

# **Mobilní kamerové systémy a jejich aplikace**

Mobile Camera Systems and their application

Bc. Martin Kopřiva

---

Diplomová práce  
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Martin KOPŘIVA**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**  
Téma práce: **Mobilní kamerové systémy a jejich aplikace**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte doporučenou literaturu a další informační zdroje.
2. Vypracujte literární rešerši na dané téma.
3. Provedte analýzu právního rámce použití sledovacích kamerových systémů.
4. Analyzujte technické požadavky na tyto systémy.
5. Popište metodiky měření vybraných základních technických parametrů.
6. Navrhněte laboratorní pracoviště v laboratořích FAI UTB.
7. Vypracujte metodiku laboratorní úlohy pro výuku včetně vzorového protokolu.

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

1. SHEVELL, Steven K.(Ed.). The Science of Color. 2nd edition. [s.l.] : Elsevier Ltd, 2003. ISBN 0 444 512 519.
2. HOEFFLINGER, Bernd(Ed.). High-Dynamic-Range (HDR) Vision. [s.l.] : Springer Berlin Heidelberg New York, 2006. ISBN 3 540 44432 7.
3. RIEKE, George. Detection of Light. 2nd edition. [s.l.] : Cambridge University Press, 2003. ISBN 0 521 01710 6.
4. Česká technická norma ČSN EN 50132-7. In Poplachové systémy CCTV sledovací systémy pro použití v bezpečnostních aplikacích – Pokyny pro aplikaci. Praha : Český normalizační institut, 1999. s. 26.
5. Česká technická norma ČSN EN 50132-2-1. In Poplachové systémy CCTV sledovací systémy pro použití v bezpečnostních aplikacích – Černobílé kamery. Praha : Český normalizační institut, 1999. s. 48.
6. Firemní literatura, VTÚVM Slavičín, Stanovení modulační přenosové funkce TV kamery, Metodika č.1.
7. Firemní literatura, VTÚVM Slavičín, Stanovení horizontálního rozlišení TV kamery (TVL), Metodika č.2.
8. Firemní literatura, VTÚVM Slavičín, Stanovení citlivosti TV kamery (TVL), Metodika č.3.

Vedoucí diplomové práce:

**doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.**

Ústav elektroniky a měření

Datum zadání diplomové práce:

**19. února 2010**

Termín odevzdání diplomové práce:

**7. června 2010**

Ve Zlíně dne 19. února 2010

prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*děkan*



doc. RNDr. Vojtěch Křesálek, CSc.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá problematikou mobilních kamerových systémů. Práce je rozdělena na dvě části – teoretickou a praktickou. Teoretická část popisuje právní rámec, technické požadavky a metody měření vybraných základních technických parametrů. Výsledkem praktické části je vytvořená metoda laboratorní úlohy pro výuku včetně sestaveného vzorového protokolu. Zároveň obsahuje návrh laboratorního pracoviště pro měření mobilních kamerových systémů na Fakultě aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně.

Klíčová slova:

mobilní kamerový systém, městská policie, Policie ČR, analogová kamera, IP kamera, modulační přenosová funkce

## **ABSTRACT**

The thesis deals with the problem of mobile camera systems. The thesis is divided into two parts – theoretical and practical. The theoretical part describes a legal framework, technical requirements, measure methods of chosen basic technical parameters. The result of practical part is a created method of laboratory task for the education including a built-up sample report. It also contains a proposal of laboratory working place for measuring of mobile camera systems at Faculty of applied informatics of Thomas Bata University.

Keywords:

mobile camera systems, town police, Police of the Czech Republic, analog camera, IP camera, modulation transfer function

Děkuji vedoucímu diplomové práce Doc. RNDr. Vojtěchovi Křesálkovi, CSc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi poskytl během řešení diplomové práce.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval.  
V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně

.....  
Podpis diplomanta

**OBSAH**

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>1 TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 ANALÝZA PRÁVNÍHO RÁMCE POUŽITÍ SLEDOVACÍCH KAMEROVÝCH SYSTÉMŮ</b> .....	<b>12</b>
1.1 PRÁVNÍ RÁMEC POŘIZOVÁNÍ ZVUKOVÝCH A OBRAZOVÝCH ZÁZNAMŮ U MĚSTSKÉ POLICIE .....	12
1.2 PRÁVNÍ RÁMEC POŘIZOVÁNÍ ZVUKOVÝCH A OBRAZOVÝCH ZÁZNAMŮ U POLICIE ČESKÉ REPUBLIKY .....	14
1.3 PRÁVNÍ RÁMEC POŘIZOVÁNÍ ZVUKOVÝCH A OBRAZOVÝCH ZÁZNAMŮ NA ZAŘÍZENÍ URČENÉ K PREVENCI A ODHALENÍ VINÍKA AUTONEHODY .....	15
1.4 PRÁVNÍ RÁMEC MOŽNOSTI INSTALACE VE VOZIDLE .....	15
1.5 PRÁVNÍ RÁMEC PRO POUŽITÍ KAMEROVÉHO SYSTÉMU V PANELOVÉM DOMĚ .....	16
1.6 PRÁVNÍ RÁMEC PRO POUŽITÍ KAMEROVÉHO SYSTÉMU NA PRACOVIŠTI .....	17
<b>2 TECHNICKÉ POŽADAVKY NA MOBILNÍ KAMEROVÉ SYSTÉMY</b> .....	<b>18</b>
2.1 TŘÍDY PROSTŘEDÍ.....	18
2.2 TEPLOTNĚ TECHNICKÉ POŽADAVKY.....	19
2.2.1 Suché teplo .....	19
2.2.1.1 Provozní zkouška.....	19
2.2.1.2 Odolnostní zkouška.....	20
2.2.2 Chlad .....	21
2.2.2.1 Provozní zkouška.....	21
2.2.3 Změna teploty.....	21
2.2.3.1 Provozní zkouška.....	22
2.2.4 Vlhké teplo konstantní .....	22
2.2.4.1 Provozní zkouška.....	23
2.2.4.2 Odolnostní zkouška.....	23
2.2.5 Vlhké teplo cyklické.....	24
2.2.5.1 Provozní zkouška.....	24
2.2.5.2 Odolnostní zkouška.....	25
2.2.6 Simulované sluneční záření.....	25
2.2.6.1 Provozní zkouška (teplotní nárůst) .....	26
2.2.6.2 Odolnostní zkouška (povrchová degenerace) .....	26
2.3 TECHNICKÉ POŽADAVKY PROTI VNIKNUTÍ VODY A PRACHU.....	27
2.3.1 Vniknutí vody.....	27
2.3.1.1 Provozní zkouška.....	27
2.3.2 Prachotěsnost.....	29
2.3.2.1 Odolnostní zkouška.....	29
2.4 TECHNICKÉ POŽADAVKY PROTI CHEMICKÝM VLIVŮM.....	30
2.4.1 Oxid siřičitý (SO <sub>2</sub> ).....	31
2.4.1.1 Odolnostní zkouška.....	31
2.4.2 Solná mlha cyklická .....	32

2.4.2.1	Odolnostní zkouška.....	32
2.5	TECHNICKÉ POŽADAVKY PROTI MECHANICKÉMU POŠKOZENÍ .....	33
2.5.1	Úder.....	33
2.5.1.1	Provozní zkouška.....	33
2.5.2	Ráz.....	34
2.5.2.1	Provozní zkouška.....	35
2.5.3	Volný pád .....	35
2.5.3.1	Provozní zkouška.....	35
2.5.4	Vibrace sinusové .....	36
2.5.4.1	Provozní zkouška.....	36
2.5.4.2	Odolnostní zkouška.....	37
2.6	TECHNICKÉ POŽADAVKY NA ELEKTROMAGNETICKOU KOMPATIBILITU .....	37
2.6.1	Změny síťového napájecího napětí .....	38
2.6.2	Poklesy a krátkodobá přerušení síťového napájecího napětí .....	38
2.6.3	Elektrostatický výboj.....	39
2.6.4	Vysokofrekvenční elektromagnetické pole .....	40
2.6.5	Rušení indukované vysokofrekvenčními poli .....	43
2.6.6	Rychlé přechodové děje .....	44
2.6.7	Rázový impuls.....	45
<b>3</b>	<b>METODIKY MĚŘENÍ VYBRANÝCH ZÁKLADNÍCH TECHNICKÝCH PARAMETRŮ .....</b>	<b>48</b>
3.1	METODIKA PRO ZJIŠTĚNÍ MODULAČNÍ PŘENOSOVÉ FUNKCE.....	48
3.1.1	Měření modulační přenosové funkce (MTF) pro analogové kamery.....	49
3.1.2	Měření přenosové modulace pro IP kamery.....	52
3.2	METODIKA PRO ZJIŠTĚNÍ HORIZONTÁLNÍHO ROZLIŠENÍ.....	55
3.2.1	Měření horizontálního rozlišení pro analogové kamery.....	55
3.2.2	Měření horizontálního rozlišení pro IP kamery .....	58
3.3	METODIKA PRO ZJIŠTĚNÍ CITLIVOSTI.....	61
3.3.1	Měření citlivosti pro analogové kamery.....	61
3.3.2	Měření citlivosti pro IP kamery.....	62
3.4	METODIKA PRO ZJIŠTĚNÍ DYNAMICKÝCH VLASTNOSTÍ OBRAZU KAMERY .....	64
3.4.1	Měření dynamických vlastností obrazu analogových a IP kamer .....	64
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>66</b>
<b>4</b>	<b>NÁVRH LABORATORNÍHO PRACOVÍŠTĚ V LABORATOŘÍCH FAI UTB ZLÍN .....</b>	<b>67</b>
4.1	VÝBAVA LABORATOŘE.....	67
4.1.1	Analogové kamery .....	67
4.1.2	IP kamery .....	68
<b>5</b>	<b>MĚŘENÍ MODULAČNÍ PŘENOSOVÉ FUNKCE (MTF).....</b>	<b>70</b>
5.1	VÝBĚR KAMERY .....	70
5.2	POUŽITÉ POMŮCKY A PŘÍSTROJE.....	70
5.3	POSTUP MĚŘENÍ.....	70
5.3.1	Moaré efekt .....	72



5.4	POUŽITÉ VZORCE .....	73
5.5	VÝSLEDKY MĚŘENÍ .....	76
5.5.1	Závislost MTF na změně rozlišení fotoaparátu.....	76
5.5.1.1	Rozlišení 3 MPix – dobré světelné podmínky .....	77
5.5.1.2	Rozlišení 5 MPix – dobré světelné podmínky .....	79
5.5.1.3	Rozlišení 8 MPix – dobré světelné podmínky .....	81
5.5.1.4	Rozlišení 3 MPix – zhoršené světelné podmínky.....	84
5.5.1.5	Rozlišení 5 MPix – zhoršené světelné podmínky.....	86
5.5.1.6	Rozlišení 8 MPix – zhoršené světelné podmínky.....	89
5.5.2	Vliv stabilizace obrazu na MTF .....	91
5.5.2.1	Zapnutý stabilizátor obrazu – dobré světelné podmínky .....	92
5.5.2.2	Vypnutý stabilizátor obrazu – dobré světelné podmínky.....	95
5.5.2.3	Vypnutý stabilizátor obrazu s lehkými vibracemi – dobré světelné podmínky .....	97
5.5.2.4	Zapnutý stabilizátor obrazu – zhoršené světelné podmínky .....	99
5.5.2.5	Vypnutý stabilizátor obrazu – zhoršené světelné podmínky.....	102
5.5.2.6	Vypnutý stabilizátor obrazu s lehkými vibracemi – zhoršené světelné podmínky .....	104
5.5.3	Souhrn vypočítaných výsledků.....	107
<b>6</b>	<b>MĚŘENÍ MODULAČNÍ PŘENOSOVÉ FUNKCE (MTF) – POROVNÁNÍ KAMER .....</b>	<b>109</b>
6.1	SONY MOTION EYE WEB KAMER - DOBRÉ SVĚTELNÉ PODMÍNKY .....	109
6.2	SONY MOTION EYE WEB KAMER - ZHORŠENÉ SVĚTELNÉ PODMÍNKY .....	111
6.3	PANASONIC DMC – FX33 – DOBRÉ SVĚTELNÉ PODMÍNKY .....	114
6.4	PANASONIC DMC – FX33 – ZHORŠENÉ SVĚTELNÉ PODMÍNKY .....	116
6.5	SOUHRN VYPOČÍTANÝCH VÝSLEDKŮ .....	119
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>120</b>
	<b>ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ .....</b>	<b>122</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>124</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>126</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>127</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>130</b>
	<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>132</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>133</b>

## ÚVOD

První průmyslové kamerové systémy se začaly objevovat v roce 1941. V té době to byla velká událost, protože žádné podobné zařízení s možností záznamu neexistovalo. S postupem času se kamerové systémy nadále rozvíjely a rozvíjí. Je to dáno díky vzniku a rozvoji nových technologií měnícím se požadavků zákazníků a potřebám dnešní doby. V současné době se na trhu můžeme setkat se širokou škálou jednotlivých kamerových systémů. Tyto systémy již nejsou pouze pevně umístitelné, ale nabízí možnost i přemístitelnosti. Kamery, které jsou pevně umístěné, nejsou již tolik žádané, protože je potřeba monitorovat všeobecně pohyb v terénu a kameru tak přesunovat z jednoho místa na druhé. Mezi pevnými a mobilními kamerovými systémy není z hlediska vlastností žádný rozdíl, avšak po technické stránce jsou mobilní kamerové systémy omezeny kapacitou baterie a je potřeba je v určitém časovém úseku napájet, zatímco pevné kamerové systémy mají napájení stálé ze sítě elektrických rozvodů.

Mobilní kamerové systémy jsou trendem dnešní doby a je po nich neustále se zvyšující poptávka. Například v Americe jsou ve velké míře již dávno rozšířené, zato Česká republika je začala využívat ve velké míře až v posledních letech. Používají se především u bezpečnostních složek státu např. policie, městská policie, kdy je požadavek mít tyto kamery ve vozidlech, jako součást uniformy, aby byl zabezpečen záznam přímo v terénu. Je to potřeba především z důvodu, kdy je nutné zaznamenat nějakou činnost při policejních akcích a mít tak důkaz pro usvědčení konkrétního jedince. Můžeme se s nimi také setkat na místech, jako jsou např. významné akce a události, místa ohrožená vandalismem či krádežemi nebo v místech postižených mimořádnou událostí, jako jsou povodně, požáry, vichřice, zemětřesení aj. Ovšem s rostoucími požadavky na mobilní kamerové systémy souvisí celá řada problémů, mezi které patří legislativní a normativní podmínky, technické řešení apod. Tyto problémy mohou pak uživatele při konkrétních činnostech omezovat.

Cílem diplomové práce je popsat v teoretické části právní rámec pro použití mobilních kamerových systémů, technické požadavky na tyto systémy a metodiky měření základních technických parametrů. Výstupem praktické části je pak návrh laboratorního pracoviště v laboratořích FAI UTB zpracovaný na základě měření, vytvoření laboratorní úlohy a následně zpracování konkrétního protokolu pro výuku.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 ANALÝZA PRÁVNÍHO RÁMCE POUŽITÍ SLEDOVACÍCH KAMEROVÝCH SYSTÉMŮ

V současnosti lidé nemají moc kladných názorů na kamerové systémy. Ale i přes tyto názory se kamerové systémy ve městech stále více a více zavádějí a rozšiřují. Lidé se tak začínají více obávat o svoje soukromí. Mají obavu, jestli je někdo nesleduje a nedělá si záznamy o jejich osobě. Proto se jich hodně zajímá, zda se dá proti tomu nějak bránit. Přece nikdo nechce být někým neustále hlídán a kontrolován, tak jako se to dělo v nejmenovaném televizním pořadu. Tohoto pořadu se lidé dobrovolně účastnili a nechali se sledovat kamerami 24 hodin denně. Ten soutěžící, který vydržel nejdéle, si odnesl finanční odměnu. Aby se podobná situace nestávala i v běžném denním životě a my neměli obavu z neoprávněných záznamů, uvádím níže zákony zabývající se touto problematikou.

## 1.1 Právní rámec pořizování zvukových a obrazových záznamů u Městské policie

### Zákon č. 553/1991 Sb. o obecní policii (§ 24b);

(1) Obecní policie je oprávněna, je-li to potřebné pro plnění jejich úkolů podle tohoto nebo jiného zákona, pořizovat zvukové, obrazové nebo jiné záznamy z míst veřejně přístupných, popřípadě též zvukové, obrazové nebo jiné záznamy o průběhu zákroku nebo úkonu.

(2) Jsou-li k pořizování záznamů podle odstavce 1 zřízeny stálé automatické technické systémy, je obecní policie povinna informace o zřízení takových systémů vhodným způsobem uveřejnit.

### Vysvětlení k bodu 1

Tímto ustanovením je obecní policie zmocněna pořizovat zvukové, obrazové a jiné záznamy, za předpokladu, že je to potřebné pro plnění jejich úkolů. Zákonnou podmínkou je, že takové záznamy budou výhradně jen z míst veřejně přístupných [9].

Podle zákona je úkolem obecní policie zabezpečování místních záležitostí veřejného pořádku a strážníci přitom přispívají k ochraně bezpečnosti osob a majetku, odhalují přestupky a jiné správní delikty, dohlíží na dodržování pravidel občanského soužití a rovněž v rozsahu stanoveném zákonem nebo zvláštním zákonem se podílí na dohledu na bezpečnost a plynulost provozu na pozemních komunikacích, dohlíží na dodržování

obecně závazných vyhlášek a nařízení obce, podílí se na dodržování právních předpisů o ochraně veřejného pořádku a v rozsahu svých povinností a oprávnění stanovených zákonem nebo zvláštním zákonem činí opatření k jeho obnovení, provádí dohled nad dodržováním čistoty na veřejných prostranstvích v obci a podílí se i na prevenci kriminality v obci [9].

Obecní policií současně provozované městské kamerové systémy výrazným způsobem přispívají k plnění výše uvedených úkolů obecní police, ale rovněž v případě, že již k protiprávnímu jednání došlo, dokumentační materiály pořízených záznamů přispívají k odhalení jejich pachatelů, a to jak přestupků, jiných správních deliktů, tak i trestných činů. Preventivní význam takových zařízení je zcela nesporný [9].

Obecní policie je oprávněna rovněž pořizovat zvukové, obrazové, případně i jiné záznamy o průběhu zákroků nebo úkonu, který je strážníky realizován při plnění úkolů obecní policie. V tomto případě již zákon provádění takových záznamů neomezuje výhradně jen na místa veřejně přístupná, ale pokud takový zákrok nebo úkon strážníků probíhá i mimo místa veřejně přístupná, je možno jej monitorovat. Vzhledem k tomu, že se jedná o zákonné zmocnění, obecní policie nemá povinnost upozorňovat přítomné osoby (a to ani ty, kterých se zákrok nebo úkon nijak nedotýká) o skutečnosti, že záznam je prováděn. Na druhou stranu je však nezbytné zdůraznit, že v mnoha případech, kdy lze očekávat při zákroku nebo úkonu určitý odpor osob, proti kterým je zákrok nebo úkon veden, bude z psychologického hlediska vhodné předem takové osoby upozornit, že průběh zákroku je monitorován. Tímto způsobem je možno předejít odporu a násilí, případně eliminovat již předem snahu o útoky na strážníka a dosáhnout úspěšné realizace zákroků nebo úkonu.

Pořizování záznamu průběhu zákroků či úkonů bude sehrávat významnou roli i při řešení případných stížností na jejich neadekvátnost, resp. Namítanou protiprávnost a porušení zákona [9].

### **Vysvětlení k bodu 2**

Pokud jsou pořizovány záznamy realizované v rozsahu uvedeném v odstavci 1 jako stále automatické systémy (např. již zmiňované městské dohlížecí kamerové systémy), zákon stanoví obecní policii povinnost vhodným způsobem zveřejnit informace o zřízení takových systémů [9].

Zákonná úprava podrobněji způsobem informace nestanoví a ponechává plně na zvážení, jakým způsobem a v jakém rozsahu budou informace o zřízení stálých záznamových systémů zveřejněny. Jako vhodný způsob lze doporučit zveřejnění takové informace nejen jejím vyvěšením na úřední desce obecního úřadu, ale i jiným vhodným způsobem, který je v dané obci obvyklý (např. místní zpravodaj, který je dodáván do každé domácnosti, pomocí provozované kabelové televize apod.). V každém případě by bylo vhodné informaci o tom, že daný prostor je monitorován, dát k dispozici i ostatním návštěvníkům obce, kteří nemají v obci trvalé bydliště (např. informaci při vjezdu do města, že v tomto městě je realizován kamerový dohlížecí systém, což se jeví jako výhodnější než upozorněním přímo na monitorovaném místě nějakou vývěskou apod.). Tady je opět nutno zdůraznit, že kamerové a další monitorovací systémy by měly v prvé řadě plnit preventivní funkci a tedy odradit potenciální pachatele trestné činnosti, aby se v daném městě protiprávního jednání vyvarovali. To je smyslem činnosti obecní policie, jejímž úkolem je zabezpečování místních záležitostí veřejného pořádku a zcela nesporně provozováním dohlížecích kamerových systémů obecní policie k ochraně a bezpečnosti osob a majetku přispívá [9].

Vzhledem k tomu, že v zákonné úpravě je stanovena povinnost informovat o zřízení stálých automatických technických systémů k pořizování záznamů z míst veřejně přístupných, lze odvodit, že taková informace musí být podána jen při zřízení takových systémů, ale již se nevztahuje na povinnost podávat informace o jejich provozování. Pokud tedy obecní policie již takové stálé kamerové systémy provozuje na určitých úsecích v katastru obce, není povinna informace podle odst. 2 podávat. Musí tak učinit pouze v případě, že stálý kamerový systém rozšíří do jiných míst obce.

Pokud obecní policie bude provozovat mobilní kamerové systémy, ze zákona nevyplývá povinnost informace o provozování takových systémů zveřejňovat [9].

## **1.2 Právní rámec pořizování zvukových a obrazových záznamů u Policie České republiky**

**Zákon č. 283/1991 Sb.**

**§62**

(1) Policie může, je-li to nezbytné pro plnění jejích úkolů, pořizovat zvukové, obrazové nebo jiné záznamy osob a věcí nacházejících se na místech veřejně přístupných a zvukové, obrazové nebo jiné záznamy o průběhu úkonu.

(2) Jsou-li k pořizování záznamů podle odstavce 1 zřízeny stálé automatické technické systémy, policie informace o zřízení takových systémů vhodným způsobem uveřejnit [10].

### **1.3 Právní rámec pořizování zvukových a obrazových záznamů na zařízení určené k prevenci a odhalení viníka autonehody**

Při využívání jakýchkoliv kamerových systémů obecně se musí vždy v první řadě dodržet zákon č. 101/2000 Sb. o ochraně osobních údajů.

Mobilní kamerové systémy určené k prevenci a odhalení viníka autonehod (černé skřínky) nejsou standardní kamerové systémy. Mezi zákony nelze nikde najít zákonné pojednání přímo pro tyto systémy. Při používání černých skříněk na bázi kamerového systému, by tak mělo být dodrženo alespoň 5 níže uvedených doporučení:

- Vozidlo opatřené kamerovým systémem, na stav musí osoby v jeho blízkosti upozornit příslušným označením.
- Zařízení musí pracovat plně automaticky.
- Záznam se musí automaticky v časové smyčce přemazávat, maximální doba záznamu by neměla být delší než je nezbytné.
- Záznam se smí prohlížet pouze za účelem zjištění příčin dopravní nehody.
- Záznam se nesmí nijak dodatečně upravovat [11].

### **1.4 Právní rámec možnosti instalace ve vozidle**

Konkrétně se nikde nehovoří o možnosti instalace mobilních kamerových systémů do vozidla. Je nutné se držet všech platných zákonů a vyhlášek. Vyhláška 341/2002 Sb. ministerstva dopravy spojů ze dne 11. Července 2002 o schválení technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích. V této vyhlášce v § 34 je uvedeno následující: „V zorném poli řidiče nesmí být umístěny žádné předměty (např. okrasné a upomínkové předměty), které by omezovaly výhled řidiče všemi směry, s výjimkou schválených označení určených k umístění na skla vozidla. Tato podmínka neplatí pro zadní skla vozidel kategorie M3. Výhled zadním sklem vozidla kategorie M1

může být částečně snížen schváleným příslušenstvím nebo přepravovanými předměty, avšak jen za podmínky, že je vozidlo vybaveno pravým vnějším zpětným zrcátkem homologovaného nebo schváleného typu“ [12].

Kamery se v současnosti umísťují do zákrytu zpětného zrcátka na čelním skle, do nárazníku vozidla nebo do přední masky vozidla.

### **1.5 Právní rámec pro použití kamerového systému v panelovém domě**

Užití kamerového systému je možné s využitím ustanovení §5 ods. 2 písm. e) zákona č. 101/2000Sb. o ochraně osobních údajů. Údaje uchované na záznamovém zařízení, ať obrazové či zvukové, jsou osobními údaji za předpokladu, že na základě těchto záznamů lze přímo či nepřímo identifikovat konkrétní fyzickou osobu. Fyzická osoba je identifikovatelná, pokud ze snímku na němž je zachycena, jsou patrné její charakteristické rozpoznávací znaky, zejména obličej. Z toho vyplývá, že zřízení a provozování kamerového systému není jednoduchou záležitostí [13].

Z legislativního hlediska je kamerový systém použitelný v případech, kdy jsou všechny ostatní formy zabezpečení objektu vyčerpány, nebo jsou-li nevhodné či nedostačující. Vždy je však nutné v nejvyšší možné míře zachovat soukromí osob a zvážit, je-li ochrana majetku, zdraví nebo života důležitější než narušení soukromí dotčených osob.

Pro panelové či bytové domy a jejich společné prostory je zavedení bezpečnostního kamerového systému vhodnou, ne však jedinou, formou spolehlivé prevence vandalismu a kriminality. Pokud se ho rozhodneme nainstalovat, je nutné dodržovat tyto zásady:

- Všichni obyvatelé domu musí být seznámeni se záměrem instalace kamerového systému.
- V případě umístění kamer do společných prostor – například do sklepů, koláren, vestibulů atd., je potřeba souhlas nadpoloviční většiny dotčených obyvatel.
- Pokud budou kamery monitorovat také hlavní a vedlejší vchody, chodby směřující k bytům, výtahy apod., je nutný souhlas všech dotčených obyvatel.
- Střežený objekt musí být označen na všech přístupových místech nápisem, že „objekt je monitorován bezpečnostním kamerovým systémem“.



- Pro majitele dohledového systému platí ohlašovací povinnost na ÚOOÚ. To platí, je-li ukládán videozáznam pro další zpracování. V případě porušení zákona hrozí vysoké sankce až do výše 10 milionů korun.
- Režim kamerového systému musí odpovídat zákonu o ochraně osobních údajů [14].

## 1.6 Právní rámec pro použití kamerového systému na pracovišti

Používání kamerového systému musí být zaregistrováno u Úřadu pro ochranu osobních údajů a ten se řídí zákonem č. 101/2000 Sb. o ochraně osobních údajů. Pokud se úřad do třiceti dnů od podání registračního formuláře k věci nevyjádří, lze systém spustit. V žádosti obvykle bývá jako důvod pro instalaci kamerového systému uvedena ochrana vlastnického práva v areálu podniku, případně k věcem zaměstnanců či zákazníků. K uvedenému účelu by měly být i používány.

Kamery by neměly nadměrně zasahovat do soukromí zaměstnanců a návštěvníků, pracovní výkony lze kontrolovat pouze přiměřenými prostředky, jako je například osobní dohled. Lze však kontrolovat, zda na pracovišti nejsou porušovány zákazy, jako např. kouření, konzumace alkoholu či požívání omamných látek. Záznam z kamery lze využít i jako důkaz porušení pracovní kázně. Kamerový systém na pracovišti by měl sloužit hlavně k ochraně majetku.

Zaměstnavatel je povinen zaměstnance informovat o tom, že prostory jsou snímány kamerovým systémem, nejlépe informativní cedulí. Nelze umísťovat skryté kamery. Pokud jsou přijímáni noví zaměstnanci, musí o této skutečnosti vědět ještě před nástupem do práce. Jestliže byl systém nově zaváděn, musí o tom být všichni informováni ještě před uvedením do provozu.

Zaměstnavatel tedy může kontrolovat, zda nedochází ke škodám a hrubému porušení pracovní kázně, nemůže však postihovat pracovní tempo, pokud je řádně využívána pracovní doba. Zaměstnanci navíc mají právo na přístup k zaznamenaným snímkům.

Jsou-li kamery i v šatnách třeba kvůli krádežím, měl by být vymezen prostor, kde je možné se beze svědků převléknout. V případě, že zaměstnanec není o kamerovém systému informován, může požadovat omluvu nebo odškodnění u soudu [15].

## 2 TECHNICKÉ POŽADAVKY NA MOBILNÍ KAMEROVÉ SYSTÉMY

Mobilní kamerové systémy se v současnosti využívají snad kdekoliv. Dají se tedy použít jak ve vnitřním prostředí, tak ve venkovním. V každém prostředí panují různé klimatické podmínky a s těma se musí počítat při návrhu systému. Jestliže budeme vědět, v jakém provozním prostředí bude systém pracovat, můžeme určit jeho technické požadavky. Proto každý mobilní kamerový systém, než přijde na trh, musí projít danými provozními a odolnostními zkouškami a dle toho jsou zařazeny do jednotlivých kategorií. Tyto zkoušky jsou prováděny dle normy ČSN EN 50130-5 (Poplachové systémy – Část 5: Metody zkoušek vlivů prostředí) a ČSN EN 50130-4 (Poplachové systémy – Část 4: Elektromagnetická kompatibilita).

Provozní zkoušky jsou dobré k tomu, že se snaží vytvořit odpovídající provozní podmínky zkoušeného systému. Účelem je prokázat schopnost zařízení odolávat a správně pracovat v normálním provozním prostředí anebo prokázat odolnost zařízení vůči určitým stanoviskům tohoto prostředí. Funkčnost systému je zde v průběhu monitorována a může být i funkčně ověřována [16].

Odolnostní zkoušky jsou mnohem přísnější, než jsou normální provozní podmínky systému. Účelem je urychlit účinek normálního provozního prostředí, aby zařízení prokázalo schopnost odolávat dlouhotrvajícím účinkům provozního prostředí. Zkoumají se zde dlouhotrvající jevy. Při těchto zkouškách není systém napájen ani monitorován [16].

### 2.1 Třídy prostředí

Před každým výběrem mobilního kamerového systému je důležité si uvědomit, v jakém prostředí ho budeme používat. Každé prostředí má svoje specifické požadavky na systém a jeho funkčnost. Proto vznikla norma specifikující zkoušky a přísnosti, které mají být použity pro každou z následujících tříd prostředí:

- Prostor třídy I - Vnitřní, ale omezené na prostředí bytů a kanceláří (např. obytné místnosti a kanceláře).
- Prostor třídy II - Vnitřní všeobecné (např. prodejní podlaží, obchody, restaurace, schodiště, výrobní a montážní plochy, vstupní a skladovací místnosti).

- Prostředí třídy III - Venkovní (vnější), které jsou však chráněny proti přímému dešti a slunci, nebo vnitřní prostory s extrémními podmínkami prostředí (např. garáže, pudy, stodoly a překladiště).
- Prostředí třídy IV - Venkovní (vnější) všeobecné.

Třídy prostředí I, II, III a IV jsou vzestupně přísnější (např. zařízení třídy IV může být použito v aplikaci třídy III atd.). U tříd III a IV může být přidána speciální přípona „A“ (např. IIIA a IVA), aby pokryla zvláštní chladné podmínky nacházející se v nejsevernějších oblastech Evropy [16].

## 2.2 Teplotně technické požadavky

Mobilní kamerový systém se může pohybovat ve všech třídách prostředí a tzn., že se dostane do styku jak s teplotami kladnými tak i se zápornými. Občas se taky může stát nečekaným svědkem teplotního extrému. Aby se předešlo poškození systému, dělá se několik typů zkoušek na různé teplotní stavy, kterými se zabývá tato kapitola.

### 2.2.1 Suché teplo

Zařízení podrobující se zkoušce suchým teplem, musí projít oběma zkouškami (provozní, odolnostní). Každá ze zkoušek má svůj daný účel. U provozní zkoušky zařízení se dokazuje, zda odolá vysokým teplotám okolí, které se mohou krátkodobě vyskytnout v jeho typickém provozním prostředí. Zato odolnostní zkouška je zásadně odlišná tím, že zařízení musí prokázat schopnost správně odolávat dlouhodobým vlivům stárnutí. Tato zkouška je časově náročnější než provozní.

#### 2.2.1.1 Provozní zkouška

Provozní zkouška suchým teplem začíná tím, že se nejprve provede počáteční měření zařízení, poté se nainstaluje a umístí do konfigurace. Následně se uvede do funkčního stavu.

Samotná zkouška je pak realizována tak, že se zařízení vystaví vysoké teplotě na dostatečně dlouhou dobu.

Tab. 1 Přehled hodnot pro provozní zkoušky suchým teplem [16]

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné		
Třída prostředí	I	II a III	IV
Teplota (°C)	40	55	70 <sup>1)</sup>
Trvání (h)	16	16	16
<sup>1)</sup> Zkouška při 70 °C zahrnuje takto zjednodušeně vliv tepelného záření od slunce. Pokud tento jednoduchý prostředek není vhodný, tak místo něho může být použita provozní zkouška Simulovaného slunečního záření, teplotní nárůst.			

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje za účelem detekovat jakoukoliv změnu stavu. Jakákoliv další měření, která se budou provádět v průběhu zkoušky, vyžaduje-li to výrobová norma, musí být prováděna během poslední půl hodiny periody zkoušky.

Po aklimatizaci nejméně jednu hodinu při standardních laboratorních podmínkách se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobová norma [16].

### 2.2.1.2 Odolnostní zkouška

Před začátkem zkoušky se opět zařízení podrobí počátečním měřením a poté se nainstaluje, tak jak je specifikováno ve výrobové normě. Během zkoušky nesmí být zařízení napájeno.

Samotná zkouška se pak provede vystavením zařízení vysoké teplotě po dlouhou dobu k urychlení vlivu stárnutí.

Tab. 2 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky suchým teplem [16]

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné	
Třída prostředí	I, II a III	IV
Teplota (°C)	70 <sup>1)</sup>	
Trvání (dny)	Není zkouška	21
<sup>1)</sup> Zkouška při 70 °C zahrnuje takto zjednodušeně vliv tepelného záření od slunce. Pokud tento jednoduchý prostředek není vhodný, tak místo něho může být použita provozní zkouška Simulovaného slunečního záření, teplotní nárůst.		

V průběhu zkoušky se neprovádí žádná potřebná měření.

Po aklimatizaci nejméně jednu hodinu při standardních laboratorních podmínkách se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobová norma [16].

## 2.2.2 Chlad

Na zařízení špatně působí vysoké teploty (uvedeno výše), ale i nízké teploty. Proto zařízení musí projít zkouškou proti chladu. Podle dané normy se provádí jen provozní zkouška. V této zkoušce je důležité zjistit, jestli bude zařízení pracovat správně v příslušných nízkých okolních teplotách, které se předpokládají k danému provoznímu prostředí.

### 2.2.2.1 Provozní zkouška

Před začátkem zkoušky zařízení se nejprve provedou počáteční měření, poté se nainstaluje a umístí do konfigurace. Následně se uvede do funkčního stavu.

Samotná zkouška spočívá v tom, že se zařízení vystaví nízké teplotě na dostatečně dlouhou dobu. Poté se musí počkat na teplotní ustálení a provedou se funkční zkoušky z probíhajícího monitorování.

Tab. 3 Přehled hodnot pro provozní zkoušky chladem [16]

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné		
Třída prostředí	I	II	III a IV
Teplota (°C)	+5	-10	-25 <sup>1)</sup>
Trvání (h)	16	16	16

<sup>1)</sup> Pro třídy IIIA a IVA se použije teplota -40°C

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje za účelem detekovat jakoukoliv změnu stavu. Jakákoliv další měření, která se budou provádět v průběhu zkoušky, vyžaduje-li je výrobová norma, musí být prováděna během poslední půl hodiny celkové doby zkoušky.

Po aklimatizaci nejméně 1 hodinu při standardních laboratorních podmínkách se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobová norma [16].

## 2.2.3 Změna teploty

U většiny mobilních zařízení je velká pravděpodobnost, že se budou vyskytovat v prostředí, kde se bude rychle měnit teplota. Pro tyto případy se dělá provozní zkouška, která zjišťuje, jestli je přenosné (mobilní) zařízení schopno správně pracovat v prostředí s rychle měnícími teplotními podmínkami, když je přenášeno mezi běžným a chladným okolním prostředím.

### 2.2.3.1 Provozní zkouška

Přenosné zařízení se před začátkem zkoušky podrobí počátečnímu měření, poté se opět nainstaluje a umístí do konfigurace. Následně se uvede do funkčního stavu.

Samotná zkouška se provádí vystavením přenosného zařízení postupným změnám teploty. To se děje přemísťováním zařízení z jedné komory do druhé. V jedné komoře je běžné prostředí a ve druhé komoře chladné prostředí. Rozdíly teplot v komorách pro jednotlivé třídy prostředí jsou uvedené v tab. 4.

Tab. 4 Přehled hodnot pro provozní zkoušky změnou teploty [16]

Třída zařízení	Přenosné		
	I	II	III a IV
Třída prostředí			
Nízká teplota $T_A$ (°C)	+5	-10	-25 <sup>1)</sup>
Vysoká teplota $T_B$ (°C)	+30	+30	+30
Doba trvání $t_1$ (h)	1	1	1
Doba přemístění $t_2$ (min)	2 - 3	2 - 3	2 - 3
Počet cyklů	4	4	4
<sup>1)</sup> Pro třídy IIIA a IVA se použije teplota -40°C			

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu. Jakákoliv další měření, která se budou provádět v průběhu zkoušky, vyžaduje-li je výrobová norma, musí být prováděna během prvních 10 minut doby posledního cyklu celé zkoušky.

Po aklimatizaci nejméně jednu hodinu při standardních laboratorních podmínkách se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobová norma [16].

### 2.2.4 Vlhké teplo konstantní

Teplo není vždy jen suché. Musí se myslet na to, že v daném prostředí je i určitá vlhkost. Proto se u zařízení provádí zkouška vlhkého tepla konstantního (provozní, odolnostní). U provozní zkoušky je důležité prokázat správnou funkčnost zařízení při vysoké relativní vlhkosti (bez kondenzace), která se může krátkodobě vyskytnout v předpokládaném provozním prostředí. Zato odolnostní zkouška se liší od provozní tím, že zařízení musí prokázat odolnost proti dlouhodobým účinkům vlhkosti v provozním prostředí (např.

změny elektrických vlastností způsobených absorpcí, chemické reakce umocněné vlhkostí, galvanická koroze atd.). Tato zkouška je časově náročnější.

#### 2.2.4.1 Provozní zkouška

Před začátkem zkoušky se provedou počáteční měření. Poté se zařízení nainstaluje a umístí do konfigurace. Následně se uvede do funkčního stavu.

Samotná zkouška se provede vystavením zařízení konstantní teplotě s vysokou relativní vlhkostí takovým způsobem, že se na zařízení nevyskytuje kondenzace. Doba měření musí být zvolena správně, aby se mohly definovat poruchové vlivy způsobené absorpcí.

Tab. 5 Přehled hodnot pro provozní zkoušky vlhkým teplem konstantním [16]

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné	
Třída prostředí	I	II, III a IV
Teplota (°C)	40	Není zkouška <sup>1)</sup>
Relativní vlhkost (%)	93	
Trvání (dny)	4	
<sup>1)</sup> Tento stav je pokryt vlhkým teplem cyklickým (funkční zkouška). Pokud není taková zkouška vlhkým teplem cyklickým provedena, pak zkouška označena pro třídu prostředí I má být provedena pro třídy II, III a IV.		

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu. Jakákoliv další měření, která se budou provádět v průběhu zkoušky, vyžaduje-li je výrobová norma, musí být prováděna během poslední půl hodiny celkové doby zkoušky.

Po aklimatizaci nejméně 1 hodinu při standardních laboratorních podmínkách se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobová norma [16].

#### 2.2.4.2 Odolnostní zkouška

Zařízení se před začátkem zkoušky podrobí počátečnímu měření a poté se nainstaluje, jak je specifikováno ve výrobové normě. Během zkoušky nesmí být zařízení napájeno.

Samotná zkouška se provede vystavením zařízení konstantní teplotě s vysokou relativní vlhkostí takovým způsobem, že se na zařízení nevyskytuje kondenzace. Dlouhá doba měření se volí důkladně, aby se projevil vlivy způsobené absorpcí a chemickými změnami.

Tab. 6 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky vlhkým teplem konstantním [16]

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné
Třída prostředí	I, II, III a IV
Teplota (°C)	40
Relativní vlhkost (%)	93
Trvání (dny)	21

V průběhu zkoušky se neprovádí žádná potřebná měření.

Po aklimatizaci nejméně jednu hodinu při standardních laboratorních podmínkách se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobová norma [16].

### 2.2.5 Vlhké teplo cyklické

Zkoušky vlhkého tepla cyklického jsou podobné jako zkoušky vlhkého tepla konstantního jen s rozdíly, že se provádí v cyklech a teplota se pohybuje mezi daným rozmezím kvůli výskytu kondenzace. U provozní zkoušky zařízení je účelem zjistit, jestli bude správně pracovat při vysoké relativní vlhkosti vzduchu s výskytem kondenzace na zařízení. Zato odolnostní zkouška je zásadně odlišná od provozní tím, že zařízení musí prokázat schopnost dlouhodobě odolávat vlivu vysoké vlhkosti a kondenzace.

#### 2.2.5.1 Provozní zkouška

Před začátkem zkoušky zařízení se provede počáteční měření, poté se zařízení nainstaluje a umístí do konfigurace. Následně se uvede do funkčního stavu.

Samotná zkouška sestává z vystavení zařízení cyklickým změnám teploty mezi 25°C a příslušnou horní teplotou (40°C nebo 50°C). Relativní vlhkost je během fáze vysoké teploty udržována při (93 ±3) %. Za fáze nízké teploty a fáze změny teploty je relativní vlhkost nad 95%. Nárůsty teploty jsou tak vysoké, že by se na povrchu zařízení měla objevit kondenzace.

Tab. 7 Přehled hodnot pro provozní zkoušky vlhkým teplem cyklickým [16]

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné		
Třída prostředí	I	II	III a IV
Horní teplota (°C)	Není zkouška	40	55
Cykly		2	2



V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu. Jakákoliv další měření, která se budou provádět v průběhu zkoušky, vyžaduje-li je výrobní norma, musí být prováděna během poslední půl hodiny doby posledního cyklu vysoké teploty.

Po aklimatizaci se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobní norma [16].

### 2.2.5.2 Odolnostní zkouška

Před začátkem zkoušky se zařízení podrobí počátečním měřením a poté se zařízení nainstaluje, tak jak je specifikováno ve výrobní normě. Během zkoušky nesmí být zařízení napájeno.

Samotná zkouška se provádí z vystavení zařízení cyklickým změnám teploty mezi 25°C a 55°C. Relativní vlhkost je během fáze vysoké teploty udržována při (93 ±3) %. Za fáze nízké teploty a fáze změny teploty je relativní vlhkost nad 95%. Nárůsty teploty jsou tak vysoké, že by se na povrchu zařízení měla objevit kondenzace.

Tab. 8 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky vlhkým teplem cyklickým [16]

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné	
Třída prostředí	I a II	III a IV
Horní teplota (°C)	Není zkouška	55
Cykly		6

V průběhu zkoušky se neprovádí žádná potřebná měření.

Po aklimatizaci se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobní norma [16].

### 2.2.6 Simulované sluneční záření

Zkouška simulovaným slunečním zářením se dělí na provozní zkoušku (teplotní nárůst) a na odolnostní zkoušku (povrchová degenerace). Provozní zkouška (teplotní nárůst) se může použít jako alternativa místo provozní i odolnostní zkoušky suchým teplem pro třídu IV. Běžně stačí zkouška suchým teplem, ale jestliže tato nebere v úvahu jako vhodná simulace vlivu tepelného záření ze slunce, (např. kdy zařízení má sluneční kryt) má být použita provozní zkouška (teplotní nárůst). U této zkoušky se dokazuje schopnost správné

funkčnosti zařízení, pokud je vystaveno tepelným vlivům slunečního záření za podmínek vyzkoušených na povrchu země. Odolnostní zkouška (povrchová degenerace) by měla být použita pouze tam, kde je potřeba hodnotit specifické materiály nebo prvky pro které se degenerace způsobená slunečním zářením považuje být kritická. U této zkoušky se prokazuje schopnost povrchu zařízení odolávat vlivům povrchové degenerace slunečním zářením za podmínek, které jsou vyzkoušené na povrchu země.

### 2.2.6.1 Provozní zkouška (teplotní nárůst)

Před začátkem zkoušky zařízení se provede počáteční měření, poté se nainstaluje a umístí do konfigurace. Následně se uvede do funkčního stavu.

Samotná zkouška sestává z vystavení zařízení pod ozáření  $1120 \text{ W.m}^{-2}$  a pozvolné změny okolní teploty. Obojí se musí dít v každodenním cyklu. Předmětem zkoušky jsou pouze tepelné vlivy způsobené slunečním zářením. Může se použít jakékoliv spektrální rozložení zdroje záření, jestliže bude provedena korekce na absorpční faktor zařízení.

Tab. 9 Přehled hodnot pro provozní zkoušky (teplotní nárůst) simulovaným slunečním zářením [16]

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné	
Třída prostředí	I, II a III	IV
Teplota (°C)	Není zkouška	40
Trvání (h)		2 x 24

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu. Jakákoliv další měření, která se budou provádět v průběhu zkoušky, vyžaduje-li je výrobová norma, musí být prováděna během poslední půl hodiny celkové doby zkoušky.

Po aklimatizaci nejméně jednu hodinu při standardních laboratorních podmínkách se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobová norma [16].

### 2.2.6.2 Odolnostní zkouška (povrchová degenerace)

Před začátkem zkoušky se zařízení podrobí počátečním měřením a poté se zařízení nainstaluje, jak je specifikováno ve výrobové normě. Během zkoušky nesmí být zařízení napájeno.

Zkouška se provede z vystavení zařízení pod ozáření  $1120 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ . Použitý je xenonový zdroj záření a je postaven tak, aby vytvářel směr dopadajícího záření  $90^\circ$  kolmo k ose zařízení.

*Tab. 10 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky (povrchová degenerace) simulovaným slunečním zářením [16]*

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné	
Třída prostředí	I, II a III	IV
Teplota ( $^\circ\text{C}$ )	Není zkouška	40
Trvání (dny)		10

V průběhu zkoušky se neprovádí žádná potřebná měření.

Po aklimatizaci nejméně jednu hodinu při standardních laboratorních podmínkách se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobková norma [16].

## 2.3 Technické požadavky proti vniknutí vody a prachu

Mezi další důležité technické požadavky na mobilní kamerové systémy určitě patří odolnost proti vniknutí vody a prachu. Aby se předešlo nějakému poškození nebo omezení funkčnosti zařízení těmito vlivy, každé zařízení musí projít jednotlivými zkouškami.

### 2.3.1 Vniknutí vody

Tato zkouška se provádí hlavně u zařízení, které se pravděpodobně dostanou do styku nebo do blízkosti s vodou. Kdyby se do zařízení dostala voda, mohlo by to mít špatný vliv na správnou funkčnost a v horším případě k úplnému poškození zařízení. Proto se provádí provozní zkouška, která musí prokázat správnou schopnost zařízení odolávat proti vniknutí vody.

#### 2.3.1.1 Provozní zkouška

Před začátkem zkoušky se zařízení podrobí počátečním měřením a následně na to se zařízení nainstaluje, tak jak je specifikováno ve výrobkové normě. Zařízení musí být instalováno v dané orientaci popsané v instalačním návodu výrobce s použitím jakéhokoliv příslušenství ochrany proti vodě, kterým je opatřen a příslušným kabelem a kabelovou ucpávkou aj.

Samotná zkouška se pak provede vystavením zařízení vodě a to různými způsoby v závislosti na požadované ochraně (např. padající kapky až  $15^\circ$  od svislice, voda rozstříkovaná ze všech možných směrů nebo pro přenosné přístroje, které výrobce specifikuje jako odolné k ponoření nebo úplnému ponoření).

Odolnost zařízení proti vniknutí vodě se rozděluje na 3 zkušební postupy:

- Pro kapající vodu (zkouška Ra2).
- Pro rozstříkovanou vodu (zkouška Rb2.1 nebo Rb2.2).
- Pro úplné ponoření (zkouška Rc1).

Tab. 11 Přehled hodnot pro provozní zkoušky proti vniknutí vody pro pevné a přemístitelné zařízení [16]

Třída zařízení	Pevné a přemístitelné			
Třída prostředí	I a II	III	IV	
Zkušební postup	Není zkouška	Ra2	Rb2.1 nebo Rb2.2	
Úhel vychýlení vzorku, $\alpha$ ( $^\circ$ )		15		
Intenzita ( $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ )		200 až 300		
Úhel rozstříkování, $\alpha$ ( $^\circ$ )			$\pm 90$	$\pm 180^{1)}$
Úhel oscilace trubice, $\beta$ ( $^\circ$ )			$\pm 180$	
Průtok vody/tryska ( $\text{dm}^3\cdot\text{min}^{-1}$ )			0.10	
Průměr ústní trysky (mm)			0.40	
Průtok vody ( $\text{dm}^3\cdot\text{min}^{-1}$ )				10
Trvání (min)		10	10	15 <sup>2)</sup>
Klasifikace podobná IEC 60529			IPX2	IPX4

<sup>1)</sup> Ze všech směrů s odstraněným krytem.  
<sup>2)</sup> 3minuty na  $\text{m}^2$  plochy povrchu s minimální dobou 15 minut.

Tab. 12 Přehled hodnot pro provozní zkoušky proti vniknutí vody pro přenosné zařízení [16]

Třída zařízení	Přenosné		
Třída prostředí	I a II	III a IV	Volitelná <sup>1)</sup>
Zkušební postup	Ra2	Rb2.1 nebo Rb2.2	Rc1
Úhel vychýlení vzorku, $\alpha$ ( $^\circ$ )	15		
Intenzita ( $\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ )	200 až 300		
Úhel rozstříkování, $\alpha$ ( $^\circ$ )		$\pm 90$	$\pm 180^{2)}$
Úhel oscilace trubice, $\beta$ ( $^\circ$ )		$\pm 180$	
Průtok vody/tryska ( $\text{dm}^3\cdot\text{min}^{-1}$ )		0.10	

Průměr ústní trysky (mm)		0.40		
Průtok vody ( $\text{dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ )			10	
Ponoření (m)				0.40
Trvání (min)	10	10	15 <sup>3)</sup>	30
Klasifikace podobná IEC 60529	IPX2	IPX4		IPX7
<sup>1)</sup> Tato přísnost musí být použita, pokud výrobce uvádí, že zařízení je odolné ponoření do vody. <sup>2)</sup> Ze všech směrů s odstraněným krytem. <sup>3)</sup> 3minuty na $\text{m}^2$ plochy povrchu s minimální dobou 15 minut.				

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu.

Po zkoušce se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobová norma a prohlédne se, jestli nevnikla voda [16].

### 2.3.2 Prachotěsnost

U zkoušky prachotěsnosti se provádí jen odolnostní zkouška. Tato zkouška by se měla používat jen tam, kde je potřeba hodnotit specifické kryty, pro které se vnikání prachu považuje za kritické. Prokazuje se, jestli specifické kryty jsou odpovídajícím způsobem chráněny proti vnikání jemného prachu. Zkouška není vhodná pro simulaci přírodního nebo umělého prostředí.

#### 2.3.2.1 Odolnostní zkouška

Před začátkem zkoušky se zařízení podrobí počátečním měřením a následně na to se zařízení nainstaluje, tak jak je specifikováno ve výrobové normě. Zařízení musí být v nefunkčním stavu. Odpovídající specifikace se může odvolat na zařízení, které má být zapnuté a/ nebo fungovat během zkoušky. Měla by se provést kontrola ucpávek a dalších ochranných prostředků proti prachu, zda jsou umístěny podle výrobce. U zařízení musí být určeno, do jaké kategorie náleží.

- Kategorie 1: Pokles tlaku vzduchu v zařízení pod tlak okolní působí občasné funkce nebo změna okolního vzduchu. Tlak uvnitř zařízení je udržován pod okolním tlakem vzduchu pomocí vakuové pumpy.
- Kategorie 2: Pokles tlaku vzduchu v zařízení pod tlak okolní se nebude vyskytovat. Tady zařízení není připojeno k vakuové pumpě.

Zkouška se provede vystavením zařízení koncentrovanému proudu prachu, který obsahuje vymezené velikosti částic. Zařízení určité kategorie jsou testovány s vnitřním tlakem menším, než je okolní atmosférický tlak, aby se podpořilo vniknutí prášku. Specifikované množství prášku zajistí, že hustota prachu je vysoká a jednotná. Maximální velikost zrna je 75  $\mu\text{m}$ .

*Tab. 13 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky prachotěsnosti pro zařízení kategorie 1 [16]*

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné
Třída prostředí	(I, II, III a IV) <sup>1)</sup>
Podtlak (objem za h)	40 až 60
Trvání (h)	2
Podtlak maximum (kPa)	2
Trvání (h)	8
Klasifikace podobná IEC 60529	(IP5X nebo IP6X) <sup>2)</sup>
<sup>1)</sup> Zkouška smí být použita k jakékoliv třídě prostředí, ale volí se jen, je-li to nezbytné k hodnocení specifických krytí, pro které se vniknutí prachu považuje za kritické.	
<sup>2)</sup> V závislosti na odsouhlaseném kritériu vybraném výrobním výběrem.	

*Tab. 14 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky prachotěsnosti pro zařízení kategorie 2 [16]*

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné
Třída prostředí	(I, II, III a IV) <sup>1)</sup>
Trvání (h)	8
Klasifikace podobná IEC 60529	(IP5X nebo IP6X) <sup>2)</sup>
<sup>1)</sup> Zkouška smí být použita k jakékoliv třídě prostředí, ale volí se jen, je-li to nezbytné k hodnocení specifických krytí, pro které se vniknutí prachu považuje za kritické.	
<sup>2)</sup> V závislosti na odsouhlaseném kritériu vybraném výrobním výběrem.	

V průběhu zkoušky se neprovádí žádná potřebná měření.

Po aklimatizaci nejméně jednu hodinu při standardních laboratorních podmínkách se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobní norma [16].

## 2.4 Technické požadavky proti chemickým vlivům

V atmosféře je obsaženo rozmanité množství látek. Mezi těmito látkami je i pár látek co nám mohou poškodit nebo ovlivnit správnou funkčnost mobilních kamerových systémů. Proto by se měli zařízení podrobit zkouškám proti těmto látkám. Většinou se provádí jen

odolnostní zkoušky pro zjištění chování při dlouhodobém působení škodlivých vlivů. Látky, které nám mohou ovlivnit funkčnost zařízení, jsou uvedeny v této kapitole.

### 2.4.1 Oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>)

Jedna z látek co znečišťuje atmosféru je právě oxid siřičitý (SO<sub>2</sub>). Aby se předešlo nežádoucím problémům, musí se zařízení odzkoušet a zjistit, zda zařízení bude schopno správně odolávat provoznímu vlivu oxidu siřičitého jako znečišťovatele atmosféry.

#### 2.4.1.1 Odolnostní zkouška

Před začátkem zkoušky se zařízení podrobí počátečním měřením a následně se nainstaluje, tak jak je specifikováno ve výrobní normě. Zařízení nesmí být napájeno během zkoušky, ale musí mít připojené necínované měděné vodiče příslušného průměru k příslušným svorkám. Důvodem je, aby se ihned po skončení zkoušky mohla bez jakéhokoliv zapojování provést funkčnost zařízení.

Samotná zkouška se provede vystavením zařízení zkušební atmosféře obsahující oxid siřičitý při konstantní teplotě a vysoké relativní vlhkosti. Zkušební podmínky jsou nastavené tak, aby se udržovala teplota povrchu zařízení nad rosným bodem. Přítomnost hygroskopických látek na zařízení nebo podobných korozivních produktů může vést ke vzniku kondenzace.

Tab. 15 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky oxidem siřičitým (SO<sub>2</sub>) [16]

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné			
Třída prostředí	I	II	III	IV
Koncentrace oxidu siřičitého (ppm <sup>1)</sup> )	Není zkouška	25	25	25
Teplota (°C)		25	25	25
Relativní vlhkost (%)		93	93	93
Trvání (dny)		4	10	21
<sup>1)</sup> Objemově.				

V průběhu zkoušky se neprovádí žádná potřebná měření.

Ihned po zkoušce se zařízení podrobí sušící periodě 16 hodin při 40 °C a relativní vlhkosti ≤ 50 %. Následně se zařízení vystaví aklimatizační periodě nejméně 1 hodinu při standardních laboratorních podmínkách. Poté se podrobí závěrečným měřením, které

vyžaduje výrobní norma a prohlédne se, jestli nemá mechanické poškození z vnějšku i uvnitř [16].

## 2.4.2 Solná mlha cyklická

Dalším nepříjemným vlivem je určitě koroze zařízení a jeho částí. Aby se zjistilo, zda je zařízení odolné proti korozi, musí se provést zkouška solnou mlhou. U této odolnostní zkoušky se prokáže odpovídající úroveň ochrany proti korozi pro zařízení, které jsou vystaveny chemickým vlivům.

### 2.4.2.1 Odolnostní zkouška

Před začátkem zkoušky se zařízení podrobí počátečním měřením a následně se nainstaluje v určené poloze, podle požadavků výrobce v instalačním návodu s použitím veškerého příslušenství na ochranu proti vodě, příslušný kabel a kabelovou ucpávku. Zařízení během zkoušky nesmí být napájeno, ale musí mít připojené necínované měděné vodiče příslušného průměru k příslušným svorkám. Důvodem je, aby se ihned po skončení zkoušky mohla bez jakéhokoliv zapojování provést funkčnost zařízení.

Zkouška se začne nainstalováním zařízení do své normální polohy. Poté se vystaví specifickému počtu period rozstřikování solné mlhy, z nichž každá je následována ponecháním v podmínkách vlhka.

Tab. 16 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky solnou mlhou cyklickou [16]

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné	
Třída prostředí	I, II a III	IV
Celkové trvání (dny)	Není zkouška	28
Počet cyklů		4
Délka zkoušky solnou mlhou: Koncentrace soli (NaCl) (% <sup>1)</sup> )		5
pH slané roztoku		6.5 až 7.2
Teplota (°C)		15 až 35
Trvání cyklu (h)		2
Délka zkoušky vlhkého tepla: Teplota (°C)		40
Relativní vlhkost (%)		93
Trvání cyklu (h)		166
<sup>1)</sup> Váhové.		



V průběhu zkoušky se neprovádí žádná potřebná měření.

Po zkoušce se zařízení nechá chladnout za standardních laboratorních podmínek 1 – 2 hodiny a podstoupí závěrečné měření, které vyžaduje výrobová norma. Poté se zařízení prohlédne, jestli není mechanicky poškozené z vnějšku i uvnitř [16].

## 2.5 Technické požadavky proti mechanickému poškození

Dalším podstatným technickým požadavkem na mobilní kamerové systémy je určité odolnost proti mechanickému poškození. Mechanická poškození zařízení mohou vzniknout několika různými příčinami. Z toho důvodu se musí předpokládat jaký druh příčiny může nastat v daném prostředí a jak moc může zařízení poškodit. Proto se provádí několik různých zkoušek, které mají otestovat zařízení, jak moc jsou odolné proti mechanickému poškození.

### 2.5.1 Úder

Úder je jeden z možných druhů poškození zařízení. Aby se předešlo případnému poškození, musí se zařízení podrobit zkoušce proti úderu. U této zkoušky se prokazuje, zda zařízení je schopno odolávat mechanickým úderům na jeho povrch, ke kterým může dojít v normálním provozním prostředí. Zařízení by mělo těmto mechanickým úderům odolat.

#### 2.5.1.1 Provozní zkouška

Před začátkem zkoušky se provede počáteční měření zařízení, poté se nainstaluje a umístí do konfigurace. Následně se uvede do funkčního stavu.

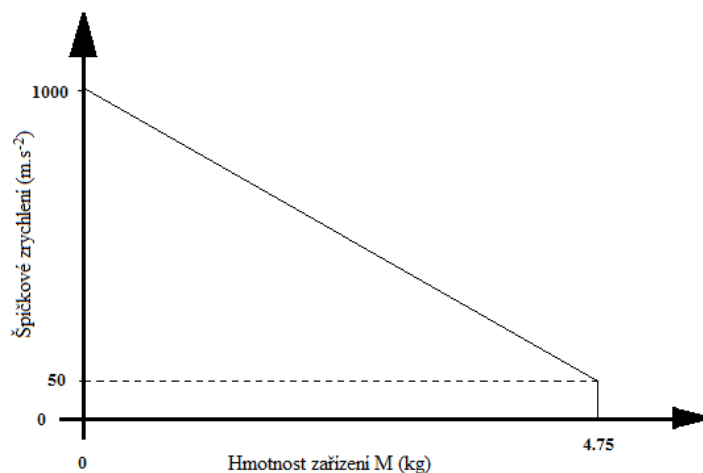
Samotná zkouška sestává z podrobení zařízení řadě rázových impulsů, aplikovaných přes normální instalační body. Úderový impuls je definován maximální amplitudou zrychlení, trváním a tvarem poměru zrychlení/čas. Vybraný pulsní tvar se v praxi pravděpodobně nevyskytuje v tak čisté formě, ale zajistí reprodukovatelnou metodu simulace vlivů reálnějších rázů.

Tab. 17 Přehled hodnot pro provozní zkoušky úderem [16]

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné <sup>1)</sup> a přenosné <sup>1)</sup>
Třída prostředí	I, II, III a IV
Trvání pulsu (ms)	6

Špičkové zrychlení $\hat{A}$ ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ ), vztažené k hmotě vzorku $M$ ( $\text{kg}$ ) <sup>2)</sup> : $M < 4.75$ $M \geq 4.75$	$\hat{A} = 1000 - (200 \times M)$ Není zkouška
Počet směrů úderů	6 <sup>3)</sup>
Počet pulsů na směr	3
<sup>1)</sup> Zkouška úderů je vynechána pro přemístitelné a přenosné zařízení, pokud ve zkoušce volným pádem není falešný poplach přijatelný. <sup>2)</sup> Viz obr. 1. <sup>3)</sup> Oba směry (+ a -) v každé ze tří vzájemně kolmých os.	

Amplituda úderů (špičkové zrychlení) je vztažena k hmotě zařízení, aby se omezila energie udělená těžším zařízením, viz obr. 1.



Obr. 1 Graf znázorňující špičkové zrychlení versus hmotnost zařízení

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu.

Po zkoušce se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobová norma a prohlédne se vizuálně na mechanické poškození z vnějšku i vnitřku [16].

### 2.5.2 Ráz

Dalším druhem mechanického poškození zařízení je ráz. Aby se zjistilo, co zařízení vydrží proti mechanickému rázu, udělá se potřebná provozní zkouška. Ta se provádí jen pro zařízení pevné a přemístitelné. Při této zkoušce se musí prokázat odolnost zařízení vůči mechanickým rázům na povrch, které může utrpět v normálním provozním prostředí a předpokládá se, že odolá.

### 2.5.2.1 Provozní zkouška

Před začátkem zkoušky se zařízení podrobí počátečnímu měření, poté se nainstaluje a umístí do konfigurace. Následně se uvede do funkčního stavu.

Samotná zkouška zařízení se dělá podrobením rázu malou polokulovitou hlavou kladiva na jakýkoliv vystavený povrch zařízení. Ráz musí být použit na všechny dosažitelné povrchy zařízení.

Tab. 18 Přehled hodnot pro provozní zkoušky rázem [16]

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné	
Třída prostředí	I, II a III	IV
Energie rázu (J)	0.5	1.0
Počet rázů do bodu	3	3
Klasifikace podobná EN 50102	IK04	IK06

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu.

Po zkoušce se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobová norma a prohlédne se vizuálně na mechanické poškození z vnějšku i vnitřku [16].

### 2.5.3 Volný pád

Jedno z dalších mechanických poškození zařízení může nastat při volném pádu. Tato poškození většinou vznikají při přenášení z místa na místo a to neopatrnou manipulací. Proto se zařízení podrobuje zkoušce volným pádem. Zkouška se dělá pro zařízení přemístitelná a pro přenosná. Pro pevná zařízení to nemá až takový význam.

#### 2.5.3.1 Provozní zkouška

Před začátkem zkoušky se zařízení podrobí počátečnímu měření, poté se nainstaluje a umístí do konfigurace. Následně se uvede do funkčního stavu.

Samotná zkouška sestává z vystavení zařízení pádům ze specifikované výšky na povrch betonu nebo oceli.

Tab. 19 Přehled hodnot pro provozní zkoušky volným pádem [16]

Třída zařízení	Přemístitelné	Přenosné
Třída prostředí	I, II, III a IV	I, II, III a IV
Výška (m)	0.5 <sup>1)</sup>	1.5

Počet poloh	6	6
Počet pádů na polohu	1	2
<sup>1)</sup> Výrobová komise vyžaduje zvážit přísnost této zkoušky, v závislosti na aplikaci a pravděpodobnosti, že zařízení bude padat. Ve sledovanějším prostředí může být považována za vhodné, nižší přísnost nebo žádná zkouška.		

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu.

Po zkoušce se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobová norma a prohlédne se vizuálně na mechanické poškození z vnějšku i vnitřku [16].

#### 2.5.4 Vibrace sinusové

Další příčinou jak mohou vzniknout mechanické poškození, jsou vibrace. Často se s nimi můžeme setkat u mobilních kamerových systémů. Tyto systémy jsou lehce přenosné, bývají instalovány ve vozidlech a jsou využívány v mnoho dalších aplikacích. Všude tady vznikají nechtěné vibrace. Proto se jednotlivá zařízení podrobují provozní a odolnostní zkoušce, aby se předešlo poškození. U provozní zkoušky se zjišťuje odolnost zařízení vůči vibracím na úrovni, která se považuje za odpovídající očekávanému provoznímu prostředí. Odolnostní zkouška se liší tím, že se zjišťuje odolnost vůči dlouhodobým účinkům vibrací na úrovních přiměřených prostředí.

##### 2.5.4.1 Provozní zkouška

Před začátkem zkoušky zařízení se provede počáteční měření, poté se nainstaluje a umístí do konfigurace. Následně se uvede do funkčního stavu.

Samotná zkouška se provede vystavením zařízení sinusovým vibracím v kmitočtovém rozsahu předpokládanému v provozním prostředí. Zařízení je vystaveno rozmítanému kmitočtovému rozsahu, (rozmítaný kmitočtový rozsah je v obou směrech (tj. od min. k max. a k min.) pro každý z jeho hlavních funkčních módů), použitého v každé ze tří vzájemně kolmých osách. Jedna ze tří os musí být kolmá na montážní plochu zkoušeného zařízení.

Tab. 20 Přehled hodnot pro provozní zkoušky sinusovými vibracemi [16]

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné	
Třída prostředí	I	II, III a IV
Kmitočtový rozsah (Hz)	10 až 150	10 až 150

Zrychlení ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ )	2	5
Počet os	3	3
Rychlost rozmítání (oktáv $\text{min}^{-1}$ )	1	1
Počet cyklů rozmítání / osa / funkční mód	1	1

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu.

Po zkoušce se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobová norma a prohlédne se vizuálně na mechanické poškození z vnějšku i vnitřku [16].

#### 2.5.4.2 Odolnostní zkouška

Před začátkem zkoušky se zařízení podrobí počátečním měřením a následně se nainstaluje, tak jak je specifikováno ve výrobové normě. Zařízení nesmí být napájeno během zkoušky.

Samotná zkouška sestává z vystavení zařízení přeběhům sinusových vibrací v kmitočtovém rozsahu předpokládaného provozního prostředí, ale o vyšší úrovni zvyšující vliv vibrací. Vibrace je aplikována v každé ze tří vzájemně kolmých os po řadě. Jedna ze tří os musí být kolmá k normální instalační rovině zařízení.

Tab. 21 Přehled hodnot pro provozní zkoušky sinusovými vibracemi [16]

Třída zařízení	Pevné, přemístitelné a přenosné	
Třída prostředí	I	II, III a IV
Kmitočtový rozsah (Hz)	10 až 150	10 až 150
Zrychlení ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ )	5	10
Počet os	3	3
Rychlost rozmítání (oktáv $\text{min}^{-1}$ )	1	1
Počet cyklů rozmítání / osa	20	20

V průběhu zkoušky se neprovádí žádná potřebná měření.

Po zkoušce ve třech osách se zařízení podrobí závěrečným měřením, které vyžaduje výrobová norma. Poté se zařízení prohlédne, jestli není mechanicky poškozené z vnějšku i uvnitř [16].

## 2.6 Technické požadavky na elektromagnetickou kompatibilitu

Elektromagnetická kompatibilita (EMC) je jedna z nejdůležitějších technických požadavků na mobilní kamerové systémy. Tyto zařízení musí být navrženy tak, aby uspokojivě

pracovali při elektromagnetických podmínkách v různých typech prostředí. Především by měli být schopny správné činnosti v rámci podmínek daných úrovněmi EMC pro různé druhy rušení. Tato kapitola se zabývá zkouškami jen těch nejkritičtějších jevů rušení.

### 2.6.1 Změny síťového napájecího napětí

Jeden z jevů rušení, který může zařízení ovlivnit nebo v horším případě poškodit, je změna síťového napájecího napětí. Proto se zařízení musí podrobit zkoušce, která musí prokázat správnou funkčnost zařízení v předepsaném rozsahu podmínek síťového napájecího napětí.

Před začátkem zkoušky se provede funkční zkouška zařízení, poté se připojí na vhodný napájecí zdroj. Následně se připojí k monitorovacímu a zatěžovacímu zařízení. Zkoušené zařízení musí být uvedeno do svého provozního stavu.

Samotná zkouška se provede tak, že se zařízení vystaví maximálnímu a minimálnímu napájecímu napětí. Před realizací zkoušky je nutno zkoušené zařízení dostatečnou dobu tepelně stabilizovat.

Tab. 22 Přehled hodnot pro zkoušky změn síťových napájecích napětí [17]

Maximální napájecí napětí ( $U_{\max}$ )	$U_{\text{nom}}^{1)} + 10 \%$
Minimální napájecí napětí ( $U_{\min}$ )	$U_{\text{nom}}^{1)} - 15 \%$
<sup>1)</sup> $U_{\text{nom}}$ = jmenovitému napájecímu napětí. U zařízení, která mají vybavení pro nastavení několika napájecích napětí, bude ověření výše uvedených podmínek pro každé jmenovité napětí se zařízením vhodně upraveným. U zařízení, které je uváděno jako vhodné pro rozsah jmenovitých napájecích napětí (např. 220/240 V), bez úprav platí, že $U_{\max} = (\text{Maximum } U_{\text{nom}}) + 10 \%$ , a $U_{\min} = (\text{Minimum } U_{\text{nom}}) - 15 \%$ . V každém případě musí rozsah $U_{\text{nom}}$ zahrnovat evropské jmenovité napájecí napětí 230 V.	

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu.

Po tepelném ustálení zařízení se provede pro každou podmínku napájení funkční zkouška.

Po zkoušce při obou specifikovaných podmínkách napájecího napětí se zařízení zkontroluje vzhledově na mechanická poškození. Během zkoušky nesmí dojít k žádnému poškození, chybné funkci nebo změně stavu způsobené podmínkami napájecího napětí [17].

### 2.6.2 Poklesy a krátkodobá přerušení síťového napájecího napětí

Dalšími jevy rušení zařízení jsou poklesy a krátkodobá přerušení síťového napájecího napětí. Tyto jevy mohou být způsobeny např. přepínáním zátěží nebo provozem

ochranných zařízení na rozvodné síti. Správnou funkčnost zařízení proti těmto jevům rušení otestujeme pomocí zkoušky, která musí prokázat odolnost vůči poklesům a krátkodobému přerušení střídavého síťového napájecího napětí.

Před začátkem zkoušky se provede funkční zkouška zařízení, poté se připojí na vhodný napájecí zdroj. Následně se připojí k monitorovacímu a zatěžovacímu zařízení. Zkoušené zařízení musí být uvedeno do svého provozního stavu.

Samotná zkouška se provede vystavením zařízení vlivu poklesu a krátkodobému přerušení připojeného střídavého síťového napájení a to v rozsahu podle tab. 23. Snižuje se střídavé síťové napájecí napětí ze jmenovité hodnoty o dále uvedené hodnoty až po daná časová období. Napěťové změny by měli nastat v okamžiku průchodu napěťové vlny nulovou hodnotou [17].

*Tab. 23 Přehled hodnot pro zkoušky poklesem a krátkodobým přerušením síťového napájecího napětí [18]*

Pokles napětí (%)	30	60	100
Doba poklesu (počet period) (tj. cyklů napěťové vlny)	0.5; 1; 5 & 10	0.5; 1; 5 & 10	0.5; 1 & 5
Počet poklesů pro každou dobu	3	3	3
Interval mezi poklesy (s)	≥ 10	≥ 10	≥ 10

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu.

Po zkoušce se otestuje funkčnost zařízení a vizuálně se zkontroluje na mechanické poškození. Během zkoušky by nemělo dojít k žádnému poškození, chybné funkci nebo změně stavu [17].

### 2.6.3 Elektrostatický výboj

Tento jev rušení způsobují neopatrné osoby, které se mohly elektrostaticky nabít a dotknout se zkoušeného zařízení nebo jiného zařízení v jeho blízkém okolí. Proti těmto jevům se zařízení podrobuje zkoušce, která musí prokázat odolnost zařízení vůči působení elektrostatických výbojů.

Před začátkem zkoušky se provede funkční zkouška zařízení, poté se připojí na vhodný napájecí zdroj. Následně se připojí k monitorovacímu a zatěžovacímu zařízení. Zkoušené zařízení musí být uvedeno do svého provozního stavu.

Samotná zkouška se provede tak, že se injektují elektrostatické výboje na části zařízení, které jsou přístupná obsluze a na vazební desky ve vzdálenosti 0,1 m od zařízení. Výboje jsou generovány aparaturou, která simuluje kapacitu a vybíjecí odpor lidského těla. Kontaktní výboje jsou prováděny na vodivé povrchy a vazební desky. Vzdušné výboje jsou prováděny na izolované povrchy. Deset přímých výbojů musí být provedeno pro každé zkušební napětí, na každý předem zvolený bod jakékoliv části zařízení, které je běžně přístupné ve svém instalovaném stavu nebo je přístupné obvyklé obsluze. Deset nepřímých výbojů musí být provedeno pomocí příslušných vazebních desek [18].

Tab. 24 Přehled hodnot pro zkoušky elektrostatickým výbojem [17]

Zkušební napětí <sup>1)</sup> : Vzdušné výboje (kV) Kontaktní výboje (kV)	2.4 & 8 2.4 & 6
Polarita	+ & -
Počet výbojů pro každý bod, každé napětí a každou polaritu	10
Interval mezi výboji (s)	≥ 1
<sup>1)</sup> Uvedená zkušební napětí jsou napětí obvodu naprázdno. Jsou uvedena zkušební napětí pro nižší stupně přísnosti, protože všechny úrovně nižších stupňů přísnosti musí být také splněny.	

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu.

Po zkoušce se otestuje funkčnost zařízení a vizuálně se zkontroluje na mechanické poškození. Během zkoušky by nemělo dojít k žádnému poškození, chybné funkci nebo změně stavu [17].

#### 2.6.4 Vysokofrekvenční elektromagnetické pole

V současnosti je hodně rozšířené používání mobilních telefonů, přenosných radiových vysílačů, atd. a právě u nich vzniká vysokofrekvenční elektromagnetické pole. Právě proto by se tomuto jevu rušení mělo věnovat co nejvíce pozornosti a jednotlivá zařízení podrobit důkladným zkouškám. Pro tento jev se provádí zkouška zařízení, která by měla prokázat odolnost zařízení vůči působení vysokofrekvenčních elektromagnetických polí.

Před začátkem se provede funkční zkouška zařízení, poté se připojí na vhodný napájecí zdroj. Následně se připojí k monitorovacímu a zatěžovacímu zařízení. Zkoušené zařízení musí být uvedeno do svého provozního stavu.

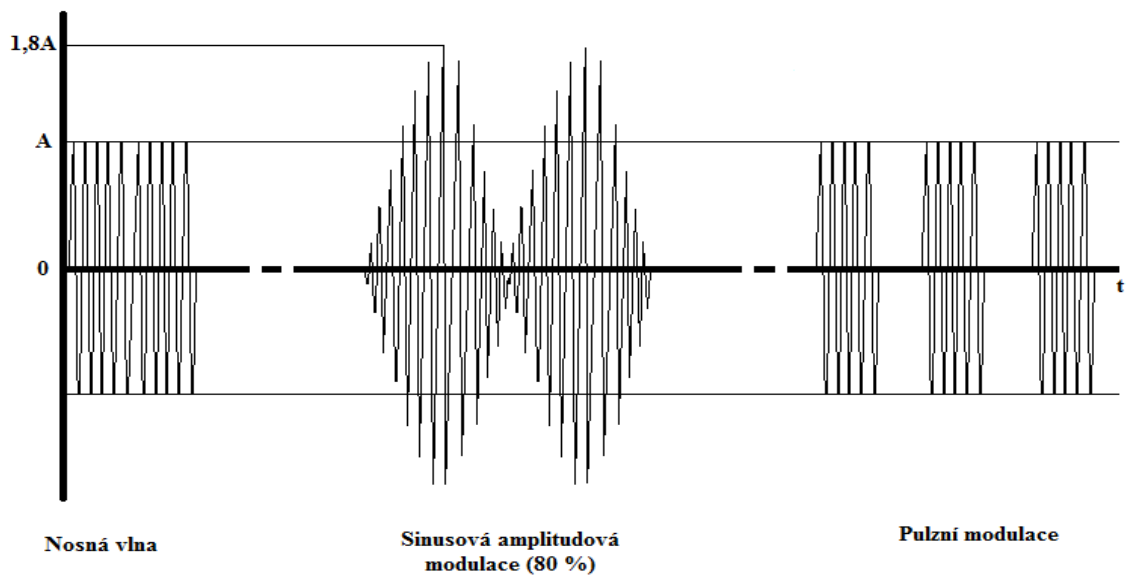


Samotná zkouška se provede tak, že se zařízení vystaví působení elektromagnetického záření pole (může se generovat za pomoci antén v bezodrazových nebo částečně bezodrazových komorách) v kmitočtovém rozsahu od 80 MHz do 2 GHz. Na zařízení působí signály se sinusovou amplitudovou modulací, ale i signály s pulzní modulací. Pulzní modulace byla přidána, neboť v praxi bylo zjištěno, že některé prvky poplachových systémů jsou zvláště citlivé na pulzní nebo spínané signály. Poté se zařízení umístí do zkušebního prostoru a s využitím daných podmínek pro požadovaný typ modulace se kmitočet přeladuje, aby se zařízení vystavilo stupňům přísnosti zkoušení. Pokud se kmitočet bude přeladovat po skocích, nesmí být velikost kroku větší než 1 % ze základního kmitočtu (tj. kmitočet předcházejícího kroku). Volba rychlosti přeladování se musí volit tak, aby zařízení mohlo zareagovat na doby zpoždění, náběhy a vyhodnocení. Při přeladování u sinusové amplitudové modulace se kmitočet nemění o více než 1 % ze základního kmitočtu v době potřebné pro odezvu zkoušeného zařízení nebo v době 3 sekund, přičemž platí delší doba. Při přeladování u pulzní modulace se kmitočet nemění o více než 1 % ze základního kmitočtu v době potřebné pro nejméně tři sepnutí nosné vlny do stavů ZAPNUTO/VYPNUTO při požadované rychlosti.

*Tab. 25 Přehled hodnot pro zkoušky vysokofrekvenčním elektromagnetickým polem [17]*

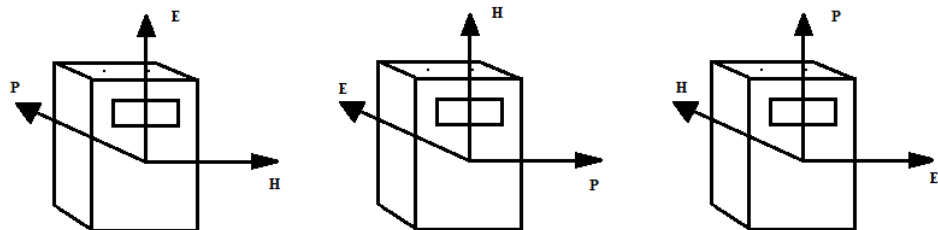
Frekvenční rozsah (MHz)	80 až 2000
Intenzita pole <sup>1)</sup> (V/m)	10
Modulace: Amplitudová modulace <sup>2)</sup> Pulzní modulace <sup>2)</sup>	80%, 1 kHz, sinusová 1 Hz (0.5 s ZAP: 0.5 s VYP)
<sup>1)</sup> Intenzita pole nosné vlny je vyjádřena v efektivní hodnotě spojitě vlny před modulací	
<sup>2)</sup> Viz obr. 2	

Tento obrázek pouze znázorňuje tvary a relativní amplitudy modulace a není určen k přesnému zobrazení daných frekvencí.



Obr. 2 Průběhy druhů modulací v porovnání s nosnou vlnou [17]

Zkoušené zařízení je vystaveno působení ve třech směrech vůči poli tak, aby elektrická složka pole E a magnetická složka pole H byly ve třech navzájem kolmých osách zkoušeného zařízení.



Obr. 3 Příklad relativní orientace zkoušeného zařízení vůči vektorům pole [17]

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu. Po zkoušce se otestuje funkčnost zařízení a vizuálně se zkontroluje na mechanické poškození. Během zkoušky nesmí dojít k žádnému poškození, chybné funkci nebo změně stavu. U prvků systémů CCTV, kde je stav monitorován sledováním TV obrazu, je při intenzitě pole 10 V/m povoleno narušení obrazu za předpokladu, že:

- nedojde k žádnému trvalému poškození nebo změně zkoušeného zařízení (např. poškození paměti, programové nastavení, apod.),
- při intenzitě pole 3 V/m je jakékoliv narušení obrazu tak malé, že systém lze stále používat,
- při intenzitě pole 1 V/m nejsou pozorovatelná žádná narušení obrazu [17].

### 2.6.5 Rušení indukované vysokofrekvenčními poli

Tomuto jevu rušení by se měla věnovat podobná pozornost jako u jevu vysokofrekvenčního elektromagnetického pole. Proto se provádí zkouška, která musí prokázat odolnost zařízení proti působení rušení indukovaného vysokofrekvenčními poli do polí vedení (např. pomocí přenosných radiových vysílačů, radiotelefonů, apod.).

Před začátkem zkoušky se provede funkční zkouška zařízení, poté se připojí na vhodný napájecí zdroj. Následně se připojí k monitorovacímu a zatěžovacímu zařízení. Zkoušené zařízení musí být uvedeno do svého provozního stavu.

V průběhu zkoušky musí být alespoň jeden od každého typu vstupu/výstupu zakončen přes vazební/oddělovací síť (CDN) nebo vhodnou zakončovací impedancí. Když je nedostatečné místo pro všechny vazební/oddělovací sítě (CDN), aby byly od zařízení vzdáleny 300 mm, tak některé, které nejsou injektovány, mohou být umístěny dále než 300 mm, ale co nejblíže. Nevybuzené vysokofrekvenční vstupy vazební/oddělovací sítě (CDN) musí být zakončeny zátěží 50  $\Omega$  [18].

Samotná zkouška se provede tak, že se do různých vstupů/výstupů zařízení přivádějí vysokofrekvenční poruchy v kmitočtovém rozsahu od 150 kHz do 100 MHz. Na zařízení působí jak signály se sinusovou amplitudovou modulací, tak i signály s pulzní modulací.

Pokud se kmitočet bude přeladovat po skocích, nesmí být velikost kroku větší než 1 % ze základního kmitočtu. Volba rychlosti přeladování se musí volit tak, aby zařízení mohlo zareagovat na doby zpoždění, náběhy a vyhodnocení. Při přeladování u sinusové amplitudové modulace se kmitočet nemění o více než 1 % ze základního kmitočtu v době potřebné pro odezvu zkoušeného zařízení nebo v době 3 sekund, přičemž platí delší doba. Při přeladování u pulzní modulace se kmitočet nemění o více než 1 % ze základního kmitočtu v době potřebné pro nejméně tři sepnutí nosné vlny do stavů ZAPNUTO/VYPNUTO při požadované rychlosti.

Tab. 26 Přehled hodnot pro zkoušky rušením indukovaným vysokofrekvenčním polem [17]

Frekvenční rozsah (MHz)	0.15 až 100
Napěťová úroveň (emf) <sup>1)</sup> $U_o$ (dB $\mu$ V) {V}	140 {10}
Modulace: Amplitudová modulace <sup>2)</sup> Pulzní modulace <sup>2)</sup>	80%, 1 kHz, sinusová 1 Hz (0.5 s ZAP: 0.5 s VYP)
<sup>1)</sup> Napěťová úroveň nosné vlny je vyjádřena v efektivní hodnotě obvodu naprázdno před modulací	
<sup>2)</sup> Viz obr. 2	

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu.

Po zkoušce se otestuje funkčnost zařízení a vizuálně se zkontroluje na mechanické poškození. Během zkoušky nesmí dojít k žádnému poškození, chybné funkci nebo změně stavu. U prvků systémů CCTV, kde je stav monitorován sledováním TV obrazu, je při  $U_o = 140$  dB $\mu$ V povoleno narušení obrazu za předpokladu, že:

- nedojde k žádnému trvalému poškození nebo změně zkoušeného zařízení (např. poškození paměti, programové nastavení, apod.),
- při  $U_o = 130$  dB $\mu$ V je jakékoliv narušení obrazu tak malé, že systém lze stále používat,
- při  $U_o = 120$  dB $\mu$ V nejsou pozorovatelná žádná narušení obrazu [17].

### 2.6.6 Rychlé přechodové děje

Tento jev rušení mohou vytvářet relé, stykače spínající induktivní zátěže a mohou ho indukovat do signálních a datových obvodů apod. Proto zařízení, které dojdou s nimi do styku, se musí podrobit zkoušce prokazující odolnost zařízení vůči působení rychlých přechodových dějů.

Před začátkem zkoušky se provede funkční zkouška zařízení, poté se připojí na vhodný napájecí zdroj. Následně se připojí k monitorovacímu a zatěžovacímu zařízení. Zkoušené zařízení musí být uvedeno do svého provozního stavu.

Samotná zkouška se provede tak, že se zařízení vystaví působení přechodových dějů, přiváděných na napájecí anebo signální vstupy a výstupy [17].

Tab. 27 Přehled hodnot pro zkoušky rychlých přechodových dějů [18]

Zkušební napětí <sup>1)</sup> : vedení střídavého napětí <sup>2)</sup> (kV) ostatní napájecí/signální vedení <sup>3) 4)</sup> (kV)	2 1
Polarita	+ & -
Počet aplikací pro každé napětí a každou polaritu	1
Délka jedné aplikace (min)	1 <sup>+0.2</sup> <sub>-0</sub>
<sup>1)</sup> Uvedená zkušební napětí jsou napětí obvodu naprázdno. <sup>2)</sup> Použita přímá injekční metoda. <sup>3)</sup> Zkouška se nepožaduje, když specifikace výrobce uvádí, že není povoleno připojení kabelů delších než 3 m. <sup>4)</sup> Aplikováno kapacitními kleštěmi.	

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu.

Po zkoušce se otestuje funkčnost zařízení a vizuálně se zkontroluje na mechanické poškození. Během zkoušky nesmí dojít k žádnému poškození, chybné funkci nebo změně stavu [17].

### 2.6.7 Rázový impuls

Tento jev rušení nejčastěji vzniká z úderu blesku v blízkém okolí, spínáním v rozvodném systému nebo v síti nízkého napětí, včetně spínání baterií velkých kondenzátorů. Proto každé zařízení musí projít zkouškou, která prokazuje odolnost vůči působení rázových impulsů, které se mohou indukovat do napájecích a signálních kabelů.

Před začátkem zkoušky se provede funkční zkouška zařízení, poté se připojí na vhodný napájecí zdroj. Následně se připojí k monitorovacímu a zatěžovacímu zařízení. Zkoušené zařízení musí být uvedeno do svého provozního stavu.

Samotná zkouška se provede tak, že se do vedení střídavých síťových napájecích přívodů budou přivádět pomalé vysokoenergetické napěťové rázy v obou vazebních módech (vedení – vedení a vedení – zem), a do signálních vedení a napájecích vedení malého napětí ve vazebním módu (vedení – zem).

Vedení střídavého napájecího napětí se vystaví působení přechodových jevů v obou vazebních módech (vedení – vedení a vedení – zem). Při režimu vedení – zem se přivádějí přechodové jevy přes 10 Ω sériový rezistor. Délka napájecích linek mezi zkoušeným zařízením a přizpůsobovacím vazebním/oddělovacím obvodem musí být ±2 m. Přivádí se nejméně 20 pulsů každé polarity pro každou napěťovou úroveň pro přiměřený stupeň

přísnosti. Tyto pulsy jsou synchronizovány s vlnou napájecího napětí tak, že nejméně 5 pulsů je přiváděno při každém průchodu vlny nulovou hodnotou a bodem maxima a minima. Tyto pulsy jsou přiváděny s maximální četností 1 puls za 5 sekund, je však nutno zajistit, aby nedocházelo ke vzniku jakýchkoliv poruch v důsledku příliš velkého kmitočtu přiváděných pulsů a pokud příčina není jasná, je potřeba poškozené zařízení vyměnit a zkoušku opakovat s četností přiváděných pulsů menší než 1 puls za minutu [17].

Vedení malého napětí a signální vedení se vystavují vlivu přechodových jevů pouze při vazebním režimu vedení – zem přes 40  $\Omega$  sériový rezistor. Délka signálního vedení mezi zkoušeným zařízením a přizpůsobovacím vazebním/oddělovacím obvodem je  $\leq 2$  m. Avšak pokud je specifikováno v údajích výrobce, že některá signální vedení jsou zapojena pouze se stíněnými kabely, potom v těchto případech jsou přechodové jevy přiváděny přímo (bez sériového rezistoru 40  $\Omega$ ) na stínění kabelu o délce 20 m. K oddělení signálových vedení přenášejících vysokofrekvenční signály jsou použity proudové kompenzační cívky a tak jsou sníženy problémy tlumení. Je přivedeno nejméně 5 pulsů každé polaritě pro každou napěťovou úroveň pro přiměřený stupeň přísnosti. Tyto pulsy jsou přiváděny s maximální četností 1 puls za 5 sekund, je však nutno zajistit, aby nedocházelo ke vzniku jakýchkoliv poruch v důsledku příliš velkého kmitočtu přiváděných pulsů a pokud příčina není jasná, je potřeba poškozené zařízení vyměnit a zkoušku opakovat s četností přiváděných pulsů menší než 1 puls za minutu [18].

Tab. 28 Přehled hodnot pro zkoušky rázovým impulsem [18]

Zkušební napětí <sup>1)</sup> : vedení střídavého napájecího napětí: - vedení - vedení (kV) - vedení – zem <sup>2)</sup> (kV) ostatní napájecí/signální vedení <sup>3)</sup> : - vedení – zem <sup>4)</sup> (kV)	0.5 & 1 0.5; 1 & 2  0.5 & 1
Polarita	+ & -
Minimální počet rázů každé polaritě, napětí, vazebního režimu a vedení: - vedení střídavého napájení - ostatní napájecí/signální vedení	20 <sup>5)</sup> 5
<sup>1)</sup> Uvedená zkušební napětí jsou napětí obvodu naprázdno. Jsou uvedena i zkušební napětí pro nižší úrovně stupňů přísnosti, protože i úrovně s nižším stupněm přísnosti musí být také splněny. <sup>2)</sup> Přes sériový rezistor 10 $\Omega$ . <sup>3)</sup> Zkouška se nepožaduje, když specifikace výrobce uvádí, že není povoleno připojování kabelů delších než 30 m. <sup>4)</sup> Přes sériový rezistor 40 $\Omega$ .	

<sup>5)</sup> 5 při průchodu síťové napěťové vlny nulovým bodem a body maximálního a minimálního napětí.

V průběhu zkoušky se zařízení monitoruje, aby se mohla detekovat případná změna stavu.

Po zkoušce se otestuje funkčnost zařízení a vizuálně se zkontroluje na mechanické poškození. Během zkoušky nesmí dojít k žádnému poškození, chybné funkci nebo změně stavu [17].

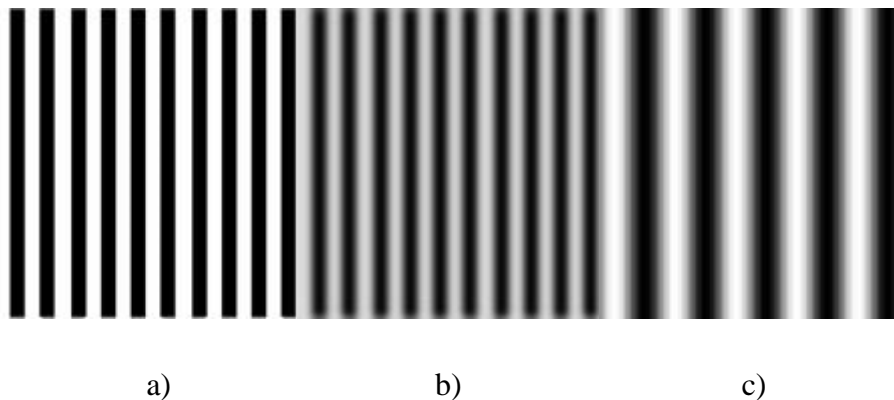
### 3 METODIKY MĚŘENÍ VYBRANÝCH ZÁKLADNÍCH TECHNICKÝCH PARAMETRŮ

Každý kamerový systém má svoje určité technické parametry. Tyto parametry se musí nějakým způsobem otestovat, aby se zjistila pravdivost těchto údajů. Tyto měření se provádějí v odborných zkušebnách, které jsou k těmto účelům vybavené. Podle toho jaký parametr se bude měřit, je důležité si vybrat tu správnou metodu.

#### 3.1 Metodika pro zjištění modulační přenosové funkce

Modulační přenosovou funkci lze vysvětlit jako optický signál postupující od pozorovaného objektu do oka pozorovatele (popř. po záznamové médium) je ovlivňován prostředím v němž se tento signál šíří. Prakticky každý pozorovatel velmi dobře zná rušivý vliv atmosféry, která svými vlastnostmi a jevy v ní probíhajícími dokáže značně narušit pozorovanou scénu. Vliv na pozorovaný obraz má samozřejmě i optická soustava přístroje.

Pro jednoduchost si představme místo pozorovaného objektu jednoduchý čárový test tvořený bílými a černými čarami. V ideálním případě by pozorovatel za optickým přístrojem pozoroval rovněž soustavu bílých a černých pruhů. V reálné situaci nebude ale přechod černá-bílá dokonalý, ale postupný. S rostoucí hustotou čar pak bude sledovaný test pozorován stále méně zřetelněji. Test samozřejmě nemusí být tvořen jen prostými čarami, ale např. sinusovým vzorkem [20].

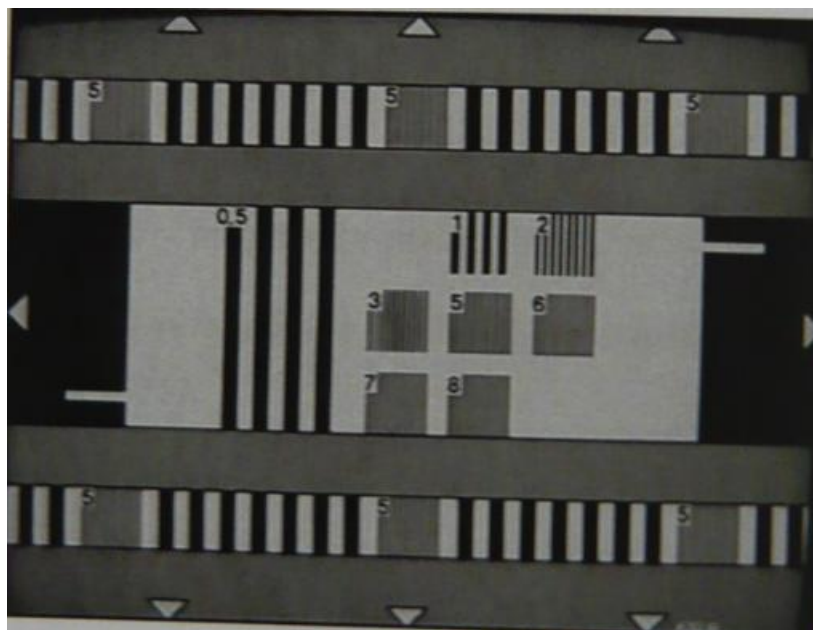


Obr. 4 Jednoduchý čárový test; a) původní test, b) test po průchodu optickou soustavou, c) diskrétní sinusový čárový test (16 úrovní šedé) [20]



### 3.1.1 Měření modulační přenosové funkce (MTF) pro analogové kamery

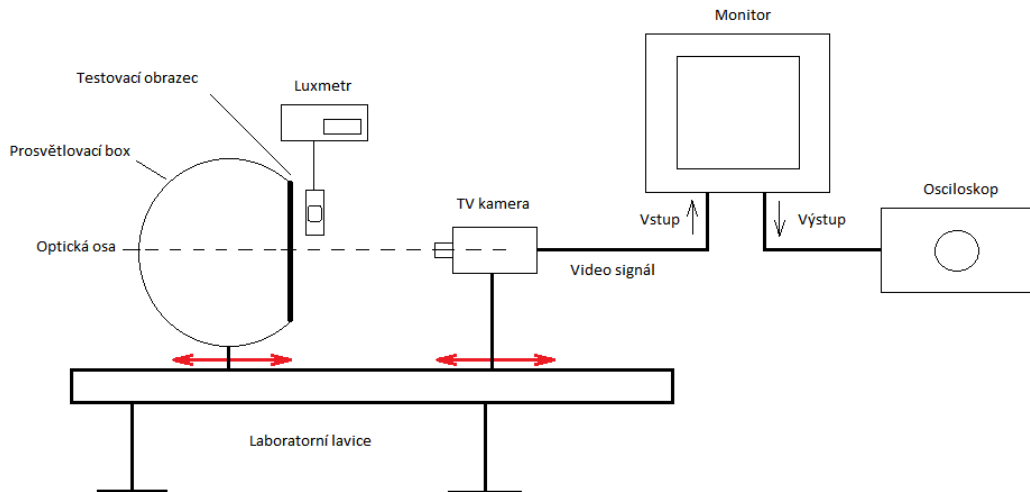
Pro tuto metodiku měření je potřeba, aby laboratoř byla vybavena digitálním osciloskopem, TV monitorem, digitálním luxmetrem, prosvětlovacím boxem a rozlišovacím čárovým obrazcem. U této metodiky se používá rozlišovací čárový obrazec KTO10, který lze vidět na obr. 5.



*Obr. 5 Rozlišovací čárový obrazec KTO10 [6]*

Na počátku měření je důležité propojit jednotlivá zařízení podle schéma zapojení, které lze vidět na obr. 6. Testovaná kamera s prosvětlovacím boxem musí být umístěna tak, aby rozlišovací čárový obrazec pokrýval celé zorné pole testované kamery. V prosvětlovacím boxu se nastaví požadovaná intenzita osvětlení na určitou úroveň a zaostří se testovaná kamera na rozlišovací čárový obrazec. Poté se nastaví optimální kvalita zobrazení. Na monitoru je potřeba seřídít jas a kontrast, na kameře pak zisk a integrační dobu [6].

Obrazovka osciloskopu bude zobrazovat průběh videosignálu, který promítá odezvu kamery na zvolený čárový rastr. Na rozlišných čárových rastrech měřeného obrazce (např. 1 až 7 MHz) se stanoví míra modulace (obr. 8) a podle rovnice se vypočítá modulace. Tedy získá se průběh MTF (Modulation Transfer Function – přenosová modulační funkce). Nakonec se změří intenzita osvětlení luxmetrem. Měří se to na testovacím obrazci směrem k němu a zjišťuje se intenzita vyzařování prosvětlovacího boxu.



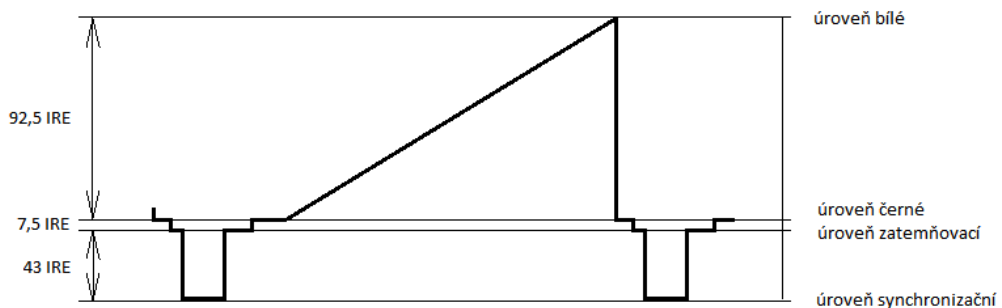
Obr. 6 Schéma zapojení pro měření MTF analogové kamery [6]

### IRE – Relativní jednotka

Úrovně videosignálu mohou být udávány buď absolutně (např. velikostí napětí ve voltech) nebo relativně. V televizní technice je pro relativní určení úrovně videosignálu zavedená jednotka IRE, která byla ustanovena organizací „Institute of Radio Engineers“ (předchůdce IEEE).

$$1 \text{ IRE} = 7,14 \text{ mV}$$

Na obr. 7 jsou vidět základní úrovně TV signálu (bez barvosné informace) s celkovým rozkmitem 143 IRE a posunutím černé o 7,5 IRE nad zatemňovací úrovní.



Obr. 7 Základní úrovně TV signálu [6]

## Výpočet modulace

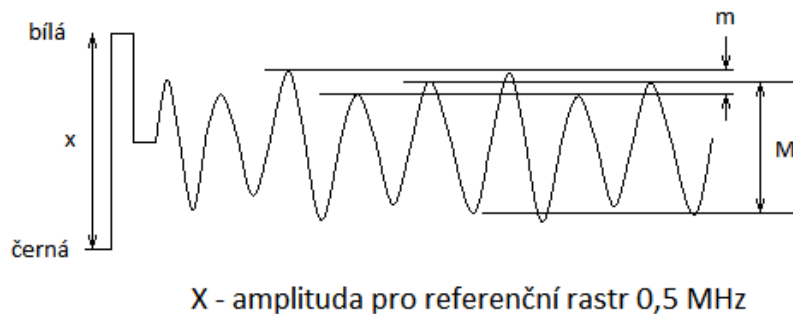
K výpočtu modulace se používá jednoduchá rovnice:

$$\text{Modulace} = \frac{M}{X} \cdot 100\%$$

kde:

M – naměřený kmitočet (jestliže zkušební signál vykazuje parazitní modulaci nebo šumové efekty, určí se průměrná amplituda a na obr. 8 je označena jako m)

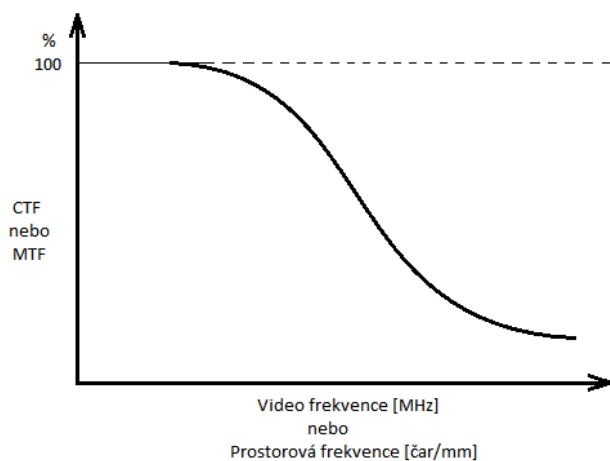
X – referenční kmitočet 0,5 MHz



Obr. 8 Průběh videosignálu odezvy na referenční čárový rastr [6]

## Horizontální statické rozlišení

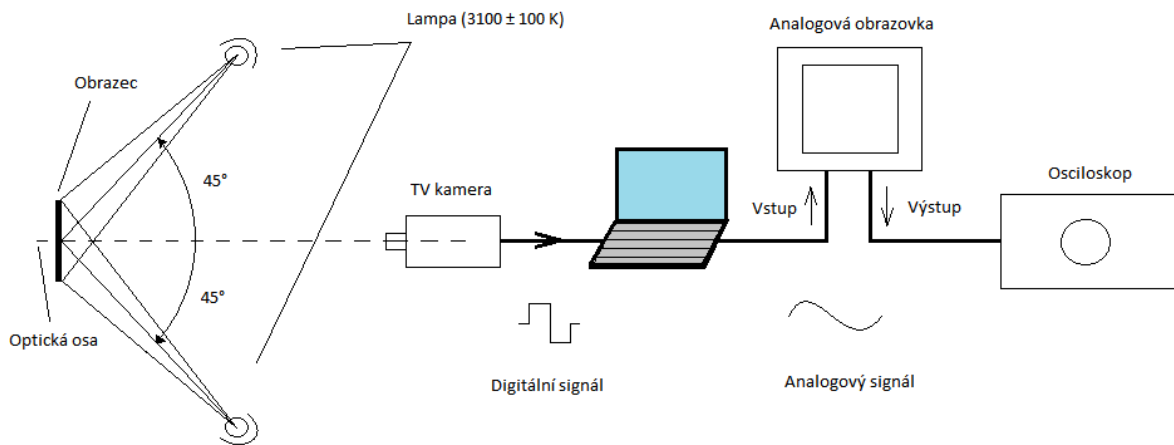
Horizontální rozlišení lze chápat jako schopnost systému reprodukovat střídání blízko sebe umístěných černých a bílých svislých čar detailu napříč obrazovkou.



Obr. 9 Průběh MTF [6]

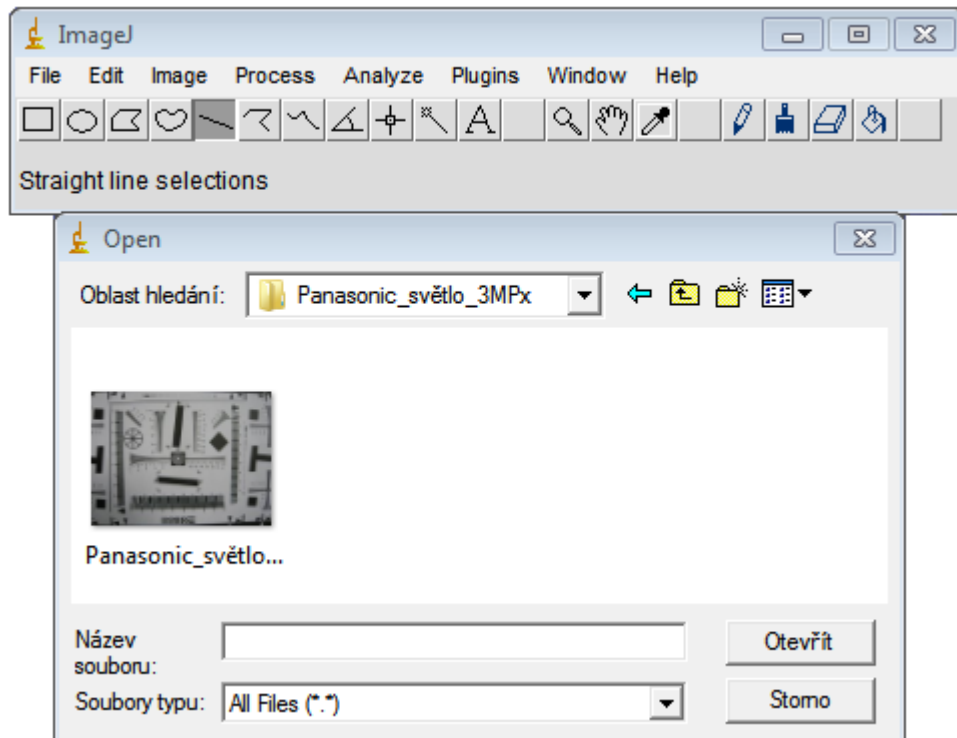


se ještě nastaví optimální kvalita zobrazení. Na monitoru je potřeba seřadit jas a kontrast, na kameře pak zisk a integrační dobu. Nakonec se vytvoří snímek a uloží se.



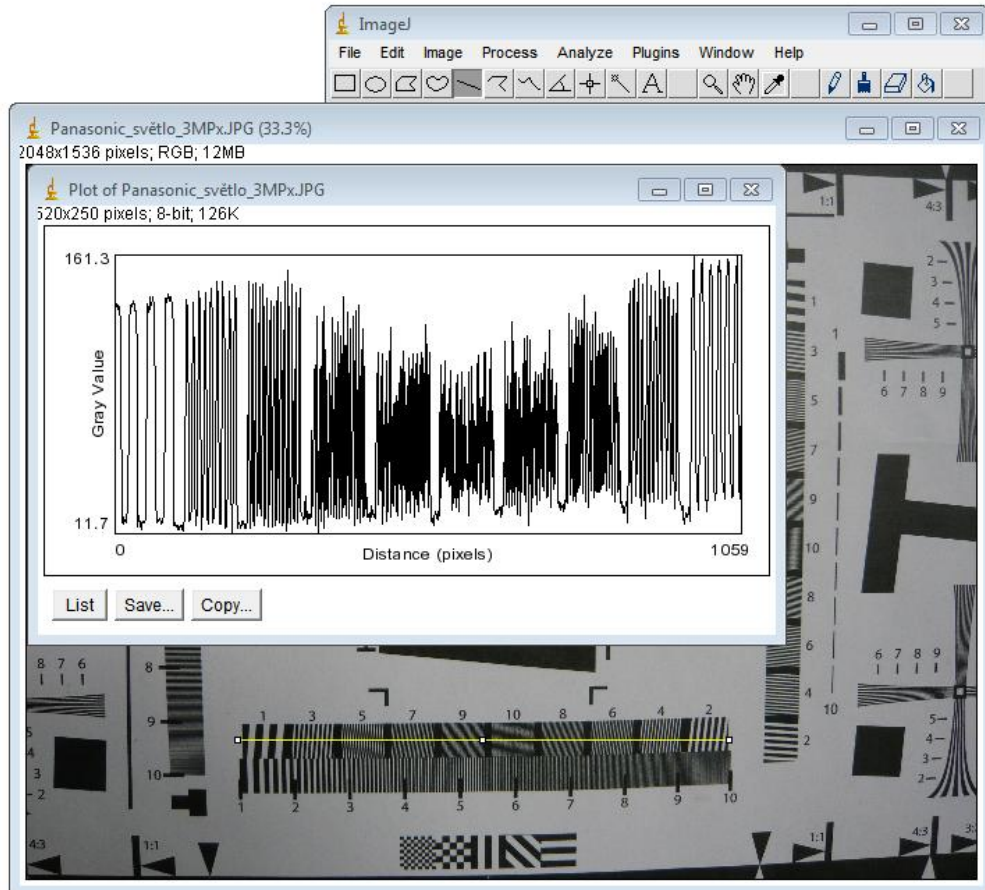
Obr. 11 Schéma zapojení pro měření MTF IP kamery [6]

Do notebooku se nainstaluje program ImageJ 1,34s a spustí se. Pomocí tohoto programu si najdeme úložiště pořízených snímků z kamery a otevřeme je k následné analýze.



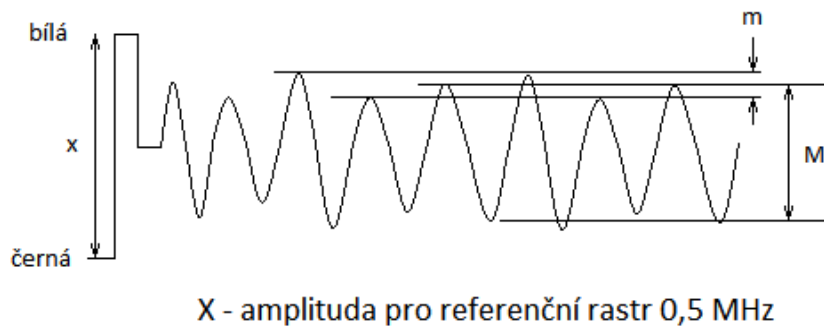
Obr. 12 Ukázka programu ImageJ 1,34s

Jestliže je snímek otevřen přes program ImageJ 1,34s, tak se z nabídky vybere možnost přímky a vede se přes zvolený čárový rastr. Nejvhodnější je, když se začne od referenčního rastru a bude se pokračovat dokud rastry budou rozlišitelné. Pokud je přímka ukončena, tak v nabídce analýza se vybere Plot Profile a vytvoří se graf čárového rastru [6].



*Obr. 13 Spuštěné měření v programu ImageJ 1,34s*

Při pohybu v grafu kurzorem myši se v dolní části zobrazují aktuální hodnoty pozice grafu X a Y. Nejvyšší hodnoty jsou úrovně bílé barvy (špička většinou poukazuje na šum) a nízké hodnoty jsou úrovně černé barvy. Pokud se budou hodnoty špiček lišit, je dobré si je zaznamenávat a udělat průměr. Hodnoty se pak dosadí do vzorce pro výpočet modulace. Stejný postup se dodržuje u dalších kamer a výsledky se porovnají.



Obr. 14 Průběh videosignálu odezvy na referenční čárový rastr [6]

Modulační přenosová funkce (MTF) se vypočítá dosazením naměřených hodnot do rovnice:

$$\text{Modulace} = \frac{M}{X} \cdot 100\%$$

kde:

M – naměřený kmitočet (jestliže zkušební signál vykazuje parazitní modulaci nebo šumové efekty, určí se průměrná amplituda a na obr. 14 je označena jako m)

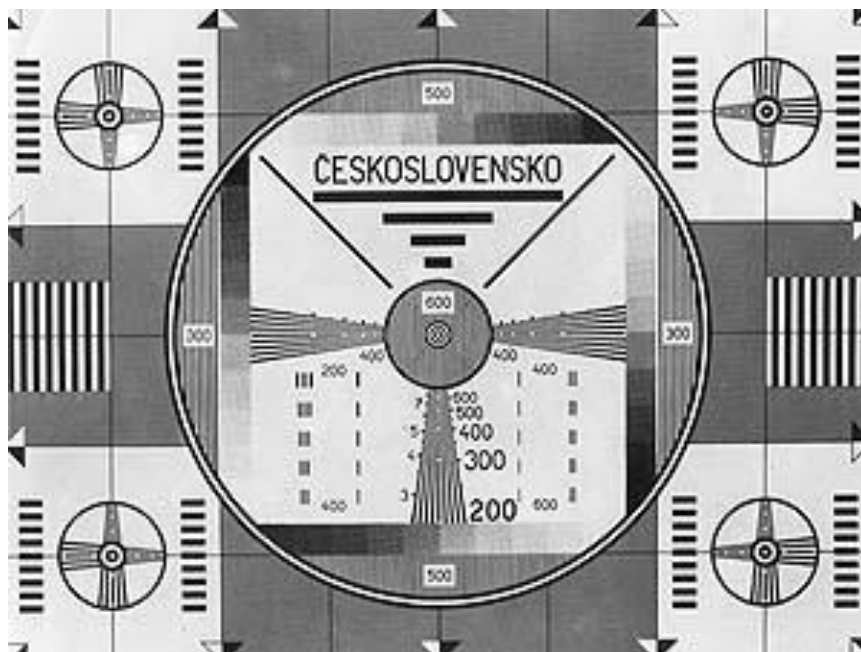
X – referenční kmitočet 0,5 MHz [6]

## 3.2 Metodika pro zjištění horizontálního rozlišení

Horizontální rozlišení lze chápat jako schopnost systému reprodukovat střídání blízko sebe umístěných černých a bílých svislých čar detailu napříč obrazovkou. Poté se počet střídání černých a bílých čar vydělí poměrem stran, aby bylo srovnání mezi horizontálním a vertikálním rozlišením jednodušší. Výsledek je pak obvykle vyjádřen jako počet TV řádků na výšku obrazu [21].

### 3.2.1 Měření horizontálního rozlišení pro analogové kamery

Pro tuto metodiku měření je potřeba, aby laboratoř byla vybavena digitálním osciloskopem, TV monitorem, luxmetrem, prosvětlovacím boxem a rozlišovacím čárovým obrazcem. U této metodiky se používá rozlišovací čárový obrazec KTO-3c, který lze vidět na obr. 15 [7].

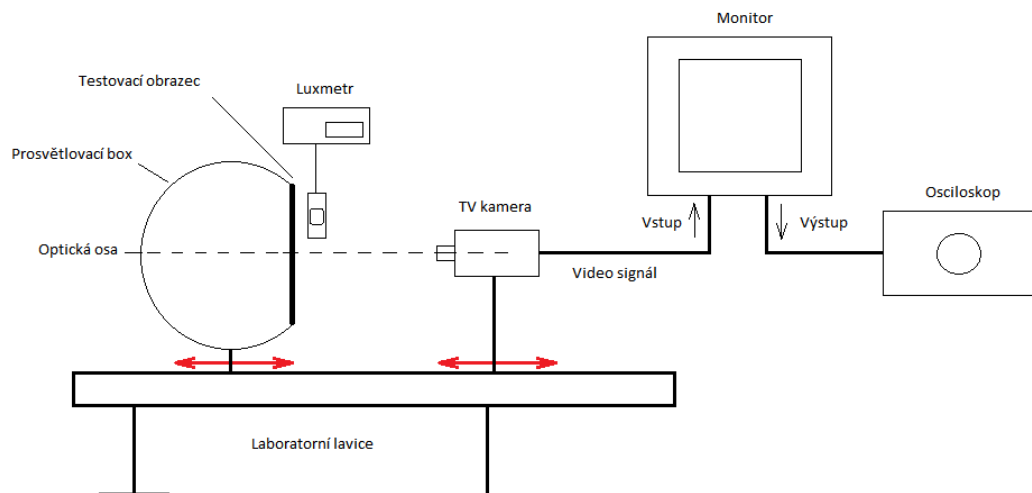


*Obr. 15 Rozlišovací čárový obrazec KTO-3c [22]*

Než se začne samotným měřením, je potřeba propojit jednotlivé zařízení podle schématu na obr. 15. Testovaná kamera a prosvětlovací box se umístí tak, aby rozlišovací čárový obrazec pokrýval celé zorné pole testované kamery. V prosvětlovacím boxu se nastaví požadovaná intenzita osvětlení na určitou úroveň a zaostří se testovaná kamera na rozlišovací čárový obrazec. Poté se nastaví optimální kvalita zobrazení. Na monitoru je potřeba seřadit jas a kontrast, na kameře pak zisk a integrační doba [7].

Obrazovka osciloskopu bude zobrazovat průběh videesignálu, který promítá odezvu kamery na zvolený čárový nebo klínový rastr. Nejprve se bude zjišťovat rozlišení subjektivně tak, že na zobrazeném vertikálním a horizontálním klínovém rastru se nalezne řádek, který je na prahu rozlišitelnosti. Hodnota horizontálního rozlišení (TV řádky) je pak uvedena hned vedle klínového obrazce. Poté se zjistí horizontální rozlišení objektivně. U analogové kamery se stanovuje za pomoci osciloskopu. Sleduje se zde průběh videesignálu představující odezvu kamery na jednotlivé řádky vertikálního klínového rastru. Za práh rozlišitelnosti se považuje řádek, na kterém jsou jednotlivé čáry klínového rastru jednoznačně rozlišitelné a zároveň se určí hloubka modulace podle rovnice, (obr. 17) je větší nebo roven 5 %.





Obr. 16 Schéma zapojení pro měření rozlišení analogové kamery [7]

### Výpočet modulace

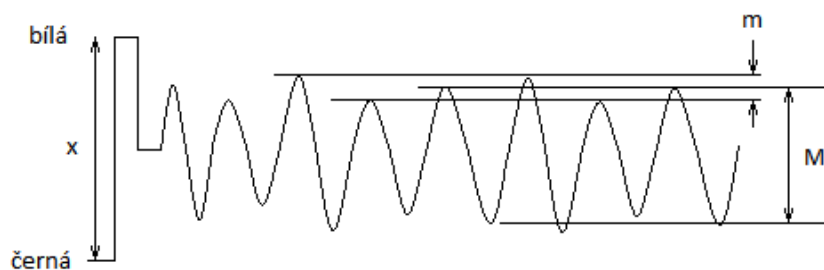
K výpočtu modulace se používá jednoduchá rovnice:

$$\text{Modulace} = \frac{M}{X} \cdot 100\%$$

kde:

M – naměřený kmitočet (jestliže zkušební signál vykazuje parazitní modulaci nebo šumové efekty, určí se průměrná amplituda a na obr. 17 je označena jako m)

X – referenční kmitočet 0,5 MHz

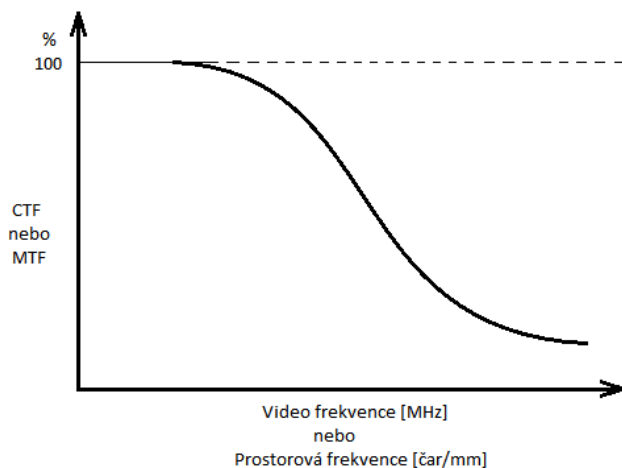


X - amplituda pro referenční rastr 0,5 MHz

Obr. 17 Průběh videosignálu odezvy na referenční čárový rastr [7]

### Horizontální statické rozlišení

Horizontální rozlišení lze chápat jako schopnost systému reprodukovat střídání blízko sebe umístěných černých a bílých svislých čar detailu napříč obrazovkou.



Obr. 18 Průběh MTF [7]

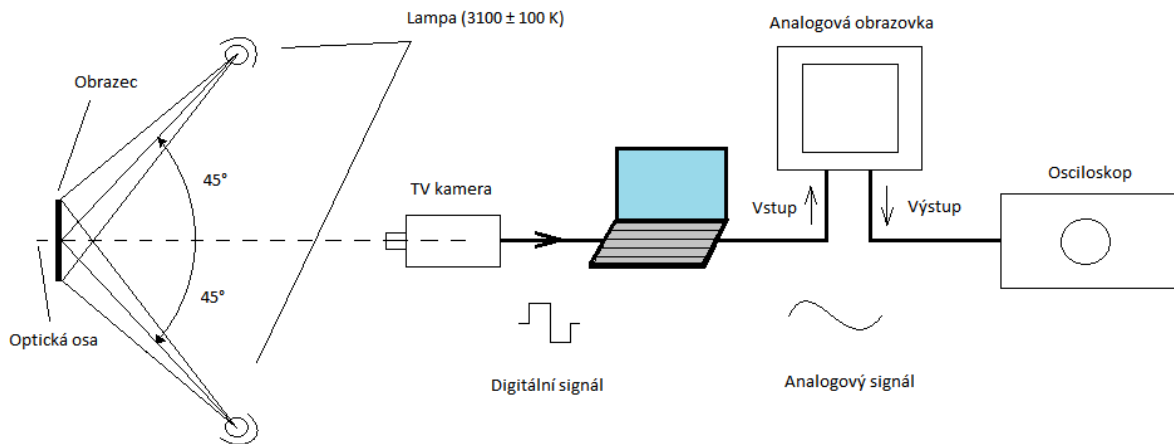
### 3.2.2 Měření horizontálního rozlišení pro IP kamery

Pro tuto metodiku měření je potřeba, aby laboratoř byla vybavena luxmetrem, notebookem s doporučenou konfigurací (procesor 2 GHz, RAM 2 GB, HDD 80 GB, minimální rozlišení LCD 1280x800, TV výstup/vstup a vstup se využije pouze při měření analogových kamer), programovým vybavením (grafický program ImageJ 1,34s, software pro danou IP kameru) a rozlišovacím čárovým obrazcem. U této metodiky se používá rozlišovací čárový obrazec ISO 12233, který lze vidět na obr. 10 [6].

Na samotném začátku měření se propojí jednotlivé zařízení podle schématu na obr. 19. Testovaná kamera se umístí do takové vzdálenosti, aby testovací obrazec pokrýval celé zorné pole kamery. U některých IP kamer je možné měnit zobrazení mezi 4:3 a 16:9. Na okrajích testovacího obrazce jsou šipky, které označují hranice jednotlivých zobrazení. Poté se nastaví intenzita osvětlení testovacího obrazce na danou úroveň za pomoci luxmetru [6].

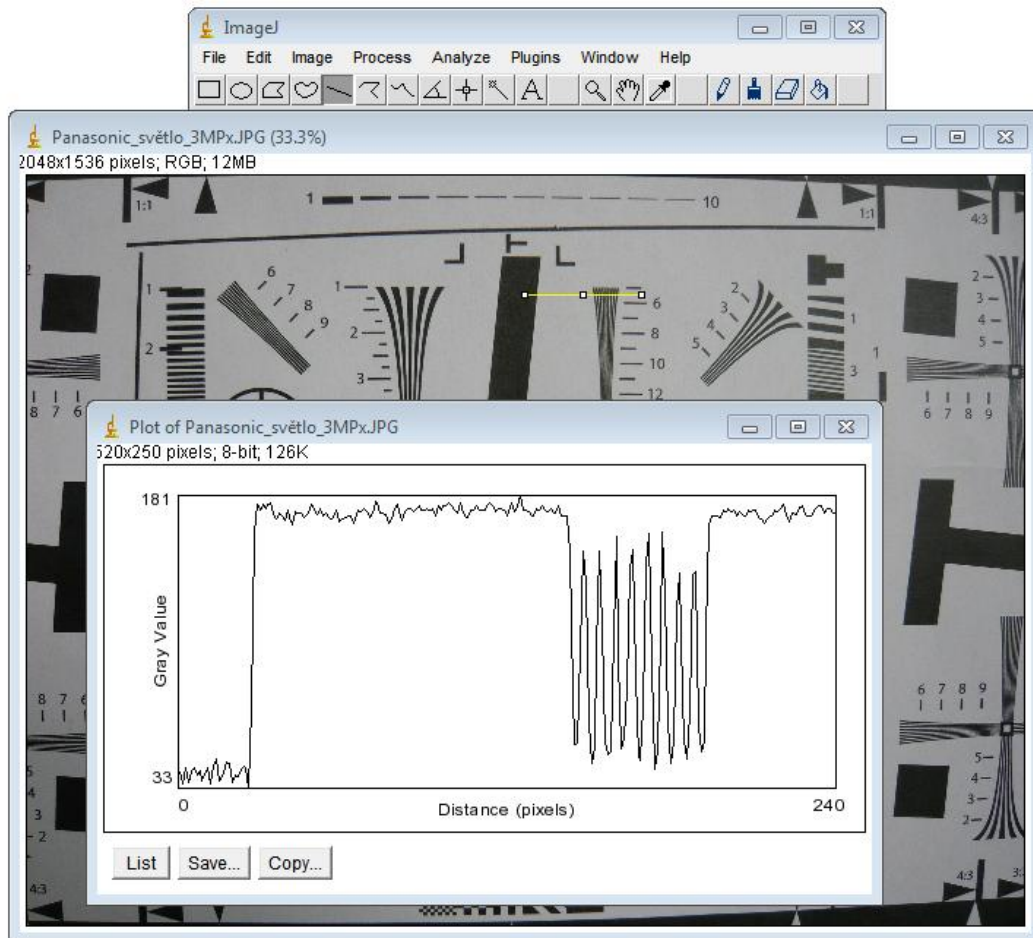
Před vytvořením snímku se změří osvětlení ve středu a v každém rohu obrazce. V ideálním případě by mělo být světlo konstantní ve všech bodech. Dále se zaostří kamera na testovací obrazec. Je-li objektiv kamery vybaven Irisovou clonou, je možné za účelem zvýšení

kontrastu obrazu a eliminace optických aberací clonu přivřít na vhodné clonové číslo. Poté se ještě nastaví optimální kvalita zobrazení. Na monitoru je potřeba seřadit jas a kontrast, na kameře pak zisk a integrační dobu. Nakonec se vytvoří snímek a uloží se.



Obr. 19 Schéma zapojení pro měření rozlišení IP kamery [6]

Do notebooku se nainstaluje program ImageJ 1,34s a spustí se. Pomocí tohoto programu si najdeme úložiště pořízených snímků z kamery a otevřeme je k následné analýze. Nejprve se bude rozlišení zjišťovat subjektivně. Na zobrazeném vertikálním a horizontálním klínovém rastru se nalezne řádek, který je na prahu rozlišitelnosti. Hodnota horizontálního rozlišení (TV řádky) je uvedena hned vedle klínového obrazce. Objektivně se horizontální rozlišení IP kamery stanoví prostřednictvím analýzy snímku pořízeného měřenou kamerou. Sleduje se na něm odezva kamery na jednotlivé řádky vertikálního a horizontálního klínového rastru. Za prah rozlišitelnosti se považuje řádek, na kterém jsou jednotlivé čáry klínového rastru jednoznačně rozlišitelné a zároveň hloubka modulace se zjistí z rovnice, (obr. 21) je větší nebo roven 5 % [6].



Obr. 20 Spuštěná ukázka měření

### Výpočet modulace

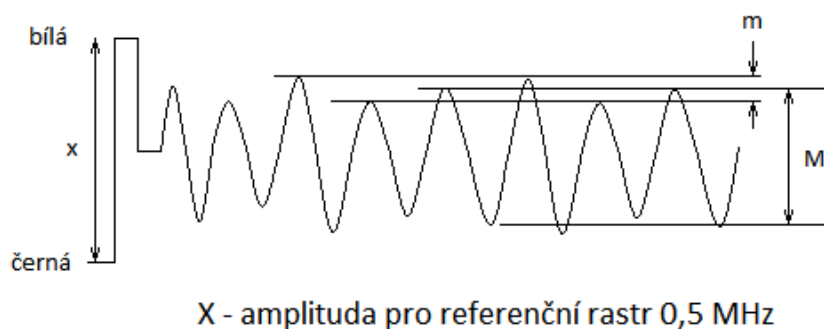
K výpočtu modulace se používá jednoduchá rovnice:

$$\text{Modulace} = \frac{M}{X} \cdot 100\%$$

kde:

M – naměřený kmitočet (jestliže zkušební signál vykazuje parazitní modulaci nebo šumové efekty, určí se průměrná amplituda a na obr. 21 je označena jako m)

X – referenční kmitočet 0,5 MHz



*Obr. 21 Průběh videosignálu odezvy na referenční čárový rastr [6]*

### 3.3 Metodika pro zjištění citlivosti

Citlivost udává okolní světelné podmínky za jakých je obrazový čip kamery schopen snímat obraz, tzn. minimální okolní osvětlení v jednotkách LUX, při které z kamery dostanete slušný obraz. Hodnota 0,1 LUX u černobílé kamery, nebo 1 LUX u barevné kamery znamená, že kamera je schopná snímat obraz při běžném denním světle, nebo při dostatečném umělém osvětlení. Čím nižší je hodnota, tím lépe. Kamery s nízkými hodnotami LUX jsou schopny snímat obraz i při nízké úrovni okolního osvětlení (za šera apod.). U některých kamer je udávána hodnota 0 LUX, touto hodnotou nedisponuje samozřejmě žádná běžná kamera, nicméně znamená to zpravidla, že kamera má vestavěno infrapřisvícení pro noční vidění. Pro převážně noční sledování, jsou vhodnější černobílé kamery, které disponují vyšší citlivostí, která je důležitá právě při nízké úrovni okolního osvětlení [23].

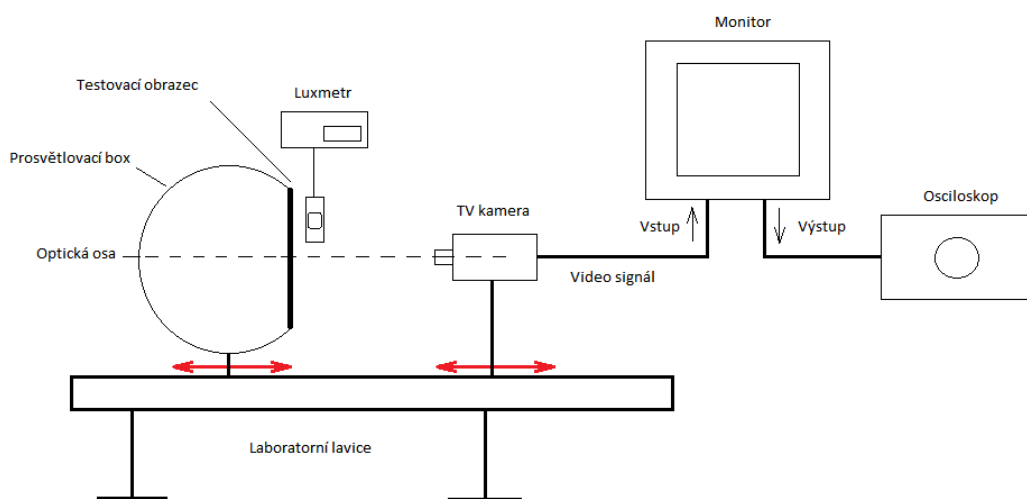
#### 3.3.1 Měření citlivosti pro analogové kamery

Pro tuto metodiku měření je potřeba, aby laboratoř byla vybavena digitálním osciloskopem, TV monitorem, luxmetrem, prosvětlovacím boxem a rozlišovacím čárovým obrazcem. U této metodiky se používá rozlišovací čárový obrazec KTO-3c, který lze vidět na obr. 15.

Na počátku měření je důležité propojit jednotlivá zařízení podle schéma zapojení, které lze vidět na obr. 22. Testovaná kamera s prosvětlovacím boxem musí být umístěna tak, aby rozlišovací čárový obrazec pokrýval celé zorné pole testované kamery. V prosvětlovacím boxu se nastaví požadovaná intenzita osvětlení na určitou úroveň a zaostří se testovaná

kamera na rozlišovací čárový obrazec. Poté se nastaví optimální kvalita zobrazení. Na monitoru je potřeba seřídit jas a kontrast, na kameře pak zisk a integrační doba [8].

Cílem této metodiky je stanovit citlivost kamery a zjistit míru osvětlení, při které dojde k přepnutí z denního režimu na noční. Provede se to postupným snižováním intenzity osvětlení (v daných krocích) na prosvětlovacím boxu. Intenzita osvětlení se bude měřit digitálním luxmetrem. Pro každou úroveň osvětlení testovacího obrazce se hodnotí míra šumu v obraze, jednoznačná rozlišitelnost jednotlivých čárových rastrů, velikost amplitudy černá bílá na čárovém rastru 0,5 MHz, velikost amplitudy videosignálu mezi úrovní černé a bílé u referenčního čárového rastru 0,5 MHz.



Obr. 22 Schéma zapojení pro měření citlivosti analogové kamery [8]

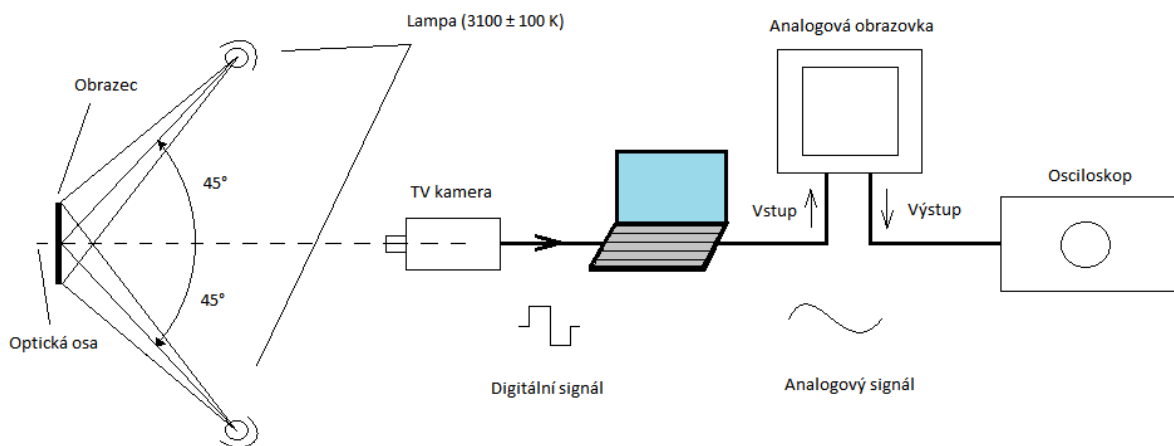
### 3.3.2 Měření citlivosti pro IP kamery

Pro tuto metodiku měření je potřeba, aby laboratoř byla vybavena luxmetrem, notebookem s doporučenou konfigurací (procesor 2 GHz, RAM 2 GB, HDD 80 GB, minimální rozlišení LCD 1280x800, TV výstup/vstup a vstup se využije pouze při měření analogových kamer), programovým vybavením (grafický program ImageJ 1,34s, software pro danou IP kameru) a rozlišovacím čárovým obrazcem. U této metodiky se používá rozlišovací čárový obrazec ISO 12233, který lze vidět na obr. 10 [8].

Na samotném začátku měření se propojí jednotlivé zařízení podle schématu na obr. 23. Testovaná kamera se umístí do takové vzdálenosti, aby testovací obrazec pokrýval celé zorné pole kamery. U některých IP kamer je možné měnit zobrazení mezi 4:3 a 16:9. Na

okrajích testovacího obrazce jsou šipky, které označují hranice jednotlivých zobrazení. Poté se nastaví intenzita osvětlení testovacího obrazce na danou úroveň za pomoci luxmetru [8].

Před vytvořením snímku se změří osvětlení ve středu a v každém rohu obrazce. V ideálním případě by mělo být světlo konstantní ve všech bodech. Dále se zaostří kamera na testovací obrazec. Je-li objektiv kamery vybaven Irisovou clonou, je možné za účelem zvýšení kontrastu obrazu a eliminace optických aberací clonu přivřít na vhodné clonové číslo. Poté se ještě nastaví optimální kvalita zobrazení. Na monitoru je potřeba seřadit jas a kontrast, na kameře pak zisk a integrační dobu. Nakonec se vytvoří snímek a uloží se.



Obr. 23 Schéma zapojení pro měření citlivosti IP kamery [8]

Dále se bude pokračovat ve snižování intenzity osvětlení po zvolených krocích a při každé změně se uloží snímek. Pokud jsou získané všechny snímky, nainstaluje se do notebooku program ImageJ 1,34s a otevře se první snímek. Z nabídky programu se vybere „přímka“ a vede se přes zvolený čárový rastr. Poté se v nabídce analýza vybere Plot Profile a vytvoří se graf čárového rastru.

Pro každou úroveň osvětlení testovacího obrazce se hodnotí míra šumu v obraze, jednoznačná rozlišitelnost jednotlivých čárových rastrů, velikost amplitudy černá bílá na čárovém referenčním rastru 100 TV řádků a porovnání s dalšími rastry [8].

### 3.4 Metodika pro zjištění dynamických vlastností obrazu kamery

U této metodiky se používá standardizovaný zkušební obrazec známý pod jménem Rotakin. Používá se k vyhodnocení činnosti bezpečnostního systému CCTV. Zkušební obrazec Rotakin simuluje siluetu osoby. Tento obrazec obsahuje čárový test a výšečový diagram s vysokým kontrastem pro kontrolu rozlišovací schopnosti. Dále se může použít ke kontrole dosahu kamerového řetězce a ke kontrole přípustné výšky zobrazení [4].

#### 3.4.1 Měření dynamických vlastností obrazu analogových a IP kamer

Pro tuto metodiku měření je potřeba, aby laboratoř byla vybavena luxmetrem, záznamovým zařízením pro analogové kamery, notebookem s doporučenou konfigurací (procesor 2 GHz, RAM 2 GB, HDD 80 GB, minimální rozlišení LCD 1280x800, TV výstup/vstup a vstup se využije pouze při měření analogových kamer), programovým vybavením (grafický program ImageJ 1,34s, software pro danou IP kameru), Choper controlerem a rozlišovacím čárovým obrazcem. U této metodiky se používá rozlišovací čárový obrazec Rotakin, který lze vidět na obr. 24 [11].

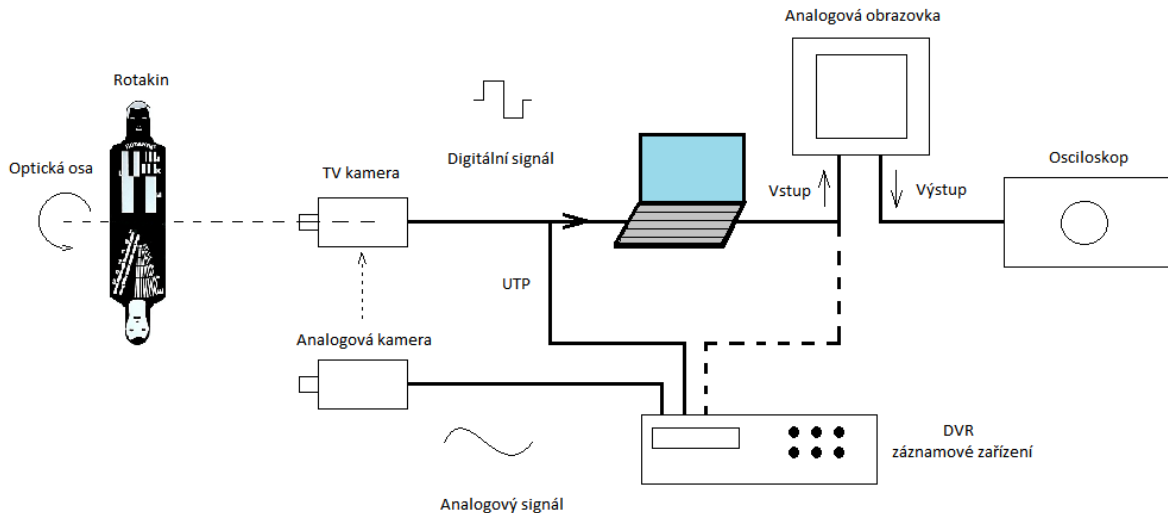


Obr. 24 Zkušební čárový obrazec Rotakin [19]

Na samotném začátku měření se propojí jednotlivé zařízení podle schématu na obr. 25. Testovaná kamera se umístí do takové vzdálenosti, aby testovací obrazec Rotakin pokrýval



co největší část zorného pole kamery. U některých IP kamer je možné měnit zobrazení mezi 4:3 a 16:9. Poté se nastaví intenzita osvětlení testovacího obrazce na danou úroveň. V tomto případě se bude využívat přirozené osvětlení.



Obr. 25 Schéma zapojení pro měření dynamických vlastností obrazu kamer [11]

Zaostří se kamera na testovací obrazec. Je-li objektiv kamery vybaven Irisovou clonou, je možné za účelem zvýšení kontrastu obrazu a eliminace optických aberací clonu přivřít na vhodné clonové číslo. Poté se ještě nastaví optimální kvalita zobrazení. Na monitoru je potřeba seřadit jas a kontrast, na kameře pak zisk a integrační dobu. Poté se zapne Choper controler a bude se zvyšovat napětí otáčením potenciometru po směru hodinových ručiček. V případě, že se bude obrazec otáčet příliš rychle, jemně se pootočí potenciometrem proti směru hodinových ručiček a tím se sníží napětí a otáčky motoru.

Poté se začne s ukládáním snímku. Při každé změně rychlosti otáček se uloží snímek a ty se pak porovnají za pomoci rastru na obrazci od 1 do 6 dle rozlišitelnosti nebo se použije program ImageJ 1,34s. Ten se nainstaluje do notebooku a postupně se budou otevírat snímky. Z nabídky programu se vybere „přímka“ a vede se přes zvolený čárový rastr. Poté se v nabídce analýza vybere Plot Profile a vytvoří se graf čárového rastru.

Snímky nebo popřípadě grafy z obrázků se porovnávají programem ImageJ 1,34s při různých rychlostech. Dále se porovnává velikost (MB) 10 vteřinového záznamu při nahrávání statického obrazu a při nahrávání pohyblivých snímků [11].

## II. PRAKTICKÁ ČÁST

## 4 NÁVRH LABORATORNÍHO PRACOVIŠTĚ V LABORATOŘÍCH FAI UTB ZLÍN

Cílem diplomové práce je navrhnout laboratorní pracoviště v laboratořích fakulty aplikované informatiky pro měření analogových kamer a IP kamer. Dalším bodem je zpracovat metodiku měření včetně vzorového protokolu.

### 4.1 Výbava laboratoře

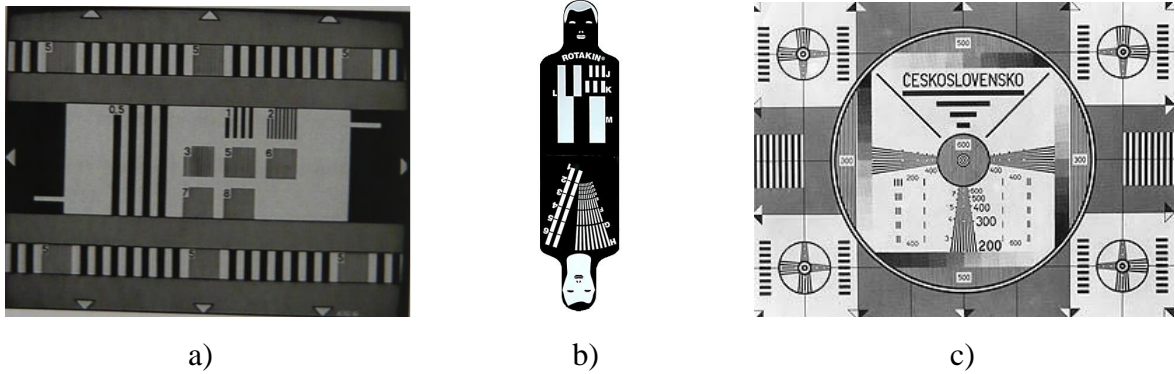
Pro měření kamer je potřeba několik zásadních pomůcek a přístrojů co by určitě nemělo chybět v laboratoři. Analogová a IP kamera se měří sice podobným způsobem, ale u každé je zapotřebí několik odlišných pomůcek a přístrojů.

#### 4.1.1 Analogové kamery

U měření analogových kamer je potřeba sestavit jednoduché pracoviště. Toto pracoviště se skládá:

- Prosvětlovací box,
- Rozlišovací čárový obrazec,
- Choper controler,
- TV monitor,
- Digitální osciloskop,
- Digitální luxmetr.

Jednou z nejdůležitější částí pro zjišťování parametrů analogové kamery je rozlišovací čárový obrazec. Těchto obrazců je několik druhů (KTO10, KTO-3c a Rotakin, ...) a každý slouží k něčemu jinému. Proto je nutné vybrat, jaký parametr se bude měřit a podle něj se vybere testovací obrazec. Testovací obrazec by bylo vhodné vytisknout na saténový papír, jelikož zaručuje vysoké kontrastní vlastnosti a upevní se na pevný podklad.



Obr. 26 Příklady rozlišovacích čárových obrazců; a) KTO10 [6], b) Rotakin [19], c) KTO-3c [22]

Pokud se budou měřit dynamické vlastnosti obrazu, je potřeba mít zařízení choper controler, které se musí upravit tak, aby mohlo otáčet s testovacím obrazcem (Rotakinem). Na tomto zařízení lze měnit rychlost otáčení obrazce.

Zařízení bez kterého se neobejde laboratoř je osciloskop. V tomto případě by se mohl použít stávající osciloskop Agilent technologies 1 GHz, který se zdá být vhodný k těmto měřením.

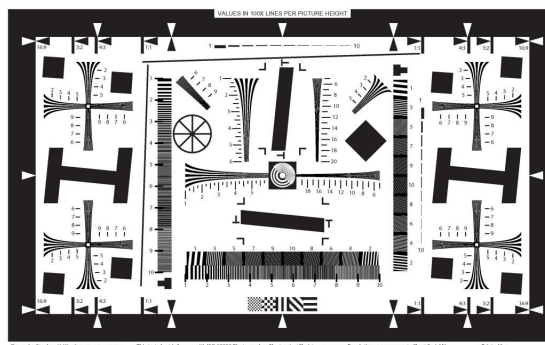
#### 4.1.2 IP kamery

Pro měření kamer je potřeba taky sestavit pracoviště a to o něco jednodušší jak u analogových. V tomto případě je potřeba:

- Rozlišovací čárový obrazec,
- Choper controler,
- Notebook s doporučenou konfigurací:
  - procesor 2 GHz,
  - RAM 2 GB,
  - HDD 80 GB,
  - minimální rozlišení LCD 1280x800,
  - TV výstup/vstup a vstup se využije pouze při měření analogových kamer,
- Programové vybavení

- grafický program ImageJ 1,34s,
- software pro danou IP kameru,
- Digitální luxmetr.

Tak jako u analogových kamer je opět nejdůležitější částí rozlišovací čárový obrazec. Obrazce jsou většinou odlišné od těch pro analogové kamery. V tomto případě se bude využívat obrazec ISO 12233 popř. Rotakin. Testovací obrazec by bylo vhodné zase vytisknout na saténový papír.



Obr. 27 Rozlišovací čárový obrazec ISO 12233 [24]

Pokud se budou měřit dynamické vlastnosti obrazu, je potřeba mít zařízení choper controler, které se musí upravit tak, aby mohlo otáčet s testovacím obrazcem (Rotakinem). Na tomto zařízení lze měnit rychlost otáčení obrazce.

U IP kamer není potřeba k měření osciloskop, ale nahradí ho grafický program ImageJ 1,34s. V tomto programu se pak provádí analýza pořízeného snímku z dané IP kamery.

## 5 MĚŘENÍ MODULAČNÍ PŘENOSOVÉ FUNKCE (MTF)

Tato kapitola se zabývá měřením modulační přenosové funkce (MTF). MTF je v současnosti nejrozšířenější metodika pro popis kvality optického systému kamery, ale i fotoaparátu. Pomocí ní se může zjistit hned několik klíčových parametrů, které jsou důležité při výběru kamery pro mobilní kamerový systém.

### 5.1 Výběr kamery

Před samotným začátkem měření je potřeba vybrat analogovou nebo IP kameru. Je to důležitý krok, protože od něj se bude odvíjet celé měření. V tomto případě bylo rozhodnuto jinak. Nevybrala se analogová ani IP kamera, ale zvolil se kompaktní fotoaparát Panasonic DMC – FX33. Tento přístroj v sobě zahrnuje funkci natáčení videa, ale z tohoto důvodu nebyl vybrán. Hlavní příčinou zvolení tohoto přístroje bylo:

- Možnost změny rozlišení (0,3 – 8 MPix),
- Možnost zapnutí/vypnutí stabilizátoru obrazu.

### 5.2 Použité pomůcky a přístroje

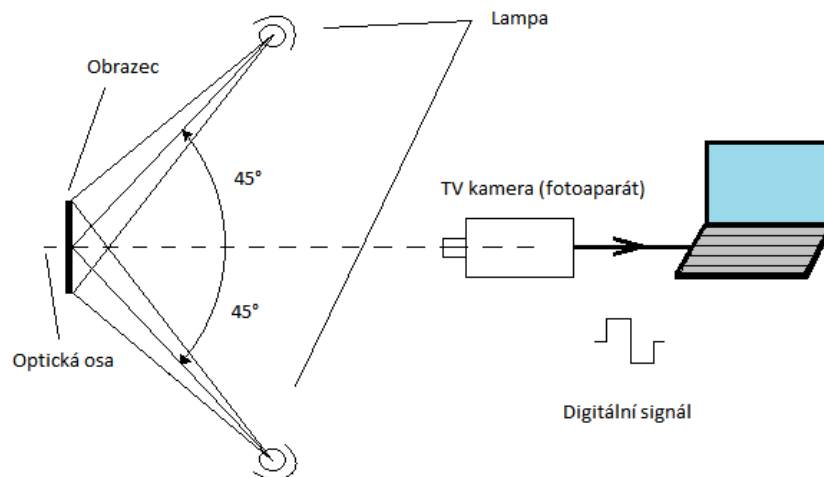
Pokud je známo, zda se bude měřit analogová nebo IP kamera, tak se mohou nachystat potřebné pomůcky a přístroje. V tomto případě byl tedy zvolen kompaktní fotoaparát a ten se měří stejným způsobem jako IP kamery.

K měření se použijí tyto pomůcky a přístroje:

- Kompaktní fotoaparát Panasonic DMC – FX33,
- Stativ,
- Rozlišovací čárový obrazec ISO 12233 (obr. 27),
- Notebook,
- Programové vybavení (ImageJ 1,34s),
- Digitální luxmetr (v tomto případě nebyl použit).

### 5.3 Postup měření

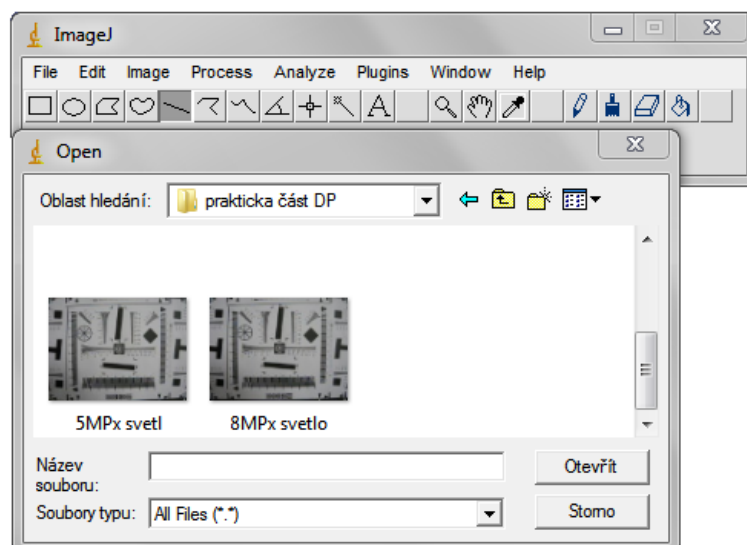
Na začátku celého měření se sestaví celé pracoviště, které je vidět na obr. 28.



Obr. 28 Schéma zapojení pro měření MTF

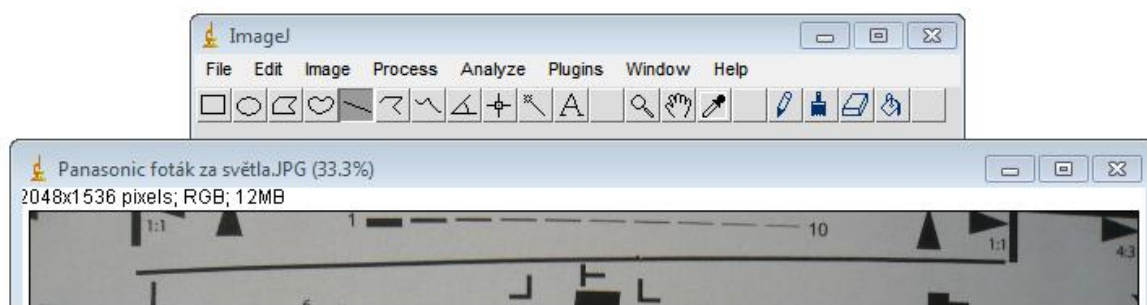
Po sestavení celého pracoviště je důležité nejprve zvolit jedno zobrazení (16:9 nebo 4:3) ve fotoaparátu. Poté se vezme testovací obrazec ISO 12233 a umístí se tak, aby pokrýval celé zorné pole kamery. Zároveň se musí nastavit na zvolené zobrazení podle fotoaparátu. Hranice příslušných zobrazení jsou na testovacím obrazci ISO 12233 označeny po okrajích šipkami. Jestliže je vše připraveno, může se pořídit první snímek.

Dalším krokem je analýza snímku za pomoci programu ImageJ 1,34s. Tento program se nejprve nainstaluje do příslušného notebooku a spustí se. Pomocí něj se otevře pořízený snímek z fotoaparátu.



Obr. 29 Ukázka otevření snímku v programu ImageJ 1,34s

Nyní je potřeba pozorně sledovat otevřené okno snímku. Na horní liště okna je zobrazen název snímku. Pokud je tam pouze název, může se pokračovat bez problému dále. Znamená to, že se snímek otevřel ve 100% zobrazení. Jestliže vedle názvu bude zobrazena závorka s údajem v procentech (obr. 30), je potřeba tento snímek zavřít a udělat z něj v jakémkoliv programu výřez požadovaného rastru. Pokud by se nic neudělalo se snímek, došlo by ke zkreslení grafu a zároveň ke špatným výsledkům. Provedený výřez se pak otevře a měl by být zobrazen ve 100% velikosti a může se pokračovat dále.



*Obr. 30 Ukázka špatně otevřeného snímku pouze na 33,3%*

Z nabídky se vybere možnost „přímka“ a vede se přes zvolený čárový rastr od referenčního (dobře rozlišitelný) až po další rastry, dokud budou rozlišitelné.

Pokud je udělaná přímka nad nějakým čárovým rastrem, z nabídky „analyze“ se vybere možnost „Plot profile“ a vytvoří se graf čárového rastru. V tomto grafu je možný pohyb kurzorem myši. V dolní části lze vidět souřadnice X a Y. Zaznamenávat se budou hodnoty Y. Nejvyšší hodnoty jsou úrovně bílé a nejnižší černé. Pokud se ale hodnoty špiček budou lišit, nutné je všechny zaznamenat a udělat z nich průměrnou hodnotu. Poté se hodnoty zpracují a použijí se příslušné vzorce k výpočtům.

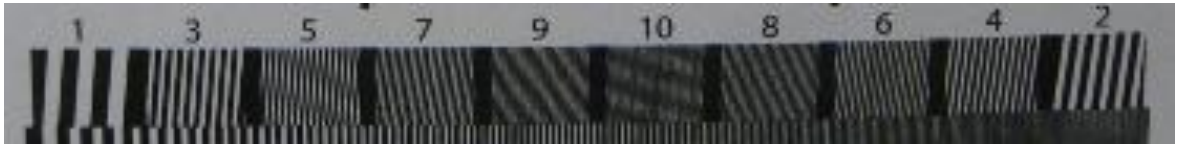
Stejný postup se použije pro všechna měření. Zjišťovat se bude změna MTF při změně rozlišení fotoaparátu, změně světelných podmínek a změně vypnutí/zapnutí stabilizátoru obrazu. Na konci se porovnají výsledky všech měření.

### **5.3.1 Moaré efekt**

Tento jev může nastat v případě kdyby nebyl snímek otevřený a zobrazený na 100%. Byl by vidět na čárových rastroch. Je to rušivý efekt, který vzniká překrýváním nebo



interferencí dvou pravidelných a jen málo odlišných rastrů [25]. Tento efekt lze vidět na obr. 31.



Obr. 31 Zobrazení na 33,3% - Moaré jev

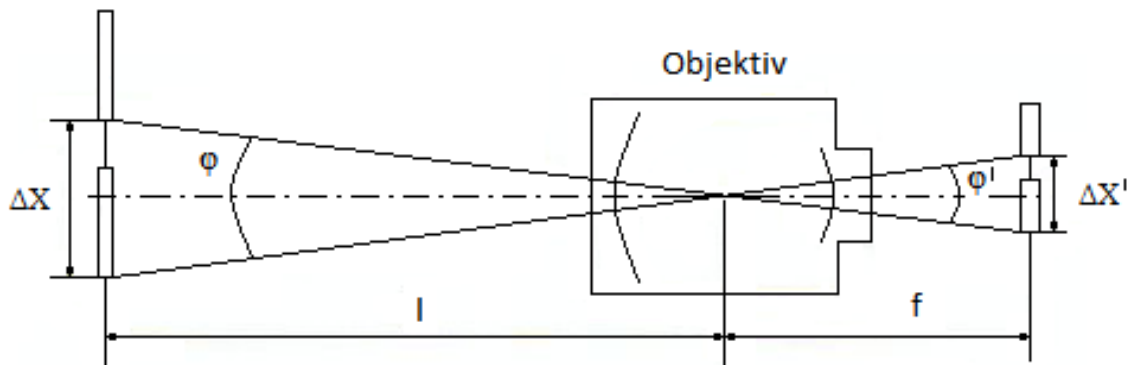
Na obr. 32 je vidět správné zobrazení bez Moaré jevu. Tento obrázek vznikl pomocí výřezu z celého rozlišovacího čárového obrazce ISO 12233, aby se předešlo špatnému zobrazení.



Obr. 32 Zobrazení na 100%

#### 5.4 Použité vzorce

Před tím než se uvedou vzorce, bylo by vhodné prostudovat a pochopit obr. 33.



Obr. 33 Schéma zobrazovací soustavy [26]

Jelikož u fotoaparátů, které mají zoom objektivy, nelze přesně určit jakou mají ohniskovou vzdálenost  $f$ , tak se změří vzdálenost objektivu od testovacího obrazce  $l$ . Bude se tedy počítat s hodnotami, které jsou před objektivem neboli v obrazovém prostoru.

Zde jsou uvedeny všechny vzorečky, které bude potřeba k výpočtům měření:

- Vzorec pro výpočet kontrastu

$$C = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{Y_{\max} + Y_{\min}}$$

kde:

$Y_{\max}$  - hodnota úrovně bílé barvy,

$Y_{\min}$  - hodnota úrovně černé barvy,

- Vzorec pro výpočet prostorové frekvence

$$f_x = \frac{1}{d} [mm^{-1}]$$

kde:

$d$  – šířka čáry na rozlišovacím čárovém obrazci,

- Vzorec pro zjištění a výpočet mezní prostorové frekvence zobrazení  $f_{\text{cutoff}}$

$$C_{\text{rozdil}} = C_{\max} - C_{\min}$$

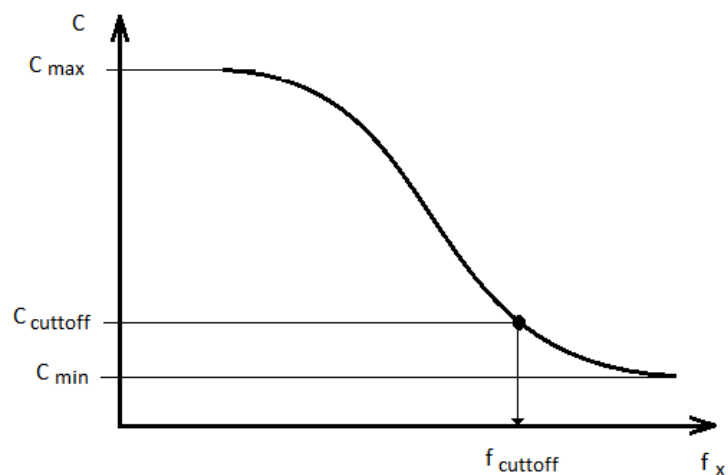
z  $C_{\text{rozdil}}$  se vypočítá 10%

$$C_{10\%} = \frac{C_{\text{rozdil}}}{100} \cdot 10$$

zjištění hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$

$$C_{\text{cutoff}} = C_{\min} + C_{10\%}$$

Hodnota  $C_{\text{cutoff}}$  se vynesou do grafu a udělá se rovnoběžka s osou x. Rovnoběžka protne křivku MTF. Z tohoto bodu se spustí kolmice na osu x a dostane se hodnota mezní prostorové frekvence zobrazení  $f_{\text{cutoff}}$ . Celý postup je naznačen na obr. 34.

Obr. 34 Zjištění hodnoty  $f_{cutoff}$ 

- Vzorec pro výpočet vzdálenosti čar rozlišení v obrazovém prostoru

$$\Delta X^l = \frac{1}{f_{cutoff}} [mm]$$

kde:

$f_{cutoff}$  – mezní prostorová frekvence zobrazení

- Vzorec pro výpočet rozlišovacího prostorového úhlu

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\Delta X^l}{l_1}$$

pro  $\varphi$  malé lze psát  $\operatorname{tg} \varphi \approx \varphi$  a potom tedy platí

$$\varphi = \frac{\Delta X^l}{l_1} [rad]$$

kde:

$l_1$  – vzdálenost objektivu od čárového rozlišovacího obrazce

- Vzorec pro výpočet rozlišení v určité vzdálenosti  $l_2$

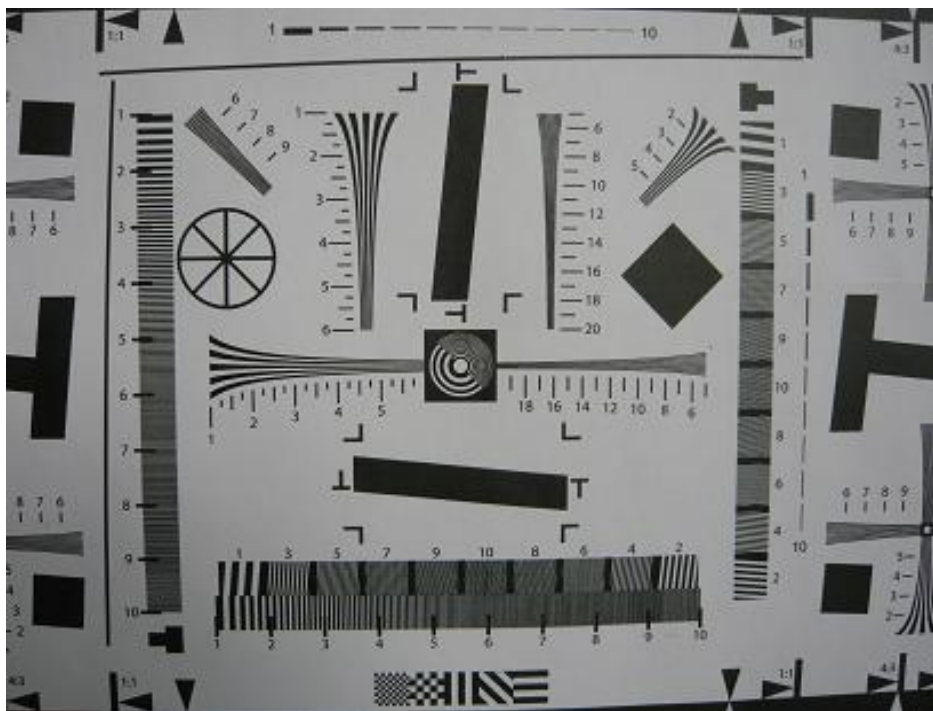
$$\frac{\Delta X^l}{l_2} = \varphi \Rightarrow \Delta X^l = \varphi \cdot l_2 [mm]$$

## 5.5 Výsledky měření

V této kapitole jsou uvedena veškerá měření, která probíhala na kompaktním fotoaparátu Panasonic DMC – FX33. Tyto měření jsou rozdělena do dvou základních bodů. V prvním bodě se zjišťovala závislost MTF na změně rozlišení a ve druhém bodě vliv stabilizace obrazu na MTF. U každého bodu se provedla tři měření za dobrých světelných podmínek a tři měření za zhoršených světelných podmínek. Naměřené hodnoty jsou prezentovány pomocí grafů a následně jsou zpracovány k dosažení potřebných výsledků.

### 5.5.1 Závislost MTF na změně rozlišení fotoaparátu

Měření probíhalo za běžného denního světla a za zhoršených světelných podmínek (šero). Na fotoaparátu se nastavilo požadované rozlišení a umístil se tak, aby testovací obrazec pokrýval celé zorné pole. Jednou z nejdůležitějších věcí v tomto případě je změřit vzdálenost objektivu od testovacího obrazce. Vzdálenost v tomto případě byla naměřena pro všechny změny rozlišení  $l_1 = 26\text{cm}$ . Jestliže je vše nastavené, provede se snímek.



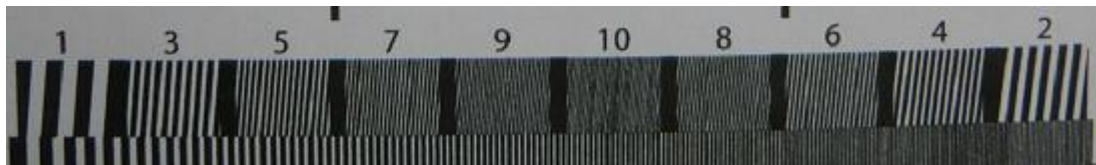
Obr. 35 Ukázka snímku pořízeného rozlišením 3 MPix

Na ukázce snímku je vidět, že toto budou všechno případy kdy se snímek neotevře v plné velikosti přes program ImageJ 1,34s, ale jen na určité procento. Proto je vhodné pokaždé

udělat výřez požadovaného rozlišovacího čárového obrazce. Pokud by se tak neprovedlo, znehodnotil by měření nechtěný Moaré jev, který vznikne právě při špatné velikosti zobrazení.

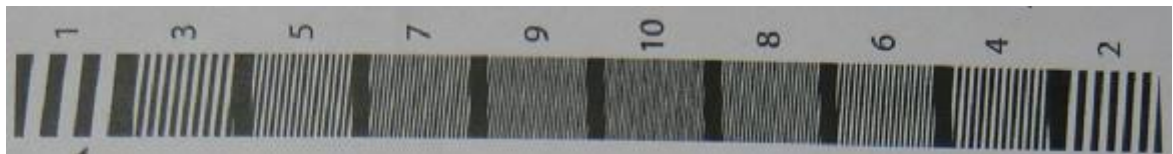
### 5.5.1.1 Rozlišení 3 MPix – dobré světelné podmínky

Nejprve se z pořízeného snímku udělají dva výřezy. Jeden bude v horizontální rovině a druhý ve vertikální.



Obr. 36 Výřez v horizontální rovině pro rozlišení 3 MPix

Výřez ve vertikální rovině se otočí o 90° pro lepší otevření v programu ImageJ 1,34s.



Obr. 37 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° pro rozlišení 3 MPix

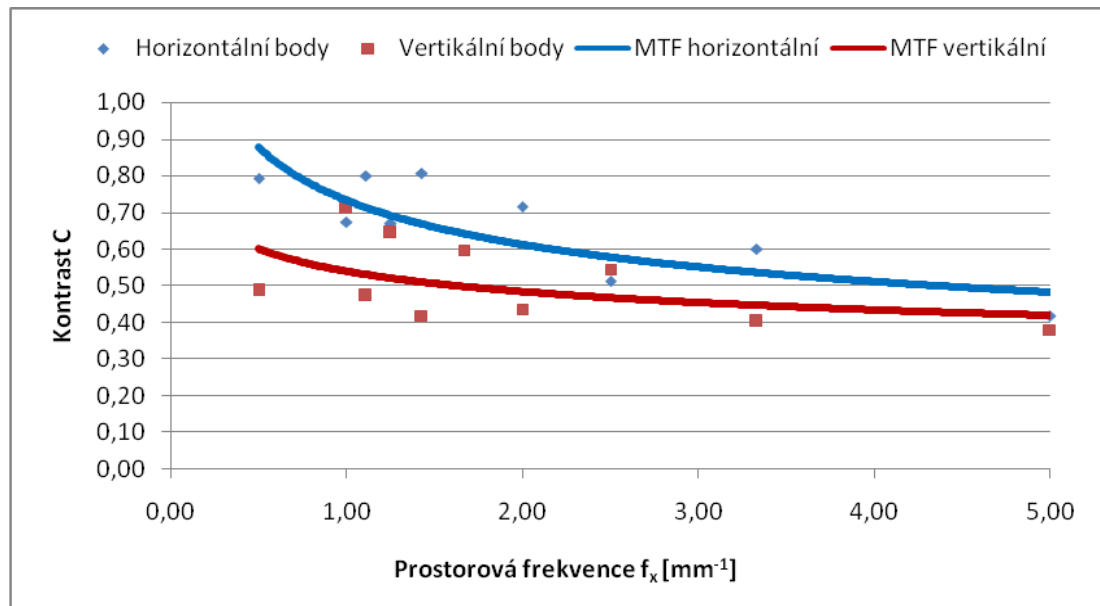
Pokud jsou hotové výřezy, může se začít s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu  $C$ . Výpočet první hodnoty:

$$C = \frac{138 - 16}{138 + 16} = 0,79$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).



Graf 1 Průběh MTF při rozlišení 3 MPix za dobrých světelných podmínek

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{\text{cutoff}}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$ .

#### Horizontální MTF

$$C_{\text{rozdil}} = 0,81 - 0,42 = 0,39$$

$$C_{10\%} = \frac{0,39}{100} \cdot 10 \doteq 0,04$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,42 + 0,04 = 0,46$$

$$f_{\text{cutoff}} = 4,63 \text{mm}^{-1}$$

#### Vertikální MTF

$$C_{\text{rozdil}} = 0,71 - 0,38 = 0,33$$

$$C_{10\%} = \frac{0,33}{100} \cdot 10 \doteq 0,03$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,38 + 0,03 = 0,41$$

$$f_{\text{cutoff}} = 3,21 \text{mm}^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

#### Horizontální MTF

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{4,63} \doteq 0,22 \text{mm}$$

#### Vertikální MTF

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{3,21} \doteq 0,31 \text{mm}$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:

#### Horizontální MTF

$$\varphi = \frac{0,22}{260} \doteq 0,0009rad$$

#### Vertikální MTF

$$\varphi = \frac{0,31}{260} \doteq 0,0012rad$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, lze vypočítat jaký nejmenší předmět fotoaparát ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost byla určena 10m. Použije se vzorec:

#### Horizontální MTF

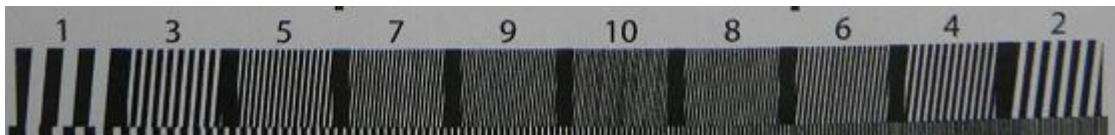
$$\Delta X^{\perp} = 0,0009 \cdot 10000 = 9mm$$

#### Vertikální MTF

$$\Delta X^{\perp} = 0,0012 \cdot 10000 = 12mm$$

#### 5.5.1.2 Rozlišení 5 MPix – dobré světelné podmínky

Nejprve se z pořízeného snímku udělají dva výřezy. Jeden bude v horizontální rovině a druhý ve vertikální.



Obr. 38 Výřez v horizontální rovině pro rozlišení 5 MPix

Výřez ve vertikální rovině se otočí o 90° pro lepší otevření v programu ImageJ 1,34s.



Obr. 39 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° pro rozlišení 5 MPix

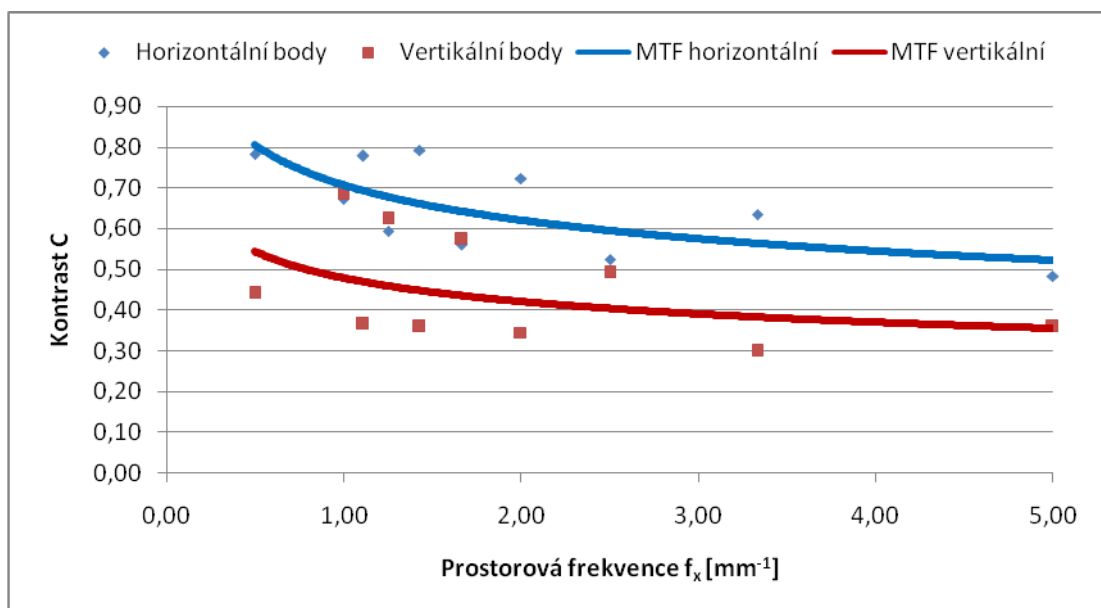
Pokud jsou hotové výřezy, může se začít s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu  $C$ . Výpočet první hodnoty:

$$C = \frac{148,3 - 18}{148,3 + 18} = 0,78$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).



Graf 2 Průběh MTF při rozlišení 5 MPix za dobrých světelných podmínek

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{\text{cutoff}}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$ .



**Horizontální MTF**

$$C_{rozdil} = 0,79 - 0,48 = 0,31$$

$$C_{10\%} = \frac{0,31}{100} \cdot 10 \doteq 0,03$$

$$C_{cutoff} = 0,48 + 0,03 = 0,51$$

$$f_{cutoff} = 4,72 \text{mm}^{-1}$$

**Vertikální MTF**

$$C_{rozdil} = 0,68 - 0,30 = 0,38$$

$$C_{10\%} = \frac{0,38}{100} \cdot 10 \doteq 0,04$$

$$C_{cutoff} = 0,3 + 0,04 = 0,34$$

$$f_{cutoff} = 3,07 \text{mm}^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{4,72} \doteq 0,21 \text{mm}$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{3,07} \doteq 0,33 \text{mm}$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:

**Horizontální MTF**

$$\varphi = \frac{0,21}{260} \doteq 0,0008 \text{rad}$$

**Vertikální MTF**

$$\varphi = \frac{0,33}{260} \doteq 0,0013 \text{rad}$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, lze vypočítat jaký nejmenší předmět fotoaparát ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost byla určena 10m. Použije se vzorec:

**Horizontální MTF**

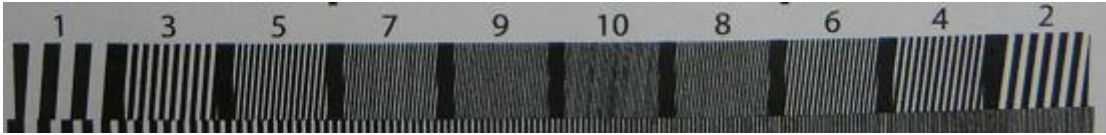
$$\Delta X^{\perp} = 0,0008 \cdot 10000 = 8 \text{mm}$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0013 \cdot 10000 = 13 \text{mm}$$

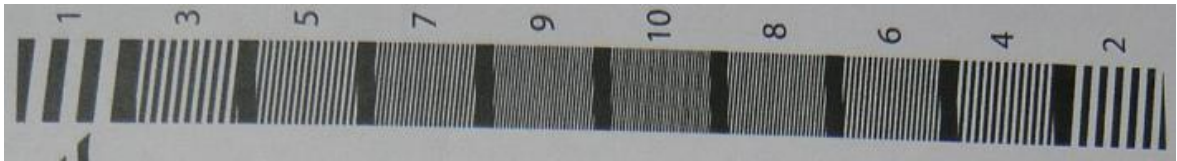
**5.5.1.3 Rozlišení 8 MPix – dobré světelné podmínky**

Nejprve se z pořízeného snímku udělají dva výřezy. Jeden bude v horizontální rovině a druhý ve vertikální.



Obr. 40 Výřez v horizontální rovině pro rozlišení 8 MPix

Výřez ve vertikální rovině se otočí o 90° pro lepší otevření v programu ImageJ 1,34s.



Obr. 41 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° pro rozlišení 8 MPix

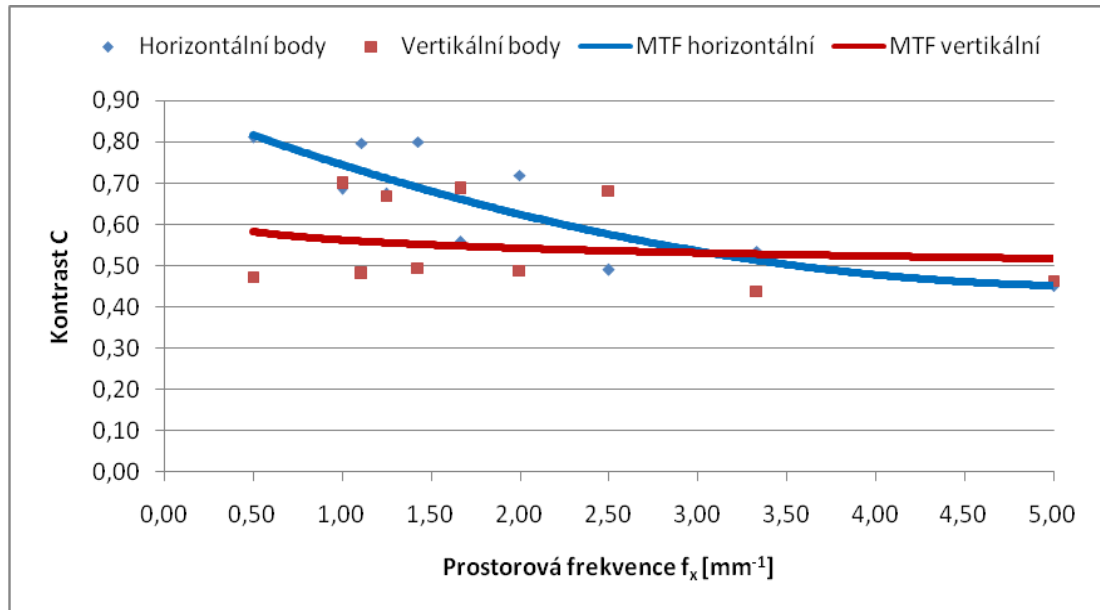
Pokud jsou hotové výřezy, může se začít s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu  $C$ . Výpočet první hodnoty:

$$C = \frac{145,2 - 15,2}{145,2 + 15,2} = 0,81$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).



Graf 3 Průběh MTF při rozlišení 8 MPix za dobrých světelných podmínek

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{\text{cutoff}}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$ .

#### Horizontální MTF

$$C_{\text{rozdil}} = 0,81 - 0,45 = 0,36$$

$$C_{10\%} = \frac{0,36}{100} \cdot 10 \doteq 0,04$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,45 + 0,04 = 0,49$$

$$f_{\text{cutoff}} = 4,37 \text{ mm}^{-1}$$

#### Vertikální MTF

$$C_{\text{rozdil}} = 0,7 - 0,44 = 0,26$$

$$C_{10\%} = \frac{0,26}{100} \cdot 10 \doteq 0,03$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,44 + 0,03 = 0,47$$

$$f_{\text{cutoff}} = 3,15 \text{ mm}^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

#### Horizontální MTF

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{4,37} \doteq 0,23 \text{ mm}$$

#### Vertikální MTF

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{3,15} \doteq 0,32 \text{ mm}$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:

**Horizontální MTF**

$$\varphi = \frac{0,23}{260} \doteq 0,0009rad$$

**Vertikální MTF**

$$\varphi = \frac{0,32}{260} \doteq 0,0012rad$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, lze vypočítat jaký nejmenší předmět fotoaparát ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost byla určena 10m. Použije se vzorec:

**Horizontální MTF**

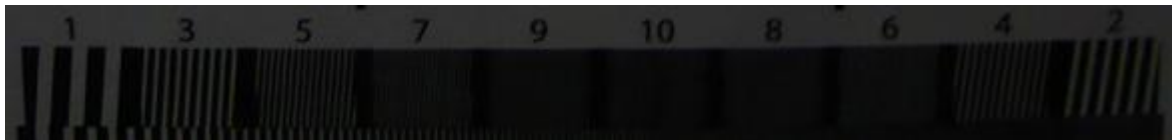
$$\Delta X^{\perp} = 0,0009 \cdot 10000 = 9mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0012 \cdot 10000 = 12mm$$

**5.5.1.4 Rozlišení 3 MPix – zhoršené světelné podmínky**

Nejprve se z pořízeného snímku udělají dva výřezy. Jeden bude v horizontální rovině a druhý ve vertikální.



*Obr. 42 Výřez v horizontální rovině pro rozlišení 3 MPix*

Výřez ve vertikální rovině se otočí o 90° pro lepší otevření v programu ImageJ 1,34s.



*Obr. 43 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° pro rozlišení 3 MPix*

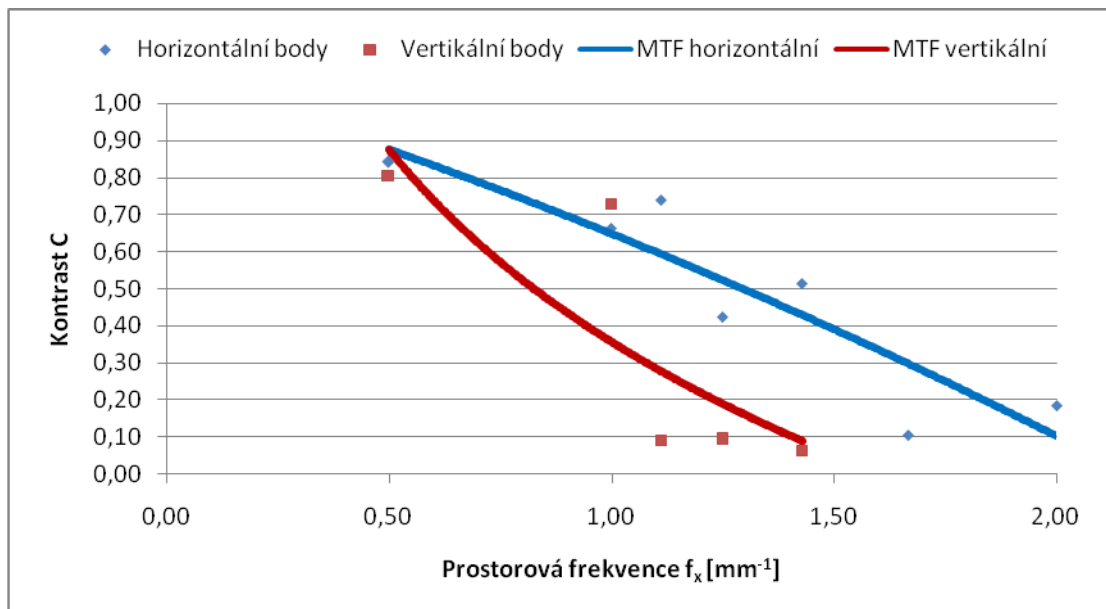
Pokud jsou hotové výřezy, může se začít s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu C. Pokud některý čárový rastr nebyl rozeznatelný, nedělalo se u něj měření. Výpočet první hodnoty:

$$C = \frac{50 - 4,3}{50 + 4,3} = 0,84$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).



Graf 4 Průběh MTF při rozlišení 3 MPix za zhoršených světelných podmínek

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{\text{cutoff}}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$ .

**Horizontální MTF**

$$C_{rozdil} = 0,84 - 0,11 = 0,73$$

$$C_{10\%} = \frac{0,73}{100} \cdot 10 \doteq 0,07$$

$$C_{cutoff} = 0,11 + 0,07 = 0,18$$

$$f_{cutoff} = 1,59mm^{-1}$$

**Vertikální MTF**

$$C_{rozdil} = 0,81 - 0,06 = 0,75$$

$$C_{10\%} = \frac{0,75}{100} \cdot 10 \doteq 0,08$$

$$C_{cutoff} = 0,06 + 0,08 = 0,14$$

$$f_{cutoff} = 1,09mm^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,59} \doteq 0,63mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,09} \doteq 0,92mm$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:

**Horizontální MTF**

$$\varphi = \frac{0,63}{260} \doteq 0,0024rad$$

**Vertikální MTF**

$$\varphi = \frac{0,92}{260} \doteq 0,0035rad$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, lze vypočítat jaký nejmenší předmět fotoaparát ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost byla určena 10m. Použije se vzorec:

**Horizontální MTF**

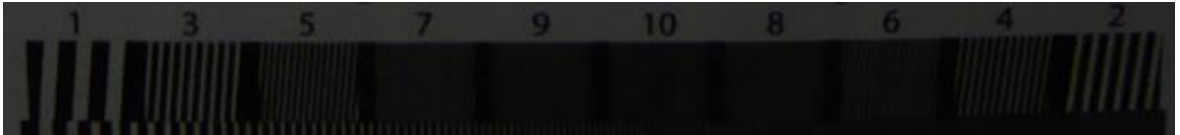
$$\Delta X^{\perp} = 0,0024 \cdot 10000 = 24mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0035 \cdot 10000 = 35mm$$

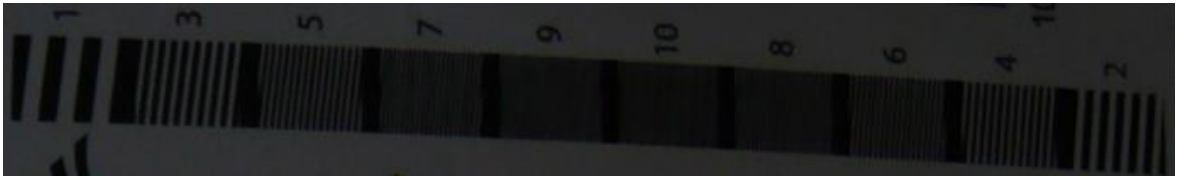
**5.5.1.5 Rozlišení 5 MPix – zhoršené světelné podmínky**

Nejprve se z pořízeného snímku udělají dva výřezy. Jeden bude v horizontální rovině a druhý ve vertikální.



*Obr. 44 Výřez v horizontální rovině pro rozlišení 5 MPix*

Výřez ve vertikální rovině se otočí o 90° pro lepší otevření v programu ImageJ 1,34s.



*Obr. 45 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° pro rozlišení 5 MPix*

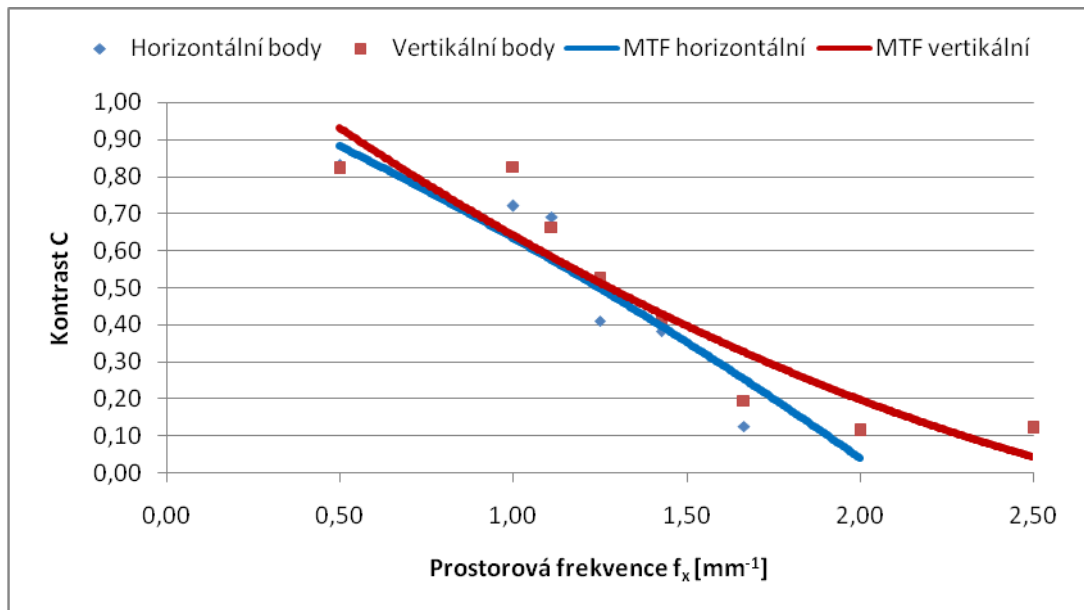
Pokud jsou hotové výřezy, může se začít s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu  $C$ . Pokud některý čárový rastr nebyl rozeznatelný, nedělalo se u něj měření. Výpočet první hodnoty:

$$C = \frac{52,1 - 4,7}{52,1 + 4,7} = 0,83$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).



Graf 5 Průběh MTF při rozlišení 5 MPix za zhoršených světelných podmínek

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{\text{cutoff}}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$ .

#### Horizontální MTF

$$C_{\text{rozdil}} = 0,83 - 0,11 = 0,72$$

$$C_{10\%} = \frac{0,72}{100} \cdot 10 \doteq 0,07$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,11 + 0,07 = 0,18$$

$$f_{\text{cutoff}} = 1,59 \text{mm}^{-1}$$

#### Vertikální MTF

$$C_{\text{rozdil}} = 0,83 - 0,11 = 0,72$$

$$C_{10\%} = \frac{0,72}{100} \cdot 10 \doteq 0,07$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,11 + 0,07 = 0,18$$

$$f_{\text{cutoff}} = 1,71 \text{mm}^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

#### Horizontální MTF

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,59} \doteq 0,63 \text{mm}$$

#### Vertikální MTF

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,71} \doteq 0,59 \text{mm}$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:



**Horizontální MTF**

$$\varphi = \frac{0,63}{260} \doteq 0,0024rad$$

**Vertikální MTF**

$$\varphi = \frac{0,59}{260} \doteq 0,0023rad$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, lze vypočítat jaký nejmenší předmět fotoaparát ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost byla určena 10m. Použije se vzorec:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0024 \cdot 10000 = 24mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0023 \cdot 10000 = 23mm$$

**5.5.1.6 Rozlišení 8 MPix – zhoršené světelné podmínky**

Nejprve se z pořízeného snímku udělají dva výřezy. Jeden bude v horizontální rovině a druhý ve vertikální.



*Obr. 46 Výřez v horizontální rovině pro rozlišení 8 MPix*

Výřez ve vertikální rovině se otočí o 90° pro lepší otevření v programu ImageJ 1,34s.



*Obr. 47 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° pro rozlišení 8 MPix*

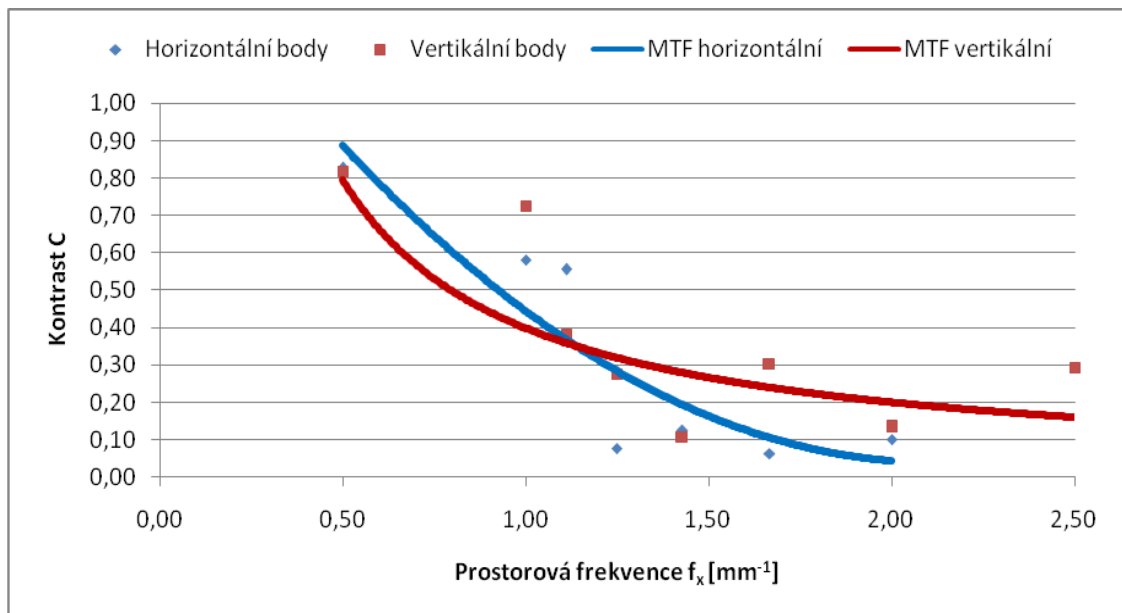
Pokud jsou hotové výřezy, může se začít s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu C. Pokud některý čárový rastr nebyl rozeznatelný, nedělalo se u něj měření. Výpočet první hodnoty:

$$C = \frac{52,5 - 5}{52,5 + 5} = 0,83$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).



Graf 6 Průběh MTF při rozlišení 8 MPix za zhoršených světelných podmínek

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{\text{cutoff}}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$ .

**Horizontální MTF**

$$C_{rozdil} = 0,83 - 0,06 = 0,77$$

$$C_{10\%} = \frac{0,77}{100} \cdot 10 \doteq 0,08$$

$$C_{cutoff} = 0,06 + 0,08 = 0,14$$

$$f_{cutoff} = 1,23mm^{-1}$$

**Vertikální MTF**

$$C_{rozdil} = 0,82 - 0,11 = 0,71$$

$$C_{10\%} = \frac{0,71}{100} \cdot 10 \doteq 0,07$$

$$C_{cutoff} = 0,11 + 0,07 = 0,18$$

$$f_{cutoff} = 1,33mm^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,23} \doteq 0,81mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,33} \doteq 0,75mm$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:

**Horizontální MTF**

$$\varphi = \frac{0,81}{260} \doteq 0,0031rad$$

**Vertikální MTF**

$$\varphi = \frac{0,75}{260} \doteq 0,0029rad$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, lze vypočítat jaký nejmenší předmět fotoaparát ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost byla určena 10m. Použije se vzorec:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0031 \cdot 10000 = 31mm$$

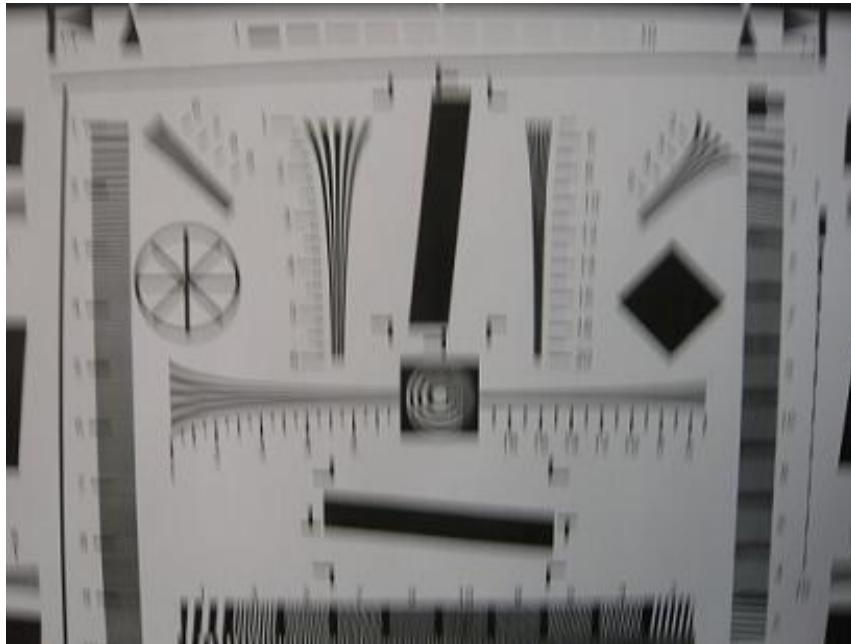
**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0029 \cdot 10000 = 29mm$$

**5.5.2 Vliv stabilizace obrazu na MTF**

Měření probíhalo za běžného denního světla a za zhoršených světelných podmínek (šero). Na fotoaparátu se zapnula/vypnula stabilizace obrazu a umístil se tak, aby testovací obrazec pokrýval celé zorné pole. Jednou z nejdůležitějších věcí v tomto případě bylo opět

změřit vzdálenost objektivu od testovacího obrazce. V tomto případě se opět jednalo o vzdálenost  $l_1 = 26\text{cm}$ . Jestliže je vše nastavené, provede se snímek.



*Obr. 48 Ukázka snímku pořízeného bez stabilizace obrazu za mírných vibrací*

Na ukázce snímku je vidět, že toto budou všechno případy kdy se snímek neotevře v plné velikosti přes program ImageJ 1,34s, ale jen na určité procento. Je proto vhodné, udělat pokaždé výřez požadovaného rozlišovacího čárového obrazce. Pokud by se tak neprovedlo, znehodnotil by měření nechtěný Moaré jev, který vznikne právě při špatné velikosti zobrazení.

#### **5.5.2.1 Zapnutý stabilizátor obrazu – dobré světelné podmínky**

Nejprve se z pořízeného snímku udělají dva výřezy. Jeden bude v horizontální rovině a druhý ve vertikální.



*Obr. 49 Výřez v horizontální rovině při zapnuté stabilizaci obrazu*

Výřez ve vertikální rovině se otočí o  $90^\circ$  pro lepší otevření v programu ImageJ 1,34s.



Obr. 50 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° při zapnuté stabilizaci obrazu

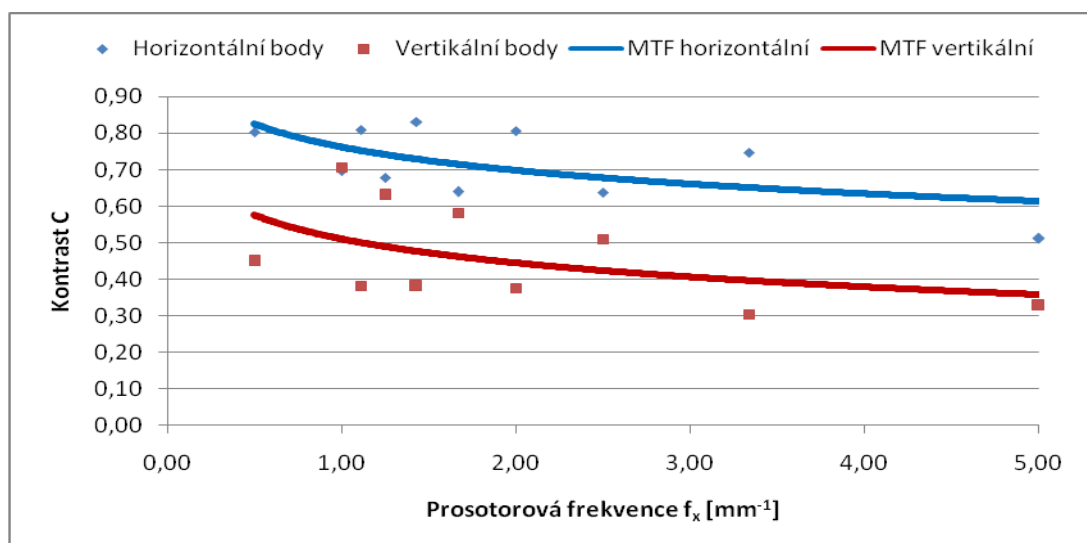
Pokud jsou hotové výřezy, může se začít s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu  $C$ . Pokud některý čárový rastr nebyl rozeznatelný, nedělalo se u něj měření. Výpočet první hodnoty:

$$C = \frac{148,5 - 16,3}{148,5 + 16,3} = 0,8$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).



Graf 7 Průběh MTF při zapnuté stabilizaci obrazu za dobrých světelných podmínek

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{\text{cutoff}}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$ .

**Horizontální MTF**

$$C_{\text{rozdil}} = 0,83 - 0,51 = 0,32$$

$$C_{10\%} = \frac{0,32}{100} \cdot 10 \doteq 0,03$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,51 + 0,03 = 0,54$$

$$f_{\text{cutoff}} = 4,81 \text{mm}^{-1}$$

**Vertikální MTF**

$$C_{\text{rozdil}} = 0,71 - 0,3 = 0,41$$

$$C_{10\%} = \frac{0,41}{100} \cdot 10 \doteq 0,04$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,3 + 0,04 = 0,34$$

$$f_{\text{cutoff}} = 3,09 \text{mm}^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{4,81} \doteq 0,21 \text{mm}$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{3,09} \doteq 0,32 \text{mm}$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:

**Horizontální MTF**

$$\varphi = \frac{0,21}{260} \doteq 0,0008 \text{rad}$$

**Vertikální MTF**

$$\varphi = \frac{0,32}{260} \doteq 0,0012 \text{rad}$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, lze vypočítat jaký nejmenší předmět fotoaparát ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost byla určena 10m. Použije se vzorec:

**Horizontální MTF**

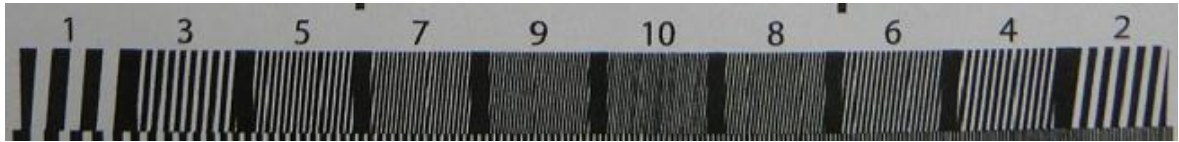
$$\Delta X^{\perp} = 0,0008 \cdot 10000 = 8 \text{mm}$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0012 \cdot 10000 = 12 \text{mm}$$

### 5.5.2.2 Vypnutý stabilizátor obrazu – dobré světelné podmínky

Nejprve se z pořízeného snímku udělají dva výřezy. Jeden bude v horizontální rovině a druhý ve vertikální.



Obr. 51 Výřez v horizontální rovině při vypnuté stabilizaci obrazu

Výřez ve vertikální rovině se otočí o 90° pro lepší otevření v programu ImageJ 1,34s.



Obr. 52 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° při vypnuté stabilizaci obrazu

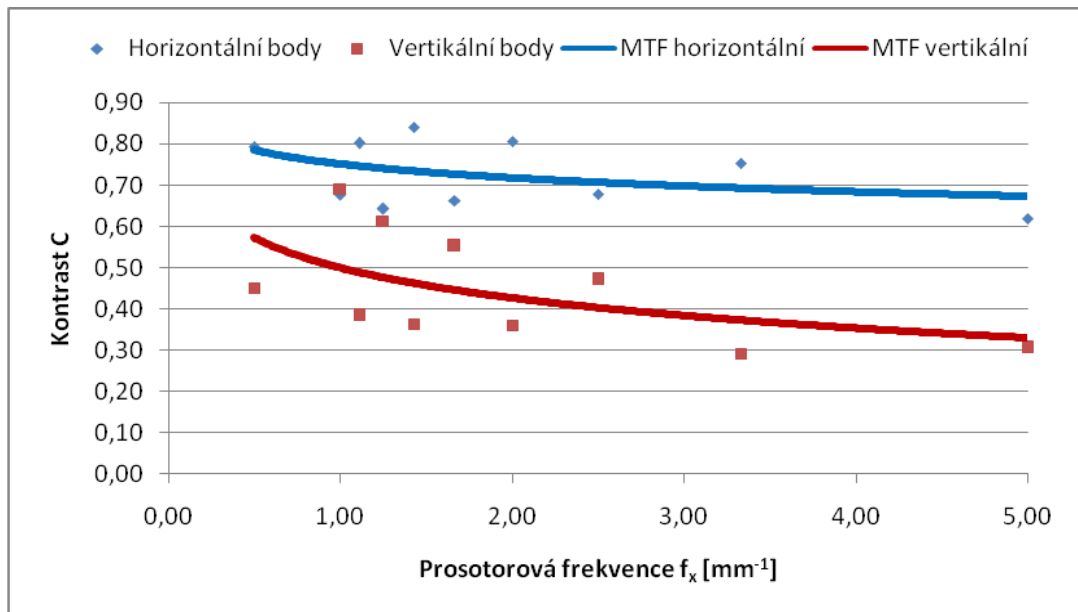
Pokud jsou hotové výřezy, může se začít s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu  $C$ . Pokud některý čárový rastr nebyl rozeznatelný, nedělalo se u něj měření. Výpočet první hodnoty:

$$C = \frac{150,1 - 17,2}{150,1 + 17,2} = 0,79$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).



Graf 8 Průběh MTF při vypnuté stabilizaci obrazu za dobrých světelných podmínek

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{\text{cutoff}}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$ .

#### Horizontální MTF

$$C_{\text{rozdil}} = 0,84 - 0,62 = 0,22$$

$$C_{10\%} = \frac{0,22}{100} \cdot 10 \doteq 0,02$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,62 + 0,02 = 0,64$$

$$f_{\text{cutoff}} = 4,74 \text{mm}^{-1}$$

#### Vertikální MTF

$$C_{\text{rozdil}} = 0,69 - 0,29 = 0,4$$

$$C_{10\%} = \frac{0,4}{100} \cdot 10 = 0,04$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,29 + 0,04 = 0,33$$

$$f_{\text{cutoff}} = 3,06 \text{mm}^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

#### Horizontální MTF

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{4,74} \doteq 0,21 \text{mm}$$

#### Vertikální MTF

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{3,06} \doteq 0,33 \text{mm}$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:



**Horizontální MTF**

$$\varphi = \frac{0,21}{260} \doteq 0,0008rad$$

**Vertikální MTF**

$$\varphi = \frac{0,33}{260} \doteq 0,0013rad$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, lze vypočítat jaký nejmenší předmět fotoaparát ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost byla určena 10m. Použije se vzorec:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0008 \cdot 10000 = 8mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0013 \cdot 10000 = 13mm$$

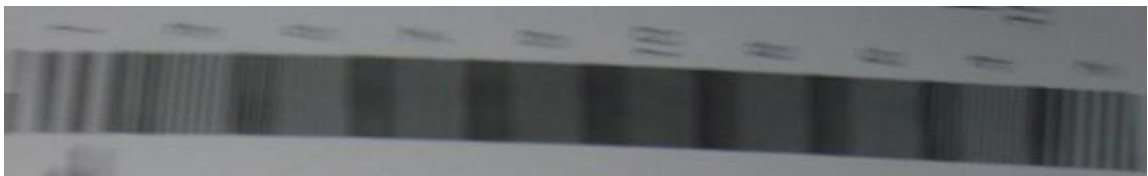
**5.5.2.3 Vypnutý stabilizátor obrazu s lehkými vibracemi – dobré světelné podmínky**

Nejprve se z pořízeného snímku udělají dva výřezy. Jeden bude v horizontální rovině a druhý ve vertikální.



*Obr. 53 Výřez v horizontální rovině při vypnuté stabilizaci obrazu s lehkými vibracemi*

Výřez ve vertikální rovině se otočí o 90° pro lepší otevření v programu ImageJ 1,34s.



*Obr. 54 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° při vypnuté stabilizaci obrazu s lehkými vibracemi*

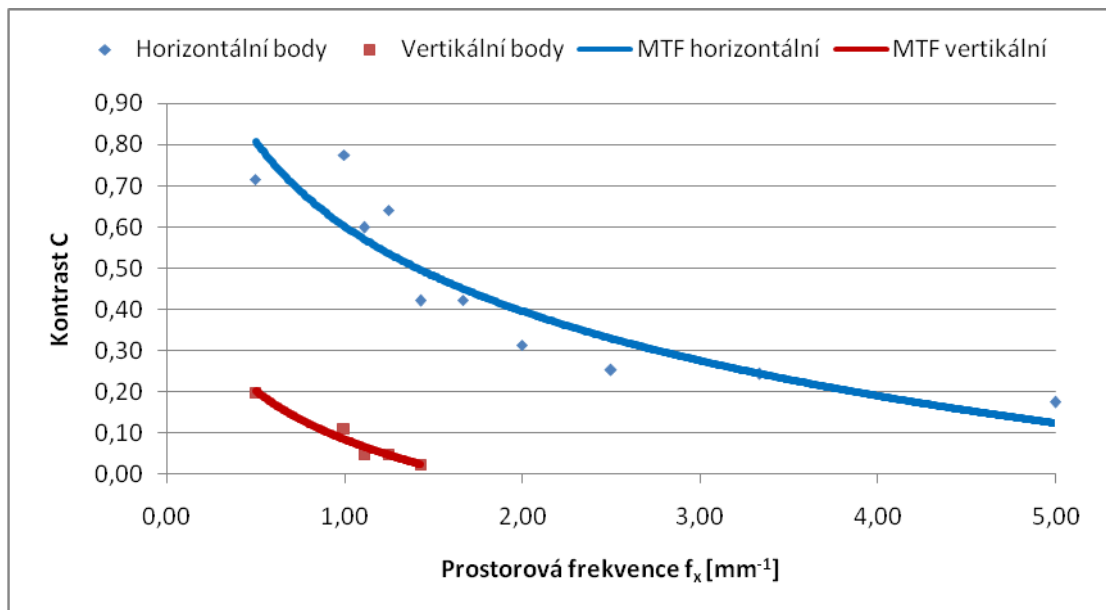
Pokud jsou hotové výřezy, může se začít s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu  $C$ . Pokud některý čárový rastr nebyl rozeznatelný, nedělalo se u něj měření. Výpočet první hodnoty:

$$C = \frac{158,8 - 26,4}{158,8 + 26,4} = 0,71$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).



*Graf 9 Průběh MTF při vypnuté stabilizaci obrazu s lehkými vibracemi za dobrých světelných podmínek*

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{\text{cutoff}}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$ .

**Horizontální MTF**

$$C_{rozdil} = 0,77 - 0,17 = 0,6$$

$$C_{10\%} = \frac{0,6}{100} \cdot 10 = 0,06$$

$$C_{cutoff} = 0,17 + 0,06 = 0,23$$

$$f_{cutoff} = 3,66mm^{-1}$$

**Vertikální MTF**

$$C_{rozdil} = 0,2 - 0,02 = 0,18$$

$$C_{10\%} = \frac{0,18}{100} \cdot 10 \doteq 0,02$$

$$C_{cutoff} = 0,02 + 0,02 = 0,04$$

$$f_{cutoff} = 1,33mm^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{3,66} \doteq 0,27mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,33} \doteq 0,75mm$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:

**Horizontální MTF**

$$\varphi = \frac{0,27}{260} \doteq 0,0010rad$$

**Vertikální MTF**

$$\varphi = \frac{0,75}{260} \doteq 0,0029rad$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, lze vypočítat jaký nejmenší předmět fotoaparát ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost byla určena 10m. Použije se vzorec:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0010 \cdot 10000 = 10mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0029 \cdot 10000 = 29mm$$

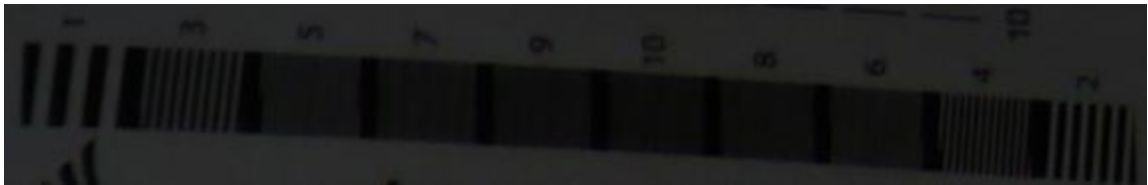
**5.5.2.4 Zapnutý stabilizátor obrazu – zhoršené světelné podmínky**

Nejprve se z pořízeného snímku udělají dva výřezy. Jeden bude v horizontální rovině a druhý ve vertikální.



*Obr. 55 Výřez v horizontální rovině při zapnuté stabilizaci obrazu*

Výřez ve vertikální rovině se otočí o 90° pro lepší otevření v programu ImageJ 1,34s.



*Obr. 56 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° zapnuté stabilizaci obrazu*

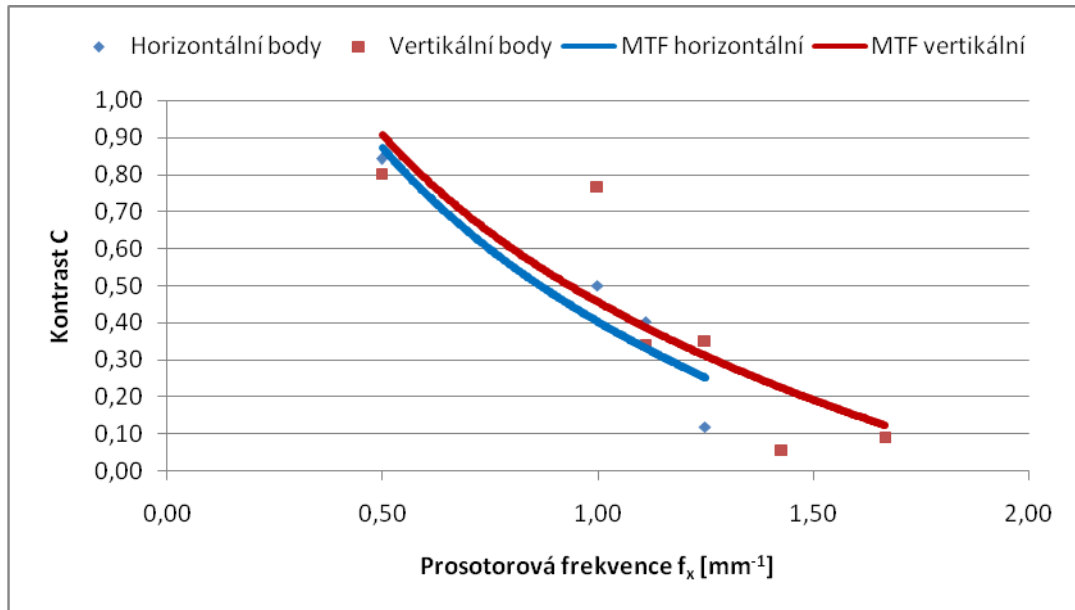
Pokud jsou hotové výřezy, může se začít s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu  $C$ . Pokud některý čárový rastr nebyl rozeznatelný, nedělalo se u něj měření. Výpočet první hodnoty:

$$C = \frac{50 - 4,3}{50 + 4,3} = 0,84$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).



Graf 10 Průběh MTF při zapnuté stabilizaci obrazu za zhoršených světelných podmínek

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{\text{cutoff}}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$ .

#### Horizontální MTF

$$C_{\text{rozdil}} = 0,84 - 0,12 = 0,72$$

$$C_{10\%} = \frac{0,72}{100} \cdot 10 \doteq 0,07$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,12 + 0,07 = 0,19$$

$$f_{\text{cutoff}} = 1,22 \text{ mm}^{-1}$$

#### Vertikální MTF

$$C_{\text{rozdil}} = 0,8 - 0,06 = 0,74$$

$$C_{10\%} = \frac{0,74}{100} \cdot 10 \doteq 0,07$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,06 + 0,07 = 0,13$$

$$f_{\text{cutoff}} = 1,37 \text{ mm}^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

#### Horizontální MTF

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,22} \doteq 0,82 \text{ mm}$$

#### Vertikální MTF

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,37} \doteq 0,73 \text{ mm}$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:

**Horizontální MTF**

$$\varphi = \frac{0,82}{260} \doteq 0,0032rad$$

**Vertikální MTF**

$$\varphi = \frac{0,73}{260} \doteq 0,0028rad$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, lze vypočítat jaký nejmenší předmět fotoaparát ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost byla určena 10m. Použije se vzorec:

**Horizontální MTF**

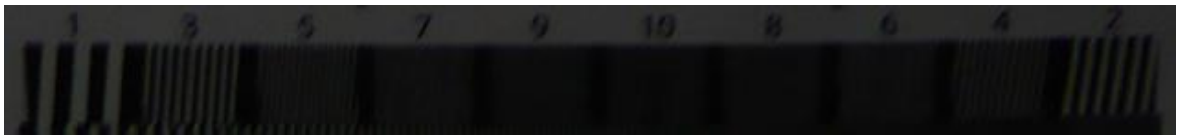
$$\Delta X^{\perp} = 0,0032 \cdot 10000 = 32mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0028 \cdot 10000 = 28mm$$

**5.5.2.5 Vypnutý stabilizátor obrazu – zhoršené světelné podmínky**

Nejprve se z pořízeného snímku udělají dva výřezy. Jeden bude v horizontální rovině a druhý ve vertikální.



*Obr. 57 Výřez v horizontální rovině při vypnuté stabilizaci obrazu*

Výřez ve vertikální rovině se otočí o 90° pro lepší otevření v programu ImageJ 1,34s.



*Obr. 58 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° vypnuté stabilizaci obrazu*

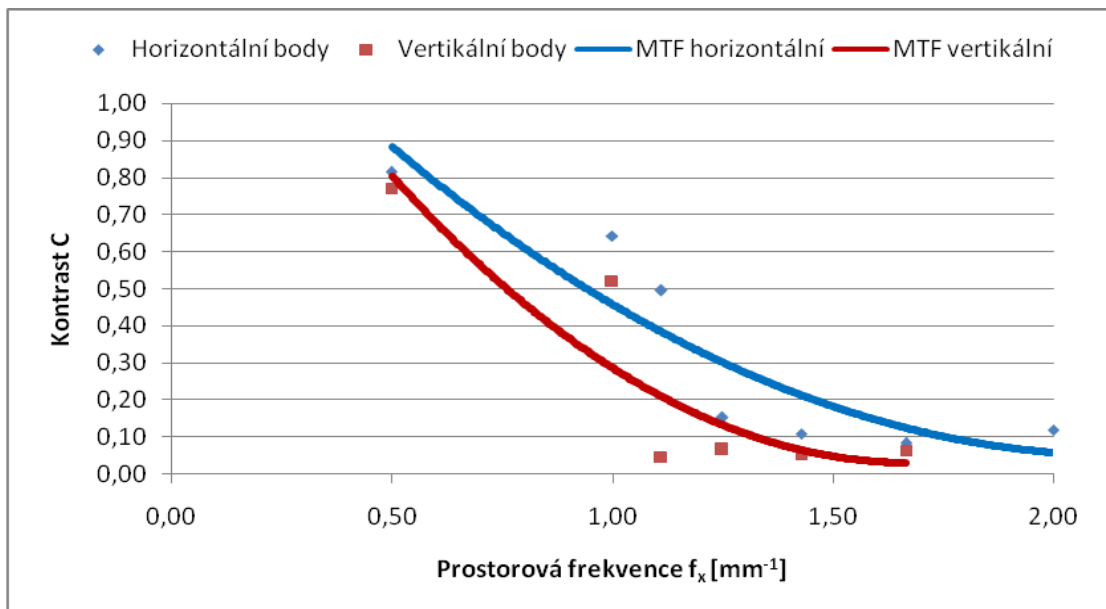
Pokud jsou hotové výřezy, může se začít s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu C. Pokud některý čárový rastr nebyl rozeznatelný, nedělalo se u něj měření. Výpočet první hodnoty:

$$C = \frac{50,8 - 5,2}{50,8 + 5,2} = 0,81$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).



*Graf 11 Průběh MTF při vypnuté stabilizaci obrazu za zhoršených světelných podmínek*

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{\text{cutoff}}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$ .

**Horizontální MTF**

$$C_{rozdil} = 0,81 - 0,08 = 0,73$$

$$C_{10\%} = \frac{0,73}{100} \cdot 10 \doteq 0,07$$

$$C_{cutoff} = 0,08 + 0,07 = 0,15$$

$$f_{cutoff} = 1,24mm^{-1}$$

**Vertikální MTF**

$$C_{rozdil} = 0,77 - 0,05 = 0,72$$

$$C_{10\%} = \frac{0,72}{100} \cdot 10 \doteq 0,07$$

$$C_{cutoff} = 0,05 + 0,07 = 0,12$$

$$f_{cutoff} = 1,09mm^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,24} \doteq 0,81mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,09} \doteq 0,92mm$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:

**Horizontální MTF**

$$\varphi = \frac{0,81}{260} \doteq 0,0031rad$$

**Vertikální MTF**

$$\varphi = \frac{0,92}{260} \doteq 0,0035rad$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, lze vypočítat jaký nejmenší předmět fotoaparát ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost byla určena 10m. Použije se vzorec:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0031 \cdot 10000 = 31mm$$

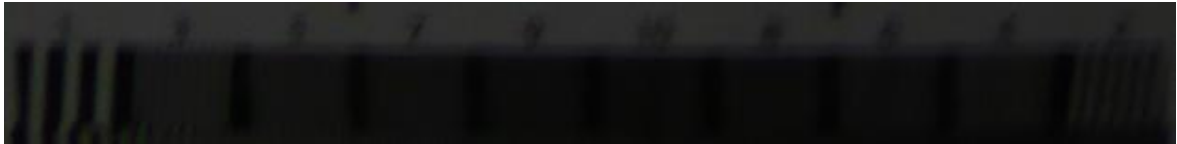
**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0035 \cdot 10000 = 35mm$$

**5.5.2.6 Vypnutý stabilizátor obrazu s lehkými vibracemi – zhoršené světelné podmínky**

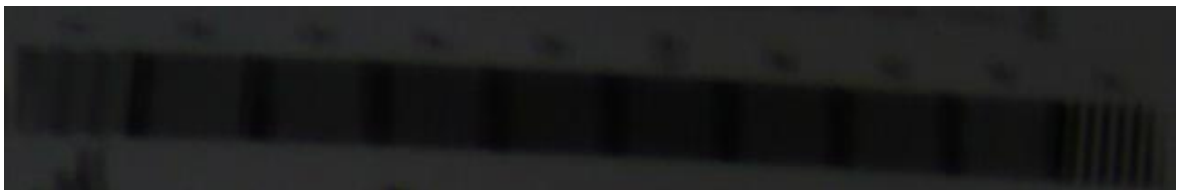
Nejprve se z pořízeného snímku udělají dva výřezy. Jeden bude v horizontální rovině a druhý ve vertikální.





*Obr. 59 Výřez v horizontální rovině při vypnuté stabilizaci obrazu s lehkými vibracemi*

Výřez ve vertikální rovině se otočí o 90° pro lepší otevření v programu ImageJ 1,34s.



*Obr. 60 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° vypnuté stabilizaci obrazu s lehkými vibracemi*

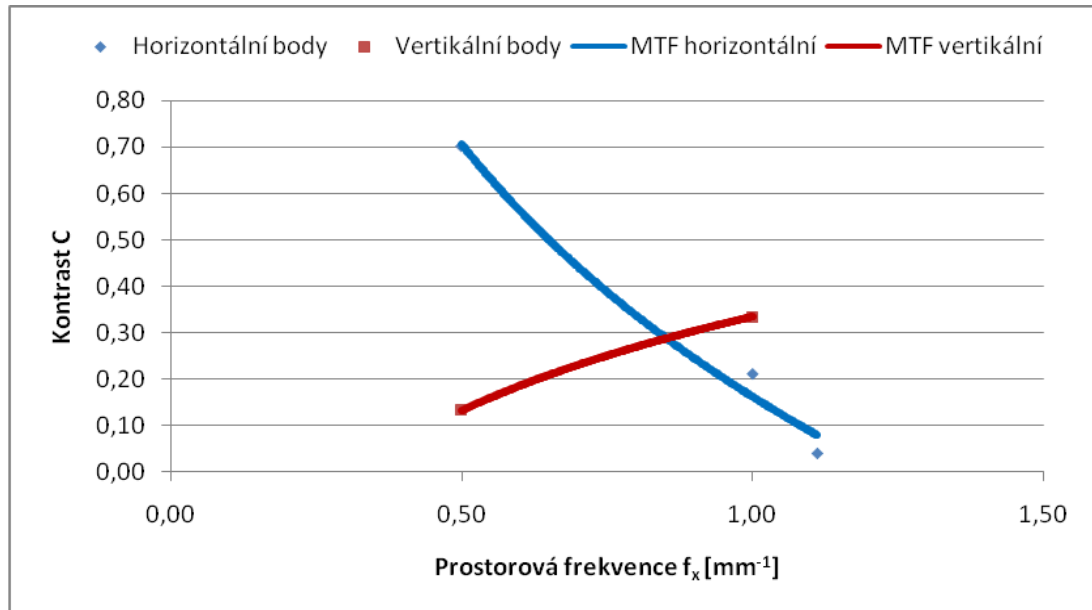
Pokud jsou hotové výřezy, může se začít s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu  $C$ . Pokud některý čárový rastr nebyl rozeznatelný, nedělalo se u něj měření. Výpočet první hodnoty:

$$C = \frac{44,4 - 7,8}{44,4 + 7,8} = 0,7$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).



Graf 12 Průběh MTF při vypnuté stabilizaci obrazu s lehkými vibracemi za zhoršených světelných podmínek

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{\text{cutoff}}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$ .

#### Horizontální MTF

$$C_{\text{rozdil}} = 0,7 - 0,04 = 0,66$$

$$C_{10\%} = \frac{0,66}{100} \cdot 10 \doteq 0,07$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,04 + 0,07 = 0,11$$

$$f_{\text{cutoff}} = 1,08 \text{mm}^{-1}$$

#### Vertikální MTF

$$C_{\text{rozdil}} = 0,33 - 0,13 = 0,2$$

$$C_{10\%} = \frac{0,2}{100} \cdot 10 = 0,02$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,13 + 0,02 = 0,15$$

$$f_{\text{cutoff}} = 0,55 \text{mm}^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

#### Horizontální MTF

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,08} \doteq 0,93 \text{mm}$$

#### Vertikální MTF

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{0,55} \doteq 1,82 \text{mm}$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:

**Horizontální MTF**

$$\varphi = \frac{0,93}{260} \doteq 0,0036rad$$

**Vertikální MTF**

$$\varphi = \frac{1,82}{260} = 0,0070rad$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, lze vypočítat jaký nejmenší předmět fotoaparát ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost byla určena 10m. Použije se vzorec:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0036 \cdot 10000 = 36mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0070 \cdot 10000 = 70mm$$

**5.5.3 Souhrn vypočítaných výsledků**

Tento bod shrnuje naměřené hodnoty ze všech měření, které se prováděly v celé této kapitole. Hodnoty jsou uvedené v tabulce pro lepší přehlednost.

*Tab. 29 Souhrn vypočítaných hodnot pro vzdálenost 10m v mm*

Typ měření	Dobré světelné podmínky		Zhoršené světelné podmínky	
	Horizontální	Vertikální	Horizontální	Vertikální
Rozlišení 3 MPx	9	12	24	35
Rozlišení 5 MPx	8	13	24	23
Rozlišení 8 MPx	9	12	31	29
Se stabilizací obrazu	8	12	32	28
Bez stabilizace obrazu	8	13	31	35
Bez stabilizace obrazu s lehkými vibracemi	10	29	36	70

Z vypočítaných hodnot, které jsou uvedené v tab. 29 se dá vyvodit několik poznatků. To, že kompaktní fotoaparát Panasonic DMC – FX33 pracuje lépe za světla než za zhoršených světelných podmínek, je relativně jasné. Pokud se zaměří pozornost na závislost MTF na změnu rozlišení, tak se dospělo k relativně přesvědčivému závěru. Podle výsledků jde vidět, že změna rozlišení nemá vliv na MTF. Jsou sice vidět nepatrné odchylky, ale nejsou to významné rozdíly.

K dalšímu závěru se došlo při měření vlivu stabilizace obrazu na MTF. Pokud je stabilizace obrazu zapnuta, je vše v naprostém pořádku. Pokud se stabilizace obrazu vypne a fotoaparát je na stativu, stále je vše v naprostém pořádku. Ale v případě, že se s fotoaparátem začne lehce pohybovat nebo vibrovat, tak je rozeznatelnost obrazu minimální. V tomto měření se s fotoaparátem pohybovalo ve vertikální rovině, a tak jde z výsledků vidět velké zhoršení rozlišitelnosti právě ve vertikální části.

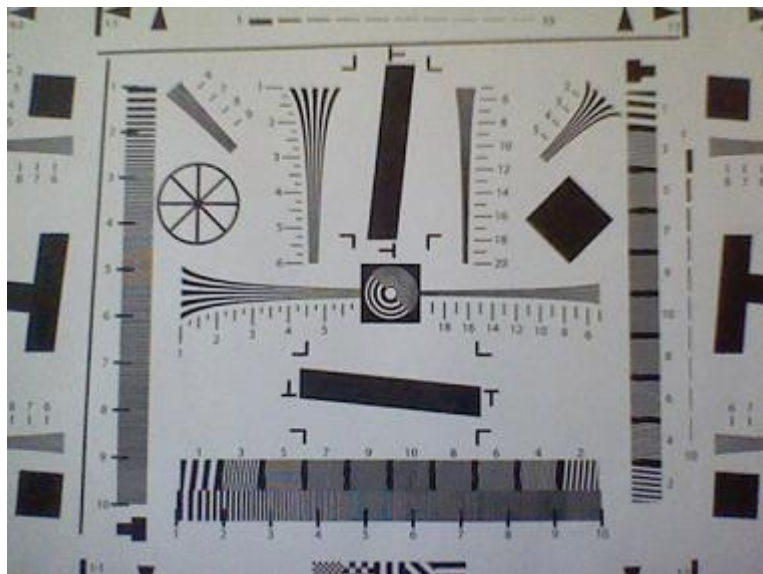
## 6 MĚŘENÍ MODULAČNÍ PŘENOSOVÉ FUNKCE (MTF) – POROVNÁNÍ KAMER

Tato kapitola se zabývá porovnáním dvou odlišných zařízení při měření MTF. Jedním zařízením je Sony MOTION EYE web kamera s rozlišením 0,3 MPix a druhým zařízením je digitální kompaktní fotoaparát Panasonic DMC – FX33. U fotoaparátu je nastaveno rozlišení na hodnotu 3 MPix. Na obou zařízeních se změří MTF a navzájem se porovnají.

Přípravy na měření jsou shodné jako u předešlého měření, tudíž není potřeba ho uvádět a může se začít s měřením.

### 6.1 Sony MOTION EYE web kamer - dobré světelné podmínky

U této kamery není potřeba dělat výřezy z pořízeného snímku, jelikož dělá rozměrově malé snímky díky rozlišení 0,3 MPix a tudíž se plně zobrazí v programu ImageJ 1,34s.



Obr. 61 Snímek pořízený za dobrých světelných podmínek

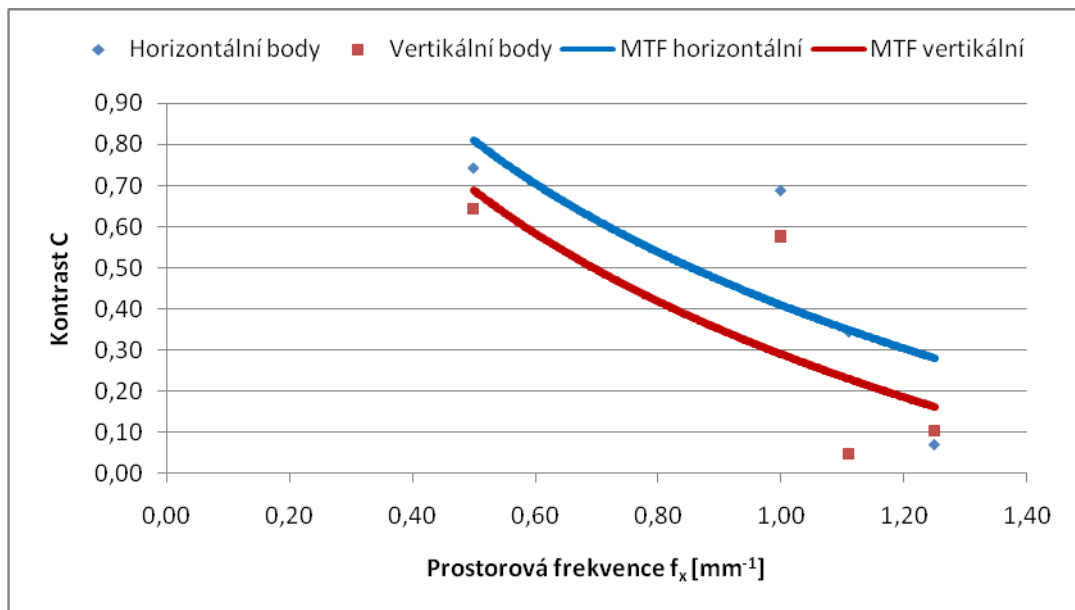
Nyní nic nebrání ke spuštění měření. Začne se s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu C. Pokud některý čárový obrazec nebyl rozeznatelný, nedělalo se u něj měření. Výpočet první hodnoty:

$$C = \frac{175,5 - 25,9}{175,5 + 25,9} = 0,74$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je vložena v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).



Graf 13 Průběh MTF za dobrých světelných podmínek

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{\text{cutoff}}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$ .

#### Horizontální MTF

$$C_{\text{rozdil}} = 0,74 - 0,07 = 0,67$$

$$C_{10\%} = \frac{0,67}{100} \cdot 10 \doteq 0,07$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,07 + 0,07 = 0,14$$

$$f_{\text{cutoff}} = 1,22 \text{ mm}^{-1}$$

#### Vertikální MTF

$$C_{\text{rozdil}} = 0,64 - 0,05 = 0,59$$

$$C_{10\%} = \frac{0,59}{100} \cdot 10 \doteq 0,06$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,05 + 0,06 = 0,11$$

$$f_{\text{cutoff}} = 1,1 \text{ mm}^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,22} \doteq 0,82mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,1} \doteq 0,91mm$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:

**Horizontální MTF**

$$\varphi = \frac{0,82}{260} \doteq 0,0032rad$$

**Vertikální MTF**

$$\varphi = \frac{0,91}{260} \doteq 0,0035rad$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, může se vypočítat jaký nejmenší předmět Sony MOTION EYE web kamera ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost se určila 10m. Použije se vzorec:

**Horizontální MTF**

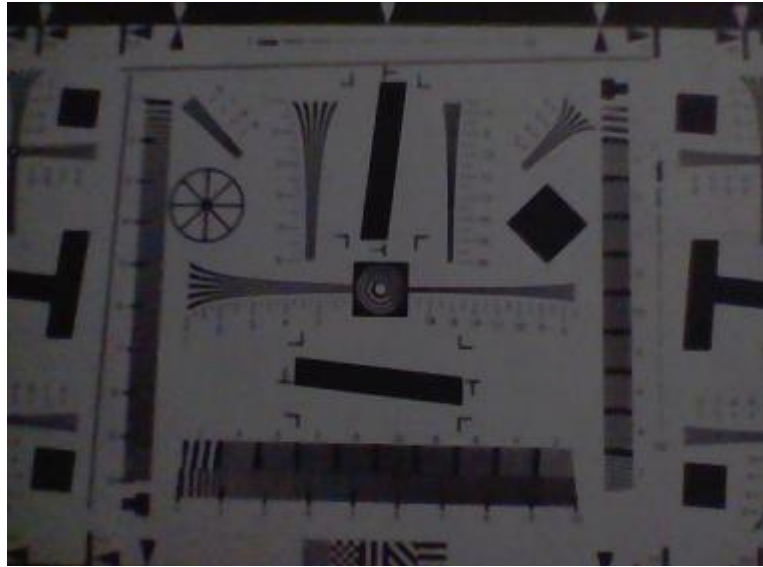
$$\Delta X^{\perp} = 0,0032 \cdot 10000 = 32mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0035 \cdot 10000 = 35mm$$

## 6.2 Sony MOTION EYE web kamer - zhoršené světelné podmínky

U této kamery není potřeba dělat výřezy z pořízeného snímku, jelikož dělá rozměrově malé snímky díky rozlišení 0,3 MPix a tudíž se plně zobrazí v programu ImageJ 1,34s.



Obr. 62 Snímek pořízený za zhoršených světelných podmínek

Nyní nic nebrání ke spuštění měření. Začne se s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu  $C$ . Pokud některý čárový obrazec nebyl rozeznatelný, nedělalo se u něj měření. Výpočet první hodnoty:

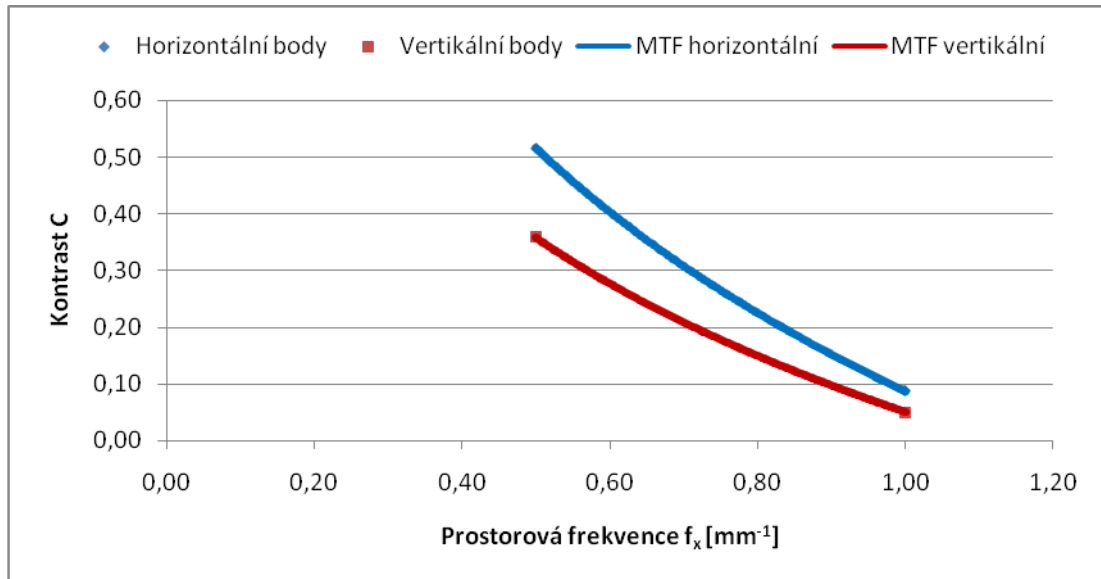
$$C = \frac{68,6 - 21,9}{68,6 + 21,9} = 0,52$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je vložena v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).





Graf 14 Průběh MTF za zhoršených světelných podmínek

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{\text{cutoff}}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$ .

**Horizontální MTF**

$$C_{\text{rozdil}} = 0,52 - 0,09 = 0,43$$

$$C_{10\%} = \frac{0,43}{100} \cdot 10 \doteq 0,04$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,09 + 0,04 = 0,13$$

$$f_{\text{cutoff}} = 0,94 \text{mm}^{-1}$$

**Vertikální MTF**

$$C_{\text{rozdil}} = 0,36 - 0,05 = 0,31$$

$$C_{10\%} = \frac{0,31}{100} \cdot 10 \doteq 0,03$$

$$C_{\text{cutoff}} = 0,05 + 0,03 = 0,08$$

$$f_{\text{cutoff}} = 0,94 \text{mm}^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{0,94} \doteq 1,06 \text{mm}$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{0,94} \doteq 1,06 \text{mm}$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:

**Horizontální MTF**

$$\varphi = \frac{1,06}{260} \doteq 0,0041 \text{rad}$$

**Vertikální MTF**

$$\varphi = \frac{1,06}{260} \doteq 0,0041 \text{rad}$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, může se vypočítat jaký nejmenší předmět Sony MOTION EYE web kamera ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost se určila 10m. Použije se vzorec:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0041 \cdot 10000 = 41 \text{mm}$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0041 \cdot 10000 = 41 \text{mm}$$

**6.3 Panasonic DMC – FX33 – dobré světelné podmínky**

Nejprve se z pořízeného snímku udělají dva výřezy. Jeden bude v horizontální rovině a druhý ve vertikální.



*Obr. 63 Výřez v horizontální rovině za dobrých světelných podmínek*

Výřez ve vertikální rovině se otočí o 90° pro lepší otevření v programu ImageJ 1,34s.



*Obr. 64 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° za dobrých světelných podmínek*

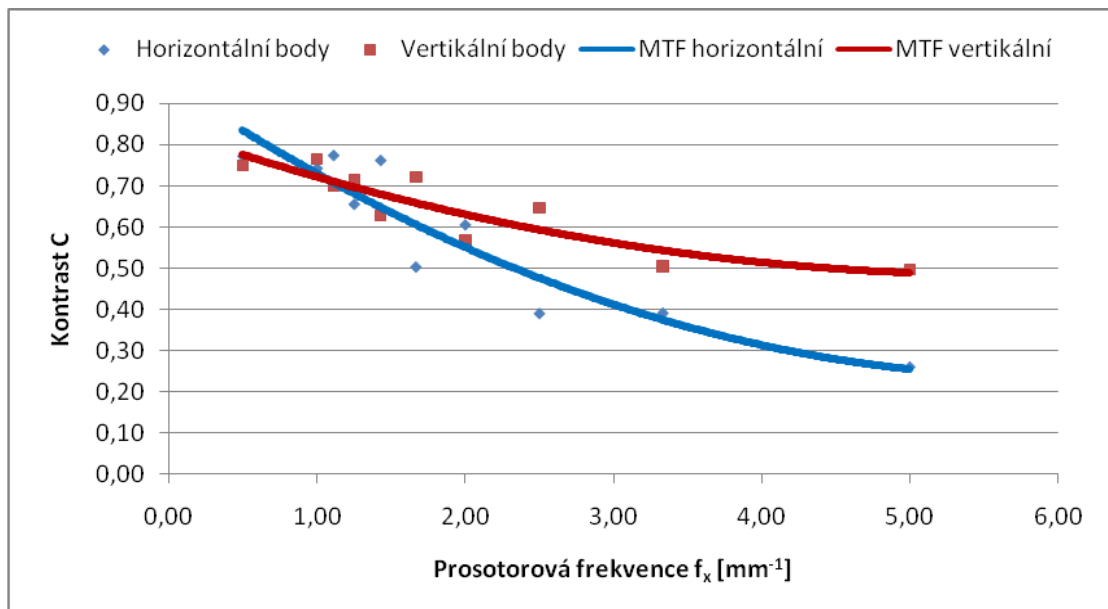
Pokud jsou hotové výřezy, může se začít s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu C. Pokud některý čárový rastr nebyl rozeznatelný, nedělalo se u něj měření. Výpočet první hodnoty:

$$C = \frac{155,5 - 19,9}{155,5 + 19,9} = 0,77$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).



Graf 15 Průběh MTF za dobrých světelných podmínek

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{\text{cutoff}}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$ .

**Horizontální MTF**

$$C_{rozdil} = 0,78 - 0,26 = 0,52$$

$$C_{10\%} = \frac{0,52}{100} \cdot 10 \doteq 0,05$$

$$C_{cutoff} = 0,26 + 0,05 = 0,31$$

$$f_{cutoff} = 4,38mm^{-1}$$

**Vertikální MTF**

$$C_{rozdil} = 0,76 - 0,5 = 0,26$$

$$C_{10\%} = \frac{0,26}{100} \cdot 10 \doteq 0,03$$

$$C_{cutoff} = 0,5 + 0,03 = 0,53$$

$$f_{cutoff} = 3,13mm^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{4,38} \doteq 0,23mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{3,13} \doteq 0,32mm$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:

**Horizontální MTF**

$$\varphi = \frac{0,23}{260} \doteq 0,0009rad$$

**Vertikální MTF**

$$\varphi = \frac{0,32}{260} \doteq 0,0012rad$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, lze vypočítat jaký nejmenší předmět fotoaparát ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost byla určena 10m. Použije se vzorec:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0009 \cdot 10000 = 9mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0012 \cdot 10000 = 12mm$$

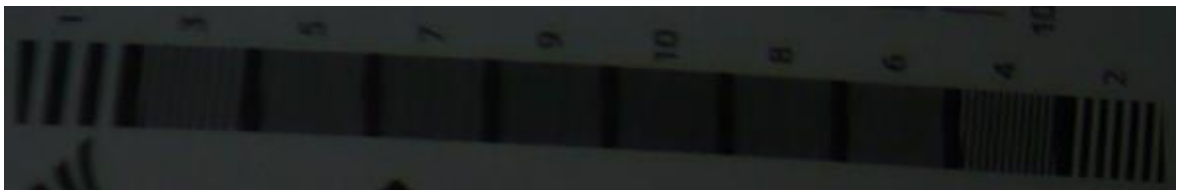
## 6.4 Panasonic DMC – FX33 – zhoršené světelné podmínky

Nejprve se z pořízeného snímku udělají dva výřezy. Jeden bude v horizontální rovině a druhý ve vertikální.



*Obr. 65 Výřez v horizontální rovině za zhoršených světelných podmínek*

Výřez ve vertikální rovině se otočí o 90° pro lepší otevření v programu ImageJ 1,34s.



*Obr. 66 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° za zhoršených světelných podmínek*

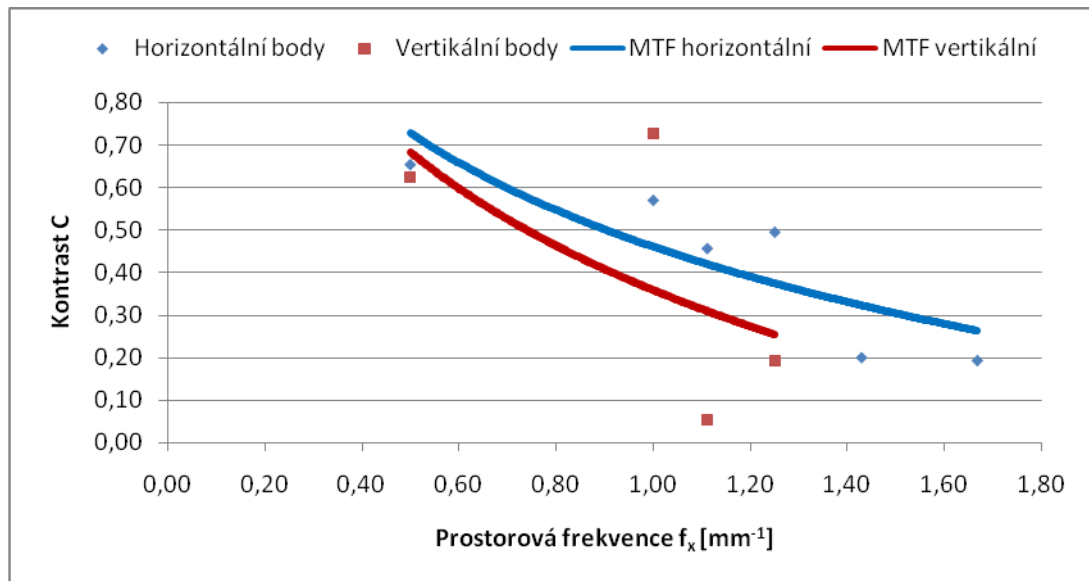
Pokud jsou hotové výřezy, může se začít s měřením úrovní vrcholů bílé a černé barvy. Hodnoty se zprůměrovaly a dosadily do vzorce pro výpočet kontrastu  $C$ . Pokud některý čárový rastr nebyl rozeznatelný, nedělalo se u něj měření. Výpočet první hodnoty:

$$C = \frac{19,2 - 4}{19,2 + 4} = 0,66$$

Dále se změřily šířky čar u obrazce v částech 1 – 10. Z těchto hodnot je potřeba dostat prostorovou frekvenci. Ukázka výpočtu první hodnoty:

$$f_x = \frac{1}{2} = 0,5 \text{ mm}^{-1}$$

Tabulka naměřených a vypočítaných hodnot je v příloze P II. Z těchto hodnot se sestavil graf modulační přenosové funkce (MTF).



Graf 16 Průběh MTF za zhoršených světelných podmínek

Pokud je sestavený graf, vypočítá se mezní prostorová frekvence  $f_{cutoff}$  pro horizontální i vertikální MTF. Nejprve se musí vypočítat hodnoty  $C_{cutoff}$  a ty se vynesou do grafu, jak je vidět na obr. 34. Poté se už jen odečtou z grafu hodnoty  $f_{cutoff}$ .

#### Horizontální MTF

$$C_{rozdil} = 0,66 - 0,19 = 0,47$$

$$C_{10\%} = \frac{0,47}{100} \cdot 10 \doteq 0,05$$

$$C_{cutoff} = 0,19 + 0,05 = 0,24$$

$$f_{cutoff} = 1,39 mm^{-1}$$

#### Vertikální MTF

$$C_{rozdil} = 0,73 - 0,05 = 0,68$$

$$C_{10\%} = \frac{0,68}{100} \cdot 10 \doteq 0,07$$

$$C_{cutoff} = 0,05 + 0,07 = 0,12$$

$$f_{cutoff} = 1,09 mm^{-1}$$

Dále se vypočítá vzdálenost čar rozlišení v obrazovém prostoru:

#### Horizontální MTF

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,39} \doteq 0,72 mm$$

#### Vertikální MTF

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{1,09} \doteq 0,92 mm$$

Dále se vypočítá rozlišovací prostorový úhel:

**Horizontální MTF**

$$\varphi = \frac{0,72}{260} \doteq 0,0028rad$$

**Vertikální MTF**

$$\varphi = \frac{0,92}{260} \doteq 0,0035rad$$

Pokud se vypočítal rozlišovací prostorový úhel, lze vypočítat jaký nejmenší předmět fotoaparát ještě rozpozná na určitou vzdálenost. Vzdálenost byla určena 10m. Použije se vzorec:

**Horizontální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0028 \cdot 10000 = 28mm$$

**Vertikální MTF**

$$\Delta X^{\perp} = 0,0035 \cdot 10000 = 35mm$$

## 6.5 Souhrn vypočítaných výsledků

V této kapitole jsou shrnuté hodnoty z měření Sony MOTION EYE web kamery a z kompaktního fotoaparátu Panasonic DMC – FX33. Pro lepší přehlednost jsou hodnoty vyneseny do tabulky.

Tab. 30 Souhrn vypočítaných hodnot pro vzdálenost 10m v mm

Typ měření	Dobré světelné podmínky		Zhoršené světelné podmínky	
	Horizontální	Vertikální	Horizontální	Vertikální
Sony MOTION EYE web kamera	32	35	41	41
Fotoaparát Panasonic DMC - FX33	9	12	28	35

Z tabulky jde hned na první pohled vidět, které zařízení je lepší a výkonnější. Sony web kamera je na 10-ti metrech asi 4 krát horší než fotoaparát za dobrých světelných podmínek. Za zhoršených podmínek je tomu trochu méně, ale stále vítězí fotoaparát. U fotoaparátu jde jednoznačně vidět, že pracuje za dobrých světelných podmínek lépe jak za zhoršených. U Sony web kamery to není tak markantní rozdíl jako u fotoaparátu.

## ZÁVĚR

V souladu s názvem diplomové práce „Mobilní kamerové systémy a jejich aplikace“ byla v teoretické části popsána problematika právního rámce, který upravuje například použití kamerových systémů v souladu se zákonem o ochraně osobních údajů, technických požadavků týkajících se fyzikálních jevů a podmínek, a metodiky měření vybraných základních technických parametrů.

Úvodem praktické části byl sestaven návrh konkrétního laboratorního pracoviště podle metodik popsaných v teoretické části. Návrh bude využit v laboratořích FAI UTB za účelem měření kamerových systémů. Na základě teoretické části byla vybrána metodika modulační přenosové funkce (MTF), u které se vytyčily konkrétní body. Podle této metodiky bylo následně realizováno měření vybraných dvou kamerových zařízení a jejich výsledky se navzájem porovnály. Měření probíhalo za dobrých a zhoršených světelných podmínek, změny rozlišení a stabilizace obrazu. Výsledky měření byly prezentovány pomocí grafů a výpočtů. Závěrem byl sestaven vzorový protokol, který může sloužit jako podklad pro měření v laboratořích.

Práce představuje pro výuku manuál, podle kterého mohou studenti v laboratořích měřit, a bude tak jistě do budoucna pro FAI přínosem.

Vytyčené cíle v úvodu tak byly splněny.

Práce prokázala, že modulační přenosová funkce hraje u mobilních kamerových systémů důležitou roli, protože díky ní jsou lepší zobrazovací vlastnosti. Bylo zjištěno, že při dobrých světelných podmínkách je kvalita obrazu podstatně lepší než za zhoršených světelných podmínek. Při výběru mobilních kamerových systémů není nutné brát příliš v potaz rozlišení, jelikož kvalita obrazu se nezmění. Mění se pouze velikost daného obrazu. Naopak velmi důležitou součástí je stabilizátor obrazu, díky němuž je možné zachytit ostrý obraz i při jakémkoliv pohybu kamery. Například pokud by policisté chtěli při jízdě autem vyfotit poznávací značku a jejich mobilní kamera by neobsahovala stabilizátor obrazu, pak by pořízený snímek byl rozmazaný, těžko čitelný a následné identifikace poznávací značky by byla obtížná.

Díky těmto zjištěným vlastnostem lze předpokládat, že mobilní kamerové systémy se v blízké budoucnosti rozšíří stejně rychle jako kamery s pevným bodem. Je pravděpodobné, že se budou využívat nejen pro veřejné účely, ale také pro ty soukromé.



Modulační funkce přenosu je složená ze dvou částí, jednak z funkce přenosu modulace (kontrastu) a funkce přenosu fáze (posunutí). V předložené práci jsme se zabývali pouze funkcí přenosu kontrastu, která je důležitá k zobrazení a rozpoznání obrazů nebo scén což většinou v bezpečnostních aplikacích stačí. Pro použití kamer v měřicí technice, případně ve strojovém vidění, je nutná znalost přenosu fáze, a proto doporučuji v budoucnu zabývat i touto problematikou, která je z určitého pohledu obtížnější.

## ZÁVĚR V ANGLIČTINĚ

In accordance with the name of diploma thesis „Mobile camera systems and their application“ the problems of legal framework, that regulates for example the usage of camera systems in accordance with the law on personal data protection, technical requests for physical phenomenoms and conditions, and measurement methodology of chosen basic technical parameters were described in the theoretical part.

At the beginning of practical part the proposal of concrete laboratory workplace according to methodologies described in theoretical part was made. The proposal will be used in FAI UTB laboratories for measuring camera systems. Pursuant to theoretical part the modulation transfer function methodology was chosen and the concrete points were determined. According to this methodology the measurement of two chosen camera instruments was realized and their results were compared. The measurement was made in good and bad light conditions, change of resolution and picture stabilization. The results of measurement were presented by graphs and calculations.

This work is a manual for education and students can measure according to this in laboratories, so it will be the benefit for FAI in the future.

The determined aims at the beginning of work were carried out.

The work showed, that modulation transfer function of mobile camera systems plays an important role, because thanks to it there are better display properties. It was find out, that in good light conditions the picture quality is more better than in bad light conditions. It is not necessary to take into account a resolution when we choose mobile camera systems, because the picture quality will not changed. Only the picture size changes. On the contrary the picture stabilization is a very important component, thanks to it we can catch a sharp picture at any camera movements. For example if the police would want to make photos during driving a car and theirs camera would not contain a picture stabilization, so the picture would be fuzzy, hard-reading and the identification of license plate would be difficult.

Thanks to these found properties we can suppose, that mobile camera systems will expand in the near future as quickly as cameras with a fixed point. It is probable, that they will be used not only for public purposes, but also for the private ones.

Modulation transfer function is composed from two parts, from the modulation transfer function (contrast) and the phase transfer function (displacement). In the present work we were only dealing with the contrast transfer function, that is important for displaying and recognizing the picture or scene, and it is enough in security applications. For the usage of cameras in measuring technique , eventually in machine vision, it is necessary to know the phase transfer, and that is why I recommend to deal with also this problem in the future, because that is more difficult from a certain perspective.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] SHEVELL, Steven K.(Ed.). The Science of Color. 2nd edition. [s.l.] : Elsevier Ltd, 2003. ISBN 0 444 512 519.
- [2] HOEFFLINGER, Bernd(Ed.). High-Dynamic-Range (HDR) Vision. [s.l.] : Springer Berlin Heidelberg New York, 2006. ISBN 3 540 44432 7.
- [3] RIEKE, George. Detection of Light. 2nd edition. [s.l.] : Cambridge University Press, 2003. ISBN 0 521 01710 6.
- [4] Česká technická norma ČSN EN 50132-7. In Poplachové systémy CCTV sledovací systémy pro použití v bezpečnostních aplikacích - Pokyny pro aplikaci. Praha: Český normalizační institut, 1999. s. 26.
- [5] Česká technická norma ČSN EN 50132-2-1. In Poplachové systémy CCTV sledovací systémy pro použití v bezpečnostních aplikacích - Černobílé kamery. Praha: Český normalizační institut, 1999. s. 48.
- [6] Firemní literatura, VTÚVM Slavičín, Stanovení modulační přenosové funkce TV kamery, Metodika č.1.
- [7] Firemní literatura, VTÚVM Slavičín, Stanovení horizontálního rozlišení TV kamery (TVL), Metodika č.2.
- [8] Firemní literatura, VTÚVM Slavičín, Stanovení citlivosti TV kamery (TVL), Metodika č.3.
- [9] SKARKA, Oldřich. *Zákon o obecní policii*. [s.l.] : Příbramská tiskárna, 2008. 150 s.
- [10] MVCR [online]. 2009 [cit. 2010-02-17]. Dostupný z WWW: <[www.mvcr.cz/soubor/sb091-08-pdf.aspx](http://www.mvcr.cz/soubor/sb091-08-pdf.aspx)>.
- [11] LUČAN, Jiří. *Mobilní kamerové systémy a jejich aplikace*. [s.l.], 2009. 147 s. Diplomová práce.
- [12] SBÍRKA ZÁKONŮ [online]. 2002 [cit. 2010-02-17]. Dostupný z WWW: <<http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb02341&cd=76&typ=r>>.
- [13] EZS-CCTV [online]. [1999] [cit. 2010-02-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.ezs-cctv.cz/CCTV.html>>.

- [14] *MODERNIPANELAK* [online]. [2005] [cit. 2010-02-18]. Dostupný z WWW: <<http://www.modernipanelak.cz/panelakovy-byt/bezpecnostni-prvky/legislativni-podminky-pro-pouziti-kameroveho-systemu-v-panelovem-dome>>.
- [15] *IDNES* [online]. 1999-2010 [cit. 2010-02-18]. Dostupný z WWW: <[http://podnikani.idnes.cz/o-kamerach-na-pracovisti-vas-musi-zamestnavatel-informovat-pqg-/zamestnani.asp?c=A091126\\_1295329\\_zamestnani\\_bab](http://podnikani.idnes.cz/o-kamerach-na-pracovisti-vas-musi-zamestnavatel-informovat-pqg-/zamestnani.asp?c=A091126_1295329_zamestnani_bab)>.
- [16] Česká technická norma ČSN EN 50130-5. In Poplachové systémy – Část 5: Metody zkoušek vlivu prostředí. Praha: Český normalizační institut, 2001. s. 32.
- [17] Česká technická norma ČSN EN 50130-4. In Poplachové systémy – Část 4: Elektromagnetická kompatibilita. Praha: Český normalizační institut, 1997. s. 20.
- [18] Česká technická norma ČSN EN 50130-4 ZMĚNA A2. In Poplachové systémy – Část 4: Elektromagnetická kompatibilita. Praha: Český normalizační institut, 2003. s. 12.
- [19] *ROTATEST* [online]. [2008] [cit. 2010-03-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.rotatest.com/page4.html>>.
- [20] *POSEC* [online]. [2006] [cit. 2010-05-03]. Dostupný z WWW: <<http://posec.astro.cz/rservice.php?akce=tisk&cisloclanku=2006121201>>.
- [21] *EDYM* [online]. [2005] [cit. 2010-05-14]. Dostupný z WWW: <<http://www.edym.com/books/eng/glossprovid.htm>>.
- [22] *TESTCARDS* [online]. [2009] [cit. 2010-05-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.pembers.freemove.co.uk/Test-Cards/Non-UK.html#Czechoslovakia>>.
- [23] *DERAMAX* [online]. [2006] [cit. 2010-05-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.deramax.cz/kamery-a-kamerove-systemy/t-106/>>.
- [24] *TECHEXPO* [online]. [2003] [cit. 2010-05-15]. Dostupný z WWW: <[http://www.techexpo.com/WWW/opto-knowledge/prod\\_calServices\\_color.html](http://www.techexpo.com/WWW/opto-knowledge/prod_calServices_color.html)>.
- [25] *WIKIPEDIA* [online]. [2010] [cit. 2010-05-26]. Dostupný z WWW: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Moar%C3%A9>>.
- [26] *VIDEORAJ* [online]. [2009] [cit. 2010-05-26]. Dostupný z WWW: <<http://www.videoraj.cz/page/charakteristika-obje/13>>.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

FAI	Fakulta aplikované informatiky
UTB	Univerzita Tomáše Bati
ÚOOÚ	Úřad Ochrany osobních údajů
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
ČSN	Česká technická norma
IEC	Mezinárodní elektrotechnická komise
EMC	Elektromagnetická kompatibilita
CCTV	Uzavřený kamerový systém
CDN	Vazební oddělovací síť
IRE	Jednotka úrovně videosignálu (Institut pro radiotechnické inženýrství)
IEEE	Institut pro elektrotechnické a elektronické inženýrství
MTF	Modulační přenosová funkce
HDD	Pevný disk
RAM	Paměť s libovolným přístupem
LCD	Displej z tekutých krystalů
IP	Internet protokol (digitální technologie)
LUX	Jednotka osvětlenosti
MPix	Jednotka rozlišení fotoaparátu

## SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1 Graf znázorňující špičkové zrychlení versus hmotnost zařízení</i> .....	34
<i>Obr. 2 Průběhy druhů modulací v porovnání s nosnou vlnou [17]</i> .....	42
<i>Obr. 3 Příklad relativní orientace zkoušeného zařízení vůči vektorům pole [17]</i> .....	42
<i>Obr. 4 Jednoduchý čárový test; a) původní test, b) test po průchodu optickou soustavou, c) diskrétní sinusový čárový test (16 úrovní šedé) [20]</i> .....	48
<i>Obr. 5 Rozlišovací čárový obrazec KTO10 [6]</i> .....	49
<i>Obr. 6 Schéma zapojení pro měření MTF analogové kamery [6]</i> .....	50
<i>Obr. 7 Základní úrovně TV signálu [6]</i> .....	50
<i>Obr. 8 Průběh videosignálu odezvy na referenční čárový rastr [6]</i> .....	51
<i>Obr. 9 Průběh MTF [6]</i> .....	51
<i>Obr. 10 Rozlišovací čárový obrazec ISO 12233 [24]</i> .....	52
<i>Obr. 11 Schéma zapojení pro měření MTF IP kamery [6]</i> .....	53
<i>Obr. 12 Ukázka programu ImageJ 1,34s</i> .....	53
<i>Obr. 13 Spuštění měření v programu ImageJ 1,34s</i> .....	54
<i>Obr. 14 Průběh videosignálu odezvy na referenční čárový rastr [6]</i> .....	55
<i>Obr. 15 Rozlišovací čárový obrazec KTO-3c [22]</i> .....	56
<i>Obr. 16 Schéma zapojení pro měření rozlišení analogové kamery [7]</i> .....	57
<i>Obr. 17 Průběh videosignálu odezvy na referenční čárový rastr [7]</i> .....	57
<i>Obr. 18 Průběh MTF [7]</i> .....	58
<i>Obr. 19 Schéma zapojení pro měření rozlišení IP kamery [6]</i> .....	59
<i>Obr. 20 Spuštěná ukázka měření</i> .....	60
<i>Obr. 21 Průběh videosignálu odezvy na referenční čárový rastr [6]</i> .....	61
<i>Obr. 22 Schéma zapojení pro měření citlivosti analogové kamery [8]</i> .....	62
<i>Obr. 23 Schéma zapojení pro měření citlivosti IP kamery [8]</i> .....	63
<i>Obr. 24 Zkušební čárový obrazec Rotakin [19]</i> .....	64
<i>Obr. 25 Schéma zapojení pro měření dynamických vlastností obrazu kamer [11]</i> .....	65
<i>Obr. 26 Příklady rozlišovacích čárových obrazců; a) KTO10 [6], b) Rotakin [19], c) KTO-3c [22]</i> .....	68
<i>Obr. 27 Rozlišovací čárový obrazec ISO 12233 [24]</i> .....	69
<i>Obr. 28 Schéma zapojení pro měření MTF</i> .....	71
<i>Obr. 29 Ukázka otevření snímku v programu ImageJ 1,34s</i> .....	71

<i>Obr. 30 Ukázka špatně otevřeného snímku pouze na 33,3%</i> .....	72
<i>Obr. 31 Zobrazení na 33,3% - Moaré jev</i> .....	73
<i>Obr. 32 Zobrazení na 100%</i> .....	73
<i>Obr. 33 Schéma zobrazovací soustavy [26]</i> .....	73
<i>Obr. 34 Zjištění hodnoty <math>f_{cutoff}</math></i> .....	75
<i>Obr. 35 Ukázka snímku pořízeného rozlišením 3 MPix</i> .....	76
<i>Obr. 36 Výřez v horizontální rovině pro rozlišení 3 MPix</i> .....	77
<i>Obr. 37 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° pro rozlišení 3 MPix</i> .....	77
<i>Obr. 38 Výřez v horizontální rovině pro rozlišení 5 MPix</i> .....	79
<i>Obr. 39 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° pro rozlišení 5 MPix</i> .....	79
<i>Obr. 40 Výřez v horizontální rovině pro rozlišení 8 MPix</i> .....	82
<i>Obr. 41 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° pro rozlišení 8 MPix</i> .....	82
<i>Obr. 42 Výřez v horizontální rovině pro rozlišení 3 MPix</i> .....	84
<i>Obr. 43 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° pro rozlišení 3 MPix</i> .....	84
<i>Obr. 44 Výřez v horizontální rovině pro rozlišení 5 MPix</i> .....	87
<i>Obr. 45 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° pro rozlišení 5 MPix</i> .....	87
<i>Obr. 46 Výřez v horizontální rovině pro rozlišení 8 MPix</i> .....	89
<i>Obr. 47 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° pro rozlišení 8 MPix</i> .....	89
<i>Obr. 48 Ukázka snímku pořízeného bez stabilizace obrazu za mírných vibrací</i> .....	92
<i>Obr. 49 Výřez v horizontální rovině při zapnuté stabilizaci obrazu</i> .....	92
<i>Obr. 50 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° při zapnuté stabilizaci obrazu</i> .....	93
<i>Obr. 51 Výřez v horizontální rovině při vypnuté stabilizaci obrazu</i> .....	95
<i>Obr. 52 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° při vypnuté stabilizaci obrazu</i> .....	95
<i>Obr. 53 Výřez v horizontální rovině při vypnuté stabilizaci obrazu s lehkými vibracemi</i> .....	97
<i>Obr. 54 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° při vypnuté stabilizaci obrazu s lehkými vibracemi</i> .....	97
<i>Obr. 55 Výřez v horizontální rovině při zapnuté stabilizaci obrazu</i> .....	100
<i>Obr. 56 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° zapnuté stabilizaci obrazu</i> .....	100
<i>Obr. 57 Výřez v horizontální rovině při vypnuté stabilizaci obrazu</i> .....	102
<i>Obr. 58 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° vypnuté stabilizaci obrazu</i> .....	102
<i>Obr. 59 Výřez v horizontální rovině při vypnuté stabilizaci obrazu s lehkými vibracemi</i> .....	105



---

<i>Obr. 60 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° vypnuté stabilizaci obrazu s lehkými vibracemi .....</i>	<i>105</i>
<i>Obr. 61 Snímek pořízený za dobrých světelných podmínek .....</i>	<i>109</i>
<i>Obr. 62 Snímek pořízený za zhoršených světelných podmínek .....</i>	<i>112</i>
<i>Obr. 63 Výřez v horizontální rovině za dobrých světelných podmínek.....</i>	<i>114</i>
<i>Obr. 64 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° za dobrých světelných podmínek .....</i>	<i>114</i>
<i>Obr. 65 Výřez v horizontální rovině za zhoršených světelných podmínek.....</i>	<i>117</i>
<i>Obr. 66 Výřez ve vertikální rovině otočený o 90° za zhoršených světelných podmínek ....</i>	<i>117</i>

**SEZNAM TABULEK**

<i>Tab. 1 Přehled hodnot pro provozní zkoušky suchým teplem [16]</i> .....	20
<i>Tab. 2 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky suchým teplem [16]</i> .....	20
<i>Tab. 3 Přehled hodnot pro provozní zkoušky chladem [16]</i> .....	21
<i>Tab. 4 Přehled hodnot pro provozní zkoušky změnou teploty [16]</i> .....	22
<i>Tab. 5 Přehled hodnot pro provozní zkoušky vlhkým teplem konstantním [16]</i> .....	23
<i>Tab. 6 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky vlhkým teplem konstantním [16]</i> .....	24
<i>Tab. 7 Přehled hodnot pro provozní zkoušky vlhkým teplem cyklickým [16]</i> .....	24
<i>Tab. 8 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky vlhkým teplem cyklickým [16]</i> .....	25
<i>Tab. 9 Přehled hodnot pro provozní zkoušky (teplotní nárůst) simulovaným slunečním zářením [16]</i> .....	26
<i>Tab. 10 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky (povrchová degenerace) simulovaným slunečním zářením [16]</i> .....	27
<i>Tab. 11 Přehled hodnot pro provozní zkoušky proti vniknutí vody pro pevné a přemístitelné zařízení [16]</i> .....	28
<i>Tab. 12 Přehled hodnot pro provozní zkoušky proti vniknutí vody pro přenosné zařízení [16]</i> .....	28
<i>Tab. 13 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky prachotěsnosti pro zařízení kategorie 1 [16]</i> .....	30
<i>Tab. 14 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky prachotěsnosti pro zařízení kategorie 2 [16]</i> .....	30
<i>Tab. 15 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky oxidem siřičitým (SO<sub>2</sub>) [16]</i> .....	31
<i>Tab. 16 Přehled hodnot pro odolnostní zkoušky solnou mlhou cyklickou [16]</i> .....	32
<i>Tab. 17 Přehled hodnot pro provozní zkoušky úderem [16]</i> .....	33
<i>Tab. 18 Přehled hodnot pro provozní zkoušky rázem [16]</i> .....	35
<i>Tab. 19 Přehled hodnot pro provozní zkoušky volným pádem [16]</i> .....	35
<i>Tab. 20 Přehled hodnot pro provozní zkoušky sinusovými vibracemi [16]</i> .....	36
<i>Tab. 21 Přehled hodnot pro provozní zkoušky sinusovými vibracemi [16]</i> .....	37
<i>Tab. 22 Přehled hodnot pro zkoušky změn síťových napájecích napětí [17]</i> .....	38
<i>Tab. 23 Přehled hodnot pro zkoušky poklesem a krátkodobým přerušením síťového napájecího napětí [18]</i> .....	39
<i>Tab. 24 Přehled hodnot pro zkoušky elektrostatickým výbojem [17]</i> .....	40

---

<i>Tab. 25 Přehled hodnot pro zkoušky vysokofrekvenčním elektromagnetickým polem</i>	
[17] .....	41
<i>Tab. 26 Přehled hodnot pro zkoušky rušením indukovaným vysokofrekvenčním polem</i>	
[17] .....	44
<i>Tab. 27 Přehled hodnot pro zkoušky rychlých přechodových dějů [18].....</i>	45
<i>Tab. 28 Přehled hodnot pro zkoušky rázovým impulsem [18].....</i>	46
<i>Tab. 29 Souhrn vypočítaných hodnot pro vzdálenost 10m v mm.....</i>	107
<i>Tab. 30 Souhrn vypočítaných hodnot pro vzdálenost 10m v mm.....</i>	119

**SEZNAM GRAFŮ**

<i>Graf 1 Průběh MTF při rozlišení 3 MPix za dobrých světelných podmínek .....</i>	78
<i>Graf 2 Průběh MTF při rozlišení 5 MPix za dobrých světelných podmínek.....</i>	80
<i>Graf 3 Průběh MTF při rozlišení 8 MPix za dobrých světelných podmínek .....</i>	83
<i>Graf 4 Průběh MTF při rozlišení 3 MPix za zhoršených světelných podmínek .....</i>	85
<i>Graf 5 Průběh MTF při rozlišení 5 MPix za zhoršených světelných podmínek .....</i>	88
<i>Graf 6 Průběh MTF při rozlišení 8 MPix za zhoršených světelných podmínek.....</i>	90
<i>Graf 7 Průběh MTF při zapnuté stabilizaci obrazu za dobrých světelných podmínek.....</i>	93
<i>Graf 8 Průběh MTF při vypnuté stabilizaci obrazu za dobrých světelných podmínek.....</i>	96
<i>Graf 9 Průběh MTF při vypnuté stabilizaci obrazu s lehkými vibracemi za dobrých světelných podmínek.....</i>	98
<i>Graf 10 Průběh MTF při zapnuté stabilizaci obrazu za zhoršených světelných podmínek .....</i>	101
<i>Graf 11 Průběh MTF při vypnuté stabilizaci obrazu za zhoršených světelných podmínek .....</i>	103
<i>Graf 12 Průběh MTF při vypnuté stabilizaci obrazu s lehkými vibracemi za zhoršených světelných podmínek.....</i>	106
<i>Graf 13 Průběh MTF za dobrých světelných podmínek .....</i>	110
<i>Graf 14 Průběh MTF za zhoršených světelných podmínek .....</i>	113
<i>Graf 15 Průběh MTF za dobrých světelných podmínek .....</i>	115
<i>Graf 16 Průběh MTF za zhoršených světelných podmínek .....</i>	118

## SEZNAM PŘÍLOH

*Příloha PI - Kompaktní fotoaparát Panasonic DMC – FX33*

*Příloha P II – Tabulky ke grafům*

*Příloha P III – Vzorový protokol*

## PŘÍLOHA P I: KOMPAKTNÍ FOTOAPARÁT PANASONIC DMC – FX33



Typ snímače	CCD
Rozlišení snímače (Mpix)	8.1 Mpix
Velikost snímače (úhlopříčka)	1/2.5 "
Poměr stran snímače	4:3
Optický stabilizátor obrazu	ano
Objektiv	Leica DC Vario-Elmarit
Světelnost objektivu	2.8 - 5.6
Zoom optický (x)	3.6 x
Zoom digitální (x)	4 x
Ohnisková vzdálenost (mm)	28 - 100 mm
Paměťové médium	Secure digital, Multi Media Card, SDHC
Formát snímků	jpeg
Velikost snímků (v pixelech)	3264 x 2448, 2560 x 1920, 2048 x 1536, 1600 x 1200, 640 x 480, 3264 x 2176, 2560 x 1712, 2048 x 1360, 3264 x 1840, 2560 x 1440, 1920 x 1080.
Hledáček	žádný
Dioptrická korekce hledáčku	ne
Velikost LCD displeje (cm)	6.25 cm
Rozlišení LCD displeje (px)	207000 px
Nastavení jasu LCD	ano
Zobrazení histogramu	ano
Bodové ostření	ano
Blokování AF	ne
Kontinuální zaostřování	ne
Manuální ostření	ne
Makro (od cm)	5 cm
Blesk vestavěný	ano
Režimy blesku	automatický, vynucený, červené oči, vypnutý, slow
Redukce šumu	ano
Rozsah ISO	100 - 1600
Manuální ISO	ano
Manuální kalibrace WB	ano
Režimy WB	Denní světlo, Stín, Zataženo, Zářivka, Žárovka.

Ozvučené videosekvence	ano
Frekvence snímků videa za sekundu (fps)	30 fps
Rozlišení videa (px)	848 x 480 px

## PŘÍLOHA P II: TABULKY KE GRAFŮM

### Rozlišení 3 MPix – dobré světelné podmínky

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	138	16	0,79	2	0,50
2	159	31	0,67	1	1,00
3	142	15,8	0,80	0,9	1,11
4	147,1	29,2	0,67	0,8	1,25
5	144,2	15,4	0,81	0,7	1,43
6	130,6	33,1	0,60	0,6	1,67
7	127,8	21,2	0,72	0,5	2,00
8	103	33,1	0,51	0,4	2,50
9	102,1	25,6	0,60	0,3	3,33
10	81	33,2	0,42	0,2	5,00

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	171,5	59,3	0,49	2	0,50
2	157,5	26,5	0,71	1	1,00
3	169,3	60,7	0,47	0,9	1,11
4	155,5	33,7	0,64	0,8	1,25
5	164,3	67,6	0,42	0,7	1,43
6	150,8	38	0,60	0,6	1,67
7	147	57,8	0,44	0,5	2,00
8	138,7	41	0,54	0,4	2,50
9	133,8	57	0,40	0,3	3,33
10	122,7	55,2	0,38	0,2	5,00

### Rozlišení 5 MPix – dobré světelné podmínky

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	148,3	18	0,78	2	0,50
2	157,4	30,9	0,67	1	1,00
3	152	18,9	0,78	0,9	1,11
4	145,6	37,2	0,59	0,8	1,25
5	152,8	17,7	0,79	0,7	1,43
6	129,4	36,4	0,56	0,6	1,67
7	128,1	20,6	0,72	0,5	2,00



8	103,1	32,2	0,52	0,4	2,50
9	109,7	24,5	0,63	0,3	3,33
10	88,1	30,7	0,48	0,2	5,00

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	170,4	66,2	0,44	2	0,50
2	156,1	29,3	0,68	1	1,00
3	166,1	77,2	0,37	0,9	1,11
4	157,9	36,6	0,62	0,8	1,25
5	157,9	74,5	0,36	0,7	1,43
6	149,7	40,6	0,57	0,6	1,67
7	140,2	68,5	0,34	0,5	2,00
8	135,5	46,2	0,49	0,4	2,50
9	128,1	69,1	0,30	0,3	3,33
10	115,1	54,3	0,36	0,2	5,00

#### Rozlišení 8 MPix – dobré světelné podmínky

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	145,2	15,2	0,81	2	0,50
2	166,6	31	0,69	1	1,00
3	148,4	16,8	0,80	0,9	1,11
4	158	30,8	0,67	0,8	1,25
5	147,6	16,4	0,80	0,7	1,43
6	120,5	34,1	0,56	0,6	1,67
7	133,6	21,8	0,72	0,5	2,00
8	107,4	36,8	0,49	0,4	2,50
9	107,6	32,6	0,53	0,3	3,33
10	84,5	32	0,45	0,2	5,00

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	176,7	63,3	0,47	2	0,50
2	168,7	29,9	0,70	1	1,00
3	176,7	62	0,48	0,9	1,11
4	166,7	33,1	0,67	0,8	1,25
5	173,7	58,7	0,49	0,7	1,43
6	169,5	31,5	0,69	0,6	1,67

7	163,7	56,4	0,49	0,5	2,00
8	160,9	30,6	0,68	0,4	2,50
9	147,2	57,4	0,44	0,3	3,33
10	139,5	51,2	0,46	0,2	5,00

### Rozlišení 3 MPix – zhoršené světelné podmínky

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	50	4,3	0,84	2	0,50
2	30,6	6,2	0,66	1	1,00
3	39,6	5,9	0,74	0,9	1,11
4	21,5	8,7	0,42	0,8	1,25
5	24,9	8	0,51	0,7	1,43
6	14,2	11,5	0,11	0,6	1,67
7	16,3	11,2	0,19	0,5	2,00
8	Nerozeznatelné			0,4	2,50
9				0,3	3,33
10				0,2	5,00

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	51	5,5	0,81	2	0,50
2	33,7	5,3	0,73	1	1,00
3	27,7	23,1	0,09	0,9	1,11
4	18,8	15,6	0,09	0,8	1,25
5	23,2	20,4	0,06	0,7	1,43
6	Nerozeznatelné			0,6	1,67
7				0,5	2,00
8				0,4	2,50
9				0,3	3,33
10				0,2	5,00

### Rozlišení 5 MPix – zhoršené světelné podmínky

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	52,1	4,7	0,83	2	0,50
2	33,3	5,4	0,72	1	1,00
3	40,1	7,3	0,69	0,9	1,11

4	22	9,2	0,41	0,8	1,25
5	25,7	11,5	0,38	0,7	1,43
6	15,1	11,7	0,13	0,6	1,67
7	16,5	13,1	0,11	0,5	2,00
8	Nerozeznatelné			0,4	2,50
9				0,3	3,33
10				0,2	5,00

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	51	5	0,82	2	0,50
2	37,8	3,6	0,83	1	1,00
3	42,9	8,7	0,66	0,9	1,11
4	27,8	8,7	0,52	0,8	1,25
5	30,7	12,9	0,41	0,7	1,43
6	18,9	12,7	0,20	0,6	1,67
7	20,1	16	0,11	0,5	2,00
8	15,8	12,4	0,12	0,4	2,50
9	Nerozeznatelné			0,3	3,33
10				0,2	5,00

### Rozlišení 8 MPix – zhoršené světelné podmínky

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	52,5	5	0,83	2	0,50
2	29,8	7,9	0,58	1	1,00
3	34,3	9,8	0,56	0,9	1,11
4	16,3	14	0,08	0,8	1,25
5	20	15,6	0,12	0,7	1,43
6	13,5	11,9	0,06	0,6	1,67
7	15,9	13	0,10	0,5	2,00
8	Nerozeznatelné			0,4	2,50
9				0,3	3,33
10				0,2	5,00

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	51,8	5,2	0,82	2	0,50
2	34,5	5,5	0,73	1	1,00

3	33,8	15,1	0,38	0,9	1,11
4	24,1	13,7	0,28	0,8	1,25
5	23,3	18,8	0,11	0,7	1,43
6	20,9	11,2	0,30	0,6	1,67
7	20,8	15,9	0,13	0,5	2,00
8	17,7	9,7	0,29	0,4	2,50
9	Nerozeznatelné			0,3	3,33
10	Nerozeznatelné			0,2	5,00

### Zapnutý stabilizátor obrazu – dobré světelné podmínky

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	148,5	16,3	0,80	2	0,50
2	169,4	30,2	0,70	1	1,00
3	155,1	16,4	0,81	0,9	1,11
4	160,8	30,9	0,68	0,8	1,25
5	155,2	14,4	0,83	0,7	1,43
6	137,2	30,2	0,64	0,6	1,67
7	142,9	15,3	0,81	0,5	2,00
8	116,8	25,8	0,64	0,4	2,50
9	117,6	17,1	0,75	0,3	3,33
10	97,8	31,6	0,51	0,2	5,00

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	171,7	65,3	0,45	2	0,50
2	169,1	29	0,71	1	1,00
3	166,1	74,3	0,38	0,9	1,11
4	165,3	37,5	0,63	0,8	1,25
5	156,5	70,3	0,38	0,7	1,43
6	152,2	40,3	0,58	0,6	1,67
7	140,9	64	0,38	0,5	2,00
8	139,2	45,3	0,51	0,4	2,50
9	130,3	69,5	0,30	0,3	3,33
10	116,4	59	0,33	0,2	5,00

### Vypnutý stabilizátor obrazu – dobré světelné podmínky

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
---	--	--	--	--	--

Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	150,1	17,2	0,79	2	0,50
2	172,2	33,2	0,68	1	1,00
3	150	16,5	0,80	0,9	1,11
4	159,3	34,7	0,64	0,8	1,25
5	160,3	13,8	0,84	0,7	1,43
6	150,3	30,5	0,66	0,6	1,67
7	139,7	14,9	0,81	0,5	2,00
8	125,8	24,1	0,68	0,4	2,50
9	123,3	17,3	0,75	0,3	3,33
10	96	22,6	0,62	0,2	5,00

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	172,3	65,4	0,45	2	0,50
2	169,3	31	0,69	1	1,00
3	166,2	74,1	0,38	0,9	1,11
4	164,8	39,5	0,61	0,8	1,25
5	155,3	72,5	0,36	0,7	1,43
6	156,3	45,2	0,55	0,6	1,67
7	137,9	65	0,36	0,5	2,00
8	140,2	50,4	0,47	0,4	2,50
9	126,8	69,5	0,29	0,3	3,33
10	119,6	63,7	0,30	0,2	5,00

**Vypnutý stabilizátor obrazu s lehkými vibracemi – dobré světelné podmínky**

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	158,8	26,4	0,71	2	0,50
2	127,2	16,2	0,77	1	1,00
3	141,6	35,6	0,60	0,9	1,11
4	108,4	23,7	0,64	0,8	1,25
5	117	47,7	0,42	0,7	1,43
6	86,6	35,1	0,42	0,6	1,67
7	92,1	48,2	0,31	0,5	2,00
8	68,4	40,9	0,25	0,4	2,50
9	73,5	44,8	0,24	0,3	3,33
10	60	42,2	0,17	0,2	5,00

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	124,6	83,5	0,20	2	0,50
2	83,7	67,1	0,11	1	1,00
3	100,7	91,5	0,05	0,9	1,11
4	73,2	66,6	0,05	0,8	1,25
5	88,5	84,5	0,02	0,7	1,43
6	Nerozeznatelné			0,6	1,67
7				0,5	2,00
8				0,4	2,50
9				0,3	3,33
10				0,2	5,00

### Zapnutý stabilizátor obrazu – zhoršené světelné podmínky

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	50	4,3	0,84	2	0,50
2	25,6	8,5	0,50	1	1,00
3	27,3	11,6	0,40	0,9	1,11
4	16,1	12,7	0,12	0,8	1,25
5	Nerozeznatelné			0,7	1,43
6				0,6	1,67
7				0,5	2,00
8				0,4	2,50
9				0,3	3,33
10				0,2	5,00

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	43,5	4,8	0,80	2	0,50
2	34,2	4,5	0,77	1	1,00
3	27	13,3	0,34	0,9	1,11
4	22,3	10,7	0,35	0,8	1,25
5	19,6	17,5	0,06	0,7	1,43
6	16,7	13,9	0,09	0,6	1,67
7	Nerozeznatelné			0,5	2,00
8				0,4	2,50
9				0,3	3,33
10				0,2	5,00

### Vypnutý stabilizátor obrazu – zhoršené světelné podmínky

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [ $\text{mm}^{-1}$ ]
1	50,8	5,2	0,81	2	0,50
2	30,3	6,6	0,64	1	1,00
3	32,3	10,9	0,50	0,9	1,11
4	17,5	12,9	0,15	0,8	1,25
5	19,5	15,7	0,11	0,7	1,43
6	14,5	12,3	0,08	0,6	1,67
7	16,6	13,1	0,12	0,5	2,00
8	Nerozeznatelné			0,4	2,50
9				0,3	3,33
10				0,2	5,00

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [ $\text{mm}^{-1}$ ]
1	50,4	6,5	0,77	2	0,50
2	31,4	9,9	0,52	1	1,00
3	26,2	23,9	0,05	0,9	1,11
4	19,8	17,4	0,06	0,8	1,25
5	23,4	21	0,05	0,7	1,43
6	17,4	15,3	0,06	0,6	1,67
7	Nerozeznatelné			0,5	2,00
8				0,4	2,50
9				0,3	3,33
10				0,2	5,00

### Vypnutý stabilizátor obrazu s lehkými vibracemi – zhoršené světelné podmínky

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [ $\text{mm}^{-1}$ ]
1	44,4	7,8	0,70	2	0,50
2	21,6	14,1	0,21	1	1,00
3	22,9	21,2	0,04	0,9	1,11
4	Nerozeznatelné			0,8	1,25
5				0,7	1,43
6				0,6	1,67
7				0,5	2,00
8				0,4	2,50
9				0,3	3,33

10		0,2	5,00
----	--	-----	------

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	27,7	21,2	0,13	2	0,50
2	24,8	12,4	0,33	1	1,00
3	Nerozeznatelné			0,9	1,11
4				0,8	1,25
5				0,7	1,43
6				0,6	1,67
7				0,5	2,00
8				0,4	2,50
9				0,3	3,33
10				0,2	5,00

### Sony MOTION EYE web kamera – dobré světelné podmínky

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	175,5	25,9	0,74	2	0,50
2	149,5	27,6	0,69	1	1,00
3	142,1	69,2	0,35	0,9	1,11
4	100,3	87,0	0,07	0,8	1,25
5	Nerozeznatelné			0,7	1,43
6				0,6	1,67
7				0,5	2,00
8				0,4	2,50
9				0,3	3,33
10				0,2	5,00

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	161,9	35,3	0,64	2	0,50
2	142,7	38,4	0,58	1	1,00
3	115,2	104,7	0,05	0,9	1,11
4	113,3	92,0	0,10	0,8	1,25
5	Nerozeznatelné			0,7	1,43
6				0,6	1,67
7				0,5	2,00
8				0,4	2,50



9		0,3	3,33
10		0,2	5,00

### Sony MOTION EYE web kamera – zhoršené světelné podmínky

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [ $\text{mm}^{-1}$ ]
1	68,6	21,9	0,52	2	0,50
2	54,7	45,9	0,09	1	1,00
3	Nerozeznatelné			0,9	1,11
4				0,8	1,25
5				0,7	1,43
6				0,6	1,67
7				0,5	2,00
8				0,4	2,50
9				0,3	3,33
10				0,2	5,00

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [ $\text{mm}^{-1}$ ]
1	83,2	39,3	0,36	2	0,50
2	56,3	50,9	0,05	1	1,00
3	Nerozeznatelné			0,9	1,11
4				0,8	1,25
5				0,7	1,43
6				0,6	1,67
7				0,5	2,00
8				0,4	2,50
9				0,3	3,33
10				0,2	5,00

### Panasonic DMC – FX33 – dobré světelné podmínky

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [ $\text{mm}^{-1}$ ]
1	155,5	19,9	0,77	2	0,50
2	134,2	19,7	0,74	1	1,00
3	150,1	19,0	0,78	0,9	1,11
4	115,8	24,0	0,66	0,8	1,25
5	134,0	18,0	0,76	0,7	1,43

6	95,8	31,6	0,50	0,6	1,67
7	104,1	25,5	0,61	0,5	2,00
8	72,6	31,8	0,39	0,4	2,50
9	79,2	34,6	0,39	0,3	3,33
10	61,4	36,0	0,26	0,2	5,00

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	146,5	21,0	0,75	2	0,50
2	134,4	17,9	0,76	1	1,00
3	141,2	24,8	0,70	0,9	1,11
4	133,5	22,1	0,72	0,8	1,25
5	131,9	30,1	0,63	0,7	1,43
6	127,8	20,7	0,72	0,6	1,67
7	111,2	30,7	0,57	0,5	2,00
8	107,4	23,0	0,65	0,4	2,50
9	95,9	31,6	0,50	0,3	3,33
10	89,2	30,0	0,50	0,2	5,00


### Panasonic DMC – FX33 – zhoršené světelné podmínky

Horizontální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	19,2	4,0	0,66	2	0,50
2	24,9	6,8	0,57	1	1,00
3	13,7	5,1	0,46	0,9	1,11
4	18,1	6,1	0,50	0,8	1,25
5	9,0	6,0	0,20	0,7	1,43
6	10,2	6,9	0,19	0,6	1,67
7	Nerozeznatelné			0,5	2,00
8				0,4	2,50
9				0,3	3,33
10				0,2	5,00

Vertikální rozlišovací čárový obrazec					
Pozice	Bílá	Černá	Kontrast	Šířka čáry [mm]	Prostorová frekvence [mm <sup>-1</sup> ]
1	45,4	10,5	0,62	2	0,50
2	32,3	5,1	0,73	1	1,00
3	27,9	25,0	0,05	0,9	1,11
4	20,3	13,7	0,19	0,8	1,25

5	Nerozeznatelné	0,7	1,43
6		0,6	1,67
7		0,5	2,00
8		0,4	2,50
9		0,3	3,33
10		0,2	5,00

## PŘÍLOHA PIII: VZOROVÝ PROTOKOL

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně FAKULTA APLIKOVANÉ INFORMATIKY			
<b>Jméno:</b>		<b>Ročník:</b>	
<b>Předmět:</b>		<b>Skupina:</b>	
		<b>Naměřeno:</b>	
<b>Název úlohy:</b>	Úloha č.1 – Měření modulační přenosové funkce (MTF) – IP kamera	<b>Odevzdáno:</b>	
		<b>Hodnocení:</b>	

Úloha č.1: zadání

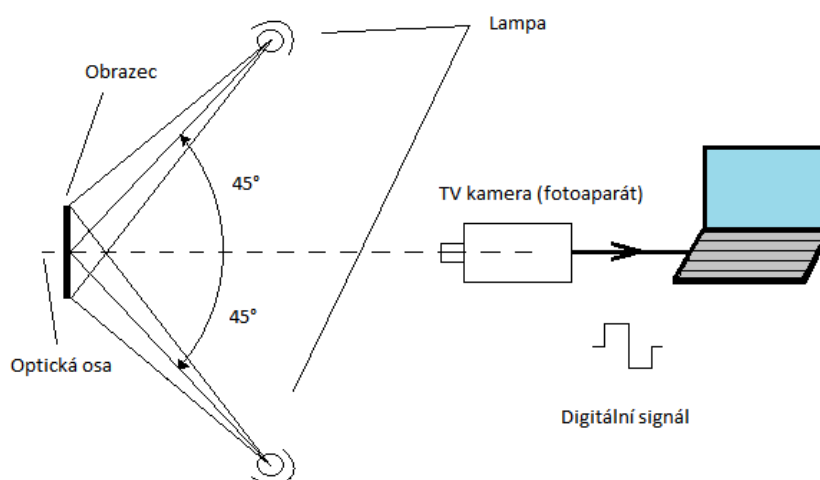
Vyberte si jednu IP kameru. Měřením zjistíte její modulační přenosovou funkci (MTF) za odlišných světelných podmínek.

Úloha č.1: seznam použitých přístrojů a pomůcek

- IP kameru,
- Rozlišovací čárový obrazec ISO 12233,
- Notebook,
- Programové vybavení,
  - ImageJ 1,34s,
  - Software k dané kameře,
- Digitální luxmetr.

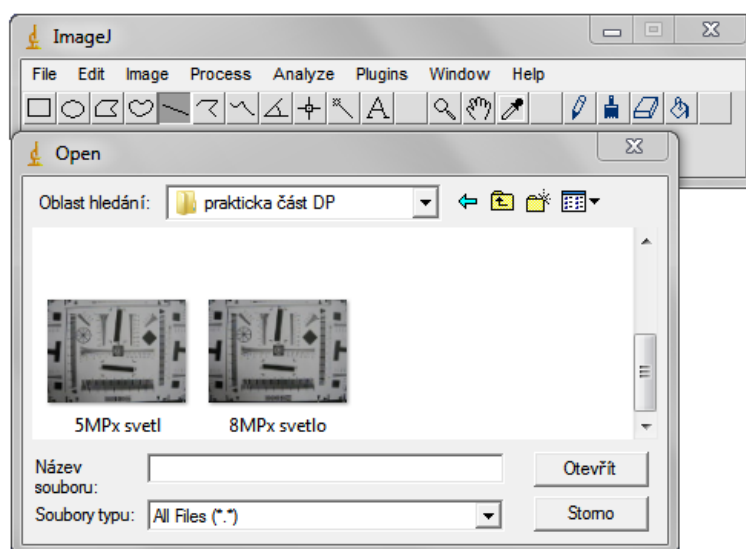
Úloha č.1: postup měření

- Nachystejte si pracoviště dle obrázku.



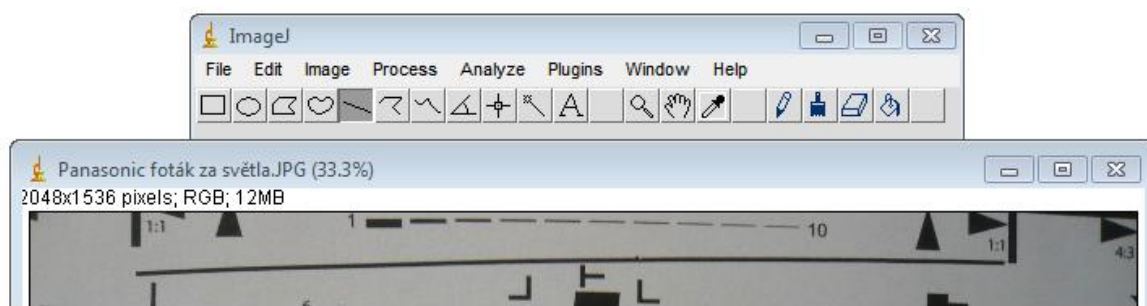
Obrázek 1 Schéma zapojení

- Umístěte testovací obrazec ISO 12233 tak, aby pokrýval celé zorné pole IP kamery,
  - U některých IP kamer lze měnit zobrazení 4:3 nebo 16:9,
  - Šipky na okraji testovacího obrazce označují hranice jednotlivých zobrazení,
- Nastavte požadovanou úroveň osvětlení,
  - Měření intenzity osvětlení proved'te luxmetrem a to ve středu obrazce a v každém rohu. V ideálním případě bude osvětlení ve všech bodech stejné,
- Zaostřete kameru na testovací obrazec,
- Proved'te snímek a uložte ho,
- Analyzujte snímek pomocí programu ImageJ 1,34s,



Obrázek 2 Ukázka otevření snímku v programu ImageJ 1,34s

- Pozorně sledujte otevřené okno snímku. Na horní liště okna je zobrazen název snímku. Pokud je tam jen název, můžete pokračovat dále (snímek se otevřel ve 100% zobrazení). Jestliže bude vedle názvu závorka s údajem v procentech (obrázek 3), tak je potřeba tento snímek zavřít a udělat si v jakémkoliv programu výřez požadovaného rastru,
  - Pokud by se snímek nic neudělalo, došlo by k Moaré jevu a zkreslilo by se měření a dovedlo by nás to ke špatným výsledkům. Provedený výřez si pak otevřeme a měl by být zobrazen ve 100% velikosti a můžeme pokračovat dále.



*Obrázek 3 Ukázka špatně otevřeného snímku pouze na 33,3%*

- Z nabídky si vyberte možnost „přímka“ a veďte ji přes zvolený čárový rastr,
  - Začněte od referenčního rastru (dobře rozlišitelný) až po další rastry, dokud budou rozlišitelné,
- Z nabídky „analyze“ vyberte možnost „Plot profile“ a vytvoří se graf čárového rastru,
  - V grafu lze pohybovat kurzorem myši a v dolní části se zobrazují souřadnice X a Y. Nejvyšší hodnoty jsou úrovně bílé a nejnižší černé. Pokud se ale hodnoty špiček budou lišit, je potřeba si je všechny zaznamenat a udělat z nich průměrnou hodnotu.

#### Úloha č.1: Vzorce

- Vzorec pro výpočet kontrastu

$$C = \frac{Y_{\max} - Y_{\min}}{Y_{\max} + Y_{\min}}$$

kde:

$Y_{\max}$  - hodnota úrovně bílé barvy,

$Y_{\min}$  - hodnota úrovně černé barvy,

- Vzorec pro výpočet prostorové frekvence

$$f_x = \frac{1}{d} [mm^{-1}]$$

kde:

$d$  – šířka čáry na rozlišovacím čárovém obrazci,

- Vzorec pro zjištění a výpočet mezní prostorové frekvence zobrazení  $f_{\text{cutoff}}$

$$C_{\text{rozdil}} = C_{\max} - C_{\min}$$

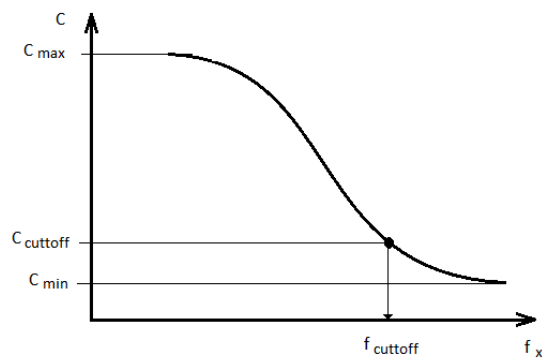
z  $C_{\text{rozdil}}$  vypočítáme 10%

$$C_{10\%} = \frac{C_{\text{rozdil}}}{100} \cdot 10$$

zjištění hodnoty  $C_{\text{cutoff}}$

$$C_{\text{cutoff}} = C_{\min} + C_{10\%}$$

Hodnota  $C_{\text{cutoff}}$  se vynese do grafu a vynese se rovnoběžka s osou  $x$ . Rovnoběžka protne křivku MTF. Z tohoto bodu spustíme kolmici na osu  $x$  a dostaneme hodnotu mezní prostorové frekvence zobrazení  $f_{\text{cutoff}}$ . Celý postup je naznačen na obrázek 4.



Obrázek 4 Zjištění hodnoty  $f_{\text{cutoff}}$

- Vzorec pro výpočet vzdálenosti čar rozlišení v obrazovém prostoru

$$\Delta X^{\perp} = \frac{1}{f_{\text{cutoff}}} [mm]$$

kde:

$f_{\text{cutoff}}$  – mezní prostorová frekvence zobrazení

- Vzorec pro výpočet rozlišovacího prostorového úhlu

$$\text{tg } \varphi = \frac{\Delta X^{\perp}}{f}$$

pro  $\varphi$  malé lze psát  $\text{tg } \varphi \approx \varphi$  a potom tedy platí

$$\varphi = \frac{\Delta X^{\perp}}{f} [rad]$$

kde:

$f$  – ohnisková vzdálenost objektivu

- Vzorec pro výpočet rozlišení v určité vzdálenosti  $l$

$$\frac{\Delta X^{\perp}}{l} = \varphi \Rightarrow \Delta X^{\perp} = \varphi \cdot l [mm]$$

Úloha č.1: Výsledky a grafy
-----------------------------

Úloha č.1: závěr
------------------