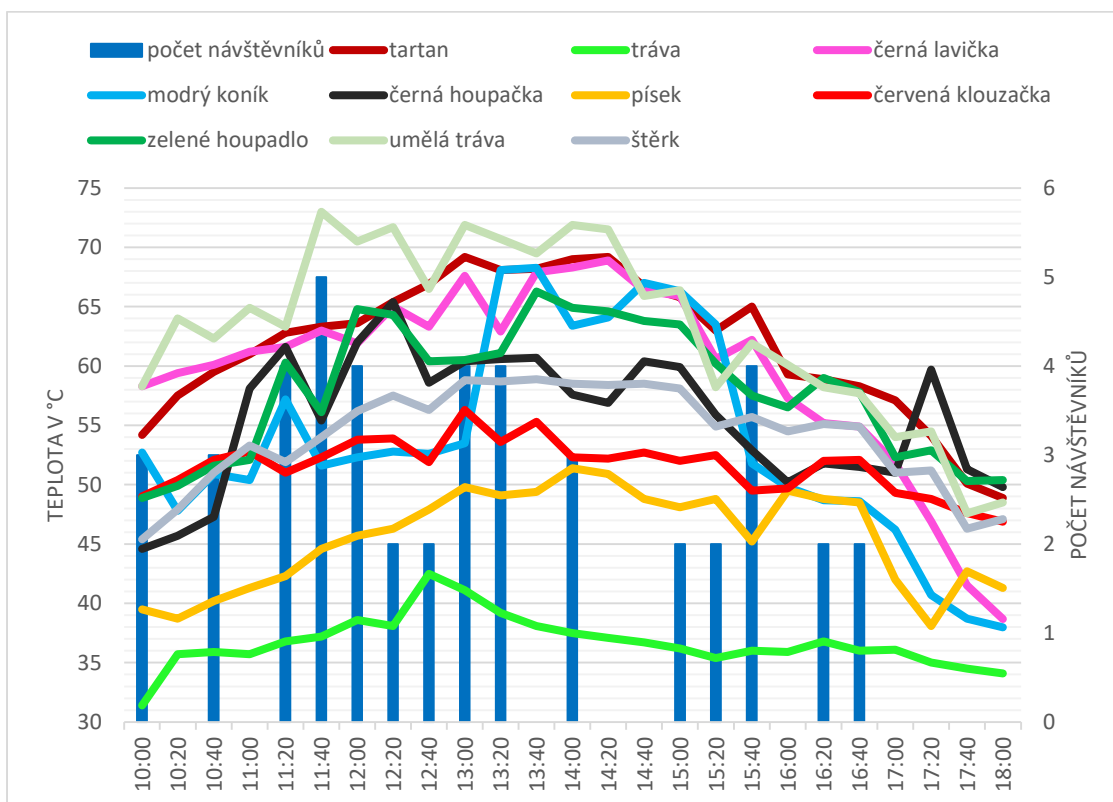
6.8.1. Doplňkové měření 16. 6. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Michalský výpad

V průběhu měření meteorologických dat potřebných k získání výsledných hodnot UTCI probíhalo na dětském hřišti u Michalského výpadu v Olomouci též doplňkové měření teplot vybraných povrchů a herních prvků na území hřiště. V průběhu čase měření (10:00 až 18:00) byla měřena teplota čtyř herních prvků a jednoho povrchu ve dvacetiminutových intervalech. Rozpětí zaznamenaných teplot z doplňkového měření je znázorněno v grafu v příloze 4 (Obr. 1). Zároveň se vedl záznam počtu návštěvníků v průběhu měření pro případné porovnání.

Jak je z grafu níže patrné (Obr. 36), rozdíly teplot jednotlivých herních prvků a povrchů byly v průběhu měření dosti značné. Zatímco v jednu chvíli (13:20) měla např. černá prolézačka 70,1 °C, tak houpačka žluté barvy, která byla stejně jako černá z plastové hmoty, měla teplotu o 29,3 °C nižší, tedy 41,3 °C. Herní prvky s takto vysokou teplotou, jakou vykazovala prolézačka černé barvy, jsou pro zdraví člověka nebezpečné už jen na pouhý dotek. U malých dětí riziko zdravotního dopadu je ještě vyšší (Iso, 2006). Jak se ukázalo, tak nejvíce se v rozdílnosti projevila barva daných prvků a povrchů, která silně ovlivnila míru přijatého tepla ze slunečního záření. Na základě naměřených dat lze pozorovat silnou závislost růstu teplot na chodu výsledných hodnot kulového teploměru (T_g) viditelných v příloze 1 (obr. 1). Počet návštěvníků dětského hřiště byl ovlivněn především jeho polohou u mateřské školy, a tedy závislost počtu návštěvníků byla spíše otázkou denního chodu rodiny. Typickým příkladem je mezera v období oběda a naopak nárůst počtu návštěvníků v období po 14:00, kdy si rodiče vyzvedávají děti ze školy apod. Nutno však říci, že z pozorování můžeme vyhodnotit i fakt, že absolutní minimum rodičů kontroluje (byť dotekem) teplotu herních prvků a děti se na herních prvcích pohybovaly i v případě, že teplota herních prvků přesahovala i 60 °C. Uvážíme-li k tomu též fakt, že okolní prostředí (nejen herní prvky) mělo dle výsledků indexu UTCI (Obr. 16) zvýšené riziko vzniku velmi silného stresu z tepla (tedy hodnotu UTCI nad 38 °C), tak takto přehřáté herní prvky zcela jistě mohou ohrozit zdraví dítěte (Vanos a kol., 2016).



Obr. 36 Chod hodnot doplňkového z měření herních prvků ze dne 16. 06. 2021



Obr. 37 Chod hodnot doplňkového z měření herních prvků ze dne 19. 06. 2021

6.8.2. Doplnkové měření 19. 6. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – ulice Purkyňova

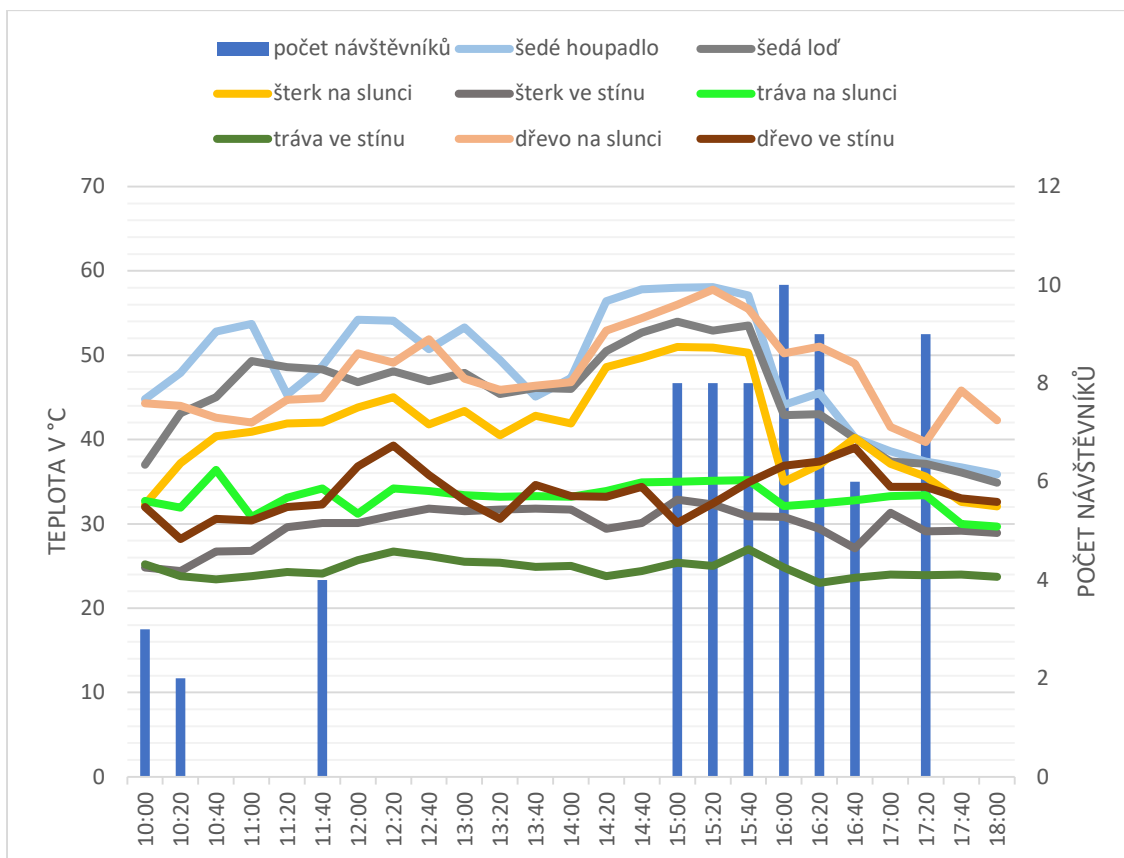
Dne 19. 6. 2021 bylo na dětském hřišti v ulici Purkyňova v Olomouci během sběru dat pro výpočet tepelného komfortu pomocí hodnot indexu UTCI, též prováděno doplňkové měření teploty vybraných herních prvků a povrchů. Záznamy teploty v čase měření (10:00 až 18:00) byly prováděny ve dvacetiminutovém intervalu pomocí infračerveného teploměru. Bylo vybráno pět herních prvků a pět povrchů. Dětské hřiště v Purkyňově ulici disponovalo velkým množstvím použitých materiálů na pokryv povrchů hřiště, a tak bylo zajímavé se zaměřit na větší množství. Rozpětí zaznamenaných teplot z doplňkového měření je znázorněno v grafu v *příloze 4 (Obr. 2)*. Zároveň se vedl záznam počtu návštěvníků v průběhu měření pro případnou viditelnou spojitost s naměřenými daty.

Z naměřených dat lze pozorovat vyšší teploty u herních prvků a povrchů, které jsou vyrobeny z materiálů tmavé barvy (např. tartan (tmavě cihlová)), umělá tráva (tmavě zelená), černá lavička, modrý koník aj.). V případě dětského hřiště v ulici Purkyňova bylo zajímavé sledovat rozdílnost teplot povrchů země, které byly z rozdílného materiálu, ale těsně na sebe navazovaly. V mnohých případech byla jejich rozdílná teplota značná. Typickým příkladem je rozdíl teplot umělé a přirozené trávy, kdy se v maximu dostal rozdíl teplot (ve 13:00) na 30,8 °C. S přihlédnutím k faktu, že na tomto dětském hřišti fungovaly části s umělou trávou jako případná dopadová plocha u prolézaček, je na místě se zamyslet na vhodnosti použití takového materiálu. Zajímavý chod hodnot naměřené teploty vykazuje herní prvek „modrý koník“ (*Obr. 37*). U tohoto herního prvku se prudký nárůst teploty (i pozdější pokles) projevil v závislosti na úhlu dopadajícího slunečního záření. Počet návštěvníků se v tomto dni nijak významně neměnil a lidé s dětmi přicházeli v průběhu celého dne bez ohledu na vysoké teploty během denního maxima. Nutno však říci, že se výzkum prováděl v sobotu, kdy není klasický režim pracovního dne. Zároveň se v sousedství hřiště konal turnaj dětské kopané, což udržovalo stálou návštěvnost dětského hřiště téměř po celý průběh měření. Po skončení zmíněné akce v 16:00 lze pozorovat úbytek návštěvníků i na dětském hřišti.

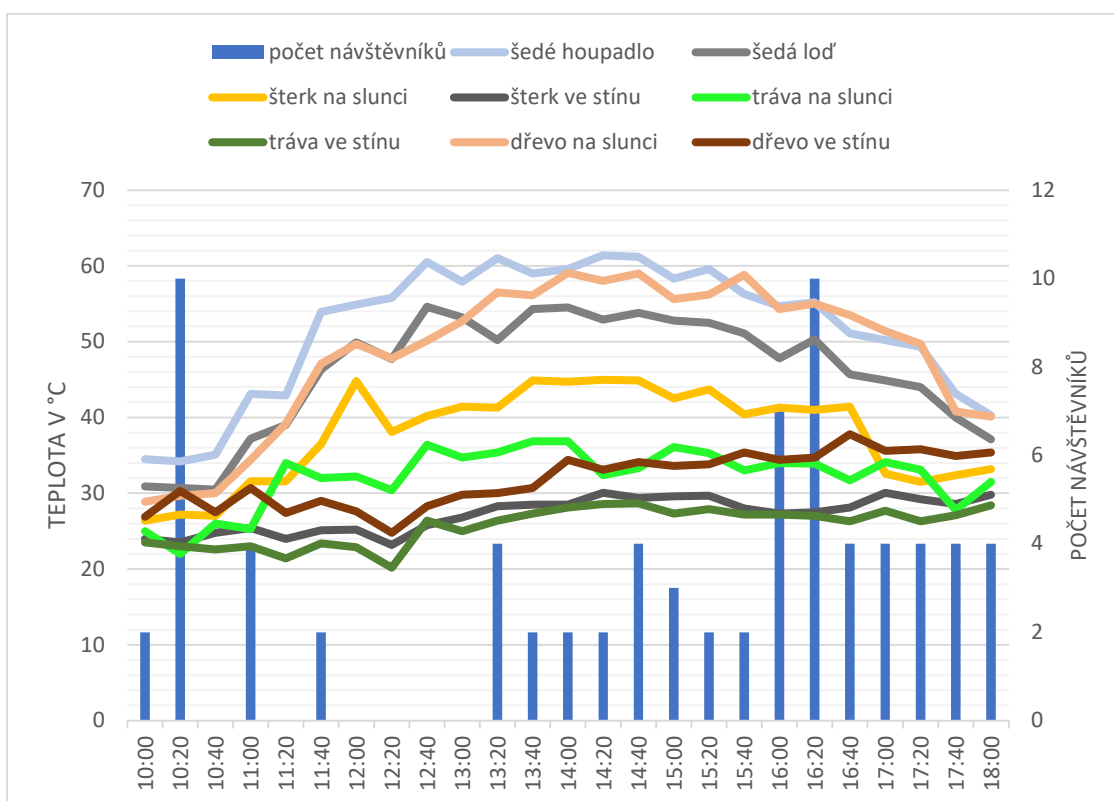
6.8.3. Doplňkové měření 7. 7. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Rozárium

Doplňkové měření teplot vybraných herních prvků a povrchů dětských hřišť probíhalo 7. 7. 2021 souběžně s měřením dat potřebných pro výpočet tepelného komfortu pomocí hodnot indexu UTCI. Záznamy teploty v čase měření (10:00 až 18:00) byly prováděny pomocí infračerveného teploměru ve dvacetiminutovém intervalu. V případě dětského hřiště v Rozáriu byly vybrány dva herní prvky, tři povrchy ve stínu a tři povrchy stejného materiálu na přímém slunci. V níže přiloženém grafu (*Obr. 38*) je velice dobře zřetelný rozdíl mezi chody teplot stanic osluněných a zastíněných. Osluněné prvky a povrchy jsou silně ovlivňovány množstvím přijaté energie ze slunečního záření. Tvar křivek znázorňujících chod teplot osluněných povrchů a prvků je velmi podobný s chodem výsledných hodnot kulového teploměru (T_g) z *přílohy 1* (*Obr. 13*). Rozpětí zaznamenaných teplot z doplňkového měření je znázorněn v grafu v *příloze 4* (*Obr. 3*).

V grafu níže se nám vlivem rozdělení na osluněné prvky a zastíněné prvky utvořily pomyslné dvě skupiny linií. Zajímavé je sledovat fakt, že přestože je pozorována tráva na slunci i tráva ve stínu, hodnoty teploty osluněné trávy v grafu nejsou ve skupině linií zbylých osluněných prvků a ani nekopírují tvar křivek zbylých osluněných prvků. Naopak, i přestože je osluněná, tak se chod teplot i tvarem křivky chodu teplot spíše podobá skupině sledovaných prvků, jež jsou kryty stínem. Teplotní rozdíl mezi trávou ve stínu a trávou na slunci v maximech činí rozdíl 10,5 °C a v průměru 8,5 °C. Z dat můžeme usuzovat a říci, že travnatý povrch patří k teplotně nejstabilnějším povrchům, které se dají pro prostor dětských hřišť použít. Počet návštěvníků se během času měření výrazně lišil. Zatímco v ranních a dopoledních hodinách bylo hřiště spíše zřídka navštěvované, tak v časech od 15:00 se počty návštěvníků navýšily (*Obr. 31*). Dle grafu by se dalo usuzovat, že by mohla existovat souvislost mezi počtem návštěvníků hřiště a klesajícími teplotami po 16:00.



Obr. 38 Chod hodnot doplňkového z měření herních prvků ze dne 07. 07. 2021



Obr. 39 Chod hodnot doplňkového z měření herních prvků ze dne 08. 07. 2021

6.8.4. Doplňkové měření 8. 7. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Rozárium

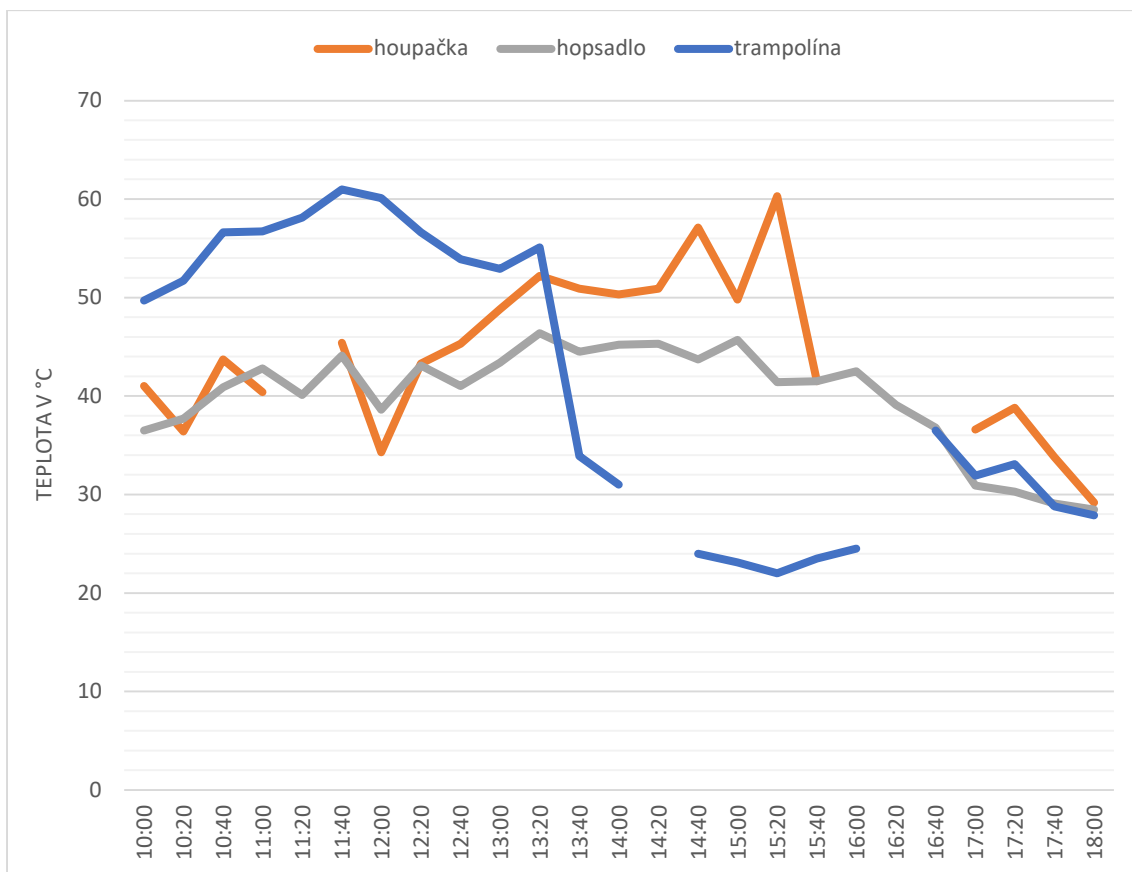
Doplňkové měření na dětském hřišti v Rozáriu probíhalo i druhým dnem 8. 7. 2021. Stejně jako u předešlého případu šlo souběžné měření s měřením dat potřebných pro výpočet tepelného komfortu pomocí hodnot indexu UTCI. Teploty byly zaznamenávány v čase měření (10:00 až 18:00) a byly prováděny pomocí infračerveného teploměru ve dvacetiminutovém intervalu. V případě dětského hřiště v Rozáriu byly opět vybrány dva herní prvky, tři povrchy ve stínu a tři povrchy téhož na přímém slunci. V případě osluněných prvků a povrchů je patrná velká podobnost s chodem výsledných hodnot kulového teploměru, které je možné sledovat v *příloze 1 (Obr. 19)*. V níže přiloženém grafu lze dobře sledovat, že zastíněné prvky a povrchy jsou svými hodnotami konstantnější a nejsou podrobovány výrazným výkyvům. Zajímavá je vlastnost dřevěného materiálu, která má dle naměřených dat větší schopnost udržení nastřádaného tepla na delší dobu. Tento jev lze pozorovat jak v měření ze dne 7. 7. 2021 (*Obr. 38*), ale také z tohoto měření (*Obr. 39*). Rozpětí zaznamenaných teplot z doplňkového měření je znázorněn v grafu v *příloze 4 (Obr. 4)*.

Z naměřených hodnot je zajímavé sledovat chod teplot dvou stejně barevných herních prvků, které jsou však tvořeny z jiných materiálů (šedá loď a šedé houpadlo). Rozdíl teplot, který není nikterak velký, je v tomto případě odstínem použité šedé barvy. Zatímco „šedá loď“ je světle šedé barvy, tak „šedé houpadlo“ je barvy tmavě šedé. Počet návštěvníků dětského hřiště v Rozáriu dne 8. 7. 2021 dosti připomíná počty návštěvníků z předešlého dne (*Obr. 38*). Opět je viditelný nárůst počtu návštěvníků po 16:00. Nedá však usuzovat, že by počty návštěvníků v tento čas rostly v závislosti s poklesem teplot herních prvků či povrchů. Dala by se však hledat spojitost s poklesem pocitové teploty vyjádřené indexem UTCI (*Obr. 22 a 25*).

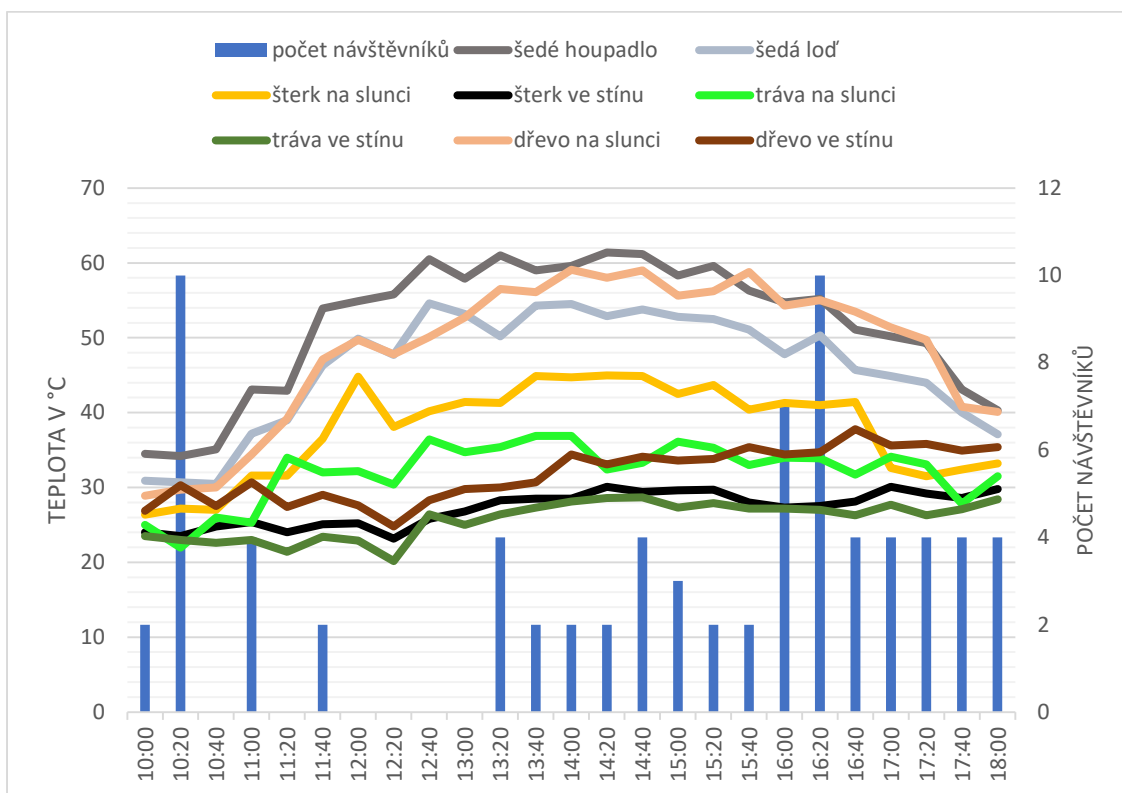
6.8.5. Doplnkové měření 24. 7. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – Čechovy sady

Dne 24. 7. 2021 probíhalo v průběhu měření dat nutných pro stanovení tepelného komfortu vyjádřeného pomocí indexu UTCI také doplňkové měření teplot vybraných herních prvků na území dětského hřiště v Čechových sadech. Data byla zaznamenávána pomocí infračerveného teploměru ve dvacetiminutových intervalech. Pro sběr dat byly vybrány tři herní prvky. Rozpětí zaznamenaných teplot z doplňkového měření je znázorněno v grafu v *příloze 4* (*Obr. 5*). Sběr dat níže přiloženého grafu byl velmi ovlivněn využíváním herních prvků návštěvníky dětského hřiště, tudíž nebyly hodnoty zaznamenány ve všech časech.

Z chodu teplot jednotlivých herních prvků v grafu níže (*Obr. 40*) lze sledovat silnou závislost na oslunění. Jak můžeme vidět i v *obr. 27*, tak odpolední hodiny byly ten den silně ovlivněny oblačností. V chodu teplot se tento propad projevil už v 13:20, což nám dokazuje silný teplotní propad u herního prvku „trampolína“. Podobný silný propad pak pozorujeme u herního prvku „houpačka“. Zpoždění toho propadu se dá přisuzovat zejména vzrostlým stromům v okolí dětského hřiště, které zastínily každou část hřiště v jinou denní dobu. V případech tmavých herních prvků, což jsou v tomto případě „houpačka“ a „trampolína“ sledujeme poměrně vysoké teploty (až 60 °C). Prvky světlejších odstínů, což bylo v tomto případě světlé hopsadlo, svojí teplotou nepřekročily hodnotu 50 °C a jejich chod hodnot byl bez poměrně velkých výkyvů.



Obr. 40 Chod hodnot doplňkového z měření herních prvků ze dne 24. 07. 2021



Obr. 41 Chod hodnot doplňkového z měření herních prvků ze dne 12. 08. 2021

6.8.6. Doplňkové měření 12. 8. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – ulice Mišákova

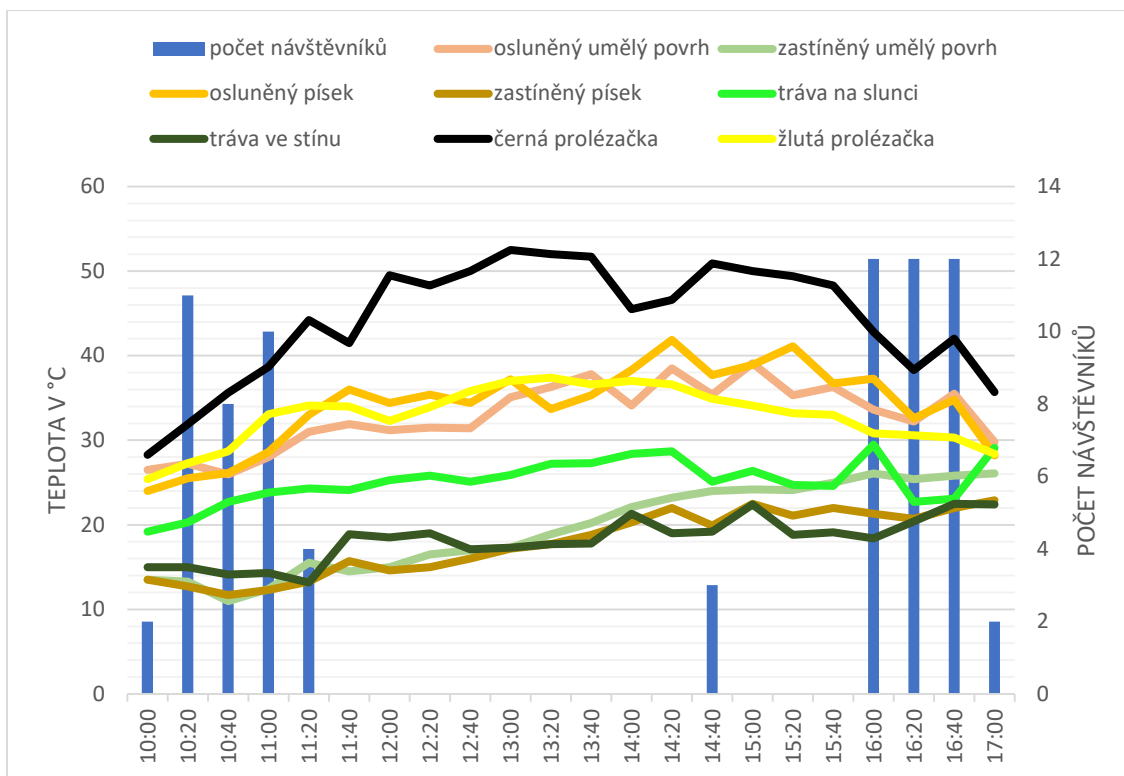
Doplňkové měření chodu teplot vybraných herních prvků a povrchů na dětském hřišti v ulici Mišákova probíhalo souběžně s měřením hodnot potřebných k stanovení tepelného komfortu vyjádřeného pomocí indexu UTCI. Obě měření probíhala v čase od 10:00 do 18:00. Měření teplotních hodnot herních prvků a povrchů probíhalo ve dvacetiminutových intervalech pomocí infračerveného teploměru. Rozpětí zaznamenaných teplot z doplňkového měření je znázorněno v grafu v příloze 4 (Obr. 6).

Z níže přiloženého grafu naměřených hodnot (Obr. 41) lze pozorovat několik aspektů, jež ovlivňovaly chod teplot u jednotlivých herních prvků a povrchů. Maximálních teplotních hodnot během měření dosáhla dřevěná lavička, která již z počátku měření měla nejvyšší teplotu ze sledovaných objektů. V průběhu měření se její teplota dostala až na 58,9 °C (Obr. 41). Zajímavý chod hodnot lze též pozorovat v případě herního prvku „černá houpačka“. Zde z tvaru křivky můžeme vidět vliv zastínění herního prvku stín z přítomného stromu v průběhu měření. Zpočátku teplota tmavého prvku rostla, ale velmi brzy se houpačka dostala do zastíněné oblasti. Viditelný nárůst teploty lze sledovat až po přechodu stínu v čase 14:00, kdy hodnota teploty začne poměrně prudce stoupat vzhůru a v jednu chvíli (v 15:20) je dokonce černá houpačka nejteplejším sledovaným objektem (56,3 °C), (příloha 3, Obr. 1 b). Dá se předpokládat, že pokud by černá houpačka nebyla v průběhu dne zastíněna, tak by její hodnoty teploty byly v průběhu měření nevyšší ze všech sledovaných. Můžeme tak usuzovat díky již předešlým měřením herních prvků a povrchů. Jediným sledovaným povrchem v rámci tohoto měření byl osluněný štěrk světlé barvy. Zde byla naměřena maximální teplota v 12:40, a to 48,9 °C. Teplota šterku tedy za celou dobu měření nepřekročila 50 °C. Štěrk také během sledování nevykazoval výrazně výkyvy hodnot. Počty návštěvníků dětského hřiště během měření rostly nárazově bez patrného vlivu na chodu teplot či počasí. Dlouhodobější obsazenost hřiště je patrná až po 16. hodině, což bylo ovlivněno denním režimem (vyzvedávání dětí z přílehlé školky a volná doba po práci).

6.8.7. Doplnkové měření 9. 9. 2021 – Olomouc, dětské hřiště – park Malého prince

V průběhu získávání dat potřebných k stanovení tepelného komfortu vyjádřeného pomocí indexu UTCI bylo prováděno doplňkové měření chodu teplotních hodnot vybraných herních prvků a povrchů na dětském hřišti v parku Malého prince. V rámci tohoto doplňkového měření byly vybrány dva herní prvky odlišných barev, tři různé druhy povrchů vystavené slunečnímu záření a též tři odlišné povrchy chráněné stínem. Rozpětí zaznamenaných teplot z doplňkového měření je znázorněno v grafu v příloze 4 (Obr. 7).

V níže přiloženém grafu (Obr. 42) je velmi dobře patrné rozčlenění sledovaných objektů do dvou skupin dle jejich oslunění či naopak zastínění. Z dat můžeme vyčíst, že značně vyšších hodnot teploty nabývá v průběhu celé doby měření (10:00 až 17:00). I v tomto případě se potvrzuje nevhodnost tmavých barev použitých pro herní prvky na dětském hřišti. Černá prolézačka dosáhla v maximální teplotě na hodnotu 52,5 °C, což je v danou dobu (13:00) o 15,3 °C více než druhý nejteplejší sledovaný objekt (osluněný písek). Při pohledu na křivku herního prvku „žlutá prolézačka“ je patrné, jak velký rozdíl hraje barva daného herního prvku. Oproti černé barvě vykazuje žlutá barva mnohem nižší teploty v průběhu celého měření. V případě chodu teplot osluněného umělého povrchu, což byla v tomto případě umělá tráva, a osluněného písku lze sledovat velmi podobný tvar křivek i denního chodu teplot a současně podobné hodnoty naměřených teplot. Z toho vyplývá, že rozdílnost těchto dvou materiálů není nijak značná. Jejich obdobný odstín barev je pak důvodem podobných dosažených teplot. Jediný z osluněných povrchů, který dosáhl výrazně nižších teplot, byla tráva. Osluněná tráva v průběhu dne dosáhla maximální teploty 29,5 °C, což je o 4,1 °C méně než teplotním chodem nejbližší povrch (umělá tráva), (příloha 3, Obr. 2). Počet návštěvníků se v průběhu dne rozčlenil do dvou větších návštěvních vln. První vyšší návštěvnost byla zaznamenána v období od 10:00 do 11:30. Druhá větší vlna návštěvnosti pak byla zaznamenána od 16:00 do konce měření (Obr. 42). Vzhledem k umístění hřiště uprostřed panelákové zástavby se dá usuzovat, že návštěvnost je ovlivněna z velké míry běžným denním chodem. To může charakterizovat typický odliv návštěvníků (zejména rodiče s dětmi) před obědem. Z dat však lze usuzovat, že návštěvnost byla tento den též ovlivněna i teplotními poměry (Obr. 34).



Obr. 42 Chod hodnot doplňkového z měření herních prvků ze dne 09. 09. 2021

7. Souhrnné výsledky měření

Z výsledků měření prováděného během léta 2021 na vybraných dětských hřištích v Olomouci vyšla pocitová teplota vyjádřena pomocí indexu UTCI na stanicích vystavených slunci v rozmezí průměrných hodnot od 30,9 °C do 41,3 °C. Je však nutné k těmto výsledkům dodat, že se jejich variability velmi odráží v daných aktuálních podmínkách počasí a také dané lokalitě. Hodnoty ovšem spadají do kategorie, která v rámci UTCI odpovídá mírnému, silnému a až velmi silnému stresu z tepla (*tab. 5*). Z výsledků jednotlivých měření také vychází, že faktorem, který nejvíce ovlivňuje míru rizika vzniku stresu z tepla, je přímé sluneční záření. Přímé sluneční záření pak nejvíce přirozeně ovlivňuje míra oblačnosti, případně stíny okolních budov a obecně zástavby. Naměřené hodnoty i jejich výsledné vyjádření v grafech potvrdilo společnou povahu výskytu minimálních a maximálních hodnot v průběhu dne, tj. nižší naměřené hodnoty v průběhu dopoledne a vyšší (maximální) naměřené hodnoty v průběhu odpoledních hodin.

Níže přiložená *tabulka 13* jasně dokazuje již několikrát zmíněný fakt, že stanice (a s nimi i zbytek hřišť), které jsou během dne vystaveny přímému slunečnímu záření, mají značně větší potenciál ke vzniku stresu z tepla. Doba trvání jednoho z nejvyšších stupňů stresu z tepla, tj. velmi silný stres z tepla, trvala až 400 minut. Obecně se dají vybraná hřiště hodnotit jako silně riziková ke vzniku stresu z tepla během horkých letních dní. Jejich tepelný komfort je ovlivněn několika faktory, které jsou velice variabilní. Samozřejmě pak je, že celková hodnota tepelného komfortu vyjádřeného indexem UTCI je silně závislá na denním chodu počasí.

Silným prvkem snižujícím riziku vzniku stresu z tepla se z výsledných dat měření ukázalo být zastínění území dětských hřišť. Hodnoty tepelného komfortu vyjádření indexem UTCI se u zastíněných částí hřišť pohybovaly v průměru od 25,5 °C do 30,8 °C, což odpovídá žádnému až mírnému stresu z tepla. U většiny vybraných hřišť byl stínícím prvkem strom, což jen potvrzuje důležitost vrostlé vegetace v blízkosti dětských hřišť.

Vliv vodní plochy, jež byla podrobena výzkumu v rámci jednoho z měření, se ukázal jako velmi nepatrný. Projevy na chodu výsledných hodnot UTCI nebyly téměř znatelné, což se dá přisuzovat malé ploše vodního prvku. Jistě se ale nedá popřít pozitivní vliv takového vodního prvku v rámci psychického vnímání člověka z pohledu tepelného komfortu či prostým snížením tělesné teploty prostřednictvím přímého kontaktu pokožky s vodou skrze vstoupení do vodního prvku.

Tab. 13 Trvání (v minutách) jednotlivých stupňů míry stresu z tepla na vybraných hřištích

	stanice	žádný stres z tepla (9 až 26 °C)	mírný stres z tepla (26 až 32 °C)	silný stres z tepla (32 až 38 °C)	velmi silný stres z tepla (38 až 46 °C)
měření na hřišti u Michalského výpadu (16. 6. 2021)	MST_1	0	5	80	400
	REF_1	0	15	175	295
	REF_2	0	5	190	290
měření na hřišti v ulici Pukyňova (19. 6. 2021)	PUR_1	0	0	5	480
	PUR_2	0	0	110	375
	REF_1	0	0	15	470
měření na hřišti v Rozáriu (7. 7. 2021)	ROZ_1	0	5	275	205
	ROZ_2	0	150	335	0
	REF_1	0	10	220	255
měření na hřišti v Rozáriu (8. 7. 2021)	ROZ_3	0	75	95	315
	ROZ_4	0	75	95	315
	REF_1	0	60	125	300
měření v Čechových sadech (24. 7. 2021)	CSA_1	0	0	195	290
	CSA_2	0	20	235	205
	REF_1	0	25	255	205
měření na hřišti v ulici Mišákova (12. 8. 2021)	MIS_1	0	130	330	25
	MIS_2	115	370	0	0
	REF_1	0	95	370	20
měření v parku Malého prince (9. 9. 2021)	PMP_1	95	330	0	0
	PMP_2	375	50	0	0
	REF_2	35	210	180	0

8. Diskuze a návrh opatření

Provedené měření a jeho výsledky potvrzují již dřívější výsledky prací a výzkumů jako např. Lehnert a kol. (2018), Lehnert a kol. (2021) či Christen a Vogt (2018). Již z výsledků těchto prací vyplývá, že riziko vzniku teplotního stresu je umocněno povahou městského prostředí či konkrétněji vlivy UHI, tedy městského tepelného ostrova. Téže rysy nesou i výsledky této práce, jejíž výzkum se zaměřil na zhodnocení tepelného komfortu vybraných dětských hřišť v Olomouci. I přes rozdílné podmínky z pohledu např. vegetace se naměřené hodnoty UTCI nepříliš liší od hodnot vykazovaných centrem města Olomouce během výzkumu Lehnerta a kol. (2021).

Použité povrchy hřišť velmi silně ovlivňují celé prostředí dětských hřišť. Jejich odlišné vlastnosti jsou dány především parametry jako jsou barva, materiál, propustnost aj. Z uvedených dat v této práci je možné tvrdit, že nevhodnějšími materiály používající se na povrch dětských hřišť jsou zejména přirozené travnaté plochy, doplněné o zpevněné cesty např. ze světle šedých dlaždic, a také případně kamínky světlé barvy. Benefity těchto uvedených materiálů spočívají především v tepelných vlastnostech materiálů, propustnosti a též v případě přirozené trávy ve vnímání materiálu psychikou člověka. Zde je však dobré podtrhnout skutečnost, že jde opravdu především o efekt lidského vnímání a vlivu na psychické rozpoložení (Kondo a kol., 2018). I z prací v tuzemském prostředí je totiž známo zjištění, že lidé se sice cítí na travnatém povrchu či ve vegetačně bohatším prostředí teplotně komfortněji, avšak tato prostředí nemusí nutně poskytovat výrazné snížení tepelné expozice ve srovnání s ostatními povrchy. (Lehnert a kol., 2021).

Vzhledem k účinnosti z pohledu snižování rizika vzniku stresu z tepla se v této práci, stejně jako již v jiných studiích (Kántor a kol., 2018; Lehnert a kol., 2021; Shashua-Bar a kol., 2011) projevilo jako nejvýhodnější řešení umístění stínících prvků na hřištích. Stanice, jež byly umístěny ve stínu stromu či umělého prvku na značnou část dne dokázaly poskytnout ochranu před stresem z tepla alespoň o jednu úroveň stresu z tepla. Zajímavé však je sledovat jejich rozdílnou míru účinnosti (přirozené/umělé zastínění). Výsledné hodnoty UTCI v této práci ukazují, že stínící prvky fungují jako dobrá ochrana před možným stresem z tepla bez ohledu na jejich materiál.

K podobným závěrům došla i studie od Middela a kol., (2016), kdy se svým týmem nezjistili žádné významné rozdíly při porovnávání dopadu různých typů stínění. Jak ale lze vyčíst z jiných prací např. (Kántor a kol., 2018), tak zejména vzrostlé stromy s širokým a dost hustým baldachýnem koruny stromu mohou snižovat tepelný stres s větší účinností než umělé prvky. Přestože umělé plachty blokují přímé sluneční záření, nejsou tak účinné jako stromy (Kántor a kol., 2018).

S přihlédnutím k získaným výsledkům z měření a jejich rozboru společně s obecně známými aspekty správného rozvoje veřejných prostranství a již realizovanými úspěšnými projekty, tato práce představuje i návrhy a doporučení při budování či úpravách dětských hřišť v městském prostředí. Cílem této diplomové práce totiž není pouze podat věcná a měřeními podložená data o stavu vybraných dětských hřišť, nýbrž také se pokusit ze získaných poznatků navrhnout cestu, která by probíranou problematiku posunula o krok blíže k ideálnímu stavu. Díky naměřeným datům lze navrhnout teoretická řešení a kroky, které by měly napomoci vytvořit z prostoru dětských hřišť lepší a pro lidi příjemnější místo k pobytu.

Ze zahraničních projektů, jež by mohly být příkladem v rámci řešení povrchu dětského hřiště, je to např. projekt Heliport Green z Rotterdamu. Tento projekt byl realizován v rámci Life Urban Adapt v Rotterdamu a za cíl si stanovil přestavbu dětského hřiště ve vnitrobloku zastavěné části města. Problematika tepelného komfortu byla na tomto hřišti vyřešena hned několika způsoby, které se navzájem doplňují. Prvním aspektem napomáhajícím k snížení rizika vzniku stresu z tepla byla geometrie hřiště. Z geometrie hřiště následně vychází i zbylé prvky použité během výstavby. Zde bylo využito kruhových tvarů, které byly na sebe navázány tak, aby centrem hřiště byly dva kruhy. Středem těchto dvou kruhů jsou zároveň nejnižšími body celého vnitrobloku, tudíž při dešti směřuje voda právě tam. Voda je do středů sváděna uměle vytvořenými potůčky do odtoků právě ve středech kruhů. Díky tomuto tvaru je během dešťů hřiště ochlazeno, voda je odvedena smysluplným způsobem a zároveň je i zavlažena zeleň.

Jako materiál pro povrch hřiště byl zvolen tartan světlé barvy. Volba barvy je v tomto případě důležitá, protože jak vyplývá i z výsledků měření této práce, právě tmavé umělé povrchy mají nejhorší teplotní vlastnosti. Posledním prvkem, který však svou plnohodnotnou funkci bude plnit až za několik let, je výsadba vegetace, a to konkrétně dřevin, které postupem času zajistí pro hřiště stín.



Obr. 43 Realizovaná úprava hřiště „Projekt Heliport Green“, zdroj: <https://urbanadapt.eu/>

Další dílčí roli ve zvládnání horkých vln v rámci dětských hřišť také plní vodní prvky. Je však důležité tyto vodní prvky správně zvolit. Kupříkladu vodní plochy mají pouze malý efekt na zmírnění stresu z tepla, pokud nedosahují velkých ploch (Völker, Baumeister, Classen, Hornberg, & Kistemann, 2013). To pochopitelně není vždy možné. Toto tvrzení potvrzují i data získaná v této práci, kdy zkoumaná vodní plocha v Rozáriu neměla žádný znatelný efekt. Jako vhodná alternativa pro dětská hřiště se zdají být rozprašovače vody. Tyto prvky dokáží ochladit nejen částečně okolní vzduch, ale především skýtají možnost ochlazení přímo organismu člověka. Jejich podoba může značně variabilní od strohých typů (*Obr. 6*) až po barevnější úpravy (*Obr. 44*). Nejideálnější varianta vodního rozprašovače je z pohledu zmírnění stresu z tepla kombinace stínícího prvku a rozprašovače zároveň (*Obr. 45*). Důležité je pak např. u rozprašovacích prvků jejich konkrétní umístění. Velký vliv na míru účinnosti pak má velikost samotného rozprašovače a také velikost kapiček. To vše velice silně závisí na daném počasí nebo také na již zmíněné kombinaci vícera prvků (Vanos a kol., 2010)



Obr. 44 Vodní prvek u MŠ Slavičkova ve Staré Boleslavi (zdroj: <https://www.participativni-rozpocet.cz/>)

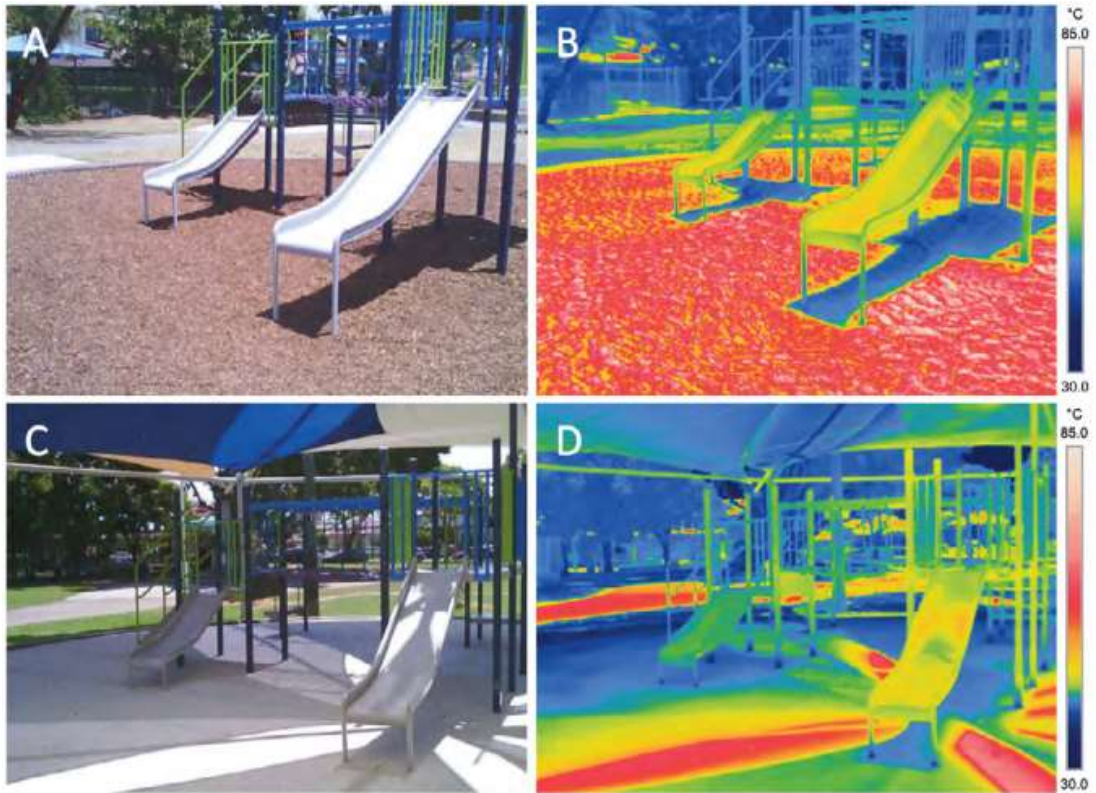


Obr. 45 Stínící prvek v kombinaci s rozprašovačem vody (autor: Michal Lehnert)

V případech, kdy je situace z pohledu tepelného komfortu skutečně riziková či není možná výsadba vegetace jako stínícího prvku, lze přikročit ke kroku zastínění celého hřiště umělým prvkem. Rozdíl teplotních poměrů zkoumal Pfautsch a kol. (2021) na jednom z dětských hřišť na předměstí Sydney (*Obr. 46 a 47*). Zmíněný rozdíl mezi stínem stromu a stínem umělého prvku je primárně dán rozdíly v propustnosti slunečního záření. Když jsou stromy olistěné, tak jejich koruny brání více slunečnímu záření než umělá stínící plachta (Kántor a kol., 2018). To má za důsledek to, že je následně zemský povrch chladnější, což snižuje množství vyzařovaného tepla ze země v odpoledních hodinách. Naopak propustnost stínících plachet je vyšší, tudíž je popsáný efekt slabší.



Obr. 46 Příklad zastínění celého hřiště umělým stínícím prvkem (Project UV-Smart Cool Playground) (zdroj: Pfautsch a kol., 2021)



Obr. 47 Ukázka vlivu zastínění na teplotních poměrech dětského hřiště (zdroj: Pfautsch a kol., 2021)

Z pohledu druhu či stavu použité vegetace je hlavní se zaměřit na jednotlivé vlastnosti vybraných rostlin a zejména stromů. Primární je procentuální míra pokrytí plochy dětského hřiště, kdy dostatečná zastíněná plocha hřiště dokáže průměrnou pocitovou teplotu za celou plochu hřiště snížit i o několik stupňů (Tab. 14). Též je důležité přihlížet k výšce daných stromů nebo použitému druhu stromu. Právě druhová skladba použité vegetace dokáže ovlivnit hned několik faktorů v rámci dětského hřiště najednou (Takács a kol., 2016). Mohlo by se tedy zdát, že řešení ke zvýšení tepelného komfortu ve městě je zvýšení koncentrace vodních prvků a zeleně, tedy obecně modro-zelené infrastruktury. Toto tvrzení je však v mnohých směrech dosti rozporuplné. Vezmeme-li si za příklad zeleň, ta ovlivňuje množství procesů, jež v některých případech mají zcela protichůdnou funkci. Jak v rozhovoru pro Aktuálně.cz uvádí Mgr. Jan Geletič Ph.D., *"Koruny stromů například zachycují část světelného a tepelného záření, čímž ohřívají vzduch, a naopak snižují ohřívání zastíněných povrchů. Vedle toho odpařují vodu, čímž teplotu vzduchu snižují. Také ovšem tlumí proudění vzduchu a produkují těkavé organické látky, například terpeny."* Podobné protichůdné funkce má v některých případech i voda, ta sice může snížit tepelnou zátěž, ale za určitých okolností též zvýšit tepelnou expozici člověka v městských oblastech (Lehnert a kol. 2021).

Tab. 14, vztah mezi procentem pokryvu stromy a stupněm ochlazení (°C)

míra ochlazení v °C	pokrytí stínem stromu v %
1	16
2	32
3	48

Zdroj: Marando, 2022

Výzkum současného stavu již postavených hřišť by měl také sloužit jako součást metodiky či návrhů na výstavbu nových hřišť. Bude-li se totiž myslet na možné negativní vlivy jednotlivých faktorů ještě před výstavbou hřišť, může se předejít nemalým dopadům na lidské zdraví. Též je důležité dopředu plánovat nejen použití jednotlivých povrchů, prvků a barev, ale také je dobré myslet na samotné umístění hřiště, kompozici a obecně vhodnost lokalizování v rámci geometrie daného místa.

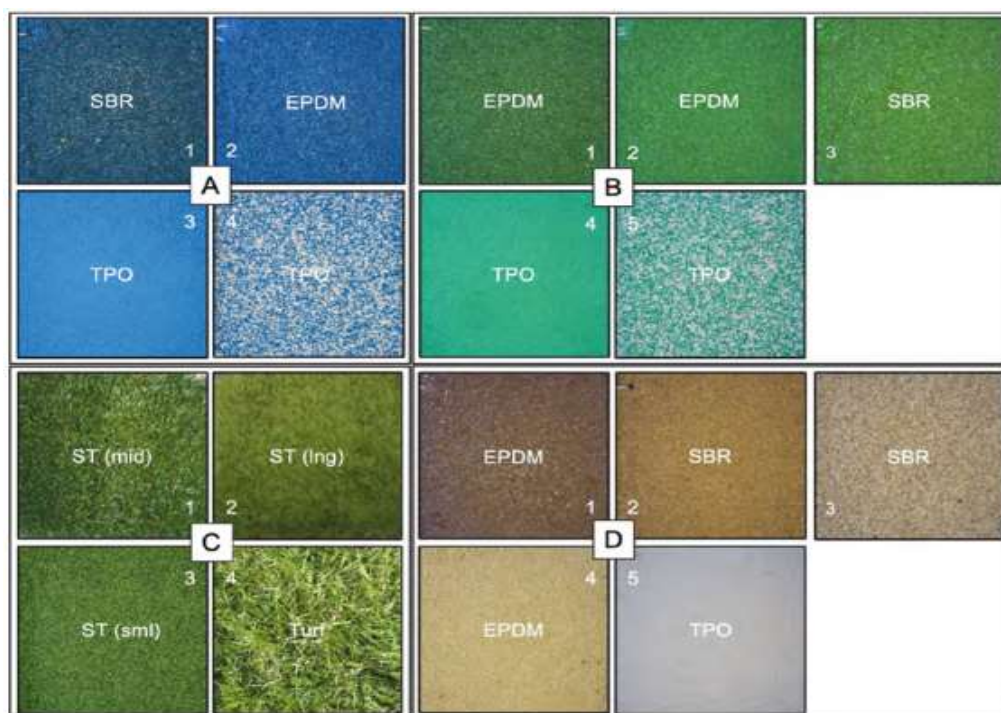
Samotný výzkum tepelného komfortu by měl být kromě výzkumu tepelné expozice a pocitových faktorů uživatelů hřišť obohacen o další aspekty, které dokáží detailněji odhalit možná rizika jednotlivých hřišť. Jako jeden z kroků ke zkvalitnění výsledků i zde předloženého výzkumu by mohlo být např. zaznamenávání chodu stínu v průběhu dne pro následnou případnou modelaci teplotního chodu hřiště. S tím se také pojí vhodnost případného snímkování pomocí dronu s termokamerou. Pořízené fotky by pomohly opět o něco více přiblížit teplotní prostředí dětských hřišť. Jako nedílnou součást výzkumu prostředí dětských hřišť by měla také být studie přítomných rostlin (převážně dřevin) jako tomu podobně bylo u výzkumu tepelného komfortu Takácsem a kol. (2016). Míra jejich vlivu na okolní prostředí by se dala hodnotit např. z pohledu intercepce (tj. zadržování vody na povrchu vegetace). Měření těchto hodnot je však poměrně složitý úkon.

V rámci výzkumu tepelného komfortu dětských hřišť či obecně teplotních poměrů na dětských hřištích během horkých vln a velmi teplých dnů by se budoucí výzkum měl zaměřit nejen na atmosférické podmínky daných hřišť, ale spíše na jednotlivé prvky hřišť z pohledu materiálů, tvarů, barev a struktury. Navzájem se doplňující směry výzkumů by jistě přinesly komplexnější poznatky o prostředí dětských hřišť. Podobné pozorování (*obr. 48*) jenž bylo nyní předestřeno, zkoušel v příměstské lokalitě u Sydney již též zmíněný Pfautsch a kol., (2021).

Testování jednotlivých povrchů Pfautschem a kol., (2021) bylo zaměřeno především na jejich barvu, odstín, materiál a také hrubost (obr. 48). Právě vlastnost hrubosti, jak též uvádí Pfautsch a kol., (2021), velmi ovlivňuje výsledné hodnoty teploty. Zejména se pak tento efekt projevuje u vzrostlejší trávy nebo povrchu, který tvoří větší kamínky. Způsobeno je to tím, že samotná stébla trávy nebo větší kameny vrhají stín na spodní vrstvy povrchu a ten se následně tolik neprohřívá. Podobný efekt byl zaznamenán i během měření v této práci, kdy především při měření teploty travnatých povrchů byly teploty velice rozdílné podle toho, kam paprsek teploměru mířil. Opět je však nutné brát na zřetel fakt, že i když tyto povrchy mohou mít nižší teplotu než jiné, tak výsledná hodnota tepelného komfortu vyjádřená UTCI není nijak silně tímto ovlivněna.

Na výsledcích tohoto výzkumu od Pfautsche a kol., (2021) pak bylo přestaveno experimentální dětské hřiště *UV-Smart Cool Playground*. I tento zmíněný výzkum by však byl mnohem hodnotnější, kdyby byl obohacen právě o výzkum podobný tomu, který byl představen v této diplomové práci, tedy vyhodnocení tepelného komfortu pomocí indexu UTCI.

Potenciál této diplomové práce může být značný s přihlédnutím k přesahu tématu zejména v otázkách ochrany dětí a úprav dětských hřišť. Právě tematika dětských hřišť je v českém prostředí problematikou, která může být podrobena výzkumům klimatickým, biologickým (vegetace a reakce lidského organismu) a též psychologickým (postoj lidí a hlavně dětí).



Obr. 48 Příklad materiálů podrobených pozorování Pfautschem a kol., (2021).

9. Závěr

Tato diplomová práce zaměřená na výzkum tepelného komfortu dětských hřišť primárně spočívala v terénním měření potřebných dat k stanovení tepelného komfortu pomocí indexu UTCI. Výzkum probíhal v létě 2021 na vybraných hřištích statutárního města Olomouce. Z jeho výsledků je patrné, že dětská hřiště, stejně jako zbylé části města, mají vysokou náchylnost k nadměrnému přehřívání a zvyšování rizika vzniku stresu z tepla. Jako hlavní příčiny vzniku případného stresu z tepla se dle naměřených dat ukázaly být zejména vlivy přímého slunečního záření. Získaná data z jednotlivých hřišť však ukazují i vlivy jiných aspektů počasí na tepelný komfort člověka. S přihlédnutím k velké rozdílnosti případných jedinců, jež by mohli být ovlivněni stresem z tepla, práce také akcentuje důležitost k přihlédnutí na jiné než meteorologické aspekty prostředí.

Dětská hřiště se ukázala být v rámci městské zástavby stejně náchylná ke vzniku stresu z tepla jako zbylé městské okolí bez ohledu na jejich primární účel, tj. pobyt dětí. Výzkum se zaměřil zejména na rozdílnost možnosti vzniku stresu z tepla vzhledem k použitým materiálům, barvám materiálů a způsobu zastínění plochy hřišť. Bez předešlých hypotéz se ukázalo, že největší hodnoty indexu UTCI, a tedy i pravděpodobnosti vzniku stresu z tepla, vykazují dětská hřiště jejichž povrch je tvořen primárně z umělých a tmavých povrchů, jako je umělá tráva či tartan. Povrchy z přírodních materiálů jako je písek, štěrk a zejména pak tráva, vykazovaly nižší hodnoty indexu UTCI, a tedy i nižší pravděpodobnost vzniku stresu z tepla. Jako nejúčinnější ochrana proti vzniku stresu z tepla se v rámci dětských hřišť ukázaly být stínící prvky bez ohledu na jejich materiál.

Z navrhovaných kroků pro úpravu dětských hřišť vyplývá významnost výběru použitých materiálů nejen pro povrchy hřišť, ale také pro herní prvky. V tomto směru je nejdůležitější správná kombinace odstínu materiálu a druhu. Ideální variantou jsou materiály světlé a přírodního charakteru (tráva, kameny aj.). V rámci úprav dětských hřišť je též velmi podstatné umístění stínících prvků. Ty dle výsledků dokáží nejvíce ochránit před případným rizikem vzniku stresu z tepla. Nejlepší variantou pro takové stínící prvky jsou opět ty přirozeného charakteru, tj. stromy. Vliv vodních prvků se dle studií i výsledků této studie jeví jako pozitivní ve zmírnění stresu z tepla, avšak pouze malou měrou. Instalace vodních prvků by tedy měla být kombinována např. s umělými stínícími prvky. Nedílnou částí předcházení vzniku stresu z tepla je též geometrie hřiště a okolí. Vliv např. prodění větru, který může být právě geometrií okolí ovlivněn, je též jedním z prvků zmírňujících negativní vliv stresu z tepla na lidský organismus.

10. Summary

This thesis aimed to evaluate and measure the level of heat stress exposure at selected playgrounds in the city of Olomouc during the summer of 2021. The secondary aim of this thesis was to evaluate the effect of water features and vegetation on mitigating potential heat stress. This thesis is partly related to the already implemented research on urban climate and thermal comfort, which was carried out in the past years not only in the territory of the city of Olomouc. Thanks to the aforementioned research, this work was able to use an already proven and functional methodology, which was subsequently applied to the playground environment. In contrast to previous research, which has so far mainly dealt with research on the climate and thermal comfort of the city as a whole, this work specifically focuses on playgrounds. Playgrounds were purposively selected as areas where one of the most vulnerable groups of the population occurs, namely children. At the same time, this research on a specific type of territory within the city will help to better illustrate the reality and condition of the urban climate, especially in terms of coping with summer and tropical days. The UTCI index was chosen to assess thermal comfort and potential heat stress, which is currently one of the most comprehensive indices that gives a comprehensive view of the city's climate and thermal comfort. The individual pitches were then rated according to the measured UTCI values and the respective UTCI scale. The UTCI scale reflects the load on the human body on a nine-level scale. The results of this work were complemented by the measurement of the temperatures of the playing elements of the investigated playgrounds depending on their material and colour. From the results of the supplementary measurements and the main measurements, the thesis then provides suggestions for improving the playground environment in terms of thermal comfort.

This thesis did not make any specific assumptions about the outcome. Although the thesis aimed to develop and enrich the already conducted research on urban climate, it also raised the separate issue of playgrounds from the perspective of climate and its current changes. Compared to other parts of the city, playgrounds are places where children are more heavily concentrated. Owing to this fact, the observed heat stress values and their duration sound even more critical than in ordinary streets or squares. The work revealed the great importance of the presence of shading elements and mature vegetation, which adds to its cooling function by its evaporative capacity. An important finding of this work is the question of the materials used as a base for playgrounds. Temperature differences in some cases completely rule out certain materials as suitable materials for playgrounds in the context of children's health.

In addition to the soil surfaces, the work also looked at the colours and materials of the play elements, which in some cases were also risky for children's health. The paints used in the playgrounds investigated were in many cases dark in nature and their albedo combined with the material caused the parts to heat up to 80 °C. The research also focused on the presence of a water surface within the playground. Although the effect of the water feature was not as pronounced, its importance was confirmed in terms of the national mosaic of measures.

Overall, this work has not only become another chapter in the research on urban climate and aspects affecting thermal comfort during summer days but can also serve as a basis for more in-depth research on individual elements mitigating heat stress in children. At the same time, the results of this research can serve as a basis for decision-making in the modification of existing playgrounds or the construction of new playgrounds in the urban environment. As the work is part of already longer research on urban climate, the data and findings can be applied to develop future ideas and research.

11. Seznam literatury

- Alberti, M. (2008). *Advances in Urban Ecology. Intergating Humans and Ecological Processes in Urban Ecosystems*. Springer, New York, 366 s.
- Boori, M. S., & Choudhary, K. (2015). Remote Sensing for Vegetation and Climate Change. *J Geophys Remote Sensing*, 4, e111.
- Cohen, P., Potchter, O., & Matzarakis, A. (2013). Human thermal perception of Coastal Mediterranean outdoor urban environments. *Applied Geography*, 37, 1-10.
- Davis, R. E., McGregor, G. R., & Enfield, K. B. (2016). Humidity: A review and primer on atmospheric moisture and human health. *Environmental research*, 144, 106-116.
- Dobrovolný, P. a kol. (2012): *Klima Brna. Víceúrovňová analýza městského klimatu*. Masarykova univerzita, Brno, 200 s. ISBN 978-80-210-6029-6.
- Fabbri, K. (2013). Thermal comfort evaluation in kindergarten: PMV and PPD measurement through datalogger and questionnaire. *Building and Environment*, 68, 202-214.
- Geletič, J., & Lehnert, M. (2016). GIS-based delineation of local climate zones: The case of medium-sized Central European cities. *Morav. Geogr. Rep*, 24(3), 2-12.
- Geletič, J., Lehnert, M., & Dobrovolný, P. (2016). Land surface temperature differences within local climate zones, based on two central European cities. *Remote Sensing*, 8(10), 788.
- Gilchrist, J., Haileyesus, T., Murphy, M., Collins, C., & McIlvain, N. (2010). Heat illness among high school athletes-United States, 2005-2009. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 59(32), 1009-1013.
- Gomes, L. H. L., Carneiro-Júnior, M. A., & Marins, J. C. B. (2013). Thermoregulatory responses of children exercising in a hot environment. *Revista Paulista de Pediatria*, 31, 104-110.
- Gouldson, A., Colenbrander, S., Sudmant, A., Papargyropoulou, E., Kerr, N., McAnulla, F., & Hall, S. (2016). Cities and climate change mitigation: Economic opportunities and governance challenges in Asia. *Cities*, 54, 11-19.
- Halás, M., Roubínek, P., Kladivo, P. Urbánní a suburbánní prostor Olomouce: teoretické přístupy, vymezení, typologie. *Geografický časopis/Geographical Journal*. 2012, 64(4), s. 289–310.

- Harlan, S. L., Brazel, A. J., Prashad, L., Stefanov, W. L., & Larsen, L. (2006). Neighborhood microclimates and vulnerability to heat stress. *Social science & medicine*, 63(11), 2847-2863.
- Helldén, D., Andersson, C., Nilsson, M., Ebi, K. L., Friberg, P., & Alfvén, T. (2021). Climate change and child health: a scoping review and an expanded conceptual framework. *The Lancet Planetary Health*, 5(3), e164-e175.
- Chen, L., & Ng, E. (2012). Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade. *Cities*, 29(2), 118-125.
- Cheng, W. (2020). *Design of Thermally Comfortable and UVR-Healthy Schoolyards for Children in Low Latitude Urban Areas in North America (College Station, Tx)* (Doctoral dissertation).
- Cheung, P. K., & Jim, C. Y. (2018). Comparing the cooling effects of a tree and a concrete shelter using PET and UTCI. *Building and Environment*, 130, 49-61.
- Christen, A., Vogt, R. (2004). Energy and radiation balance of central European city. *International Journal of Climatology*, 24, č. 11, s. 1359-1421
- Iso, E. (2006). 14040: 2006. *Environmental management—Life cycle assessment—Principles and framework*, 2.
- Jendritzky, G., Bröde, P., Fiala, D., Havenith, G., Weihs, P., Batchvarova, E., & De Dear, R. (2009). Der Thermische Klimaindex UTCI. *Klimastatusbericht*, 96-101.
- Jendritzky, G., de Dear, R., & Havenith, G. (2012). UTCI—why another thermal index?. *International journal of biometeorology*, 56(3), 421-428.
- Jendritzky, G., Fiala, D., Havenith, G., Koppe, C., Laschewski, G., Staiger, H., & Tinz, B. (2007). Thermische umweltbedingungen [The thermal environment].
- Jurek, M., & Vysoudil, M. (2005). Summer air temperatures in Ljubljana (Slovenia) and Olomouc (Czech Republic) in the period 1961–2000. *Dela*, 23, 245-257.
- Kántor, N., Chen, L., & Gál, C. V. (2018). Human-biometeorological significance of shading in urban public spaces—Summertime measurements in Pécs, Hungary. *Landscape and urban planning*, 170, 241-255.

- Kleerekoper, L., Van Esch, M., & Salcedo, T. B. (2012). How to make a city climate-proof, addressing the urban heat island effect. *Resources, Conservation and Recycling*, 64, 30-38.
- Kondo, M. C., Fluehr, J. M., McKeon, T., & Branas, C. C. (2018). Urban green space and its impact on human health. *International journal of environmental research and public health*, 15(3), 445.
- Kotak, S., Larkindale, J., Lee, U., von Koskull-Döring, P., Vierling, E., & Scharf, K. D. (2007). Complexity of the heat stress response in plants. *Current opinion in plant biology*, 10(3), 310-316.
- Landsberg, H. E. (1981), *The urban climate*. Academic press, New York, 275 s.
- Leal Filho, W., Icaza, L. E., Neht, A., Klavins, M., & Morgan, E. A. (2018). Coping with the impacts of urban heat islands. A literature based study on understanding urban heat vulnerability and the need for resilience in cities in a global climate change context. *Journal of Cleaner Production*, 171, 1140-1149.
- Lehnert, M., & Geletič, J. (2017). Místní klimatické zóny a jejich význam ve městech České republiky. *Urbanismus a územní rozvoj*, 20, 9-16.
- Lehnert, M., Geletič, J., Dobrovolný, P., & Jurek, M. (2018). Temperature differences among local climate zones established by mobile measurements in two central European cities. *Climate Research*, 75(1), 53-64.
- Lehnert, M., Geletič, J., Husák, J., & Vysoudil, M. (2015). Urban field classification by “local climate zones” in a medium-sized Central European city: the case of Olomouc (Czech Republic). *Theoretical and applied climatology*, 122(3), 531-541.
- Lehnert, M., Geletič, J., Kopp, J., Brabec, M., Jurek, M., & Pánek, J. (2021). Comparison between mental mapping and land surface temperature in two Czech cities: A new perspective on indication of locations prone to heat stress. *Building and Environment*, 203, 108090.
- Lehnert, M., Tokar, V., Jurek, M., & Geletič, J. (2021). Summer thermal comfort in Czech cities: measured effects of blue and green features in city centres. *International Journal of Biometeorology*, 65(8), 1277-1289.

- Liu, Z., & Jim, C. Y. (2021). Playing on natural or artificial turf sports field? Assessing heat stress of children, young athletes, and adults in Hong Kong. *Sustainable Cities and Society*, 75, 103271.
- Marando, F., Heris, M. P., Zulian, G., Udías, A., Mentaschi, L., Chrysoulakis, N., ... & Maes, J. (2022). Urban heat island mitigation by green infrastructure in European Functional Urban Areas. *Sustainable Cities and Society*, 77, 103564.
- McGregor, G. R. (2012). Human biometeorology. *Progress in Physical Geography*, 36(1), 93-109.
- McGregor, G., and J. Vanos, 2018: Heat: A primer for public health researchers. *Public Health*, 161, 138–146, <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2017.11.005>.
- McGregor, G., P. Bessemoulin, K. Ebi, and B. Menne, 2015: Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development. World Meteorological Organization, 96 pp.
- McMichael, A.J. et al. (1996). *Climate change and human health*. Geneva, Switzerland, World Health Organization, ISBN: 92 4 156248 X
- Middel, A., Selover, N., Hagen, B., & Chhetri, N. (2016). Impact of shade on outdoor thermal comfort—a seasonal field study in Tempe, Arizona. *International journal of biometeorology*, 60(12), 1849-1861.
- Nishimura, N., Nomura, T., Iyota, H., & Kimoto, S. (1998). Novel water facilities for creation of comfortable urban micrometeorology. *Solar energy*, 64(4-6), 197-207.
- Oke T. R. (1987). Boundary Layer Climates. In *Applied Climatology*. London: Routledge, s. 227-261.
- Oke, T. R. (1987): *Boundary Layer Climates*. 2 nd edition, Routledge, London, 435 s
- Oke T. R. (1997). Urban climates and global environmental change. In: Thompson, R.D., Perry, A., eds.: *Applied Climatology. Principles & Practices*. Routledge, London, New York, s-273-287.
- Pfautsch, S., & Wujeska-Klause, A. (2021). *Guide to Climate-Smart Playgrounds: Research Findings and Application*.
- Pour, T., & Viženílek, V. Thermal data analysis for urban climate research: A case study of Olomouc, Czechia.

- Pour, T., Miřijovský, J., & Purket, T. (2019). Airborne thermal remote sensing: The case of the city of Olomouc, Czech Republic. *European Journal of Remote Sensing*, 52(sup1), 209-218.
- Quitt, E. (1971). Klimatické oblasti Československa. *Studia Geographica*. GgÚ ČSAV, Brno, 73 s.
- Sailor, D. J., Lu, L. (2004). A top-down methodology for developing diurnal and seasonal anthropogenic heating profiles for urban areas. *Atmospheric Environment*, 38, s. 2737-2748
- Shashua-Bar, L., Pearlmutter, D., & Erell, E. (2011). The influence of trees and grass on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment. *International journal of climatology*, 31(10), 1498-1506.
- Schmidt, M. (2006). The contribution of rainwater harvesting against global warming. *Technische Universität Berlin, IWA Publishing, London, UK*, 9.
- Štecová, I., Bařtáková, V. & Kluvánková, T. (2017). Zelená adaptácii klímy v mestskom prostredí. *Ecosystem Services and Climate Change Adaptation in urban Areas*. *Životné prostredie*, 51(4), 240-243.
- Taha, H., Akbari, H., Rosenfeld, A., & Huang, J. (1988). Residential cooling loads and the urban heat island—the effects of albedo. *Building and environment*, 23(4), 271-283.
- Takács, Á., Kiss, M., Hof, A., Tanács, E., Gulyás, Á., & Kántor, N. (2016). Modifikace mikroklimatu městskými stínovými stromy – integrovaný přístup k podpoře rozhodování založeného na ekosystémových službách. *Procedia Environmental Sciences*, 32, 97-109.
- Tan, C. L., Wong, N. H., & Jusuf, S. K. (2013). Outdoor mean radiant temperature estimation in the tropical urban environment. *Building and Environment*, 64, 118-129.
- Upmanis, H., Eliasson, I., & Lindqvist, S. (1998). The influence of green areas on nocturnal temperatures in a high latitude city (Göteborg, Sweden). *International journal of climatology: a journal of the royal meteorological society*, 18(6), 681-700.
- Vanos, J. K., Middel, A., Mc Kercher, G. R., Kuras, E. R., & Ruddell, B. L. (2016). Hot playgrounds and children's health: a multiscale analysis of surface temperatures in Arizona, USA. *Landscape and Urban Planning*, 146, 29-42.

- Vanos, J. K., Herdt, A. J., & Lochbaum, M. R. (2017). Effects of physical activity and shade on the heat balance and thermal perceptions of children in a playground microclimate. *Building and Environment*, 126, 119-131.
- Vanos, J., Hondula, D., Middel, A., Ambrose, H., Kaiser, A., & Wright, M. (2019). Motivations to use water for thermal comfort: the influence of evaporative mister systems on thermal comfort in outdoor eateries. In *International Conference UTCI–Assessment Measure in Human Bioclimatology–10 Years of Application and 1st European Biometeorologists’ Regional Meeting, Warsaw*.
- Vysoudil, M. (2009). Klasifikace místních klimatických efektů. *Geografický časopis*, 61(3), 229-241.
- Völker, S., Baumeister, H., Classen, T., Hornberg, C., & Kistemann, T. (2013). Důkazy o schopnosti městského modrého prostoru snižovat teplotu – zdravotní geografická perspektiva. *Erdkunde*, 355-371.
- Vysoudil, M. (2012). Podnebí Olomouce. Univerzita Palackého v Olomouci. Olomouc. 211 s.
- Weber, Stephan. (2006). Comparison of in-situ measured ground heat fluxes within a heterogeneous urban ballast layer. *Theoretical and Applied Climatology*. 83. 169-179. 10.1007/s00704-005-0137-0
- Wong, N. H., Jusuf, S. K., La Win, A. A., Thu, H. K., Negara, T. S., & Xuchao, W. (2007). Environmental study of the impact of greenery in an institutional campus in the tropics. *Building and environment*, 42(8), 2949-2970.
- World Health Organization. (1969). Health factors involved in working under conditions of heat stress: report of a WHO scientific group [kongres v Ženevě mei 29. 8. a 4. 7. 1967].

Internetové zdroje

Aktuality (2021). Dostupné cit. 24. 3. 2022 z:
https://www.olomouc.eu/administrace/repository/gallery/articles/25_/25238/pruzku-m-spokojenosti.cs.pdf

Jak je to s výstavbou nových dětských hřišť a proč se poplatky za odpad neplatí podle jeho množství či objemu? (2021). Dostupné 14. 4. 2022 z
<https://www.olomouc.eu/administrace/repository/radnicni-listy/202108.cs.pdf>

Tauberová, D. (2022, 25. ledna). *Úkaz: v kraji bylo loni normální počasí. Kde měli nejvíce a kde deště?*. Olomoucký deník. Dostupné 9. 3. 2022 z
[https://olomoucky.denik.cz/zpravy_region/pocasiolomoucky-kraj-hodnoceni-250122.html#:~:text=V%20Olomouck%C3%A9m%20kraji%20sv%C3%ADtilo%20slunce,\(1826%2C1%20hod.\)](https://olomoucky.denik.cz/zpravy_region/pocasiolomoucky-kraj-hodnoceni-250122.html#:~:text=V%20Olomouck%C3%A9m%20kraji%20sv%C3%ADtilo%20slunce,(1826%2C1%20hod.))

Thermal Comfort Indices - Universal Thermal Climate Index, 1979-2020 — Climate-ADAPT. Home — *Climate-ADAPT* (2022). Dostupné 3. 3. 2022 z:
<https://climate-adapt.eea.europa.eu/metadata/indicators/thermal-comfort-indices-universal-thermal-climate-index-1979-2019#details>

Thermally comfortable playgrounds. *Thermally Comfortable Playgrounds*, National Program for Playground Safety. (n.d.) (2021). Dostupné 1. 3. 2022 z:
https://www.playgroundsafety.org/thermally_comfortable_playgrounds

US Geological Survey Urban Heat Islands. Available online: <https://www.usgs.gov/media/images/urban-heat-islands> (cit. 8.1.2022).

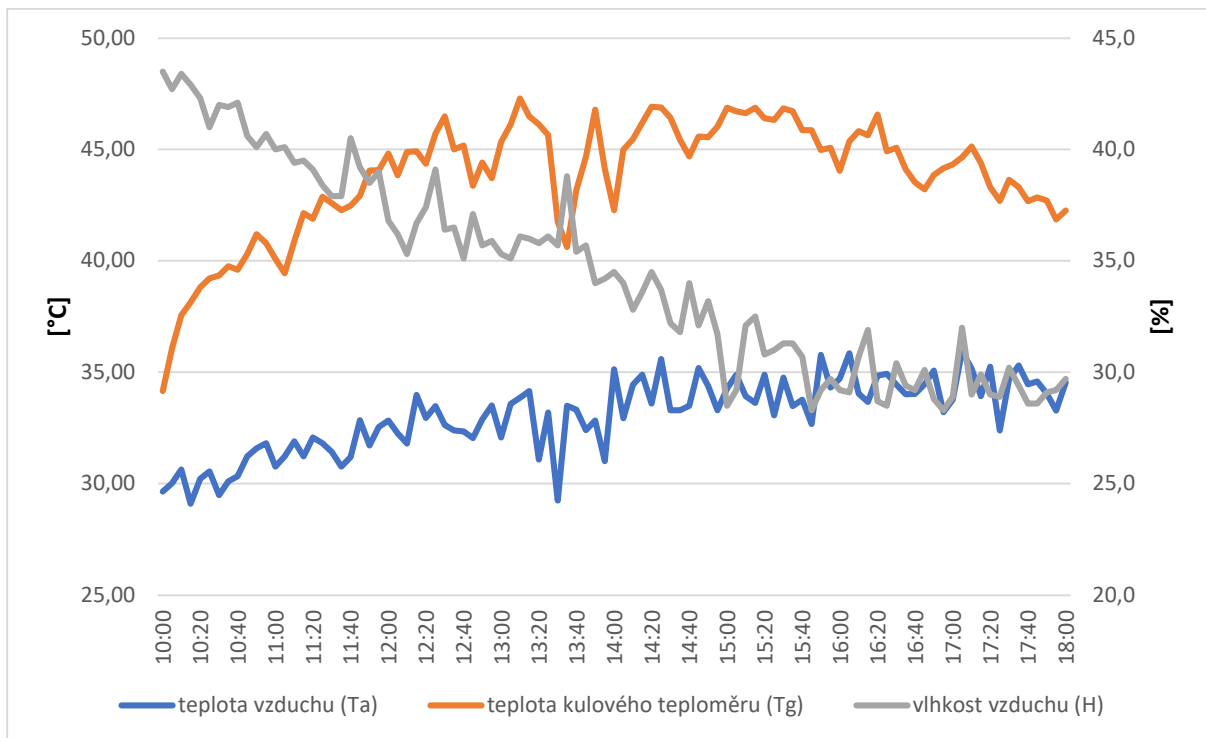
Ostatní zdroje

ISO 7726, E. N. (1998). Ergonomics of the thermal environment—instruments for measuring physical quantities. *Geneva Int Stand Orga*

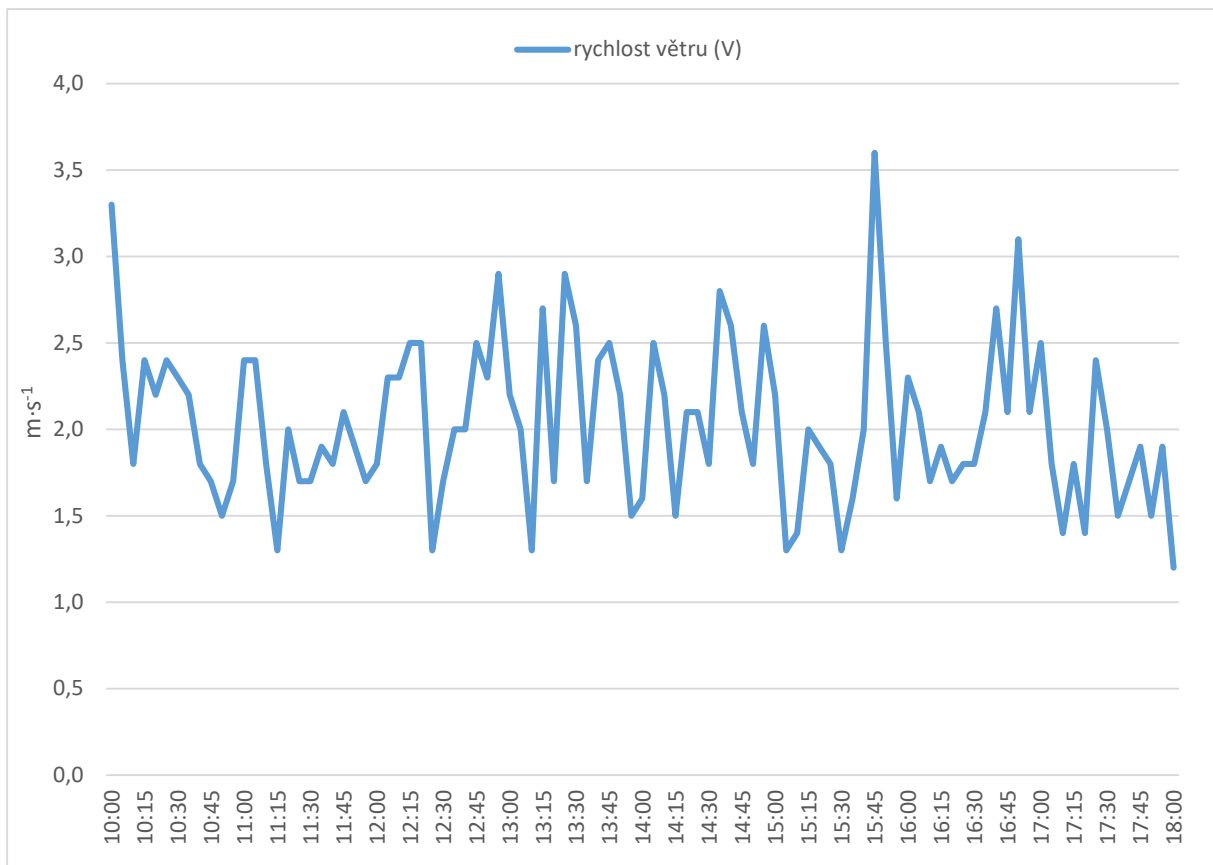
12. Přílohy

1. Chod naměřených hodnot meteorologických prvků ve výzkumných dnech
2. Rozdíly hodnot UTCI mezi stanicemi na dětských hřištích a stanicemi referenčními
3. Vybrané fotky pořízené termokamerou
4. Křabicové grafy rozpětí teplot herních prvků a povrchů

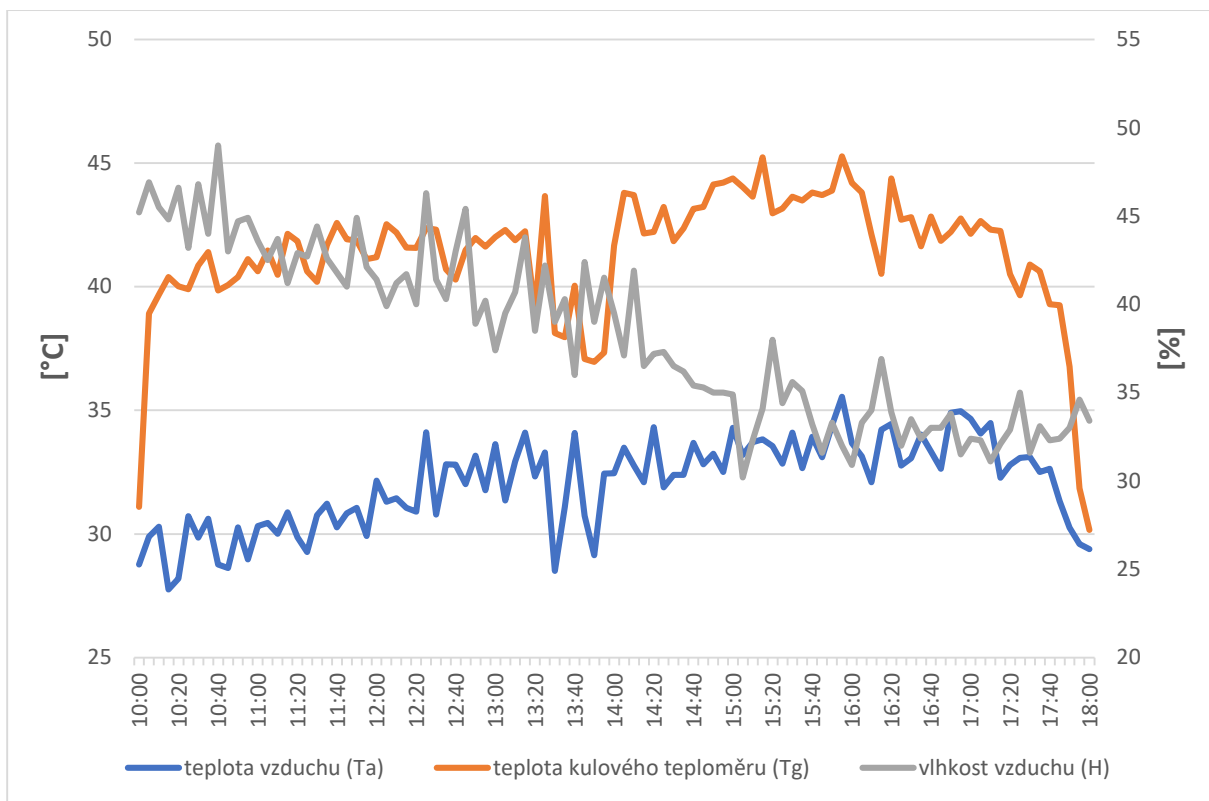
Příloha 1 – chod naměřených hodnot meteorologických prvků ve výzkumných dnech



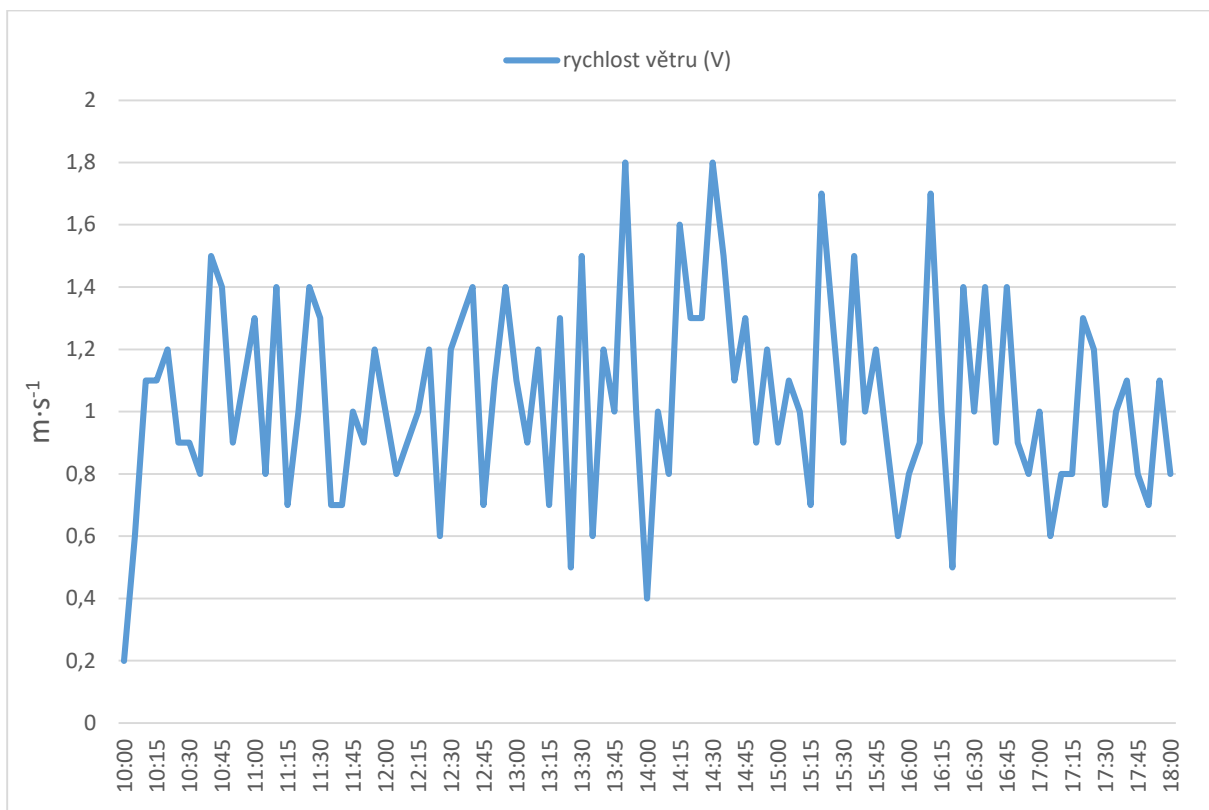
Obr. 1 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice MST_1 na hřišti u Michalského výpadu ze dne 16. 6. 2021



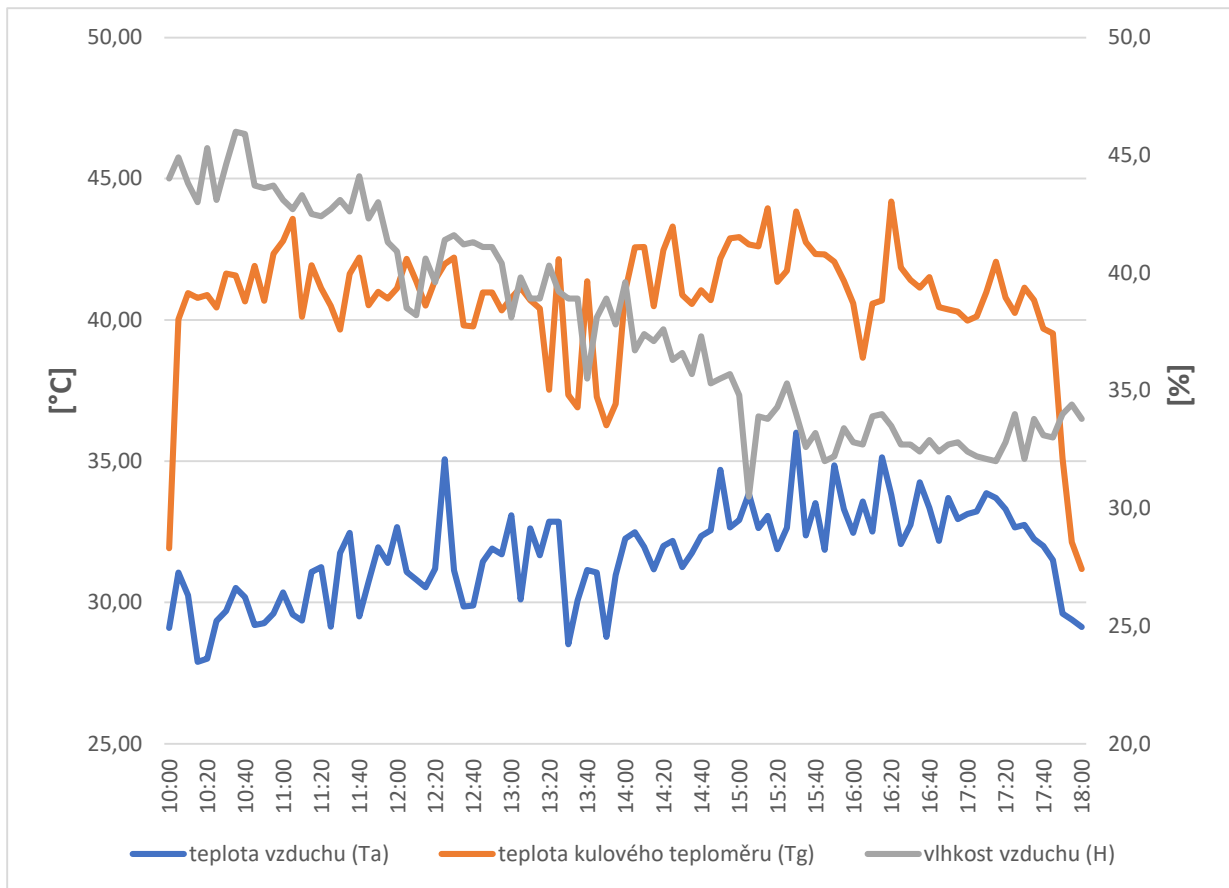
Obr. 2 Chod rychlosti větru ze stanice MST_1 na hřišti u Michalského výpadu ze dne 16. 6. 2021



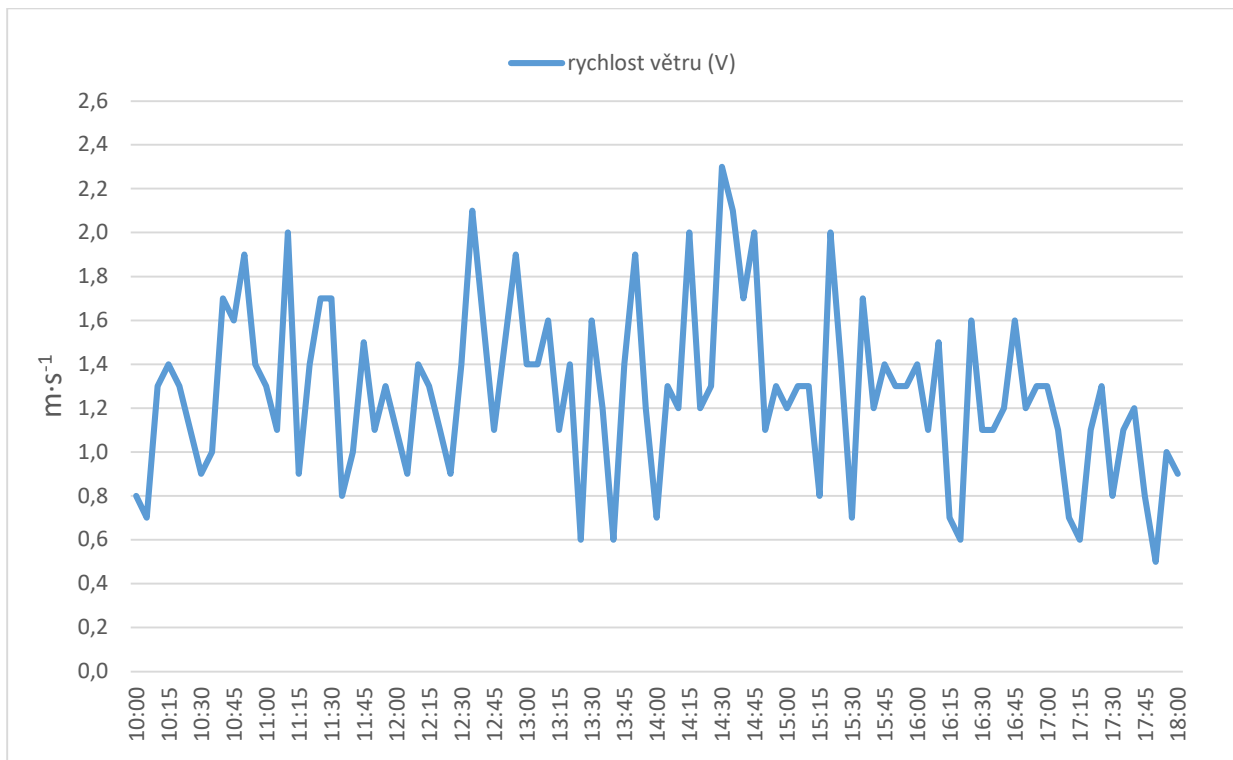
Obr. 3 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice REF_1 za budovou PŘF UPOL ze dne 16. 6. 2021



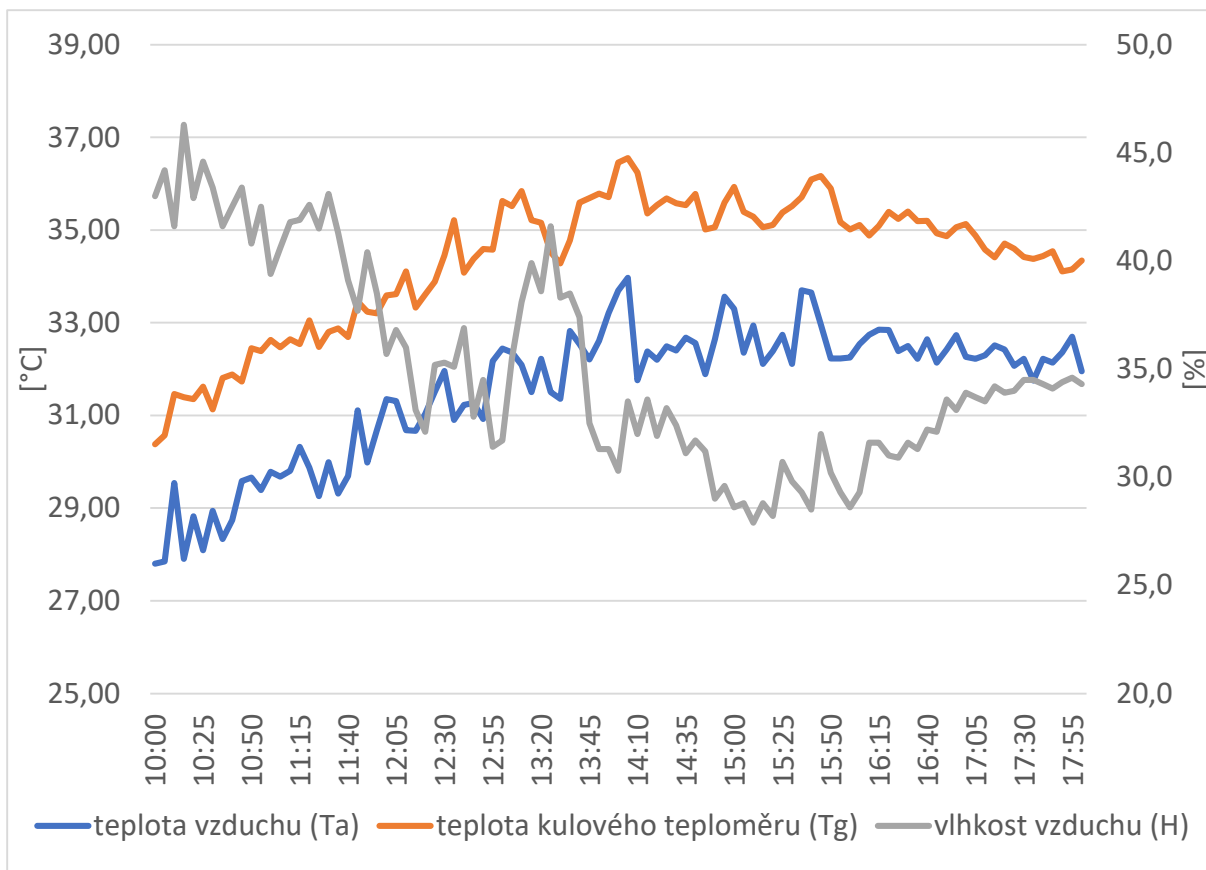
Obr. 4 Chod rychlosti větru ze stanice REF_1 na hřišti za budovou PŘF UPOL ze dne 16. 6. 2021



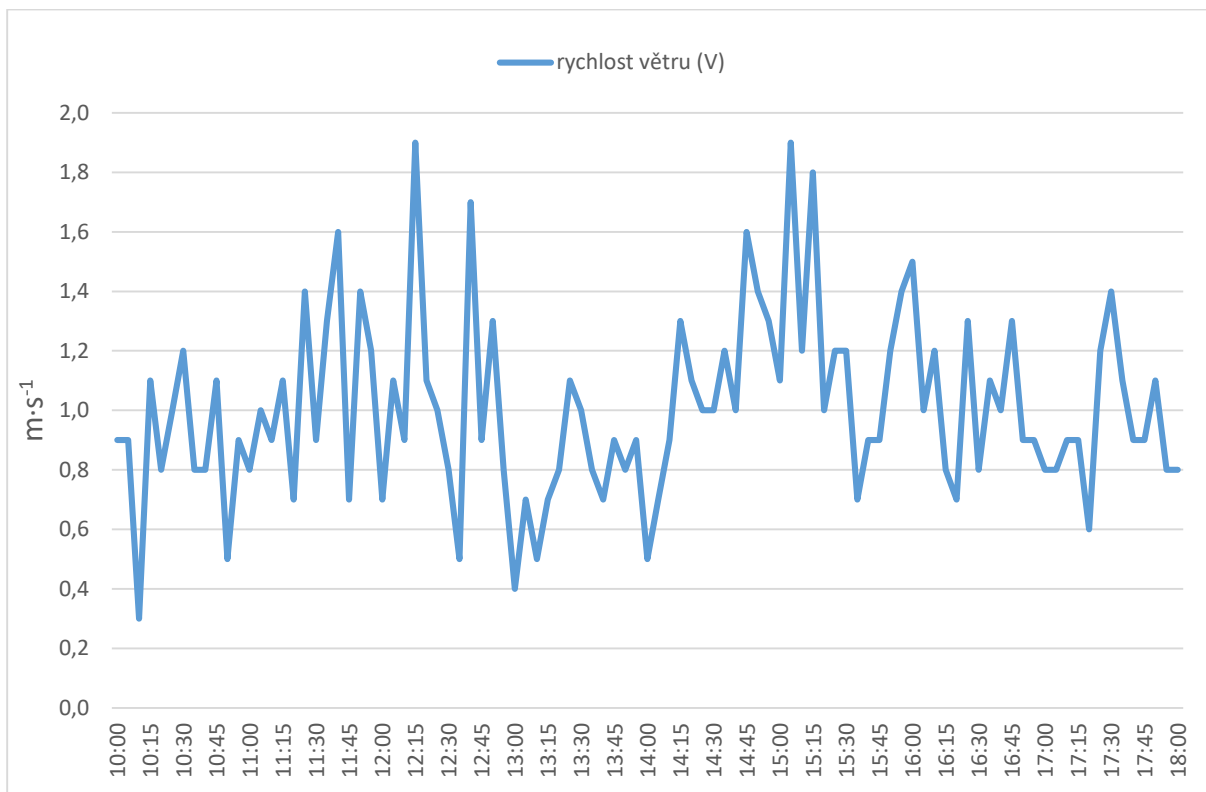
Obr. 5 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice REF_2 za budovou PŘF UPOL ze dne 16. 6. 2021



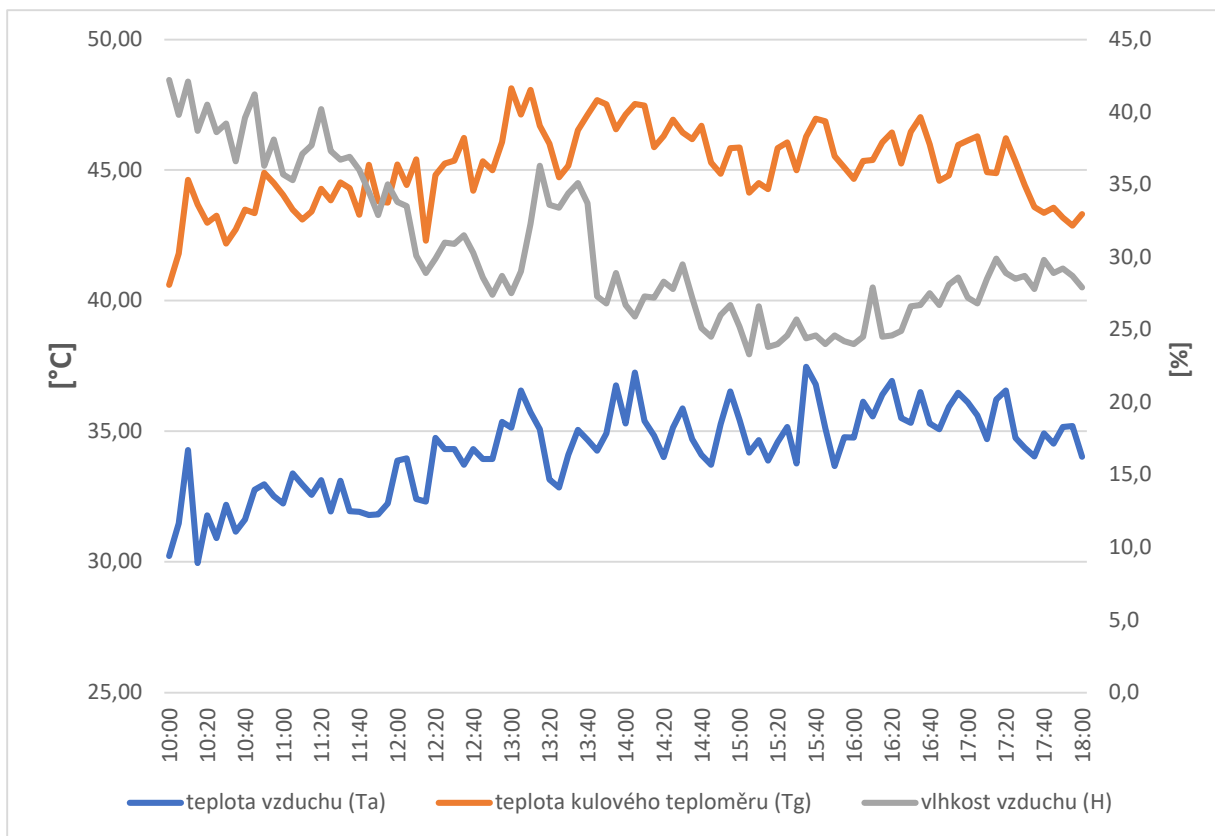
Obr. 6 Chod rychlosti větru ze stanice REF_2 za budovou PŘF UPOL ze dne 16. 6. 2021



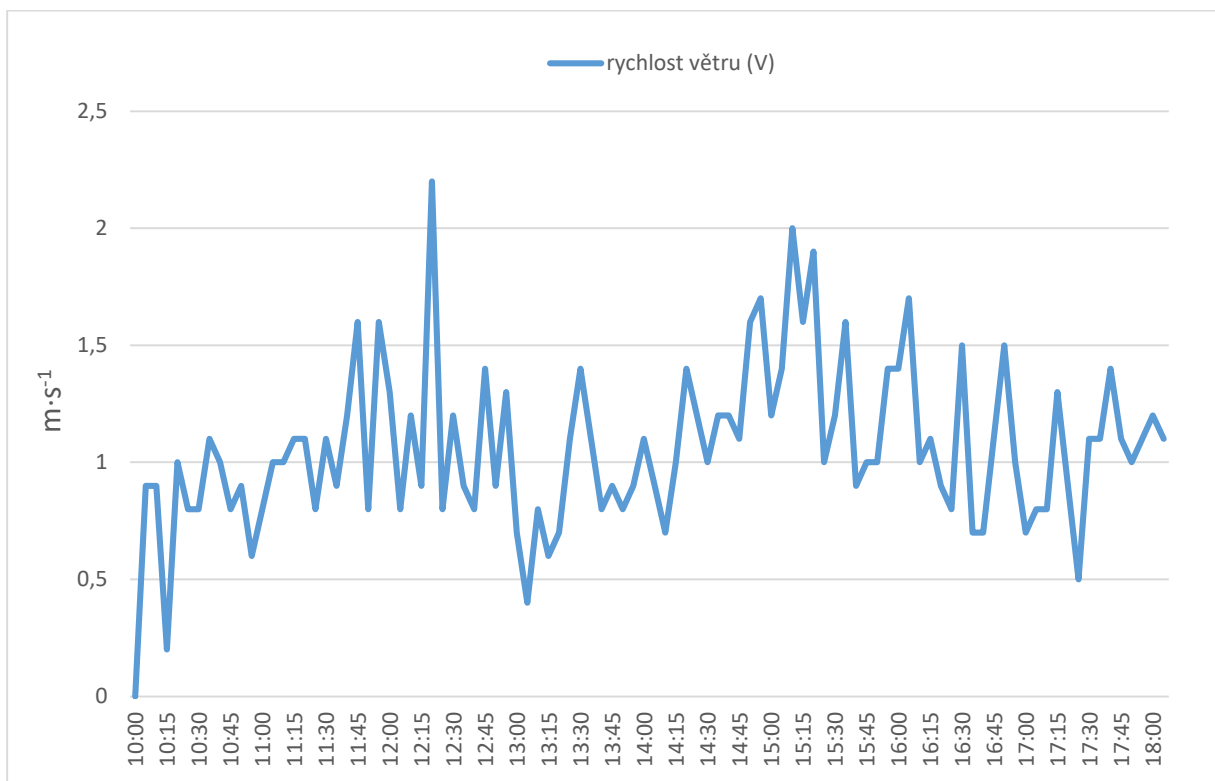
Obr. 7 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice PUR_1 na hřišti v ulici Purkyňova ze dne 19. 6. 2021



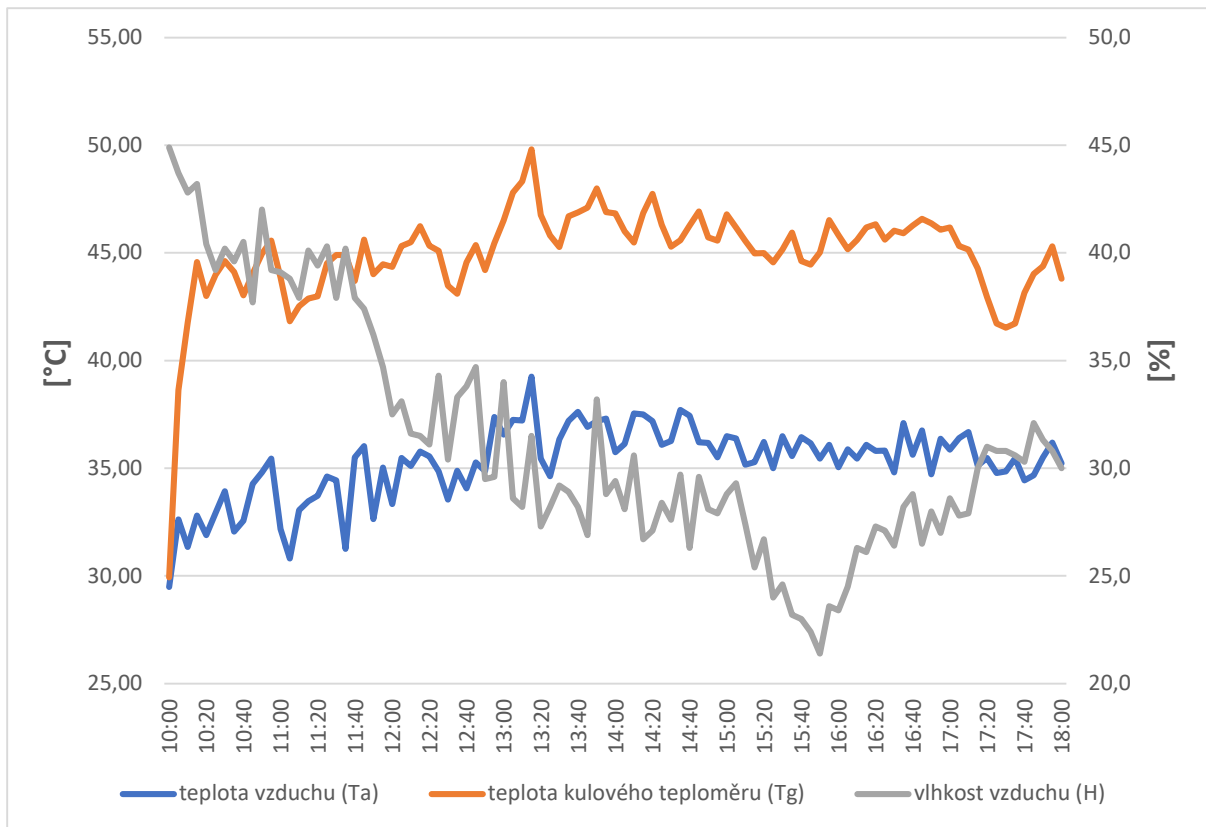
Obr. 8 Chod rychlosti větru ze stanice PUR_1 na hřišti v ulici Purkyňova ze dne 19. 6. 2021



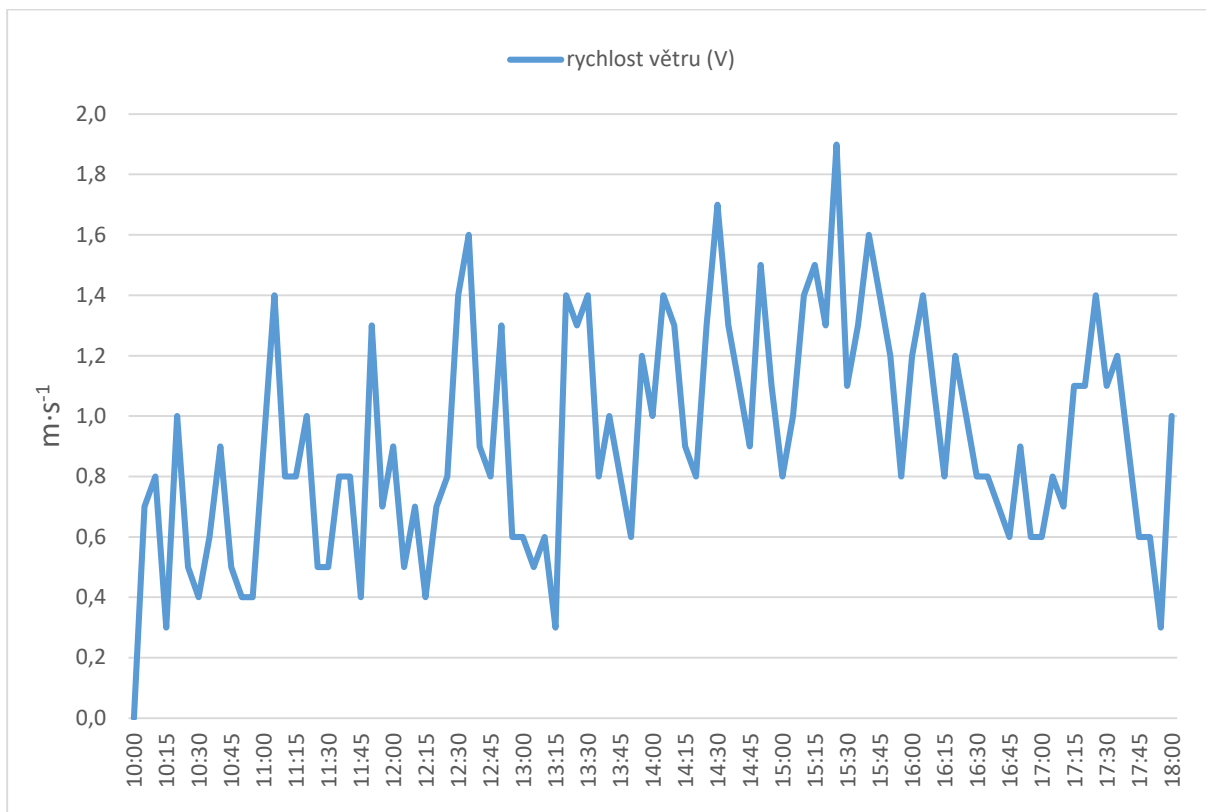
Obr. 9 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice PUR_2 na hřišti v ulici Purkyňova ze dne 19. 6. 2021



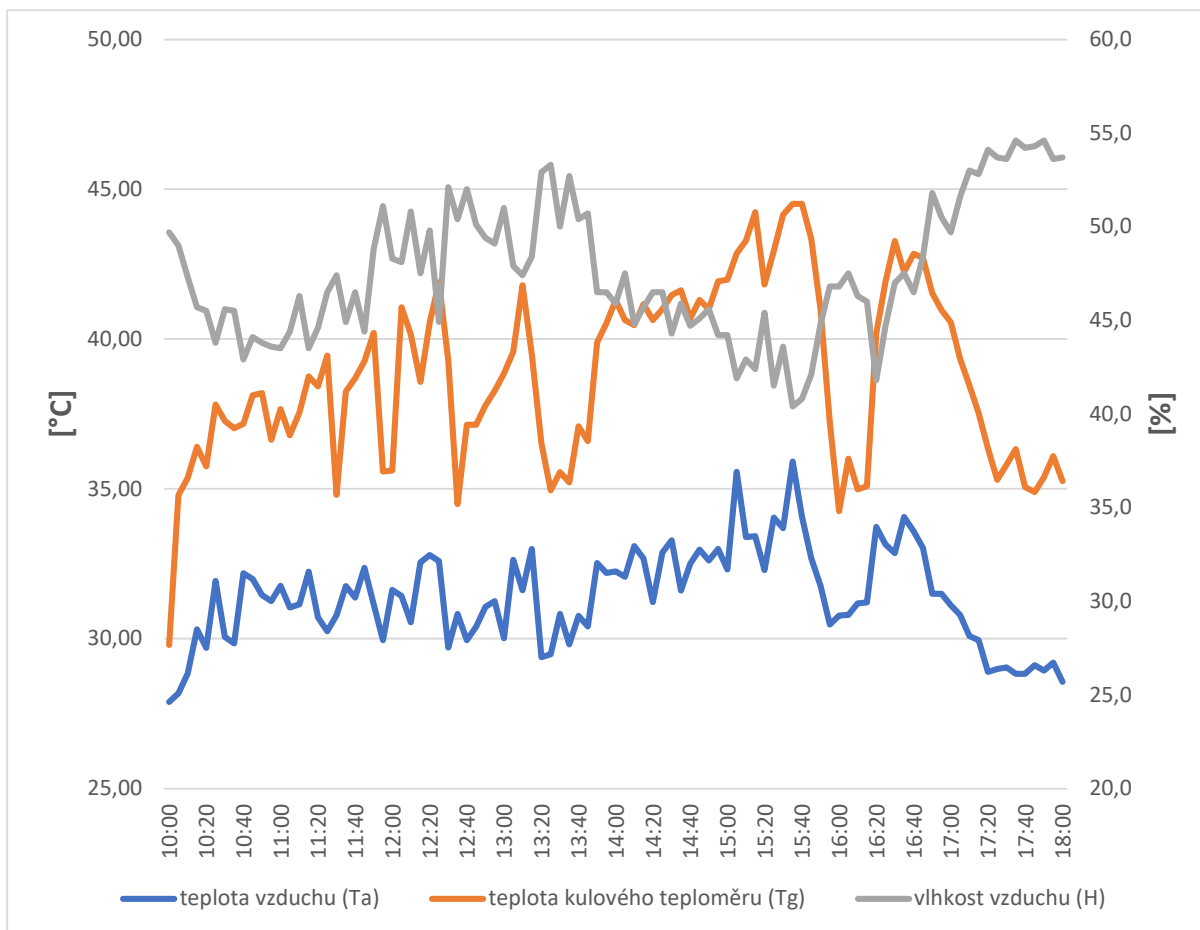
Obr. 10 Chod rychlosti větru ze stanice PUR_2 na hřišti v ulici Purkyňova ze dne 19. 6. 2021



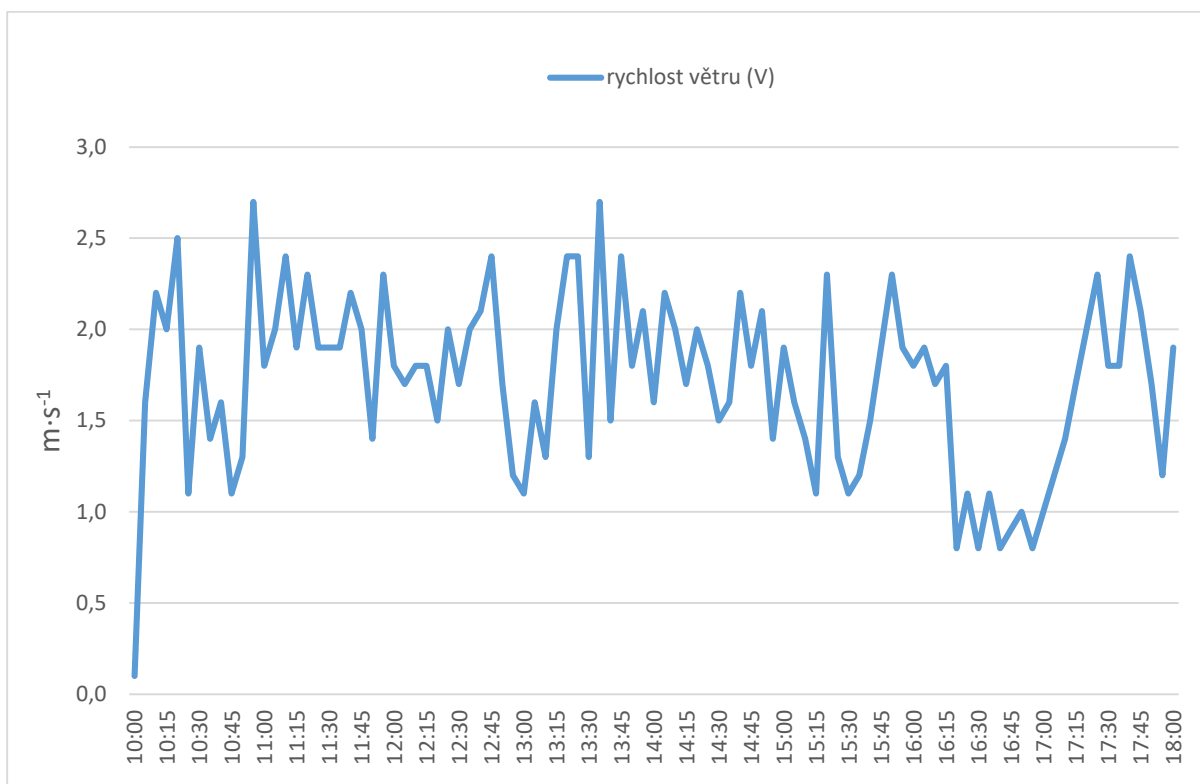
Obr. 11 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice REF_1 za budovou PŘF UPOL ze dne 19. 6. 2021



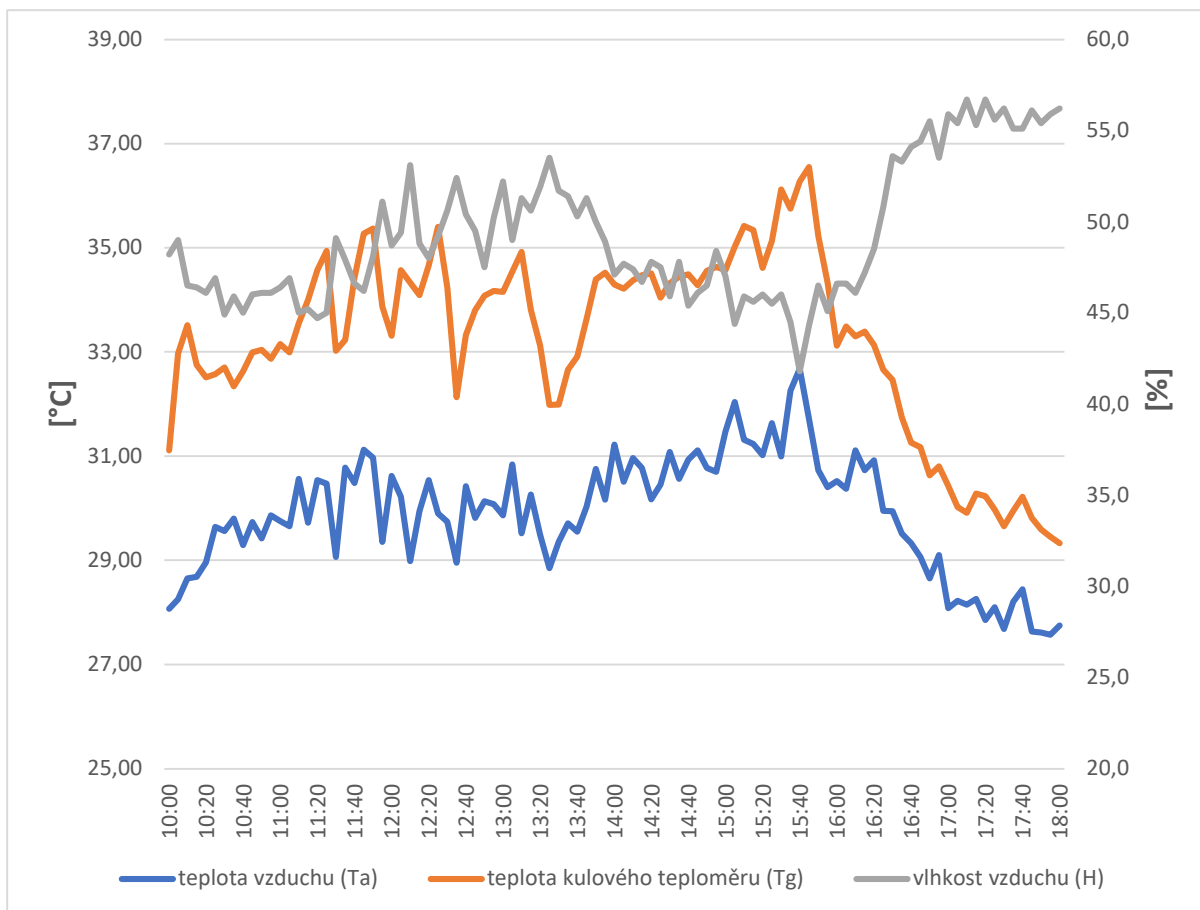
Obr. 12 Chod rychlosti větru ze stanice REF_1 za budovou PŘF UPOL ze dne 19. 6. 2021



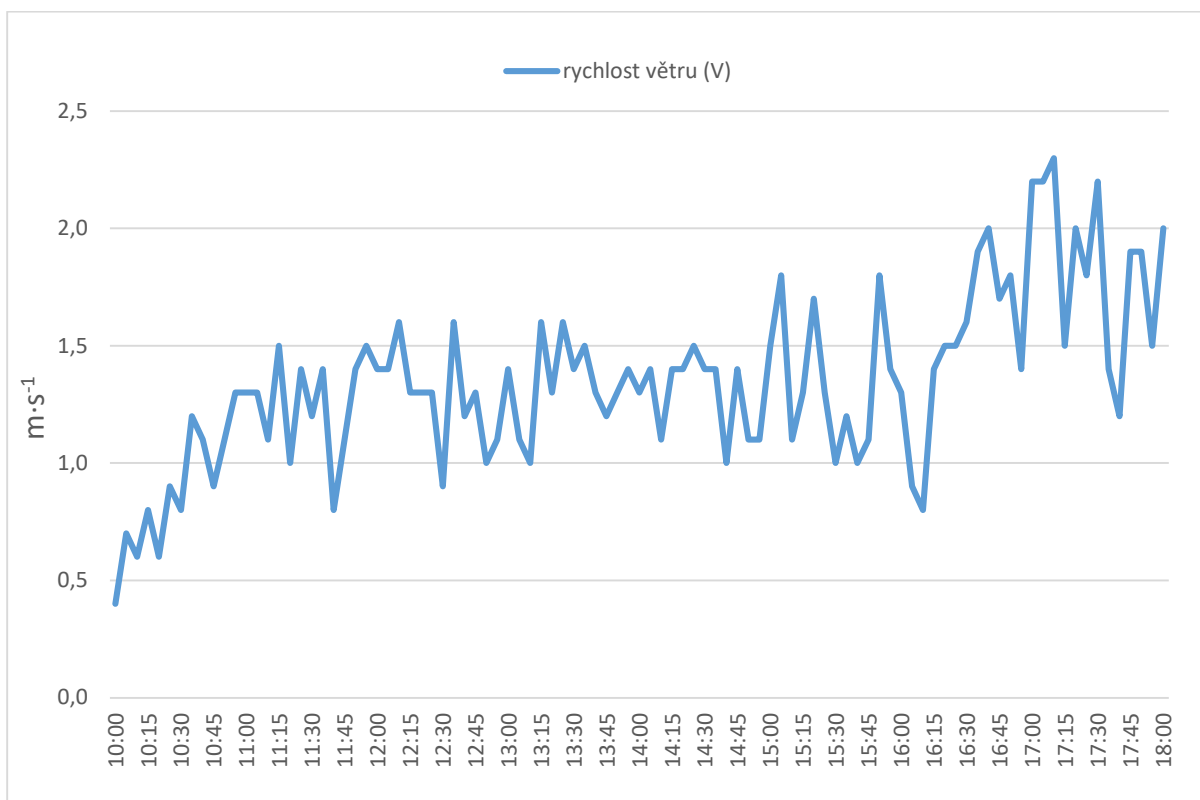
Obr. 13 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice ROZ_1 v Rozáriu ze dne 7. 7. 2021



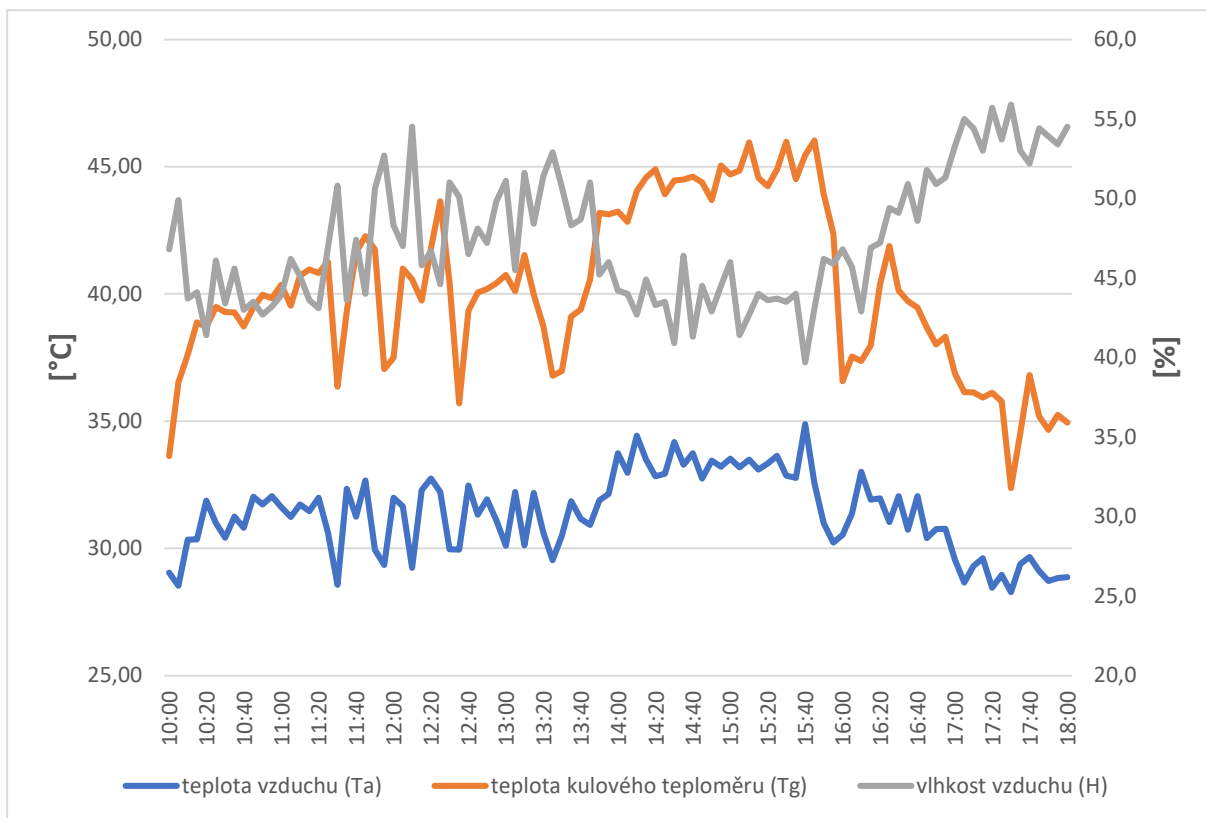
Obr. 14 Chod rychlosti větru ze stanice ROZ_1 v Rozáriu ze dne 7. 7. 2021



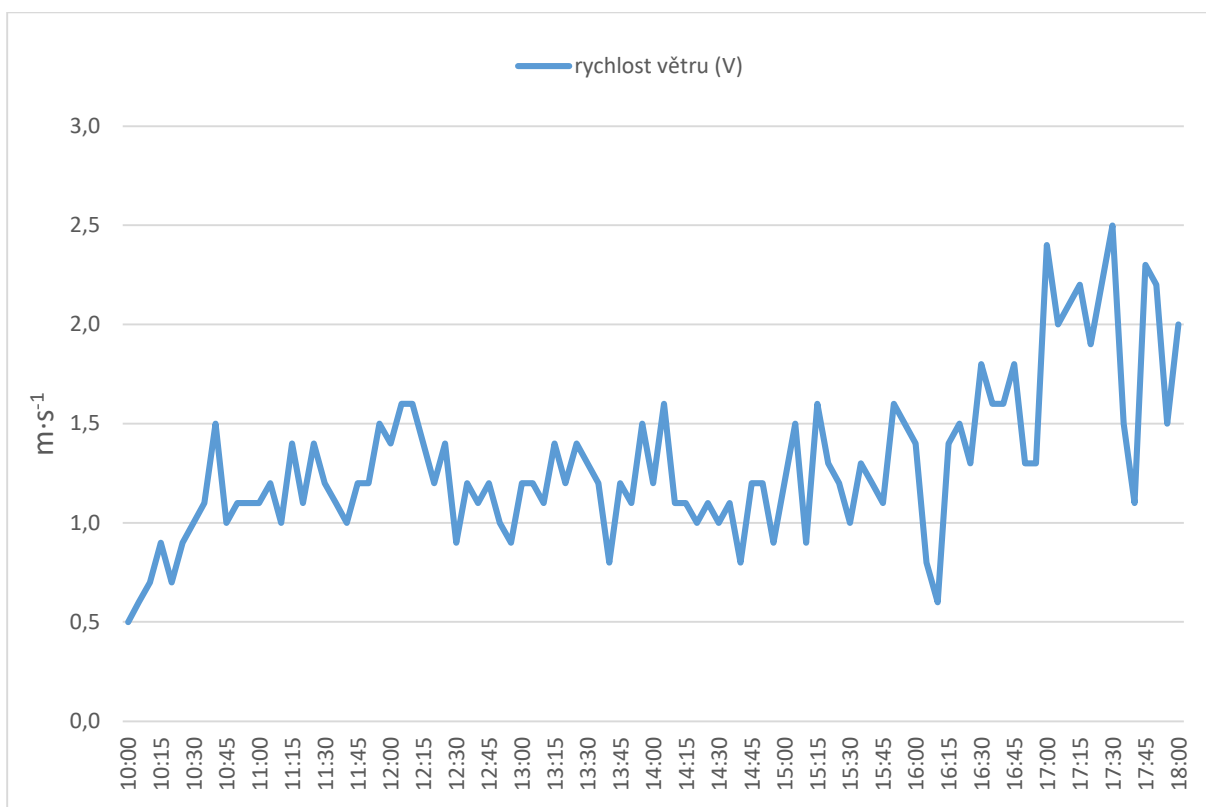
Obr. 15 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice ROZ_2 v Rozáriu ze dne 7. 7. 2021



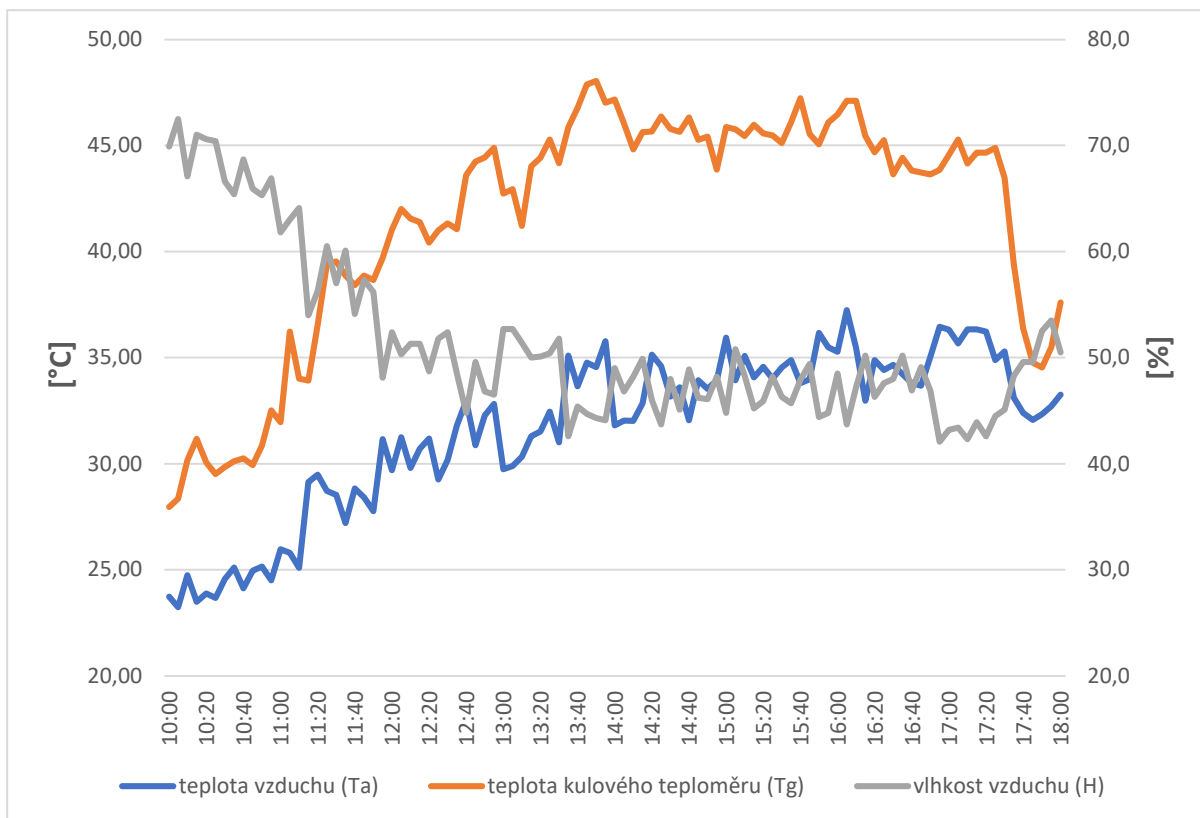
Obr. 16 Chod rychlosti větru ze stanice ROZ_2 v Rozáriu ze dne 7. 7. 2021



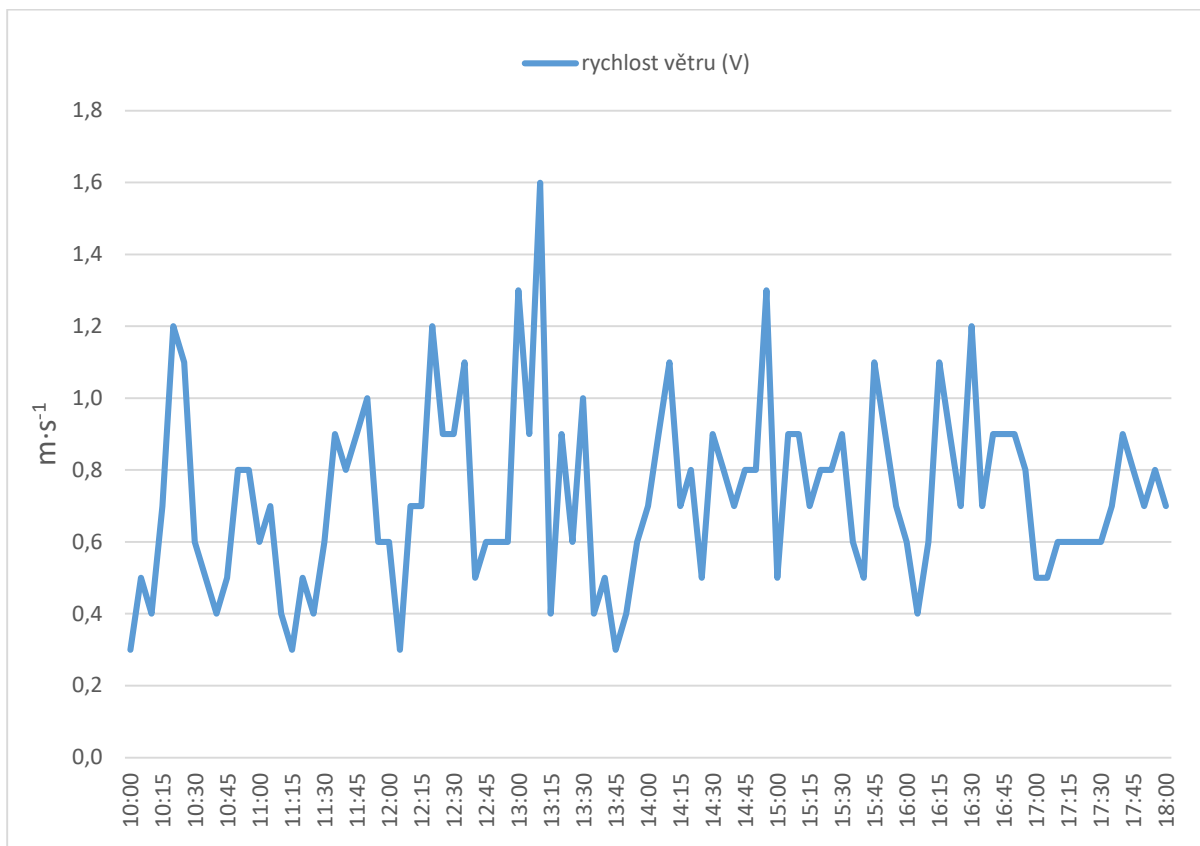
Obr. 17 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice REF_1 za budovou PŘF UPOL ze dne 7. 7. 2021



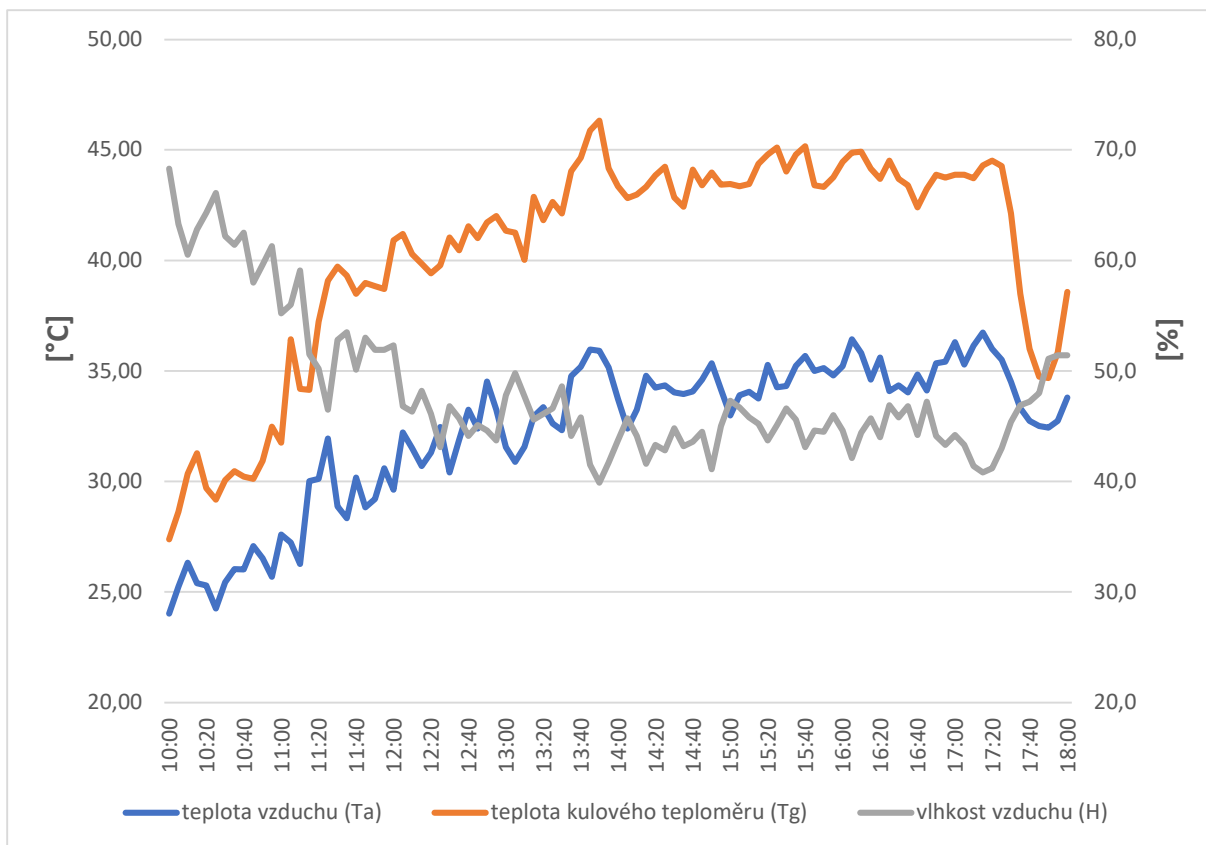
Obr. 18 Chod rychlosti větru ze stanice REF_1 za budovou PŘF UPOL ze dne 7. 7. 2021



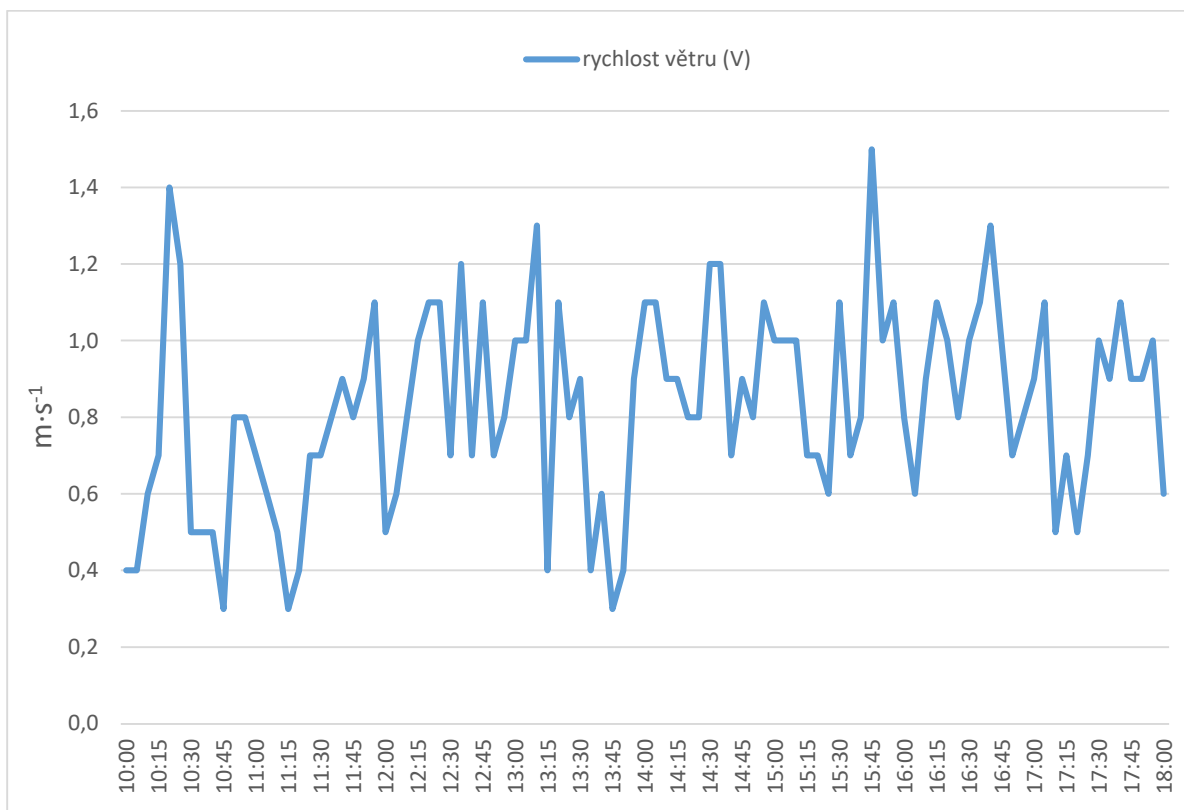
Obr. 19 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice ROZ_3 v Rozáriu ze dne 8. 7. 2021



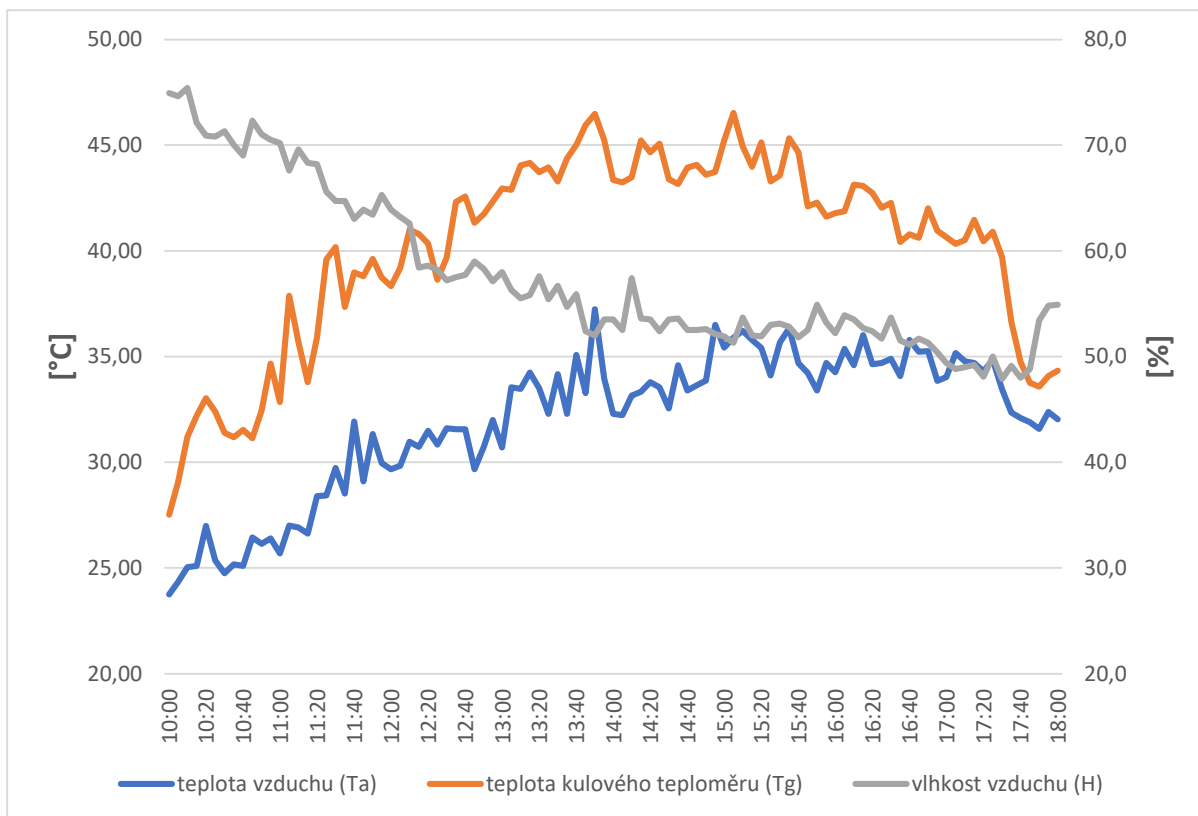
Obr. 20 Chod rychlosti větru ze stanice ROZ_3 v Rozáriu ze dne 8. 7. 2021



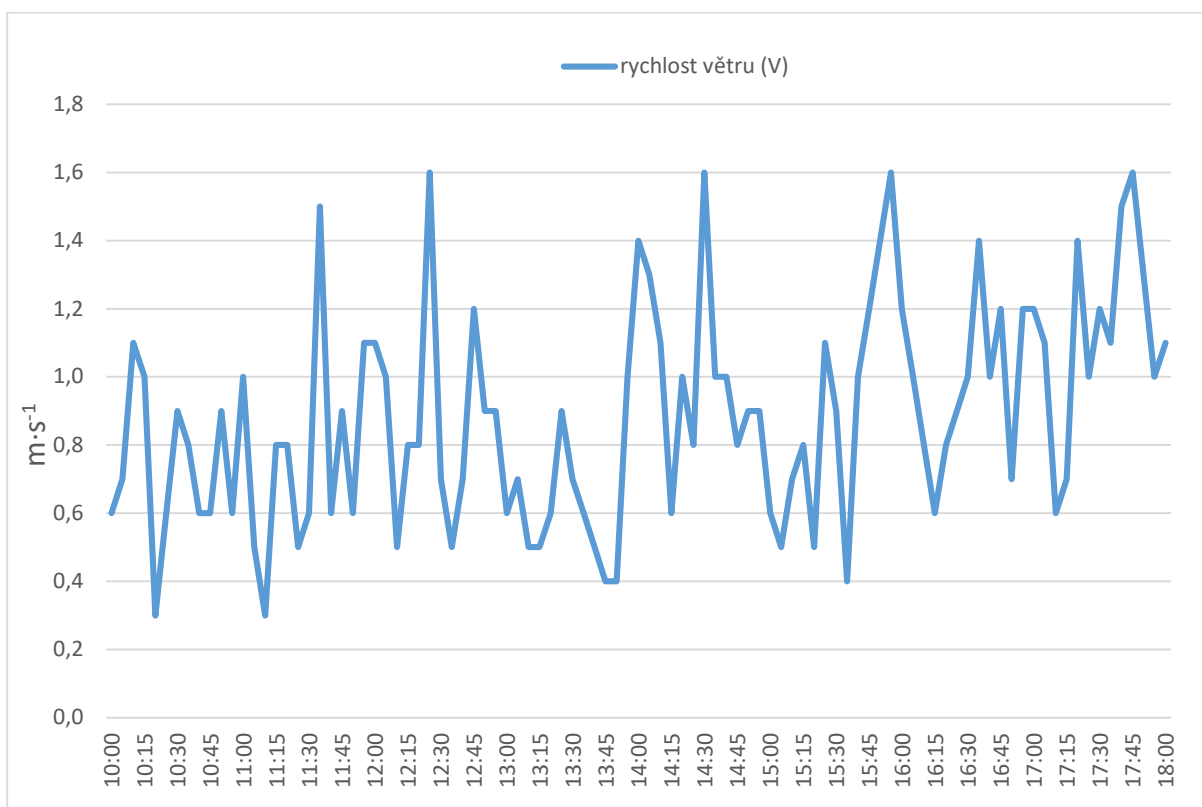
Obr. 21 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice ROZ_4 v Rozáriu ze dne 8. 7. 2021



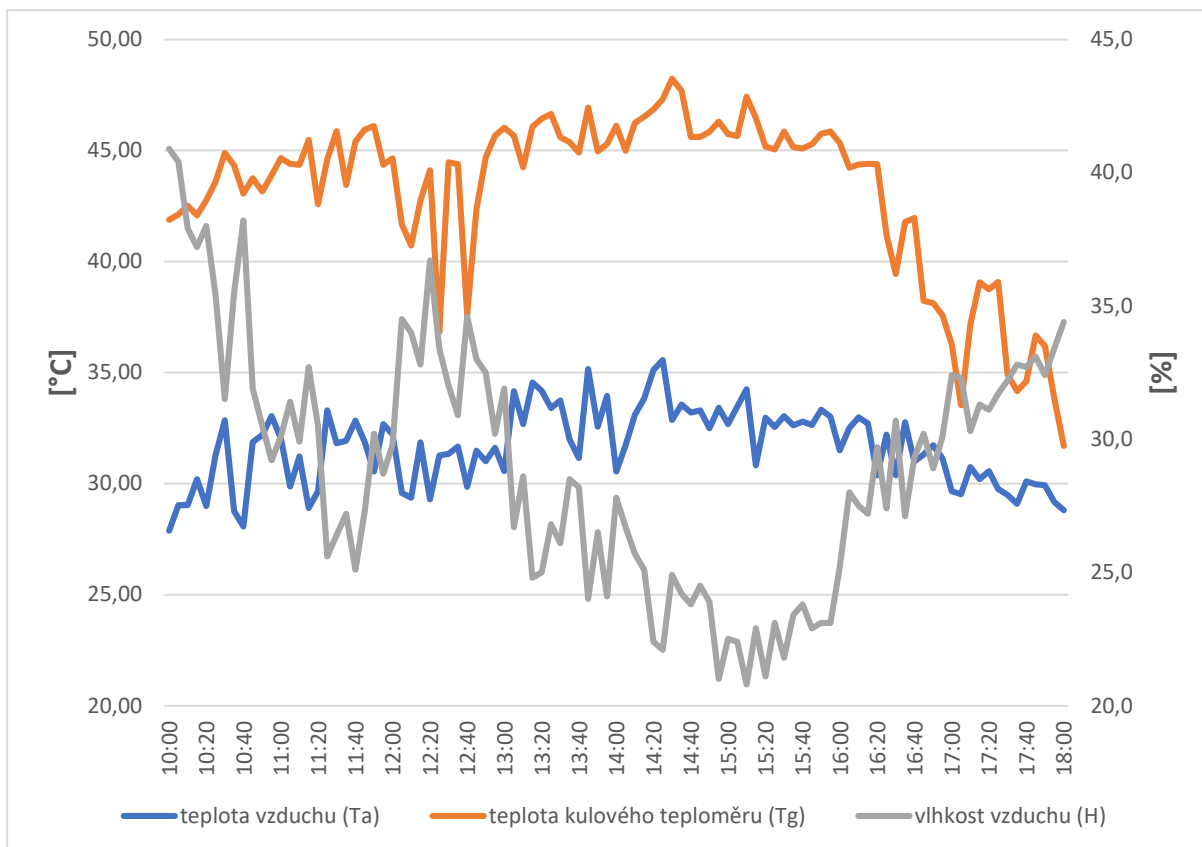
Obr. 22 Chod rychlosti větru ze stanice ROZ_3 v Rozáriu ze dne 8. 7. 2021



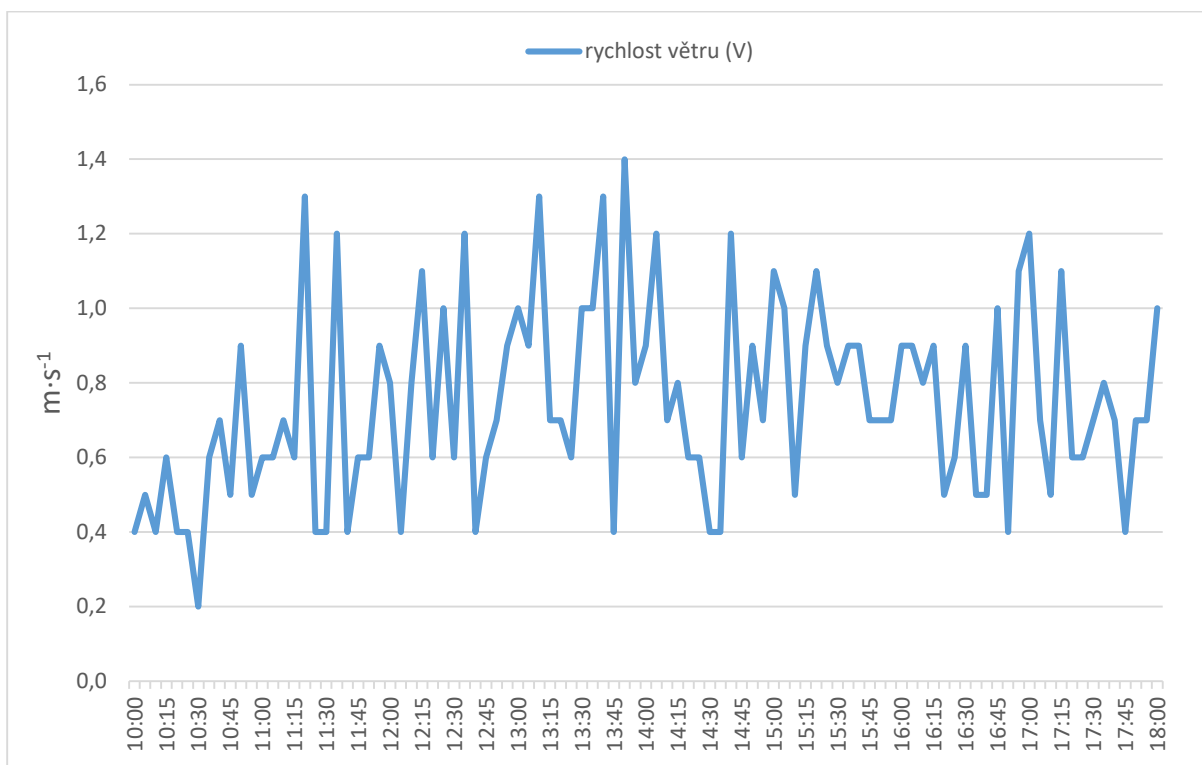
Obr. 23 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice REF_1 za budovou PŘF UPOL ze dne 8. 7. 2021



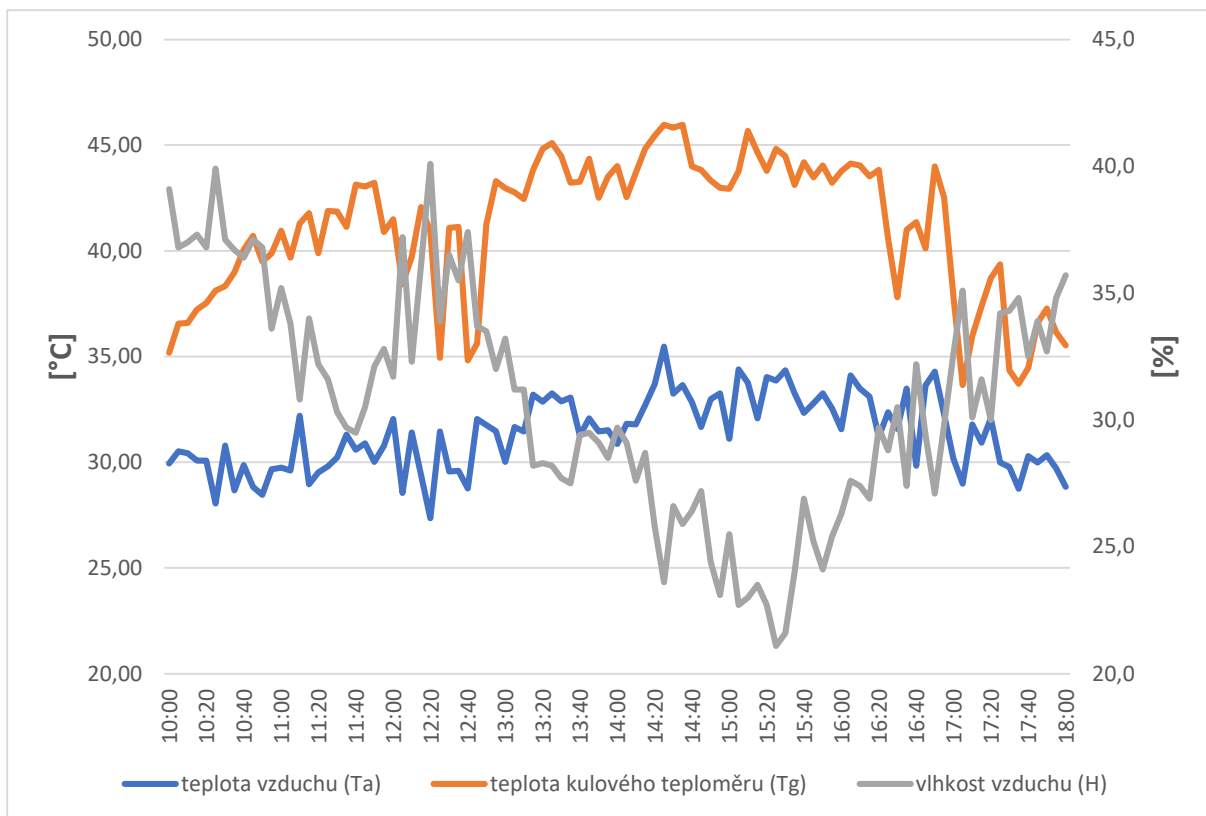
Obr. 24 Chod rychlosti větru ze stanice REF_1 za budovou PŘF UPOL ze dne 8. 7. 2021



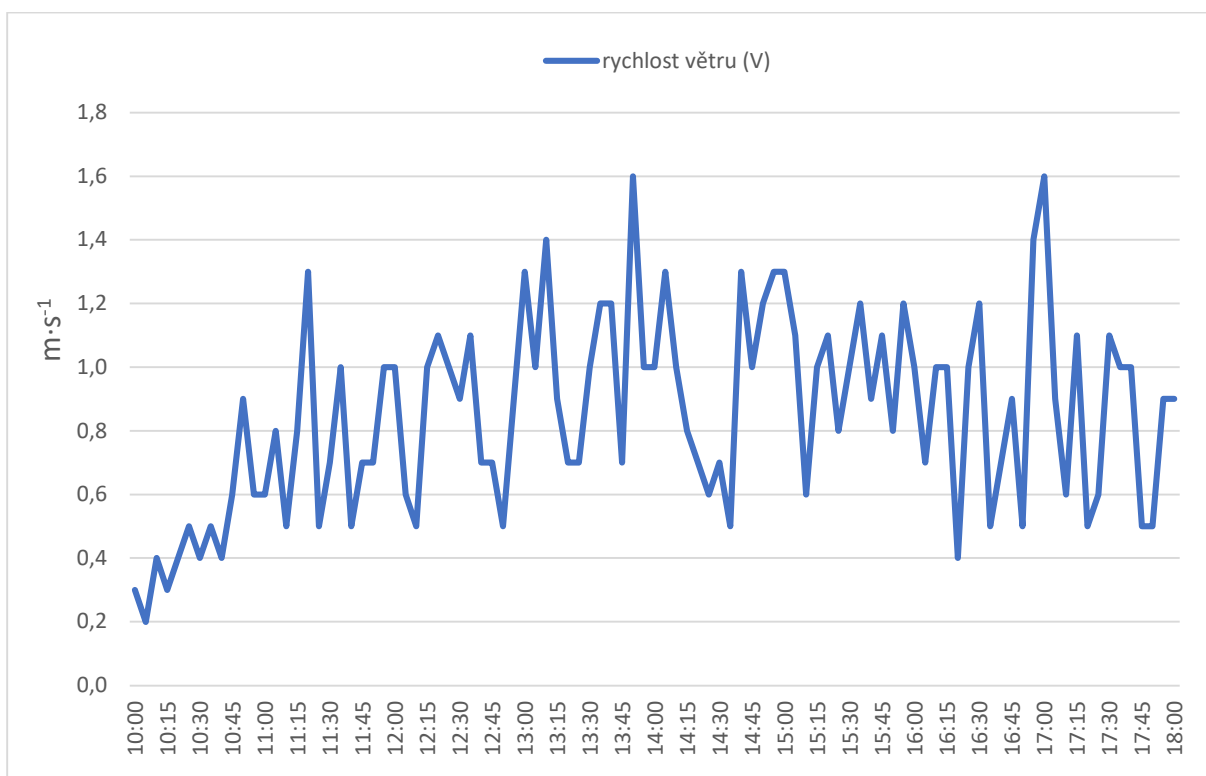
Obr. 25 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice CSA_1 na hřišti Čechovy sady ze dne 24. 7. 2021



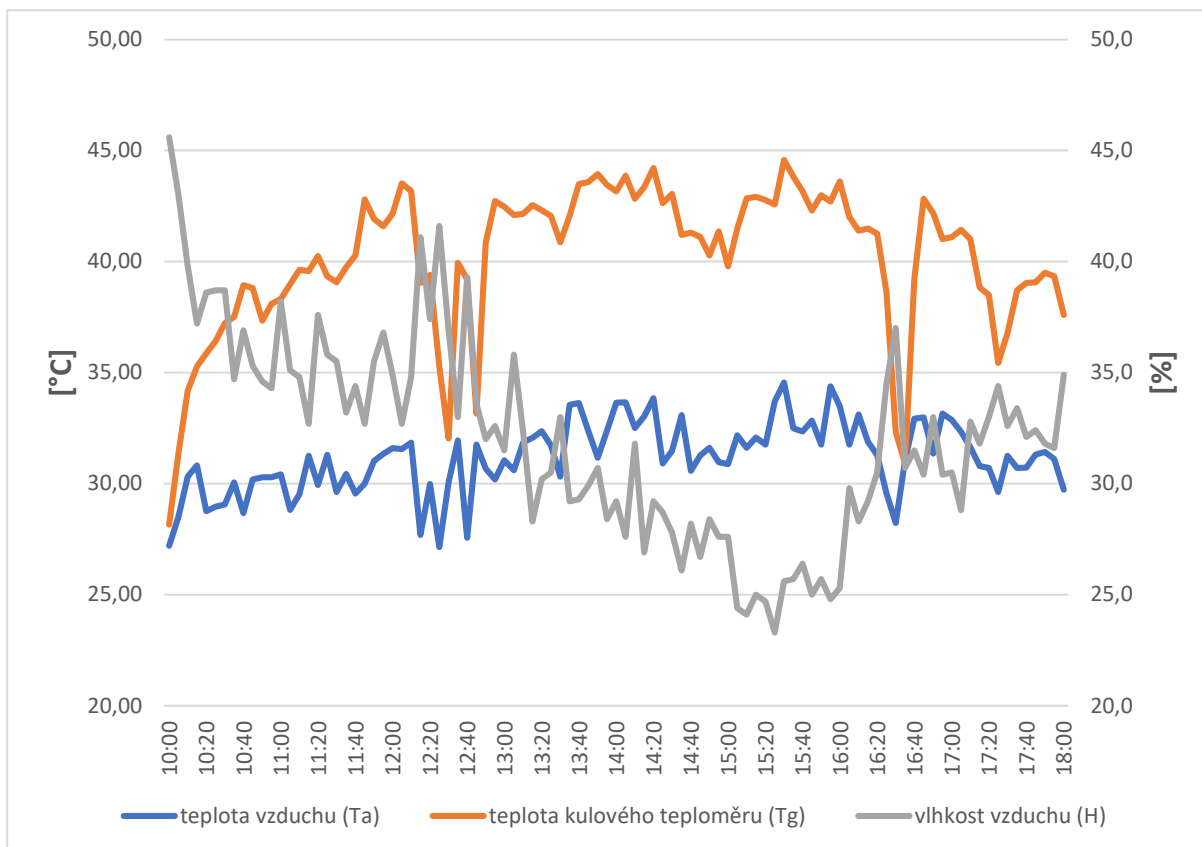
Obr. 26 Chod rychlosti větru ze stanice CSA_1 na hřišti Čechovy sady ze dne 24. 7. 2021



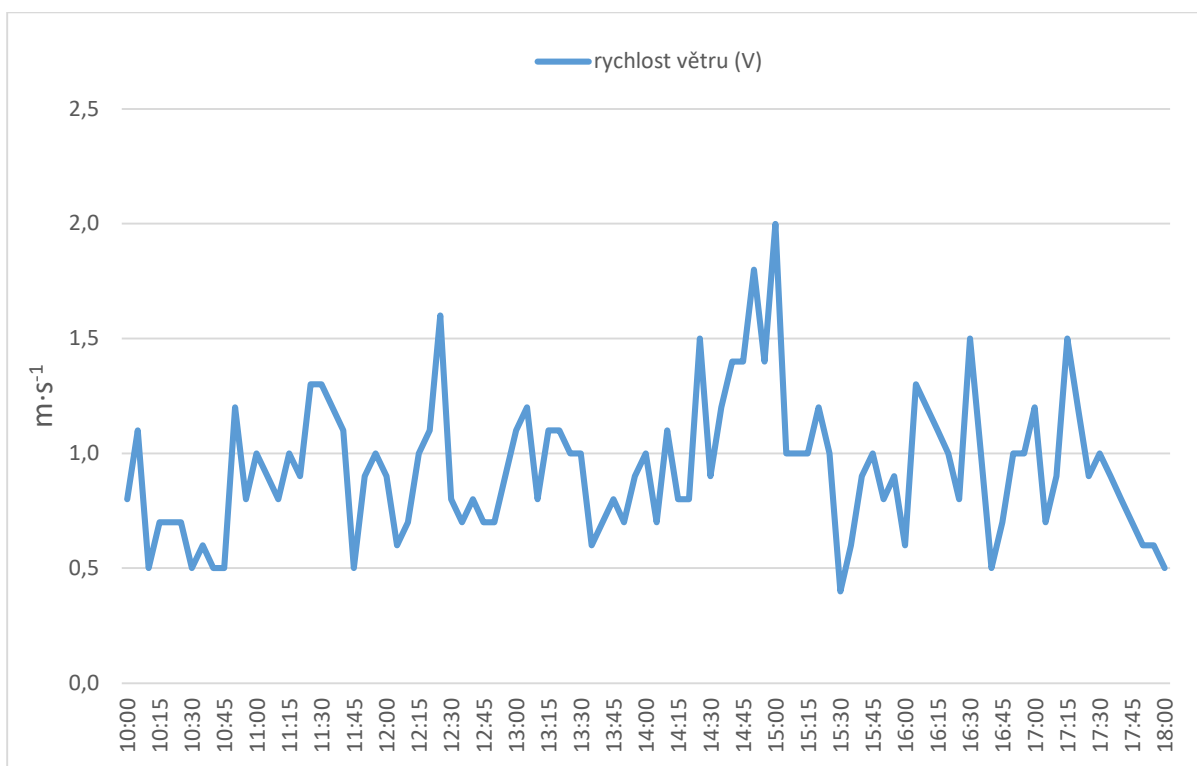
Obr. 27 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice CSA_2 na hřišti Čechovy sady ze dne 24. 7. 2021



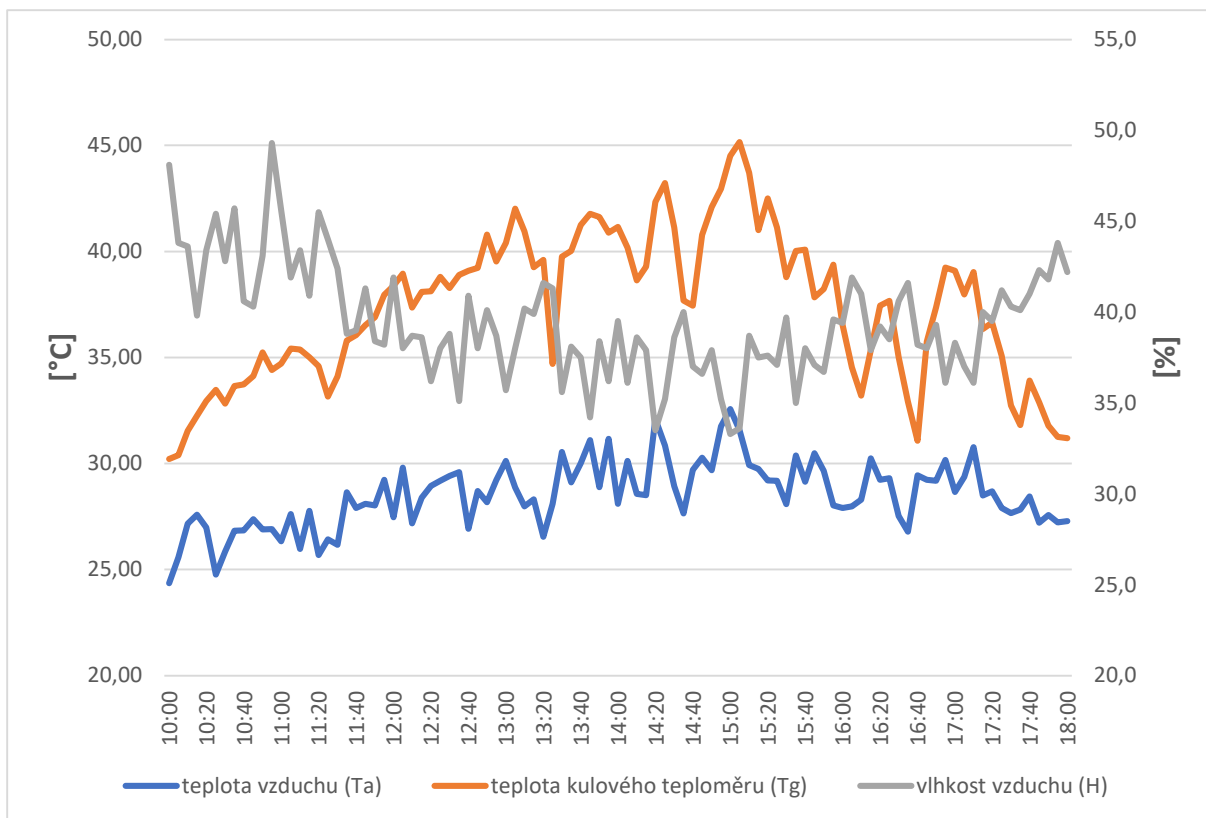
Obr. 28 Chod rychlosti větru ze stanice CSA_2 na hřišti Čechovy sady ze dne 24. 7. 2021



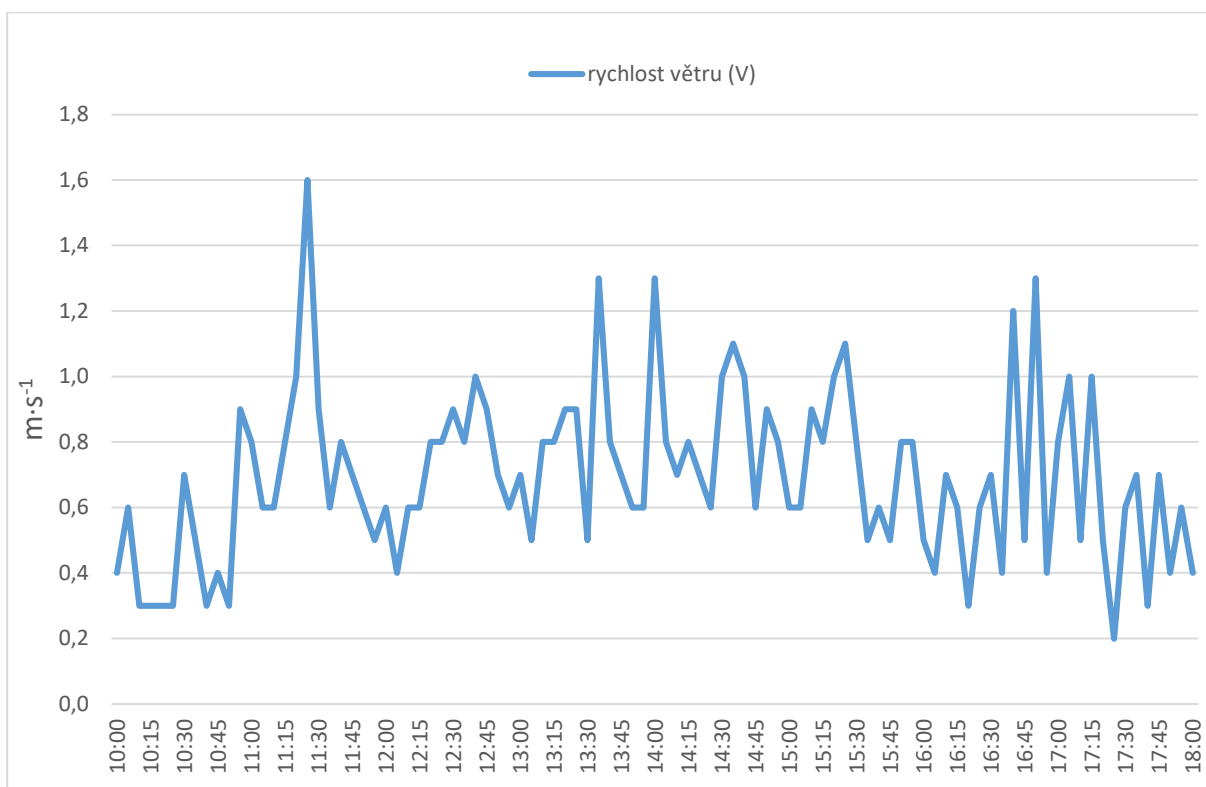
Obr. 29 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice REF_1 za budovou PŘF UPOL ze dne 24. 7. 2021



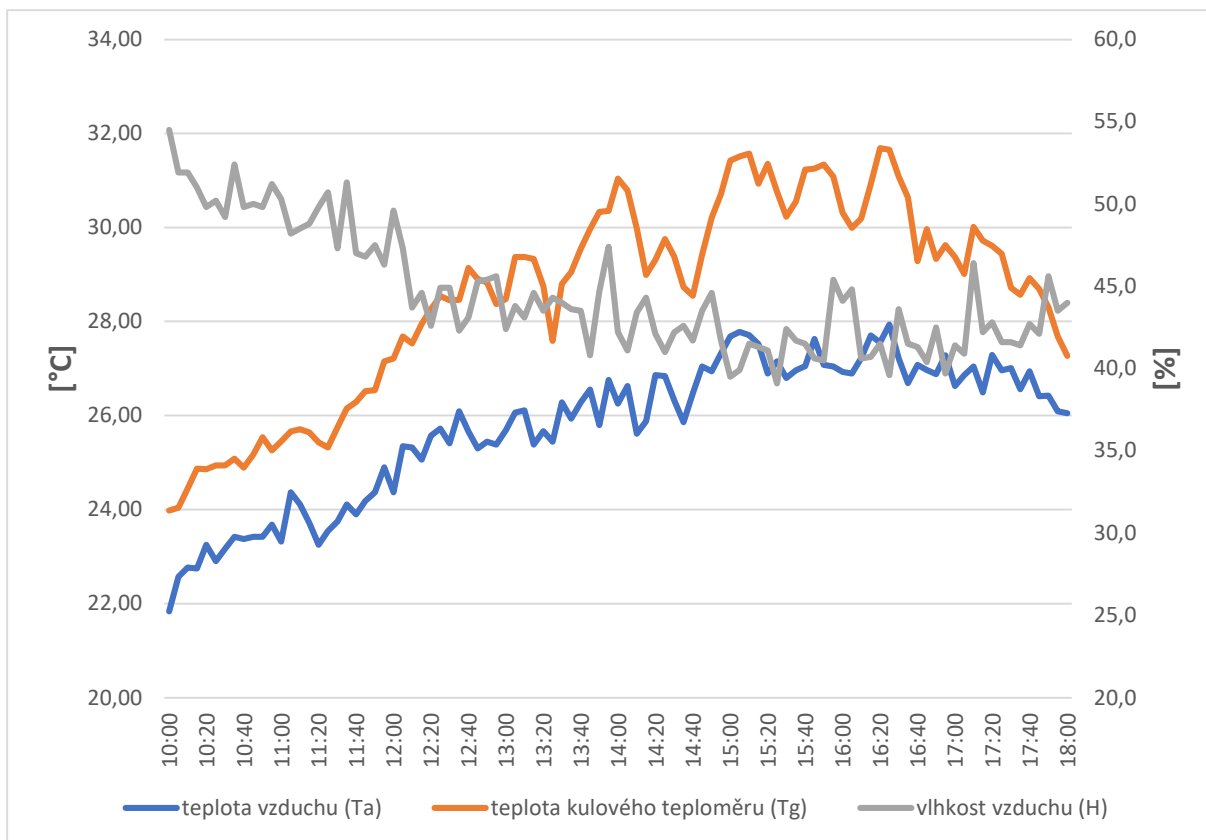
Obr. 30 Chod rychlosti větru ze stanice REF_1 za budovou PŘF UPOL ze dne 24. 7. 2021



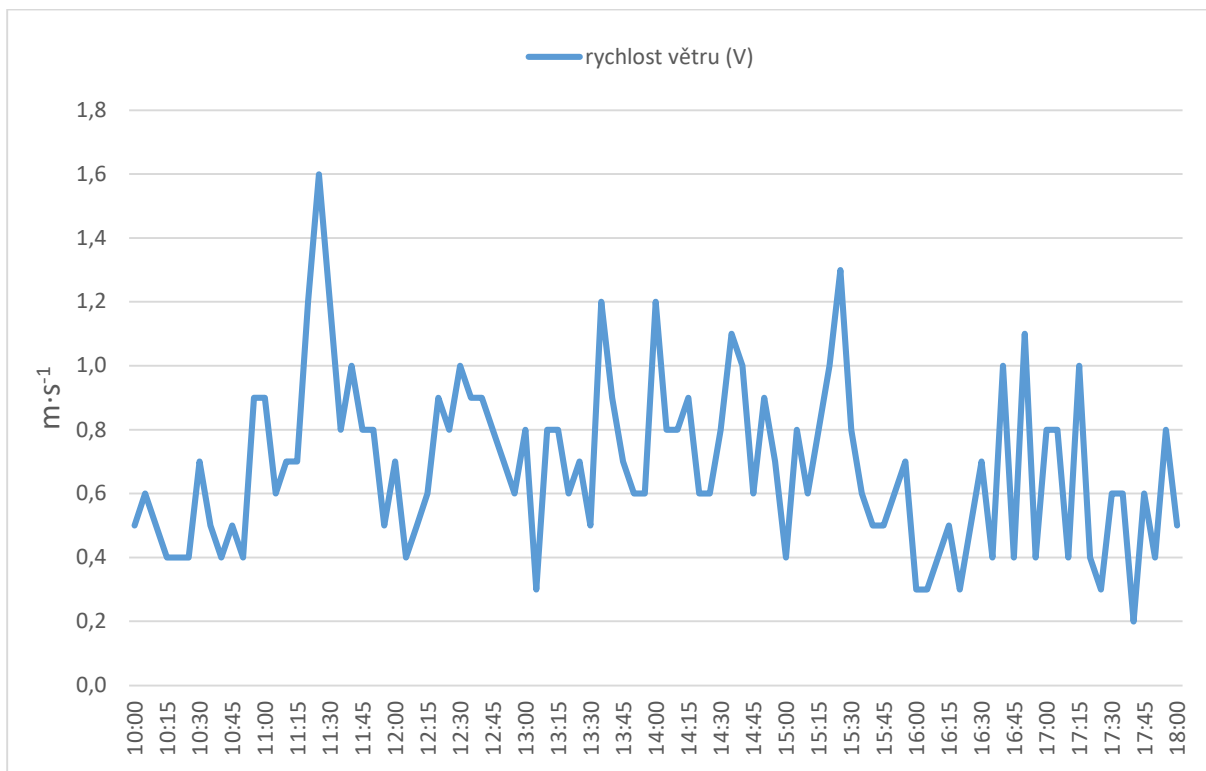
Obr. 31 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice MIS_1 na hřišti v ulici Mišákova ze dne 12. 8. 2021



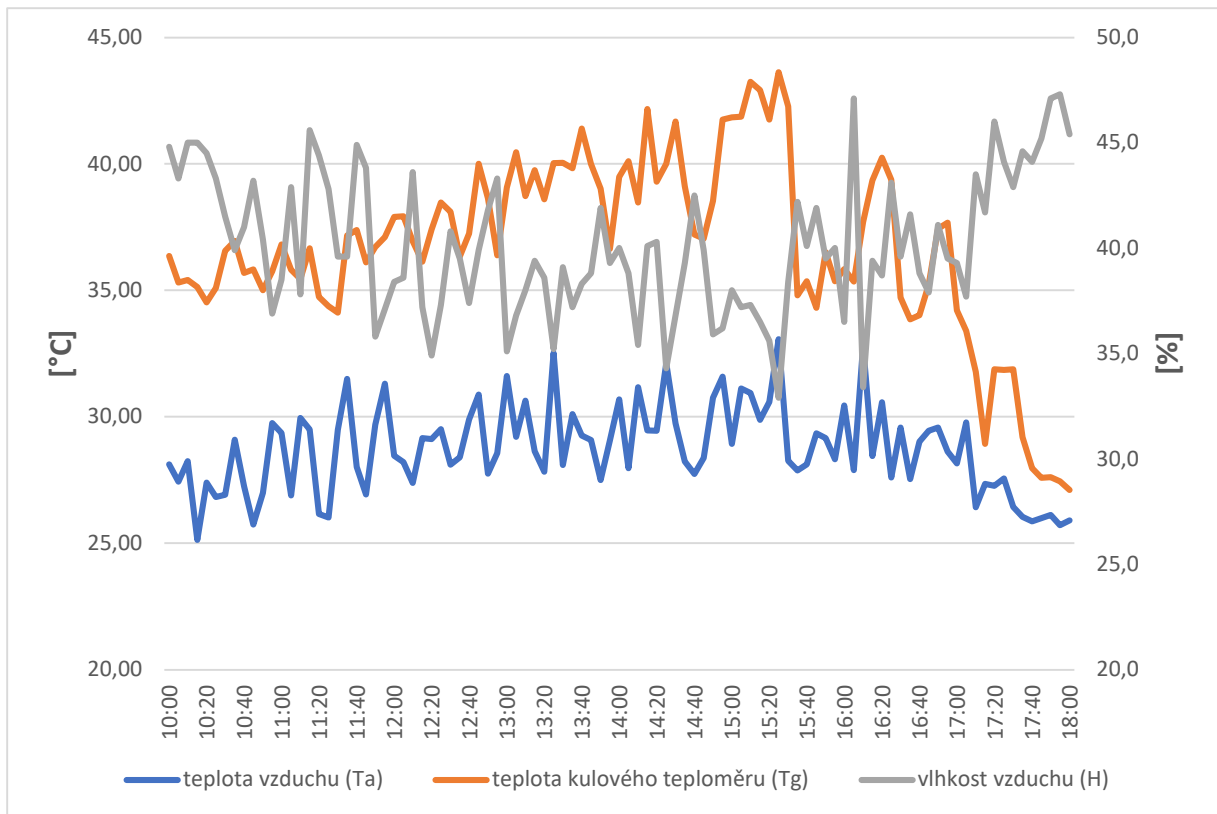
Obr. 32 Chod rychlosti větru ze stanice MIS_1 na hřišti v ulici Mišákova ze dne 12. 8. 2021



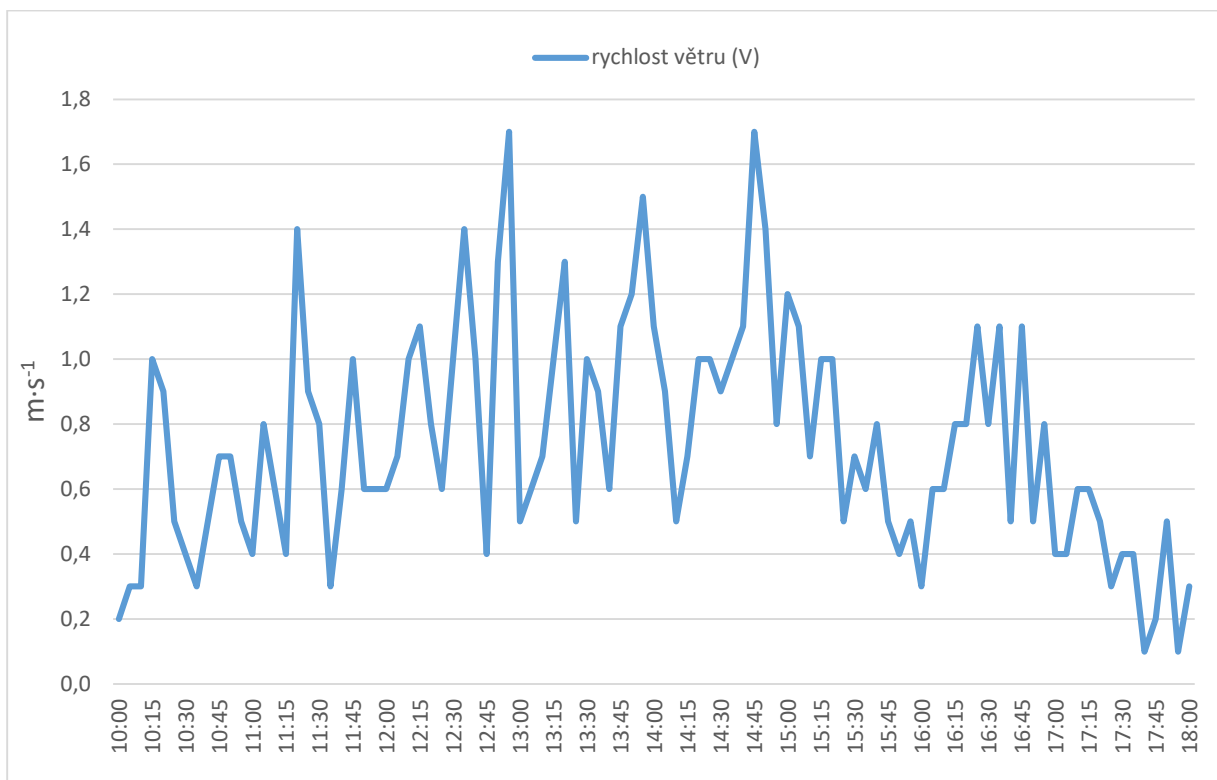
Obr. 33 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice MIS_2 na hřišti v ulici Mišákova ze dne 12. 8. 2021



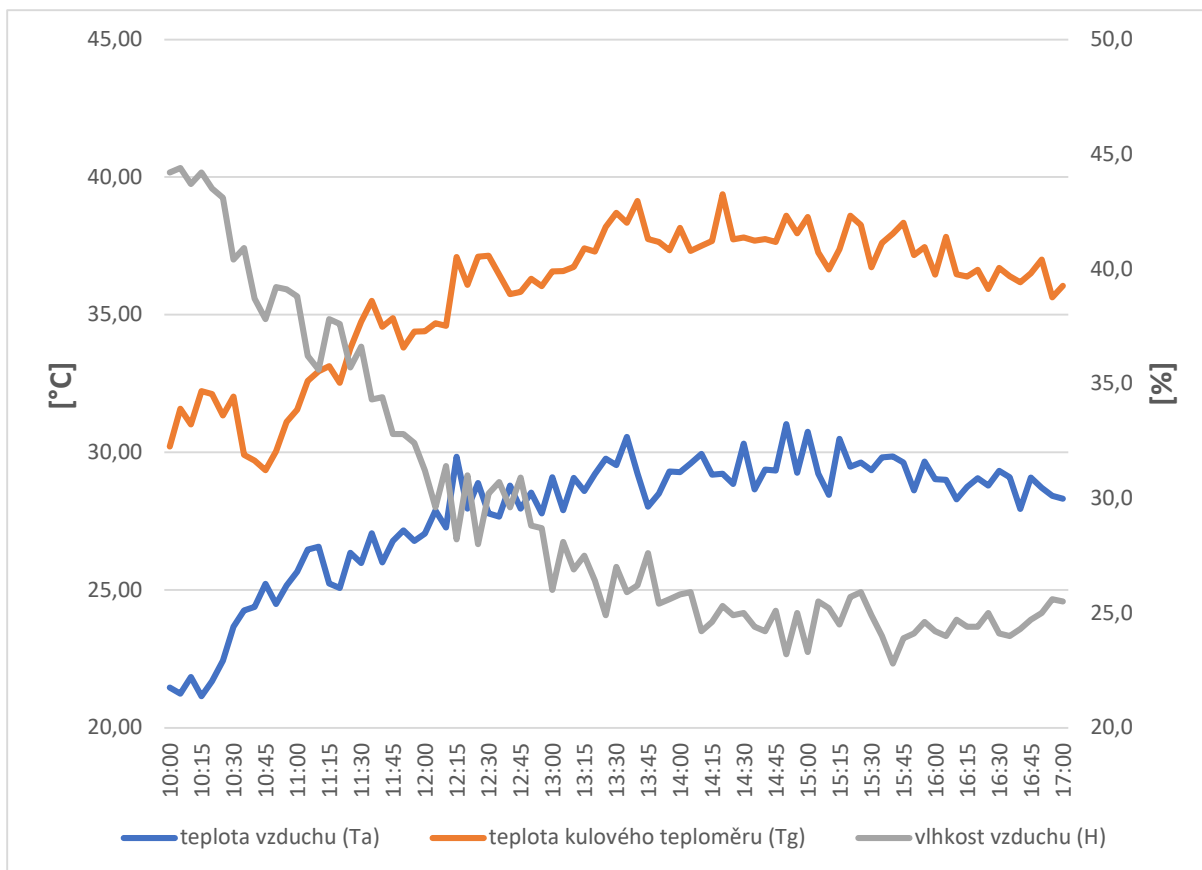
Obr. 34 Chod rychlosti větru ze stanice ze stanice MIS_2 na hřišti v ulici Mišákova ze dne 12. 8. 2021



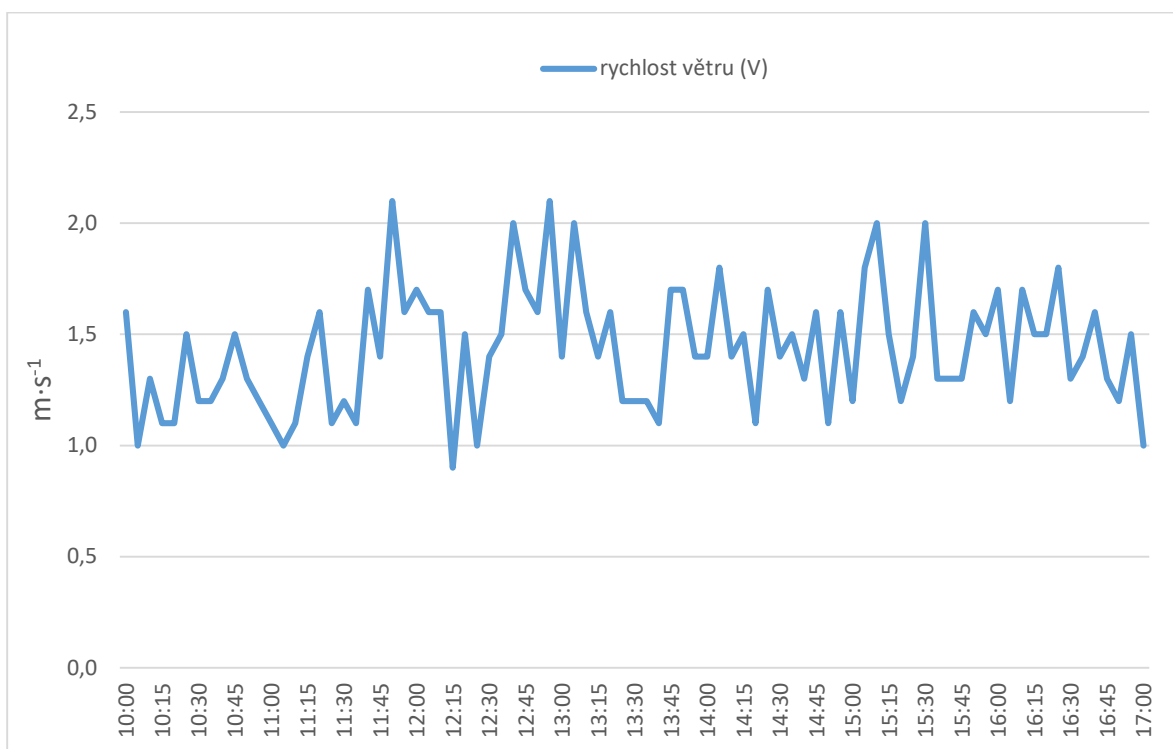
Obr. 35 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice REF_1 za budovou PŘF UPOL ze dne 12. 8. 2021



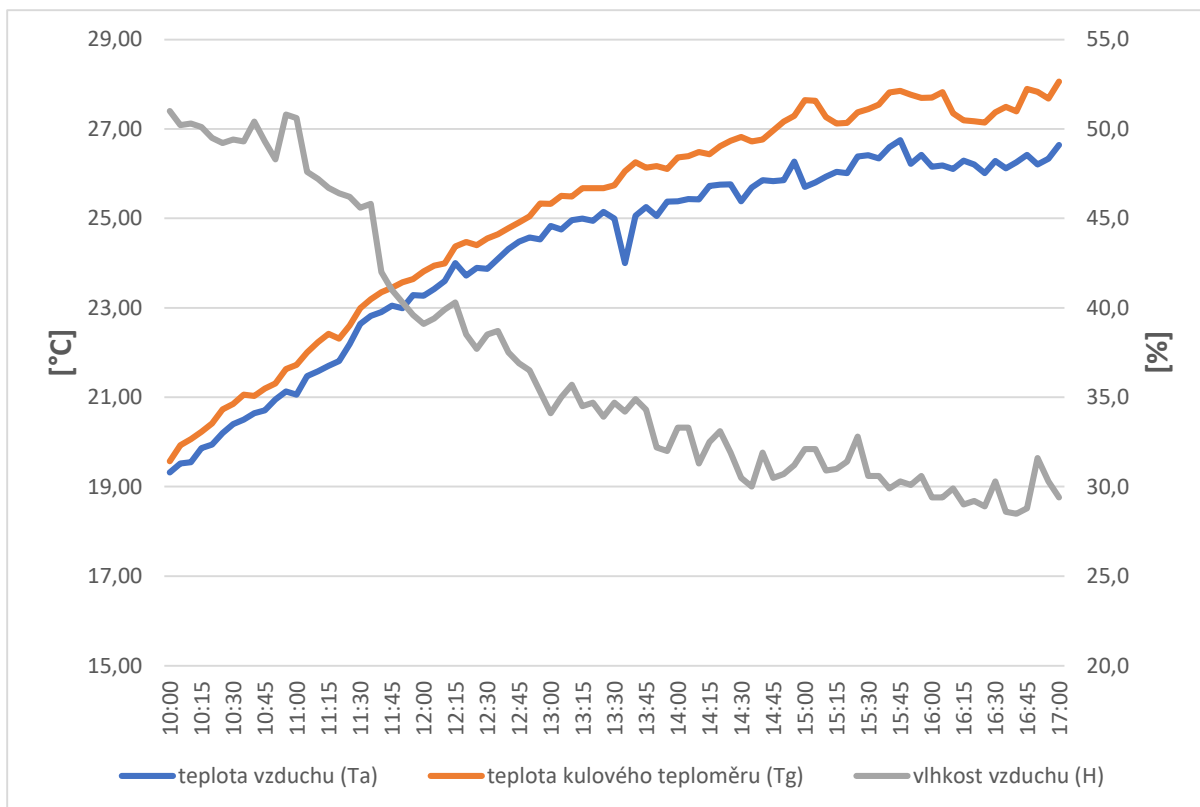
Obr. 36 Chod rychlosti větru ze stanice ze stanice REF_1 za budovou PŘF UPOL ze dne 12. 8. 2021



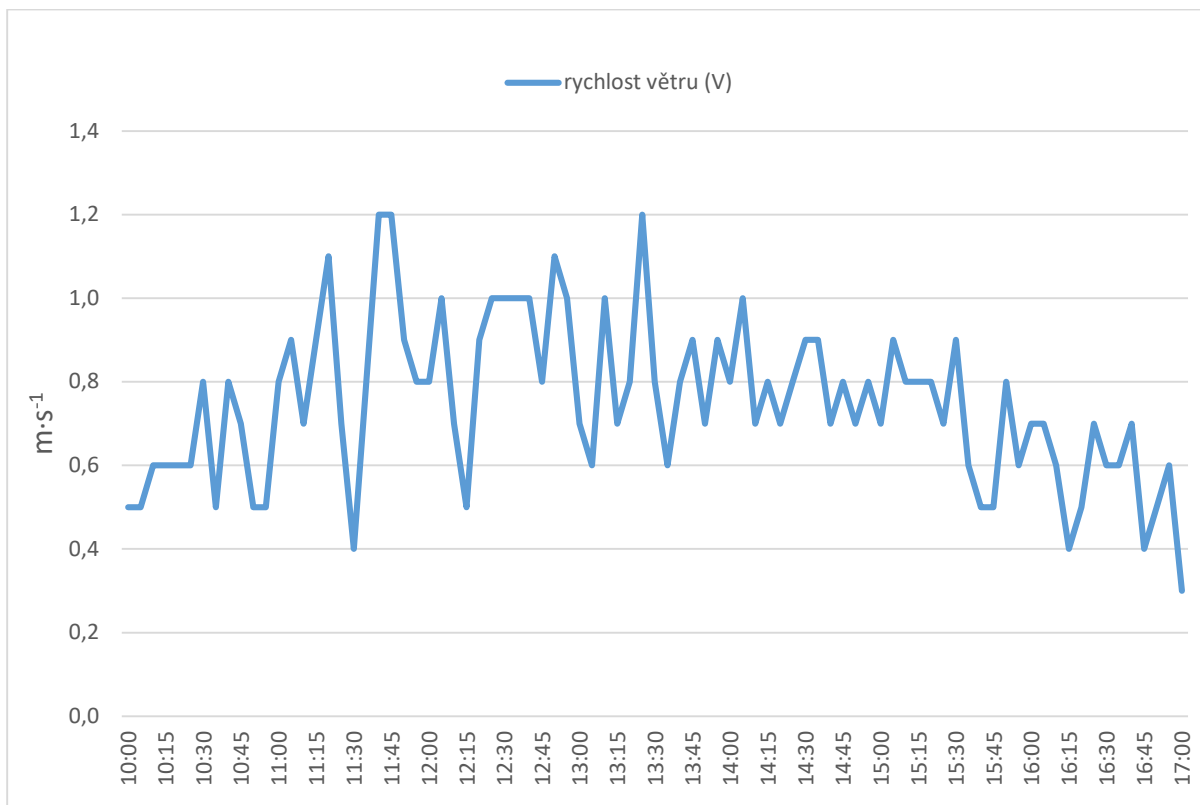
Obr. 37 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice PMP_1 v Parku malého prince ze dne 9. 9. 2021



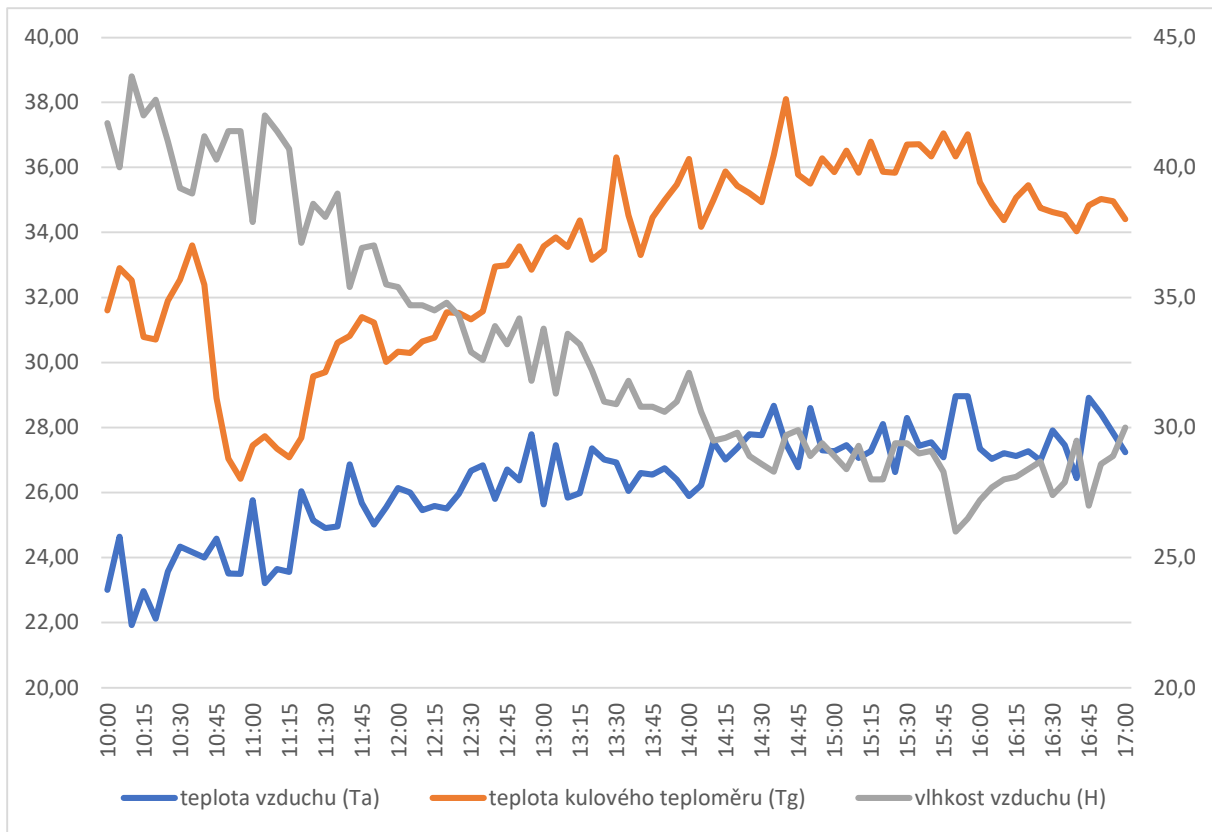
Obr. 38 Chod rychlosti větru ze stanice PMP_1 v Parku malého prince ze dne 9. 9. 2021



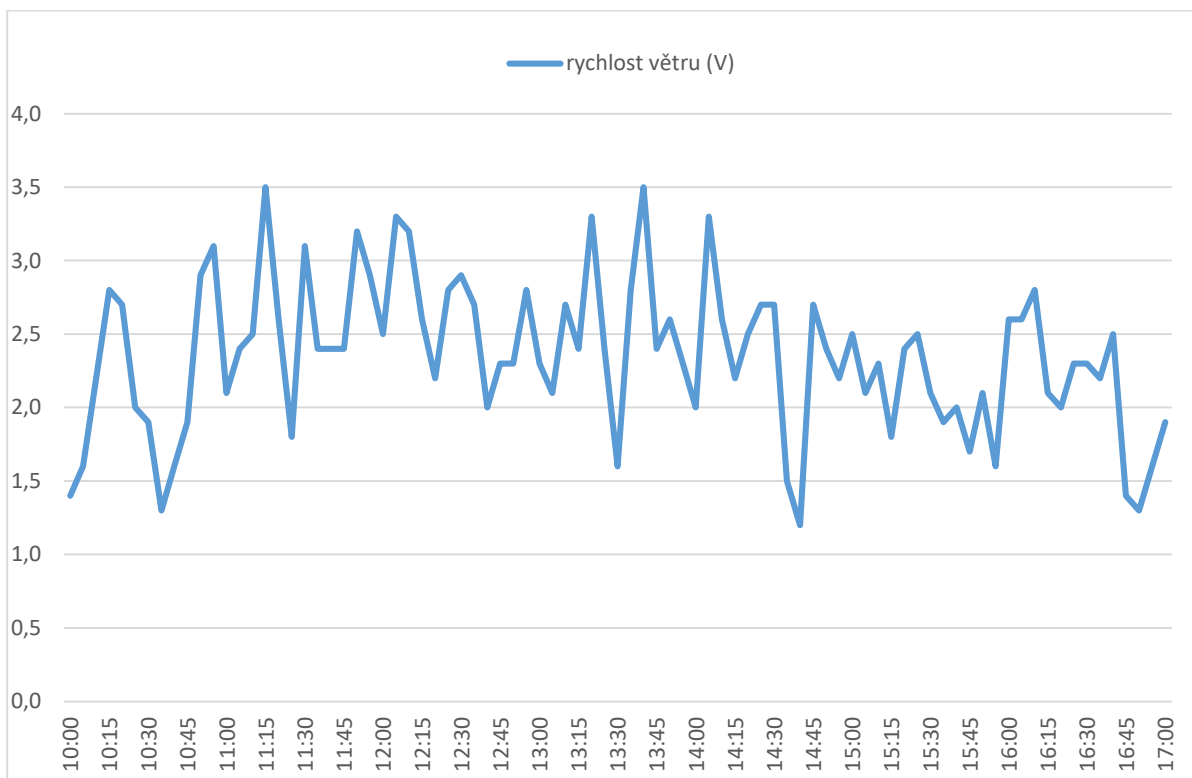
Obr. 39 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice PMP_2 v Parku malého prince ze dne 9. 9. 2021



Obr. 40 Chod rychlosti větru ze stanice PMP_2 v Parku malého prince ze dne 9. 9. 2021

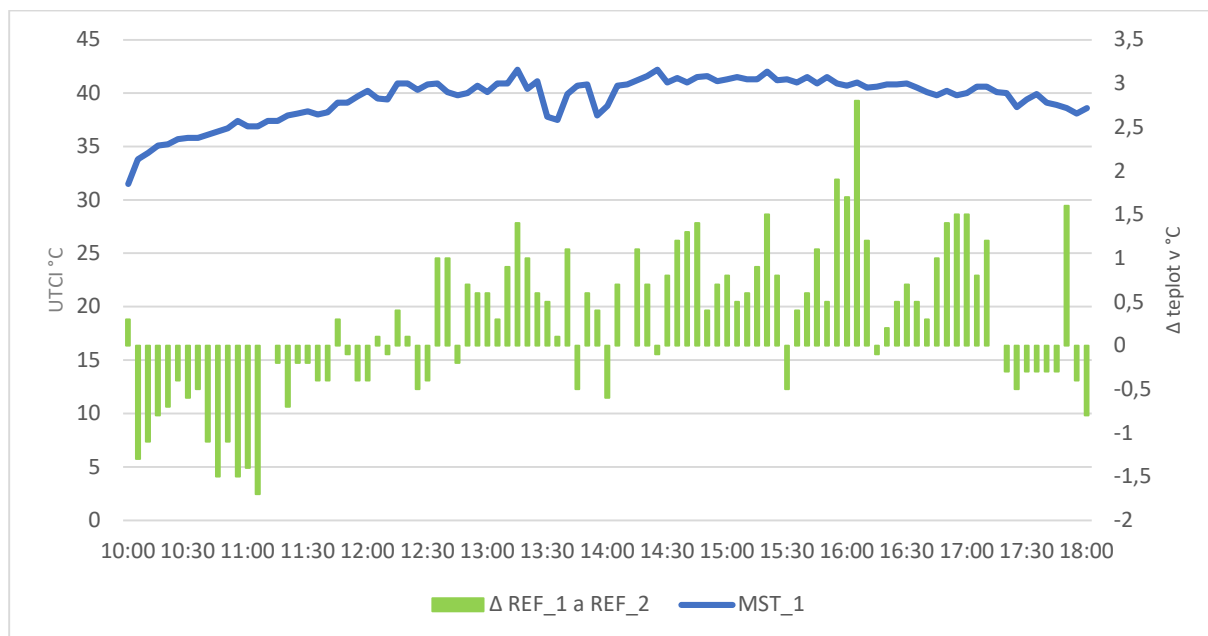


Obr. 41 Chod naměřených meteorologických prvků ze stanice REF_2 za budovou PŘF UPOL ze dne 9. 9. 2021

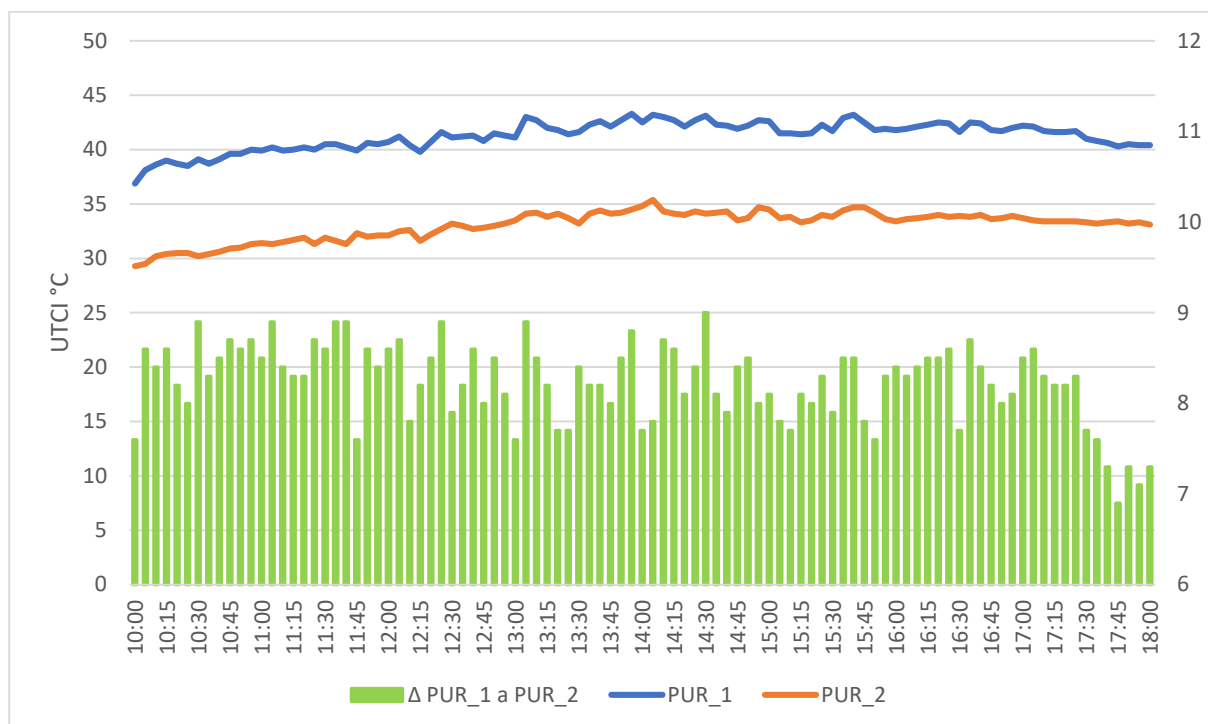


Obr. 42 Chod rychlosti větru ze stanice REF_2 za budovou PŘF UPOL ze dne 9. 9. 2021

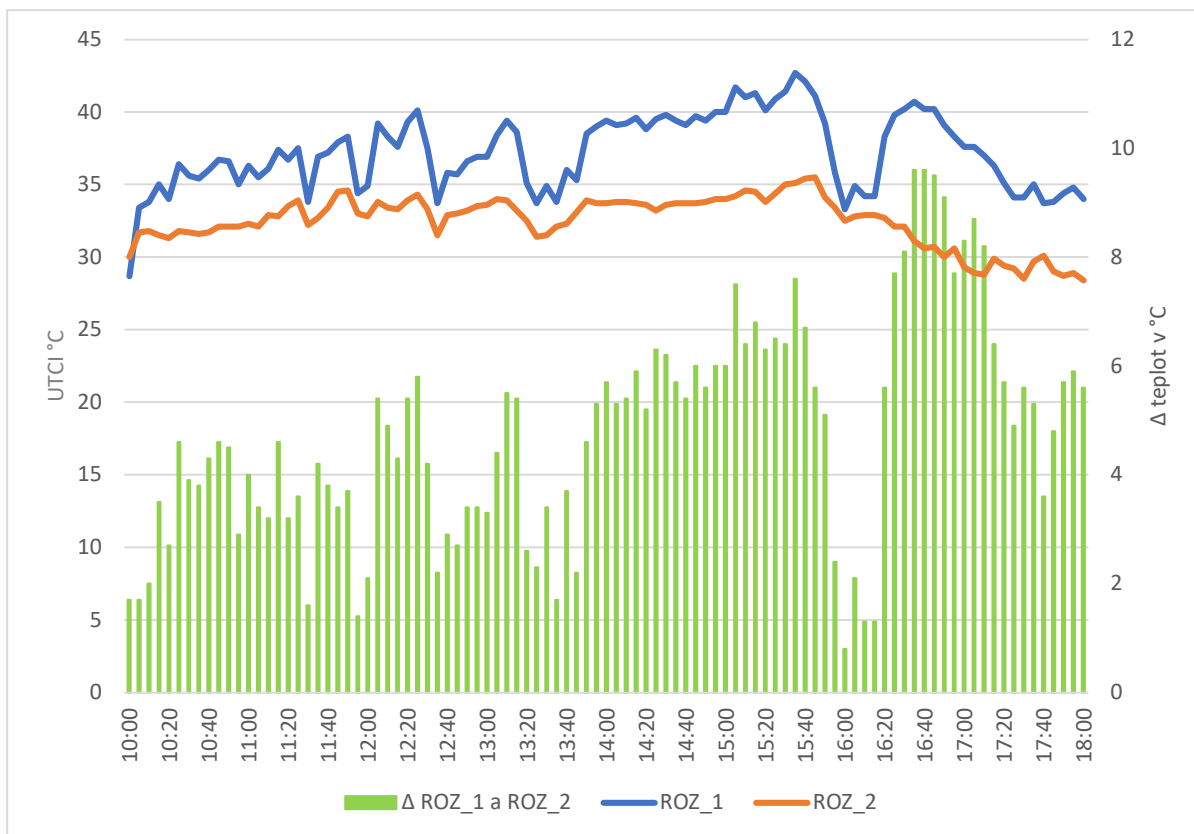
Příloha 2 – rozdíly hodnot UTCI mezi stanicemi na dětských hřištích a stanicemi referenčními



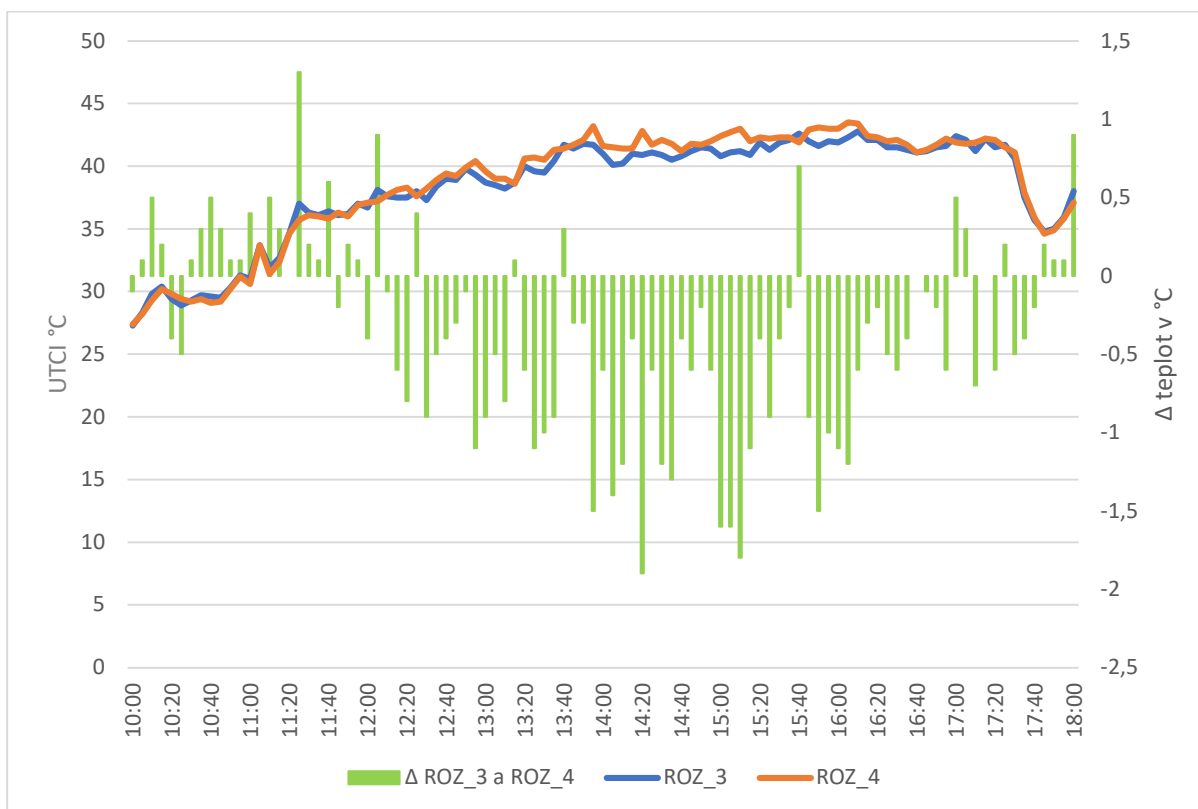
Obr. 1 Rozdíly hodnot indexu UTCI mezi referenčními stanicemi REF_1 a REF_2 a chod hodnot UTCI stanice MST_1 ze dne 16. 6. 2021



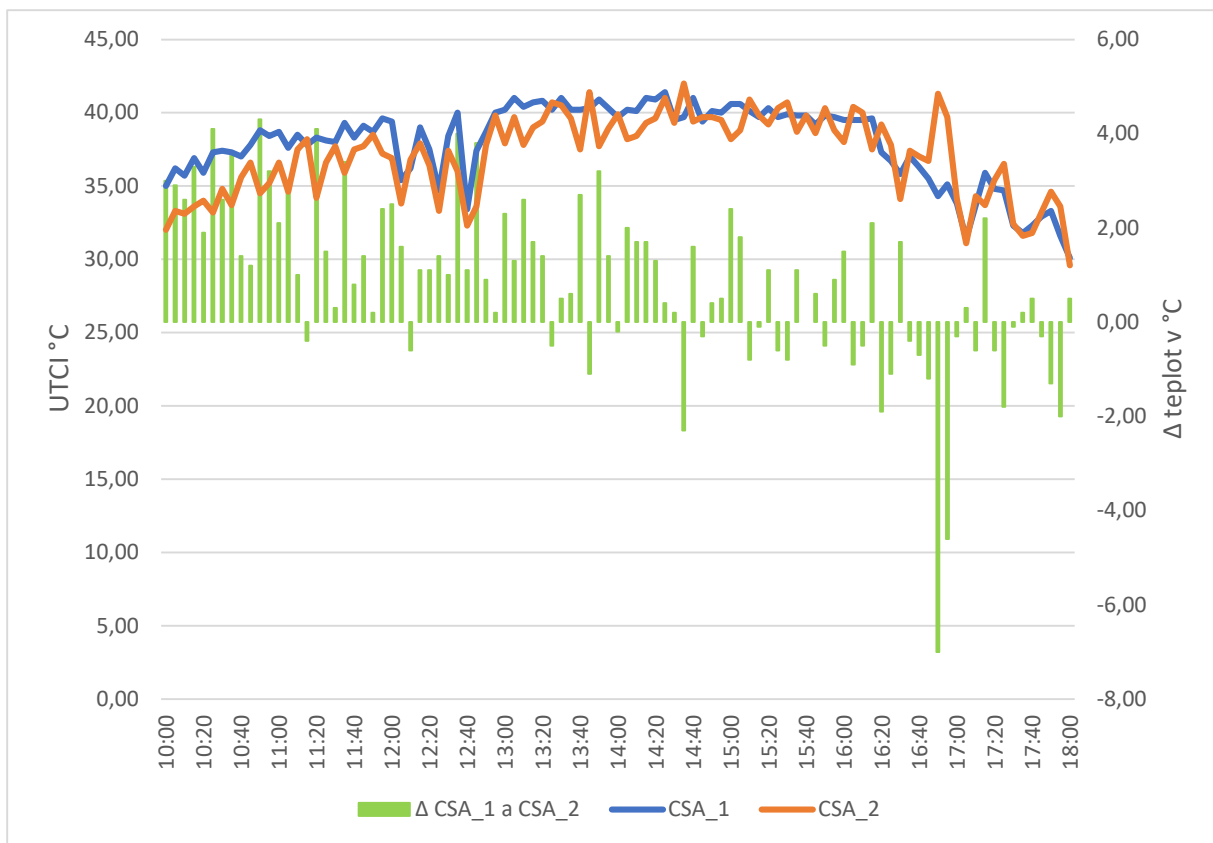
Obr. 2 Rozdíly hodnot indexu UTCI mezi stanicemi PUR_1 a PUR_2 a referenční stanicí REF_1 ze dne 19. 6. 2021



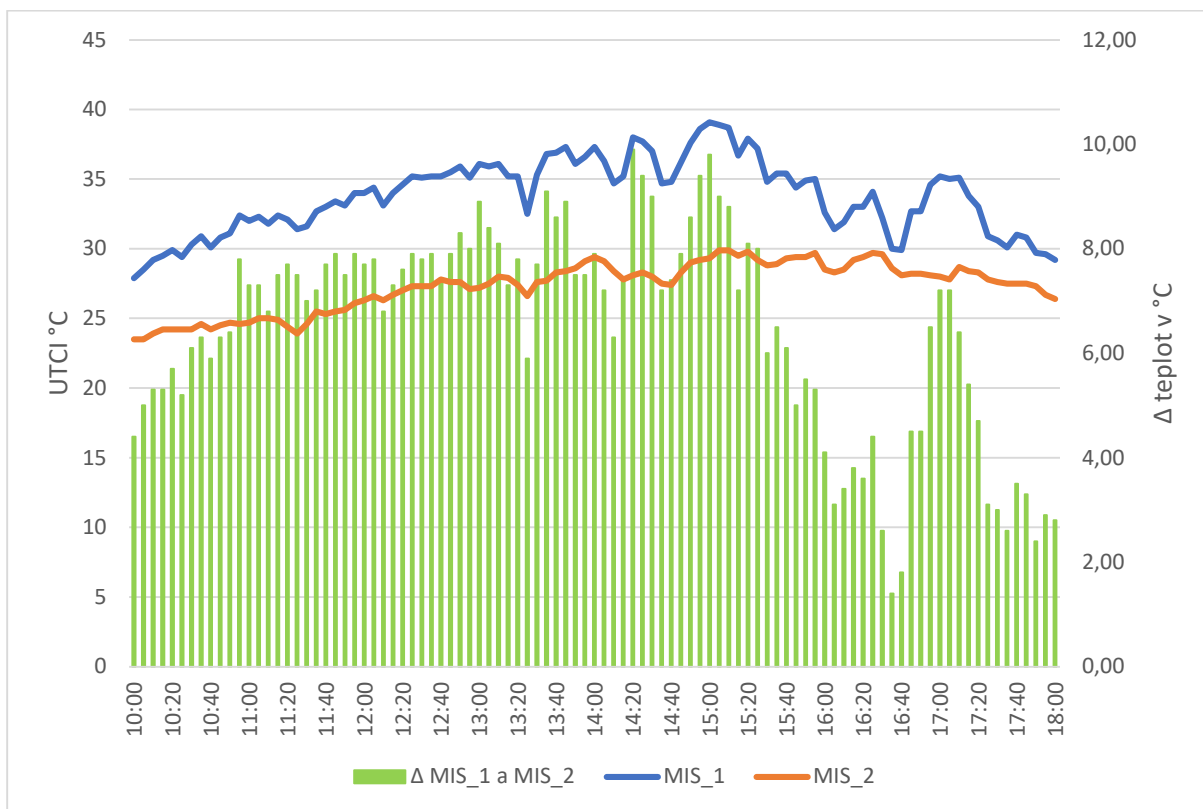
Obr. 3 Rozdíly hodnot indexu UTCI mezi stanicemi ROZ_1 a ROZ_2 a jejich chod ze dne 7. 7. 2021



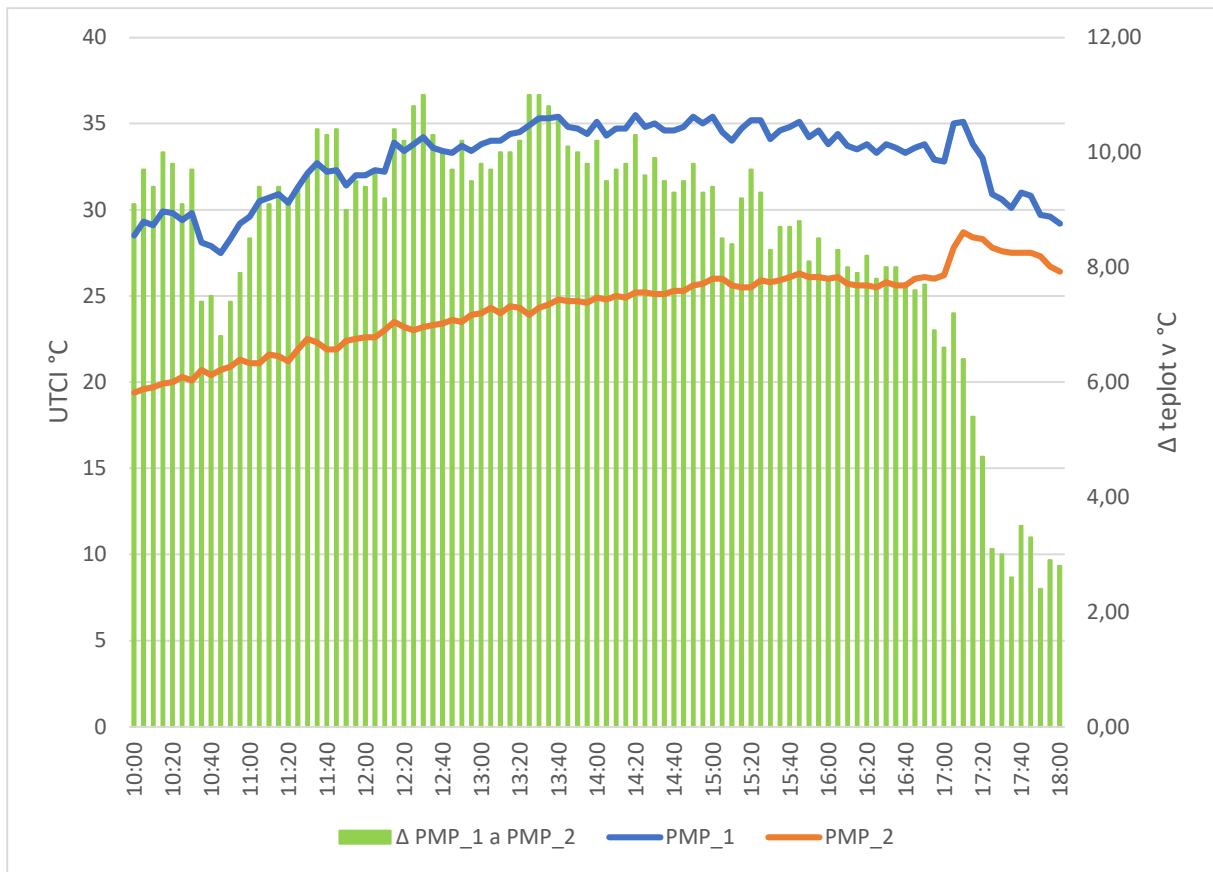
Obr. 4 Rozdíly hodnot indexu UTCI mezi stanicemi ROZ_3 a ROZ_4 a jejich chod ze dne 8. 7. 2021



Obr. 5 Rozdíly hodnot indexu UTCI mezi stanicemi CSA_1 a CSA_2 a jejich chod ze dne 24. 7. 2021

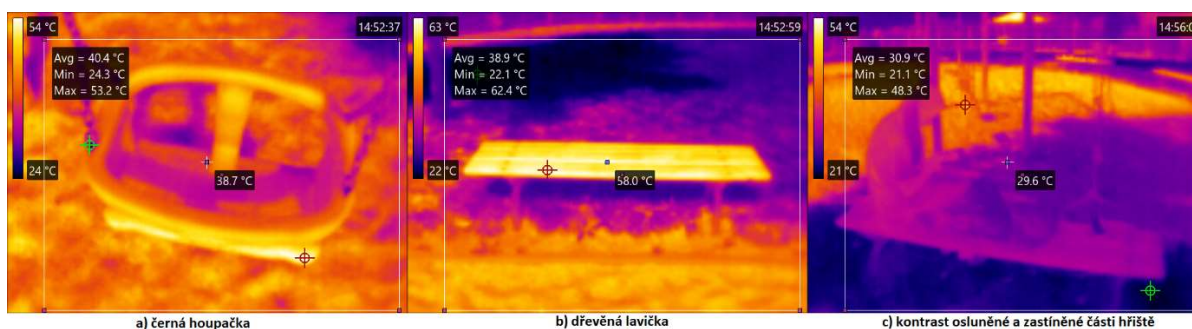


Obr. 6 Rozdíly hodnot indexu UTCI mezi stanicemi MIS_1 a MIS_2 a jejich chod ze dne 12. 8. 2021

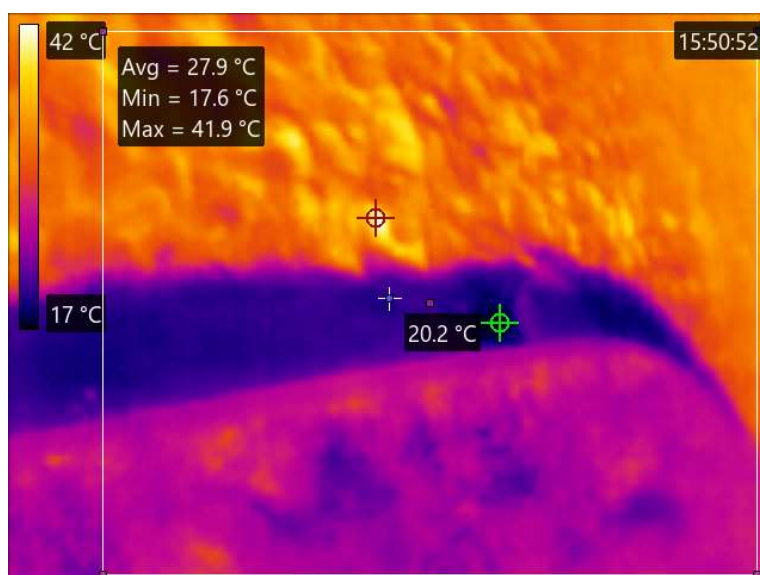


Obř. 7 Rozdřly hodnot indexu UTCI mezi stanicemi PMP_1 a PMP_2 a jejich chod ze dne 9. 9. 2021

Příloha 3 – vybrané fotky pořízené termokamerou

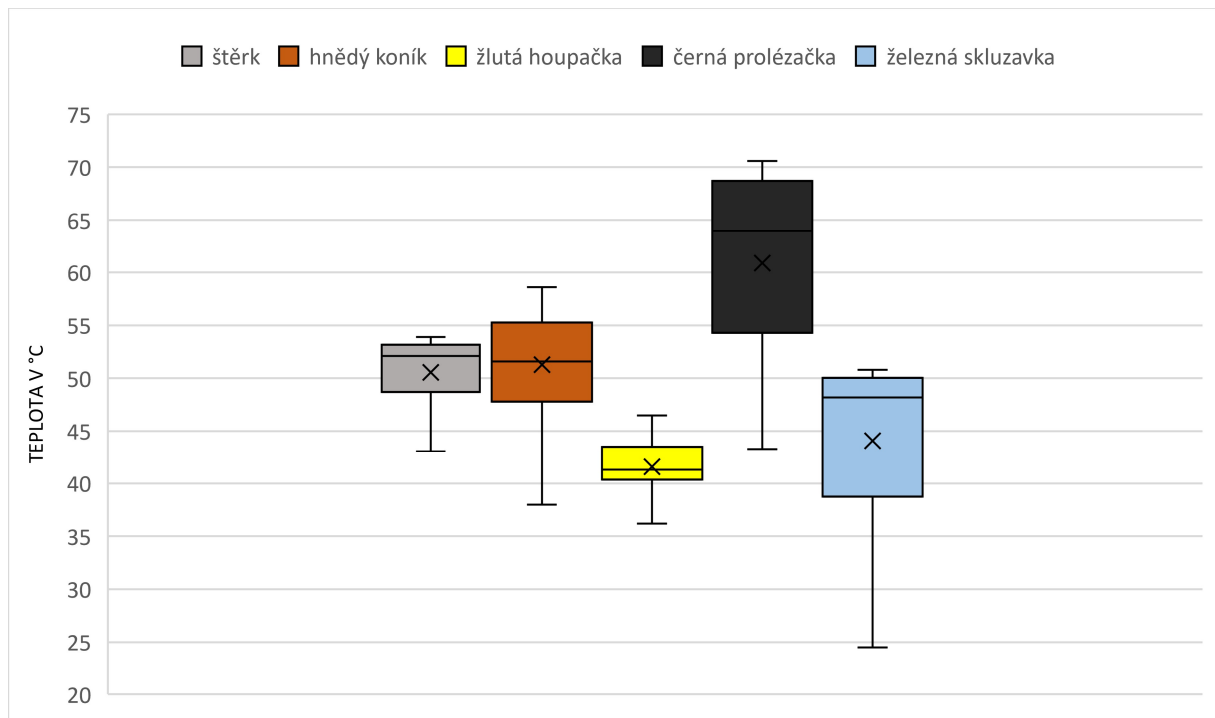


Obr. 1, vybrané herní prvky a povrchy z hřiště v Mišákově ulice ze dne 12. 8. 2021, autor: René Jirmus

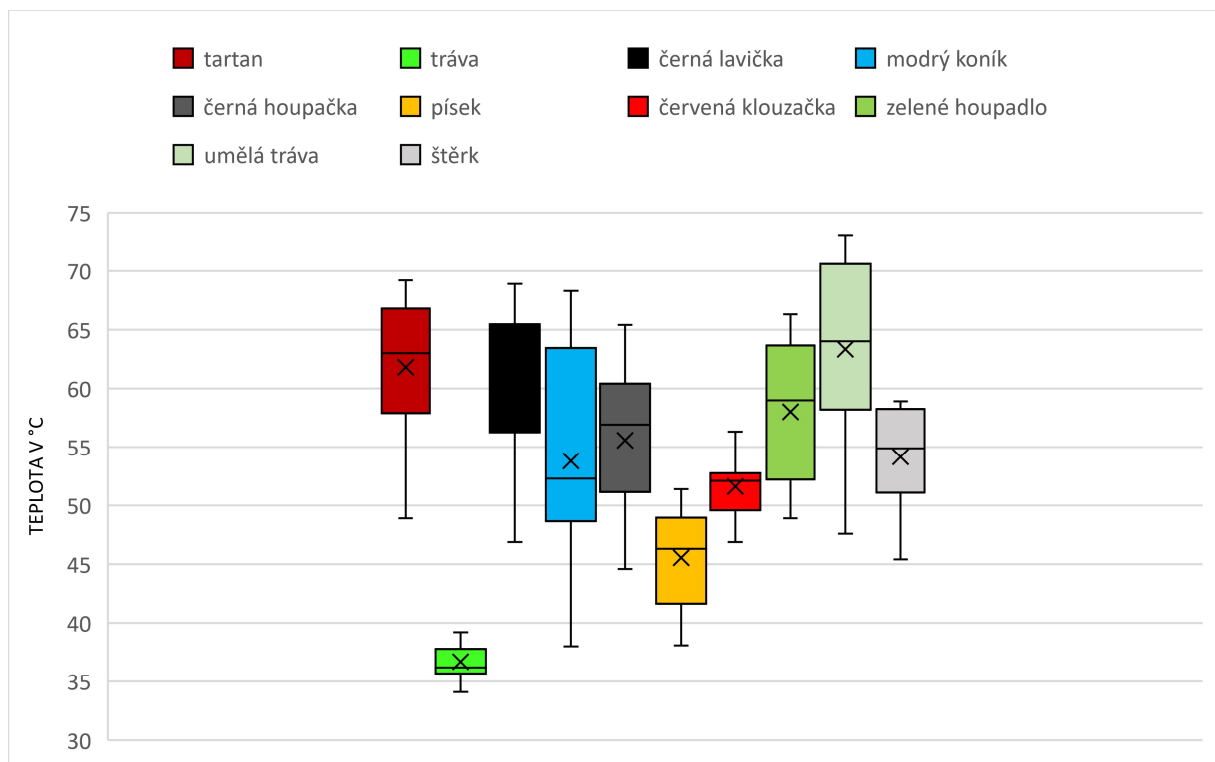


Obr. 2, rozdíl teplot umělé (teplejší) a přirozené (chladnější) trávy na hřišti v Parku malého prince dne 9. 9. 2021, autor: René Jirmus

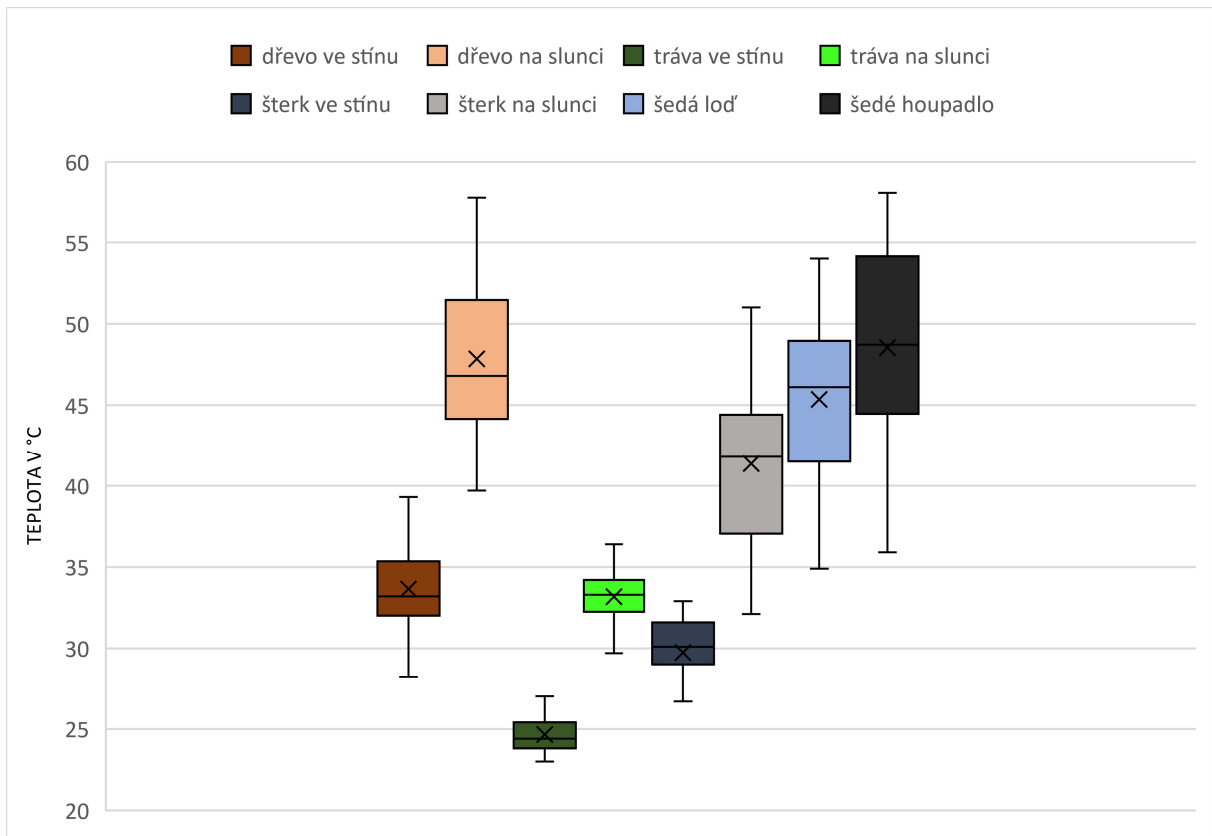
Příloha 4 – krabicové grafy rozpětí teplot herních prvků a povrchů



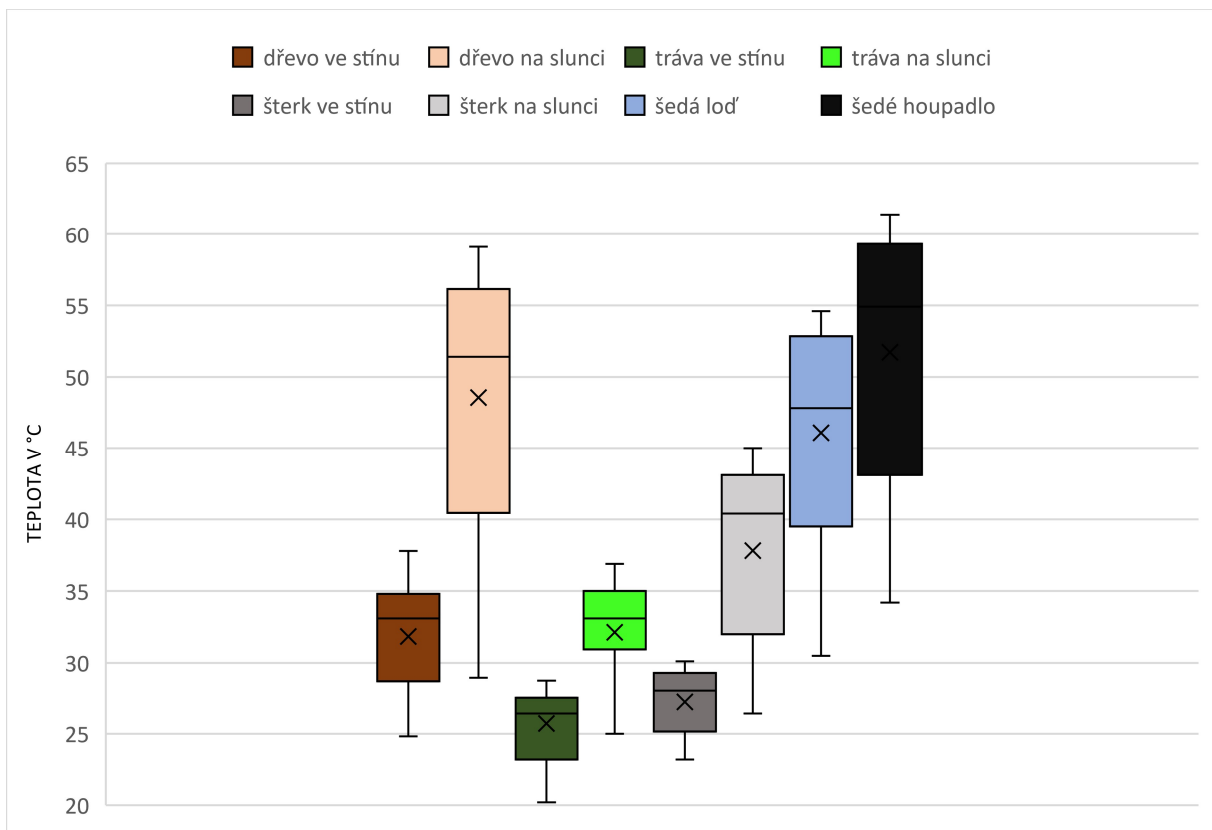
Obr. 1 Rozpětí teplot herních prvků a povrchů na dětském hřišti u Michalského výpadu ze dne 16. 6. 2021



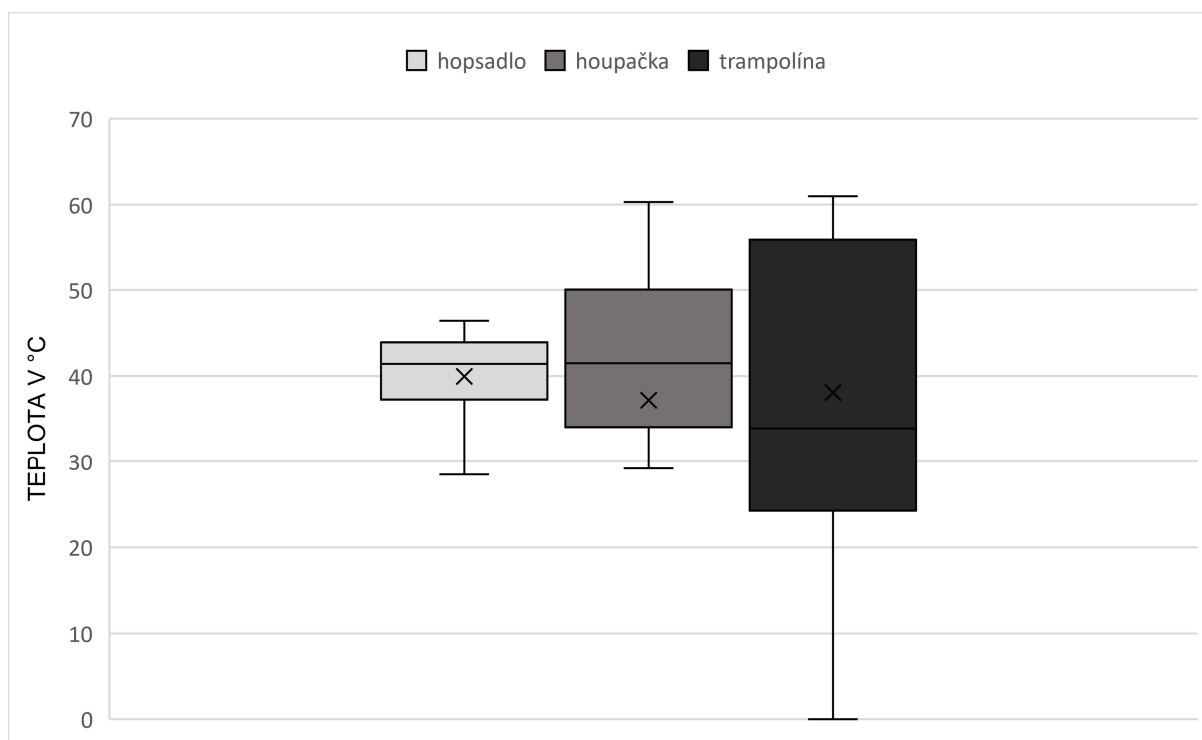
Obr. 2 Rozpětí teplot herních prvků a povrchů na dětském hřišti v ulici Purkyňova ze dne 19. 6. 2021



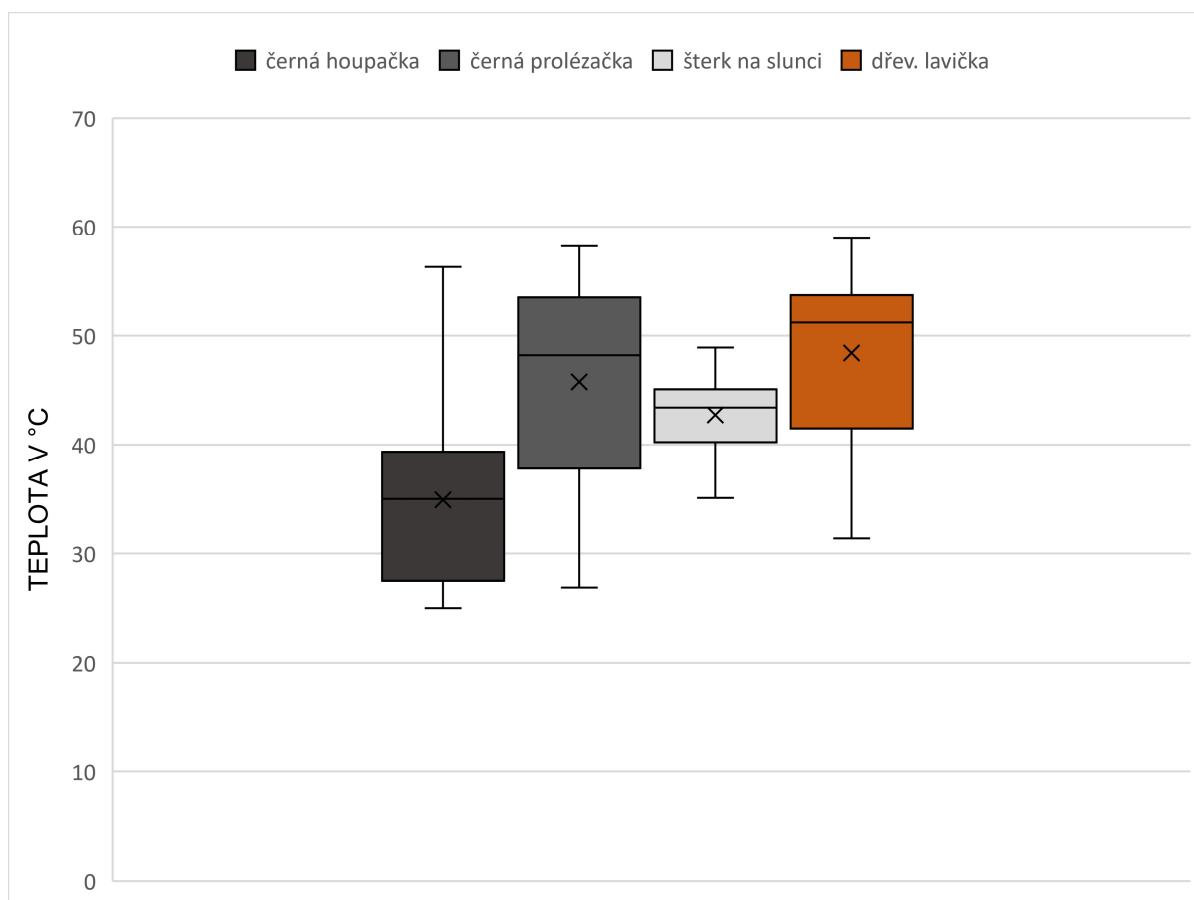
Obr. 3 Rozpětí teplot herních prvků a povrchů na dětském hřišti v Rozáriu ze dne 7. 7. 2021



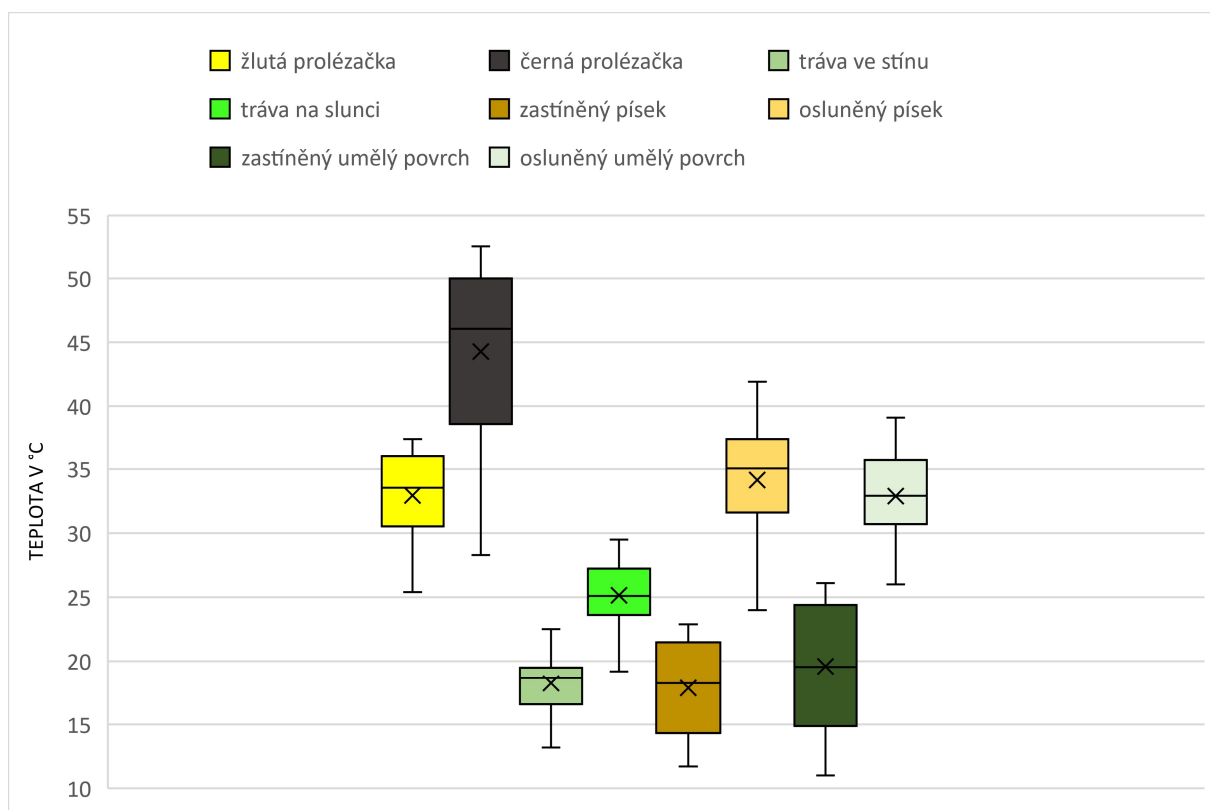
Obr. 4 Rozpětí teplot herních prvků a povrchů na dětském hřišti v Rozáriu ze dne 8. 7. 2021



Obr. 5 Rozpětí teplot herních prvků a povrchů na dětském hřišti v Čechových sadech ze dne 24. 7. 2021



Obr. 6 Rozpětí teplot herních prvků a povrchů na dětském hřišti v ulici Mišákova ze dne 12. 8. 2021



Obr. 7 Rozpětí teplot herních prvků a povrchů na dětském hřišti v parku Malého prince ze dne 9. 9. 2021

Seznam vybraných zkratek

LCZ - místní klimatická zóna (Local Climate Zone)

PCI – chladný parkový ostrov (Park Cool Island)

UHI - tepelný ostrov města (Urban Heat Island)

UTCI - Universal Thermal Climate Index