

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI**

**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**2016**

**Bc. Zuzana Březovská**

**UNIVERZITA PALACKÉHO V OLMOUCI**  
**PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA**  
**KATEDRA OPTIKY**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Vnější vlivy omezující přesnost měření laserovým dálkoměrem**

**Vypracovala:** Bc. Zuzana Březovská

**Studijní obor:** Přístrojová a digitální optika

**Vedoucí bakalářské práce:** Dr. Ing. Zdeněk Řehoř, Ph.D

**PALACKY UNIVERSITY IN OLMOUC**  
**FACULTY OF SCIENCE**  
**DEPARTMENT OF OPTICS**

**DIPLOMA THESIS**

**EXTERNAL INFLUENCES LIMITING ACCURACY OF  
THE MEASUREMENT LASER RANGEFINDER**

**Author:** Bc. Zuzana Březovská

**Academic discipline:** Instrumental and digital optics

**Supervisor:** Dr. Ing. Zdeněk Řehoř, Ph.D

### **PODĚKOVÁNÍ:**

Ráda bych poděkovala Dr. Ing. Zdeňku Řehořovi, Ph.D za odbornou pomoc, ochotu, trpělivost a volný čas při psaní této diplomové práce. Současně chci poděkovat panu Vladimíru Chlupovi RNDr. a Mgr. Filipu Chlupovi za poskytnutí obou používaných dálkoměrů v průběhu experimentálního měření. Rovněž velký dík patří rodině, mému příteli a přátelům za neustálou podporu, kterou mi věnovali po celou dobu mého studia.

**PROHLÁŠENÍ:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením  
Dr. Ing. Zdeňka Řehoře Ph.D a za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Olomouci dne: .....

Podpis: .....

## **Anotace**

První část práce je věnována optoelektronickým laserovým dálkoměrům, jejich základním principům a konstrukci. Dále jsou rozebrány jejich rozdělení, a také rozbor chyb, například v důsledku vnitřních vlivů dálkoměru a především chyb způsobených vnějšími vlivy atmosféry.

Součástí je popis atmosféry a atmosférických jevů a jejich parametrů, které mají vliv na kvalitu přenášeného optického záření.

Cílem práce bylo provést praktické měření pomocí impulsního laserového dálkoměru TruPulse™ 200/200B vybraných vzdáleností a určit vliv atmosféry na výsledné měření. Následně bylo provedeno statistické zpracování naměřených dat a následně porovnat toto měření s modelem měření a provést diskuzi. Okrajově v této práci bylo také realizováno měření a porovnání dálkoměru PLRF25C/ PLRF25C BT od firmy Vectronix s výše uvedeným impulsním dálkoměrem TruPulse™ 200/200B.

*Klíčová slova:*

*Optoelektronický laserový dálkoměr, Atmosféra, Atmosférické jevy, Parametry atmosférických jevů, chyba měření, Praktické měření laserovým dálkoměrem, Statistické zpracování, Porovnání praktického měření s modelem měření.*

## **Abstract**

The first part of this work is dedicated to optoelectronic laser rangefinders, to their basic principles and construction design. Further discussion focuses on their categorization, and also uncertainties, for example the consequences of inner influences of laser rangefinders and especially uncertainty coming from the outer influences of the atmosphere.

Also discussed are atmosphere and atmospheric phenomena and their parameterization including discussion of the influences of parameterization on the quality of transmitted optical radiation.

The aim of this work was to measure select distances with the impulse laser rangefinder TruPulseTM 200/200B and to determine the atmospheric influences on measurements. Afterwards, statistical calculations from data have been made and compared with model measurements with a subsequent discussion of the results. The thesis also references measurements and comparisons between the rangefinder PLRF25C/PLRF25C BT by Vectronix and the already mentioned impulse rangefinder TruPulseTM 200/200B.

### *Keywords:*

*Optoelectronic laser rangefinder, Atmosphere, Atmospheric phenomena, Parameters of atmospheric phenomena, Practical measurements with laser rangefinder, Statistical processing, Comparison of practical measurement measurement model.*

## Obsah

<b>1. Úvod</b> .....	<b>10</b>
<b>2. Optoelektronické laserové dálkoměry</b> .....	<b>11</b>
2.1 Rozdělení optoelektronických dálkoměrů .....	11
2.1.1 Fázový dálkoměr .....	11
2.1.2 Frekvenční (kmitočtový) dálkoměr .....	13
2.1.3 Impulsní dálkoměr .....	14
2.2 Princip optoelektronického laserového dálkoměru.....	14
2.3 Konstrukce optoelektronického laserového dálkoměru.....	15
2.3.1 Zdroj záření - vysílač .....	16
2.3.2 Detektor - přijímač.....	16
2.3.3 Modul měření času .....	19
2.3.3.1 Metoda jednoho pulsu .....	19
2.3.3.2 Měření časového intervalu.....	20
2.3.3.3 Přesnost pulsního dálkoměru.....	21
2.3.4 Objektiv .....	24
2.4 Parametry laserového dálkoměru.....	25
2.5 Vlastnosti cíle a okolí.....	26
<b>3. Atmosféra</b> .....	<b>28</b>
3.1 Atmosférické jevy .....	28
3.1.1 Atmosférická turbulence.....	29
3.1.2 Atmosférický útlum .....	34
3.1.2.1 MCFA a chyba měření .....	36
3.2 Meteorologické parametry ovlivňující turbulenci a útlum .....	38
3.2.1. Teplota vzduchu.....	38
3.2.2 Atmosférický tlak .....	38
3.2.3 Relativní vlhkost vzduchu .....	39
3.2.4 Relativní rychlost větru.....	40



3.2.5 Meteorologická dohlednost .....	40
3.2.6 Hustota energie slunečního záření .....	41
<b>4. Experimentální měření laserovým dálkoměrem.....</b>	<b>43</b>
<b>5. Závěr .....</b>	<b>72</b>
<b>6. Seznam literatury .....</b>	<b>75</b>
<b>7. Přílohy.....</b>	<b>77</b>

## **1.Úvod**

Tématem diplomové práce jsou vnější vlivy omezující přesnost měření laserovým dálkoměrem. Existuje celá řada zařízení využívající vlastností světla, která byla vyvíjena s časem a společně s rozvojem elektroniky a počítačové techniky vzniklo plno optoelektronických zařízení a jedním z nich je laserový dálkoměr.

Laserové dálkoměry jsou aktivní zařízení, které slouží k měření vzdáleností a společně s obsluhou člověka se mohou využívat například ve stavitelství, dopravě, geografii nebo i kosmonautice.

První kapitola této práce je věnována rozdělení laserových dálkoměrů a jejich principu, následně parametrům a konstrukcím laserových dálkoměrů. A zároveň jsou zde zahrnuty vnější (atmosférické jevy) a vnitřní vlivy (elektronika uvnitř dálkoměru), které způsobují chybu měření vzdáleností

Druhá kapitola bude věnována atmosféře a atmosférickým jevům, jako je atmosférická turbulence a atmosférický útlum. Tyto jevy zejména způsobují nepřesnost měření vzdáleností a ovlivňují je různé meteorologické parametry.

V neposlední řadě, kapitola třetí je zaměřena na experimentální měření vzdáleností prováděné pro čtyři různé vzdálenosti, 3x denně a to, za každého počasí v průběhu pěti měsíců (období 10/2015 – 02/2016). Konkrétně měření bylo prováděno s impulsním dálkoměrem TruPulse<sup>TM</sup> 200/200B, jehož princip spočívá na měření doby zpoždění (TOF).

V závěru této práce je provedena analýza atmosférických jevů, které ovlivňují přesnost optoelektronických dálkoměrů. Hlavní pozornost je v této práci věnována vlivu atmosférické turbulence. Následně bude provedeno statistické zpracování četností průměrných vzdáleností, následně vykreslit průběh průměrných vzdáleností v závislosti na meteorologických parametrech, které nejvíce ovlivňují turbulenci a provést krátkou diskuzi.

Na závěr této práce bude také provedeno verifikační měření výše uvedeného impulsního dálkoměru TruPulse<sup>TM</sup> 200/200B s dálkoměrem typu PLRF25C/ PLRF25C BT Vectronix při jednodenním měření vybraných vzdáleností.

## **2. Optoelektronické laserové dálkoměry**

Tato práce se zabývá měřením středních a velkých vzdáleností pomocí optoelektronických laserových dálkoměrů. Jednou z metod používaných u měření velkých vzdáleností je metoda tranzitního času (TOF). Tato metoda umožňuje měření stovek metrů až mnoho kilometrů. Metoda TOF je založena na nekoherentní detekci světelných pulsů, při jejichž zpoždění dostáváme přímou informaci o naměřené vzdálenosti.

Důležitým faktorem při optickém měření zde hraje roli přesnost, dosah i vzdálenost pozorovaného předmětu. Dalšími faktory jsou vlastnosti povrchu předmětu a přístupnost k měřenému objektu.

Tato kapitola se zabývá principy a konstrukcí optoelektronického laserového dálkoměru. Potom je důležité uvést jejich parametry, a jak ovlivňují vnitřní a vnější vlivy měření vzdáleností laserového dálkoměru.[8]

### **2.1 Rozdělení optoelektronických dálkoměrů**

#### 2.1.1 Fázový dálkoměr

Využívají se dva základní typy fázových dálkoměrů. S konstantní fázovou modulační frekvencí a dálkoměry s plynule měnitelnou modulační frekvencí. Z těchto dvou konstrukcí byl po dobu vývoje upřednostněn typ fázového dálkoměru s konstantní modulační frekvencí.

Tato metoda je založena na nepřímém určení tranzitního času pomocí fázového rozdílu mezi modulační obálkou kontinuálně vyslaného signálu a odraženého signálu. Úplný fázový rozdíl  $\Delta\Phi$  vyslaného a odraženého signálu v počátečním bodě je určen vztahem (2.1) [11]:

$$\Delta\Phi = \frac{4\pi \cdot f \cdot s}{v} = \frac{2\pi \cdot 2s}{\lambda} \quad (2.1)$$

kde:  $\lambda$  ... modulační vlnová délka

Měřená vzdálenost (2.2) je mnohonásobně větší, než modulační vlnová délka  $\lambda$ . V podstatě není možné měřit větší fázový rozdíl než je jedna perioda  $2\pi$  [11].

$$s = \frac{(n+\Delta n)\lambda}{2} + c, \quad (2.2)$$

kde:  $n$  ... počet celistvých modulačních vlnových délek na vzdálenosti  $2s$ ,  
 $\Delta n$  ... zbyvající díl modulační vlnové délky,  
 $c$  ... součtová konstanta.

Výraz v čitateli (2.2) -  $(n + \Delta n)$  je závislý na úplném fázovém rozdílu  $\Delta\Phi$  vyslaného a odraženého modulačního signálu, zde platí vztah (2.3)[11]:

$$n + \Delta n = \frac{\Delta\Phi}{2\pi} \quad (2.3)$$

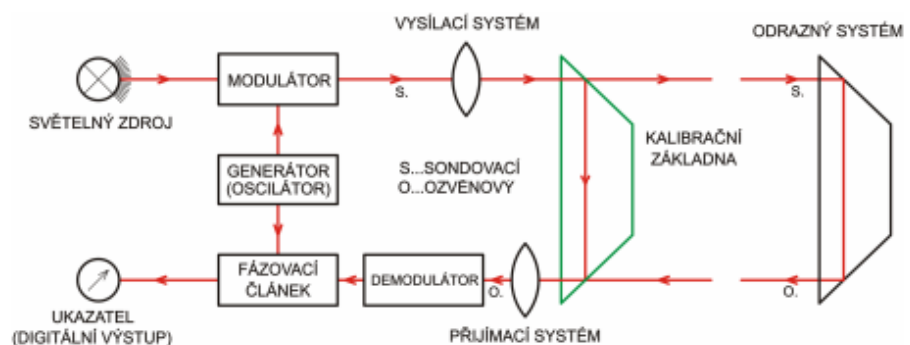
Úplný fázový rozdíl je možný rozdělit na součet (2.4):

$$\Delta\Phi = \Delta\varphi_0 + \Delta\varphi \quad (2.4)$$

Pro vyjádření vzdálenosti  $s$ , je nutné určit počet úseků  $\lambda/2$ .  $\lambda/2$  představuje počet vlnových módů, které jsou obsaženy v dráze  $2s$  a zbytkovou vzdálenost, pomocí měření fázového posuvu  $\Delta\varphi$  vyslané a přijaté vlny [11].

Pro určení fázového rozdílu jsou využívána nepřímá měření pomocí fázovacích (optických, elektronických) článků. V současnosti převažují výhradně elektronické fázové články [11].

Na zjednodušeném schématu (obr. 2.1) je možné popsat princip fázového dálkoměru [11].



obr. 2.1: Schéma fázového dálkoměru [11]

Paprsek vyslaný zdrojem tzv. sondovací paprsek prochází modulátorem, do kterého jsou přenášeny kmity z oscilátoru a jsou vysílány optickým vysílacím systémem. Dále paprsek prochází kalibrační základnou, kde je prováděno kalibrační měření. Poté probíhá usměrnění podél měřené vzdálenosti na odrazný systém, odkud se paprsky vracejí zpět k dálkoměru jako ozvěnový paprsek. Následně je soustředěn na demodulátor.

Ozvěnový paprsek je převeden na elektrický signál, který je společně se signálem přiváděným z vysokofrekvenčního generátoru soustředěn do fázového článku. Mezi nimi probíhá porovnání fáze a určení fázového rozdílu  $\Delta\varphi$ , která odpovídá zbytku dráhy signálu. V posledním kroku, s určeným počtem vlnových modulů spočítá úplný, fázový rozdíl  $\Delta\Phi$  vyslaného a odraženého signálu v počátečním bodě, díky němuž se vypočítá měřená délka  $s$  [11].

### 2.1.2 Frekvenční (kmitočtový) dálkoměr

Mezi další skupinu patří fázové (kmitočtové) dálkoměry, které pro měření využívají vhodně frekvenčně modulovanou nosnou vlnu. Tato frekvenčně modulovaná nosná vlna je vysílána přes anténu na cíl a po odrazu je následně zachycena přijímací stanicí, společně s vysílaným signálem. V přijímači vznikají záznamy, jejichž frekvence je funkcí vzdáleností. Frekvenční dálkoměry mohou být využívány například: v letectví u výškoměrů nebo dříve byly využívány pro geodetické účely [11].

### 2.1.3 Impulsní dálkoměr

Impulsní dálkoměry jsou zařízení, které využívají metody měření tranzitního časového intervalu  $T$  (2.5), za který paprsek urazí optickou dráhu tam i zpět. Princip je popsán více v kapitole 2.2 [11].

Pro měření vzdáleností je dobré mít splněné požadavky: jako malá chyba měření anebo krátký časový interval, což souvisí s přesností měření vzdáleností. Čím kratší bude časový interval, tím menší chyba měření vznikne (přesnost roste). Zjištěný součet impulsů je využíván k hrubšímu určení délek. Zvýšené přesnosti je také dosaženo velkým počtem měření tranzitního času během velmi krátké doby. To znamená např: při počtu 400 měření se sníží náhodná chyba 20x [11].

Impulsní dálkoměry měří délky s dostatečnou přesností ve velmi krátké době s krátkými časovými impulsy. Krátkými impulsy je možné zvýšit jejich energii, a proto měřený objekt lze obejít bez použití odrazného systému (například: hranol) [11].

## **2.2 Princip optoelektronického laserového dálkoměru**

Aktivní optické měření probíhá ze tří fází:

První fáze zahrnuje vhodně vyslané modulované světlo s požadovanými vlastnostmi k měřenému objektu. V další fázi paprsek musí projít prostředím až k cíli, od něž se zpětně odrazí na detektor. V poslední fázi paprsek musí být na detektoru zachycen a zpracován na elektrický signál, tak aby byla získána požadovaná informace [8].

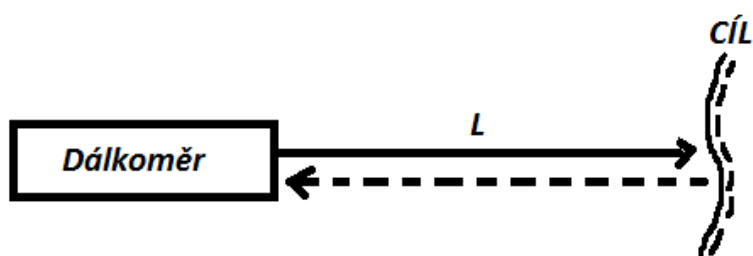
Základní princip optoelektronického laserového dálkoměru je velmi jednoduchý (obr. 2.2).

Světelný paprsek vyslaný dálkoměrem urazí optickou dráhu “  $L$  “. Laserový paprsek se odrazí od pozorovaného objektu zpět na detektor, umístěný v dálkoměru, přičemž je měřena doba  $T$ , za kterou světlo urazí optickou dráhu tam i zpět. Optická dráha mezi dálkoměrem a cílem je definována vztahem (2.5) [8]:

$$L = \frac{cT}{2}, \quad (2.5)$$

kde:  $c$  ... rychlost světla v prostředí,

$T$  ... doba zpoždění (průletu)

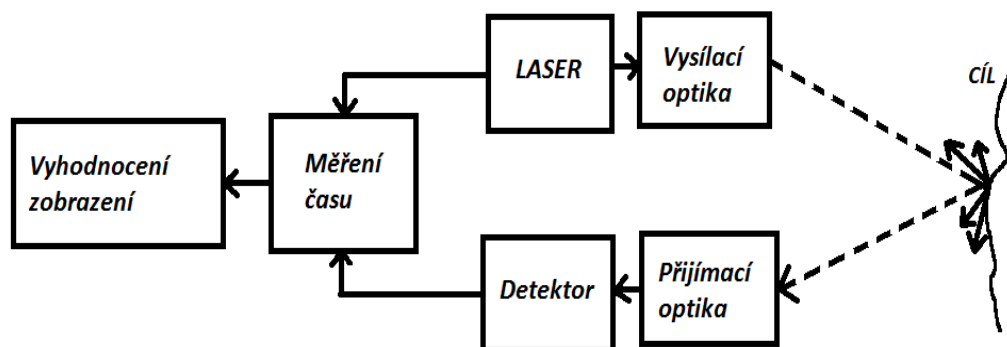


obr. 2.2 : Princip optoelektronického laserového dálkoměru [8]

### 2.3 Konstrukce optoelektronického laserového dálkoměru

Základní komponenty optoelektronického laserového dálkoměru jsou vidět na (obr. 2.3).

Komponenty laserového dálkoměru jsou: vysílač (např: laser, optika na úpravu svazku), přijímač (detektor), zařízení na měření času a zařízení na vyhodnocení měření a zobrazení výsledků [8].



obr. 2. 3: Základní komponenty optoelektronického laserového dálkoměru [8]

### 2.3.1 Zdroj záření - vysílač

Pro měření velkých vzdáleností je velmi důležitý výběr zdroje a především kvalita laserového svazku. To znamená, že laserový paprsek musí mít dostatečný výkon, a malou světelnou stopu na velkou vzdálenost. Zvláště pro měření cílů s difúzním povrchem při měření velkých vzdáleností.

Na zdroj pro měření velkých vzdáleností jsou kladeny požadavky jako: dostatečně vysoký výkon, krátké pulsy, možnost modulace pro kontinuálně vyzařující zdroje, vysokou kolimovatelnost popřípadě úzkou spektrální čáru [8].

V současné době se pro měření vzdáleností využívají zejména polovodičové diody, které pokrývají vlnovou délku (800 – 1600 nm).

Výběr laseru závisí rovněž na volbě typu detektoru. Nejcitlivější detektory pracují na vlnových délkách v oblasti (800 – 1000 nm). Oblast těchto vlnových délek se nachází v oblasti, která je nebezpečná pro zrak. Proto laserové dálkoměry obvykle využívají monochromatické záření s ohledem na bezpečnost zraku. Bezpečné lasery pracují na vlnových délkách 1,5  $\mu\text{m}$  [8].

### 2.3.2 Detektor - přijímač

Detektor je elektronická součástka, která převádí optický signál na elektrický signál [8].

Detektory jsou charakterizovány celou řadou parametrů. Mezi nejdůležitější patří: citlivost, časová konstanta, kvantová účinnost, prahový zářivý tok a NEP.

Pro detekci optického záření v dálkoměrech se využívají fotodiody (PIN diody), lavinové diody nebo fotonásobiče. Nejvíce využívané jsou lavinové diody, které při dopadu fotonů spouští lavinu elektronů a vykazují ve srovnání s ostatními zisk. Tento zisk udává, kolik elektronů vyprodukuje každý detekovaný foton [8].

Výběr detektoru závisí na typu zdroje, respektive jeho vlastnostech zdroje a jeho vlastnosti ovlivňují parametry pozorovaného cíle.

Cíle můžeme rozdělit na dva základní typy: odrazný odražeč nebo difúzní cíl [8].

Dopadá – li na difúzní cíl kruhová stopa ve vzdálenosti  $L$ , potom plochu kruhové stopy lze definovat ze vztahu (2.6) [8]:



$$A_c = \frac{\pi}{4} (d_0 + \Theta_0 L)^2 = \pi \frac{d_c^2}{4}, \quad (2.6)$$

kde:  $d_0$  ... průměr zdroje světla,  
 $\Theta_0$  ... divergence zdroje světla (Platí předpoklad, že:  $\tan\Theta \cong \Theta$ ),  
 $L$  ... vzdálenost stopy,  
 $(d_0 + \Theta_0 L)$  ... průměr světelné stopy,  
 $d_c$  ... průměr kruhové stopy,  
 $A_c$  ... plocha kruhové stopy [8].

Přičemž plocha kruhové stopy na cíli může být větší nebo menší, než zdánlivá plocha  $A_{cíl}$ . Intenzita ozáření cíle  $I_C$  je definována vztahem (2.7) [8]:

$$I_C = \frac{t_1 t_{atm}}{A_c} P_0, \quad (2.7)$$

kde:  $P_0$  ... zářivý výkon laseru,  
 $t_1 t_{atm}(L)$  ... propustnost použité optiky a propustnost prostředí, závislá na vzdálenosti  $L$ ,  
 $A_c$  ... plocha kruhové stopy,  
 $I_C$  ... intenzita ozáření [8].

Odražený, zářivý tok  $P_i$  od plochy cíle je určen vztahem (2.8):

$$P_{dif} = \delta t_1 t_{atm} A_{cíl} = \delta t_1 t_{atm} \frac{A_{cíl}}{A_c} P_0 = \delta t_1 t_{atm} \frac{d_{cíl}^2}{(d_0 + \Theta_0 L)^2} P_0, \quad (2.8)$$

kde:  $\delta$  ... difuzivita,  
 $P_{dif}$  ... difúzní, odražený zářivý tok,  
 $A_{cíl}$  ... plocha cíle, z které se zářivý tok odráží,  
 $d_{cíl}$  ... kruhový průměr cíle,  
 $t_1 t_{atm}(L)$  ... propustnost použité optiky a propustnost prostředí, závislá na vzdálenosti  $L$ ,  
 $(d_0 + \Theta_0 L)$  ... průměr světelné stopy [8].

Ve velkých vzdálenostech se z místa cíle jeví světelný zdroj jako bod, proto rovnice pro zachycenou část zářivého toku  $P_i$  odraženého od difúzního cíle je (2.9) [8]:

$$P_i = \delta t_1 t_2 t_{atm}^2 \frac{d_i^2 d_{cíl}^2}{8\theta_0^2 L^4} P_0. \quad (2.9)$$

Je – li úhlová velikost difúzního cíle větší, než divergence svazku, potom vzorec (2.10) lze přepsat na tvar [8]:

$$P_i = \delta t_1 t_2 t_{atm}^2 \frac{d_i^2}{8L^2} P_0. \quad (2.10)$$

Výše uvedená odvození platí pro difúzní cíle.

Koutové odražeče představují 100% odrazné cíle. Výkon odraženého světla od koutového odražeče je určen ve tvaru (2.11) [8]:

$$P_{kout} = I_c A_{kout} = \frac{d_{kout}^2}{(d_0 + \theta_0 L)^2} P_0. \quad (2.11)$$

Vztah pro difrakční úhel  $\Theta_{kout}$  je definován (2.12) [8]:

$$\Theta_{kout} = \frac{d_{kout}}{L} + \frac{2,44\lambda}{d_{kout}}, \quad (2.12)$$

kde:  $d_{kout}$  ... efektivní průměr odražeče

Ve vztahu (2.12) první člen vztahu je difrakce dopadajícího svazku a druhý člen vyjadřuje difrakci způsobenou konečným rozměrem koutového odražeče. V místě dálkoměru plocha světelné stopy  $A_d$  je (2.13) [8]:

$$A_d = \frac{\pi}{4} d_d^2 = \frac{\pi}{4} (\Theta_{kout} L + d_{kout})^2 = \frac{\pi}{2} \left( d_{kout} + \frac{1,22\lambda L}{d_{kout}} \right)^2. \quad (2.13)$$

Intenzita světla  $I_d$ , která dopadne na objektiv dálkoměru je určena vztahem (2.14) [8]:

$$I_d = t_c \frac{P_{kout}}{A_d} = t_1 t_2 t_{atm}^2 \frac{d_{kout}^2}{\frac{\pi}{2} \left( d_{kout} + \frac{1,22\lambda L}{d_{kout}} \right)^2 (d_0 + \theta_0 L)^2} \cdot P_0. \quad (2.14)$$

Pokud světelný zdroj dálkoměru z měřené vzdálenosti se jeví jako bod, potom výkon zářivého toku  $P_i$  (2.15) [8]:

$$P_i = t_1 t_2 t_{atm}^2 \frac{d_i^2 d_{kout}^2}{2 \left( d_{kout} + \frac{1,22\lambda L}{d_{kout}} \right)^2 (\theta_0 L)^2} P_0. \quad (2.15)$$

Pokud platí, že efektivní hodnota plochy odražeče je mnohem větší, než stopa svazku, tedy:  $d_{kout}^2 \gg 1,22\lambda L$ . Potom vztah (2.15) lze přepsat (2.16), že [8]:

$$P_i = t_1 t_2 t_{atm}^2 \frac{d_i^2}{2(\theta_0 L)^2} P_0. \quad (2.16)$$

Detekovaný výkon z výše uvedených vztahů je ve srovnání s vyslaným výkonem značně zeslabený. Zeslabení dopadajícího výkonu na detektor je závislý na vzdálenosti cíle, podmínkách prostředí, vlastnostech cíle a daný detekovaný výkon je funkcí času [8].

### 2.3.3 Modul měření času

#### 2.3.3.1 Metoda jednoho pulsu

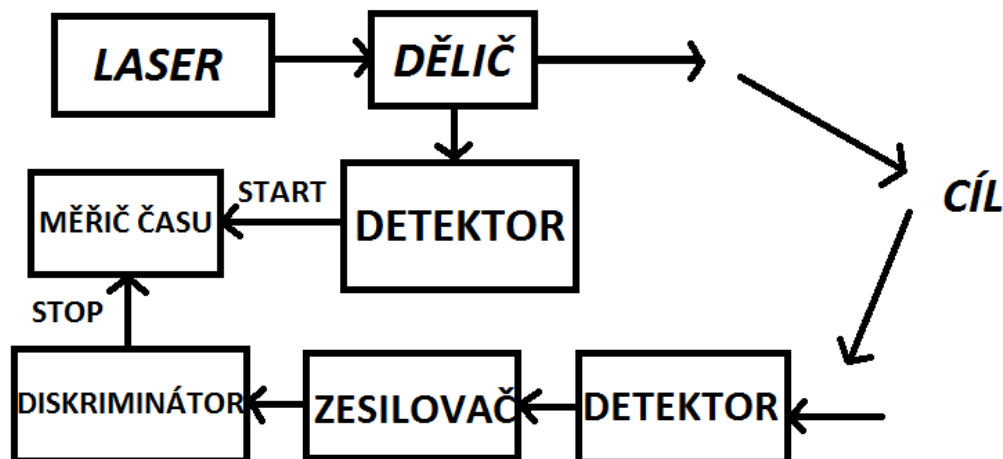
Měření metodou jednoho pulsu se provádí zařízením uspořádaného dle (obr. 2.4).

Laser vyšle puls o délce pulsu  $\tau$ , na děliči se puls rozdělí na dva pulsy: první puls představuje startovací puls. Druhý a silnější puls prochází optikou dálkoměru k pozorovanému cíli. Oba tyto pulsy souběžně dopadají na fotodetektor. První startovací puls se převede na zesílený puls, který spouští čítač (měřič času). Souběžně se druhý optický impuls, šíří k cíli, následně se vrací na detektor dálkoměru a po dopadu na diskriminátor jsou generovány stop pulsy pro měřič času.

Pomocí diskriminátoru lze definovat body na časové ose, vymezující měřený časový interval.

Vzdálenost  $L$  je měřena jako měření časového intervalu  $T$ . Při tomto měření se měří časové zpoždění přímo korelováním start a stop pulsu paralelně běžícími stopkami (čítačem).

Nevýhodou této metody je deformace tvaru detekovaného pulsu, to má dopad na přesnost skutečné měřené vzdálenosti  $L$  [8].



obr. 2. 4: Komponenty modulu pro přímé měření času [8]

### 2.3.3.2 Měření časového intervalu

Měření časového intervalu mezi start a stop pulsem lze provést dvěma způsoby a to: analogově nebo digitálně. Rozlišení pro jeden puls roste s počtem opakování měření.

Měření času mezi dvěma pulsy se provádí několika metodami, ale v konečném výsledku časový interval je převáděn na taktovací frekvenci použitých stopek.

Čas  $T$  je vyjádřen jako:  $T = t_{\text{stop}} - t_{\text{start}}$ . Jestliže má čítač taktovací frekvenci  $f_c$ , potom čas naměřený mezi start a stop pulsy je vyjádřen (2.17) [8] :

$$T_c = \frac{n}{f_c}, \quad (2.17)$$

kde:  $n$  ... počet taktů mezi start a stop pulsy,  
 $f_c$  ... taktovací frekvence [8].

Rozlišovací schopnost je definována jako (2.18) [8] :

$$\Delta T_c = \frac{1}{f_c}. \quad (2.18)$$

Vzdálenost lze určit vztahem (2.19) [8]:

$$L_c = n \cdot \Delta L_c. \quad (2.19)$$

$\Delta L_c$  je vyjádřena celistvým počtem period čítače u dálkoměru a díky čítači je možné rozlišovat vzdálenosti s přesností  $\Delta L_c$  (2.20) [8]:

$$\Delta L_c = \frac{c}{2} \Delta T_c = \frac{c}{2f_c} . \quad (2.20)$$

Během periody přichází start a stop pulsy, to je příčinou chyby měření času. Střední kvadratická odchylka v důsledku asynchronního příchodu start a stop pulsu v měřené délce je určena vztahem (2.21) [8]:

$$\sigma_c^2 = \frac{1}{\Delta L_c} = \int_{-\frac{\Delta L_c}{2}}^{\frac{\Delta L_c}{2}} x^2 \cdot dx = \frac{\Delta L_c^2}{12} . \quad (2.21)$$

Čítač je spouštěč startovacího pulsu, takže odchylka je vztažena pouze na stop puls a ve výsledku je poloviční [8].

### 2.3.3.3 Přesnost pulsního dálkoměru

Při měření laserovým dálkoměrem se uplatňují tři základní druhy chyb:

A, přístrojová chyba omezená například elektronickými součástkami dálkoměru.

B, chyby, které jsou způsobené proměnnými vlastnostmi prostředí a vlastnostmi cíle.

C, chyby způsobené obsluhou (pozorovatel nikdy netrefí do stejného místa).

Přístrojová chyba je omezená vlastní konstrukcí přístroje, uspořádáním jeho podsystémů a vlastnostmi použitých elektronických součástek součástkami dálkoměru. Druhá skupina chyb je způsobena proměnnými vlastnostmi prostředí a vlastnostmi cíle. Třetí velkou skupinou jsou způsobené obsluhou (pozorovatel nikdy nezaměří přesně do stejného místa).

Tato práce je zaměřena na druhou skupinu chyb.

Existují další faktory, které ovlivňují přesnost měřené vzdálenosti. Mohou to být například: šum, výkon signálu, citlivost detektoru, tvarem pulsu a jeho reprodukovatelnosti[8].

Při měření času vzniká neurčitost (střední kvadratická odchylka)  $\sigma_T$ . Střední kvadratická odchylka chyby časového měření  $\sigma_T$  je definována jako (2.22) [8]:

$$\sigma_T^2 = \sigma_{stop}^2 + \sigma_{start}^2, \quad (2.22)$$

kde:  $\sigma_{stop}, \sigma_{start}$  ...střední kvadratická odchylka jednotlivých odchylek [8].

Časová odchylka  $\sigma_T$  je získaná z amplitudové odchylky  $\sigma_S$  a lineární regrese (2.23) [8]:

$$\sigma_T^2 = \frac{\sigma_S^2}{\left|\frac{dS}{dt}\right|^2}, \quad (2.23)$$

kde:  $\sigma_S$  ... amplitudová odchylka (šum),

$\sigma_T$  ... časová odchylka,

S (t) ... střední amplituda signálu

$$\left|\frac{dS}{dt}\right| \dots \text{směrnice signálu jako: } \left|\frac{dS}{dt}\right| = \frac{dP_i}{dt} = \frac{E_i \dot{S}}{\tau^2},$$

$\dot{S}$  ... ds/ dt [8].

Vztah (2.23) je vztažen k situaci, kdy na diskriminátor dopadá signál a je potřeba prozkoumat průběh tohoto signálu S (t). Jestliže platí, že diskriminátor reaguje na signál až při překročení prahového signálu  $S_p$ , potom diskriminátor vyšle impuls měřící času. Spínací obvod dodá zanedbatelnou neurčitost ke spínacímu času (< 10ps).

K časové fluktuaci dojde v důsledku amplitudových fluktuací (šumem) kolem střední amplitudy signálu S(t) [8].

Okamžitý signál je definován vztahem (2.24), jestliže platí předpoklad, že okamžitá odchylka signálu je dána okamžitým detekovaným výkonem [8].

$$S(t) = P_i(t) = \frac{E_i}{\tau} s\left(\frac{t}{\tau}\right) \quad (2.24)$$

kde: s (t) ... zpožděný signál o  $T = L/2c$  modifikovaný prostředím a cílem.

Potom vztah pro časovou odchylku je definován (2.25) [8]:

$$\sigma_T^2 = \frac{2\kappa\kappa}{\eta\tau} \frac{[E_i \frac{s}{\tau} + P_p + P_d]}{[E_i \frac{s}{\tau^2}]^2} = \tau^2 \frac{2\kappa\kappa}{\eta} \frac{[\frac{s}{E_i} + (P_p + P_d) \frac{\tau}{E_i^2}]}{s^2}. \quad (2.25)$$

Je vidět, že přesnost závisí na délce pulsu. Je – li zaveden počet fotonů, potom platí (2.26) [8]:

$$N_i = \frac{E_i}{\kappa\omega}. \quad (2.26)$$

Dosazením vztahu (2.26) do vztahu (2.25) můžeme rovnici přepsat ve tvaru (2.27) [8]:

$$\sigma_T = \frac{\tau}{\sqrt{N_i}} \sqrt{\frac{2\kappa}{\eta} \frac{s}{s^2}} \sqrt{1 + \tau \frac{P_p + P_d}{sE_i}}. \quad (2.27)$$

Zahrneme – li počet šumových fotonů do vztahu (2.27) dostaneme tvar (2.28) [8]:

$$\sigma_T = \frac{\tau}{\sqrt{N_i}} \sqrt{\frac{2\kappa S_p}{\eta s^2}} \sqrt{1 + \frac{N_s}{S_p N_i}}. \quad (2.28)$$

Ze vztahu (2.28) je vidět, že čím je kratší puls, tím je neurčitost měření menší, tedy přesnost je vyšší. A čím je počet detekovaných fotonů  $N_i$  signálu větší, tím hodnota neurčitosti klesá [8].

Také přesnost měření závisí na účinnosti  $\eta$  a čtverci sklonu pulsu  $s^2$ . To znamená, že s rostoucí účinností  $\eta$  přesnost měření roste [8].

Dalšími parametry degradující přesnost měření jsou šum pozadí a šum elektroniky. Pokud je šum možné potlačit, tím neurčitost měření je vyjádřena vztahem (2.29) [8]:

$$\sigma_T = \frac{\tau}{\sqrt{N_i}} \sqrt{\frac{2\kappa S_p}{\eta s^2}}. \quad (2.29)$$

Pokud pulsy, které jsou posílány na diskriminátor nejsou stejné, dochází k nepřesnostem. Pro příliš nízký puls je odpovídající vzdálenost delší  $T_n > T$ .

Pokud je puls vyšší, je zřejmé, že vzdálenost bude kratší  $T_v < T$ . Tato tzv. metoda náběžné hrany pro přesnost není příliš vhodná [8].

Existuje několik metod, kterými lze řešit nepřesnost. Jednou z nich, je metoda konstantního poměru. Principem této metody je nalézt okamžik detekce pulsu, kdy výška pulsu dosáhne konstantního poměru vzhledem k maximální amplitudě pulsu. Důležitá informace pro tuto metodu i jiné metody je tvar detekovaného pulsu. Proto neurčitost měření vzdálenosti  $\sigma_L$  je závislá na neurčitosti měření času  $\sigma_T$ . Rovnice neurčitosti měření vzdálenosti má tvar (2.30) [8]:

$$\sigma_L^2 = \frac{c^2}{4} \sigma_T^2 . \quad (2.30)$$

Pro určení celkové neurčitosti délky  $\sigma_{celk}$  musí být započítána neurčitost související s vlastním měřením času (stop puls). Potom součtem této složky (neurčitost vlastního měření času) a neurčitosti vzdálenosti platí rovnice celkové neurčitosti měření délky (2.31) [8]:

$$\sigma_{celk}^2 = \frac{c^2}{4} \sigma_T^2 + \frac{\Delta L_c^2}{12} . \quad (2.31)$$

#### 2.3.4 Objektiv

K pozorování vzdálených předmětů se využívají dalekohledy. Je tvořen dvěma optickými soustavami a to objektivem a okulárem. Dalekohledy existují dvojího typu a to: Galileův a Keplerův dalekohled, ke kterým je přiložen záměrný kříž pro cílení do obrazové roviny objektivu [11].

Mohou nastat případy, kdy laserové dálkoměry jsou konstruovány s vysílačem a přijímačem, se společným objektivem nebo se dvěma objektivy.

Objektivy laserového dálkoměru umožňují upravovat stopu svazku na cíli a soustředit odražený svazek na detektor [8]. Důležité parametry dalekohledů jsou: vstupní a výstupní pupila, zvětšení, vzdálenost vstupní, výstupní pupily, zorné pole, rozlišovací schopnost a světelnost [11].



## 2.4 Parametry laserového dálkoměru

Pro měření vzdáleností je důležité využívat vhodný zdroj. Ten musí být schopen vyzařovat dostatečný vyzařovací výkon a vlnovou délku. Obě tyto veličiny představují základní parametry laserových dálkoměrů. Pro měření vzdáleností se využívá buzení polovodičovými lasery. Přičemž je nutné brát ohled na bezpečnost zraku. Ve většině případů se využívají lasery, které pracují na vlnové délce 900 nm, nicméně je to nebezpečná oblast (0,9 – 0,6 $\mu$ m) pro lidské oko. Proto je vhodné se přesunout do oblasti vlnových délek blízko 1,5 $\mu$ m a zdroje tohoto rozsahu již nepředstavují nebezpečí dopadu záření na sítnici oka [8].

Klasifikace bezpečnostních tříd laserů pro snadnější orientaci jsou uvedeny dle normy IEC 60825-1[12]. O vyzařovaném výkonu viz - kapitola (2.2.2).

Dalšími významnými parametry dálkoměrů jsou šum, dosah nebo přesnost. Každý šum zatěžuje každé elektronické zařízení a může zkreslovat a zavádět nepřesnost měření. Proto je jej nutno potlačovat, což úplně nejde. Zdrojem šumu mohou být různé příspěvky. Šum může pocházet ze tří zdrojů a to: šum zdroje detekovaný, šum pozadí detekovaný přijímačem a vlastní šum dálkoměru, vzniklý elektronickým zpracováním. Poměr středního výkonu  $P_i$  signálu a standardní odchylky  $p_n$  šumového výkonu je označován SRN. Aby bylo dosaženo dobrých výsledků je nutné, aby SRN dosáhl hodnoty alespoň 10. Pro potlačení šumu je nutné, aby šum dálkoměru byl teplotně stabilizovaný. Pro potlačení dalšího šumu vlivem pozadí jsou používány frekvenční filtry [8].

Dosah je určen vzdáleností, která je omezena poměrem SNR. Je to vzdálenost, ze které přijímač je schopen rozlišit světlo odražené od cíle [8].

Dalším parametrem je přesnost laserového dálkoměru. Hlavními faktory přesnosti dálkoměrů je schopnost vybrat stejnou relativní polohu měřícího bodu na vysílaném a přijímaném pulsu pro měření (úloha diskriminátoru). Dále je přesnost omezena řadou parametrů, například: šumem (šum detektoru a šum zesilovače), výkonem signálů, citlivostí detektoru, účinností, tvarem a délkou pulsu a jeho reprodukovatelností. [8].

## **2.5 Vlastnosti cíle a okolí**

Na cíl lze pohlížet jako na bod. Platí několik podmínek, aby vzdálenost pozorovaného cíle byla úspěšně změřitelná [8]:

1. Měřený cíl musí být změřitelný, v cestě nesmí být žádné neprůhledné překážky. Pokud se v cestě nachází překážky, musí alespoň částečně propouštět vlnovou délku použitého zdroje [8].
2. Cíl musí odrážet alespoň částečně dopadající světlo. Světlo se může odrazit difúzně nebo zrcadlově. Pro to, aby se paprsek odrazil ve stejném směru, odkud byl vyslán, jsou některé cíle opatřeny speciálními reflektory. Takový zpětný reflektor představuje koutový odražeč. Odrazivost je téměř 100%, pokud je plocha stopy paprsku menší a naopak.[8].

Další skupinou jsou difúzní cíle. Difúzní cíl je předmět, jehož odrazivost závisí na vlastnostech jejich povrchů (tab. 2.1), jejich povrchy mají různou odrazivost pro různé vlnové délky[8].

tab. 2.1: Difúzní odrazivosti [8]

<b>Materiál</b>	<b>Odrazivost (%)</b>
Bílý papír	Až 100
Dřevo	94
Sníh	80 - 90
Pivní pěna	88
Bílé zdivo	85
Vápenec, jíl	>75
Noviny	69
Pergamen	60
Listnaté stromy	Až 60
Jehličnaté stromy	Až 30
Černý písek (suchý)	57
Černý písek (mokrý)	41
Plážový, pouštní písek	Až 50
Hladký beton	24
Asfaltová silnice	17
Láva	8
Černý neopren	5
Pneumatiky	2

### **3. Atmosféra**

Atmosféra je plynný obal Země [1]. Je tvořena několika soustřednými vrstvami (troposféra, stratosféra, mezosféra, termosféra a exosféra). Tato kapitola bude zaměřena na vrstvu tzv. troposféra, ve které se udává většina meteorologických dějů.

V troposféře je obsaženo 99% vzdušné hmoty i většina atmosférické vlhkosti. Její dosah je 8-15 km a teplotní rozmezí se pohybuje od + 17°C až -52° C [3].

Zemská atmosféra se skládá z kyslíku 21%, Dusíku 78%, z necelého 1% Argonu a zbytek tvoří vzácné plyny (Oxid uhličitý, Neon, Helium, Metan, atd) [2].

Ve vzduchu (atmosféře) se vyskytuje aerosol, který způsobuje turbulenci atmosféry, rozptyl a absorpci slunečního záření a lze v ní pozorovat různé atmosférické jevy [4].

#### **3.1 Atmosférické jevy**

Výsledný přenos a výkon optoelektronického dálkoměru ovlivňuje okamžitý stav atmosféry. Například při zjišťování vzdáleností objektů/ cíle má atmosféra výraznou roli. S rostoucí vzdáleností roste i vliv atmosférických jevů [5].

Nejvýraznější atmosférické jevy jsou turbulence a útlum optického záření, které budou rozebrány v následujících kapitolách.

Výše uvedené atmosférické jevy v průběhu měření optoelektronickým laserovým dálkoměrem mohou způsobit pokles intenzity optického záření, pokles kontrastu cíle/pozadí, fluktuace intenzity přijímaného optického záření, deformaci pozorovaného obrazu a zkreslení barevných charakteristik objektu i odklon záření od původního směru [6].

Z časového hlediska atmosférický vliv lze rozdělit na statické a dynamické. Statický vliv atmosféry je považován za děj, u něž dochází ke změnám parametrů ovlivňující zobrazení velmi pomalu, tomu odpovídá meteorologická situace, kde převládá útlum. Naopak při dynamických vlivech dochází k rychlým změnám parametrům ovlivňující zobrazení, zde je výrazná turbulence [6].

V experimentální části měření vzdáleností předmětů pomocí laserového optoelektronického dálkoměru může být provedeno zpracování z dvou pohledů a to, měření dlouhých a krátkých tras.

Z hlediska měření dlouhých tras v minulosti armáda prováděla měření a tyto výsledky byly zpracovávány pomocí průměrování dat.

A aby bylo možné aplikovat naše modely, musí být použit dlouhý vzorek měření krátkých tras pro vyhodnocení a porovnání měření v této práci.

### 3.1.1 Atmosférická turbulence

Atmosférickou turbulenci vyvolává nehomogenní rozprostření meteorologických parametrů (teplota, relativní vlhkost, atmosférický tlak a rychlost větru).

Vlivem atmosférické turbulence dojde k prostorovému odklonu optického záření od původního směru šíření a v obrazové rovině dojde k fluktuaci amplitudy přijímaného záření a deformaci obrazu.

Oblasti nehomogenity, jež zapříčiňují turbulenci, mohou mít rozměry od několika milimetrů až po stovky metrů. Potom index lomu vzduchu lze orientačně definovat vztahem [5]:

$$n = 1 + 77,6 - (1 + 7,52 \cdot 10^{-3} \cdot \lambda^{-2}) \cdot \frac{p}{T} \cdot 10^{-6}. \quad (3.1)$$

Vliv tlaku na indexu lomu vzduchu je téměř zanedbatelný. Potom ze vztahu (3.1) je vidět, že fluktuace indexu lomu je závislá na teplotě.

Uvažujeme – li vlnovou délkou  $\lambda=500$  nm. Lze změnu indexu lomu v závislosti na teplotě T odvodit (3.2)[5]:

$$dn = \frac{-79 \cdot p}{T^2} \cdot 10^{-6} \cdot dT. \quad (3.2)$$

Z rovnice (3.1) lze stanovit náhodné rozdělení prostorové disperze popsanou prostorovou strukturální funkcí (3.3)[5]:

$$D_n(n) = [n(r_2) - n(r_1)]^2 = [\Delta n(r)]^2, \quad (3.3)$$

kde:  $r = r_2 - r_1 \dots$  vzdálenost dvou bodů sousedních nehomogenit.

Ze znalosti rozložení základních atmosférických parametrů lze provést odhad podél celé pozorovací trasy (3.4) [4]:

$$C_n^2 = \frac{0,95 \left(\frac{y_{0,5}}{f}\right)^{5/3}}{2,91 k^{3/5}}. \quad (3.4)$$

Amplituda a fáze fluktuační při normálním rozdělení jsou charakterizovány směrodatnou odchylkou fáze  $\sigma_\varphi$  (3.5) a směrodatnou odchylkou amplitudy  $\sigma_\kappa$  (3.6) [5]:

$$\sigma_\varphi = K^2 a^2 \sigma_\alpha^2, \quad (3.5)$$

kde:  $\sigma_\alpha$  ... směrodatná odchylka dopadového úhlu na vstupní pupilu,

$K = 2\pi/\lambda$  ... vlnové číslo,

$a$  ... průměr apertury,

$f$  ... ohnisková vzdálenost objektivu.

$$\sigma_\kappa^2 = \frac{1}{4} \ln(\delta_0^2 + 1) \cdot c_{rad}, \quad (3.6)$$

kde:  $c_{rad}$  ... koeficient pro přepočítání intenzity odstínu šedi na intenzitu záření,

$\delta_0^2$  ... aktuální změna intenzity záření.

Směrodatnou odchylkou amplitudy i fáze, pro sférickou vlnu v plynule proměnném prostředí je strukturální index lomu vyjádřen vztahem (3.7) [5]:

$$C_n^2 = \frac{p^2 \sigma_y^2 d^{1/3}}{1,05 f^2 s}, \quad (3.7)$$

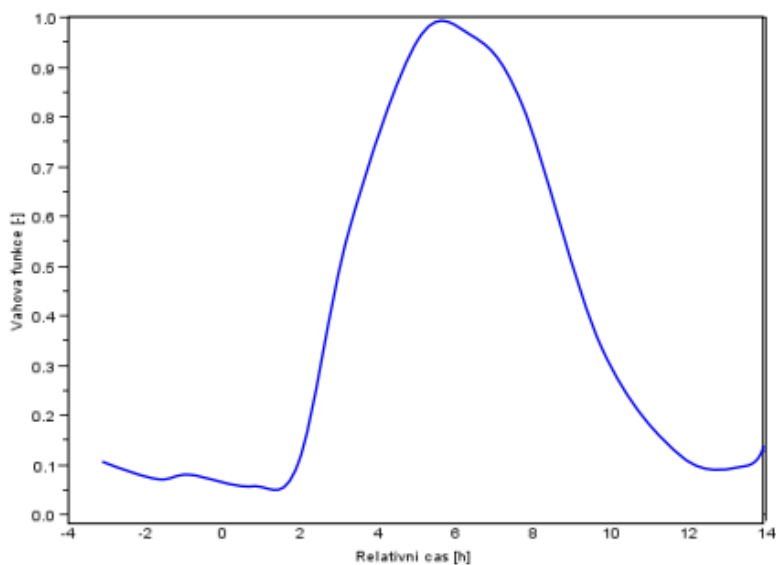
kde:  $d$  ... průměr objektivu detekčního systému [5].

Velikost turbulence je veličina vysoce proměnná. Tato veličina se velmi mění s hodnotou časové váhové funkce, hodnotou teploty a slunečního svitu. To znamená, že velikost turbulence prudce roste již dvě hodiny po východu a západu Slunce [5].

Vliv turbulence je důležitým faktorem omezujícím přesnost měření vzdálenosti pozorovaného objektu [4].

S rostoucí rychlostí větru a relativní vlhkostí vzduchu strukturální koeficient indexu lomu (turbulence) klesá. A s rostoucí teplotou vzduchu a s rostoucí hustotou energie slunečního záření turbulence roste [6].

Graf průběhu turbulence během dne je znázorněno na (obr. 3.1) [7].



obr. 3.1: Typický průběh turbulence během dne [7]

Turbulenci popisuje strukturální index lomu  $C_n$  a lze ji popsat pomocí základních meteorologických parametrů ze vztahu (3.8) [4]:

$$C_n^2 = A_1W + B_1T + C_1RH + C_2RH^2 + C_3RH^3 + D_1WS + D_2WS^2 + D_3WS^3 + E_1SF + F_1TCSA + G, \quad (3.8)$$

kde:  $A_1, B_1, C_1, C_2, C_3, D_1, D_2, D_3, E_1, F_1, G$  ...regresivní koeficienty (tab.3.1),

$W$  ...časová váhová funkce (tab.3.2),

$TCSA$  ... koeficient vyjadřující vlastnosti aerosolu,

$SF$  ... hustota slunečního záření dopadající na horizontální rovinu [ $W/m^2$ ],

$T$  ...teplota vzduchu,

$RH$  ...relativní vlhkost vzduchu,

$WS$  ...rychlost větru [4].

TCSA a SF jsou parametry a jsou pro účely této práce zanedbávány. Hodnoty regresivních koeficientů pro středoevropský region jsou uvedeny v (tab. 3.1) [5].

Na turbulenci mají vliv meteorologické parametry: teplota T, relativní vlhkost vzduchu RH, rychlost větru WS, a aktuální čas, který je zastoupen časovou váhovou funkcí W (Tab. 3.2) [4].

**tab. 3.1: Regresivní koeficienty turbulence [6]**

<b>Koeficient</b>	<b>Hodnota</b>
A <sub>1</sub>	$5,9 \cdot 10^{-15}$
B <sub>1</sub>	$1,6 \cdot 10^{-15}$
C <sub>1</sub>	$-3,7 \cdot 10^{-15}$
C <sub>2</sub>	$6,7 \cdot 10^{-17}$
C <sub>3</sub>	$-3,9 \cdot 10^{-19}$
D <sub>1</sub>	$-3,7 \cdot 10^{-15}$
D <sub>2</sub>	$1,3 \cdot 10^{-15}$
D <sub>3</sub>	$-8,2 \cdot 10^{-17}$
E <sub>1</sub>	$2,8 \cdot 10^{-14}$
F <sub>1</sub>	$-1,8 \cdot 10^{-14}$
F <sub>2</sub>	$1,4 \cdot 10^{-14}$
G	$-3,9 \cdot 10^{-13}$



tab. 3.2: Časová váhová funkce W [6]

Relativní časový interval [h]	Váhová funkce W [-]	Poznámka
Do – 3	0,11	
-3÷-2	0,07	
-2÷-1	0,08	
-1÷0	0,06	
0÷1	0,05	Východ Slunce
1÷2	0,10	
2÷3	0,51	
3÷4	0,75	
4÷5	0,95	
5÷6	1,00	
6÷7	0,90	
7÷8	0,80	
8÷9	0,59	
9÷10	0,32	
10÷11	0,22	
11÷12	0,10	Západ Slunce
12÷13	0,08	
Nad 13	0,13	

### 3.1.2 Atmosférický útlum

Útlum je atmosférický jev, který vyvolává pokles intenzity a kontrastu pozorovaného objektu a podílí se na něm nezávisle absorpce a rozptyl. Lze jej vyjádřit pomocí vzorce (3.9) a převládá mimo dobu, kdy převládá turbulence a jeho vliv je velmi malý za běžných meteorologických podmínek [4].

$$\rho(\lambda) = \beta(\lambda) + \alpha(\lambda), \quad (3.9)$$

kde:  $\alpha(\lambda)$  ...spektrální koeficient absorpce [ $\text{km}^{-1}$ ],  
 $\beta(\lambda)$  ... spektrální koeficient rozptylu [ $\text{km}^{-1}$ ],  
 $\rho(\lambda)$  ... koeficient útlumu optického záření [ $\text{km}^{-1}$ ].

Vlivem útlumu může dojít ke zhoršení kvality zobrazení a zkrácení dosahu přístroje. Výsledné kritérium stavu kvality zobrazení obrazu je určeno ze vztahu pro koeficient přenosu kontrastu MCFA. Do tohoto kritéria MCFA je zahrnut veškerý atmosférický vliv, vzdálenost i rozměr pozorovaného předmětu (3.10):

$$MCFA = A_1 T^3 + A_2 T + B_1 SF^3 + B_2 SF^2 + B_3 SF + C_1 RH^2 + C_2 RH + D \cdot WS + E, \quad (3.10)$$

kde:  $T$  ... teplota vzduchu [K],  
 $RH$  ... relativní vlhkost vzduchu,  
 $WS$  ... rychlost větru,  
 $SF$  ... hustota slunečního záření,  
 $A_{11}, A_{22}, B_{21}, B_{22}, B_{23}, C_{21}, C_{22}, D_2, E_2$  ... regresivní koeficienty (tab. 3.3).

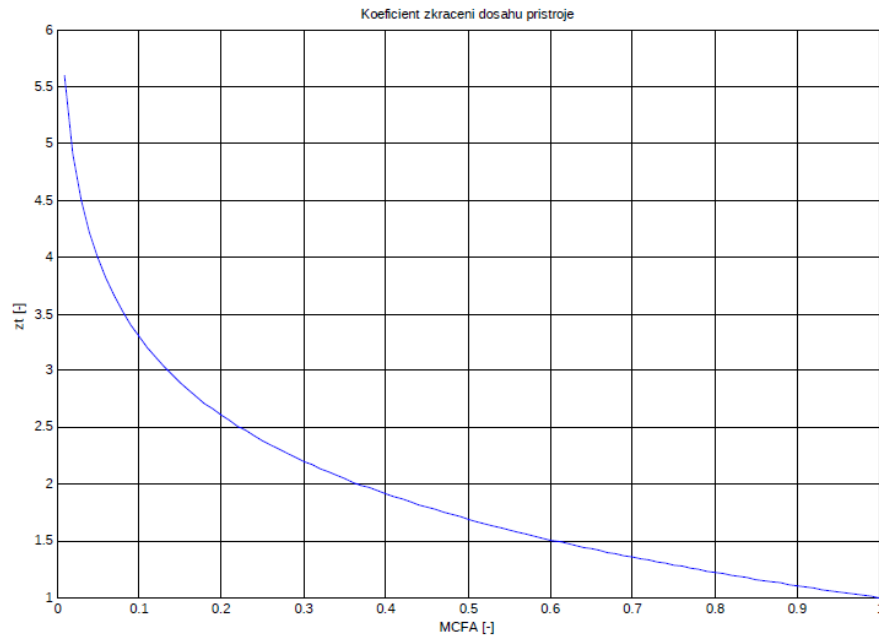
tab. 3.3: Regresivní koeficienty útlumu [4]

Koeficient	Hodnota
A <sub>1</sub>	3,15.10 <sup>-6</sup>
A <sub>2</sub>	-1,02.10 <sup>-2</sup>
B <sub>1</sub>	3,97.10 <sup>-1</sup>
B <sub>2</sub>	-2,46.10 <sup>-1</sup>
B <sub>3</sub>	2,05.10 <sup>-1</sup>
C <sub>1</sub>	2,19.10 <sup>-5</sup>
C <sub>2</sub>	-3,65.10 <sup>-3</sup>
D	2,51.10 <sup>-3</sup>
E	3,09

Čím je nižší hodnota MCFA (koeficient přenosu kontrastu), tím se hodnota dosahu optoelektronického přístroje ve srovnání s teoretickou hodnotou také snižuje. MCFA dosahuje intervalu (0,1). Vztah (3.11) udává, jak moc se zmenší hodnota dosahu oproti jeho teoretické hodnotě. Na (obr. 3.2) je vidět průběh grafu krácení dosahu optoelektronického přístroje. Průběh je určen ve středoevropském regionu [4].

$$z_t = 1 + \frac{\ln \frac{MCFA_{id}}{MCFA_{poz}}}{MCFA_{id}}, \quad (3.11)$$

kde:  $MCFA_{id}$  ... koeficient kvality zobrazení bez vlivu atmosféry,  
 $MCFA_{poz}$  ... koeficient kvality zobrazení pozorovaného obrazu.



obr. 3. 2: Koefficient krácení dosahu vlivem útlumu [4]

### 3.1.2.1 MCFA a chyba měření

V pozorované scéně objektu dojde při poklesu kontrastu ke snížení pravděpodobnosti zjištění objektu nebo jeho identifikace/rozpoznání. S větším poklesem kontrastu také dojde k horší přesnosti zamíření na objekt. Chybový úhel  $\varepsilon$  vzniklý vlivem snížení kontrastu je definován vztahem (3.12) [6] :

$$\varepsilon = \frac{1}{\pi} \cdot \frac{3,91}{S_m} \cdot \left( \frac{0,55}{\lambda} \right)^{v-2} \cdot \frac{\eta(\Theta)}{2K(\lambda)}, \quad (3.12)$$

kde:  $K(\lambda)$  ... koeficient účinnosti transformace optického záření [-],

$\eta(\Theta)$  ...indikatrix rozptylu optického záření (fluktulace prostorového úhlu  $\Theta$ )[-]

$\lambda$  ... vlnová délka [ $\mu\text{m}$ ],

$S_m$  ... meteorologická dohlednost,

$v$ ... strukturální koeficient aerosolu [6].

Chybový úhel je hodnota, z které je možné určit střední chybu určené dálky způsobené útlumem optického záření v atmosféře. Střední odchylka určené dálky není obvykle větší, než (3.13)[6]:

$$\Delta S_v = \frac{1+s^2}{s+\cot g(\varepsilon)}, \quad (3.13)$$

kde:  $s$  ... vzdálenost pozorovaného objektu [m],  
 $\varepsilon$  ... chybový úhel zamíření vlivem snížení kontrastu [°][6].

Přibližný popis rozložení chyby určení dálky vlivem útlumu za běžných meteorologických podmínek lze využít normálního rozdělení  $N(\mu_v, \sigma_v)$ . Kde hodnota  $\mu_v$  parametru je rovna nule. Parametr  $\sigma_v$  nabývá hodnot v intervalu  $(0, \sigma_{u,max})$ . Kde maximální směrodatnou odchylku lze určit ze vztahu (3.14) [6] :

$$\sigma_{u,max} = \frac{\Delta S_v}{\psi}, \quad (3.14)$$

kde :  $\psi$  ... koeficient podobnosti [-][6].

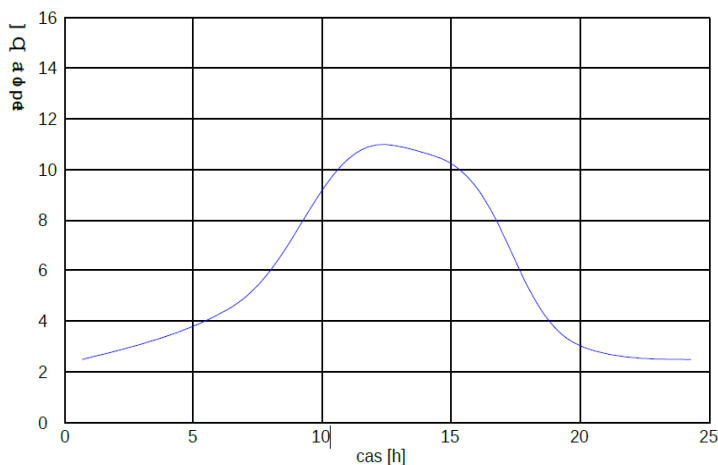
Pro koeficient podobnosti  $\psi$  se interval hodnot pohybuje v rozmezí  $(1 \div 3)$ . V běžných meteorologických podmínkách ve střeoevropském regionu se hodnota koeficientu podobnosti pohybuje kolem hodnoty 2,5. Se vzdáleností a závislostí na meteorologických parametrech chyba určení dálky způsobená útlumem nepřevyšší 2,5 – 5% [6].

## **3.2 Meteorologické parametry ovlivňující turbulenci a útlum**

### **3.2.1. Teplota vzduchu**

Teplota vzduchu je meteorologický parametr, který výrazně ovlivňuje hodnotu turbulence i útlumu optického záření. Ve středoevropském regionu se teplota vzduchu pohybuje v intervalu od  $-25^{\circ}\text{C}$  do  $35^{\circ}\text{C}$ . Průměrná teplota během roku je mezi  $2 - 4^{\circ}\text{C}$  a teplotní rozdíl mezi maximální a minimální hodnotou teploty je  $5-10^{\circ}\text{C}$ .

Nejnižší hodnota teplota vzduchu nastává před svítáním a naopak maximálních hodnot dosahuje kolem 1 - 2h po pravém poledni. Průběh teploty vzduchu během dne je znázorněn (obr. 3.3) [4].

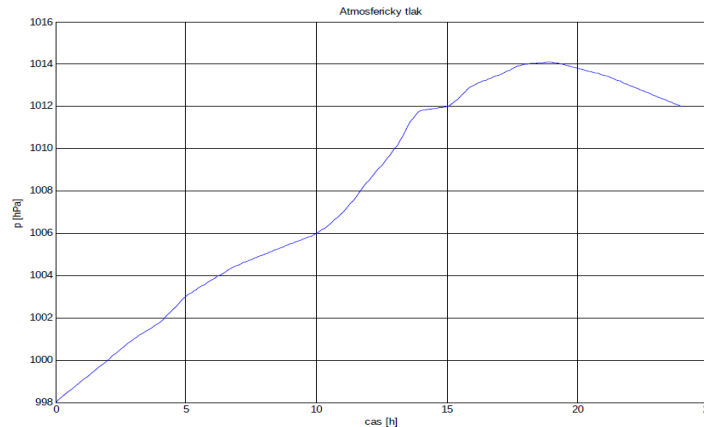


**obr. 3.3: Průběh teplot vzduchu během dne [4]**

### **3.2.2 Atmosférický tlak**

Atmosférický tlak má vliv na hodnotu útlumu atmosféry. Vliv tlaku na velikost turbulence není tak významný. Pro standartní podmínky má atmosférický tlak hodnotu  $p_0 = 101,325 \text{ KPa}$ . Tento parametr není závislý na čase a v průběhu roku změna atmosférického tlaku není výrazná (obr. 3.4).

Při změně atmosférického tlaku jeho hodnota se pohybuje v rozmezí od  $98 \text{ kPa}$  do  $103 \text{ kPa}$  [4].

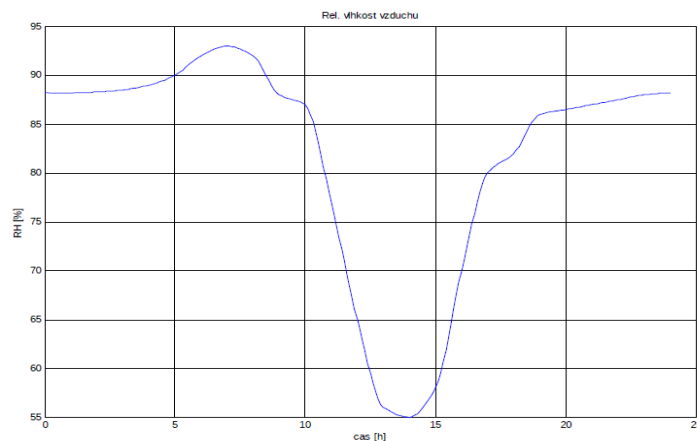


**obr. 3.4: Průběh atmosférického tlaku v průběhu dne [4]**

### 3.2.3 Relativní vlhkost vzduchu

Patří k parametrům, které mají velký vliv na hodnotu útlumu i turbulence. Relativní vlhkost vzduchu je výrazná zejména při absorpci optického záření a jejím vlivem dochází ke zkrácení dosahu přístroje.

Průměrně hodnota vlhkosti vzduchu se pohybuje okolo  $5 \text{ g.m}^{-3}$ . Nejvyšší hodnota vlhkosti obvykle dosahuje v létě ( $15 \text{ g.m}^{-3}$ ) a v nízké hodnoty dosahuje v zimě ( $1 \text{ g.m}^{-3}$ ). Průměrná hodnota relativní vlhkosti vzduchu během roku je 64%. Průběh vlhkosti vzduchu během dne je znázorněn na (obr. 3.5) [4].



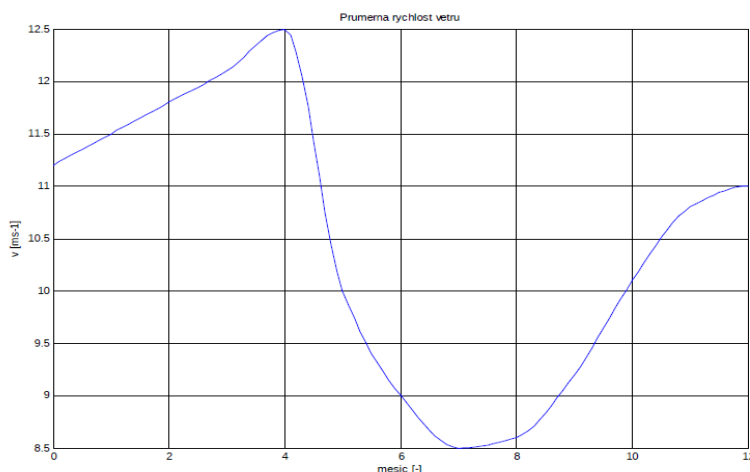
**obr. 3.5: Průběh vlhkosti vzduchu v průběhu dne [4]**

### 3.2.4 Relativní rychlost větru

Rychlost větru je parametr, který mění optické vlastnosti atmosféry a dochází k promíchávání mas. Vlivem promíchávání mas dochází k homogenizaci atmosféry na pozorované trase.

Z prvního uvedeného parametru při dlouhodobém pozorování bylo zjištěno, že tato veličina mění meteorologickou dohlednost a druhý parametr snižuje velikost turbulence.

Grafický průběh rychlosti větru je znázorněn na (obr. 3.6). Z dlouhodobějšího pozorování lze říci, že větší pravděpodobnost bezvětří, nastane v letním období. Rychlost větru závisí na geomorfologické situaci a pohybuje se v rozmezí  $8,5 - 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  [4].



**obr. 3.6: Průběh rychlosti větru v průběhu dne [4]**

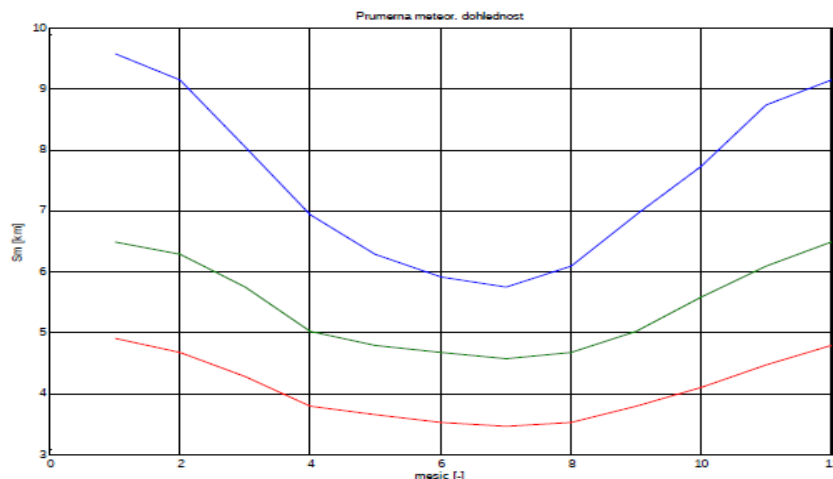
### 3.2.5 Meteorologická dohlednost

Meteorologická dohlednost je parametr, který popisuje šíření optického záření s ohledem na vliv kvantity aerosolových částic v uvažované oblasti spektra.

Je to veličina závislá na geomorfologické struktuře okolí a také závisí na typu okolí (venkov, město). Pro každý typ krajiny bude dohlednost jiná.

Z dlouhodobého pozorování meteorologická dohlednost pro střeoevropský region v průběhu roku (obr. 3.7) [4].





obr. 3.7: Meteorologická dohlednost [4]

kde: Modrá barva – zemědělská oblast,  
 Zelená barva – město,  
 Červená barva – průmyslová oblast [4].

### 3.2.6 Hustota energie slunečního záření

Na zemský povrch dopadá sluneční záření z celé horní polosféry. Toto celkové sluneční záření má dvě složky a to: přímou a difúzní složku.

Přímé sluneční záření přichází ze slunečního kotouče a difúzní sluneční záření přichází rozptýlené z celé oblohy [9].

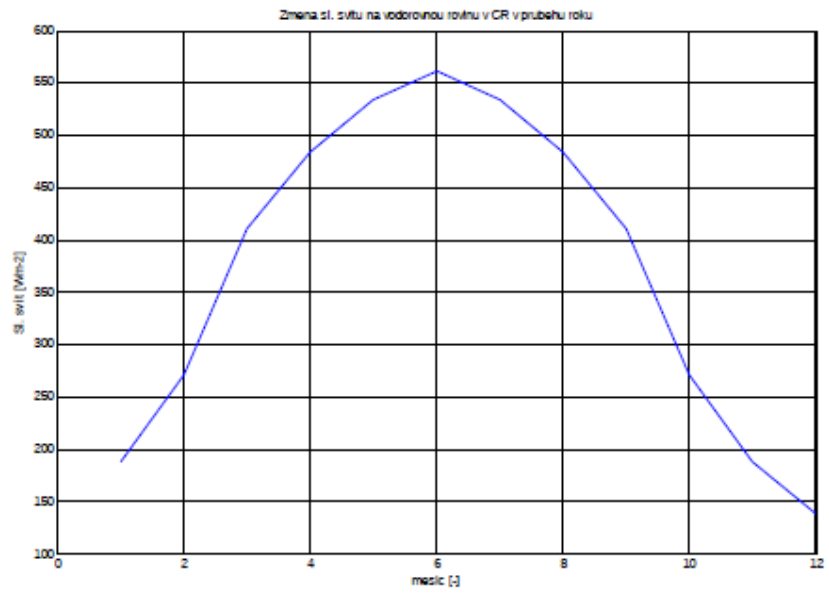
Měření délky slunečního svitu se provádí slunoměrem (heliograf) a záznam ze slunoměru se nazývá heliogram [10].

Sluneční energie dopadá na planetu Zemi a vlivem absorpce slunečního záření v nižších vrstvách atmosféry se Země i vzduch ohřívá a to je základem turbulence.

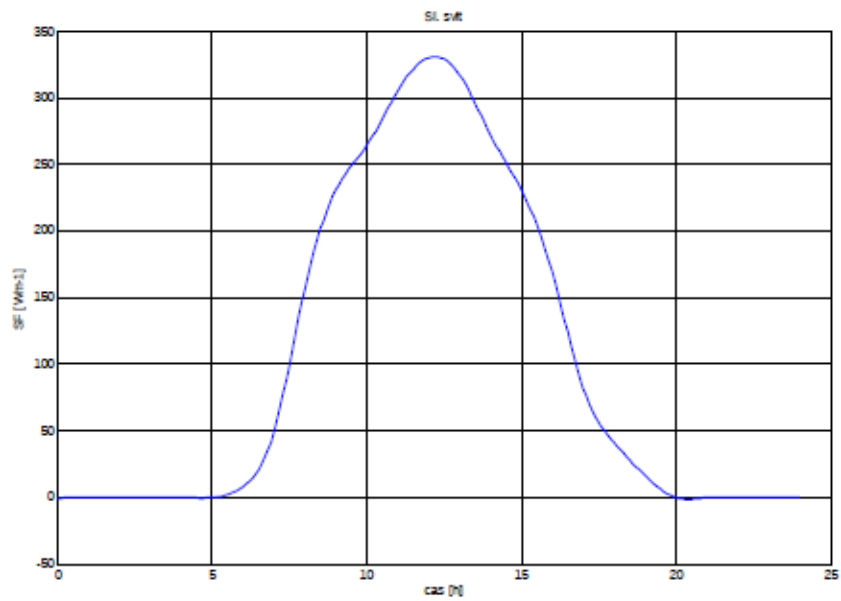
Jednotka slunečního záření je  $W \cdot m^{-2}$ . V letních měsících hustota (intenzita) slunečního záření dosahuje v našich oblastech nejvyšších hodnot [4]. Roční délka slunečního záření (svitu) průměrně dosahuje hodnot od 1300 – 1400 hodin, ale tato hodnota je značně variabilní [9].

Vývoj hustoty slunečního záření během roku je vidět v (obr. 3.8). A pro srovnání průběh bezoblačného dne je na (obr. 3.9) [4].

Letní období je období, kdy je dosaženo minimální rychlosti větru, tím se zvyšuje šance vlivu turbulence na přenos obrazové informace. Průměrná hodnota hustoty sluneční energie dopadající na Zem je  $330 W \cdot m^{-2}$  [4].



obr. 3. 8: Hustota sluneční energie dopadající na Zemi během roku [4]

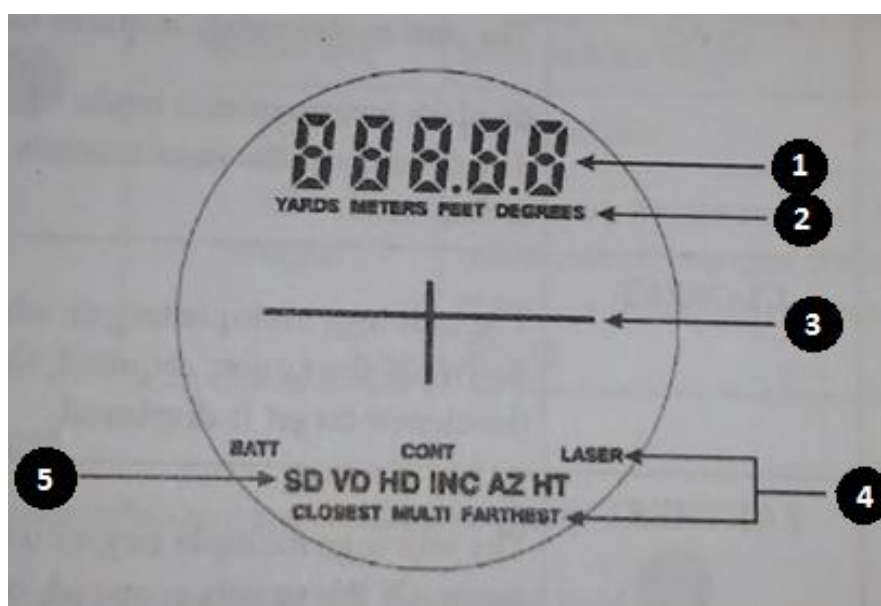


obr. 3. 9: Hustota sluneční energie dopadající na Zem v bezoblačném dni [4]

## 4. Experimentální měření laserovým dálkoměrem

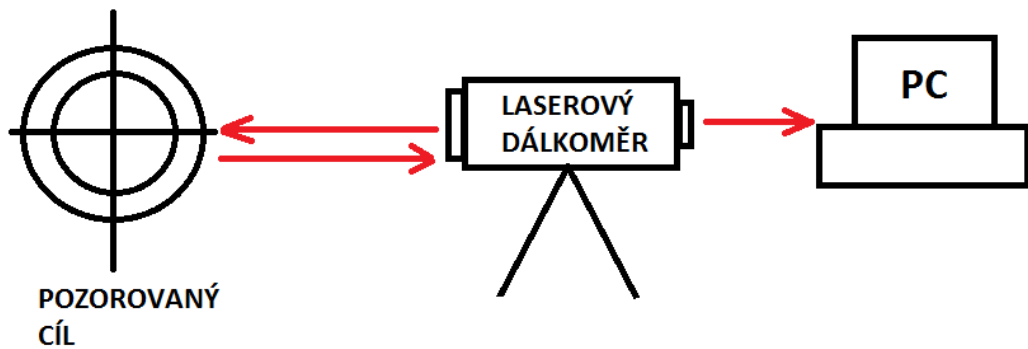
V průběhu experimentálního měření probíhalo měření, při němž byl využíván impulsní dálkoměr TruPulse™ 200/200B od firmy Laser Technology, Inc. Tento impulsní dálkoměr TruPulse™ 200/200B pracuje na principu, který je podrobněji popsán v kapitole 2.2. Podrobnější technické parametry tohoto dálkoměru jsou přiloženy v (příloze 7. - viz: (tab. 7.1)) [13].

Experimentální měření probíhalo za různých meteorologických podmínek, během sledované časové periody a to v průběhu pěti měsíců (10/2015 – 02/2016), třikrát denně. Pro časy 8:00h, 12:00h a v 17:00h, pro čtyři různé vzdálenosti. Sledované objekty byly měřeny ze stejného měřicího bodu. Uspořádání experimentu je znázorněno na (obr. 4.2). Zaměření probíhalo za pomoci záměrného kříže dálkoměru (obr. 4.1).



obr. 4.1 : Záměrný kříž laserového dálkoměru TruPulse™ 200/200B [13]

- 1, - Zobrazená výsledná vzdálenost,
- 2, - Jednotky měření (metry, yardy, stopy ),
- 3, - Záměrný kříž,
- 4, - Indikátory: baterie, laseru,
- 5, - Módy měření (SD, VD, HD, INC, AZ, HT) [13].



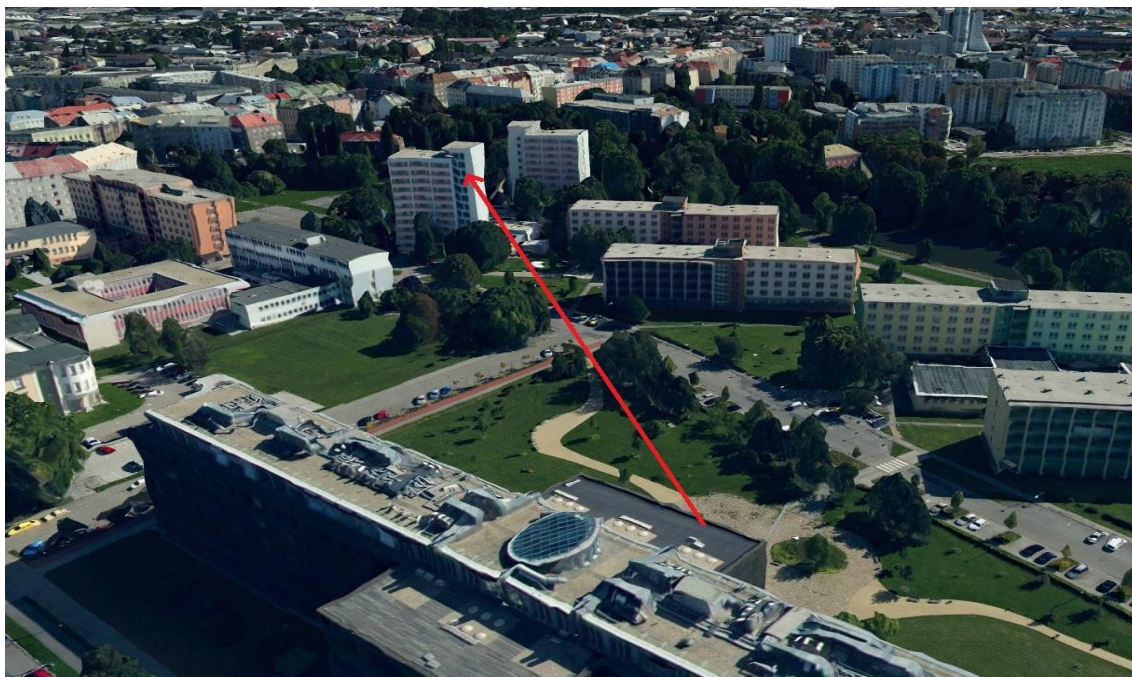
obr. 4.2: Sestava měřícího stanoviště

První měřená vzdálenost představuje vzdálenost mezi měřícím stanovištěm a budovou Copy Centra Xerox, která je přibližně 135,3m vzdálená (obr. 4.3).



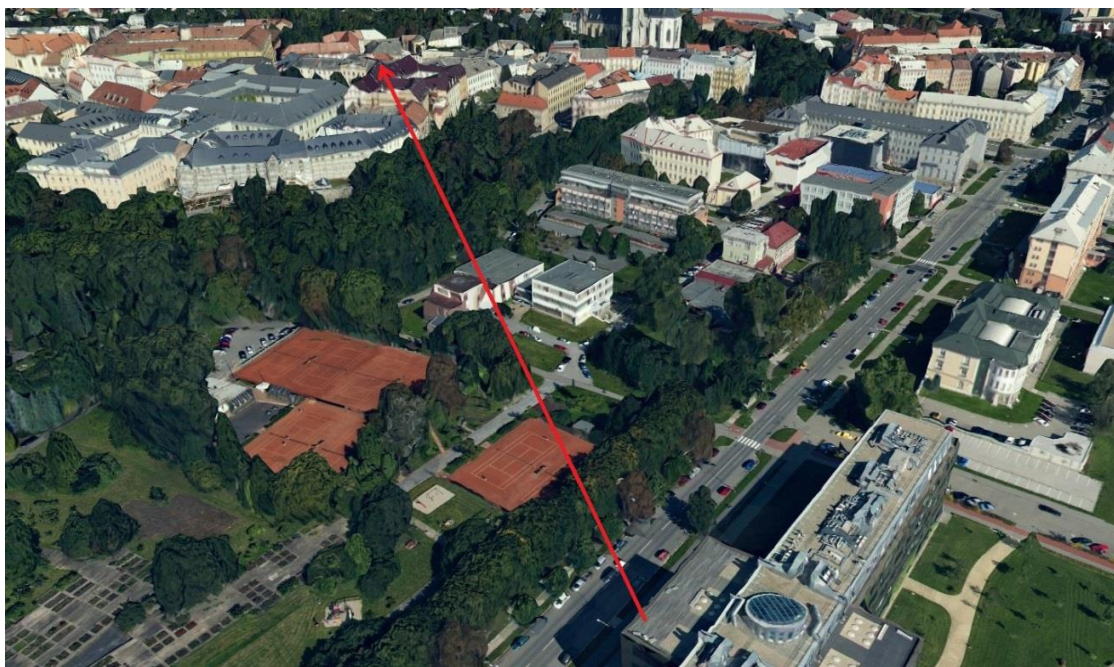
obr. 4.3: Copy Centrum Xerox – měřená vzdálenost: ~135,3m

Druhé měření vzdálenosti představuje budova kolejí Bedřicha Václavka, jehož vzdálenost je přibližně 211,1m (obr. 4.4).



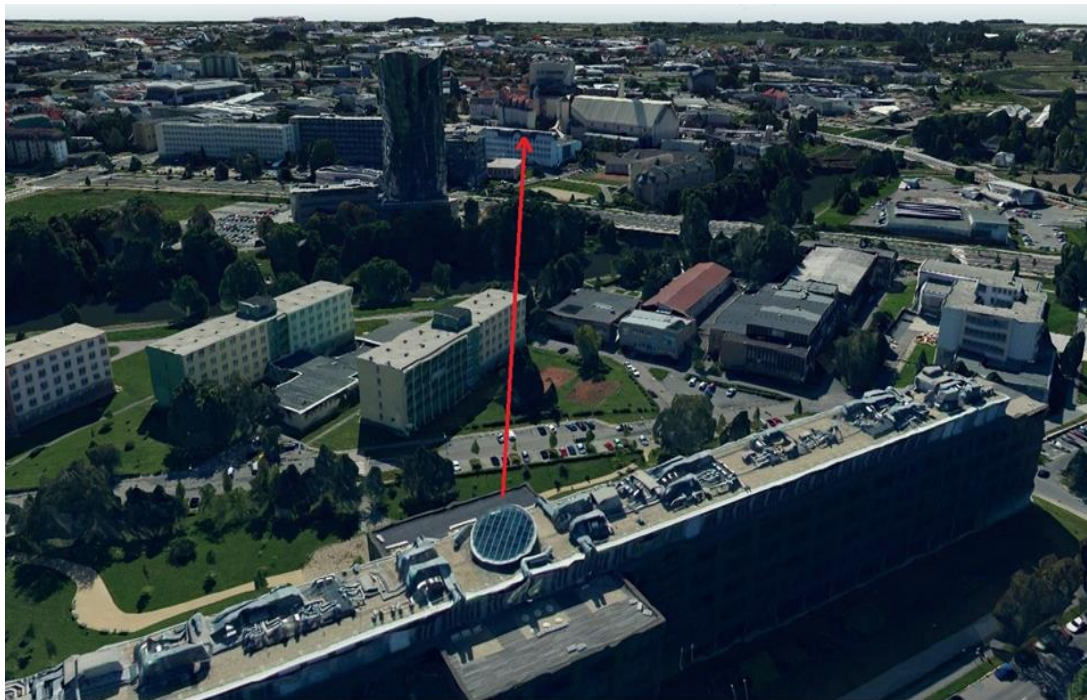
**obr. 4.4: Koleje Bedřicha Václavka - měřená vzdálenost: ~211,1m**

Třetí měření probíhalo pro budovu Věže s hodinami vzdálenou okolo 397,4m (obr. 4.5).



**obr. 4.5: Věž s hodinami – měřená vzdálenost ~ 397,4m**

Čtvrté měření bylo prováděno pro budovu Vodojemu Hydrosystému vzdálenou asi: 450,5m (obr. 4.6).



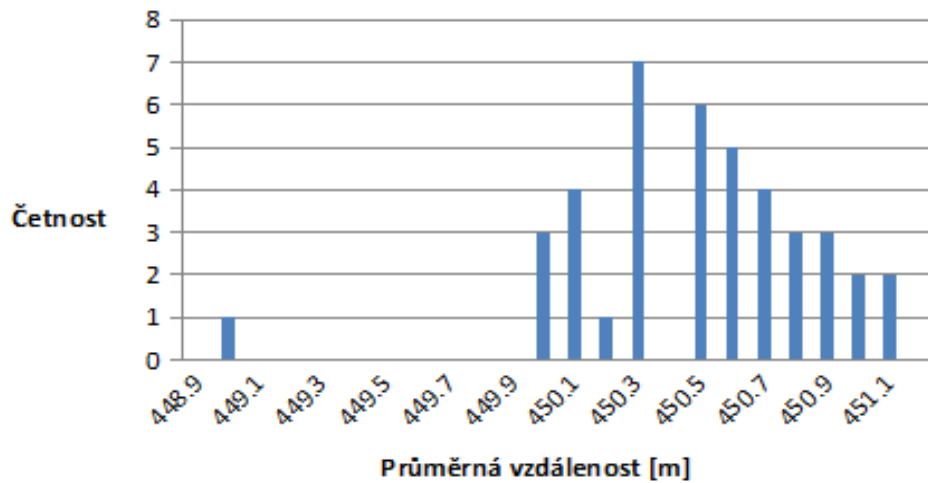
**obr. 4.6 : Vodojem Hydrosystém ~ 450,5m**

Vzdálenosti vybraných cílů byly zvoleny tak, aby byl pokryt rozsah měřitelných vzdáleností daného dálkoměru. Každé měření, zahrnuje 64 dílčích měření, tedy celkem 2 560 měření.

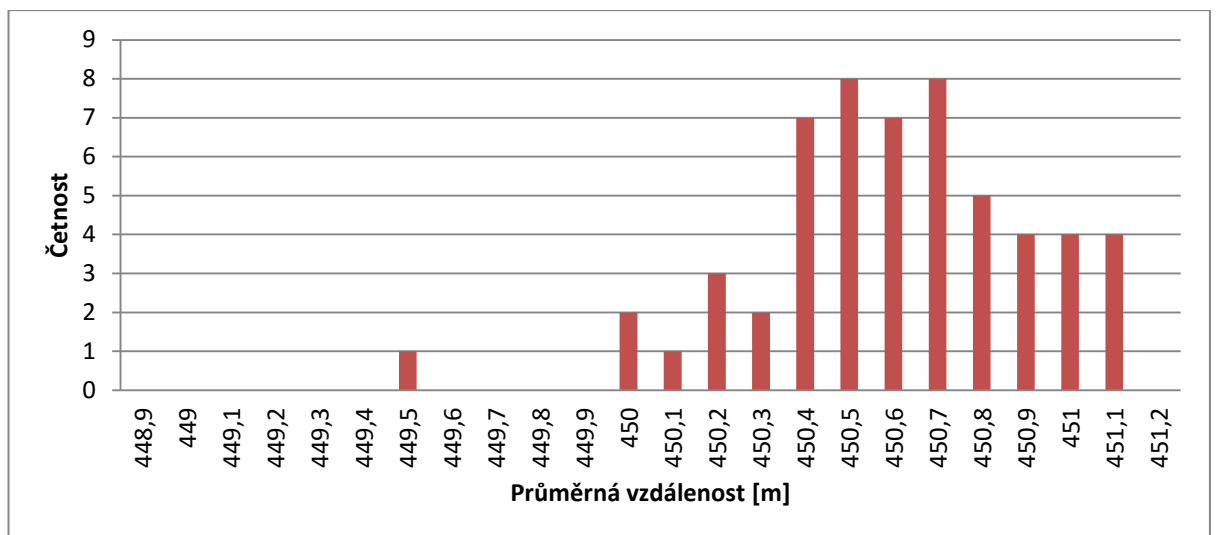
Pro každou měřenou vzdálenost budovy byla zaznamenána vzdálenost desetkrát ve třech časech i s danými meteorologickými parametry. Meteorologické parametry byly získávány z blízké meteorologické stanice [14].

V průběhu pěti měsíců byly postupně zaznamenávány průměrné vzdálenosti – viz (příloha 7 - (tab. 7.2)) a současně hodnoty meteorologických parametrů se stavem počasí.

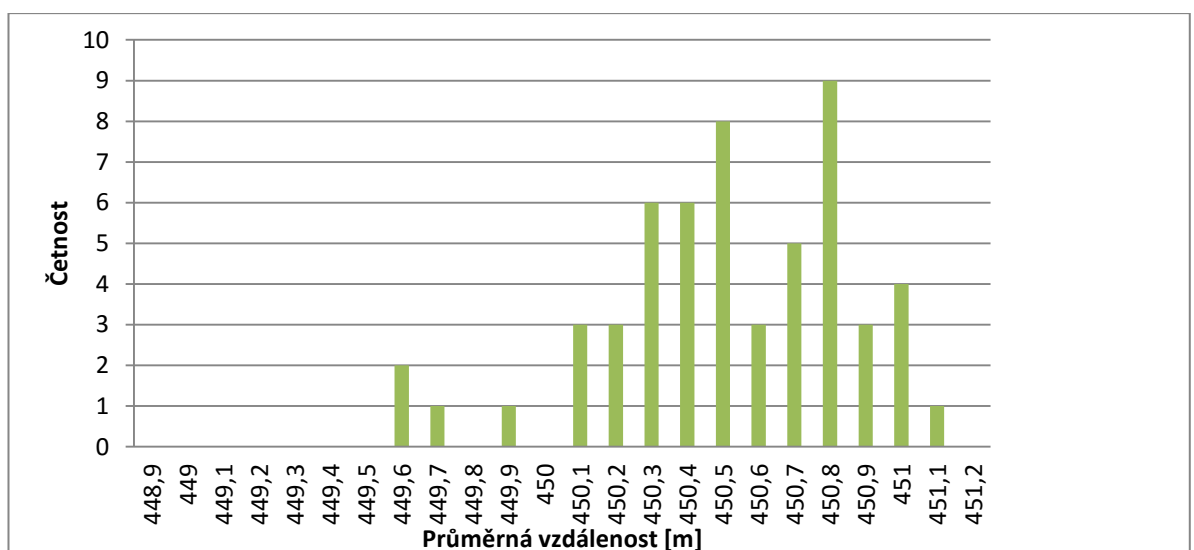
Z těchto průměrů vzdáleností byly vytvořeny četnosti jednotlivých vzdáleností budov ve všech třech časech a to pro 8:00h, 12:00h a 17:00h – (obr. 4.7 – obr. 4.18).



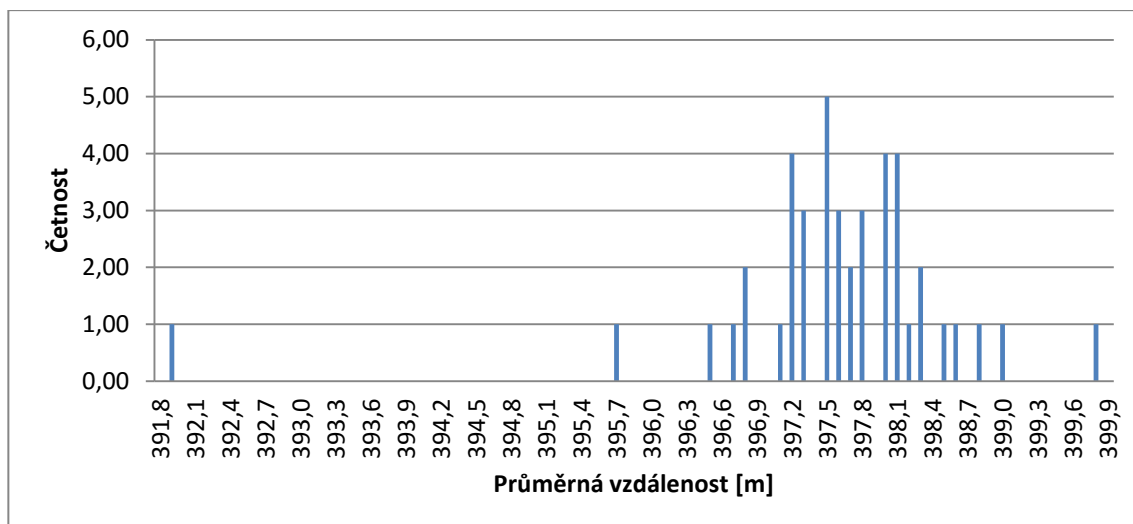
obr. 4.7 : Četnosti průměrných vzdáleností – Vodojem Hydrosystém – 8:00h



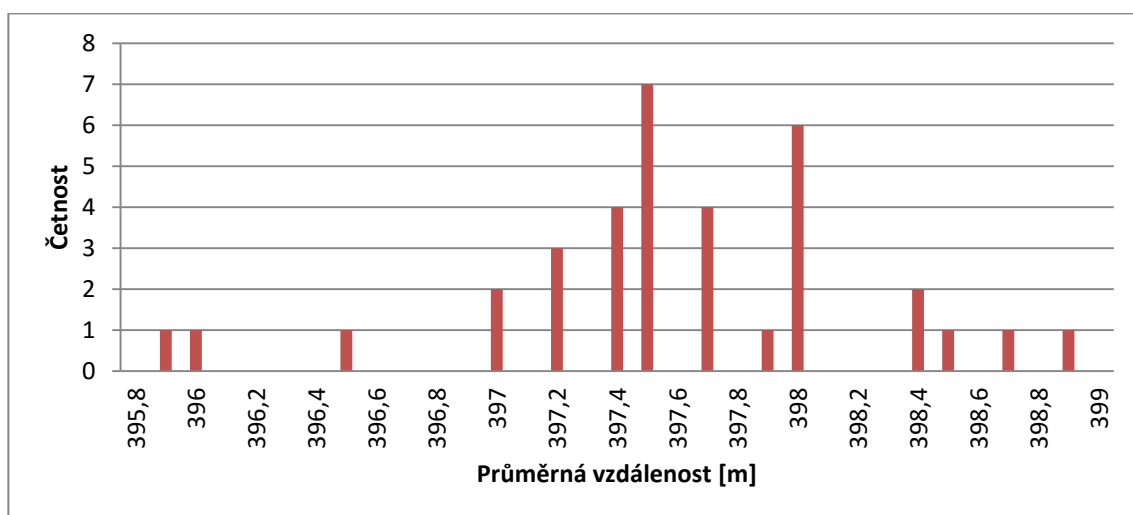
obr. 4.8 : Četnosti průměrných vzdáleností – Vodojem Hydrosystém – 12:00h



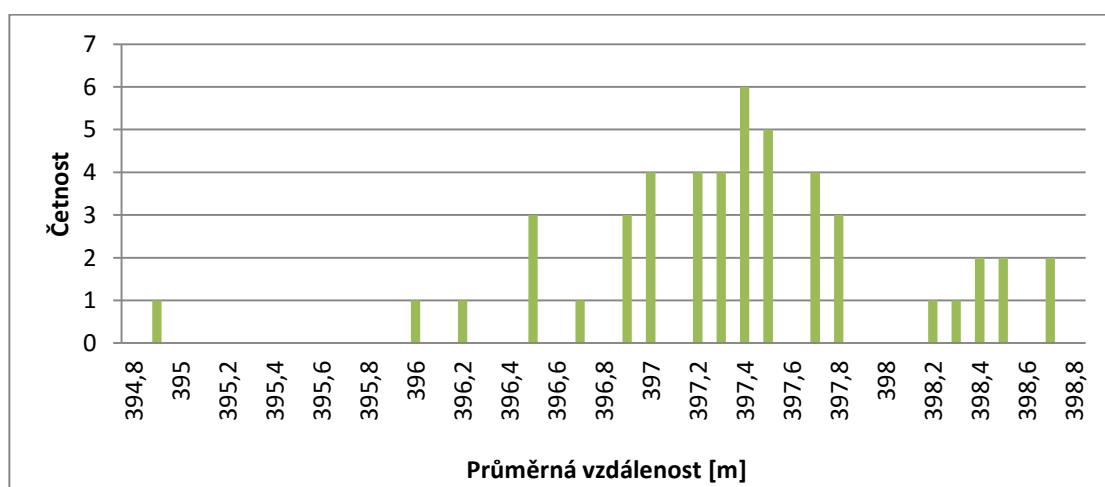
obr. 4.9 : Četnosti průměrných vzdáleností – Vodojem Hydrosystém – 17:00h



obr- 4.10 : Četnosti průměrných vzdáleností – věže s hodinami – 8:00h

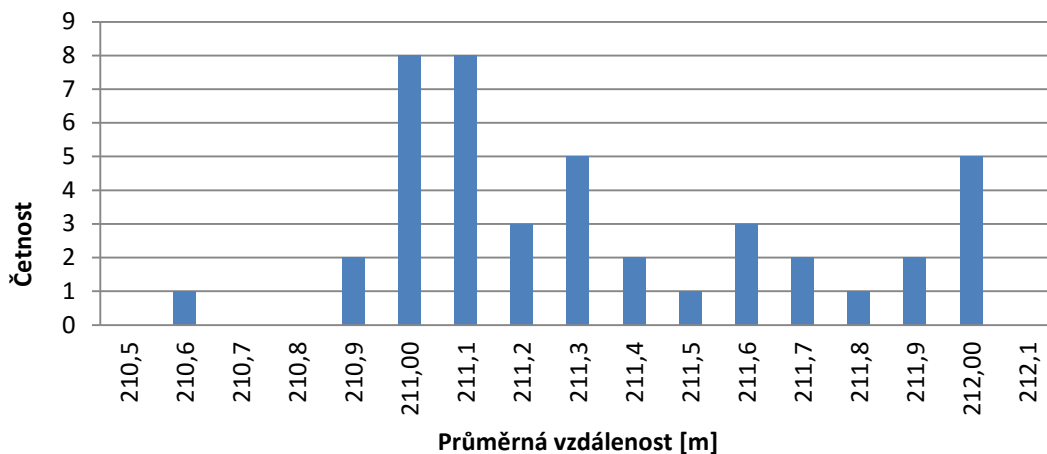


obr. 4.11 : Četnosti průměrných vzdáleností – věže s hodinami – 12:00h

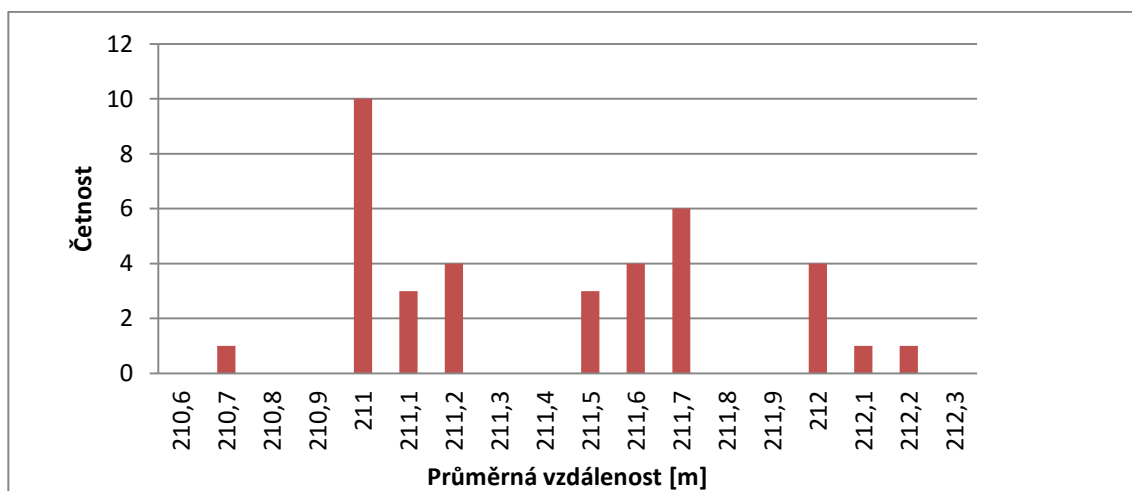


obr. 4.12 : Četnosti průměrných vzdáleností – věže s hodinami – 17:00h

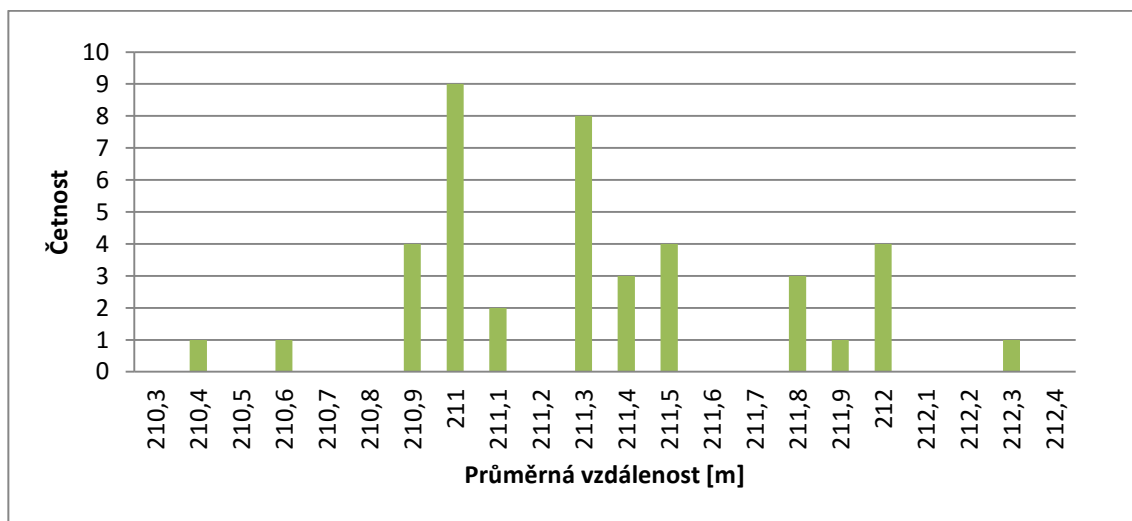




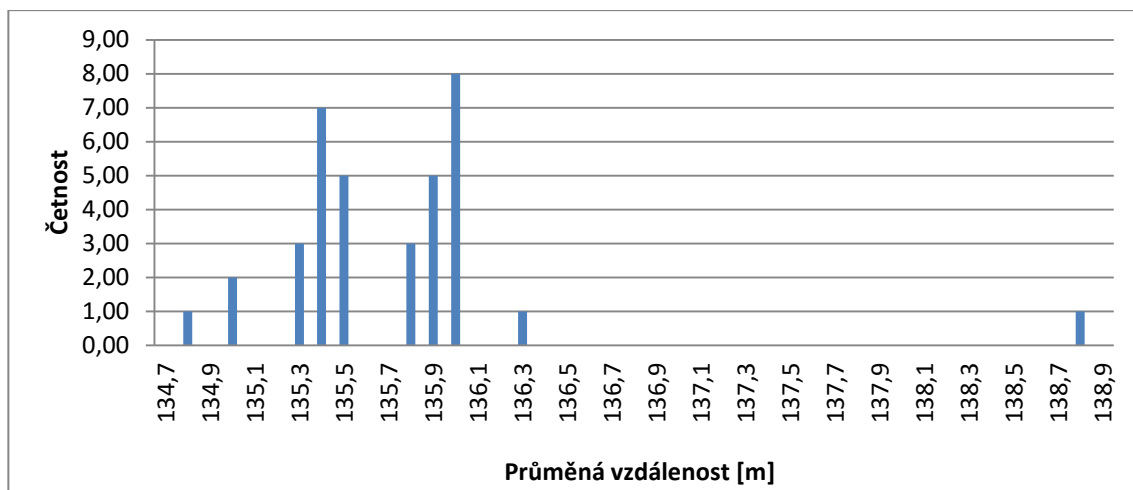
obr. 4.13 : Četnosti průměrných vzdáleností – Koleje B. Václavka – 8:00h



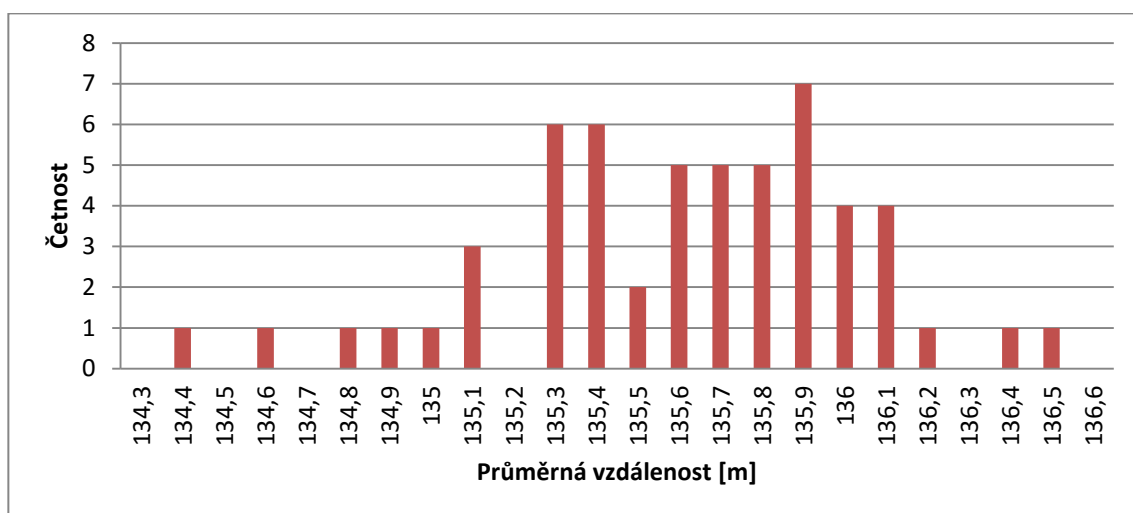
obr. 4.14 : Četnosti průměrných vzdáleností – Koleje B. Václavka – 12:00h



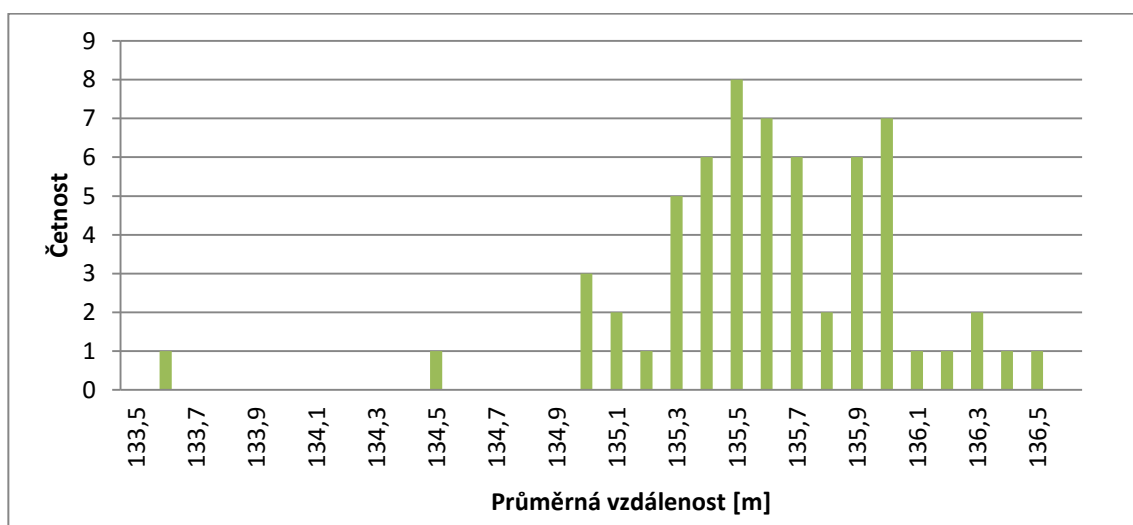
obr. 4.15 : Četnosti průměrných vzdáleností – Koleje B. Václavka – 17:00h



obr. 4.16 : Četnosti průměrných vzdáleností – Copy Centrum Xerox – 8:00h



obr. 4.17 : Četnosti průměrných vzdáleností – Copy Centrum Xerox – 12:00h



obr. 4.18 : Četnosti průměrných vzdáleností – Copy Centrum Xerox – 17:00h

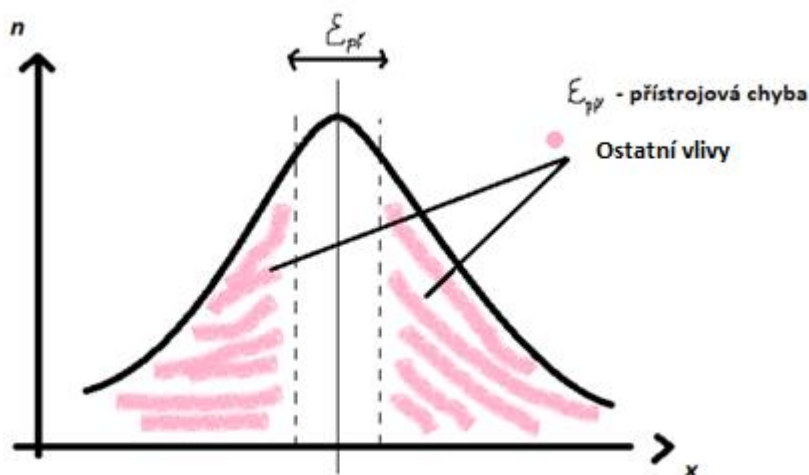
Teoretická četnost změřených vzdáleností by se měla blížit průběhu znázorněnému na (obr. 4.19).

Na obrázku (obr. 4.19) je předpokládané rozložení chyby měření vzdáleností laserovým dálkoměrem bez uvažování vnějších vlivů viz (kapitola 3).

Na uvedeném obrázku (obr. 4.19) je uprostřed vyznačena průměrná naměřená hodnota vzdálenosti a čerchované intervaly značené jako  $\epsilon$  představují předpokládanou přístrojovou chybu. Oblasti mimo přístrojovou chybu představují chybu způsobenou ostatními vlivy.

Vlivem vnějších vlivů dochází ke změně souboru změřených hodnot z tohoto rozdělení z Gaussova - normálního rozdělení na logaritmicko - normální rozdělení (Obr. 4.20) [15].

U tohoto rozdělení je patrný nárůst hodnot vpravo od maxima křivky. To se projevuje zvýšením počtu měření s vyšší než skutečnou vzdáleností. To je patrné zejména na měřeních větších vzdáleností. Na (obr. 4.7) je měření vzdálenosti nejvzdálenějšího objektu (Vodojemu Hydrosystému) v situaci s menším vlivem atmosféry (ráno), kdy má váhová funkce  $W$  nižší hodnotu). Porovnáním tohoto měření pro stejný objekt, ale pro okamžik váhové funkce  $W$  blízké maximu (obr. 4.8) dokládá velmi názorně tento předpoklad. Pro kratší vzdálenosti je tato změna méně výrazná, přesto ale zřetelná.

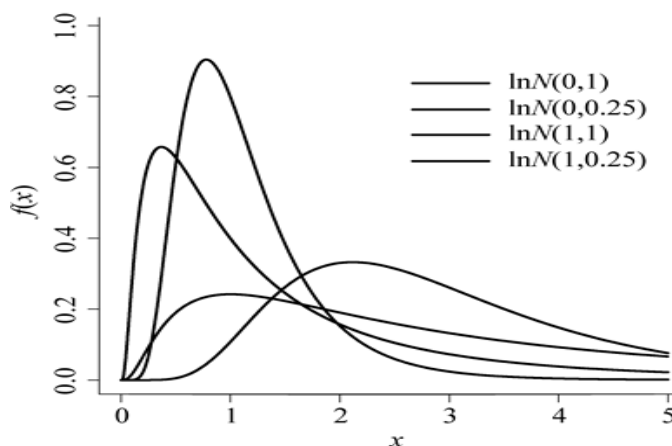


obr. 4.19: Předpokládané rozložení chyby při měření LD bez uvažování vnějších vlivů

S logaritmicko – normálním rozdělením se lze setkat v biologii nebo v medicíně (jako např. tělesná hmotnost, řada krevních parametrů). Logaritmicko – normálního rozdělení (Obr. 4.20) dosáhneme, pokud veličina  $Y = \ln(X)$  má normální rozdělení naší náhodné veličiny  $X$ . To stejné platí obráceně. Pro veličinu  $Y$  s normálním rozdělením, náhodnou veličinu zapíšeme jako  $X = \exp(Y)$ , což představuje logaritmicko – normální rozdělení. Potom hustotu zapíšeme vztahem (4.1):

$$f(x, \mu, \sigma^2) = \frac{1}{x\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}}, \quad (4.1)$$

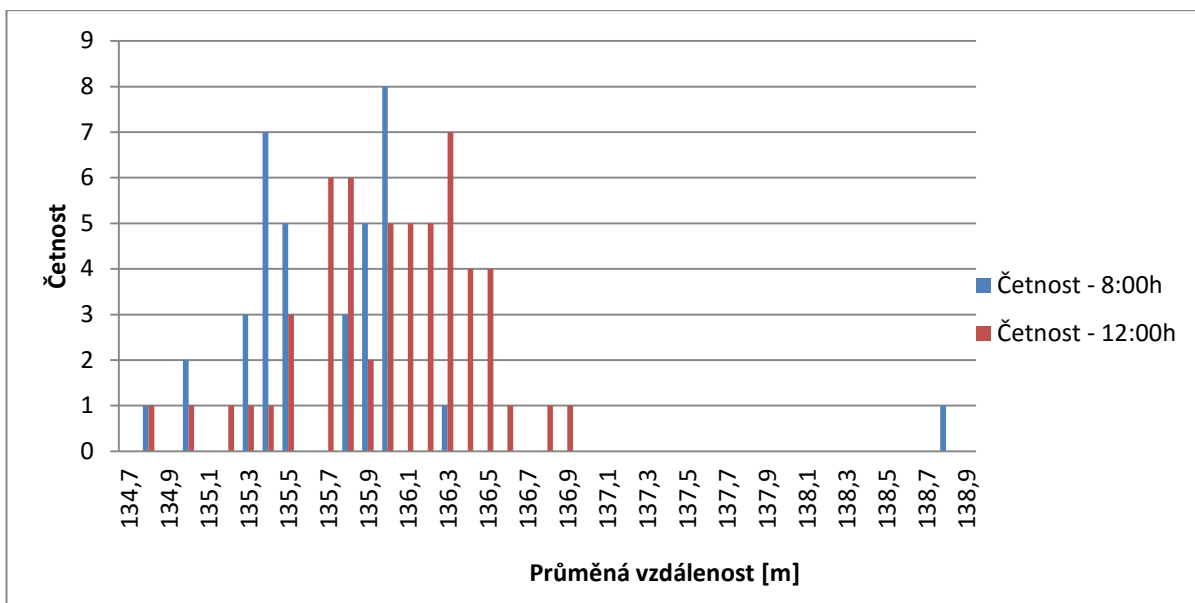
kde:  $\mu, \sigma^2$  ... představují střední hodnoty a rozptylu normálního rozdělení odpovídající náhodné veličiny  $Y = \ln(X)$  [15].



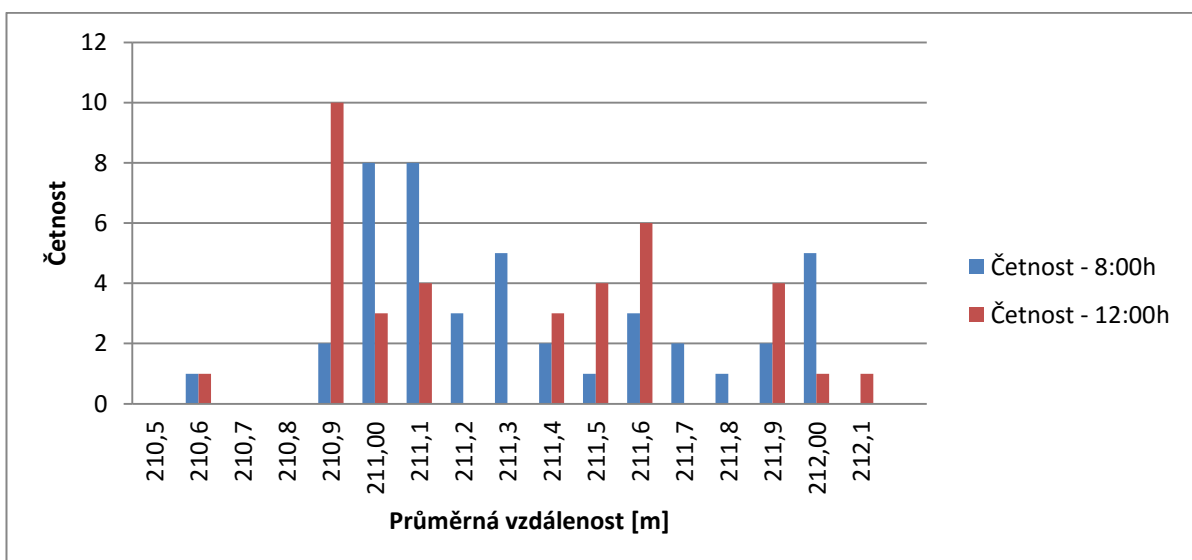
obr. 4.20: Logaritmicko - normální rozdělení [15]

Pro přehledné znázornění výsledků měření byly ze změřených hodnot určeny průběhy četností a z jeho statistických parametrů (průměrná hodnota, směrodatná odchylka) stanoveny odpovídající průběhy normálního, popř. logaritmicko-normálního rozdělení. Jejich srovnání pak umožňuje vyjádřit vliv atmosféry pro danou situaci.

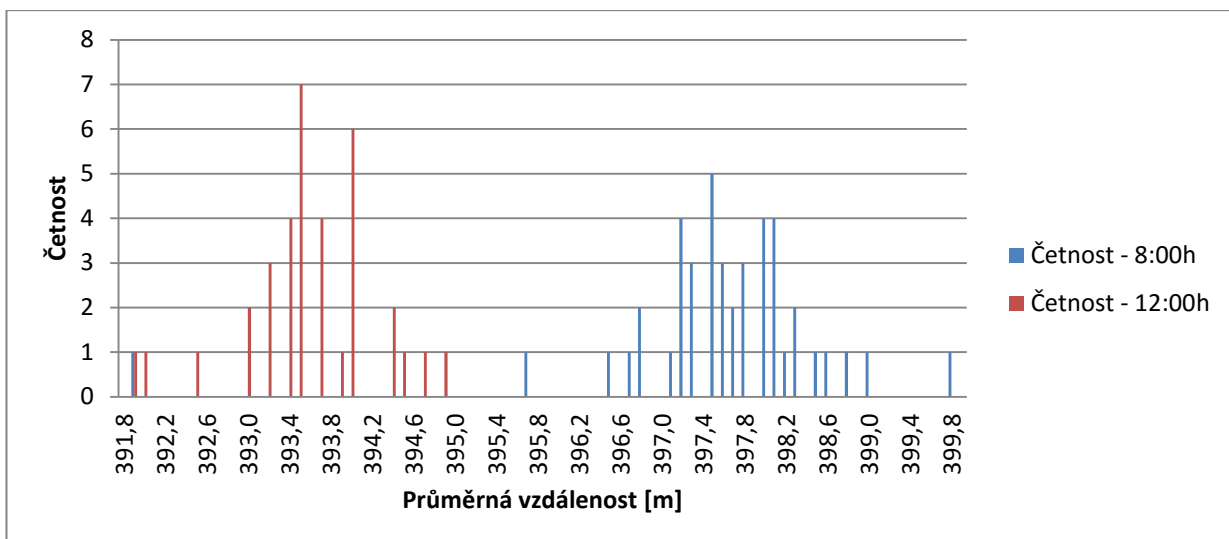
Na obrázcích níže (obr. 4.21 – obr. 4.24) jsou ilustrovány výsledky měření - četnosti jsou pro zřetelnost překryty přes sebe pro 8:00h a 12:00h, kde vlivem vnějších jevů se normální rozdělení (obr. 4.19) přibližuje tvaru logaritmicko – normálního rozdělení (obr. 4.20). Pro srovnání vlivu se tak nabízí využít test, využívaný ve statistických metodách.



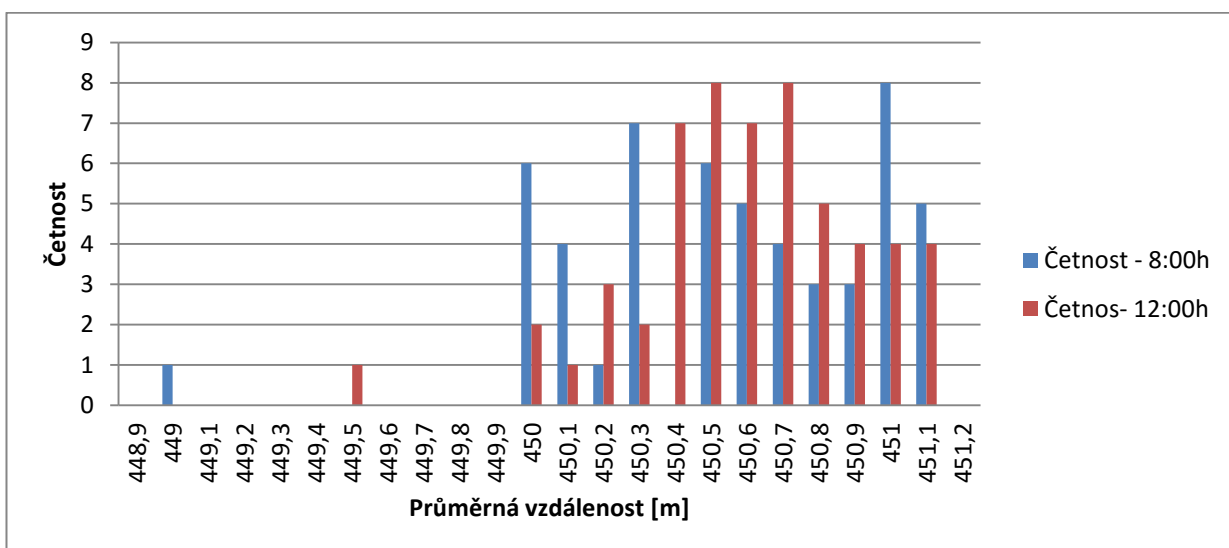
obr. 4.21: Srovnání naměřených hodnot pro objekt Copy centra v různých denních dobách.



obr. 4.22: Srovnání naměřených hodnot pro objekt – Koleje B. Václavka v různých denních dobách.



obr. 4.23: Srovnání naměřených hodnot pro objekt – Věž s hodinami v různých denních dobách.



obr. 4.24: Srovnání naměřených hodnot pro objekt – Vodojem Hydrosystém v různých denních dobách.

Míru vlivu atmosféry vyjadřuje koeficient míry podobnosti  $p$  (viz níže). Porovnáním tohoto koeficientu mezi změřenými hodnotami a normálním, popřípadě logaritmicke – normálním rozdělením, pak lze stanovit příklon hodnot k jednomu z obou uvažovaných rozdělení.

Zpracování bylo provedeno s logaritmicke – normálním rozdělením a Gaussovským (normální) rozdělením. Bylo nutné provést normování četností, logaritmicke – normálního rozdělení a Gaussovského rozdělení.

V dalším kroku byl spočítán  $\varepsilon_i$ , tedy chybová plocha. Chybová plocha odpovídá vztahu (4.2):

$$\varepsilon_i = |A_1 - n| \quad , \quad (4.2)$$

kde:  $n$  ... normovaná četnost

$A_1$  ... znormované rozdělení pro dosažené naměřené logaritmicke – normální hodnoty vzdálenosti.

Jeden z posledních kroků je spočítána velikost chyby  $h$ , která říká, na kolik si plochy nejsou podobny. Pro výpočet velikosti chyby slouží vztah (4.3):

$$h = \frac{E}{S}, \quad (4.3)$$

kde:  $E = \sum \varepsilon_i^2$  ... výpočet součet celkové chyby

$$S = \sum A_1^2$$

A jednoduchým způsobem určíme míru podobnosti (4.4):

$$p = 1 - h. \quad (4.4)$$

V průběhu výpočtů je provedena statistická hypotéza pro každou měřenou vzdálenost (budovu), jejímž výsledkem je  $p$  – míra podobnosti,  $h$  - velikost chyby. Hodnoty jsou zapsány do (tab. 4.1 – tab. 4.4) a vyjadřují, zda průběh odpovídá více logaritmicke- normálnímu rozdělení nebo Gaussovskému (normálnímu) rozdělení. Toto zpracování nazýváme test statistické hypotézy.

Řádek *Rozdíl* v tabulkách (tab. 4.1- tab.4.4) názorně ukazuje změnu měřených hodnot vlivem rozdílných hodnot turbulence atmosféry. Ranní hodnoty pro všechny měřené objekty jsou velmi blízké bez ohledu na předpokládané rozdělení zjištěných dálek. Pro nejvzdálenější objekty (Vodojem Hydrosystém a Věž s hodinami) je patrný příklon k logaritmicke-normálnímu rozdělení. Řádek rozdílu tak nepřímou vyjadřuje i vliv atmosféry na vlastní měření.

#### Statistická hypotéza

Při vyhodnocování experimentálních dat ve výzkumu jsou využívány metody testování statistických hypotéz a teorie odhadu. Tyto metody patří zároveň do oblasti s nejdůležitějších postupů.

Metody testování statistických hypotéz rozhodují, zda budou přijaty nebo nepřijaty určité hypotézy v základním souboru na základě náhodně získaných dat.

Statistická hypotéza je tvrzení, které se může týkat tvaru rozdělení anebo neznámých parametrů daných funkcí parametrů. Statistickou hypotézu může představovat například:

- Daný náhodný výběr pocházející z normálního rozdělení
- Dva náhodné výběry mohou pocházet ze stejného rozdělení
- Anebo dva náhodné výběry jsou z rozdělení, která mají stejnou střední hodnotu, rozptyl, apod. [16].

Pravidlo, které rozhoduje o platnosti či neplatnosti hypotézy se nazývá statistický test. Statistické hypotézy lze rozdělit na dva druhy testů a to na: parametrické testy a neparametrické testy.

O parametrických testech můžeme mluvit, pokud se statistické hypotézy týkají neznámých parametrů a při provádění testů hypotéz vycházíme ze známého rozdělení sledované náhodné veličiny v nějakém základním souboru (Gaussovo – normální rozdělení). Jedná – li se o statistické hypotézy týkající se obecných vlastností základního souboru a daný test nevyžaduje znalost typu rozdělení v základním souboru, potom mluvíme o neparametrické testy.

Postup statistického testování lze popsat jednotlivými kroky. V prvním kroce je tzv. formulace statistické hypotézy, následně je nutné určit hladinu významnosti (ta se volí podle celé řady kritérií, např: počtu vzorků, celkových vnějších vlivů) a do třetice se provádí výpočet testovacího kritéria.



**tab. 4.1 Tabulka statistických výpočtů pro Vodojem Hydrosystém**

	8:00	12:00	17:00
Norm rozdělení	0,9854	0,9945	0,9912
LogN rozdělení	0,9855	0,9975	0,9916
Rozdíl (*100)	0,01	0,30	0,04

**tab. 4.2: Tabulka statistických výpočtů pro věž s hodinami**

	8:00	12:00	17:00
Norm rozdělení	0,9940	0,9928	0,9948
LogN rozdělení	0,9934	0,9948	0,9939
Rozdíl (*100)	-0,06	0,20	-0,09

**tab. 4.3: Tabulka statistických výpočtů pro Koleje B. Václavka**

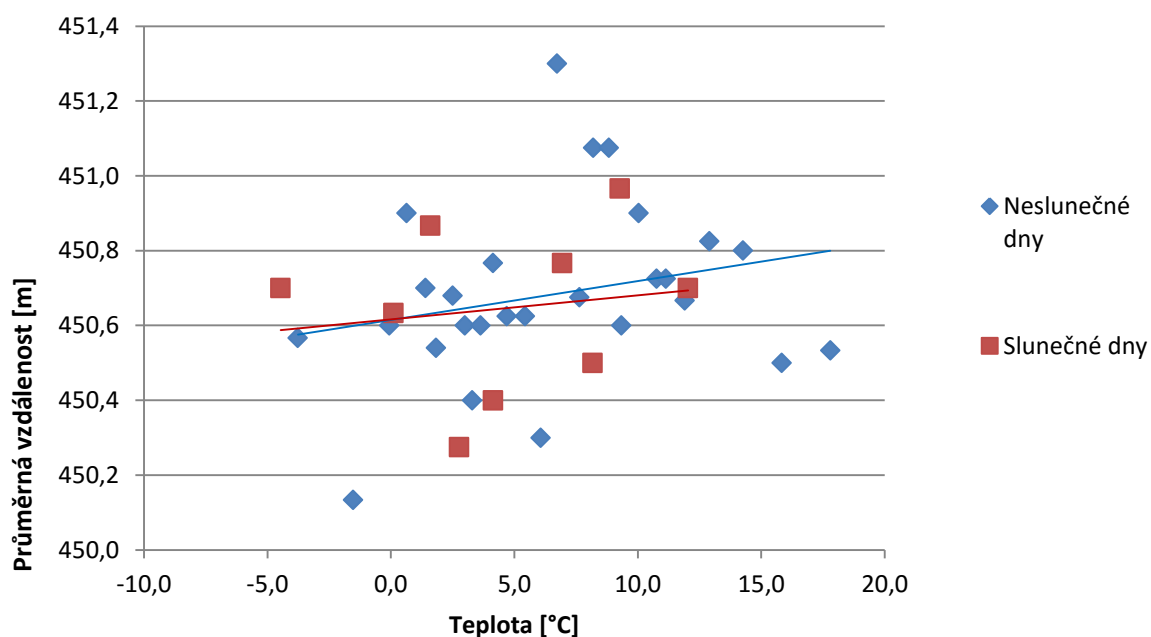
	8:00	12:00	17:00
Norm rozdělení	0,9821	0,9930	0,9772
LogN rozdělení	0,9819	0,9931	0,9774
Rozdíl (*100)	-0,02	0,01	0,02

**tab. 4.4: Tabulka statistických výpočtů pro Copy Centrum Xerox**

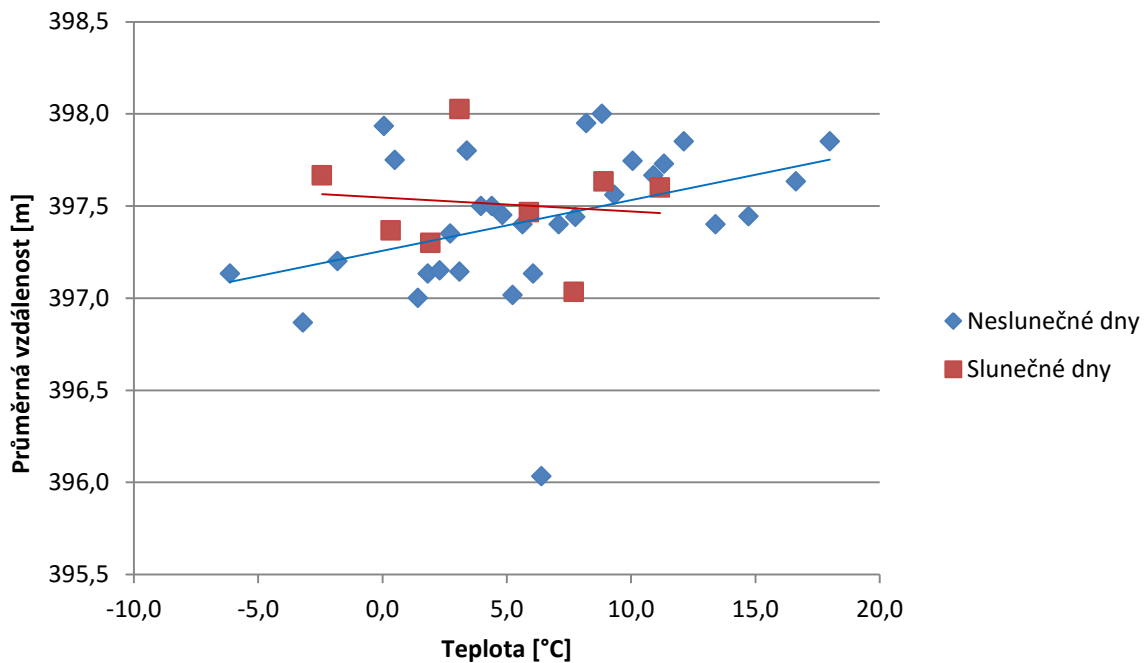
	8:00	12:00	17:00
Norm rozdělení	0,9891	0,9968	0,9966
LogN rozdělení	0,9889	0,9969	0,9969
Rozdíl (*100)	-0,02	0,01	0,03

Pro následné statistické zpracování jsme vzestupně seřadili jednotlivé meteorologické parametry od nejmenší po největší hodnoty intervalu. A k jednotlivým, seřazeným hodnotám meteorologických parametrů jsme přiřadili odpovídající zjištěnou vzdálenost. Seřazené meteorologické parametry jsme rozdělili do grup po menších elementech (např. pro teplotu po 3°C) a jednotlivé grupy byly následně zpracovány.

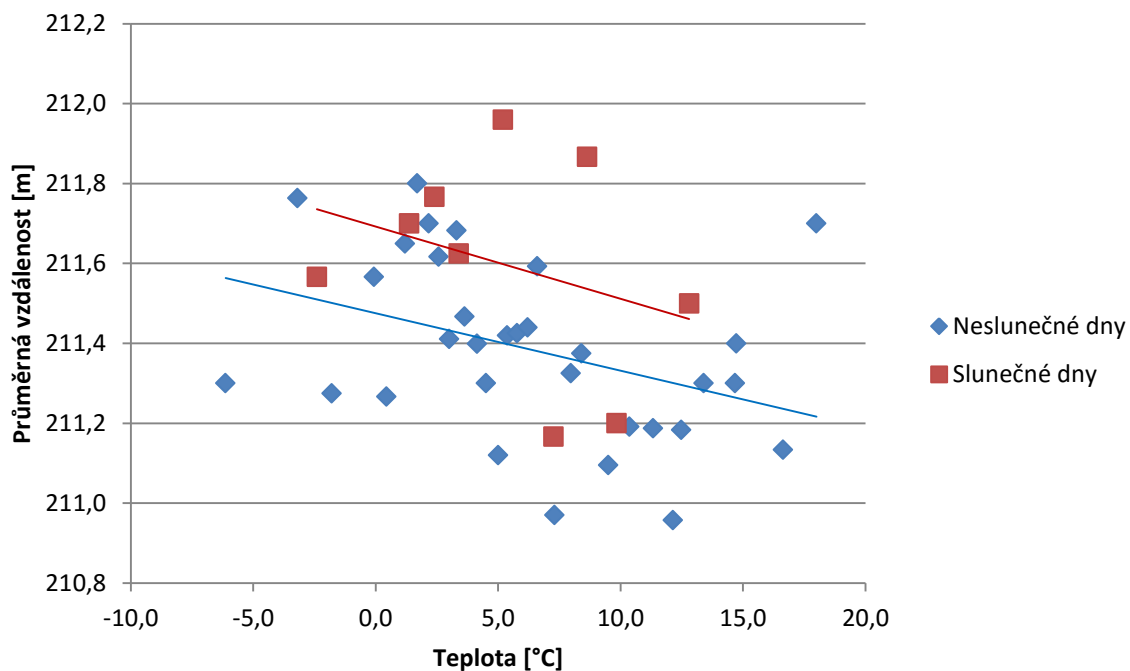
Obdobným způsobem byla zpracována měření, podle uvažovaných meteorologických parametrů (obr. 4. 25 – obr. 4.40).



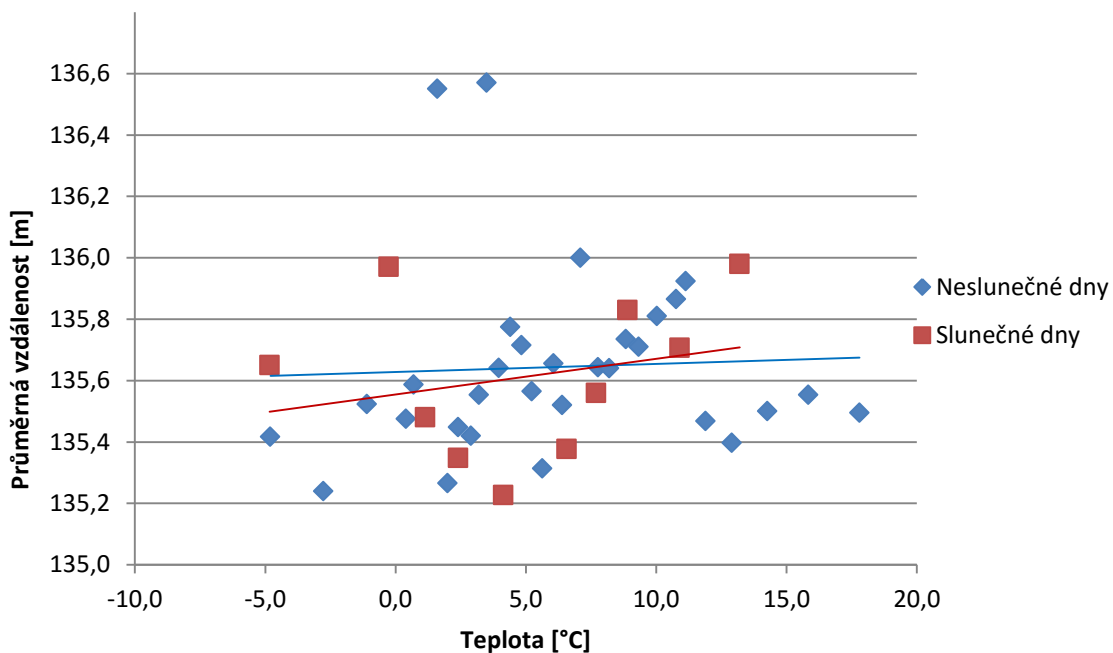
**obr. 4. 25: Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Vodojem Hydrosystém) na teplotě – Slunečné dny vs. Neslunečné dny**



obr. 4. 26: Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Věž s hodinami) na teplotě  
- Slunečné dny vs. Neslunečné dny

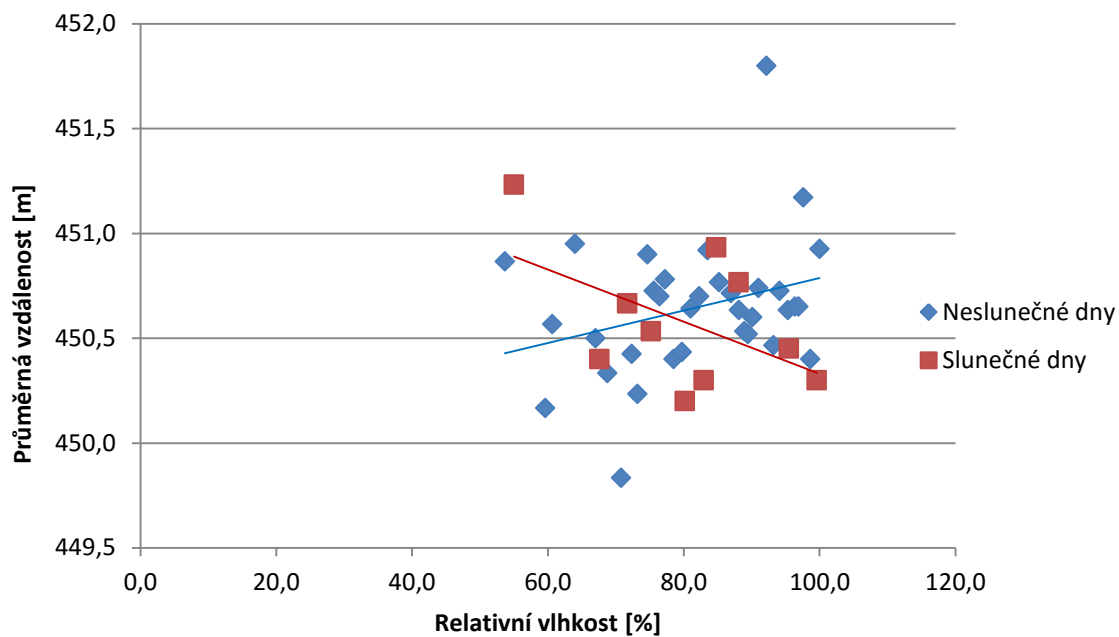


obr. 4. 27: Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Koleje B. Václavka) na teplotě  
- Slunečné dny vs. Neslunečné dny

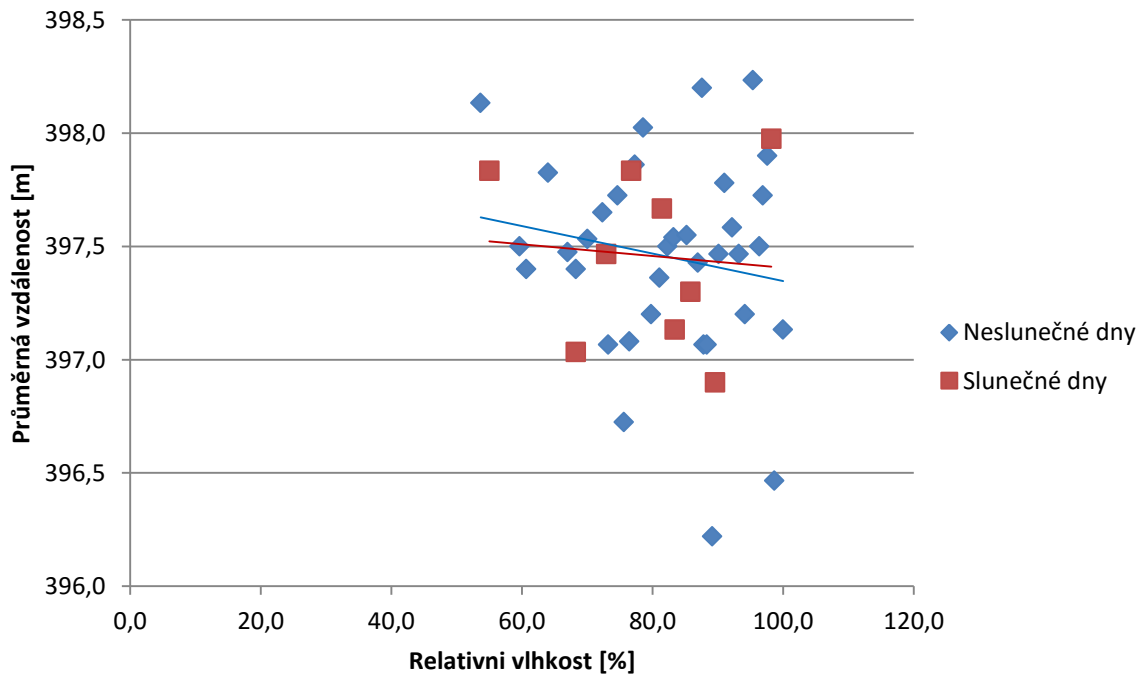


**obr. 4. 28: Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Copy Centrum) na teplotě  
- Slunečné dny vs. Neslunečné dny**

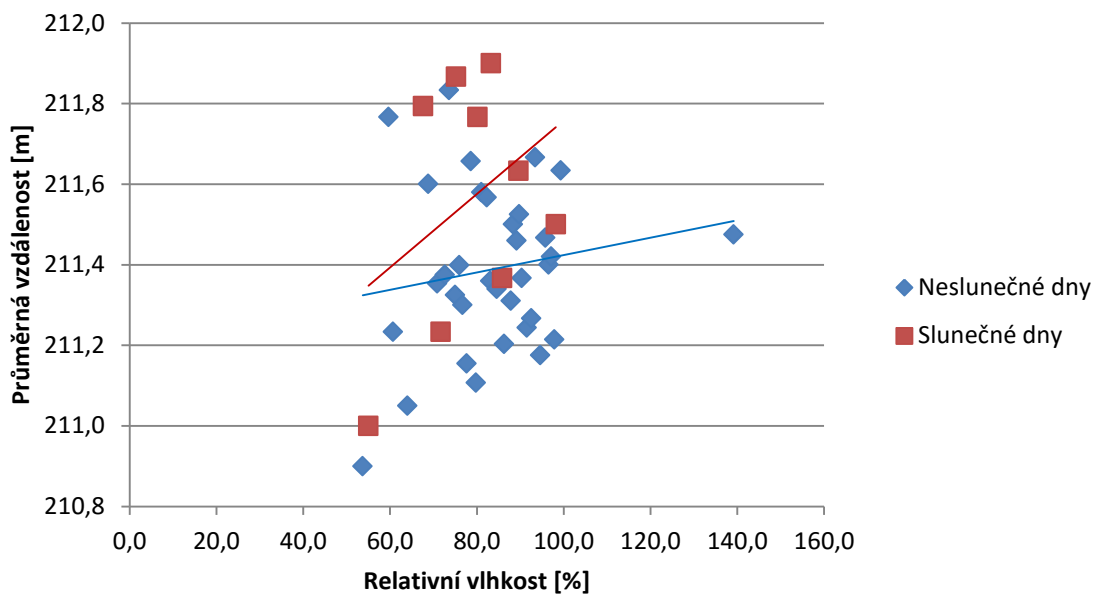
Z průběhů (obr. 4.25 – obr. 4.28) je názorně vykreslen rozptyl vzdáleností od předpokládané hodnoty. Ve slunečných i neslunečných dnech je vidět větší rozptyl vzdáleností s vyšší teplotou vzhledem ke křivce. Z porovnání vzdálenosti Copy Centra se vzdáleností Vodojemem Hydrosystému je zjevné, že se měřená vzdálenost více rozptyluje s rostoucími vzdálenostmi.



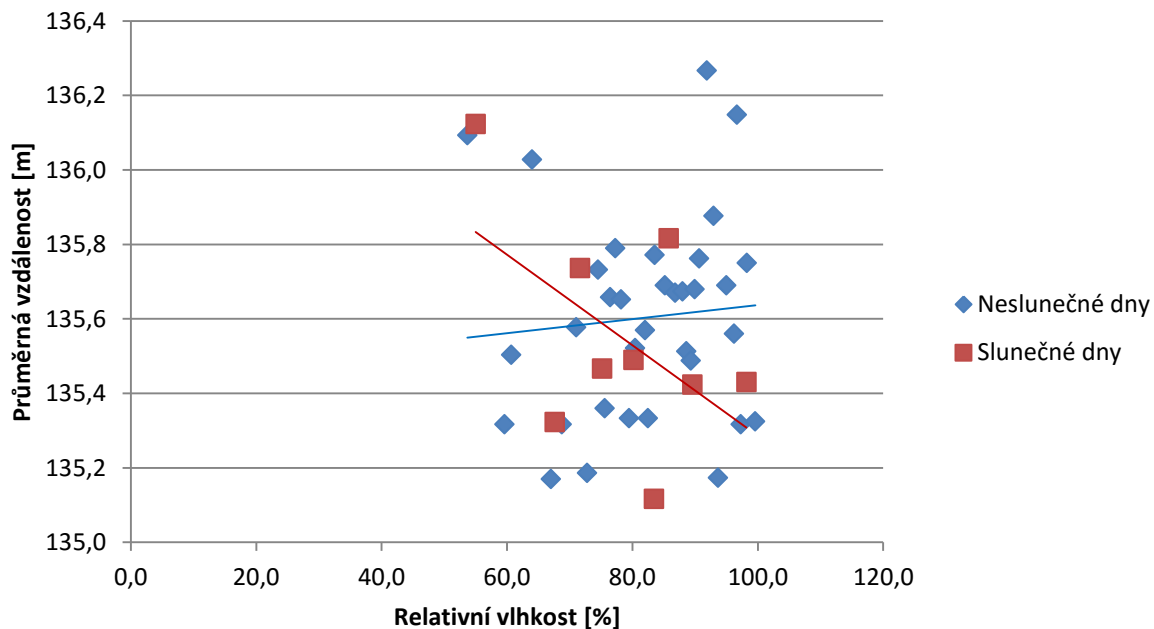
obr. 4. 29: Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Vodojem Hydrosystém) na vlhkosti – Slunečné dny vs. Neslunečné dny



obr. 4. 30: Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Věž s hodinami) na vlhkosti – Slunečné dny vs. Neslunečné dny



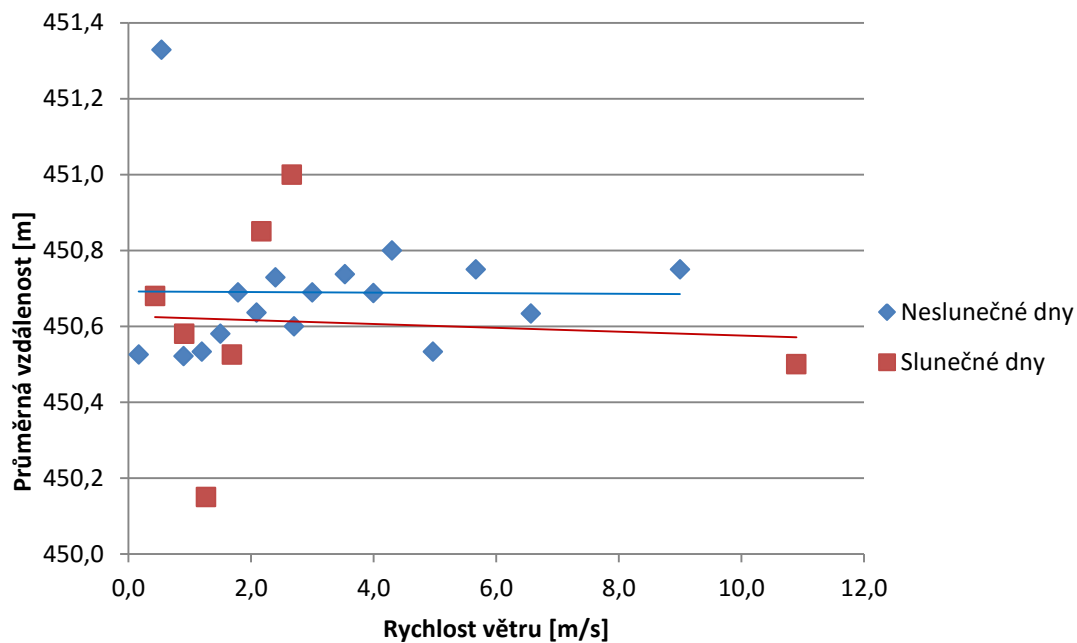
obr. 4. 31: Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Koleje B. Václavka) na vlhkosti  
– Slunečné dny vs. Neslunečné dny



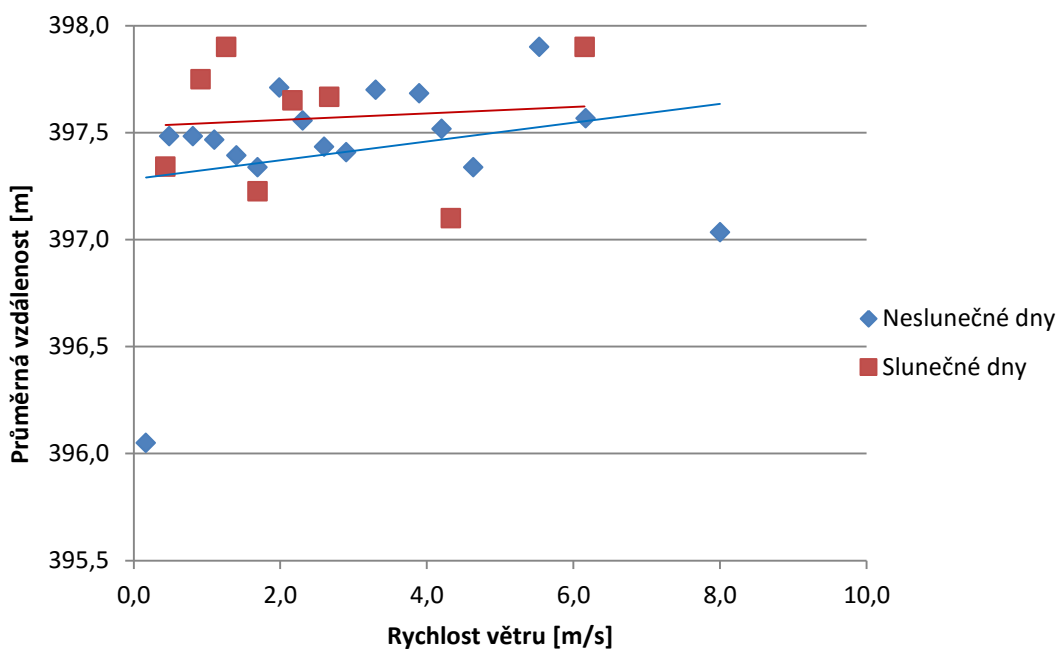
obr. 4. 32: Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Copy Centrum) na vlhkosti  
– Slunečné dny vs. Neslunečné dny

Z průběhů vlhkosti na průměrné vzdálenosti (obr. 4.29 – obr. 4.32) je vidět, že relativní vlhkost není dominantní meteorologický parametr. S větším procentem vlhkosti není měřená vzdálenost příliš rozptýlená.

Větší vliv na rozptyl měřených vzdáleností má rychlost větru a teplota.

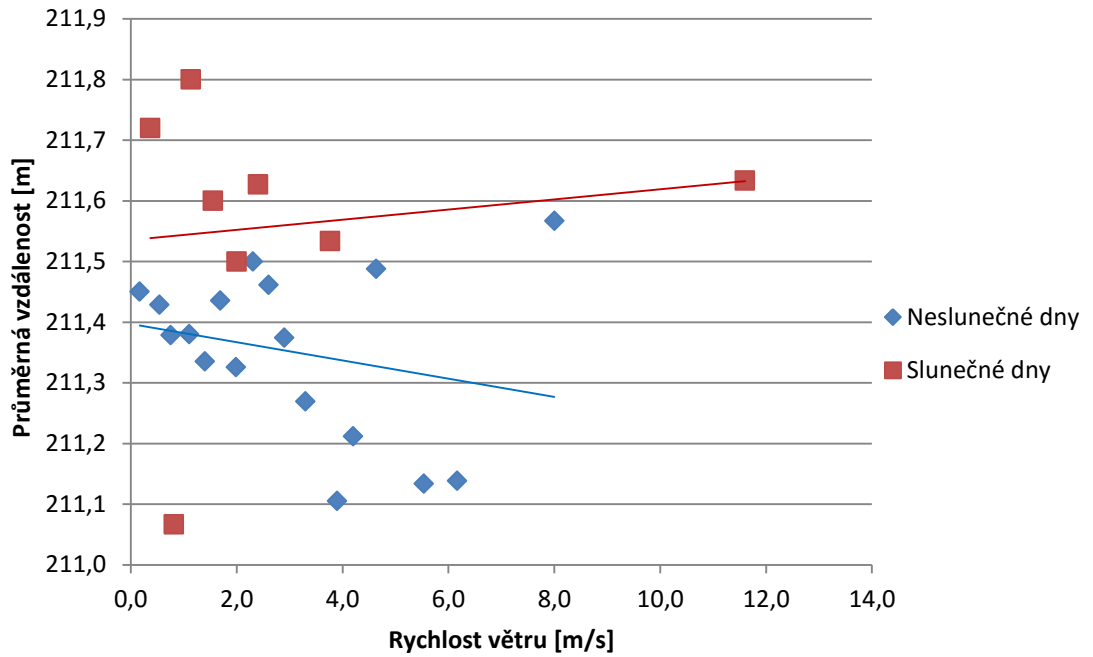


obr. 4.33: Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Vodojem Hydrosystém) na rychlosti větru – Slunečné dny vs. Neslunečné dny

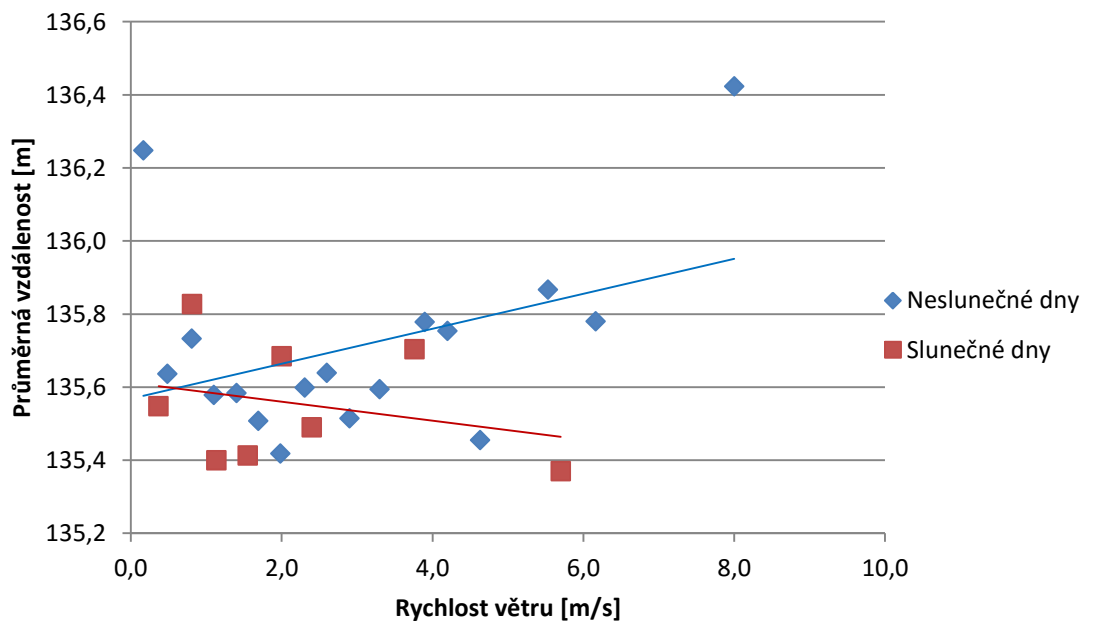


obr. 4.34 : Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Věž s hodinami) na rychlosti větru – Slunečné dny vs. Neslunečné dny



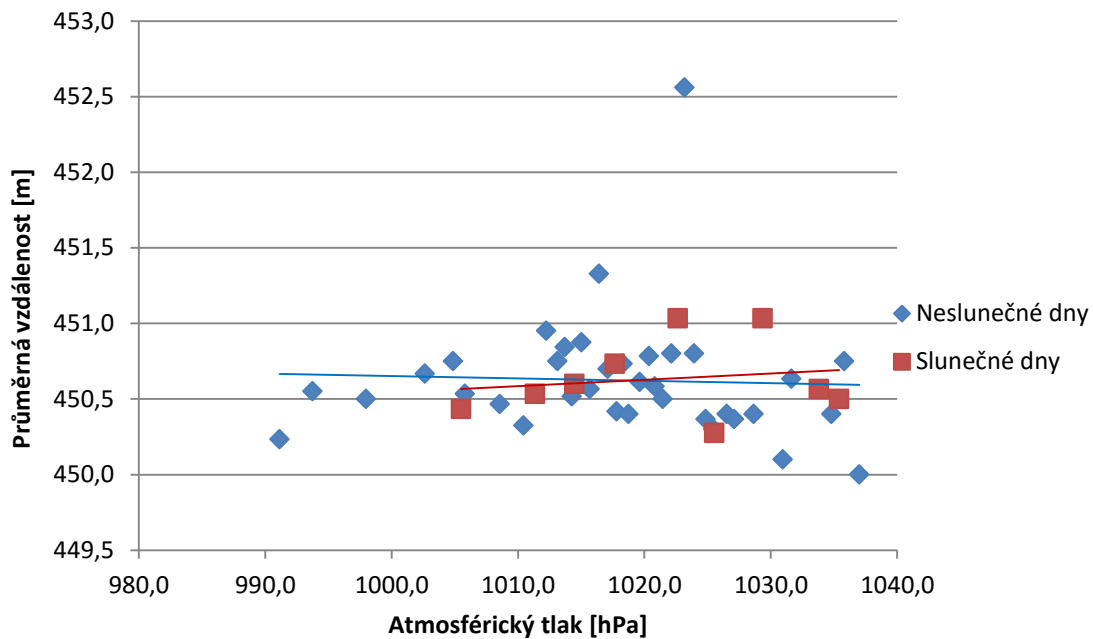


obr. 4.35: Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Koleje B. Václavka) na rychlosti větru – Slunečné dny vs. Neslunečné dny

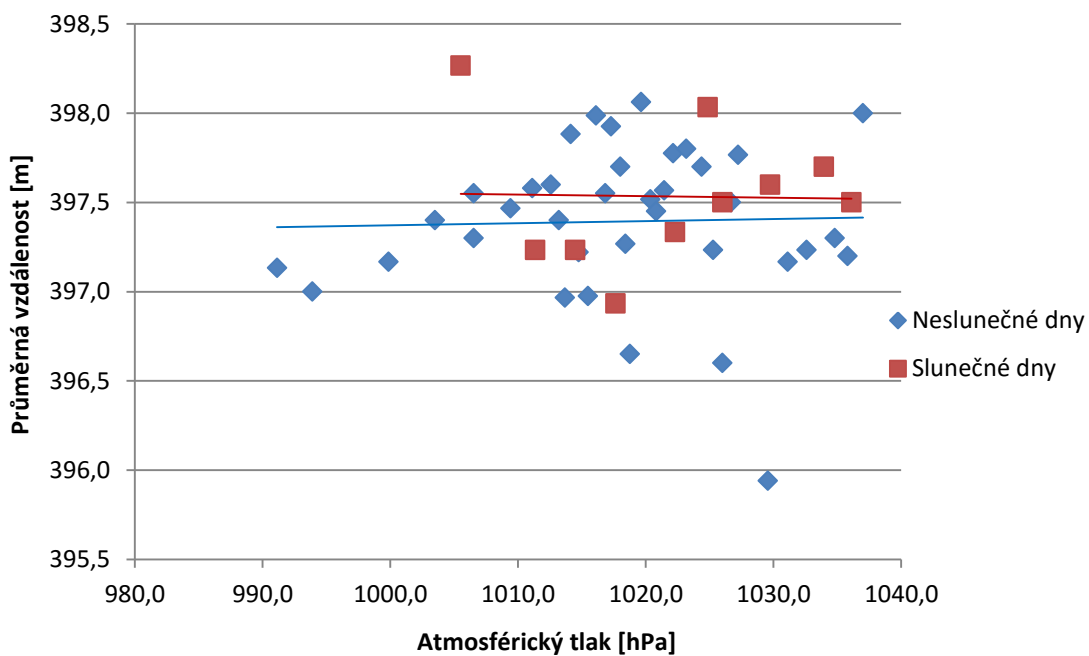


obr. 4.36: Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Copy Centrum) na rychlosti větru – Slunečné dny vs. Neslunečné dny

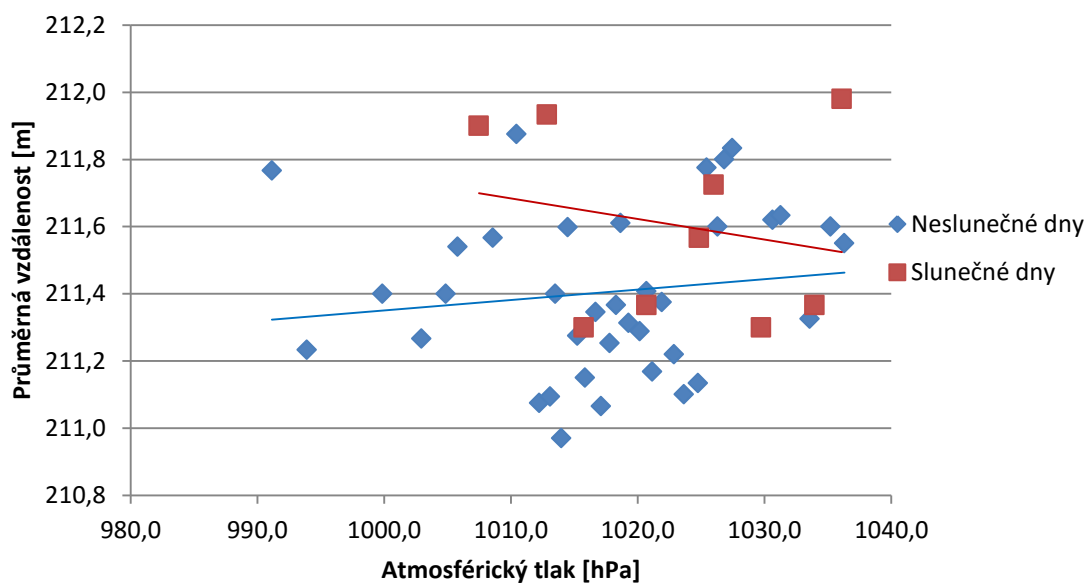
Z průběhů zobrazených na (obr. 4.33 - obr. 4.36) je rychlost větru dominantní parametr, který způsobuje nepřesnost měřené vzdálenosti. Z grafů při menších rychlostech větru chyba (rozptyl) měřené vzdálenosti roste.



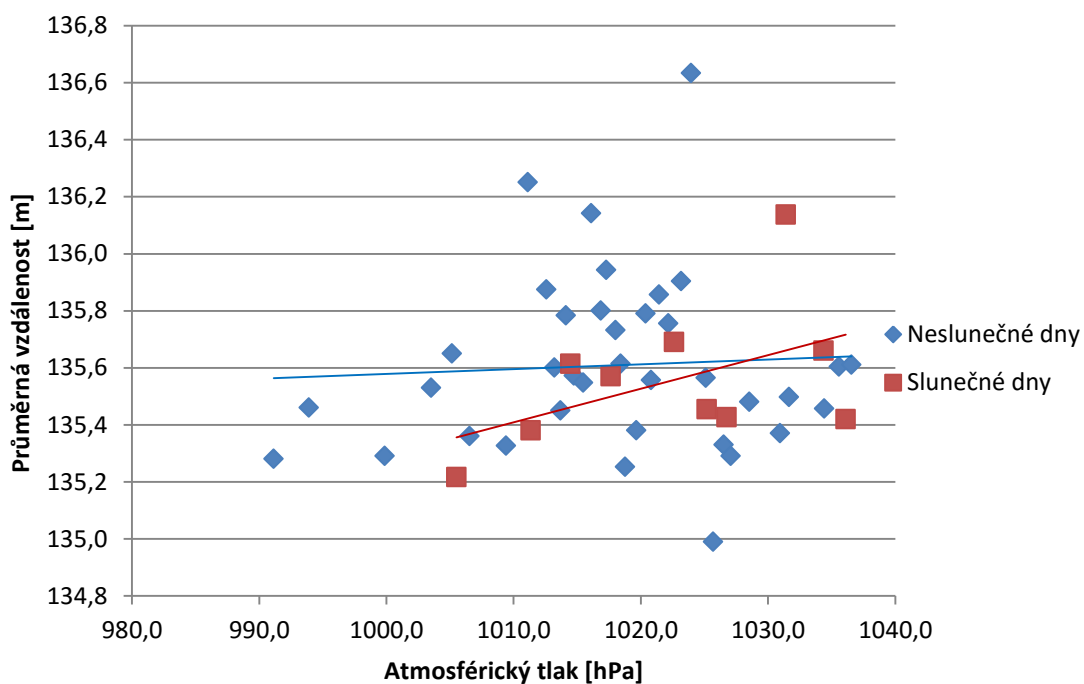
obr. 4. 37: Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Vodojem Hydrosystém) na atm. tlaku  
– Slunečné dny vs. Neslunečné dny



obr. 4. 38 : Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Věž s hodinami) na atm. tlaku  
– Slunečné dny vs. Neslunečné dny



obr. 39 : Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Koleje B. Václavka) na atm. tlaku  
– Slunečné dny vs. Neslunečné dny



obr. 4.40 : Závislost rozptylu průměrných vzdáleností (Copy Centrum) na atm. tlaku  
– Slunečné dny vs. Neslunečné dny

Atmosférický tlak způsobuje relativně malé změny měřené vzdálenosti. Rozptyl měřené vzdálenosti (obr. 4.37 – obr. 4.40) v tomto případě není tak markantní.

Jednotlivými grafy (obr. 4.25 – obr. 4.40) je pak vynesena lineární křivka a znázorňuje měření, na které nebude mít vliv atmosféra.

Výsledkem je průběh rozptylu měřených vzdáleností způsobené atmosférou. Čím menší je měřená vzdálenost, tím menší je rozptyl od křivky.

Toto vyhodnocení jsme prováděli pro každou měřenou vzdálenost a meteorologický parametr zvlášť.

Pro verifikaci výsledků bylo realizováno kontrolní měření i s jiným typem laserového dálkoměru PLRF25C/ PLRF25C BT od firmy Vectronix (obr. 4.41). Technické parametry tohoto laserového dálkoměru jsou uvedeny v příloze 7. – viz (tab. 7.3).

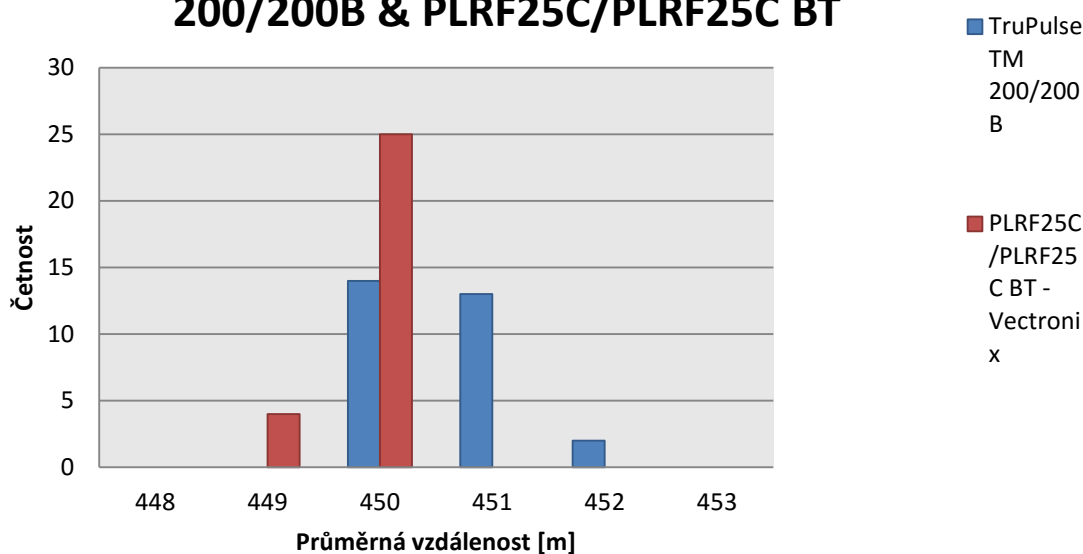
Měření s těmito dvěma laserovými dálkoměry bylo realizováno v průběhu jednoho dne pro všechny měřené vzdálenosti za dodržení metodiky uvedené výše.

Pro porovnání byly zpracovány četnosti průměrných vzdáleností obou dálkoměrů a následně hodnoty vyneseny do grafu. V obou případech se uplatňuje stejný vnější vliv, což vyvolává srovnatelnou chybu měření (obr. 4.42 – obr. 4.45).



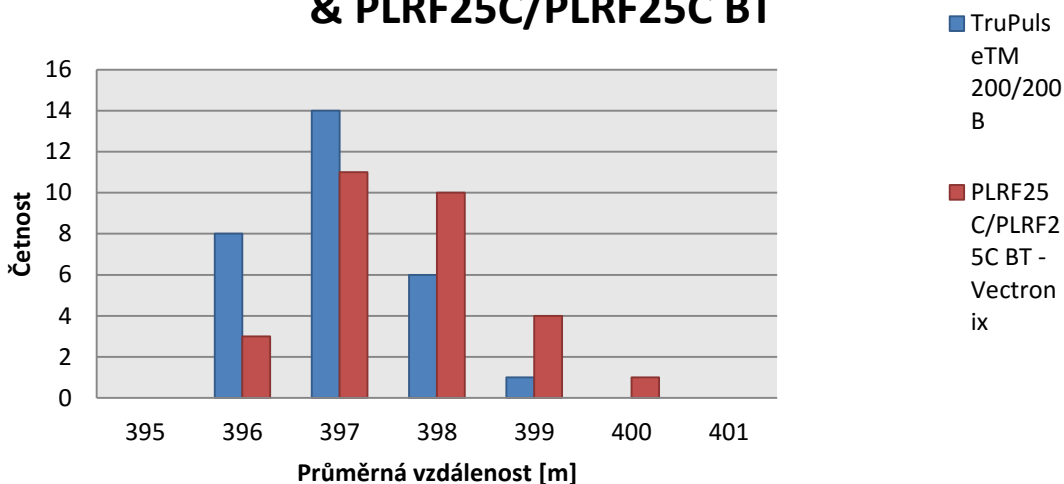
**obr. 4.41 - PLRF25C/ PLRF25C BT Vectronix**

## Četnost průměrných vzdáleností Vodojem Hydrosystém za celý den - TruPulse™ 200/200B & PLRF25C/PLRF25C BT



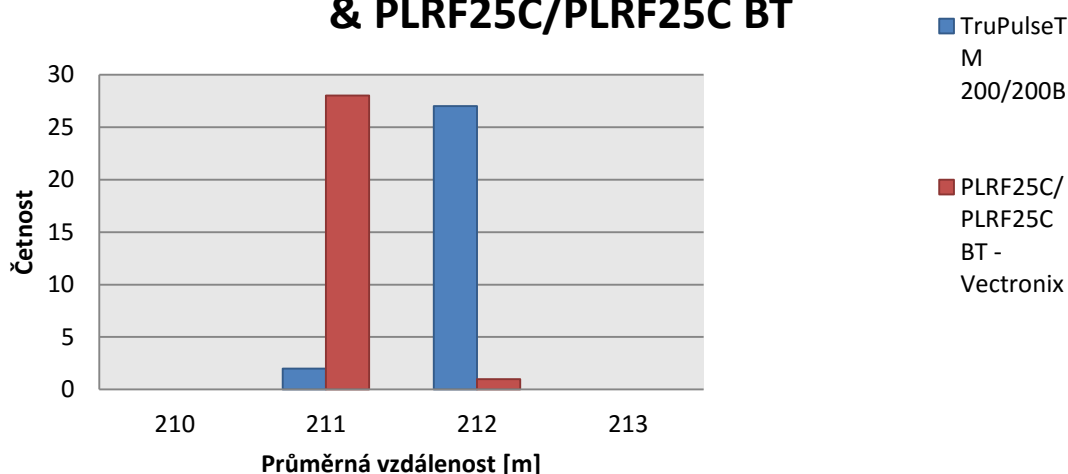
obr. 4.42 - Verifikace měření dálkoměrů: TruPulse™ 200/200B & PLRF25C/PLRF25C BT  
– Vodojem Hydrosystém

## Četnost průměrných vzdáleností Věž s hodinami za celý den - TruPulse™ 200/200B & PLRF25C/PLRF25C BT



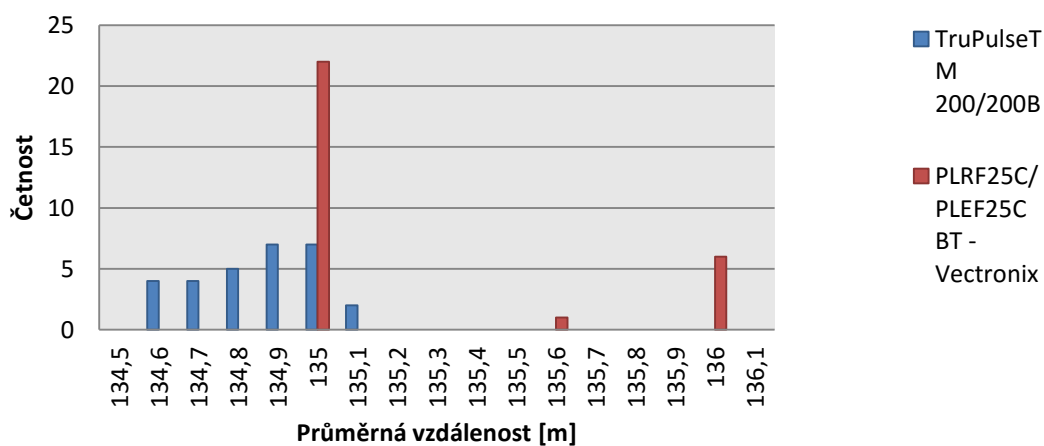
obr. 4.43 - Verifikace měření dálkoměrů: TruPulse™ 200/200B & PLRF25C/PLRF25C BT  
– Věž s hodinami

### Četnost průměrných vzdáleností Koleje B. Václavka za celý den - TruPulse™ 200/200B & PLRF25C/PLRF25C BT



obr. 4.44 - Verifikace měření dálkoměrů: TruPulse™ 200/200B & PLRF25C/PLRF25C BT  
– Koleje B. Václavka

### Četnost průměrných vzdáleností Copy Centrum Xerox za celý den - TruPulse™ 200/200B & PLRF25C/PLRF25C BT



obr. 4.45 - Verifikace měření dálkoměrů: TruPulse™ 200/200B & PLRF25C/PLRF25C BT  
– Copy Centrum

## **5. Závěr**

V úvodu této práce je vytvořen krátký přehled základního rozdělení optoelektronických laserových dálkoměrů. Jsou rozebrány jejich konstrukce, principy a parametry.

Následující kapitola se zabývá atmosférou a jejími jevy – atmosférickým útlumem a atmosférickou turbulencí. Zde jsou uvedeny i meteorologické parametry, které ovlivňují tyto atmosférické jevy.

Další část práce je zaměřena na vnější jevy, především atmosférickou turbulenci, která ovlivňuje nepřesnost měřené vzdálenosti. Na atmosférické jevy navazuje popis nepřesností měřené vzdálenosti způsobené vnějšími i vnitřními vlivy.

Druhá část této diplomové práce je věnována experimentálnímu měření impulsním dálkoměrem TruPulse<sup>TM</sup> 200/200B. Tento impulsní dálkoměr byl využíván pro měření čtyř různých vzdáleností, tak aby ležely v dosahu použitého laserového dálkoměru.

Měření probíhalo po dobu pěti měsíců (10/2015 - 02/2016) vybraných čtyř cílů ve třech různých časech (8:00h, 12:00h, 17:00h). Celkové měření zahrnuje 64 dílčích měření, což představuje souhrnem 2 560 měření.

Realizované měření probíhalo ze stejného měřicího stanoviště pro čtyři různé vzdálenosti, a to pro vzdálenosti budov: Vodojem Hydrosystém (~450,5m), Věž s hodinami (~397,4m), Koleje Bedřicha Václavka (~211,1m) a vzdálenost budovy Copy Centra Xerox (~135,3m). Z těchto měření byly vyhodnoceny četnosti jednotlivých průměrných vzdáleností za různých meteorologických podmínek. V této práci je věnována pozornost atmosférickým (meteorologickým) vlivům, což souvisí s výše vyhodnocenými četnostmi. Z těchto vnějších vlivů má největší váhu atmosférická turbulence, jelikož patří mezi faktory zanášející chybu měřené vzdálenosti. Atmosférická turbulence je vysoce proměnná veličina, závislá na meteorologických parametrech. Atmosférickou turbulenci nejvíce ovlivňují teplota, rychlost větru, relativní vlhkost vzduchu a také aktuální čas. Nejvýraznější turbulenci lze sledovat dvě hodiny po východu až do západu Slunce. Dalšími faktory, které ovlivňují přesnost měření, jsou přístrojová chyba, vlastnosti cíle, terén (okolí), ve kterém měření probíhá, a chyba způsobená obsluhou člověka.

Četnost změřených vzdáleností by měla odpovídat Gaussovskému (normálnímu rozdělení) - (obr. 4.19), vlivem atmosférických jevů toto rozdělení přechází na logaritmicko – normální rozdělení [15]. Toto rozdělení je znázorněno



výše – viz (obr. 4.21 – obr. 4.24). Z průběhů četností průměrných vzdáleností plyne, že větší chyba naměřené vzdálenosti vzniká pro větší vzdálenosti, než při měření kratších vzdáleností. Z měření vyplývá, že nepřesnost klesá s relativní vlhkostí a rychlostí větru. A s rostoucí teplotou nepřesnost měřené vzdálenosti roste.

Z toho plyne, že vlivem atmosférické turbulence (s rostoucí teplotou) roste počet měření s vyšší vzdáleností než se skutečnou. Porovnáme – li měření nejvzdálenějšího objektu – Vodojemu Hydrosystému (450,5m) ráno (8:00h), kdy má váhová funkce  $W$  nižší hodnotu a v odpoledních hodinách (12:00h), kdy hodnota váhové funkce  $W$  dosahuje hodnotě blízké maximu, což dokládá tento předpoklad. Tato změna je méně výrazná pro kratší vzdálenosti, ale přesto pozorovatelná.

Jak již bylo výše zmíněno, vlivem atmosférických jevů tento průběh četností přechází z Gaussovského rozdělení na logaritmicko – normální rozdělení. Kde při vyšším vlivu atmosféry můžeme pozorovat příklon k logaritmicko – normálnímu rozdělení. Součástí vyhodnocení dat bylo i porovnání vlivu, při kterém byl využit test statistické hypotézy. Test statistické hypotézy umožňuje určit koeficient míry podobnosti  $p$ , což představuje míru vlivu atmosféry. Koeficient míry podobnosti  $p$  nám umožňuje rozhodnout, zda se hodnoty odpovídají spíše Gaussovskému (normálnímu) rozdělení či k logaritmicko – normálnímu rozdělení. Porovnání Gaussovského (normálního) rozdělení a logaritmicko – normálního rozdělení bylo provedeno pro každý měřený objekt v (tab. 4.1 – tab. 4.4). Tyto tabulky představují test statistické hypotézy. V tabulkách (tab. 4.1 – tab. 4.4) řádek rozdíl poukazuje na změnu měřených hodnot způsobené atmosférickou turbulencí. Je vidět, že ranní hodnoty pro všechny měřené objekty jsou velmi blízké bez ohledu na předpokládané rozdělení zjištěných dálek. Pro nejvzdálenější objekty (Vodojem Hydrosystém a Věž s hodinami) je patrný příklon k logaritmicko-normálnímu rozdělení. Řádek rozdíl tak nepřímou vyjadřuje i vliv atmosféry na vlastní měření.

V další části práce byly vypočítány grafy (obr. 4.25 – obr. 4.40) ke všem měřeným objektům znázorňující rozptyl měřených vzdáleností způsobené atmosférou (v závislosti na daném meteorologickém parametru – teplota, relativní vlhkost, rychlost větru nebo atmosférický tlak). Jednotlivými grafy (obr. 4.25 – obr. 4.40) je pak vynesena lineární křivka a znázorňuje měření, na které nebude mít vliv atmosféra. Přičemž závisí na měřené vzdálenosti objektu a je vidět, že pro menší měřenou vzdálenost, lze pozorovat menší rozptyl od lineární křivky. Také závisí na tom, jak se rozptyluje měřená vzdálenost

v závislosti na meteorologickém parametru. S rostoucí vzdáleností, teplotou (obr. 4.25 – obr. 4.28), i rychlostí větru (obr. 4.33 – obr. 4.36) bude rozptyl markantnější, než pro meteorologické parametry, jako je: atmosférický tlak (obr. 4.37 – obr. 4. 40) a vlhkost vzduchu (obr. 4.29 – obr. 4.32), zde naopak lze vidět, že nejsou příliš dominantními meteorologickými parametry.

Závěrem práce bylo realizováno porovnání výše uvedeného impulsního dálkoměru - TruPulse<sup>TM</sup> 200/200B s dálkoměrem PLRF25C/ PLRF25C BT od firmy Vectronix. Toto měření probíhalo se stejnými výše uvedenými podmínkami. Přičemž toto měření se liší v délce měření. Konkrétně měření z časových důvodů probíhalo pouze jeden den. Z vypracované analýzy četností jednotlivých objektů (obr. 4.42 – obr. 4. 45) vyplývá, že v obou případech se uplatňuje stejný vnější vliv, což vyvolává srovnatelnou chybu měření.

## **6. Seznam literatury**

- [1] Atmosféra. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Atmosf%C3%A9ra>
- [2] Zemská atmosféra a její složení. *Euromarina* [online]. Ostrava, 2010 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.euromarina.cz/pocasi/meteorologie/atmosfera.htm>
- [3] Atmosféra. *MaturitniOtazky.cz* [online]. VysokeSkoly.cz, 2016 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.vysokeskoly.cz/maturitniotazky/zemepis/atmosfera>
- [4] ŘEHOŘ, Zdeněk. *Vliv atmosféry na chyby měření dálky cílů pasivním optoelektronickým dálkoměrem*. OPROX, a.s., Reneská 35, 639 00 Brno.
- [5] ŘEHOŘ, Zdeněk. *Výzkum pasivních optoelektronických systémů automatického sledování cílů pro systémy řízení palby – Výzkumná zpráva*. Brno: Univerzita Obrany, Fakulta vojenských technologií, Katedra zbraní a munice, 2006. Výzkumná zpráva tématu č. 5.4, Analýza driftu obrazu vůči záměrné. Výzkumný záměr, FVT 0000402.
- [6] ŘEHOŘ, Zdeněk. *Výzkum a vývoj technologie a technických prostředků pro pasivní optoelektronické sledování a měření objektů – Projekt MPO ČR. 2003-2004*. Kódové označení projektu: FD-K3/099. Část řešeného projektu: Vlivy atmosféry na měření pasivním optoelektronickým systémem.
- [7] ŘEHOŘ, Zdeněk. *Optické vlastnosti atmosféry, rekonstrukce optického signálu degradovaného průchodem atmosférou* [online]. UO Brno, 2010 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: [http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura\\_06\\_1010.pdf](http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_06_1010.pdf). Učební text k semináři.
- [8] HORÁK, Richard. *Fyzikální základy laserových dálkoměrů a gyroskopů*. 1. vyd. Olomouc: Chlup.net, 2012. ISBN 978-80-903958-6-2.

- [9] METELKA, Ladislav. Fotovoltaika versus délka slunečního svitu. In: *Aktuálně.cz* [online]. 2013 [cit.2016-04-21]. Dostupné z: <http://blog.aktualne.cz/blogy/ladislav-metelka.php?itemid=20875>
- [10] Sluneční svit. *Meteocentrum.cz* [online]. ©2007-2016 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.meteocentrum.cz/zajimavosti/encyklopedie/slunecni-svit>
- [11] KLECANDA, Vojtěch. *Posouzení parametrů přístrojů Leica TC1700* [online]. Praha,2008[cit.2016-04-21]. Dostupné z: <http://gama.fsv.cvut.cz/~cepek/proj/bp/2008/vojtech-klecanda-bp-2008.pdf>. ČVUT, Fakulta stavební. Vedoucí práce František Krpata.
- [12] PROVAZNÍK, Petr. Přehled bezpečnostních tříd laserů. In: *Čárové lasery* [online]. ©2008-2013 [cit.2016-04-21]. Dostupné z:<http://www.carove-lasery.cz/soubor-prehled-bezpecnostnich-trid-laseru-11-.pdf>
- [13] *TruPulse™ 200/200B: User's Manual*. Second Edition – Part Number 0144773. Laser Technology, Inc., 2005.
- [14] Počasí z meteostanice Olomouc. *Meteo počasí a meteostanice* [online]. WANET, 2016 [cit.2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.meteo-pocasi.cz/maps/cz/olomoucky/561-meteostanice-olomouc/>
- [15] Logaritmicke-normální rozdělení. *Portal.matematickabiologie.cz* [online]. Institut biostatistiky a analýz Masarykovy univerzity [cit. 2016-07-25]. Dostupné z: <http://portal.matematickabiologie.cz/index.php?pg=aplikovana-analyza-klinickych-a-biologickych-dat--biostatistika-pro-matematickou-biologii--nahodna-velicina-rozdeleni-pravdepodobnosti-a-realna-data--dalsi-rozdeleni-pravdepodobnosti--logaritmicke-normalni-rozdeleni>
- [16] Testování hypotéz ve statistice. *Http://cit.vfu.cz/* [online]. [cit. 2016-07-25]. Dostupné z:<http://cit.vfu.cz/statpotr/POTR/Teorie/Predn3/hypotezy.htm>

**7. Přílohy:**

tab. 7.1 – Specifikace laserového dálkoměru [13]

<b>Specifikace: TruePulse™ 200/200B</b>	
Teplota:	- 20°C do + 60°C
Optika:	- 7x zvětšení
Zorné pole:	- 100,58m a 914,4m
Dosah:	- 0 – 1000m - 0 – 2000m pro reflektivní cíle
Přístrojová chyba:	- $\pm 30\text{cm}$ pro kvalitní cíle (stavby, sklo) - $\pm 1\text{m}$ pro málo kvalitní cíle (difúzní cíl, kopec, vegetace)

tab. 7.2 : Průměrné vzdálenosti a současně zaznamenávané hodnoty meteorologických parametrů se stavem počasí

Vodojem Hydrosystém - 8:00h								
Datum	Průměrná vzdálenost [m]	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rychlost větru [km/h]	Dohlednost [km]	Osvit [W/m <sup>2</sup> ]	Počasí
6.10.2015	451,0	9,0	91,0	1014,0	2,6	20,0		Opar
7.10.2015	451,5	14,0	83,0	1012,0	4,0	18,0		Opar
8.10.2015	451,1	10,0	64,0	1016,0	3,0	20,0		Částeč. oblačno
9.10.2015	451,0	10,0	94,0	1019,0	3,6	15,0		Slabé mrholení
12.10.2015	450,5	3,0	52,0	1018,0	5,0	15,0		Skoro zataženo
13.10.2015	451,1	2,0	76,0	1020,0	2,0	16,0		Opar
14.10.2015	452,0	7,0	98,0	1016,0	4,3	10,0		Slabý déšť
15.10.2015	450,7	8,0	92,0	1014,0	6,0	9,0		Slabý déšť
16.10.2015	453,2	9,0	98,0	1016,0	2,0	11,0		Slabé mrholení
19.10.2015	450,5	8,0	81,0	1017,0	3,1	10,0		Zataženo
20.10.2015	451,3	3,8	81,0	1017,0	1,4	14,0		Skoro zataženo
21.10.2015	450,5	8,0	85,0	1019,0	1,0	15,0		Skoro zataženo
22.10.2015	450,6	8,0	81,0	1017,0	2,2	10,0		Zataženo
23.10.2015	450,6	9,0	81,0	1020,0	1,0	13,0		Skoro zataženo
26.10.2015	450,3	8,0	89,0	1027,0	2,0	16,0		Opar
27.10.2015	495,6	7,4	92,0	1023,4	0,5	11,0		Zataženo
29.10.2015	450,3	10,0	87,0	1017,0	1,4	9,0		Zataženo
2.11.2015	450,3	0,3	97,0	1033,0	1,4	25,0		Jasno
3.11.2015	450,7	-0,6	84,4	1026,8	0,9	22,0		Jasno
4.11.2015	451,1	0,4	96,0	1022,0	1,7	15,0		Opar
5.11.2015	0,0	1,7	97,0	1023,9	0,2	11,0		Zataženo
9.11.2015	451,0	4,2	100,0	1020,9	0,8	9,0	32,0	Zataženo

10.11.2015	450,8	12,0	76,8	1018,4	3,6	11,0	0,0	Zataženo
11.11.2015	451,0	14,0	82,0	1022,0	0,3	11,0	0,0	Zataženo
12.11.2015	450,9	7,8	96,4	1023,6	0,9	17,0	146,1	Polojasno s mlhou
16.11.2015	450,8	11,6	85,8	1013,3	1,2	15,0	37,5	Skoro zataženo
18.11.2015	450,0	12,4	80,0	1006,8	1,3	18,0	27,7	Polojasno
19.11.2015	450,7	8,8	73,8	1013,1	1,6	24,0	61,6	Jasno
23.11.2015	451,1	-0,5	86,0	1016,5	0,7	25,0	63,5	jasno
24.11.2015	450,3	2,2	77,6	1025,4	0,0	25,0	78,4	Jasno
25.11.2015	450,1	-1,7	83,4	1013,2	1,0	17,0	69,6	Jasno s oparem
26.11.2015	450,0	0,0	92,5	1007,5	2,2	17,0	13,3	Opar
30.11.2015	450,3	6,1	89,7	1013,0	5,4	7,0	6,6	Děšť
1.12.2015	450,6	8,7	82,4	1012,2	4,8	17,0	21,4	Polojasno
2.12.2015	450,6	3,9	96,6	1025,1	3,0	8,0	12,6	Slabý děšť
3.12.2015	450,1	6,3	89,3	1030,2	0,0	5,0	0,0	Zamrač.,oparem
7.12.2015	450,5	1,8	100,0	1034,7	2,3	2,0	0,0	Silný opar
8.12.2015	0,0	3,3	98,7	1036,1	4,0	0,2	0,0	Silná inverze
9.12.2015	451,0	2,4	96,2	1031,4	1,8	5,0	0,0	Silný opar
10.12.2015	450,0	3,5	93,3	1037,0	1,3	12,0	0,1	Zataženo
14.12.2015	450,5	0,5	91,5	1025,5	0,6	19,0	66,8	Polojasno
15.12.2015	450,7	0,9	100,0	1025,3	1,6	12,0	0,0	Zataženo
16.12.2015	450,0	2,8	95,1	1030,8	0,0	6,0	0,0	Slabá mlha
12.1.2016	450,0	2,0	93,4	991,9	2,6	10,0	146,2	Zataženo
13.1.2016	450,3	3,0	99,6	1002,8	24,5	17,0	24,2	Polojasno
14.1.2016	450,1	-0,6	88,3	1014,8	1,0	15,0	24,3	Skoro zataženo
15.1.2016	451,2	0,2	89,4	1005,2	2,3	10,0	0,0	Zataženo
20.1.2016	450,9	-4,7	86,0	1014,1	1,7	8,0	0,2	Slabá mlha

21.1.2016	450,3	-3,8	82,5	1021,9	2,9	15,0	14,7	Oblačno
22.1.2016	450,8	-7,8	94,8	1034,3	0,5	16,0	52,9	Jasno a slabá mlha
25.1.2016	0,0	-0,4	100,0	1026,6	1,2	0,0	0,0	Inverze, slabý déšť
26.1.2016	0,0	1,6	100,0	1025,4	1,2	0,1	0,0	Silná inverze
28.1.2016	451,0	3,9	99,2	1015,2	2,5	2,0	0,0	Děšť
29.1.2016	450,9	1,2	97,0	1028,0	0,6	17,0	64,2	Polojas. slabá mlha
1.2.2016	450,0	3,0	97,3	1012,4	1,0	9,0	10,5	Zataženo
2.2.2016	449,0	6,9	1017,8	1017,9	4,1	8,0	14,6	Zataženo
3.2.2016	450,1	5,9	79,9	1014,2	1,8	10,0	23,9	Zataženo
4.2.2016	450,6	2,3	75,1	1018,5	4,4	10,0	31,5	Část. zataženo
8.2.2016	450,5	3,6	92,1	1011,1	9,0	6,0	1,1	Zataženo
9.2.2016	451,0	5,0	83,9	1006,9	2,3	17,0	90,4	Polojasno
10.2.2016	450,2	4,2	96,4	990,2	1,1	6,0	1,3	Děšť
11.2.2016	451,0	2,8	90,1	1000,2	9,0	8,0	4,1	Zataženo



Věž s hodinami - 8:00h								
datum	Průměrná vzdálenost [m]	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rychlost větru [km/h]	Dohlednost [km]	Osvit [W/m <sup>2</sup> ]	Počasí
6.10.2015	399,8	9,0	91,0	1014,0	2,6	20,0		Opar
7.10.2015	397,9	14,0	83,0	1012,0	4,0	18,0		Opar
8.10.2015	398,1	10,0	64,0	1016,0	3,0	20,0		Částečně oblačno
9.10.2015	398,5	10,0	94,0	1019,0	3,6	15,0		Slabé mrholení
12.10.2015	398,8	3,0	52,0	1018,0	5,0	15,0		Skoro zataženo
13.10.2015	398,2	2,0	76,0	1020,0	2,0	16,0		Opar
14.10.2015	397,2	7,0	98,0	1016,0	4,3	10,0		Slabý déšť
15.10.2015	398,4	8,0	92,0	1014,0	6,0	9,0		Slabý déšť
16.10.2015	398,9	9,0	98,0	1016,0	2,0	11,0		Slabé mrholení
19.10.2015	397,9	8,0	81,0	1017,0	3,1	10,0		Zataženo
20.10.2015	397,8	3,8	81,0	1017,0	1,4	14,0		Skoro zataženo
21.10.2015	397,8	8,0	85,0	1019,0	1,0	15,0		Skoro zataženo
22.10.2015	398	8,0	81,0	1017,0	2,2	10,0		Zataženo
23.10.2015	397,6	9,0	81,0	1020,0	1,0	13,0		Skoro zataženo
26.10.2015	398,4	8,0	89,0	1027,0	2,0	16,0		Opar
27.10.2015	397,9	7,4	92,0	1023,4	0,5	11,0		Zataženo
29.10.2015	397,7	10,0	87,0	1017,0	1,4	9,0		Zataženo
2.11.2015	398	0,3	97,0	1033,0	1,4	25,0		Jasno
3.11.2015	398,1	-0,6	84,4	1026,8	0,9	22,0		Jasno
4.11.2015	398,6	0,4	96,0	1022,0	1,7	15,0		Opar
5.11.2015	0	1,7	97,0	1023,9	0,2	11,0		Zataženo
9.11.2015	398,3	4,2	100,0	1020,9	0,8	9,0	32,0	Zataženo
10.11.2015	398,1	12,0	76,8	1018,4	3,6	11,0	0,0	Zataženo
11.11.2015	397,3	14,0	82,0	1022,0	0,3	11,0		Zataženo

12.11.2015	397,5	7,8	96,4	1023,6	0,9	17,0	146,1	Polojasno s mlhou
16.11.2015	398	11,6	85,8	1013,3	1,2	15,0	37,5	Skoro zataženo
18.11.2015	398,1	12,4	80,0	1006,8	1,3	18,0	27,7	Polojasno
19.11.2015	397,4	8,8	73,8	1013,1	1,6	24,0	61,6	Jasno
23.11.2015	396,8	-0,5	86,0	1016,5	0,7	25,0	63,5	jasno
24.11.2015	398,4	2,2	77,6	1025,4	0,0	25,0	78,4	Jasno
25.11.2015	397,6	-1,7	83,4	1013,2	1,0	17,0	69,6	Jasno s oparem
26.11.2015	397,9	0,0	92,5	1007,5	2,2	17,0	13,3	Opar
30.11.2015	398,4	6,1	89,7	1013,0	5,4	7,0	6,6	Děšť
1.12.2015	0	8,7	82,4	1012,2	4,8	17,0	21,4	Polojasno
2.12.2015	397,8	3,9	96,6	1025,1	3,0	8,0	12,6	Slabý déšť
3.12.2015	361,9	6,3	89,3	1030,2	0,0	5,0	0,0	Zamračeno,oparem
7.12.2015	397,5	1,8	100,0	1034,7	2,3	2,0	0,0	Silný opar
8.12.2015	0	3,3	98,7	1036,1	4,0	0,2	0,0	Silná inverze
9.12.2015	397,5	2,4	96,2	1031,4	1,8	5,0	0,0	Silný opar
10.12.2015	398	3,5	93,3	1037,0	1,3	12,0	0,1	Zataženo
14.12.2015	396,9	0,5	91,5	1025,5	0,6	19,0	66,8	Polojasno
15.12.2015	397,6	0,9	100,0	1025,3	1,6	12,0	0,0	Zataženo
16.12.2015	397,4	2,8	95,1	1030,8	0,0	6,0	0,0	Slabá mlha
12.1.2016	397,2	2,0	93,4	991,9	2,6	10,0	146,2	Zataženo
13.1.2016	399	3,0	99,6	1002,8	6,8	17,0	24,2	Polojasno
14.1.2016	397,5	-0,6	88,3	1014,8	1,0	15,0	24,3	Skoro zataženo
15.1.2016	398,3	0,2	89,4	1005,2	2,3	10,0	0,0	Zataženo
20.1.2016	397,4	-4,7	86,0	1014,1	1,7	8,0	0,2	Slabá mlha
21.1.2016	397,9	-3,8	82,5	1021,9	2,9	15,0	14,7	Oblačno
22.1.2016	397,2	-7,8	94,8	1034,3	0,5	16,0	52,9	Jasno a slabá mlha

25.1.2016	396,9	-0,4	100,0	1026,6	1,2	0,0	0,0	Inverze, slabý déšť
26.1.2016	0	1,6	100,0	1025,4	1,2	0,1	0,0	Silná inverze
28.1.2016	396,5	3,9	99,2	1015,2	2,5	2,0	0,0	Déšť
29.1.2016	397,3	1,2	97,0	1028,0	0,6	17,0	64,2	Polojasno ,slabá mlha
1.2.2016	397,4	3,0	97,3	1012,4	1,0	9,0	10,5	Zataženo
2.2.2016	397,1	6,9	87,8	1017,9	4,1	8,0	14,6	Zataženo
3.2.2016	396,8	5,9	79,9	1014,2	1,8	10,0	23,9	Zataženo
4.2.2016	395,7	2,3	75,1	1018,5	4,4	10,0	31,5	Částečně zataženo
8.2.2016	396,7	3,6	92,1	1011,1	9,0	6,0	1,1	Zataženo
9.2.2016	357,7	5,0	83,9	1006,9	2,3	17,0	90,4	Polojasno
10.2.2016	397,2	4,2	96,4	990,2	1,1	6,0	1,3	Déšť
11.2.2016	397,3	2,8	90,1	1000,2	9,0	8,0	4,1	Zataženo

Koleje Bedřicha Václavka -8:00h								
datum	Průměrná vzdálenost [m]	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rychlost větru [km/h]	Dohlednost [km]	Osvit [W/m <sup>2</sup> ]	Počasí
6.10.2015	211,05	9,0	91,0	1014,0	2,6	20,0		Opar
7.10.2015	210,6	14,0	83,0	1012,0	4,0	18,0		Opar
8.10.2015	211,1	10,0	64,0	1016,0	3,0	20,0		Částečně oblačno
9.10.2015	211	10,0	94,0	1019,0	3,6	15,0		Slabé mrholení
12.10.2015	210,9	3,0	52,0	1018,0	5,0	15,0		Skoro zataženo
13.10.2015	211,1	2,0	76,0	1020,0	2,0	16,0		Opar
14.10.2015	210,9	7,0	98,0	1016,0	4,3	10,0		Slabý déšť
15.10.2015	211,2	8,0	92,0	1014,0	6,0	9,0		Slabý déšť
16.10.2015	211,1	9,0	98,0	1016,0	2,0	11,0		Slabé mrholení
19.10.2015	211	8,0	81,0	1017,0	3,1	10,0		Zataženo
20.10.2015	211	3,8	81,0	1017,0	1,4	14,0		Skoro zataženo
21.10.2015	211	8,0	85,0	1019,0	1,0	15,0		Skoro zataženo
22.10.2015	211,1	8,0	81,0	1017,0	2,2	10,0		Zataženo
23.10.2015	211,3	9,0	81,0	1020,0	1,0	13,0		Skoro zataženo
26.10.2015	211,6	8,0	89,0	1027,0	2,0	16,0		Opar
27.10.2015	211	7,4	92,0	1023,4	0,5	11,0		Zataženo
29.10.2015	211	10,0	87,0	1017,0	1,4	9,0		Zataženo
2.11.2015	211,1	0,3	97,0	1033,0	1,4	25,0		Jasno
3.11.2015	211	-0,6	84,4	1026,8	0,9	22,0		Jasno
4.11.2015	211	0,4	96,0	1022,0	1,7	15,0		Opar
5.11.2015	0	1,7	97,0	1023,9	0,2	11,0		Zataženo
9.11.2015	211,64	4,2	100,0	1020,9	0,8	9,0	32,0	Zataženo
10.11.2015	211,1	12,0	76,8	1018,4	3,6	11,0	0,0	Zataženo

11.11.2015	211,1	14,0	82,0	1022,0	0,3	11,0		Zataženo
12.11.2015	211,2	7,8	96,4	1023,6	0,9	17,0	146,1	Polojasno s mlhou
16.11.2015	211,2	11,6	85,8	1013,3	1,2	15,0	37,5	Skoro zataženo
18.11.2015	212	12,4	80,0	1006,8	1,3	18,0	27,7	Polojasno
19.11.2015	212	8,8	73,8	1013,1	1,6	24,0	61,6	Jasno
23.11.2015	211,3	-0,5	86,0	1016,5	0,7	25,0	63,5	jasno
24.11.2015	211,9	2,2	77,6	1025,4	0,0	25,0	78,4	Jasno
25.11.2015	212	-1,7	83,4	1013,2	1,0	17,0	69,6	Jasno s oparem
26.11.2015	211,6	0,0	92,5	1007,5	2,2	17,0	13,3	Opar
30.11.2015	211,3	6,1	89,7	1013,0	5,4	7,0	6,6	Děšť
1.12.2015	211,8	8,7	82,4	1012,2	4,8	17,0	21,4	Polojasno
2.12.2015	211,3	3,9	96,6	1025,1	3,0	8,0	12,6	Slabý déšť
3.12.2015	211,7	6,3	89,3	1030,2	0,0	5,0	0,0	Zamračeno s oparem
7.12.2015	211,9	1,8	100,0	1034,7	2,3	2,0	0,0	Silný opar
8.12.2015	0	3,3	98,7	1036,1	4,0	0,2	0,0	Silná inverze
9.12.2015	211,4	2,4	96,2	1031,4	1,8	5,0	0,0	Silný opar
10.12.2015	211,6	3,5	93,3	1037,0	1,3	12,0	0,1	Zataženo
14.12.2015	212	0,5	91,5	1025,5	0,6	19,0	66,8	Polojasno
15.12.2015	211,4	0,9	100,0	1025,3	1,6	12,0	0,0	Zataženo
16.12.2015	212	2,8	95,1	1030,8	0,0	6,0	0,0	Slabá mlha
12.1.2016	211,7	2,0	93,4	991,9	2,6	10,0	146,2	Zataženo
13.1.2016	211,5	3,0	99,6	1002,8	24,5	17,0	24,2	Polojasno
14.1.2016	211,1	-0,6	88,3	1014,8	1,0	15,0	24,3	Skoro zataženo
15.1.2016	211,3	0,2	89,4	1005,2	2,3	10,0	0,0	Zataženo
20.1.2016	211,2	-4,7	86,0	1014,1	1,7	8,0	0,2	Slabá mlha
21.1.2016	212,1	-3,8	82,5	1021,9	2,9	15,0	14,7	Oblačno

22.1.2016	211,1	-7,8	94,8	1034,3	0,5	16,0	52,9	Jasno a slabá mlha
25.1.2016	211,8	-0,4	100,0	1026,6	1,2	0,0	0,0	Inverze, slabý déšť
26.1.2016	0	1,6	100,0	1025,4	1,2	0,1	0,0	Silná inverze
28.1.2016	211,7	3,9	99,2	1015,2	2,5	2,0	0,0	Déšť
29.1.2016	212	1,2	97,0	1028,0	0,6	17,0	64,2	Polojasno a slabá mlha
1.2.2016	211,2	3,0	97,3	1012,4	1,0	9,0	10,5	Zataženo
2.2.2016	211,97	6,9	1017,8	1017,9	4,1	8,0	14,6	Zataženo
3.2.2016	211,5	5,9	79,9	1014,2	1,8	10,0	23,9	Zataženo
4.2.2016	211,9	2,3	75,1	1018,5	4,4	10,0	31,5	Částečně zataženo
8.2.2016	211,8	3,6	92,1	1011,1	9,0	6,0	1,1	Zataženo
9.2.2016	211,9	5,0	83,9	1006,9	2,3	17,0	90,4	Polojasno
10.2.2016	211,9	4,2	96,4	990,2	1,1	6,0	1,3	Déšť
11.2.2016	211,5	2,8	90,1	1000,2	9,0	8,0	4,1	Zataženo

CopyCentrum Xerox - 8:00h								
datum	Průměrná vzdálenost [m]	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rychlost větru [km/h]	Dohlednost [km]	Osvit [W/m <sup>2</sup> ]	Počasi
6.10.2015	136,02	9,0	91,0	1014,0	2,6	20,0		Opar
7.10.2015	135,3	14,0	83,0	1012,0	4,0	18,0		Opar
8.10.2015	136,2	10,0	64,0	1016,0	3,0	20,0		Částečně oblačno
9.10.2015	134,84	10,0	94,0	1019,0	3,6	15,0		Slabé mrholení
12.10.2015	135,98	3,0	52,0	1018,0	5,0	15,0		Skoro zataženo
13.10.2015	136,07	2,0	76,0	1020,0	2,0	16,0		Opar
14.10.2015	136,55	7,0	98,0	1016,0	4,3	10,0		Slabý déšť
15.10.2015	135,89	8,0	92,0	1014,0	6,0	9,0		Slabý déšť
16.10.2015	135,94	9,0	98,0	1016,0	2,0	11,0		Slabé mrholení
19.10.2015	135,86	8,0	81,0	1017,0	3,1	10,0		Zataženo
20.10.2015	135,95	3,8	81,0	1017,0	1,4	14,0		Skoro zataženo
21.10.2015	135,95	8,0	85,0	1019,0	1,0	15,0		Skoro zataženo
22.10.2015	136,25	8,0	81,0	1017,0	2,2	10,0		Zataženo
23.10.2015	135,96	9,0	81,0	1020,0	1,0	13,0		Skoro zataženo
26.10.2015	135,39	8,0	89,0	1027,0	2,0	16,0		Opar
27.10.2015	136,09	7,4	92,0	1023,4	0,5	11,0		Zataženo
29.10.2015	135,92	10,0	87,0	1017,0	1,4	9,0		Zataženo
2.11.2015	136,1	0,3	97,0	1033,0	1,4	25,0		Jasno
3.11.2015	136,04	-0,6	84,4	1026,8	0,9	22,0		Jasno
4.11.2015	136,05	0,4	96,0	1022,0	1,7	15,0		Opar
5.11.2015	138,73	1,7	97,0	1023,9	0,2	11,0		Zataženo
9.11.2015	135,65	4,2	100,0	1020,9	0,8	9,0	32,0	Zataženo
10.11.2015	135,95	12,0	76,8	1018,4	3,6	11,0	0,0	Zataženo

11.11.2015	136,15	14,0	82,0	1022,0	0,3	11,0		Zataženo
12.11.2015	135,6	7,8	96,4	1023,6	0,9	17,0	146,1	Polojasno s mlhou
16.11.2015	135,78	11,6	85,8	1013,3	1,2	15,0	37,5	Skoro zataženo
18.11.2015	135,54	12,4	80,0	1006,8	1,3	18,0	27,7	Polojasno
19.11.2015	135,38	8,8	73,8	1013,1	1,6	24,0	61,6	Jasno
23.11.2015	135,77	-0,5	86,0	1016,5	0,7	25,0	63,5	jasno
24.11.2015	135,44	2,2	77,6	1025,4	0,0	25,0	78,4	Jasno
25.11.2015	135,47	-1,7	83,4	1013,2	1,0	17,0	69,6	Jasno s oparem
26.11.2015	135,49	0,0	92,5	1007,5	2,2	17,0	13,3	Opar
30.11.2015	136,02	6,1	89,7	1013,0	5,4	7,0	6,6	Děšť
1.12.2015	135,7	8,7	82,4	1012,2	4,8	17,0	21,4	Polojasno
2.12.2015	135,81	3,9	96,6	1025,1	3,0	8,0	12,6	Slabý déšť
3.12.2015	135,44	6,3	89,3	1030,2	0,0	5,0	0,0	Zamračeno s oparem
7.12.2015	135,2	1,8	100,0	1034,7	2,3	2,0	0,0	Silný opar
8.12.2015	135,61	3,3	98,7	1036,1	4,0	0,2	0,0	Silná inverze
9.12.2015	135,43	2,4	96,2	1031,4	1,8	5,0	0,0	Silný opar
10.12.2015	135,61	3,5	93,3	1037,0	1,3	12,0	0,1	Zataženo
14.12.2015	135,31	0,5	91,5	1025,5	0,6	19,0	66,8	Polojasno
15.12.2015	135,61	0,9	100,0	1025,3	1,6	12,0	0,0	Zataženo
16.12.2015	135,16	2,8	95,1	1030,8	0,0	6,0	0,0	Slabá mlha
12.1.2016	135,53	2,0	93,4	991,9	2,6	10,0	146,2	Zataženo
13.1.2016	135,04	3,0	99,6	1002,8	24,5	17,0	24,2	Polojasno
14.1.2016	135,66	-0,6	88,3	1014,8	1,0	15,0	24,3	Skoro zataženo
15.1.2016	135,64	0,2	89,4	1005,2	2,3	10,0	0,0	Zataženo
20.1.2016	135,56	-4,7	86,0	1014,1	1,7	8,0	0,2	Slabá mlha
21.1.2016	135,19	-3,8	82,5	1021,9	2,9	15,0	14,7	Oblačno



22.1.2016	135,9	-7,8	94,8	1034,3	0,5	16,0	52,9	Jasno a slabá mlha
25.1.2016	135,3	-0,4	100,0	1026,6	1,2	0,0	0,0	Inverze, slabý déšť
26.1.2016	0	1,6	100,0	1025,4	1,2	0,1	0,0	Silná inverze
28.1.2016	135,16	3,9	99,2	1015,2	2,5	2,0	0,0	Déšť
29.1.2016	135,49	1,2	97,0	1028,0	0,6	17,0	64,2	Polojas, slabá mlha
1.2.2016	135,4	3,0	97,3	1012,4	1,0	9,0	10,5	Zataženo
2.2.2016	135,07	6,9	1017,8	1017,9	4,1	8,0	14,6	Zataženo
3.2.2016	135,18	5,9	79,9	1014,2	1,8	10,0	23,9	Zataženo
4.2.2016	134,96	2,3	75,1	1018,5	4,4	10,0	31,5	Částeč. zataženo
8.2.2016	138,79	3,6	92,1	1011,1	9,0	6,0	1,1	Zataženo
9.2.2016	135,07	5,0	83,9	1006,9	2,3	17,0	90,4	Polojasno
10.2.2016	135,16	4,2	96,4	990,2	1,1	6,0	1,3	Déšť
11.2.2016	135,44	2,8	90,1	1000,2	9,0	8,0	4,1	Zataženo

VodajemHydrosystém - 12:00h								
Datum	Průměrná vzdálenost [m]	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rychlost větru [m/s]	Dohlednost [km]	Osvit [W/m <sup>2</sup> ]	Počasí
6.10.2015	449,5	15	73	1020,7	1	20		Skoro zataženo
7.10.2015	450,6	17,6	81	1013,1	2,7	15		Skoro zataženo
8.10.2015	450,4	11,3	78	1017,2	4	12		Zataženo
9.10.2015	450,5	11,6	80	1019,9	3	8		Opar
12.10.2015	451	3,9	77	1018	3,8	10		Skoro zataženo
13.10.2015	450,7	5,1	81	1018,3	0,8	5		Slabé mrholení
14.10.2015	451	8,2	98	1015,8	1,4	6		Slabý déšť
15.10.2015	450,8	9,5	98	1013,1	5,7	4		Slabý déšť
16.10.2015	451	3,1	97	1015,2	2,2	4		Slabé mrholení
19.10.2015	451,1	9,1	91	1017,5	0,9	10		Zataženo
20.10.2015	450,7	9,6	74	1016,5	1	18		Zataženo
21.10.2015	450,8	10,9	81	1017,1	2	30		Skoro zataženo
22.10.2015	450,5	9,5	81	1016,5	2	10		Částečně oblačno
23.10.2015	451,3	12,3	77	1020,7	5,8	30		Slabé mrholení
26.10.2015	450,7	12,1	72	1024,3	1,9	10		Částečně oblačno
27.10.2015	451	11,3	81	1023,1	4,1	10		Skoro zataženo
29.10.2015	451,1	10,6	86	1020,3	0,8	6		Zataženo
2.11.2015	451,6	9,2	58	1031,7	3,1	16		Jasno
3.11.2015	451,3	10,5	54	1024,6	2,2	17		Jasno
4.11.2015	450,7	8,8	75	1021,4	1,6	5		Opar
5.11.2015	450,4	4,3	92	1021,1	1,4	4		Opar
9.11.2015	450,8	8,1	89,7	1020,2	0,4	14	61,3	Slabý déšť
10.11.2015	450,7	15	68,2	1018,1	1,2	10	69,9	Skoro zataženo

11.11.2015	450,9	16	77	1023	0,4	10	72,4	Zataženo
12.11.2015	450,5	10,8	67,1	1024,9	2	15	92,9	Zataženo
16.11.2015	450,7	13,4	72,9	1013,8	1,1	12	42,4	Skoro zataženo
18.11.2015	450,5	16,3	80,3	1006,6	3,1	16	29,1	Slabé mrholení
19.11.2015	450,4	11,6	70,1	1013,2	1,6	17	21,6	Slabé mrholení
23.11.2015	450,8	2,4	84	1018,9	3,8	25	93,5	Částečně oblačno
24.11.2015	450	3,2	68	1024,5	1,8	30	179,1	Jasno
25.11.2015	450,7	1,2	79,4	1009	1,7	10	68,6	Zataženo
26.11.2015	450,5	2,9	91	1011,1	3,6	11	72,2	Zataženo
30.11.2015	450,9	8,3	72,6	1014,4	2,6	25	158	Zataženo
1.12.2015	450,6	7,4	65,3	1017,1	5,5	30	176,8	Polojasno
2.12.2015	450,4	5,1	98	1026,5	1,4	4	45,2	Opar
3.12.2015	450,4	9,1	72,6	1030,8	1	8	93,1	částečně zataženo
7.12.2015	0	3,1	97	1035,4	2,2	30	42,9	Silná inverze
8.12.2015	450,8	3,9	97,5	1035,8	1,3	18	41,7	Opar
9.12.2015	450,4	3,2	87,9	1031,3	1,7	17	42	Inverze
10.12.2015	450,6	6,4	69,5	1036,1	2,5	20	94,7	Polojasno
14.12.2015	450,1	3,1	98	1025,5	1,1	35	109,4	Polojasno
15.12.2015	450,6	1,8	98,1	1025,3	2,5	11	27	Zataženo
16.12.2015	0	5,4	84,8	1031,1	0,5	8	46,1	Slabá inverze
12.1.2016	0	5,8	76,9	992,7	2,8	15	5	Zataženo
13.1.2016	450,3	4,5	76,2	1002,7	1,9	17	91,5	částečně zataženo
14.1.2016	450,6	3,4	77,9	1013,3	1,4	20	135,2	Zataženo
15.1.2016	450,4	2,9	74,9	1004,9	1,5	16	86,3	Zataženo
20.1.2016	450,9	-2,8	75,7	1014,4	2,8	19	104,2	Slabá inverze
21.1.2016	450,5	-2,3	59,6	1020,8	2,4	15	72,7	Zataženo

22.1.2016	450,2	-5	74,1	1034,1	1,8	10	48,7	Jasno
25.1.2016	450,6	0,6	100	1025,6	1,4	0,3	49,4	Silná inverze
26.1.2016	0	2,8	97,1	1026,4	1,7	0,15	76,3	Silná inverze
28.1.2016	0	8,1	81,8	1018,9	2	14	111,4	Zataženo
29.1.2016	450	6,2	83	1027,7	1,4	20	74,2	polojasno+slabá inverze
1.2.2016	450,2	4,6	94,8	1015,7	1,6	10	79,4	Zataženo
2.2.2016	450,6	9	79,1	1016,7	4,5	15	101,4	Zataženo
3.2.2016	450,5	7,5	60,1	1013,3	1,5	12	97,3	Zataženo
4.2.2016	450,9	3	76	1020,2	4,4	10	75,9	Zataženo
8.2.2016	450,7	8,4	70	1008,7	4,3	28	80,4	polojasno
9.2.2016	450,3	9,4	69,5	1004,5	4,2	24	69,5	částečně zataženo
10.2.2016	450,2	1,8	93,6	991,3	4,4	26	93,6	Děšť
11.2.2016	450,5	5,4	66,9	1001,9	2,5	17	52,3	Zataženo

Věž s hodinami - 12:00h								
datum	Průměrná vzdálenost [m]	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rychlost větru [m/s]	Dohlednost [km]	Osvit [W/m <sup>2</sup> ]	Počasí
6.10.2015	396,3	15	73	1020,7	1	20		Skoro zataženo
7.10.2015	397,4	17,6	81	1013,1	2,7	15		Skoro zataženo
8.10.2015	398,7	11,3	78	1017,2	4	12		Zataženo
9.10.2015	397,8	11,6	80	1019,9	3	8		Opar
12.10.2015	398,4	3,9	77	1018	3,8	10		Skoro zataženo
13.10.2015	398	5,1	81	1018,3	0,8	5		Slabé mrholení
14.10.2015	398,9	8,2	98	1015,8	1,4	6		Slabý déšť
15.10.2015	397,6	9,5	98	1013,1	5,7	4		Slabý déšť
16.10.2015	397,5	3,1	97	1015,2	2,2	4		Slabé mrholení
19.10.2015	397,7	9,1	91	1017,5	0,9	10		Zataženo
20.10.2015	397,8	9,6	74	1016,5	1	18		Zataženo
21.10.2015	397,6	10,9	81	1017,1	2	30		Skoro zataženo
22.10.2015	397,6	9,5	81	1016,5	2	10		Částečně oblačno
23.10.2015	397,5	12,3	77	1020,7	5,8	30		Slabé mrholení
26.10.2015	397,6	12,1	72	1024,3	1,9	10		Částečně oblačno
27.10.2015	397,3	11,3	81	1023,1	4,1	10		Skoro zataženo
29.10.2015	397,5	10,6	86	1020,3	0,8	6		Zataženo
2.11.2015	398	9,2	58	1031,7	3,1	16		Jasno
3.11.2015	398	10,5	54	1024,6	2,2	17		Jasno
4.11.2015	397,2	8,8	75	1021,4	1,6	5		Opar
5.11.2015	397,8	4,3	92	1021,1	1,4	4		Opar
9.11.2015	398,5	8,1	89,7	1020,2	0,4	14	61,3	Slabý déšť
10.11.2015	397,1	15	68,2	1018,1	1,2	10	69,9	Skoro zataženo
11.11.2015	398	16	77	1023	0,4	10	72,4	Zataženo

12.11.2015	397,8	10,8	67,1	1024,9	2	15	92,9	Zataženo
16.11.2015	397,4	13,4	72,9	1013,8	1,1	12	42,4	Skoro zataženo
18.11.2015	397,5	16,3	80,3	1006,6	3,1	16	29,1	Slabé mrholení
19.11.2015	397,4	11,6	70,1	1013,2	1,6	17	21,6	Slabé mrholení
23.11.2015	397,7	2,4	84	1018,9	3,8	25	93,5	Částečně oblačno
24.11.2015	397,7	3,2	68	1024,5	1,8	30	179,1	Jasno
25.11.2015	397	1,2	79,4	1009	1,7	10	68,6	Zataženo
26.11.2015	398	2,9	91	1011,1	3,6	11	72,2	Zataženo
30.11.2015	398,4	8,3	72,6	1014,4	2,6	25	158	Zataženo
1.12.2015	396,8	7,4	65,3	1017,1	5,5	30	176,8	Polojasno
2.12.2015	398,1	5,1	98	1026,5	1,4	4	45,2	Opar
3.12.2015	397,5	9,1	72,6	1030,8	1	8	93,1	částečně zataženo
7.12.2015	0	3,1	97	1035,4	2,2	30	42,9	Silná inverze
8.12.2015	397,2	3,9	97,5	1035,8	1,3	18	41,7	Opar
9.12.2015	397,7	3,2	87,9	1031,3	1,7	17	42	Inverze
10.12.2015	397,5	6,4	69,5	1036,1	2,5	20	94,7	Polojasno
14.12.2015	397,6	3,1	98	1025,5	1,1	35	109,4	Polojasno
15.12.2015	396,3	1,8	98,1	1025,3	2,5	11	27	Zataženo
16.12.2015	396,8	5,4	84,8	1031,1	0,5	8	46,1	Slabá inverze
12.1.2016	397,9	5,8	76,9	992,7	2,8	15	5	Zataženo
13.1.2016	397,6	4,5	76,2	1002,7	1,9	17	91,5	částečně zataženo
14.1.2016	397,5	3,4	77,9	1013,3	1,4	20	135,2	Zataženo
15.1.2016	397,6	2,9	74,9	1004,9	1,5	16	86,3	Zataženo
20.1.2016	397,1	-2,8	75,7	1014,4	2,8	19	104,2	Slabá inverze
21.1.2016	397,2	-2,3	59,6	1020,8	2,4	15	72,7	Zataženo
22.1.2016	397,3	-5	74,1	1034,1	1,8	10	48,7	Jasno

25.1.2016	0	0,6	100	1025,6	1,4	0,3	49,4	Silná inverze
26.1.2016	0	2,8	97,1	1026,4	1,7	0,15	76,3	Silná inverze
28.1.2016	396	8,1	81,8	1018,9	2	14	111,4	Zataženo
29.1.2016	396,1	6,2	83	1027,7	1,4	20	74,2	Polojasno, slabá inverze
1.2.2016	396,1	4,6	94,8	1015,7	1,6	10	79,4	Zataženo
2.2.2016	398	9	79,1	1016,7	4,5	15	101,4	Zataženo
3.2.2016	396,5	7,5	60,1	1013,3	1,5	12	97,3	Zataženo
4.2.2016	395,9	3	76	1020,2	4,4	10	75,9	Zataženo
8.2.2016	396,8	8,4	70	1008,7	4,3	28	80,4	polojasno
9.2.2016	397,4	9,4	69,5	1004,5	4,2	24	69,5	částečně zataženo
10.2.2016	397	1,8	93,6	991,3	4,4	26	93,6	Děšť
11.2.2016	397,1	5,4	66,9	1001,9	2,5	17	52,3	Zataženo

<b>Koleje Bedřicha Václavka-12h</b>								
datum	Průměrná vzdálenost [m]	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rychlost větru [m/s]	Dohlednost [km]	Osvit [W/m <sup>2</sup> ]	Počasí
6.10.2015	212,2	15	73	1020,7	1	20		Skoro zataženo
7.10.2015	210,7	17,6	81	1013,1	2,7	15		Skoro zataženo
8.10.2015	210,75	11,3	78	1017,2	4	12		Zataženo
9.10.2015	210,9	11,6	80	1019,9	3	8		Opar
12.10.2015	210,95	3,9	77	1018	3,8	10		Skoro zataženo
13.10.2015	211	5,1	81	1018,3	0,8	5		Slabé mrholení
14.10.2015	210,9	8,2	98	1015,8	1,4	6		Slabý déšť
15.10.2015	210,9	9,5	98	1013,1	5,7	4		Slabý déšť
16.10.2015	211	3,1	97	1015,2	2,2	4		Slabé mrholení
19.10.2015	211,1	9,1	91	1017,5	0,9	10		Zataženo
20.10.2015	211,3	9,6	74	1016,5	1	18		Zataženo
21.10.2015	211	10,9	81	1017,1	2	30		Skoro zataženo
22.10.2015	210,98	9,5	81	1016,5	2	10		Částečně oblačno
23.10.2015	211,13	12,3	77	1020,7	5,8	30		Slabé mrholení
26.10.2015	211	12,1	72	1024,3	1,9	10		Částečně oblačno
27.10.2015	211,2	11,3	81	1023,1	4,1	10		Skoro zataženo
29.10.2015	211,3	10,6	86	1020,3	0,8	6		Zataženo
2.11.2015	211	9,2	58	1031,7	3,1	16		Jasno
3.11.2015	211	10,5	54	1024,6	2,2	17		Jasno
4.11.2015	211	8,8	75	1021,4	1,6	5		Opar
5.11.2015	211	4,3	92	1021,1	1,4	4		Opar
9.11.2015	211,5	8,1	89,7	1020,2	0,4	14	61,3	Slabý déšť
10.11.2015	212	15	68,2	1018,1	1,2	10	69,9	Skoro zataženo
11.11.2015	211	16	77	1023	0,4	10	72,4	Zataženo



12.11.2015	211,1	10,8	67,1	1024,9	2	15	92,9	Zataženo
16.11.2015	211	13,4	72,9	1013,8	1,1	12	42,4	Skoro zataženo
18.11.2015	211,7	16,3	80,3	1006,6	3,1	16	29,1	Slabé mrholení
19.11.2015	211,66	11,6	70,1	1013,2	1,6	17	21,6	Slabé mrholení
23.11.2015	211,9	2,4	84	1018,9	3,8	25	93,5	Částeč. oblačno
24.11.2015	211,8	3,2	68	1024,5	1,8	30	179,1	Jasno
25.11.2015	211,6	1,2	79,4	1009	1,7	10	68,6	Zataženo
26.11.2015	211,8	2,9	91	1011,1	3,6	11	72,2	Zataženo
30.11.2015	211,8	8,3	72,6	1014,4	2,6	25	158	Zataženo
1.12.2015	211,6	7,4	65,3	1017,1	5,5	30	176,8	Polojasno
2.12.2015	211,1	5,1	98	1026,5	1,4	4	45,2	Opar
3.12.2015	211,3	9,1	72,6	1030,8	1	8	93,1	Částeč. zataženo
7.12.2015	211,6	3,1	97	1035,4	2,2	30	42,9	Silná inverze
8.12.2015	211,5	3,9	97,5	1035,8	1,3	18	41,7	Opar
9.12.2015	211,7	3,2	87,9	1031,3	1,7	17	42	Inverze
10.12.2015	211,98	6,4	69,5	1036,1	2,5	20	94,7	Polojasno
14.12.2015	211,9	3,1	98	1025,5	1,1	35	109,4	Polojasno
15.12.2015	212,1	1,8	98,1	1025,3	2,5	11	27	Zataženo
16.12.2015	211,8	5,4	84,8	1031,1	0,5	8	46,1	Slabá inverze
12.1.2016	211,2	5,8	76,9	992,7	2,8	15	5	Zataženo
13.1.2016	210,9	4,5	76,2	1002,7	1,9	17	91,5	Částeč. zataženo
14.1.2016	211,8	3,4	77,9	1013,3	1,4	20	135,2	Zataženo
15.1.2016	211,5	2,9	74,9	1004,9	1,5	16	86,3	Zataženo
20.1.2016	212	-2,8	75,7	1014,4	2,8	19	104,2	Slabá inverze
21.1.2016	211,3	-2,3	59,6	1020,8	2,4	15	72,7	Zataženo
22.1.2016	211,7	-5	74,1	1034,1	1,8	10	48,7	Jasno

25.1.2016	211,7	0,6	100	1025,6	1,4	0,3	49,4	Silná inverze
26.1.2016	0	2,8	97,1	1026,4	1,7	0,15	76,3	Silná inverze
28.1.2016	212	8,1	81,8	1018,9	2	14	111,4	Zataženo
29.1.2016	212	6,2	83	1027,7	1,4	20	74,2	Polojasno, slabá inverze
1.2.2016	211,7	4,6	94,8	1015,7	1,6	10	79,4	Zataženo
2.2.2016	211,8	9	79,1	1016,7	4,5	15	101,4	Zataženo
3.2.2016	211,2	7,5	60,1	1013,3	1,5	12	97,3	Zataženo
4.2.2016	211,6	3	76	1020,2	4,4	10	75,9	Zataženo
8.2.2016	211,8	8,4	70	1008,7	4,3	28	80,4	polojasno
9.2.2016	211,2	9,4	69,5	1004,5	4,2	24	69,5	Částeč. zataženo
10.2.2016	211,7	1,8	93,6	991,3	4,4	26	93,6	Děšť
11.2.2016	211,3	5,4	66,9	1001,9	2,5	17	52,3	Zataženo

CopyCentrum - 12:00h								
datum	Průměrná vzdálenost [m]	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rychlost větru [km/h]	Dohlednost [km]	Osvit [W/m <sup>2</sup> ]	Počasí
6.10.2015	134,63	15	73	1020,7	1	20		Skoro zataženo
7.10.2015	136,19	17,6	81	1013,1	2,7	15		Skoro zataženo
8.10.2015	136,11	11,3	78	1017,2	4	12		Zataženo
9.10.2015	134,37	11,6	80	1019,9	3	8		Opar
12.10.2015	136,53	3,9	77	1018	3,8	10		Skoro zataženo
13.10.2015	135,93	5,1	81	1018,3	0,8	5		Slabé mrholení
14.10.2015	135,92	8,2	98	1015,8	1,4	6		Slabý déšť
15.10.2015	135,87	9,5	98	1013,1	5,7	4		Slabý déšť
16.10.2015	136,06	3,1	97	1015,2	2,2	4		Slabé mrholení
19.10.2015	136,1	9,1	91	1017,5	0,9	10		Zataženo
20.10.2015	135,79	9,6	74	1016,5	1	18		Zataženo
21.10.2015	135,88	10,9	81	1017,1	2	30		Skoro zataženo
22.10.2015	135,93	9,5	81	1016,5	2	10		Částečně oblačno
23.10.2015	136,02	12,3	77	1020,7	5,8	30		Slabé mrholení
26.10.2015	135,57	12,1	72	1024,3	1,9	10		Částečně oblačno
27.10.2015	135,71	11,3	81	1023,1	4,1	10		Skoro zataženo
29.10.2015	135,95	10,6	86	1020,3	0,8	6		Zataženo
2.11.2015	136,41	9,2	58	1031,7	3,1	16		Jasno
3.11.2015	135,98	10,5	54	1024,6	2,2	17		Jasno
4.11.2015	135,93	8,8	75	1021,4	1,6	5		Opar
5.11.2015	135,84	4,3	92	1021,1	1,4	4		Opar
9.11.2015	135,74	8,1	89,7	1020,2	0,4	14	61,3	Slabý déšť
10.11.2015	135,31	15	68,2	1018,1	1,2	10	69,9	Skoro zataženo

11.11.2015	135,8	16	77	1023	0,4	10	72,4	Zataženo
12.11.2015	135,68	10,8	67,1	1024,9	2	15	92,9	Zataženo
16.11.2015	135,89	13,4	72,9	1013,8	1,1	12	42,4	Skoro zataženo
18.11.2015	135,34	16,3	80,3	1006,6	3,1	16	29,1	Slabé mrholení
19.11.2015	135,2	11,6	70,1	1013,2	1,6	17	21,6	Slabé mrholení
23.11.2015	135,4	2,4	84	1018,9	3,8	25	93,5	Částečně oblačno
24.11.2015	135,18	3,2	68	1024,5	1,8	30	179,1	Jasno
25.11.2015	135,66	1,2	79,4	1009	1,7	10	68,6	Zataženo
26.11.2015	135,78	2,9	91	1011,1	3,6	11	72,2	Zataženo
30.11.2015	135,97	8,3	72,6	1014,4	2,6	25	158	Zataženo
1.12.2015	135,37	7,4	65,3	1017,1	5,5	30	176,8	Polojasno
2.12.2015	135,69	5,1	98	1026,5	1,4	4	45,2	Opar
3.12.2015	135,53	9,1	72,6	1030,8	1	8	93,1	částečně zataženo
7.12.2015	135,59	3,1	97	1035,4	2,2	30	42,9	Silná inverze
8.12.2015	135,55	3,9	97,5	1035,8	1,3	18	41,7	Opar
9.12.2015	135,4	3,2	87,9	1031,3	1,7	17	42	Inverze
10.12.2015	135,42	6,4	69,5	1036,1	2,5	20	94,7	Polojasno
14.12.2015	135,09	3,1	98	1025,5	1,1	35	109,4	Polojasno
15.12.2015	135,16	1,8	98,1	1025,3	2,5	11	27	Zataženo
16.12.2015	135,27	5,4	84,8	1031,1	0,5	8	46,1	Slabá inverze
12.1.2016	135,52	5,8	76,9	992,7	2,8	15	5	Zataženo
13.1.2016	136,09	4,5	76,2	1002,7	1,9	17	91,5	částečně zataženo
14.1.2016	135,31	3,4	77,9	1013,3	1,4	20	135,2	Zataženo
15.1.2016	135,82	2,9	74,9	1004,9	1,5	16	86,3	Zataženo
20.1.2016	135,15	-2,8	75,7	1014,4	2,8	19	104,2	Slabá inverze
21.1.2016	135,61	-2,3	59,6	1020,8	2,4	15	72,7	Zataženo

22.1.2016	135,58	-5	74,1	1034,1	1,8	10	48,7	Jasno
25.1.2016	135,21	0,6	100	1025,6	1,4	0,3	49,4	Silná inverze
26.1.2016	135	2,8	97,1	1026,4	1,7	0,15	76,3	Silná inverze
28.1.2016	134,93	8,1	81,8	1018,9	2	14	111,4	Zataženo
29.1.2016	134,81	6,2	83	1027,7	1,4	20	74,2	polojasno+slabá inverze
1.2.2016	135,36	4,6	94,8	1015,7	1,6	10	79,4	Zataženo
2.2.2016	135,16	9	79,1	1016,7	4,5	15	101,4	Zataženo
3.2.2016	135,25	7,5	60,1	1013,3	1,5	12	97,3	Zataženo
4.2.2016	135,26	3	76	1020,2	4,4	10	75,9	Zataženo
8.2.2016	135,06	8,4	70	1008,7	4,3	28	80,4	polojasno
9.2.2016	135,12	9,4	69,5	1004,5	4,2	24	69,5	částečně zataženo
10.2.2016	135,15	1,8	93,6	991,3	4,4	26	93,6	Děšť
11.2.2016	135,39	5,4	66,9	1001,9	2,5	17	52,3	Zataženo

Vodajem Hydrosystém - 17:00h								
datum	Průměrná vzdálenost [m]	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rychlost větru [km/h]	Dohlednost [km]	Osvit [W/m <sup>2</sup> ]	Počasí
6.10.2015	450,1	18,0	60,0	1010,0	5,0	13,0		Zataženo
7.10.2015	450,9	18,0	64,0	1013,0	3,1	15,0		Skoro zataženo
8.10.2015	451,3	15,0	75,0	1012,0	1,0	9,0		Opar
9.10.2015	449,9	13,0	67,0	1019,0	2,1	2,1		Zataženo
12.10.2015	450,5	5,0	61,0	1019,0	4,1	10,0		Částeč. oblačno
13.10.2015	450,8	5,0	95,0	1019,0	3,0	9,0		Slabé mrholení
14.10.2015	451,4	7,0	93,0	1014,0	4,5			Slabé mrholení
15.10.2015	451,5	10,0	100,0	1013,0	4,1	5,0		Děšť
16.10.2015	451,4	13,0	88,0	1015,0	6,7	4,0		Zataženo
19.10.2015	451,1	9,0	87,0	1017,0	0,9	4,0		Zataženo
20.10.2015	451	9,0	66,0	1017,0	3,6	5,0		Zataženo
21.10.2015	450,8	10,0	62,0	1018,0	3,0	4,0		Zataženo
22.10.2015	451,3	10,0	59,0	1016,0	3,9	6,0		Zataženo
23.10.2015	450,8	12,0	50,0	1023,0	6,0	7,0		Zataženo
26.10.2015	450,5	11,0	67,0	1023,0	0,7	6,0		Částeč.oblačno
27.10.2015	451	11,1	84,0	1020,6	1,6	7,0		Skoro zataženo
29.10.2015	450,5	10,6	86,0	1020,3	0,8	5,0		Zataženo
2.11.2015	450,8	7,1	72,0	1029,5	0,8	7,0		Jasno
3.11.2015	450,9	7,3	73,0	1022,4	2,0	8,0		Jasno
4.11.2015	450,6	6,1	83,0	1020,3	1,4	3,0		Opar
5.11.2015	451	6,9	85,0	1020,9	0,0	4,0		Opar
9.11.2015	450,5	8,7	96,5	1020,9	1,0	7,0	0	Slabná mlha
10.11.2015	450,1	15,2	68,6	1018,0	1,4	5,0	0	Skoro zataženo

11.11.2015	450,8	13,8	82,3	1022,5	2,8	4,0	0	Částeč. zataženo
12.11.2015	450,5	10,5	73,7	1026,9	0,8	4,0	0,0	Skoro zataženo
16.11.2015	450,6	9,8	87,3	1013,7	0,0	3,0	0,0	Jasno
18.11.2015	450,8	13,2	53,0	1017,0	2,4	7,0	0,0	Jasno
19.11.2015	451	11,1	76,2	1012,3	2,6	4,0	0,0	Mrholení
23.11.2015	450,9	1,7	87,0	1020,9	3,9	9,0	0,0	Jasno
24.11.2015	450,4	2,4	78,0	1021,8	5,0	8,0	0,0	Zataženo
25.11.2015	450,7	1,6	87,0	1009,2	1,4	4,0	0,0	Zataženo
26.11.2015	450,3	3,3	90,0	1014,2	2,2	6,0	0,0	Zataženo
30.11.2015	450,1	6,5	70,5	1015,5	1,4	3,0	0,0	Zataženo
1.12.2015	450,3	6,2	78,5	1017,2	5,5	3,0	0,0	Částeč. zatažen
2.12.2015	450,3	6,4	97,0	1027,4	2,8	4,0	0,0	Zataženo
3.12.2015	450,4	5,9	88,1	1030,9	0,7	3,0	0,0	Opar
7.12.2015	450,7	4,4	97,0	1035,5	6,0	6,0	0,0	Opar
8.12.2015	450,3	5,2	91,5	1034,3	0,7	4,0	0,0	Zataženo
9.12.2015	450,5	4,4	90,3	1032,2	1,0	7,0	0,0	Slabé mrholení
10.12.2015	450,4	3,1	78,5	1034,7	1,0	8,0	0,0	Jasno
14.12.2015	450,2	4,2	82,0	1025,7	2,0	4,0	0,0	Jasno
15.12.2015	449,6	2,0	98,7	1025,6	1,6	5,0	0,0	Opar
16.12.2015	449,6	3,9	92,0	1030,8	0,9	4,0	0,0	Zataženo
12.1.2016	450,8	4,3	89,2	996,2	2,6	8,0	0,0	Slabé mrholení
13.1.2016	450,5	3,0	88,6	1005,3	2,3	3,0	0,0	Zataženo
14.1.2016	450,2	1,5	89,3	1010,2	3,2	6,0	0,0	Částeč.zataženo
15.1.2016	450,7	2,5	83,6	1004,9	1,5	4,0	0,0	Zataženo
20.1.2016	450,4	-3,0	76,2	1014,4	2,8	3,0	0,0	Slabé sněžení
21.1.2016	450,2	-2,5	59,3	1018,8	0,8	2,2	0,0	Zataženo

22.1.2016	450,7	-5,9	76,3	1034,2	1,8	3,0	0,0	Zataženo
25.1.2016	0	0,6	100,0	1025,6	1,4	0,1	0,0	inverze
26.1.2016	0	2,2	100,0	1026,0	2,0	0,3	0,0	inverze
28.1.2016	450,3	3,2	87,5	1018,6	4,0	2,0	0,0	Zataženo
29.1.2016	450,4	4,9	81,0	1027,3	0,6	0,8	0,0	Zataženo
1.2.2016	450,7	5,4	100,0	1016,8	3,0	3,6	0,0	Zataženo
2.2.2016	450,5	8,7	82,6	1013,7	6,7	3,0	0,0	Zataženo
3.2.2016	450,4	7,5	89,2	1013,5	2,2	2,5	0,0	Zataženo
4.2.2016	450,8	1,9	90,0	1018,8	1,7	4,0	0,0	Jasno
8.2.2016	450,6	7,5	80,3	1005,5	3,6	3,0	0,0	Zataženo
9.2.2016	449,7	5,5	72,4	997,5	7,0	9,0	0,0	Převáž.zataženo
10.2.2016	450,8	2,9	90,6	992,8	1,4	5,0	0,0	Zataženo
11.2.2016	450,3	5,6	60,9	1003,3	2,2	3,0	0,0	Zataženo



Věž s hodinami - 17:00h								
datum	Průměrná vzdálenost [m]	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rychlost větru [km/h]	Dohlednost [km]	Osvit [W/m <sup>2</sup> ]	Počasí
6.10.2015	398,4	18,0	60,0	1010,0	5,0	13,0		Zataženo
7.10.2015	397,3	18,0	64,0	1013,0	3,1	15,0		Skoro zataženo
8.10.2015	398,3	15,0	75,0	1012,0	1,0	9,0		Opar
9.10.2015	397,4	13,0	67,0	1019,0	2,1	2,1		Zataženo
12.10.2015	398,5	5,0	61,0	1019,0	4,1	10,0		Částeč. oblačno
13.10.2015	398,7	5,0	95,0	1019,0	3,0	9,0		Slabé mrholení
14.10.2015	397,2	7,0	93,0	1014,0	4,5			Slabé mrholení
15.10.2015	397,6	10,0	100,0	1013,0	4,1	5,0		Déšť
16.10.2015	397,5	13,0	88,0	1015,0	6,7	4,0		Zataženo
19.10.2015	397,6	9,0	87,0	1017,0	0,9	4,0		Zataženo
20.10.2015	398,5	9,0	66,0	1017,0	3,6	5,0		Zataženo
21.10.2015	397,4	10,0	62,0	1018,0	3,0	4,0		Zataženo
22.10.2015	397,4	10,0	59,0	1016,0	3,9	6,0		Zataženo
23.10.2015	398,2	12,0	50,0	1023,0	6,0	7,0		Zataženo
26.10.2015	397,6	11,0	67,0	1023,0	0,7	6,0		Částeč.oblačno
27.10.2015	398,7	11,1	84,0	1020,6	1,6	7,0		Skoro zataženo
29.10.2015	397,7	10,6	86,0	1020,3	0,8	5,0		Zataženo
2.11.2015	397,5	7,1	72,0	1029,5	0,8	7,0		Jasno
3.11.2015	397,5	7,3	73,0	1022,4	2,0	8,0		Jasno
4.11.2015	396,8	6,1	83,0	1020,3	1,4	3,0		Opar
5.11.2015	397,6	6,9	85,0	1020,9	0,0	4,0		Opar
9.11.2015	397,8	8,7	96,5	1020,9	1,0	7,0	0	Slabná mlha
10.11.2015	397,4	15,2	68,6	1018,0	1,4	5,0	0	Skoro zataženo
11.11.2015	397,3	13,8	82,3	1022,5	2,8	4,0	0	Částeč.zataženo

12.11.2015	397,5	10,5	73,7	1026,9	0,8	4,0	0,0	Skoro zataženo
16.11.2015	397,3	9,8	87,3	1013,7	0,0	3,0	0,0	Jasno
18.11.2015	397,5	13,2	53,0	1017,0	2,4	7,0	0,0	Jasno
19.11.2015	397,3	11,1	76,2	1012,3	2,6	4,0	0,0	Mrholení
23.11.2015	397	1,7	87,0	1020,9	3,9	9,0	0,0	Jasno
24.11.2015	397,7	2,4	78,0	1021,8	5,0	8,0	0,0	Zataženo
25.11.2015	397	1,6	87,0	1009,2	1,4	4,0	0,0	Zataženo
26.11.2015	397,7	3,3	90,0	1014,2	2,2	6,0	0,0	Zataženo
30.11.2015	397,8	6,5	70,5	1015,5	1,4	3,0	0,0	Zataženo
1.12.2015	397,7	6,2	78,5	1017,2	5,5	3,0	0,0	Částeč.zataženo
2.12.2015	398,4	6,4	97,0	1027,4	2,8	4,0	0,0	Zataženo
3.12.2015	397	5,9	88,1	1030,9	0,7	3,0	0,0	Opar
7.12.2015	397,2	4,4	97,0	1035,5	6,0	6,0	0,0	Opar
8.12.2015	397,2	5,2	91,5	1034,3	0,7	4,0	0,0	Zataženo
9.12.2015	397,4	4,4	90,3	1032,2	1,0	7,0	0,0	Slabé mrholení
10.12.2015	397,8	3,1	78,5	1034,7	1,0	8,0	0,0	Jasno
14.12.2015	397,4	4,2	82,0	1025,7	2,0	4,0	0,0	Jasno
15.12.2015	396,6	2,0	98,7	1025,6	1,6	5,0	0,0	Opar
16.12.2015	396,8	3,9	92,0	1030,8	0,9	4,0	0,0	Zataženo
12.1.2016	396,9	4,3	89,2	996,2	2,6	8,0	0,0	Slabé mrholení
13.1.2016	396,7	3,0	88,6	1005,3	2,3	3,0	0,0	Zataženo
14.1.2016	397	1,5	89,3	1010,2	3,2	6,0	0,0	Částeč.zataženo
15.1.2016	397,6	2,5	83,6	1004,9	1,5	4,0	0,0	Zataženo
20.1.2016	395,6	-3,0	76,2	1014,4	2,8	3,0	0,0	Slabé sněžení
21.1.2016	396,9	-2,5	59,3	1018,8	0,8	2,2	0,0	Zataženo
22.1.2016	396,8	-5,9	76,3	1034,2	1,8	3,0	0,0	Zataženo

25.1.2016	0	0,6	100,0	1025,6	1,4	0,1	0,0	inverze
26.1.2016	0	2,2	100,0	1026,0	2,0	0,3	0,0	inverze
28.1.2016	396	3,2	87,5	1018,6	4,0	2,0	0,0	Zataženo
29.1.2016	396,5	4,9	81,0	1027,3	0,6	0,8	0,0	Zataženo
1.2.2016	394,9	5,4	100,0	1016,8	3,0	3,6	0,0	Zataženo
2.2.2016	396,6	8,7	82,6	1013,7	6,7	3,0	0,0	Zataženo
3.2.2016	396,9	7,5	89,2	1013,5	2,2	2,5	0,0	Zataženo
4.2.2016	396,5	1,9	90,0	1018,8	1,7	4,0	0,0	Jasno
8.2.2016	396,5	7,5	80,3	1005,5	3,6	3,0	0,0	Zataženo
9.2.2016	397,1	5,5	72,4	997,5	7,0	9,0	0,0	Převáž. zataženo
10.2.2016	396,2	2,9	90,6	992,8	1,4	5,0	0,0	Zataženo
11.2.2016	397,2	5,6	60,9	1003,3	2,2	3,0	0,0	Zataženo

Koleje Bedřicha Václavka - 17:00h								
datum	Průměrná vzdálenost [m]	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rychlost větru [km/h]	Dohlednost [km]	Osvit [W/m <sup>2</sup> ]	Počasí
6.10.2015	212,3	18,0	60,0	1010,0	5,0	13,0		Zataženo
7.10.2015	211,1	18,0	64,0	1013,0	3,1	15,0		Skoro zataženo
8.10.2015	210,9	15,0	75,0	1012,0	1,0	9,0		Opar
9.10.2015	211,7	13,0	67,0	1019,0	2,1	2,1		Zataženo
12.10.2015	211,1	5,0	61,0	1019,0	4,1	10,0		Částeč.oblačno
13.10.2015	210,9	5,0	95,0	1019,0	3,0	9,0		Slabé mrholení
14.10.2015	210,4	7,0	93,0	1014,0	4,5			Slabé mrholení
15.10.2015	210,9	10,0	100,0	1013,0	4,1	5,0		Děšť
16.10.2015	211	13,0	88,0	1015,0	6,7	4,0		Zataženo
19.10.2015	211	9,0	87,0	1017,0	0,9	4,0		Zataženo
20.10.2015	211	9,0	66,0	1017,0	3,6	5,0		Zataženo
21.10.2015	211	10,0	62,0	1018,0	3,0	4,0		Zataženo
22.10.2015	211,2	10,0	59,0	1016,0	3,9	6,0		Zataženo
23.10.2015	210,6	12,0	50,0	1023,0	6,0	7,0		Zataženo
26.10.2015	211,8	11,0	67,0	1023,0	0,7	6,0		Částeč.oblačno
27.10.2015	211	11,1	84,0	1020,6	1,6	7,0		Skoro zataženo
29.10.2015	211,22	10,6	86,0	1020,3	0,8	5,0		Zataženo
2.11.2015	210,9	7,1	72,0	1029,5	0,8	7,0		Jasno
3.11.2015	211	7,3	73,0	1022,4	2,0	8,0		Jasno
4.11.2015	211	606,0	83,0	1020,3	1,4	3,0		Opar
5.11.2015	211	6,9	85,0	1020,9	0,0	4,0		Opar
9.11.2015	211,2	8,7	96,5	1020,9	1,0	7,0	0	Slabá mlha
10.11.2015	211,6	15,2	68,6	1018,0	1,4	5,0	0	Skoro zataženo

11.11.2015	211,5	13,8	82,3	1022,5	2,8	4,0	0	Částeč.zataženo
12.11.2015	212	10,5	73,7	1026,9	0,8	4,0	0,0	Skoro zataženo
16.11.2015	211,6	9,8	87,3	1013,7	0,0	3,0	0,0	Jasno
18.11.2015	211	13,2	53,0	1017,0	2,4	7,0	0,0	Jasno
19.11.2015	211,6	11,1	76,2	1012,3	2,6	4,0	0,0	Mrholení
23.11.2015	211,8	1,7	87,0	1020,9	3,9	9,0	0,0	Jasno
24.11.2015	211,3	2,4	78,0	1021,8	5,0	8,0	0,0	Zataženo
25.11.2015	211,5	1,6	87,0	1009,2	1,4	4,0	0,0	Zataženo
26.11.2015	212	3,3	90,0	1014,2	2,2	6,0	0,0	Zataženo
30.11.2015	211,4	6,5	70,5	1015,5	1,4	3,0	0,0	Zataženo
1.12.2015	211,2	6,2	78,5	1017,2	5,5	3,0	0,0	Částeč.zataženo
2.12.2015	212	6,4	97,0	1027,4	2,8	4,0	0,0	Zataženo
3.12.2015	211,6	5,9	88,1	1030,9	0,7	3,0	0,0	Opar
7.12.2015	211,3	4,4	97,0	1035,5	6,0	6,0	0,0	Opar
8.12.2015	211,3	5,2	91,5	1034,3	0,7	4,0	0,0	Zataženo
9.12.2015	211,3	4,4	90,3	1032,2	1,0	7,0	0,0	Slabé mrholení
10.12.2015	211,3	3,1	78,5	1034,7	1,0	8,0	0,0	Jasno
14.12.2015	212	4,2	82,0	1025,7	2,0	4,0	0,0	Jasno
15.12.2015	211,9	2,0	98,7	1025,6	1,6	5,0	0,0	Opar
16.12.2015	211,5	3,9	92,0	1030,8	0,9	4,0	0,0	Zataženo
12.1.2016	211,2	4,3	89,2	996,2	2,6	8,0	0,0	Slabé mrholení
13.1.2016	211,8	3,0	88,6	1005,3	2,3	3,0	0,0	Zataženo
14.1.2016	211,6	1,5	89,3	1010,2	3,2	6,0	0,0	Částeč.zataženo
15.1.2016	211,6	2,5	83,6	1004,9	1,5	4,0	0,0	Zataženo
20.1.2016	211,19	-3,0	76,2	1014,4	2,8	3,0	0,0	Slabé sněžení
21.1.2016	211,7	-2,5	59,3	1018,8	0,8	2,2	0,0	Zataženo

22.1.2016	211,6	-5,9	76,3	1034,2	1,8	3,0	0,0	Zataženo
25.1.2016	0	0,6	100,0	1025,6	1,4	0,1	0,0	inverze
26.1.2016	212,1	2,2	100,0	1026,0	2,0	0,3	0,0	inverze
28.1.2016	211,23	3,2	87,5	1018,6	4,0	2,0	0,0	Zataženo
29.1.2016	211,5	4,9	81,0	1027,3	0,6	0,8	0,0	Zataženo
1.2.2016	211,3	5,4	100,0	1016,8	3,0	3,6	0,0	Zataženo
2.2.2016	211,6	8,7	82,6	1013,7	6,7	3,0	0,0	Zataženo
3.2.2016	211,2	7,5	89,2	1013,5	2,2	2,5	0,0	Zataženo
4.2.2016	211,3	1,9	90,0	1018,8	1,7	4,0	0,0	Jasno
8.2.2016	211,12	7,5	80,3	1005,5	3,6	3,0	0,0	Zataženo
9.2.2016	211,4	5,5	72,4	997,5	7,0	9,0	0,0	Převáž.zataženo
10.2.2016	211,3	2,9	90,6	992,8	1,4	5,0	0,0	Zataženo
11.2.2016	211,4	5,6	60,9	1003,3	2,2	3,0	0,0	Zataženo

CopyCentrum - 17:00h								
datum	Průměrná vzdálenost [m]	Teplota [°C]	Relativní vlhkost [%]	Atmosférický tlak [hPa]	Rychlost větru [km/h]	Dohlednost [km]	Osvit [W/m <sup>2</sup> ]	Počasí
6.10.2015	134,8	18,0	60,0	1010,0	5,0	13,0		Zataženo
7.10.2015	136,04	18,0	64,0	1013,0	3,1	15,0		Skoro zataženo
8.10.2015	135,98	15,0	75,0	1012,0	1,0	9,0		Opar
9.10.2015	133,63	13,0	67,0	1019,0	2,1	2,1		Zataženo
12.10.2015	135,88	5,0	61,0	1019,0	4,1	10,0		Částeč. oblačno
13.10.2015	136,34	5,0	95,0	1019,0	3,0	9,0		Slabé mrholení
14.10.2015	136,53	7,0	93,0	1014,0	4,5			Slabé mrholení
15.10.2015	136,19	10,0	100,0	1013,0	4,1	5,0		Děšť
16.10.2015	136,05	13,0	88,0	1015,0	6,7	4,0		Zataženo
19.10.2015	135,93	9,0	87,0	1017,0	0,9	4,0		Zataženo
20.10.2015	135,89	9,0	66,0	1017,0	3,6	5,0		Zataženo
21.10.2015	135,98	10,0	62,0	1018,0	3,0	4,0		Zataženo
22.10.2015	136,36	10,0	59,0	1016,0	3,9	6,0		Zataženo
23.10.2015	135,94	12,0	50,0	1023,0	6,0	7,0		Zataženo
26.10.2015	135,98	11,0	67,0	1023,0	0,7	6,0		Částeč. oblačno
27.10.2015	135,96	11,1	84,0	1020,6	1,6	7,0		Skoro zataženo
29.10.2015	135,95	10,6	86,0	1020,3	0,8	5,0		Zataženo
2.11.2015	135,9	7,1	72,0	1029,5	0,8	7,0		Jasno
3.11.2015	136,25	7,3	73,0	1022,4	2,0	8,0		Jasno
4.11.2015	135,88	6,1	83,0	1020,3	1,4	3,0		Opar
5.11.2015	135,76	6,9	85,0	1020,9	0,0	4,0		Opar
9.11.2015	135,67	8,7	96,5	1020,9	1,0	7,0	0	Slabá mlha
10.11.2015	135,52	15,2	68,6	1018,0	1,4	5,0	0	Skoro zataženo
11.11.2015	135,63	13,8	82,3	1022,5	2,8	4,0	0	Částeč. zataženo

12.11.2015	135,2	10,5	73,7	1026,9	0,8	4,0	0,0	Skoro zataženo
16.11.2015	135,6	9,8	87,3	1013,7	0,0	3,0	0,0	Jasno
18.11.2015	135,98	13,2	53,0	1017,0	2,4	7,0	0,0	Jasno
19.11.2015	135,72	11,1	76,2	1012,3	2,6	4,0	0,0	Mrholení
23.11.2015	135,64	1,7	87,0	1020,9	3,9	9,0	0,0	Jasno
24.11.2015	135,8	2,4	78,0	1021,8	5,0	8,0	0,0	Zataženo
25.11.2015	135,52	1,6	87,0	1009,2	1,4	4,0	0,0	Zataženo
26.11.2015	135,52	3,3	90,0	1014,2	2,2	6,0	0,0	Zataženo
30.11.2015	135,61	6,5	70,5	1015,5	1,4	3,0	0,0	Zataženo
1.12.2015	135,63	6,2	78,5	1017,2	5,5	3,0	0,0	Částeč.zataženo
2.12.2015	135,51	6,4	97,0	1027,4	2,8	4,0	0,0	Zataženo
3.12.2015	135,57	5,9	88,1	1030,9	0,7	3,0	0,0	Opar
7.12.2015	135,67	4,4	97,0	1035,5	6,0	6,0	0,0	Opar
8.12.2015	135,67	5,2	91,5	1034,3	0,7	4,0	0,0	Zataženo
9.12.2015	135,66	4,4	90,3	1032,2	1,0	7,0	0,0	Slabé mrholení
10.12.2015	135,5	3,1	78,5	1034,7	1,0	8,0	0,0	Jasno
14.12.2015	135,43	4,2	82,0	1025,7	2,0	4,0	0,0	Jasno
15.12.2015	135,26	2,0	98,7	1025,6	1,6	5,0	0,0	Opar
16.12.2015	135,32	3,9	92,0	1030,8	0,9	4,0	0,0	Zataženo
12.1.2016	135,61	4,3	89,2	996,2	2,6	8,0	0,0	Slabé mrholení
13.1.2016	135,49	3,0	88,6	1005,3	2,3	3,0	0,0	Zataženo
14.1.2016	135,4	1,5	89,3	1010,2	3,2	6,0	0,0	Částeč.zataženo
15.1.2016	135,65	2,5	83,6	1004,9	1,5	4,0	0,0	Zataženo
20.1.2016	135,03	-3,0	76,2	1014,4	2,8	3,0	0,0	Slabé sněžení
21.1.2016	135,54	-2,5	59,3	1018,8	0,8	2,2	0,0	Zataženo
22.1.2016	135,5	-5,9	76,3	1034,2	1,8	3,0	0,0	Zataženo



25.1.2016	135	0,6	100,0	1025,6	1,4	0,1	0,0	inverze
26.1.2016	134,49	2,2	100,0	1026,0	2,0	0,3	0,0	inverze
28.1.2016	135,14	3,2	87,5	1018,6	4,0	2,0	0,0	Zataženo
29.1.2016	135,28	4,9	81,0	1027,3	0,6	0,8	0,0	Zataženo
1.2.2016	135,44	5,4	100,0	1016,8	3,0	3,6	0,0	Zataženo
2.2.2016	135,11	8,7	82,6	1013,7	6,7	3,0	0,0	Zataženo
3.2.2016	135,35	7,5	89,2	1013,5	2,2	2,5	0,0	Zataženo
4.2.2016	135,36	1,9	90,0	1018,8	1,7	4,0	0,0	Jasno
8.2.2016	135,25	7,5	80,3	1005,5	3,6	3,0	0,0	Zataženo
9.2.2016	135,04	5,5	72,4	997,5	7,0	9,0	0,0	Převáž. zataženo
10.2.2016	135,25	2,9	90,6	992,8	1,4	5,0	0,0	Zataženo
11.2.2016	135,38	5,6	60,9	1003,3	2,2	3,0	0,0	Zataženo

tab. 7.3: Technické parametry použitého dálkoměru pro verifikaci PLRF25C/ PLRF25C BT, Vectronix

<b>Specifikace: PLRF25C/PLRF25C BT, Vectronix</b>	
Typ laseru:	- 1550nm
Bezpečnostní třída:	- Třída 1
Standard:	- IEC60825-1 Ed 2.0 (2007-03)
Rozsah:	- 5m až > 4000m
Specifikované provedení:	- 2500m* * při viditelnosti 15m, 2,3 x 2,3 velikosti cíle, pravděpodobnost detekce >90%.
Přesnost:	- $\pm 2m$ (>50m až < 1500m) - $\pm 5m$ (<50m/ > 1500m)
Zobrazení výsledků:	- 1m/ 1ft/ 1yd

