

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ  
FAKULTA STAVEBNÍ  
Katedra technologie staveb**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Kontrola kvality provedení prací při  
výstavbě základní školy Praha-západ**

**Bc. Filip Mandel**

**2020**

**Vedoucí diplomové práce: Ing. Linda Veselá, Ph.D.**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Mandel Jméno: Filip Osobní číslo: 423851  
Zadávající katedra: Katedra technologie staveb  
Studijní program: Stavební inženýrství  
Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

### II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Kontrola kvality provedení prací při výstavbě základní školy Praha-západ

Název diplomové práce anglicky: Quality control during construction of a primary school located in Prague-West

Pokyny pro vypracování:

- 1) Provedení rešerše základních technických požadavků pro budovy škol
- 2) Kontrola splnění technických požadavků v rámci dokumentace pro provedení stavby
- 3) Výběr rizikových konstrukcí s ohledem na splnění základních technických požadavků
- 4) Návrh měření vybraných parametrů rizikových konstrukcí
- 5) Provedení měření
- 6) Vyhodnocení kvality změřených konstrukcí

Seznam doporučené literatury:

Vyhl. 268/2009 Sb.,  
Vyhl. 398/2009 Sb.  
technické normy ČSN

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Linda Veselá, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 25.9.2019 Termín odevzdání diplomové práce: 5.1.2020  
*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předkládanou diplomovou prací vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze .....

.....

**Bc. Filip Mandel**

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat paní Ing. Lindě Veselé, Ph.D. za odborné vedení, věcné připomínky a cenné rady při zpracování mé diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat panu Lukáši Joglovi z ČVUT Fakulty stavební Experimentální centrum za jeho odbornou konzultaci a pomoc při zkoušení betonových vzorků na pevnost v tlaku.

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá kontrolou kvality provedení prací při výstavbě základní školy Praha-západ. Popisuje základní typy měření pro kontrolu geometrické přesnosti a zabývá se jednotlivými metodami kontroly kvality betonu. Dále diplomová práce obsahuje popis posuzovaného objektu a rozbor projektové dokumentace. V samotné části rozboru projektové dokumentace se diplomová práce věnuje porovnání navržené projektové dokumentace s požadovanou legislativou pro školní budovy. Po technickém posouzení projektu jsou prováděny jednotlivé typy měření skutečných rozměrů v předem určených místnostech v rámci dokončené první etapy stavby (SO01). V druhé části diplomové práce se provádí kontrola kvality betonu v druhé etapě stavby (SO02). V závěru práce se pak veškerá měření vyhodnotí a u nevyhovujících měření se analyzují příčiny vzniku geometrické nepřesnosti a závad.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

geometrická přesnost, mezní odchylka, tolerance, kvalita betonu, destruktivní zkouška betonu, nedestruktivní zkouška betonu, pevnost v tlaku, rozbor projektové dokumentace

## **ABSTRACT**

This diploma thesis discusses quality control of work done during the construction of an elementary school located in Prague-west. It describes the basic types of measurements used for checking geometric accuracy and deals with individual methods of quality control of concrete. Furthermore, this thesis contains a description of the project and analyses the related documentation. In the main part of the analysis of project documentation, this thesis compares the project documentation used with the legislative requirements for school buildings. After the technical assessment of the project, individual types of measurements of real dimensions are performed in predetermined rooms within the completed first stage of construction (SO01). In the second part of this thesis, quality control of concrete in the second stage of construction (SO02) is carried out. At the end of this thesis, all measurements are evaluated and the reasons for the occurrence of geometric inaccuracies and defects leading to unsatisfactory measurements are analysed.

## **KEYWORDS**

geometric accuracy, limit deviation, tolerance, concrete quality, destructive test of concrete, non-destructive test of concrete, compressive strength, analysis of project documentation

## OBSAH

1	ÚVOD .....	9
2	ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE .....	10
3	LEGISLATIVA.....	12
3.1	NORMY .....	12
3.1.1	ČSN 73 0202 - Geometrická přesnost ve výstavbě. Základní ustanovení .....	12
3.1.2	ČSN 73 0205 - Geometrická přesnost ve výstavbě. Navrhování geometrické přesnosti .....	12
3.1.3	ČSN 73 0212-1 - Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 1: Základní ustanovení .....	12
3.1.4	ČSN 73 0212-3 - Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 3: Pozemní stavební objekty.....	12
3.1.5	ČSN 73 0212-5 - Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 5: Kontrola přesnosti stavebních dílců .....	13
3.1.6	ČSN 73 3451 – Obecná pravidla pro navrhování a provádění keramických obkladů.....	13
3.1.7	ČSN 73 4108 – Hygienické zařízení a šatny.....	13
3.1.8	ČSN 73 4130 – Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky .....	14
3.1.9	ČSN 74 4505 – Podlahy .....	14
3.1.10	ČSN ISO 1803 - Pozemní stavby - Tolerance - Vyjadřování přesnosti rozměrů - Zásady a názvosloví .....	14
3.1.11	ČSN EN 13670 - Provádění betonových konstrukcí.....	15
3.2	VYHLÁŠKY .....	15
3.2.1	Vyhláška č. 268/2009 Sb. - Vyhláška o technických požadavcích na stavby.....	15
3.2.2	Vyhláška č. 398/2009 Sb. - Vyhláška o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb.....	15
3.2.3	Vyhláška č. 410/2005 Sb. - Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých .....	16
3.3	ZÁKONY .....	16
3.3.1	Zákon č. 183/2006 Sb. - Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon).....	16
4	DRUHÝ A TYPY MĚŘENÍ GEOMETRICKÉ PŘESNOSTI .....	17
4.1	VZDÁLENOSTI SVISLÝCH A VODOROVNÝCH PROTILEHLÝCH KONSTRUKCÍ .....	17
4.1.1	Postup měření.....	17
4.1.2	Požadavky na konstrukce .....	19
4.2	SVISLOST KONSTRUKCÍ .....	20
4.2.1	Postup měření.....	20
4.2.2	Požadavky na konstrukce .....	22
4.3	CELKOVÁ ROVINNOST SVISLÝCH A VODOROVNÝCH KONSTRUKCÍ.....	23
4.3.1	Postup měření.....	23
4.3.2	Požadavky na konstrukce .....	25
4.4	MÍSTNÍ ROVINNOST SVISLÝCH A VODOROVNÝCH KONSTRUKCÍ .....	26
4.4.1	Postup měření.....	26
4.4.2	Požadavky na konstrukce .....	28
4.5	PRAVOÚHLOST SVISLÝCH KONSTRUKCÍ.....	29
4.5.1	Postup měření.....	29
4.5.2	Požadavky na konstrukce .....	31
4.6	GEOMETRICKÁ PŘESNOST SCHODIŠTĚ .....	32
4.6.1	Postup měření.....	32

4.6.2	Požadavky na konstrukce .....	33
5	DRUHY A TYPY MĚŘENÍ KVALITY BETONU .....	34
5.1	NEDESTRUKTIVNÍ METODY MĚŘENÍ KVALITY ZTVRDLÉHO BETONU .....	34
5.1.1	Zkouška odrazovým tvrdoměrem (ČSN EN 12504-2) .....	34
5.2	DESTRUKTIVNÍ METODY MĚŘENÍ KVALITY ZTVRDLÉHO BETONU .....	36
5.2.1	Zkouška pevnosti v tlaku (ČSN EN 12390-3) .....	36
5.2.2	Zkouška pevnosti v tahu ohybem (ČSN EN 12390-5).....	37
5.3	METODY KONTROLY KVALITY ČERSTVÉHO BETONU .....	37
5.3.1	Zkouška sednutím (ČSN EN 12350-2) .....	38
5.3.2	Zkouška rozlitím (ČSN EN 12350-5) .....	39
5.3.3	Stupeň zhutnitelnosti (ČSN EN 12350-4).....	40
6	POPIS POSUZOVANÉHO OBJEKTU .....	41
6.1	DOKONČENÁ STAVBA SO01 .....	41
6.2	HRUBÁ STAVBA SO02 .....	42
7	KONTROLA PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE.....	43
7.1	POSOUZENÍ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE S PLATNOU LEGISLATIVOU.....	44
7.1.1	Požadavky na projektovou dokumentaci dle vyhlášky č. 268/2009 Sb. ....	44
7.1.2	Požadavky na projektovou dokumentaci dle vyhlášky č. 398/2009 Sb. ....	47
7.1.3	Požadavky na projektovou dokumentaci dle vyhlášky č. 410/2005 Sb. ....	49
7.2	KONTROLA NAVRŽENÝCH SVĚTLÝCH VÝŠEK S POŽADOVANÝM ROZMĚRY DLE LEGISLATIVY .....	49
7.2.1	Řez podlažím základní školy.....	50
7.2.2	Stanovení dolních mezních rozměrů světlých výšek a jejich vyhodnocení .....	51
8	KONTROLA GEOMETRICKÉ PŘESNOSTI U OBJEKTU SO01 .....	52
8.1	VZDÁLENOSTI VODOROVNÝCH PROTILEHLÝCH KONSTRUKCÍ.....	54
8.2	VZDÁLENOSTI SVISLÝCH PROTILEHLÝCH KONSTRUKCÍ .....	57
8.3	SVISLOST KONSTRUKCÍ .....	60
8.4	CELKOVÁ ROVINNOST SVISLÝCH KONSTRUKCÍ.....	62
8.5	CELKOVÁ ROVINNOST VODOROVNÝCH KONSTRUKCÍ .....	64
8.6	MÍSTNÍ ROVINNOST SVISLÝCH KONSTRUKCÍ.....	67
8.7	MÍSTNÍ ROVINNOST VODOROVNÝCH KONSTRUKCÍ .....	70
8.8	PRAVOÚHLOST SVISLÝCH KONSTRUKCÍ.....	73
8.9	GEOMETRICKÁ PŘESNOST VÝŠKY A ŠÍŘKY JEDNOTLIVÝCH STUPŇŮ U SCHODIŠTĚ .....	76
8.10	GEOMETRICKÁ PŘESNOST VÝŠKY A ŠÍŘKY DVOU PO SOBĚ JDOUCÍCH STUPŇŮ U SCHODIŠTĚ.....	80
9	KONTROLA KVALITY BETONU U OBJEKTU SO02 .....	84
9.1	KONTROLA PEVNOSTI BETONU V TLAKU DESTRUKTIVNÍ METODOU.....	84
9.2	KONTROLA PEVNOSTI BETONU V TLAKU NEDESTRUKTIVNÍ METODOU .....	86
9.3	VÝSLEDKY A VYHODNOCENÍ VŠECH MĚŘENÍ PEVNOSTI BETONU V TLAKU.....	87
10	ZÁVĚR.....	92
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ .....	94
	SEZNAM OBRÁZKŮ .....	97
	SEZNAM TABULEK.....	98
	SEZNAM GRAFŮ .....	99
	SEZNAM PŘÍLOH.....	101



# 1 ÚVOD

Kontrola kvality provedení stavby patří k nejdůležitějším základním činnostem při realizaci stavby. Jedním z parametrů, který zásadně ovlivňuje kvalitu budov a jejich vizuální vzhled, je geometrická přesnost a kvalita materiálů. Na geometrickou přesnost má zásadní vliv např. složitost konstrukcí, přesnost vytyčení a rozměření konstrukcí, použité materiály a pomocné konstrukce jako např. bednění u monolitických konstrukcí. Nedodržením požadované geometrické přesnosti, nebo neodpovídající kvalitou materiálu může následně vzniknout množství různých drobnějších, ale i závažnějších závad a poruch na konstrukcích. Dalšími ovlivňovanými vlastnostmi může být jakost, životnost a estetika budovy. Hlavním parametrem, který geometrickou přesnost stanovuje, je mezní odchylka nebo tolerance. Tyto parametry a požadavky jsou definovány v českých technických normách (ČSN).

V této diplomové práci se nejdříve komplexně zaměřím na problematiku geometrické přesnosti z pohledu všech možných typů měření. Kontrola geometrické přesnosti se zaměří na vzdálenosti vodorovných a svislých protilehlých konstrukcí, svislosti konstrukcí, celkové rovinnosti svislých a vodorovných konstrukcí, místní rovinnosti svislých a vodorovných konstrukcí, pravoúhlosti svislých konstrukcí a geometrické přesnosti výšky a šířky stupňů u schodiště.

Druhá část diplomové práce se bude věnovat kontrole kvality betonu na stavbě. Samotný beton je v dnešní době nedílnou součástí téměř každé stavby a jeho cena tvoří velkou část z rozpočtu. Z toho důvodu, je na betonové konstrukce kladen velký důraz jak na kvalitu materiálu, tak i na kvalitu provedení a jeho vzhled. Veškeré tyto zmíněné požadavky ovlivňuje například složení betonu tzn. kvalita betonu. Kontrolu kvality betonu lze provádět jak destruktivní metodou, tak i nedestruktivní metodou. Oběma těmito metodám se budu v diplomové práci věnovat.

Hlavním cílem diplomové práce je provést kontrolu geometrické přesnosti ve vybraných místnostech v dokončené části základní školy. Dalším úkolem je vyhodnotit a porovnat získané naměřené hodnoty s požadovanými hodnotami z projektové dokumentace a v případě neshody stanovit možné příčiny vzniku.

Dalším cílem je porovnat samotnou projektovou dokumentaci s legislativou pro školní budovy. V poslední části diplomové práce se zaměřuji na kvalitu betonu a porovnávám získané pevnosti betonu z různých typů měření s požadovanými hodnotami pevnosti betonu z projektové dokumentace.

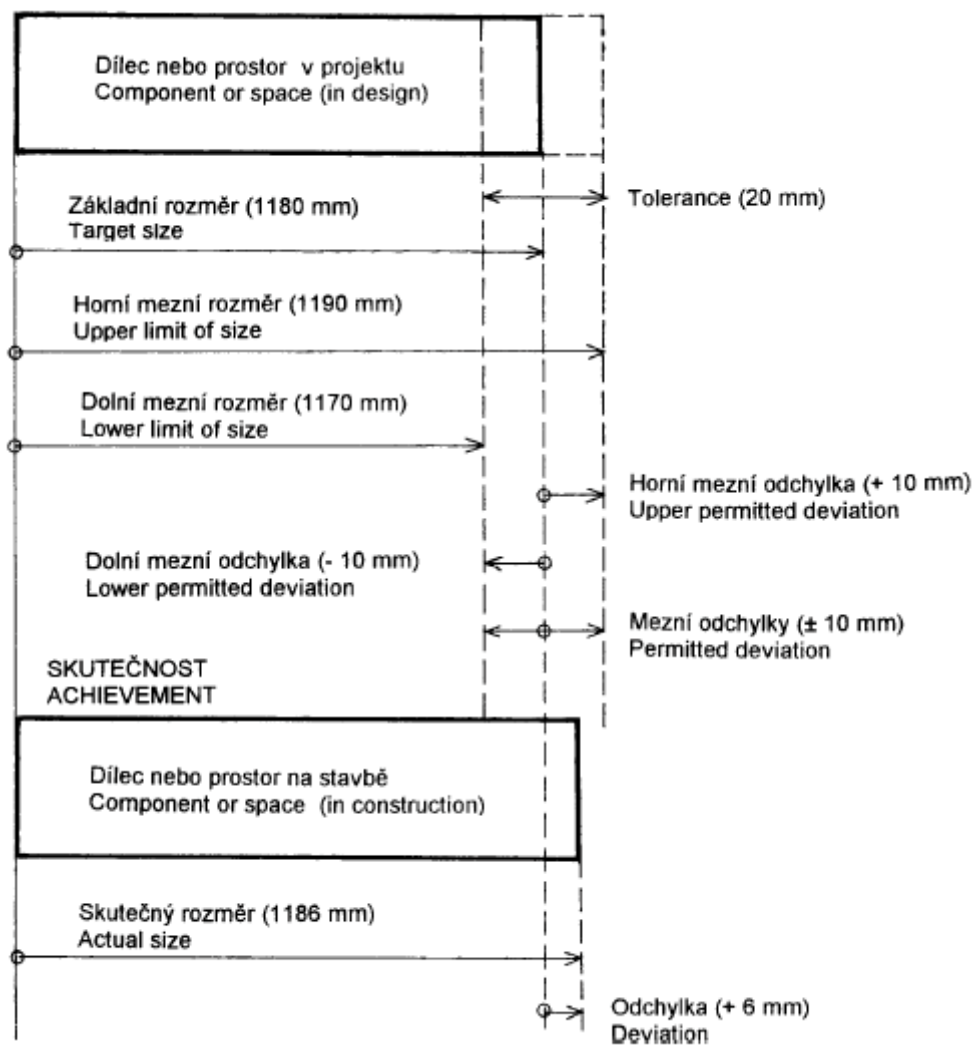
## 2 ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE

Termíny a pojmy uvedené níže patří k základnímu názvosloví v problematice geometrické přesnosti. Jedná se o základní pojmy, které je zapotřebí znát a jsou využívány jak v samotné práci, tak i v technických normách. Jednotlivé termíny a jejich definice vychází z technické normy ČSN ISO 1803 Pozemní stavby – Tolerance – Vyjadřování přesnosti rozměrů – Zásady a názvosloví.

- **Geometrický parametr** – veličina určena v daném směru a úhlu
- **Základní rozměr** – je požadovaný rozměr daný projektovou dokumentací, který by se měl dodržet při realizaci stavby. K základnímu rozměru se vztahují veškeré přípustné mezní odchylky dané normou nebo výrobcem.
- **Základní úhel** – je požadovaný úhel daný projektovou dokumentací, který by se měl dodržet při realizaci stavby. K základnímu úhlu se vztahují veškeré přípustné mezní odchylky normou nebo výrobcem.
- **Skutečný rozměr** – jedná se o reálný rozměr zjištěný při kontrolním měření geometrické přesnosti.
- **Horní mezní rozměr** – největší přípustný skutečným rozměr.
- **Dolní mezní rozměr** – nejmenší přípustný skutečný rozměr.
- **Mezní odchylka** – jedná se o parametr, který určuje maximální možné zvětšení, nebo zmenšení rozměru daného základním rozměrem. Nabývá kladných i záporných hodnot a je značen symbolem  $\pm$ .
- **Horní mezní odchylka** – je rozdíl mezi maximálním mezní rozměrem a základním rozměrem.
- **Dolní mezní odchylka** – je rozdíl mezi minimálním mezní rozměrem a základním rozměrem
- **Odchylka** – je rozdíl mezi požadovaným rozměrem a naměřeným rozměrem.
- **Odchylka délky** – je rozdíl mezi požadovanou délkou a naměřenou délkou.
- **Odchylka úhlu** – je rozdíl mezi požadovaným úhlem a naměřeným úhlem.
- **Tolerance** – jedná se o absolutní hodnotu, která je určena rozdílem mezních hodnot. To znamená, že mezní odchylka  $\pm 10$  mm se rovná toleranci 20 mm v absolutní hodnotě.
- **Referenční rovina** – je rovina, ke které se měří jednotlivé odchylky různých geometrických měření. Referenční rovinu lze si volitelně určit.
- **Srovnávací rovina** – je rovina, ke které se vztahuje vyhodnocení změřených odchylek.

- **Vztažná délka** – je daný úsek (délka, plocha), ke kterému se váže stanovená hodnota odchylky.

[14]



*Obrázek 1 - Příklad vztahu mezi základními termíny (mezní odchylka, tolerance)*

[14]

## **3 LEGISLATIVA**

### **3.1 Normy**

#### **3.1.1 ČSN 73 0202 - Geometrická přesnost ve výstavbě. Základní ustanovení**

Norma stanoví nejenom základní názvosloví a charakteristiky přesnosti, ale zejména požadavky uplatňované při navrhování, zajišťování, kontrole a hodnocení přesnosti geometrických parametrů, které bezprostředně ovlivňují plnění funkčních požadavků na stavební objekty (resp. jejich části) po dobu jejich životnosti. Jsou normalizovány charakteristiky přesnosti, jejich stanovení, zajišťování a kontrola. [1,36]

#### **3.1.2 ČSN 73 0205 - Geometrická přesnost ve výstavbě. Navrhování geometrické přesnosti**

Norma platí pro navrhování přesnosti geometrických parametrů v návaznosti na ČSN 73 0202 pro: a) stavební konstrukce a jejich části, b) výrobky určené pro stavební části staveb a c) stavební postupy. Tato norma neplatí pro navrhování drsnosti povrchu stavebních konstrukcí a výrobků. Norma obsahuje normalizaci základních charakteristik přesnosti, požadavky na geometrickou přesnost, funkční požadavky a jejich kontrolu, dokumentaci požadavků na přesnost výpočtu apod. V praxi je nejvíce využívána. [2,36]

#### **3.1.3 ČSN 73 0212-1 - Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 1: Základní ustanovení**

Norma stanoví hlavní zásady a metody kontroly geometrické přesnosti stavebních dílců, konstrukcí, stavebních objektů a zásady kontroly provádění vytyčovací práce. V příloze jsou pak uvedeny druhy, metody a předměty kontroly, a to podle jednotlivých etap výroby. [3,36]

#### **3.1.4 ČSN 73 0212-3 - Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 3: Pozemní stavební objekty**

Norma se zabývá přesností kontroly geometrických parametrů prostorové polohy, rozměrů a tvarů pozemních stavebních objektů včetně stavební jámy. Norma postihuje rozměry, tvar, polohu a orientaci konstrukce těchto objektů a jejich částí během stavění, po dokončení stavby a pro kolaudaci. Norma nestanoví přesnost kontroly nezabudovaných stavebních dílců a výrobků pro vnitřní kompletaci, přesnost kontroly vytyčení a měření posunů stavebních objektů. [4,36]

### **3.1.5 ČSN 73 0212-5 - Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 5: Kontrola přesnosti stavebních dílců**

Norma stanoví zásady pro stanovení míst měření nezabudovaných stavebních dílců, tj. předvýrobních částí stavebních objektů a konstrukcí. Dále stanovuje požadavky na přesnost kontrolních měření a metody pro jejich vyhodnocení, tj. porovnání mezi skutečným provedením dílce a mezními hodnotami stanovenými příslušnou technickou normou výrobce, výkresem apod. [5,36]

### **3.1.6 ČSN 73 3451 – Obecná pravidla pro navrhování a provádění keramických obkladů**

Norma je určena pro keramické obkladové prvky používané pro dlažby a obklady stěn uvnitř a vně budov, které jsou kladené do cementových maltovin nebo lepené pomocí lepidel. Norma definuje požadovanou kvalitu keramických obkladů a hlavní obecná pravidla, která souvisí s výběrem, návrhem a prováděním keramických materiálů.

Kvalita keramických obkladů závisí na dodržování základních technologických požadavků na rovnoměrnost, trvanlivost a bezpečnost. Dodržení těchto požadavků lze dosáhnout za současného nezbytného zajištění všech funkcí spojených s výběrem a instalací obkladů. Tyto funkce jsou: výroba a distribuce materiálů (keramické obkladové prvky, lepidla, malty atd.), návrh obkladů, kladení a lepení obkladů (upevňovací operace). V neposlední řadě trvanlivost obkladů je závislá i na způsobu jejich používání a pravidelnosti údržby. [7,36]

### **3.1.7 ČSN 73 4108 – Hygienické zařízení a šatny**

Norma platí pro navrhování nových hygienických (sanitárních) a pomocných zařízení a šaten a dále u změn dokončených staveb a rovněž u změn v užívání staveb.

Tato norma platí pro stavby občanského vybavení, výrobní průmyslové budovy a stavby pro výkon práce. Stavbami občanského vybavení se rozumí zejména:

- stavby pro vzdělávání a výchovu (školy, předškolní a školská zařízení), vědu a výzkum;
- stavby pro obchod a služby;
- stavby pro tělovýchovu a sport;
- stavby pro kulturu a duchovní osvětu;
- stavby pro zdravotnictví a sociální služby;
- stavby pro ochranu obyvatelstva;

- administrativní budovy, tj. stavby pro veřejnou správu, soudy, státní zastupitelství, policii, obviněné a odsouzené, pro sdělovací prostředky apod.;
- stavby ubytovacích zařízení;
- budovy pro veřejnou dopravu.

Nedílnou součástí této normy jsou rovněž požadavky na rozměry a vybavení hygienických (sanitárních) zařízení a šaten pro osoby s omezenou schopností pohybu nebo orientace. [8,36]

### **3.1.8 ČSN 73 4130 – Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky**

Norma určuje požadavky pro rozměry a tvar schodišť a šikmých ramp, které jsou trvalou součástí interiéru a exteriéru stavebních objektů a jsou určeny jako komunikace pro pěší.

Tato norma nezohledňuje a neřeší způsob vytvoření a podepření konstrukcí schodišť a šikmých ramp. V bezbariérově užívaných stavbách se ustanovení této normy použijí v souladu se zvláštním předpisem. Jsou normalizovány všeobecné požadavky na třídění schodišť, schodišťových ramen a schodišťových stupňů a dále technické požadavky na rampové, mírné, běžné a strmé schodiště a na žebříkové schodiště. Tato norma se nevztahuje na pohyblivá schodiště a rampy, schodiště a šikmé rampy tvořící součást technologických vybavení a zařízení, vnitřní a venkovní šikmé rampy určené pro pojezd vozidel a jízdních kol a na schodiště a šikmé rampy při rekonstrukcích historických a památkově chráněných budov. [9,36]

### **3.1.9 ČSN 74 4505 – Podlahy**

Norma stanoví požadavky pro navrhování, provádění a zkoušení podlah ve vnitřním a vnějším prostředí staveb. Norma rozlišuje dva druhy podlah: a) podlahy v bytové a občanské výstavbě a b) průmyslové podlahy. Pro rozdělení podlah je určující jejich uživatelské zatížení. Norma se nevztahuje na nemovité kulturní památky a na některé stavební objekty zemědělské výstavby. Norma rovněž nezohledňuje specifické požadavky, které vznikají při sportovních aktivitách a činnostech. [10,36]

### **3.1.10 ČSN ISO 1803 - Pozemní stavby - Tolerance - Vyjadřování přesnosti rozměrů - Zásady a názvosloví**

Norma je českou verzí mezinárodní normy ISO 1803:1997. Tato mezinárodní norma stanoví základní principy pro navrhování rozměrových odchylek stavebních projektů a určuje základní termíny a definice vztahující se k navrhování, ověřování a hodnocení geometrické přesnosti. [11,36]

### **3.1.11 ČSN EN 13670 - Provádění betonových konstrukcí**

Jedná se o evropskou normu, která platí pro provádění betonových konstrukcí k získání zamýšlené úrovně spolehlivosti a použitelnosti během jejich doby užívání, jak je uvedeno v EN 1990, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí, EN 1992, Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí a EN 1994, Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí, s národně stanovenými parametry, platnými v místě použití.

Tato evropská norma má tři funkce:

- a) přenáší soubor požadavků od návrhu směrem k výrobcí, tj. je spojovacím článkem mezi návrhem a jeho prováděním,
- b) stanovuje soubor normalizovaných technických požadavků na provádění při objednávce betonové konstrukce,
- c) slouží jako podklad pro projektanta, aby poskytl zhotoviteli všechny potřebné technické informace pro provádění konstrukce.

[24,36]

## **3.2 Vyhlášky**

### **3.2.1 Vyhláška č. 268/2009 Sb. - Vyhláška o technických požadavcích na stavby**

Vyhláška určuje základní technické požadavky na stavby spadající do působnosti obecných stavebních úřadů a byla formulována na základě směrnice Evropského parlamentu a Rady 98/34/ES ze dne 22. června 1998 o postupu při poskytování informací v oblasti technických norem a předpisů a pravidel pro služby informační společnosti, ve znění směrnice 98/48/ES. [23]

### **3.2.2 Vyhláška č. 398/2009 Sb. - Vyhláška o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb**

Vyhláška určuje technické požadavky na stavby (resp. jejich části), aby byla zabezpečena možnost jejich užívání osobami s pohybovým, zrakovým, sluchovým a mentálním postižením, osobami pokročilého věku, těhotnými ženami a osobami, které doprovázejí dítě v kočárku nebo dítě do tří let. [24]

### **3.2.3 Vyhláška č. 410/2005 Sb. - Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých**

Vyhláška se zabývá základními hygienickým požadavky při provozování výchovy a vzdělávání dětí a mladistvých, jako jsou například hygienické požadavky na prostorové podmínky, vybavení, provoz, osvětlení, vytápění, mikroklimatické podmínky, zásobování vodou a úklid. Vyhláška se týká mateřských škol, základních a středních škol, konzervatoří, vyšších odborných škol, základních uměleckých škol a jazykových škol s právem státní jazykové zkoušky a školských zařízení zařazených do rejstříku škol. [25]

## **3.3 Zákony**

### **3.3.1 Zákon č. 183/2006 Sb. - Zákon o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)**

Zákon zejména upravuje cíle a úkoly územního plánování, stanovuje soustavu orgánů územního plánování a vymezuje nástroje územního plánování. Dále se zabývá důležitými ekologickými problémy jako je vyhodnocování vlivů na udržitelný rozvoj území.

Tento zákon upravuje základní pravidla související s procesem výstavby, tj. ve věcech stavebního řádu. Jedná se o povolování staveb a jejich změny, terénní úpravy a zařízení, užívání a odstraňování staveb. Rovněž řeší dohled a zvláštní pravomoci stavebních úřadů, postavení a oprávnění autorizovaných inspektorů, soustavu stavebních úřadů, povinnosti a odpovědnost osob při přípravě a provádění staveb.

Zákon rovněž upravuje podmínky pro projektovou činnost a provádění staveb, obecné požadavky na výstavbu, účely vyvlastnění, vstupy na pozemky a do staveb, ochranu veřejných zájmů a některé další věci. [26]



## **4 DRUHY A TYPY MĚŘENÍ GEOMETRICKÉ PŘESNOSTI**

Měření geometrické přesnosti je jednou ze základních a velmi důležitých činností, které je zapotřebí provádět v průběhu každé etapy stavby. Geometrická přesnost může zásadně ovlivnit celý průběh stavby a hlavně její celkovou konečnou podobu. Proto je zapotřebí provádět jednotlivá měření u většiny typů konstrukcí.

V této kapitole se zaměřím na jednotlivé metody měření a popíšu správný postup kontroly. V kapitole rozeberu tyto typy měření:

- Vzdálenosti svislých a vodorovných protilehlých konstrukcí
- Svislost konstrukcí
- Celková rovinnost svislých a vodorovných konstrukcí
- Místní rovinnost svislých a vodorovných konstrukcí
- Pravoúhlost svislých konstrukcí
- Geometrická přesnost schodiště

### **4.1 Vzdálenosti svislých a vodorovných protilehlých konstrukcí**

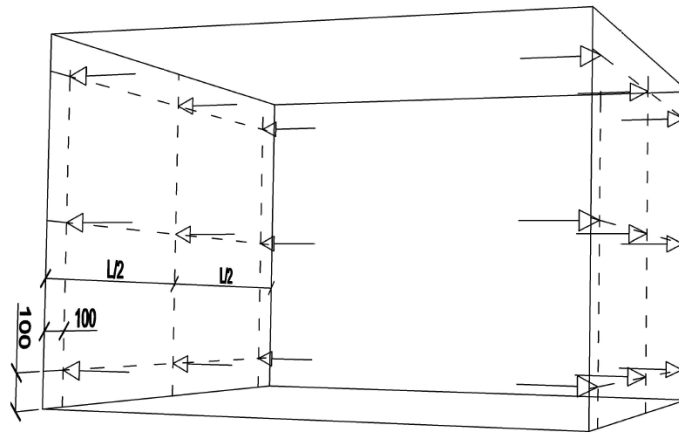
Kontrola vzdáleností protilehlých konstrukcí se provádí z důvodu kontroly dodržení daných rozměrů místností dle projektové dokumentace. Vzdálenosti protilehlých stěn a sloupu lze měřit pomocí totální stanice, dálkového měřidla, nebo pomocí svinovacího pásma. Měření pomocí totální stanice provádí geodet a ostatní typy měření provádí např. stavbyvedoucí. Kontrolu vzdáleností lze provádět ve svislém i vodorovném směru a obě tyto kontroly a dodržení daných rozměrů jsou poměrně důležité. Nedodržení rozměrů dle projektové dokumentace může následně způsobit komplikace jak při kolaudaci, tak i následně při nákupu vybavení a užívání místností. Zvláště důležité je dodržet rozměry konstrukcí u škol, které jsou stanovené ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. Jedná se o především o světlé výšky stropů, šířky chodeb a o rozměry sociálních místností, šaten a učeben. [4,29,30]

#### **4.1.1 Postup měření**

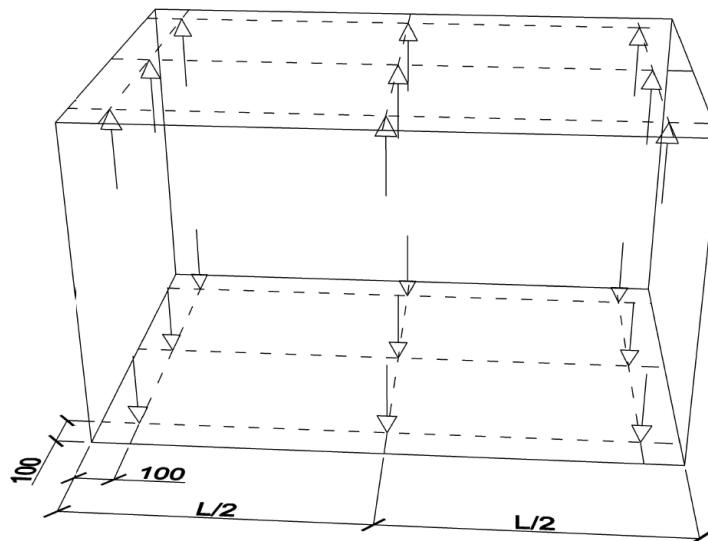
Na začátku kontrolního měření se určí povrchová úprava stěn, stropů a podlah, která má následně vliv na přípustnou odchylku.

V dalším kroku se rozvrhnou kontrolní body a vytvoří se čtvercová nebo obdélníková síť kontrolních bodů. Standartně se v posuzovaných prostorách rozměry kontrolují na 9 místech (bodech), 3 body na obou krajích a 3 body ve středu pole. V případě menších prostor např. chodby kontrola rozměrů probíhá pomocí 6 bodů, 3 body na obou krajích.

Svislé protilehlé konstrukce se kontrolují 100 mm od podlahy a 100 mm od stropu (viz obrázek 2) a vodorovné protilehlé konstrukce se kontrolují 100 mm od obou stěn (viz obrázek 3).



**Obrázek 2 - Měření vzdáleností protilehlých svislých konstrukcí**



**Obrázek 3 - Měření vzdáleností protilehlých vodorovných konstrukcí**

Naměřené body se zapíšu do tabulky a na výkresech se vyznačí místo měření. Následně se naměřené hodnoty porovnají s požadovanými hodnotami dle projektové dokumentace a vyhodnotí se s maximální přípustnou odchylkou. [2,4,29,30]

## 4.1.2 Požadavky na konstrukce

Tabulka 1 - Doporučená odchylka vzdáleností protilehlých svislých konstrukcí bez povrchové úpravy

Konstrukce	Norma	Doporučená odchylka
Monolitické a prefabrikované konstrukce	ČSN EN 13670	$\pm 20$ mm pro $L \leq 12$ m (kce sloup, stěna, nosník)
		$\pm L/600$ pro $L > 12$ m, ale ne větší než 60 mm (kce sloup, stěna)
		$\pm l/600$ pro $L > 12$ m, ale ne větší než 40 mm (kce nosník)
Konstrukční celek (zděné a dřevěné kce)	ČSN 73 0205	$\pm 20$ mm pro $L \leq 4$ m
		$\pm 25$ mm pro $4 \text{ m} < L \leq 8$ m
		$\pm 30$ mm pro $8 \text{ m} < L \leq 16$ m
		$\pm 40$ mm pro $L > 16$ m
Sádrokartonové konstrukce	DIN 18202	$\pm 10$ mm pro $L \leq 1$ m
		$\pm 12$ mm pro $1 \text{ m} < L \leq 3$ m
		$\pm 16$ mm pro $3 \text{ m} < L \leq 6$ m
		$\pm 20$ mm pro $6 \text{ m} < L \leq 15$ m
		$\pm 24$ mm pro $15 \text{ m} < L \leq 30$ m
		$\pm 30$ mm pro $L > 30$ m

[2,21,29]

Tabulka 2 - Doporučená odchylka vzdáleností protilehlých vodorovných konstrukcí bez povrchové úpravy

Konstrukce	Norma	Doporučená odchylka
Monolitické a prefabrikované konstrukce	ČSN EN 13670	$\pm 20$ mm
Konstrukční celek (zděné a dřevěné kce)	ČSN 73 0205	$\pm 25$ mm pro $H \leq 4$ m
		$\pm 30$ mm pro $4 \text{ m} < H \leq 8$ m
		$\pm 40$ mm pro $8 \text{ m} < H \leq 16$ m
		$\pm 50$ mm pro $H > 16$ m

[2,21,29]

Tabulka 3 - Doporučená odchylka vzdáleností protilehlých konstrukcí s dokončenými povrchy

Konstrukce	Norma	Doporučená odchylka	
		Místnosti pro pobyt osob	Ostatní místnosti
Svislé protilehlé konstrukce (délka, šířka)	ČSN 73 0205	±15 mm pro $L \leq 4$ m	±20 mm pro $L \leq 4$ m
		±20 mm pro $4\text{ m} < L \leq 8$ m	±25 mm pro $4\text{ m} < L \leq 8$ m
		±25 mm pro $8\text{ m} < L \leq 16$ m	±30 mm pro $8\text{ m} < L \leq 16$ m
		±30 mm pro $L > 16$ m	±50 mm pro $L > 16$ m
Vodorovné protilehlé konstrukce (výška)	ČSN 73 0205	±20 mm pro $H \leq 4$ m	±30 mm pro $H \leq 4$ m
		±25 mm pro $4\text{ m} < H \leq 8$ m	±40 mm pro $4\text{ m} < H \leq 8$ m
		±30 mm pro $8\text{ m} < H \leq 16$ m	±50 mm pro $8\text{ m} < H \leq 16$ m

[2,29]

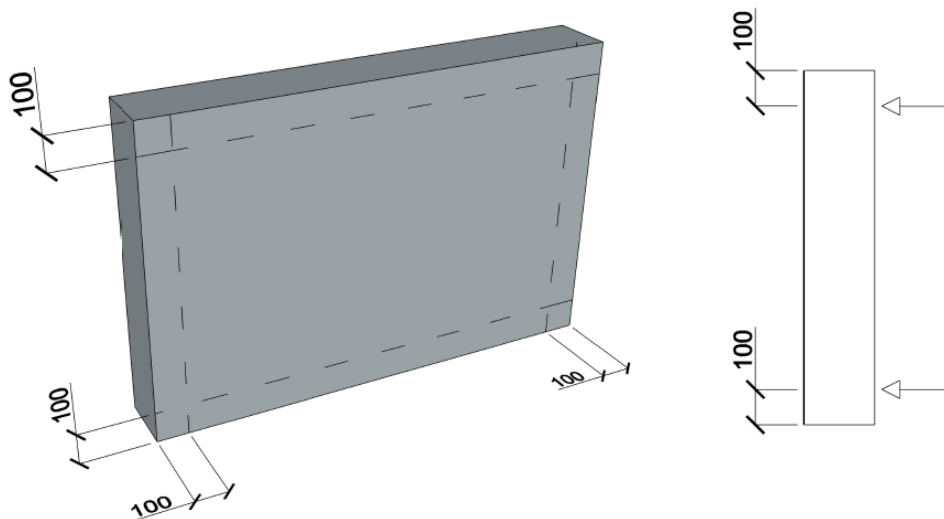
## 4.2 Svislost konstrukcí

Měření a kontrola svislosti konstrukcí je zapotřebí provádět jak u dokončených konstrukcí s finální povrchovou úpravou, tak i u hrubých konstrukcí, jako jsou např. betonové nebo zděné stěny. Zvláště důležité je provádět kontrolu u konstrukcí, u nichž je požadavek na přesnost stanoven požadavkem navazujících konstrukcí nebo finální povrchovou úpravou. Jedná se o konstrukce obvodové, nosné a nenosné. Měření u obvodových a nosných konstrukcí by se mělo provádět vždy. V případě nenosných konstrukcí alespoň v těch místech, kde jsou konstrukce viditelné (např. dělicí příčky).

Svislost konstrukcí lze měřit pomocí totální stanice, olovnice na provázku, 2 m latě s nastavitelnými podložky a svislou libelou, nebo pomocí stavebního rotačního laseru se svislou rovinou. Měření pomocí totální stanice provádí geodet a ostatní typy měření může provádět technik. Měření pomocí 2 m latě lze provádět do světlé výšky 3 m. [4,29,30]

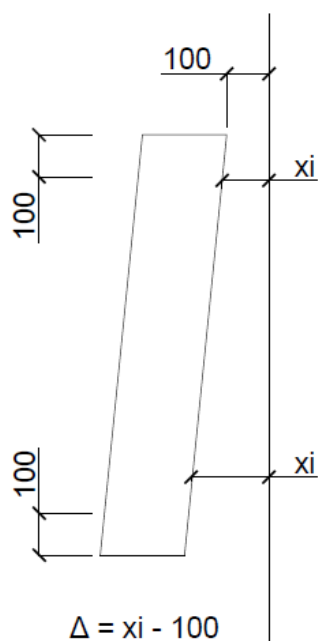
### 4.2.1 Postup měření

Kontrola svislosti pomocí olovnice nebo stavebního rotačního laseru se měří pomocí vytvořené vztažné svislé přímky. Vztažná přímka se umísťuje 100 mm od měřené svislé stěny a samotné měření se provádí vždy 100 mm nad podlahou, 100 mm pod stropem a 100 mm od okolních svislých hran (viz obrázek 4).



**Obrázek 4 - Měření svislosti stěn**

Četnost měření na jedné vztažné přímce se provádí na třech místech (u podlahy, uprostřed a u stropu) a tato operace se dále opakuje alespoň na dalších dvou místech jedné stěny. Po změření tří bodů na jedné vztažné přímce lze následně vypočítat skutečnou odchylku. Skutečnou odchylku získáme tak, že odečteme vzdálenost vztažné přímky (100 mm) od změřených tří bodů (viz obrázek 5) a tu následně porovnáme s doporučenými odchylkami svislosti. [4,29,30]



**Obrázek 5 - Měření odchylek svislosti stěn**

Měření svislosti pomocí 2 m latě se provádí u konstrukcí se světlou výškou do 3 m. Latě s podložkami v nulové poloze se přiloží ke stěně a na jedné straně se podložka vysune tak, aby libela byla v rovnovážné poloze. Následně se na vysunuté podložce odečte odchylka svislosti. Latě se opět klade minimálně 100 mm od podlahy a stropu a 100 mm od okolních konstrukcí. [4,29,30]

#### 4.2.2 Požadavky na konstrukce

*Tabulka 4 - Doporučená odchylka svislosti v rámci jednoho podlaží*

Konstrukce	Norma	Doporučená odchylka
<b>Monolitické a prefabrikované konstrukce bez povrchových úprav</b>	ČSN EN 13670	±20 mm pro $L \leq 12$ m (kce sloup, stěna, nosník)
		±l/600 pro $L > 12$ m, ale ne větší než 60 mm (kce sloup, stěna)
		±l/600 pro $L > 12$ m, ale ne větší než 40 mm (kce nosník)
<b>Zděné konstrukce bez povrchové úpravy</b>	ČSN EN 1996-2	±20 mm
<b>Dřevěné konstrukce bez povrchové úpravy</b>	ČSN 73 0205	±10 mm pro $H \leq 4$ m
		±12 mm pro $4 \text{ m} < H \leq 8$ m
		±15 mm pro $8 \text{ m} < H \leq 16$ m
		pro $H > 16$ m podle funkčních požadavků
<b>Sádrokartonové konstrukce</b>	DIN 18202	3 mm pro $H \leq 0,5$ m
		6 mm pro $0,5 \text{ m} < H \leq 1$ m
		8 mm pro $1 \text{ m} < H \leq 3$ m
		12 mm pro $3 \text{ m} < H \leq 6$ m
		16 mm pro $6 \text{ m} < H \leq 15$ m
		20 mm pro $15 \text{ m} < H \leq 30$ m
30 mm pro $H > 30$ m		
<b>Keramický obklad</b>	ČSN 73 3451	±h/600 mm
<b>Vnitřní omítky</b>	ČSN EN 139174-2	Svislost konečné povrchové úpravy závisí na rovinnosti podkladu a na předepsané tloušťce omítky.

[2,7,21,29]

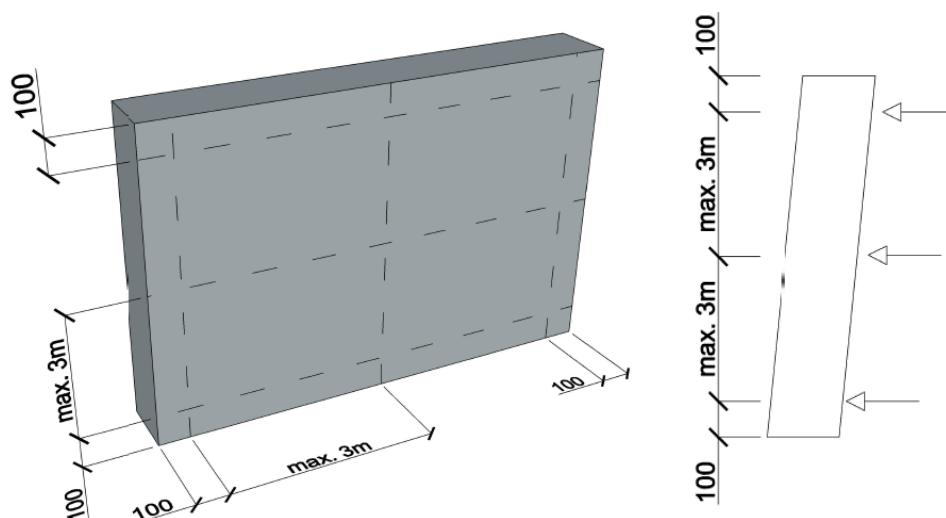
### 4.3 Celková rovinnost svislých a vodorovných konstrukcí

Celkovou rovinnost svislých a vodorovných konstrukcí lze měřit několika přístroji, kterými jsou totální stanice, 3D scanner, nivelační přístroj s latí, stavební rotační laser se svislou a vodorovnou rovinou, anebo pomocí méně používaných příslušenství, jako jsou olovnice a napnuté lanko. Pro nejpřesnější měření celkové rovinnosti se používá totální stanice nebo 3D scanner. S těmito přístroji však může měřit pouze proškolený geodet. Proto nejpoužívanějším a nejuniverzálnějším přístrojem je stavební rotační laser se svislou a vodorovnou rovinou, s kterým kontrolu rovinnosti může provádět i mistr nebo stavbyvedoucí.

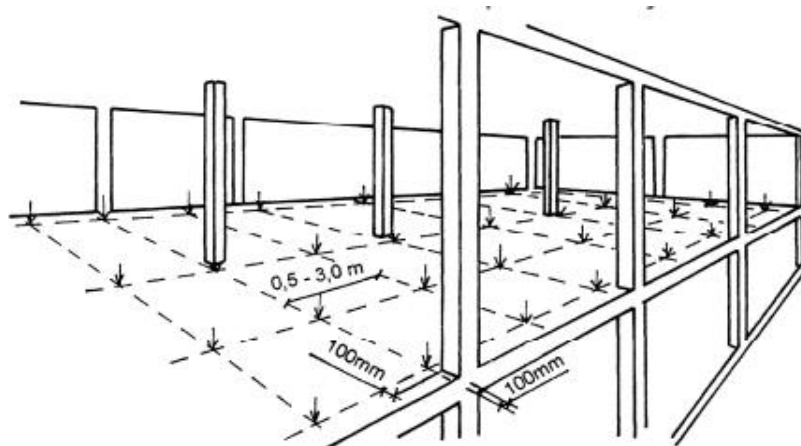
Měření celkové rovinnosti svislých a vodorovných konstrukcí se nejčastěji provádí u velkých ploch, jako jsou např. chodby, atria nebo fasády. Dále pomocí stavebního rotačního laseru se kontrola celkové rovinnosti často využívá při hrubých konstrukcích (např. monolitické desky a stěny), u nichž je požadavek na přesnost stanoven požadavkem navazujících konstrukcí (např. kontaktní zateplovací systém) nebo finální povrchovou úpravou (např. omítky a dlažba). [4,29,30]

#### 4.3.1 Postup měření

Na začátku kontrolního měření se rozvrhnou kontrolní body a vytvoří se čtvercová síť o stranách 0,5 m – 3 m, která je odsazená o 100 mm od okolních hran konstrukcí. Kontrolované body se nachází v průsečících čtvercové sítě (viz obrázek 6 a obrázek 7).



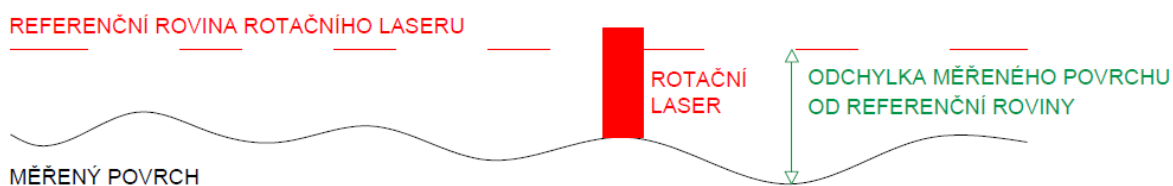
Obrázek 6 - Měření celkové rovinnosti svislých konstrukcí



Obrázek 7 - Měření celkové rovinnosti vodorovných konstrukcí

[4]

Pro získání naměřených odchylek je zapotřebí při měření s rotačním laserem vytvořit nejdříve referenční roviny, ke kterým se celková rovinnost plochy měří (viz obrázek 8). V případě geodetického měření se naměřené odchylky vážou k projektové rovině.



Obrázek 8 - Referenční rovina pro měření celkové rovinnosti

Po vytvoření např. referenční roviny, lze následně změřit hodnoty k dané rovině v místech určené čtvercovou sítí.

Na závěr naměřené hodnoty odchylek můžeme vyhodnotit pomocí zjednodušené metody. Ze všech naměřených odchylek vypočítáme průměrnou hodnotu, tím vytvoříme novou srovnávací rovinu a na závěr průměrnou hodnotu odečteme od všech naměřených odchylek. Tím se získá nejmenší a největší odchylka v ploše.

$$\Delta_i = x_i - \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

$\Delta_i$  – hodnota upravené odchylky, která se porovná s doporučenou normou

$n$  – počet změřených odchylek

$x_i$  – změřená odchylka od referenční roviny



Výsledné největší a nejmenší hodnoty odchylek porovnáme s normovým požadavkem. Porovnávaná normová hodnota se vyskytuje v tabulkách ve dvou typech, kterými jsou mezní odchylka ( $\pm$ ) a tolerance. V případě, že v tabulce se vyskytuje mezní odchylka, tak s touto hodnotou se porovnájí obě vypočítané hodnoty (největší a nejmenší výsledná odchylka). V případě, že se jedná o toleranci, tak vypočítaná největší a nejmenší odchylka se od sebe odečtou a výsledný rozdíl se porovná s normovým požadavkem. [4,29,30]

### 4.3.2 Požadavky na konstrukce

*Tabulka 5 - Doporučená odchylka celkové rovinnosti hrubých povrchů*

Konstrukce	Norma	Doporučená odchylka
<b>Monolitické a prefabrikované konstrukce - stropy</b>	ČSN 73 0210-2 (norma neplatná, v aktuální normě ČSN EN 13670 nejsou odchylky řešeny)	$\pm 4$ mm pro $L \leq 1$ m
		$\pm 6$ mm pro $1 \text{ m} < L \leq 4$ m
		$\pm 12$ mm pro $4 \text{ m} < L \leq 10$ m
		$\pm 15$ mm pro $10 \text{ m} < L \leq 16$ m
		$\pm 20$ mm pro $L > 16$ m
<b>Monolitické a prefabrikované konstrukce - stěny a fasády</b>	ČSN 73 0210-2 (norma neplatná, v aktuální normě ČSN EN 13670 nejsou odchylky řešeny)	$\pm 6$ mm pro $L \leq 1$ m
		$\pm 12$ mm pro $1 \text{ m} < L \leq 4$ m
		$\pm 15$ mm pro $4 \text{ m} < L \leq 10$ m
		$\pm 20$ mm pro $10 \text{ m} < L \leq 16$ m
		$\pm 25$ mm pro $L > 16$ m
<b>Zděné konstrukce</b>	ČSN EN 1996-2	$\pm 10$ mm pro $L \leq 1$ m
		$\pm 50$ mm pro $L = 10$ m

[29]

*Tabulka 6 - Doporučená odchylka celkové rovinnosti s dokončenými povrchy*

Konstrukce	Norma	Doporučená odchylka	
		Místnosti pro pobyt osob	Ostatní místnosti
<b>Podlahy s dokončeným povrchem</b>	ČSN 73 0205	$\pm 2$ mm pro $L \leq 1$ m	$\pm 4$ mm pro $L \leq 1$ m
		$\pm 4$ mm pro $1 \text{ m} < L \leq 4$ m	$\pm 6$ mm pro $1 \text{ m} < L \leq 4$ m
		$\pm 6$ mm pro $4 \text{ m} < L \leq 10$ m	$\pm 10$ mm pro $4 \text{ m} < L \leq 10$ m
		$\pm 8$ mm pro $L > 10$ m	$\pm 12$ mm pro $L > 10$ m
<b>Stěny a podhledy stropů</b>	ČSN 73 0205	$\pm 3$ mm pro $L \leq 1$ m	$\pm 5$ mm pro $L \leq 1$ m
		$\pm 5$ mm pro $1 \text{ m} < L \leq 4$ m	$\pm 8$ mm pro $1 \text{ m} < L \leq 4$ m
		$\pm 8$ mm pro $4 \text{ m} < L \leq 10$ m	$\pm 12$ mm pro $4 \text{ m} < L \leq 10$ m
		$\pm 15$ mm pro $L > 10$ m	$\pm 15$ mm pro $L > 10$ m

[2,29]

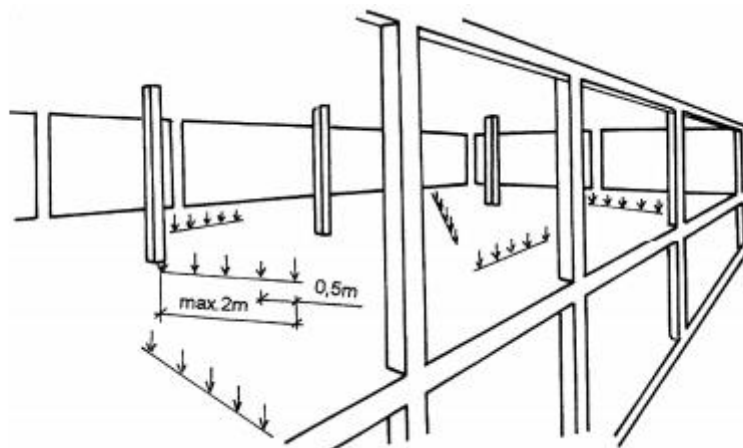
## 4.4 Místní rovinnost svislých a vodorovných konstrukcí

Měření rovinnosti svislých a vodorovných konstrukcí se často využívá při kontrole kvality dokončených konstrukcí, nebo při jednotlivých etapách prováděných konstrukcí. Česká technická norma používá pro měření rovinnosti svislých a vodorovných konstrukcí pojem místní rovinnost, který říká, že rovinnost povrchů lze měřit na určitých místech a není zapotřebí měřit celkovou rovinnost ploch. Měření se provádí pomocí 2m latě s podložkami nebo bez nich a s měrnými klínky. Kontrolu místní rovinnosti provádí mistr nebo stavbyvedoucí. [4,29,30]

### 4.4.1 Postup měření

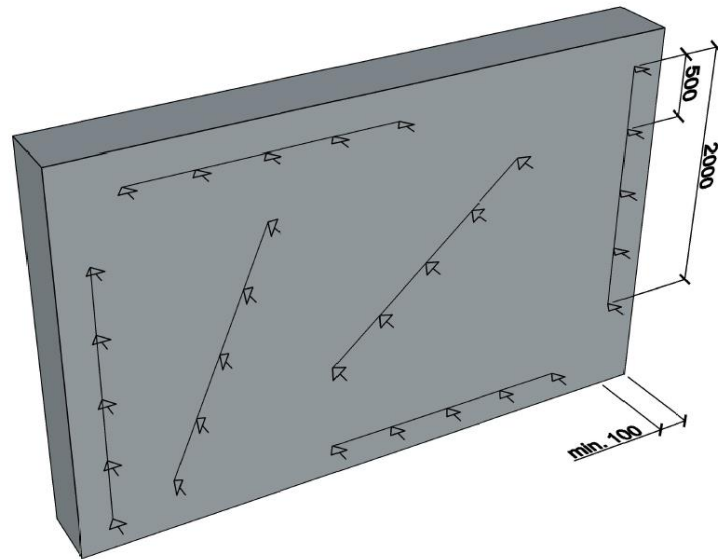
Měření místní rovinnosti u vodorovných konstrukcí se provádí každých 100 m<sup>2</sup> kontrolované plochy, u kterých se provede nejméně 5 měření. Nejmenší počet kladů latě v jedné místnosti je pět. Kontrola místní rovinnosti u svislých konstrukcí se již provádí u každých 25 m<sup>2</sup> a na kontrolované ploše se provede také minimálně 5 měření. Nejmenší počet kladů latě na jedné stěně je pět.

Kontrolu místní rovinnosti provádíme nejčastěji pomocí 2m latě na podlůžkách a pomocí měřicího klínku. Jednotlivé klady latě se rovnoměrně rozmístí na ploše podlahy nebo stěny v místnosti tak, aby byly vždy minimálně 100 mm od hran kontrolované plochy. Měřicí lať klademe především do míst, které jsou nejvíce rizikové pro nerovnosti, nebo viditelně lze předpokládat největší odchylky v rovinnosti. Při jednom kladu 2m latě se provede měřicím klínkem 5 měření po 500 mm (viz obrázek 9 a obrázek 10) a tím získáme 5 hodnot mezi povrchem vrstvy a spodním lícem latě. [4,29,30]



Obrázek 9 - Měření místní rovinnosti vodorovných konstrukcí

[4]



Obrázek 10 - Měření místní rovinnosti svislých konstrukcí

Při porovnávání výsledku s normovou hodnotou můžeme narazit v tabulkách na typy, kterými jsou mezní odchylka ( $\pm$ ) a tolerance.

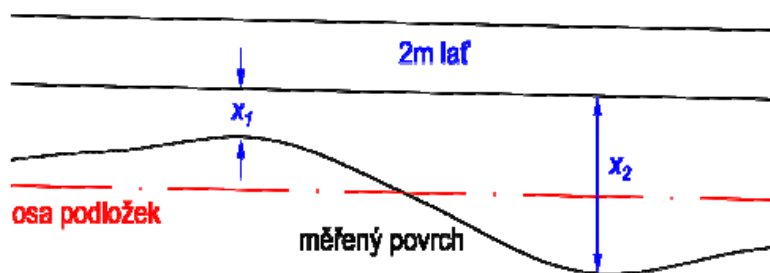
V případě že porovnáváme naměřené hodnoty s mezní odchylkou, tak od naměřených hodnot se odečte výška podložek a zjistí maximální a minimální odchylky (viz obrázek 11). Naměřené odchylky mohou nabývat kladných i záporných hodnot. Výsledné největší a nejmenší hodnoty odchylek porovnáme s normovým požadavkem.



Obrázek 11 - Vyhodnocení mezních odchylek při měření latí s podložkami

[29]

V případě, že se jedná o toleranci, tak naměřená největší a nejmenší odchylka se od sebe odečtou a výsledný rozdíl se porovná s normovým požadavkem (viz obrázek 12). [4,29,30]



Obrázek 12- Vyhodnocení tolerance při měření lať s podložkami

[29]

#### 4.4.2 Požadavky na konstrukce

Tabulka 7 - Doporučená odchylka místní rovinnosti hrubých povrchů

Konstrukce	Norma	Doporučená odchylka
Betonové monolitické a prefabrikované konstrukce	ČSN EN 13670	9 mm pro L = 2 m (povrchy ve styku s bedněním nebo hlazený)
		15 mm pro L = 2 m (povrchy bez styku s bedněním)
Zděné konstrukce bez povrchové úpravy	ČSN EN 1996-2	±10 mm pro L = 1 m (pro 2 m lať není přesně definováno, doporučenou odchylku lze použít i pro L = 2 m)

[21,29]

Tabulka 8 - Doporučená odchylka místní rovinnosti dokončených povrchů

Konstrukce	Norma	Místní rovinnost		
		Mezní odchylka	Tolerance	
Nášlapné vrstvy	ČSN 74 4505	Místnosti pro trvalý pobyt osob	±2 mm pro L = 2 m	-
		Ostatní místnosti	±3 mm pro L = 2 m	-
		Výrobní a skladovací haly, garáže	±5 mm pro L = 2 m	-
	ČSN EN 13670	Betonové mazaniny, cementový potěr	-	9 mm pro L = 2 m
Omítky, SDK konstrukce	ČSN 74 0205	Místnosti pro trvalý pobyt osob	±2 mm pro L = 2 m	-
		Ostatní místnosti	±3 mm pro L = 2 m	-
Obklady a dlažba	ČSN 74 3451	±3 mm pro L = 2 m	-	-

[21,29]

## 4.5 Pravoúhlost svislých konstrukcí

Ověření pravoúhlosti svislých konstrukcí lze provádět několika způsoby. Měření můžeme provádět pomocí totální stanice, 3D scanneru, rotačního laseru, dálkového laseru, měřicího pásma a úhelníku s měřícím klínkem. Pro nejpřesnější měření pravoúhlosti svislých konstrukcí je nejvhodnější použít 3D scanner nebo totální stanici. Tyto přístroje jsou však složité a musí je nejlépe ovládat proškolená osoba nebo geodet. Pro běžné ověření pravoúhlosti stěn je tak nejjednodušší použít metodu měření úhlopříček pomocí dálkového laseru nebo pásma.

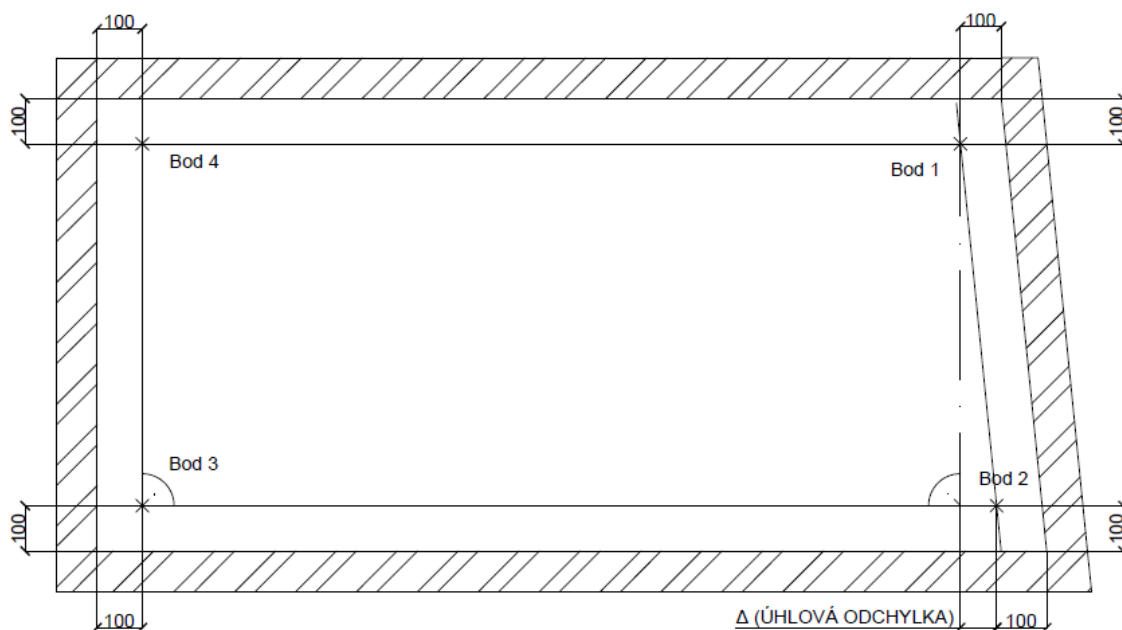
Požadavky na geometrickou pravoúhlosti svislých konstrukcí jsou řešeny v normě ČSN 73 0205 Geometrická přesnost ve výstavbě – navrhování geometrické přesnosti.

Díky současným moderním technologiím ve vytyčování konstrukcí je pravoúhlost svislých konstrukcí poměrně přesná a odchylky od pravých úhlů jsou minimální. V případě výrazného nedodržení pravoúhlosti stěn může tato chyba způsobit komplikace především estetické a užívací. Z pohledu estetického může dojít k vadám ve spárořezu a v rámci užívání mohou vzniknout komplikace při montáži pravoúhlých nábytků nebo technologií. [4,29,30]

### 4.5.1 Postup měření

Úkolem měření u pravoúhlost svislých konstrukcí je získat hodnoty úhlových odchylek od správného umístění stěn v půdorysu. Tyto úhlové odchylky lze získat např. pomocí geodetického měření totální stanicí nebo pomocí metody měření úhlopříček.

Měření pomocí totální stanice patří k velmi přesnému způsobu kontroly. Prvním krokem při tomto způsobu měření je určit si body v kontrolované místnosti. Body se stanoví a vyměří tak, aby ležely vždy odsazené o 100 mm od obou svislých konstrukcí (*viz obrázek 13*). Důvodem odsazení je eliminování lokální nerovnosti v místě stěn a rohů. Vytyčené body se následně geodeticky zaměří a pomocí softwaru se přenesou do výkresu půdorysu, kde se následně mezi sebou propojí čarou a vytvoří referenční roviny. V případě kontroly pravoúhlosti u obdélníkových nebo čtvercových místností se následně obrazec z propojených 4 zaměřených bodů porovná s ideálním pravoúhlým tvarem dané místnosti. Tento ideální tvar nám vytvoří požadovaný směr stěny, od kterého lze následně určit úhlovou odchylku. Úhlovou odchylku značíme symbolem  $\Delta$  (delta) a vždy jí posuzujeme ve vztahu ke kratší straně stěny. Úhlová odchylka je ve výsledku vzdálenost mezi referenční rovinou určující skutečný směr stěny a kolmou přímkou určující požadovaný směr stěny (*viz obrázek 13*). [4,29,30]



**Obrázek 13 – Geodetické měření pravoúhlosti stěn**

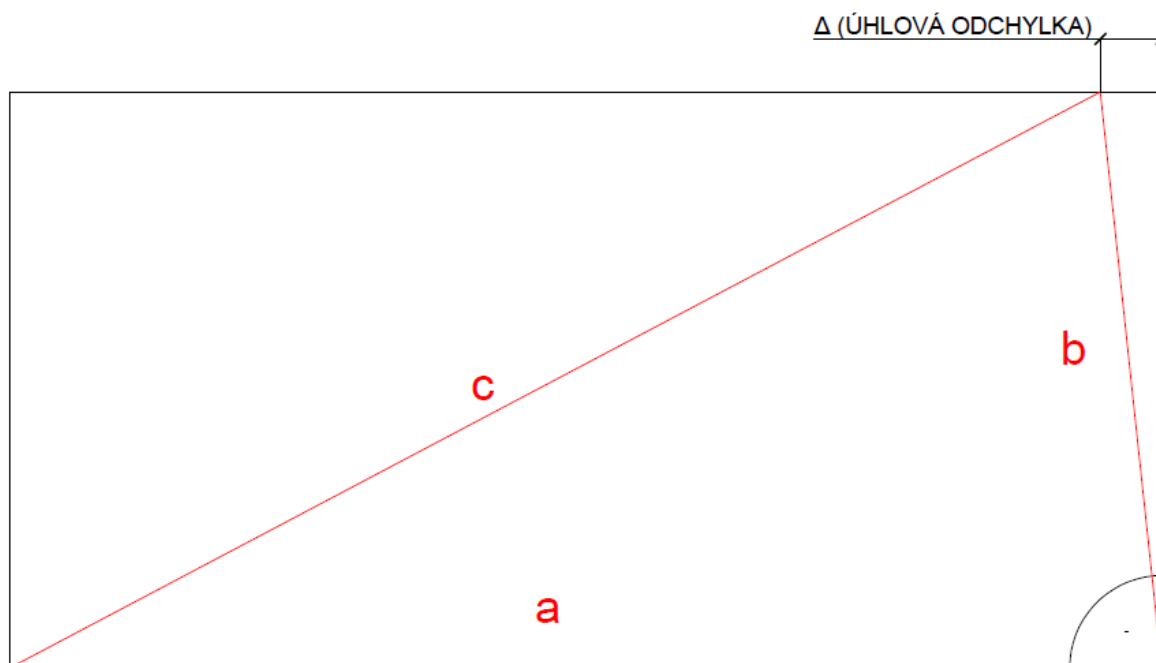
Druhým typem měření je měření úhlopříček. Tento způsob měření je poměrně rychlý, ale méně přesný. V kontrolované místnosti na pravoúhlost svislých stěn se nejprve změří délka a šířka jednotlivých stran v místnosti. V dalším kroku se pro zjištění orientace stěn změří délka úhlopříčky. Veškerá tyto měření se mohou provádět přímo na finální povrch stěn a měří se 100 mm od spodní vodorovné konstrukce. Samotný finální povrch stěn by měl být v místech měření v dobrém stavu bez boulí a jiných závad. Po změření všech tří rozměrů lze provést vyhodnocení pravoúhlosti stěn pomocí Pythagorovy věty  $c^2 = a^2 + b^2$ . V případě, že podmínka po úpravě vzorečku  $a^2 + b^2 - c^2 = 0$  platí, znamená to, že je konstrukce pravoúhlá.

$$\begin{array}{ll}
 \mathbf{c^2 = a^2 + b^2} & \mathbf{a} - \text{délka místnosti} \\
 \Rightarrow & \mathbf{b} - \text{šířka místnosti} \\
 \mathbf{a^2 + b^2 - c^2 = 0} & \mathbf{c} - \text{úhlopříčka místnosti}
 \end{array}$$

Jelikož dosažení naprosté pravoúhlosti je velmi nepravděpodobné a podmínka Pythagorovy věty možná nevyjde, tak je zapotřebí vypočítat úhlovou odchylku  $\Delta$  (viz obrázek 14). Tuto úhlovou odchylku  $\Delta$  získáme pomocí následujícího vzorce:

[4,29,30]

$$\Delta = \frac{a^2 + b^2 - c^2}{2a}$$



Obrázek 14 - Metoda pomocí měření úhlopříček

#### 4.5.2 Požadavky na konstrukce

Tabulka 9 - Doporučené odchylky pravoúhlosti pro různé konstrukce

Konstrukce	Norma	Doporučená odchylka
<b>Monolitické a prefabrikované betonové konstrukce, dřevěné a zděné konstrukce</b>	ČSN 73 0205	±5 mm pro $L \leq 4$ m
		±8 mm pro $4 \text{ m} < L \leq 8$ m
		±10 mm pro $8 \text{ m} < L \leq 16$ m
		±12 mm pro $L > 16$ m
<b>Sádrokartonové konstrukce</b>	DIN 18202	±1,5 mm pro $L \leq 0,5$ m
		±3 mm pro $0,5 \text{ m} < L \leq 1$ m
		±4 mm pro $1 \text{ m} < L \leq 3$ m
		±6 mm pro $3 \text{ m} < L \leq 6$ m
		±8 mm pro $6 \text{ m} < L \leq 15$ m
		±10 mm pro $15 \text{ m} < L \leq 30$ m
		±15 mm pro $L > 30$ m

[2,29]

## 4.6 Geometrická přesnost schodiště

Kontrola geometrické přesnosti schodiště je zapotřebí provádět jak u dokončených konstrukcí s finální povrchovou úpravou, tak především i u hrubých konstrukcí, jako jsou např. monolitické betonové schodiště. Měření je především zaměřené na přesnost rozměrů výšek a šířek schodišťových stupňů, které v případě nerovnoměrnosti mohou výrazně ovlivnit komfortnost a bezpečnost pohybu po rameni schodiště.

Geometrickou přesnost schodiště lze měřit pomocí úhelníku a délkového měřidla a kontrolu provádí např. mistr nebo stavbyvedoucí.

Samotná problematika požadavků na geometrickou přesnost schodišť a schodišťových stupňů je poměrně složitá, z důvodu nesouladu požadavků jednotlivých různých norem na konstrukci schodiště a jejich finální povrchovou úpravu. Požadavky na geometrickou přesnost schodišťových stupňů s dokončeným povrchem jsou řešeny v normě ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy. V normě je dáno, že všechny stupně ve schodišťovém rameni musí mít shodnou výšku (h) a shodnou šířku (b). Dle normy je tedy stanovena nulová tolerance pro výšky a šířky schodišťových stupňů s dokončeným povrchem, a to z toho důvodu, že norma je především určena pro navrhování schodišťových konstrukcí. Bohužel norma ČSN 73 4130 pro schodiště a šikmé rampy nebere v potaz realizaci (prováděcí normy na konstrukce) a nepřipouští jakoukoliv geometrickou nepřesnost. Konstrukce při tom mohou splňovat požadavky prováděcích norem pro hrubé nosné konstrukce schodišť, prováděcích norem pro povrchové úpravy a požadavků na geometrickou přesnost výrobků. Jedná se o normy např. ČSN EN 13670 betonové konstrukce, ČSN EN 14843 betonové prefabrikáty, ČSN 73 3451 navrhování a provádění keramických obkladů, ČSN 74 4505 podlahy a normy ČSN EN 14411 keramické obkladové prvky.

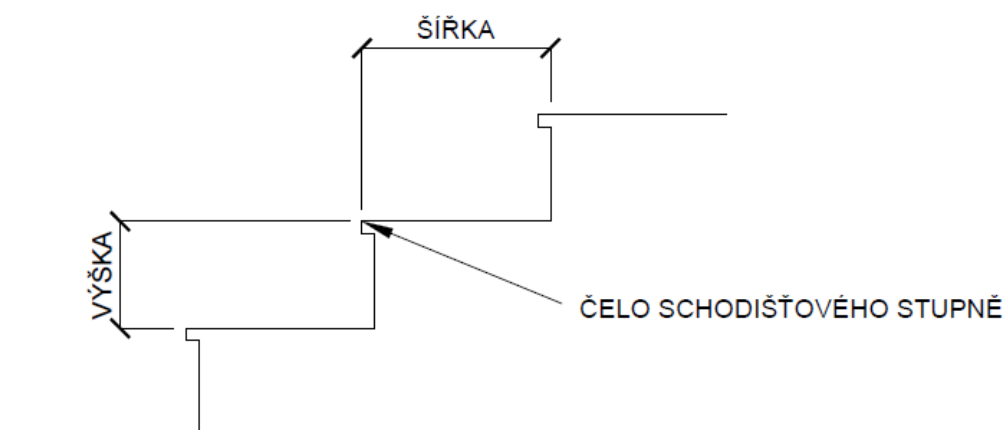
Jelikož splnění požadavků na geometrickou přesnost české normy ČSN 73 4130 je technologicky nespílitelné, je možnost spolupracovat se zahraniční normou např. DIN 18065, kde je už povolena odchylka  $\pm 5$  mm u výšek a šířek schodišťových stupňů s dokončeným povrchem, přičemž rozdíl výšek dvou po sobě následujících schodů může být max. 5 mm. [4,29,31]

### 4.6.1 Postup měření

Kontrola rozměru stupňů u schodišť se často koná u konstrukcí s podezřením na nepřesnost, případně u důležitých schodišť, jako je např. únikové schodiště v budově.



Měření geometrické přesnosti šířky a výšky schodišťových stupňů se provádí u všech stupňů daného schodišťového ramene. Měření se provádí ze shora schodišťového ramene a rozměry stupňů se kontrolují na ose výstupní čáry schodišťového ramene. Kontrolovaná šířka se měří od čela jednoho stupně k čelu dalšího stupně a kontrolovaná výška se měří od horního líce jednoho stupně k hornímu líci dalšího stupně (viz obrázek 15). Následně se naměřené hodnoty porovnají s požadovanými hodnotami dle projektové dokumentace a vyhodnotí se s maximální přípustnou odchylkou. [4,29,31]



Obrázek 15 - Měření výšky a šířky schodišťových stupňů

#### 4.6.2 Požadavky na konstrukce

Tabulka 10 - Doporučené odchylky výšky a šířky schodišťových stupňů

Konstrukce	Norma	Doporučená odchylka
Dokončené schodiště	ČSN 73 4130	$\pm 0$ mm u výšek a šířek schodišťových stupňů
Dokončené schodiště	DIN 18 065	$\pm 5$ mm u výšek a šířek schodišťových stupňů s dokončeným povrchem, přičemž rozdíl výšek dvou po sobě následujících schodů může být max. 5 mm
Monolitické betonové konstrukce	ČSN EN 13670	$\pm 10$ mm pro $L < 150$ mm
		$\pm 15$ mm pro $L = 400$ mm
Prefabrikované betonové konstrukce	ČSN EN 14843	$\pm 5$ mm pro $L \leq 150$ mm
		$\pm 15$ mm pro $L \geq 400$ mm

[9,21,29,31]

## **5 DRUHY A TYPY MĚŘENÍ KVALITY BETONU**

Kontrolu kvality betonu lze provádět několika způsoby a z různých důvodů, jako je např. z důvodu požadavku v technologické postupu a v kontrolním zkušebním plánu od investora. Správné zvolení typu zkoušky ovlivňuje hned několik faktorů, jako jsou aktuální podoba (skupenství) betonu, místo a čas zkoušky. Typy zkoušek rozdělujeme nejdříve podle podoby betonu na zkoušky čerstvého betonu a na zkoušky ztvrdlého betonu. Kontrolu kvality ztvrdlého betonu lze následně provádět nedestruktivní metodou, nebo přesnější destruktivní metodou.

### **5.1 Nedestruktivní metody měření kvality ztvrdlého betonu**

Nedestruktivní zkoušky ztvrdlého betonu slouží především jako informativní. Výhodou těchto zkoušek je, že v průběhu zkoušky se neporuší testovaný beton, lze zkontrolovat velké množství míst a je výrazně levnější. Nevýhodou je však menší přesnost a možnost většího množství nevyhovujících měření. Nejznámějším metodou zkoušení pevnosti betonu je zkouška odrazovým tvrdoměrem (tzv. Schmidovým kladívkem). Další méně používanou metodou je ultrazvuková impulsní metoda, která je podrobně popsána v normě ČSN 73 1371. Princip ultrazvukové impulsní metody je měření rychlosti šíření ultrazvukových impulsů materiálem. Tyto impulsy se pohybují ve frekvenci 20 kHz až 500 kHz. Metoda se rozděluje na dva druhy: průchodová metoda a odrazová metoda. Pomocí těchto metod lze zjistit rovnoměrnost betonu a dynamický modul pružnosti materiálu. [32,35,36]

#### **5.1.1 Zkouška odrazovým tvrdoměrem (ČSN EN 12504-2)**

Zkouška pevnosti betonu pomocí odrazového tvrdoměru patří k nejrychlejšímu a k nejlevnějšímu způsobu měření. Nevýhodou je však přesnost měření a odchylka se může pohybovat až 20 %. Nejpoužívanějším odrazovým tvrdoměrem je typ N a typ L. Rozdíl mezi těmito tvrdoměry je v energii rázu. Tvrdoměr typu L má menší ráz a je vhodný pro betony menší pevnosti, nebo pro lehké betony. Základním principem odrazového tvrdoměru je kladívko umístěné v přístroji, které při stlačení a odrazu od povrchu přeneše vzniklou energii do betonového povrchu a měřidla.

Hlavními komponenty při odrazové zkoušce jsou odrazový tvrdoměr, kalibrační kovadlina a brusný kámen. Zkušební plocha by měla být přibližně velikosti 300 x 300 mm, tloušťka betonové konstrukce by měla být alespoň 100 mm a povrch konstrukce by měl být čistý a hladký. [6,20]

V prvním kroku při měření pevnosti betonu je zapotřebí provést kalibraci měřidla. Ta se provádí pomocí kalibrační kovadliny. Odrazový tvrdoměr se přiloží ke kovadlině a provede se 5 úderů. Další 5 úderů se zaznamená a pokud se výsledky liší o víc než  $\pm 3$  jednotky od předepsané hodnoty, tak se kalibrace opakuje.

Po úspěšném zkalibrování přístroje lze začít měřit. Měření se provádí vždy kolmo k měřené ploše. Požadovaný minimální počet platných měření je 9 a každý měřený bod musí být vzdálený od sousedního bodu a od hrany konstrukce nejméně 25 mm.

Při měření odrazovým tvrdoměrem typu N se výsledná hodnota (značená  $\alpha$ ) odečte z přístroje a pomocí tabulky obecný kalibrační vztah pro stanovení pevnosti v tlaku  $f_{be}$  (viz *tabulka 11*) se získá výsledná hodnota.

*Tabulka 11 - Obecný kalibrační vztah pro stanovení pevnosti v tlaku  $f_{be}$*

$\alpha$	$f_{be}$ [MPa] při směru zkoušení			$\alpha$	$f_{be}$ [MPa] při směru zkoušení		
	Vodorovně	Svisle směrem dolů	Svisle směrem nahorů		Vodorovně	Svisle směrem dolů	Svisle směrem nahorů
<b>24</b>		19		<b>40</b>	41	46	34
<b>25</b>	16	21		<b>41</b>	42	47	35
<b>26</b>	18	22		<b>42</b>	44	49	37
<b>27</b>	19	24		<b>43</b>	46	51	39
<b>28</b>	21	26	14	<b>44</b>	48	52	41
<b>29</b>	22	27	15	<b>45</b>	50	54	43
<b>30</b>	24	29	17	<b>46</b>	52	58	45
<b>31</b>	25	30	18	<b>47</b>	53	60	47
<b>32</b>	27	32	20	<b>48</b>	55	62	49
<b>33</b>	28	33	21	<b>49</b>	57	64	51
<b>34</b>	30	35	23	<b>50</b>	59		52
<b>35</b>	32	37	25	<b>51</b>	61		54
<b>36</b>	33	39	26	<b>52</b>	63		56
<b>37</b>	35	41	28	<b>53</b>			58
<b>38</b>	37	42	30	<b>54</b>			60
<b>39</b>	39	44	32	<b>55</b>			62

[6]

Výsledkem měření je střední hodnota ze všech naměřených hodnot z jedné zkušební plochy. Výslednou střední hodnotu lze považovat za platnou, pokud se neliší více než 20 % hodnot o více než 30 % od střední hodnoty. V případě, že by k této chybovosti došlo, tak celá sada naměřených hodnot je neplatná. [6,20]

## 5.2 Destruktivní metody měření kvality ztvrdlého betonu

Při referenční metodě neboli destruktivní zkoušce, je k provedení zkoušky zapotřebí testovací vzorek. Zkoušené vzorky mohou pocházet buď z přímo určené krychlové, případně válcové formy, nebo z vývrtu konstrukce provedeného přímo na stavbě. Destruktivní metoda patří ke složitějším způsobům kontroly kvality ztvrdlého betonu. Nevýhodami této metody je poškození konstrukce, menší počet kontrolovaných vzorků a cena. Její hlavní výhodou oproti nedestruktivní metodě je však přesnost, možnost odběru z hloubky a vizuální rozbor složení betonového vzorku. Destruktivní metody lze rozdělit na zkoušku pevnosti v tlaku a zkoušku pevnosti v tahu ohybem. [12]

### 5.2.1 Zkouška pevnosti v tlaku (ČSN EN 12390-3)

Destruktivní zkouška pevnosti v tlaku patří k nejčastějším a k nejpřesnějším metodám pro zjištění kvality betonu. Zkouška pevnosti v tlaku se provádí v laboratoři ve zkušebním lisu a zkušební těleso musí být buď krychle, válec, nebo vývrt z konstrukce, který splňuje požadavky ČSN normy. Zkušební těleso v podobě krychle musí mít rozměry 150 x 150 x 150 mm a válec musí být o průměru 150 mm a výšky 300 mm.

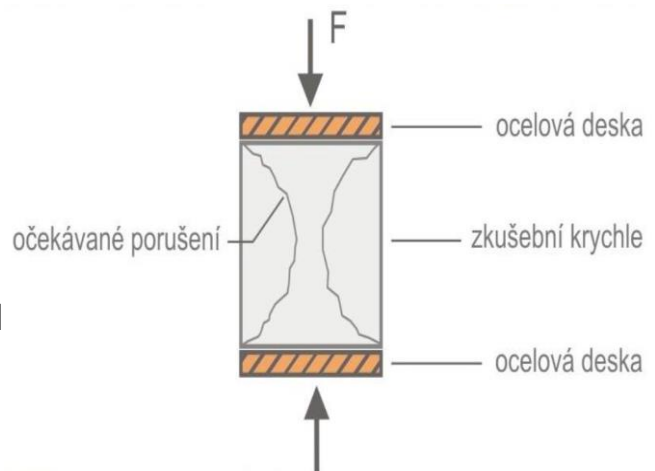
Principem zkoušky pevnosti v tlaku je zatěžování zkušebního tělesa až do porušení ve zkušebním lisu (viz obrázek 16). Zatěžování zkušebního tělesa probíhá rovnoměrně a konstantní rychlostí od cca  $0,6 \pm 0,2$  MPa/s ( $\text{N}/\text{mm}^2 \cdot \text{s}$ ). Posuzované zkušební těleso se umísťuje do lisu na střed tlačené desky a vzorek je natočen tak, aby směr zatěžování byl kolmý na směr ukládání betonu. Výsledkem zkoušky je maximální dosažené zatížení v jednotkách kN. Konečný výsledek pevnosti v tlaku v MPa získáme dle vzorce níže. [18,32,36]

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

$f_c$  – pevnost v tlaku [MPa]

$F$  – maximální zatížení [N]

$A_c$  – průřezová plocha zkušebního tělesa [ $\text{mm}^2$ ]



Obrázek 16 - Zkouška pevnosti v tlaku

[34]

### 5.2.2 Zkouška pevnosti v tahu ohybem (ČSN EN 12390-5)

Zkouška pevnosti v tahu ohybem je podrobně popsána v normě ČSN EN 12390-5. Pro tento typ zkoušky je zapotřebí zkušební těleso ve tvaru hranolu a zkušební lis, který se skládá ze dvou podpěrných válečků a dvou horních zatěžovacích válečků. Principem zkoušky je, že zkušební těleso je vystaveno ohybovému momentu od zatížení vytvořeného dvěma horními zatěžovacími válečky a dvěma spodními podpěrnými válečky (viz obrázek 17). Výsledkem zkoušky je maximální dosažené zatížení v jednotkách kN. Konečný výsledek pevnosti v tlaku v MPa získáme dle vzorce níže. [19,32,36]

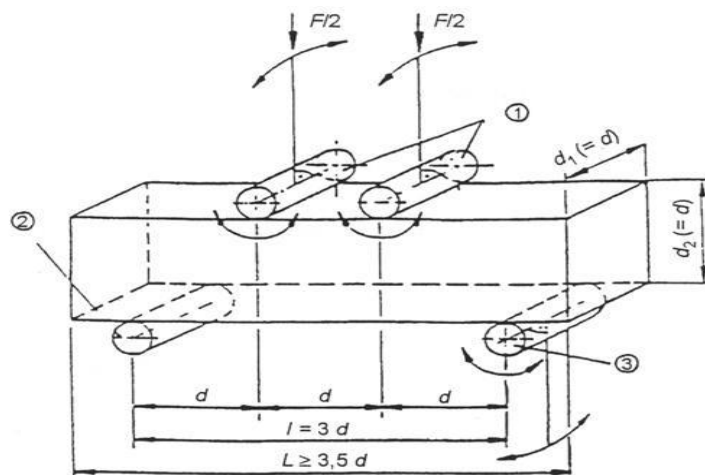
$$f_{cf} = \frac{F * l}{d_1 * d_2^2}$$

$f_{cf}$  – pevnost v tahu ohybem [MPa]

$F$  – maximální zatížení [N]

$l$  – vzdálenost mezi opěrnými válečky [mm]

$d_1$  a  $d_2$  – rozměry příčného řezu tělesa [mm]



Obrázek 17 - Zkouška pevnosti v tahu ohybem

[19]

### 5.3 Metody kontroly kvality čerstvého betonu

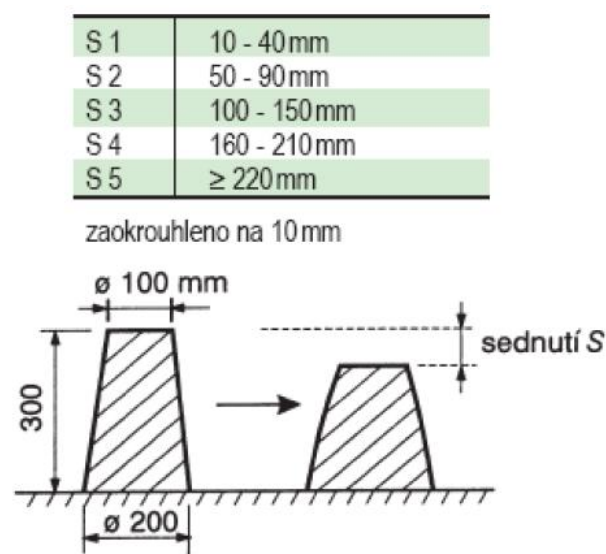
Kvalitu čerstvého betonu lze kontrolovat mnoha způsoby. Jedná se o zkoušky, které lze jednoduše provádět například přímo na stavbě a výsledky zkoušky jsou ihned známy. Zkoušky čerstvého betonu se provádí z důvodu kontroly konzistence dodaného betonu z betonárky, nebo například z důvodu předepsaného požadavku v technologického postupu a v kontrolním zkušebním plánu od investora. Konzistence čerstvého betonu je vyjádřena odporem proti

přetváření neboli nám říká, jak dalece je samotný beton tekutý. Konzistenci čerstvého betonu lze zjistit zkouškou sednutí, zkouškou rozlití, zkouškou stupně zhutnitelnosti a zkouškou Vebe. Veškeré tyto druhy zkoušek jsou popsány v normě ČSN EN 12350. Zkouška sednutí kužele a zkouška rozlití se používá u čerstvého betonu měkkého, až tekutého. Zkouška stupně zhutnitelnosti a zkouška Vebe se uplatňuje u čerstvého betonu zavhlého. Označení tříd konzistence se u každého typu zkoušky liší. [12]

### 5.3.1 Zkouška sednutím (ČSN EN 12350-2)

Zkouška sednutí kužele patří k nejčastějším typům zkoušky čerstvého betonu používané přímo na stavbě. Výsledek zkoušky se rozděluje do několika tříd S1 – S5. Samotná zkouška je poměrně jednoduchá a k vyhotovení zkoušky je zapotřebí pouze forma ve tvaru kužele, hutnicí nástroj a metr. Kuželová forma má spodní dno o průměru 200 mm, horní část formy je o průměru 100 mm a výška kužele je 300 mm.

V prvním kroku se nejdříve podložka a forma navlhčí. Dále ležící forma na podložce se přišlápne a začne se průběžně plnit po třetinách. Po prvním naplnění 1/3 formy betonem se provede hutnění betonu 25 vpichy. Následně se provede druhé plnění betonem do 2/3 formy a pak opět vykonáme hutnění pomocí 25 vpichů. V posledním kroku se realizuje závěrečné plnění zbylé třetiny formy. Provedeme hutnění 25 vpichy a přebytečný beton z formy odstraníme. Po naplnění formy betonem se forma pomalu rovnoměrně zvedne a následně se změří hodnota sednutí betonu od výšky kužele (viz obrázek 18). Na závěr se naměřená hodnota zapíše a zařadí se do třídy S1 – S5. [13,32,36]



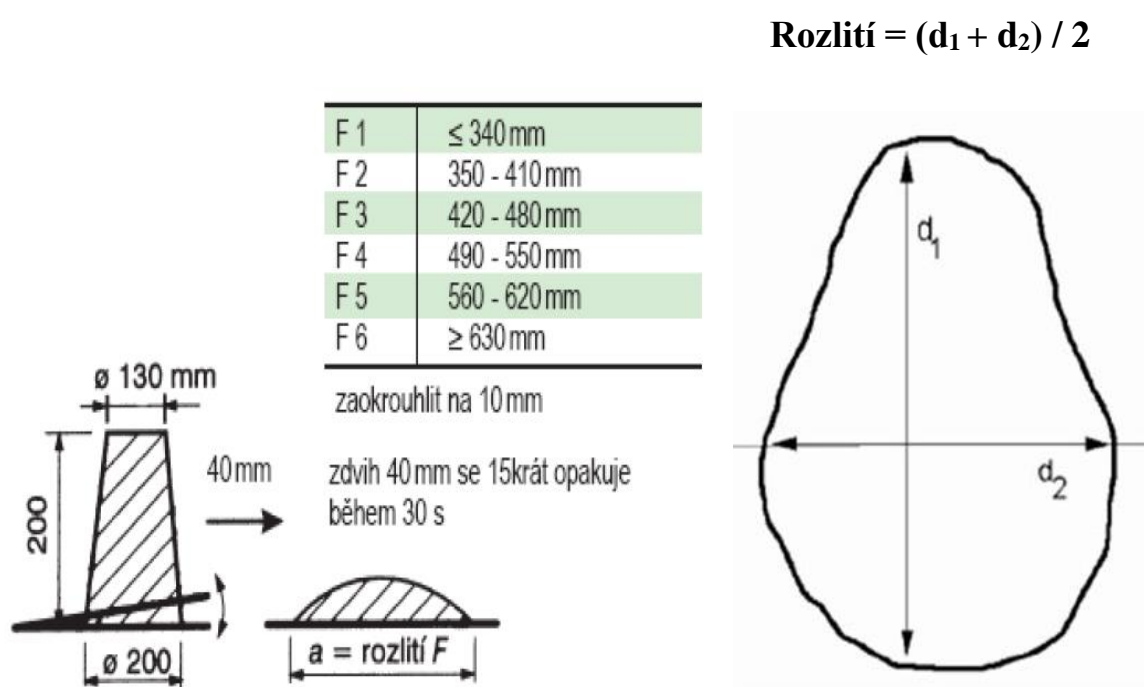
Obrázek 18 - Sednutí kužele

[32]

### 5.3.2 Zkouška rozlíváním (ČSN EN 12350-5)

Třídy u zkoušky sednutí kužele se značí písmenem F a rozdělují se na F1 – F7. U zkoušky sednutí kužele se používá speciální zdvihací deska a forma ve tvaru kužele o spodním průměru 200 mm, horním průměru 130 mm a výšce 200 mm.

V prvním kroku se nejdříve zdvihací deska a forma navlhčí. Dále ležící forma na podložce se přisílápne a začne se průběžně plnit. Plnění probíhá ve dvou etapách a průběžně se udusává. Po naplnění formy se horní okraj zarovná a samotná forma se zvedne po 30 sekundách. V posledním kroku se speciální zdvihací deska zdvihá přibližně 40 mm vysoko a zdvih se 15krát opakuje. Po dokončení zkoušky se rozlívání beton změří ve dvou směrech a dle vzorce níže se získá průměrná hodnota rozlívání. Ta se následně porovná s tabulkou tříd a určí se třída rozlívání (viz obrázek 19). [16,32,36]

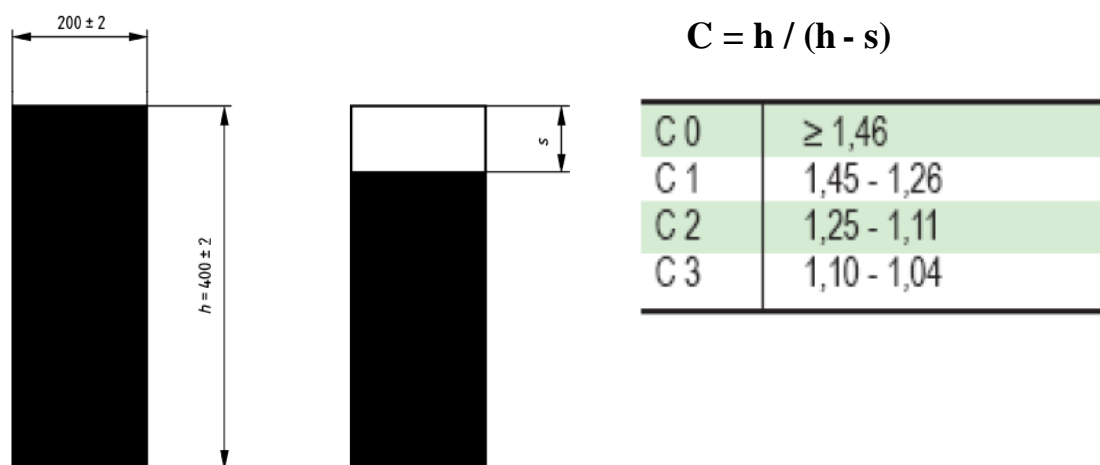


Obrázek 19 - Zkouška rozlíváním

[32]

### 5.3.3 Stupeň zhutnitelnosti (ČSN EN 12350-4)

Zkouška stupně zhutnitelnosti se provádí pomocí hranolové formy o rozměrech 200 x 200 x 400 mm. Navlhčená forma se postupně plní betonem až po okraj, tak aby betonem při plnění nebyl zhutněn. V dalším kroku se přebytečný beton odstraní a následně se začne uložený beton ve formě hutnit pomocí ponorného vibrátoru. Po dokončeném hutnění se změří hloubka stávající výšky betonu ve formě od okraje formy. Stupeň zhutnitelnosti se následně spočítá dle vzorce níže a výsledek se zařadí do tabulky tříd C0 – C3 (viz obrázek 20). [15,32,36]



Obrázek 20 - Stupeň zhutnitelnosti

[15]



## 6 POPIS POSUZOVANÉHO OBJEKTU



*Obrázek 21 - Základní škola (Praha-západ), první etapa SO01*

Posuzovaná stavba základní školy se nachází v okrese Praha-západ. Jedná se o stavbu, která je rozdělena na dvě samostatné etapy SO01 a SO02. Obě tyto etapy jsou novostavbou a propojují zároveň stávající plně funkční školu.

### **6.1 Dokončená stavba SO01**

První etapa SO01 (*viz obrázek 21*) se stavěla na volném prostranství a budova je navržena obdélníkového půdorysu. Vnější tvar je složen ze dvou na sebe posazených kvádrů a 2. nadzemní podlaží s halou je předsazeno přes spodní část budovy. Základní škola má z větší části dvě nadzemní podlaží, ale středový tzv. krček, který propojuje starou školu s novou školou, je třípodlažní.

V budově se v prvním nadzemním podlaží nachází nová kuchyň s jídelnou, která je dimenzovaná na 1200 jídel a s kapacitou 220 míst v jídelně. Dále se v přízemí nachází vstupní hala, hlavní šatny pro žáky, dámské a pánské umývárny, dámské a pánské toalety, šatny se sociálním zázemím pro sportovní halu a kabiny tělesné výchovy. V druhém nadzemním

podlaží se nachází též šatny se sociálním zázemím pro sportovní halu, klubovna pro žáky, bufet, kabiny, zasedací místnost a hlavní sportovní hala o rozměrech 24x45 m.

Stavba je založena na pilotech a základových pasech a je rozdělena na 3 dilatační celky. Jedná se převážně o železobetonovou monolitickou skeletovou stavbu kombinovanou s nosnými cihlovými zdi z Porothermu. Zbylé nenosné zdi jsou z pórobetonových tvárníc Ytong. Budova je projektovaná jako bezbariérová a ve spojovacím krčku je navržen výtah propojující všechny tři patra. Výtahová šachta a schodiště je navrženo jako železobetonové monolitické a schodiště slouží jako únikové. Stropy školy jsou železobetonové monolitické a střecha školy SO01 je plochá pokrytá hydroizolační PVC folií. Fasádní opláštění je kombinace stěnových PUR panelů a EPS tepelného fasádního izolantu.

## **6.2 Hrubá stavba SO02**

Druhá etapa SO02 (*viz obrázek 22*) se staví na místě původní staré školy, která již nevyhovovala požadavkům uživatele a byla proto kompletně zbourána. Hlavním tvarem budovy je kvádr, který je zastřešen valbovou střechou. Objekt navazuje na objekt SO01 a na stávající budovu. Budova je rozdělena na dva dilatační celky. Oba dilatační celky mají dvě nadzemní podlaží. Druhý dilatační celek je zároveň i podsklepený.

V budově se v prvním nadzemním podlaží nachází pět učeben, dimenzovaných pro 35 žáků. Dále se v přízemí nachází čtyři kabiny, hlavní chodba, dámské a pánské umývárny, dámské a pánské toalety a místnost pro školníka. V druhém nadzemním podlaží se nachází čtyři učebny, tři kabiny, sborovna, hlavní chodba, dámské a pánské umývárny, dámské a pánské toalety a hudebna.

První dilatační úsek stavby je založena na pilotech a základových pasech. Druhý podsklepený dilatační úsek je řešen jako bílá vana. Jedná se převážně o železobetonovou monolitickou skeletovou stavbu kombinovanou s nosnými cihlovými zdi z Porothermu. Zbylé nenosné zdi jsou z pórobetonových tvárníc Ytong. Stropy školy jsou řešeny kombinací spirall panelů a železobetonového monolitu. Střecha školy SO02 je navržena jako valbová.



*Obrázek 22 - Základní škola (Praha-západ), druhá etapa SO02*

## **7 KONTROLA PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE**

Při zpracovávání projektové dokumentace je nezbytnou součástí dodržení veškerých předepsaných minimálních rozměrů, kterou jsou dány legislativou nebo normou. Kromě splnění těchto daných minimálních rozměrů je však zapotřebí uvažovat při návrhu i s geometrickou nepřesností. Přípustná tolerance nebo odchylky pro geometrickou přesnost jsou uvedeny v normách ČSN a jsou stanoveny jako pro hrubé konstrukce, tak i pro dokončené povrchy. Tato problematika s geometrickou nepřesností je však bohužel často opomíjena a návrh např. světlych výšek je často navržen na minimální přípustnou hodnotu dle legislativy nebo normy.

V této kapitole se zaměřím nejdříve na samotné posouzení projektové dokumentace s platnou legislativou a následně provedu kontrolu navržených světlych výšek s požadovanými minimálními rozměry dle legislativy. U navržených světlych výšek vypočítám nejnepříznivější kritický dolní mezní rozměr a ten porovnáím požadovaným minimálním rozměrem.

## 7.1 Posouzení projektové dokumentace s platnou legislativou

Projektovou dokumentaci jsem porovnával a vyhodnocoval s požadavky pro školní budovy zaměřenými na geometrickou přesnost. Těmto požadavkům se věnuje vyhláška č. 268/2009 Sb. Vyhláška o technických požadavcích na stavby, vyhláška č. 398/2009 Sb. Vyhláška o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání stavby, vyhláška č. 410/2005 Sb. Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, technická norma ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy – základní požadavky.

### 7.1.1 Požadavky na projektovou dokumentaci dle vyhlášky č. 268/2009 Sb.

Požadavky na projektovou dokumentaci dle vyhlášky č. 268/2009 Sb. Vyhláška o technických požadavcích na stavby jsou následující (*včetně mého komentáře*):

- §10 (5) „Světlá výška místností musí být alespoň 2600 mm v obytných a pobytových místnostech.“ [23]
  - Požadavek na min. světlou výšku 2600 mm je v PD **splněn** u všech pobytových místností jako jsou např. chodby a bufet.
- §15 (1) „Hlavní domovní komunikace v budovách s obytnými nebo pobytovými místnostmi musí umožňovat přepravu předmětů rozměrů 1950 × 1950 × 800 mm.“ [23]
  - Požadavek pro hlavní domovní komunikaci v PD je **splněn**, v prostorách jsou navrženy dvoukřídlé dveře o min. rozměru 1600 x 1970 mm.
- §22 (2) „Nejmenší podchodná a průchodná výška schodišť je dána normovými hodnotami.“ [23]
  - Dle ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy – základní požadavky je minimální podchodná a průchodná výška stanovena podle vzorečku závislého na sklonu ramene. Minimální průchodná výška může být 1950 mm.
  - Požadavky v PD jsou **splněny**. Rozměry splňují minimální podchodnou výšku 2335 mm a průchodnou výšku 2099 mm.
  - Sklon schodišťového ramene je 26° a řadí se kategorie běžné schodiště, které je definováno sklonem 25° - 35°.
- §22 (3) „Všechny schodišťové stupně v jednom schodišťovém rameni musí mít stejnou výšku, v přímých ramenech i stejnou šířku.“ [23]

- Požadavek na stejné rozměry jednotlivých stupňů v jednom schodišťovém rameni je v PD **splněn**. Hlavní únikové schodiště má jednotlivé stupně o šířce 300 mm a výšce 149 mm.
- §22 (4) „Nejmenší šířky schodišťového stupně a stupnice jsou dány normovými hodnotami.“ [23]
  - Dle ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy – základní požadavky je optimální výška stupně 150 mm – 180 mm, nejmenší šířka stupně 210 mm a nejmenší šířka stupnice je 250 mm.
  - Požadavky v PD jsou **splněny**. Stupeň, v našem případě i stupnice jsou o rozměru 300 mm. Pouze navržená výška stupně 149 mm nesplňuje doporučenou výšku 150 mm. Tento nesplněný doporučený rozměr však není považován za chybu.
- §22 (6) „Nejvyšší počet výšek schodišťových stupňů v jednom schodišťovém rameni je dán normovými hodnotami.“ [23]
  - Dle ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy – základní požadavky je minimální počet výšek stupňů 3 a maximální počet výšek stupňů 18. Doporučeným maximálním počtem stupňů je 16.
  - Požadavky v PD jsou **splněny**. Schodišťová ramena jsou navržena s 8 stupni, s 9 stupni a s 15 stupni.
- §22 (8) „Nejmenší dovolená průchodná šířka schodišťových ramen, rozměry podest a mezipodest, umístění dveří v prostoru podest a další bezpečnostní požadavky jsou dány pro jednotlivé druhy staveb normovými hodnotami.“ [23]
  - Dle ČSN 73 4130 Schodiště a šikmé rampy – základní požadavky je nejmenší dovolená průchodná šířka pro bezbariérové schodiště 1500 mm a v ostatních případech pro hlavní schodiště u škol 1100 mm. Minimální rozměr mezipodesty musí být roven minimálně průchodné šířce schodiště.
  - Požadavky v PD jsou **splněny**. Hlavní bezbariérové schodiště je o průchodné šířce 1500 mm, vedlejší schodiště jsou o průchodné šířce 1250 mm. Průchodná šířka mezipodesty u hlavního schodiště je 1650 mm a u vedlejšího schodiště 1300 mm.
- §49 (1) „Nejmenší světlé výšky místností a prostorů musí být:
  - b) 3300 mm u základních, středních, vyšších a speciálních škol; při dodržení všech podmínek denního osvětlení na pracovní plochy je možné snížení na

světlou výšku 3000 mm, pokud je dodržena kubatura vzduchu 5,3 m<sup>3</sup> na jednoho žáka,

c) 6000 mm u tělocvičen rozměrů 12 x 18 m a 12 x 24 m, 7000 mm u tělocvičen rozměrů 18 x 30 m a větších,

d) 2500 mm u šaten.“ [23]

- Bod b) je **splněn**. Místnosti splňují minimální světlou výšku 3000 mm a podmínky pro snížení světlé výšky.
- Bod c) je **splněn**. Víceúčelová hala má rozměry 48 x 30 m a navržená světlá výška je 7500 mm.
- Bod d) je **splněn**. Navržené šatny pro víceúčelovou halu mají světlou výšku 2800 mm a šatny pro žáky mají světlou výšku 3100 mm.
- §49 (2) „V budově každé školy, předškolního, školského a tělovýchovného zařízení musí být zřízeny šatny žáků. Prostory šaten musí být osvětlené a větrané.“ [23]
  - Požadavky v PD jsou **splněny**, šatny pro žáky jsou osvětleny pomocí led světel a větrání je řešené vzduchotechnikou.
- §49 (5) „Nejmenší světlá šířka chodby ve školách musí být 3000 mm, jsou-li výukové prostory umístěny po obou stranách chodby, a 2200 mm, jsou-li výukové prostory jen na jedné straně chodby. Slouží-li tato chodba jako hlavní komunikační spojení, pak musí být široká nejméně 3000 mm.“ [23]
  - Požadavky v PD jsou **splněny**, hlavní komunikační chodby mají větší šířku než 3000 mm a chodba s výukovou místností na jedné straně má 2720 mm.
- §49 (6) „Ve výukových prostorách musí mít dveře šířku nejméně 900 mm. U tělocvičen musí být alespoň jedny dveře velikosti 1800 mm x 2100 mm.“ [23]
  - Požadavek v PD je **splněn** u všech dveřích ve výukových prostorách. Veškeré dveře jsou o šířce 900 mm.
  - Požadavek v PD **není splněn** u dveří do tělocvičny. Maximální šířka dveří do tělocvičny je 1600 mm x 1970 mm.

### 7.1.2 Požadavky na projektovou dokumentaci dle vyhlášky č. 398/2009 Sb.

Požadavky na projektovou dokumentaci dle vyhlášky č. 398/2009 Sb. Vyhláška o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání stavby jsou následující (včetně mého komentáře):

- **§6 (2)** „Přístup do všech prostorů určených pro užívání veřejností musí být zajištěn vodorovnými komunikacemi, schodišti a souběžně vedenými bezbariérovými rampami nebo výtahy.“ [24]
  - Požadavek v PD je **splněn**, veškeré prostory ve škole jsou dostupné pomocí výtahu.
- **§8 (6)** „Školy, předškolní a školská zařízení musí mít bezbariérově řešené prostory rovněž pro děti, žáky a studenty. U staveb pro mimoškolní vzdělávání se postupuje obdobně.“ [24]
  - Požadavek v PD je **splněn**, bezbariérový přístup je řešen pomocí výtahu.
- **Příloha č.1, 1.1.1.** „Výškové rozdíly pochozích ploch nesmí být vyšší než 20 mm.“ [24]
  - Požadavek v PD je **splněn**, výškový rozdíl pochozích ploch vyšší než 20 mm se ve škole nevyskytuje.
- **Příloha č.1, 2.0.1.** „Bezbariérově se řeší hlavní a přiměřeně úniková a ostatní schodiště.“ [24]
  - Požadavek v PD je **splněn**, hlavní únikové schodiště je navrženo jako bezbariérové.
- **Příloha č.1, 2.0.2.** „Ve všech ramenech téhož schodiště musí být stejný počet stupňů. Počet stupňů za sebou může být nejméně 3 a nejvíce 16.“ [24]
  - Požadavek v PD je **splněn**, schodišťová ramena jsou navržena s 8 stupni, s 9 stupni a s 15 stupni.
- **Příloha č.1, 2.1.1.** „Sklon schodišťového ramene nesmí být větší než 28° a výška schodišťového nebo vyrovnávacího stupně větší než 160 mm; to neplatí pro stavby bytových domů s výtahem.“ [24]
  - Požadavky v PD jsou **splněny**, sklon schodiště je 27° a výška schodišťového stupně je 159 mm.

- **Příloha č.1, 2.1.2.** „Stupnice a podstupnice musí být k sobě kolmé. U změn dokončených staveb v případě šikmé podstupnice může být přesah stupnice nejvýše 25 mm.“ [24]
  - Požadavky v PD jsou **splněny**, stupnice jsou k sobě kolmé a přesah u stupnic se nevyskytuje.
- **Příloha č.1, 2.2.1.** „Stupnice nástupního a výstupního schodišťového stupně každého schodišťového ramene nebo vyrovnávacích schodů musí být výrazně kontrastně rozeznatelná od okolí.“ [24]
  - Požadavek v PD je **splněn**, první a poslední stupeň je rozlišen jinou barvou dlažby.
- **Příloha č.1, 3.1.1.** „Volná plocha před nástupními místy do výtahů musí být nejméně 1500 mm × 1500 mm.“ [24]
  - Požadavek v PD je **splněn**, plocha před výtahem má rozměry 5600 x 10145 mm.
- **Příloha č.1, 3.1.2.** „Šachetní a klečové dveře výtahu musí být provedeny jako samočinné vodorovně posuvné dveře. Klec výtahu musí mít šířku nejméně 1100 mm a hloubku nejméně 1400 mm. Šířka vstupu musí být nejméně 900 mm.“ [24]
  - Požadavky v PD jsou **splněny**, rozměry výtahu jsou 1400 x 1400 mm, vstupní dveře jsou samočinné vodorovně posuvné a šířka dveří je 1180 mm.
- **Příloha č.3, 1.1.3.** „Vstup do objektu musí mít šířku nejméně 1250 mm. Hlavní křídlo dvoukřídlových dveří musí umožňovat otevření nejméně 900 mm.“ [24]
  - Požadavky v PD jsou **splněny**, šířka dvoukřídlových dveří je 1800 mm a hlavní křídlo má šířku 900 mm.
- **Příloha č.3, 3.1.1.** „Dveře musí mít světlou šířku nejméně 800 mm.“ [24]
  - Požadavek v PD je **splněn**, veškeré prostory určeny pro bezbariérové užívání mají dveře min. 800 mm.
- **Příloha č.3, 5.1.2.** „Záchodová kabina musí mít šířku nejméně 1800 mm a hloubku nejméně 2150 mm.“ [24]
  - Požadavek v PD je **splněn**, záchodová kabina má rozměry 1800 x 2150 mm.



- **Příloha č.3, 5.1.3.** „Šířka vstupu musí být nejméně 800 mm, u bytů a obytných částí staveb nejméně 900 mm. Dveře se musí otevírat směrem ven a musí být opatřeny z vnitřní strany vodorovným madlem ve výšce 800 až 900 mm. Zámek dveří musí být odjistitelný zvenku.“ [24]
  - Požadavky v PD jsou **splněny**, záchodová kabina má dveře o šířce 900 mm, dveře se otevírají směrem ven, na dveřích je madlo a zámek dveří je odjistitelný zvenku.

### 7.1.3 Požadavky na projektovou dokumentaci dle vyhlášky č. 410/2005 Sb.

Požadavky na projektovou dokumentaci dle vyhlášky č. 410/2005 Sb. Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých jsou následující (*včetně mého komentáře*):

- §4 (2) „V prostorech zařízení pro výchovu a vzdělávání s výjimkou škol v přírodě a provozoven pro výchovu a vzdělávání musí na 1 žáka připadnout v učebnách nejméně 1,65 m<sup>2</sup>, v odborných pracovnách, laboratořích a počítačových učebnách, v jazykových učebnách a učebnách písemné a elektronické komunikace nejméně 2 m<sup>2</sup>. V učebnách pracovních činností základních škol musí připadnout na 1 žáka nejméně 4 m<sup>2</sup>. Ve školách uskutečňujících vzdělávací program pro žáky se speciálními vzdělávacími potřebami se stanoví plocha na 1 žáka v teoretických učebnách nejméně 2,3 m<sup>2</sup>.“ [25]
  - Požadavky v PD jsou **splněny**. Učebna č. 2.25 je navržena na 30 žáků a má plochu 83,3 m<sup>2</sup>. Na jednoho žáka to dělá 2,78 m<sup>2</sup>.
- §4a (1) „Zařízení pro výchovu a vzdělávání musí být vybavena šatnami podle požadavků upravených zvláštním právním předpisem. Pro jednoho žáka musí být zajištěna podlahová plocha 0,25 m<sup>2</sup>.“ [25]
  - Požadavek v PD je **splněn**. Každá šatna 1 – 6 má plochu 59,36 m<sup>2</sup> a v šatně se nachází 150 skříněk. Na jednoho žáka to dělá 0,40 m<sup>2</sup>.

## 7.2 Kontrola navržených světlých výšek s požadovaným rozměry dle legislativy

Při návrhu projektované světlé výšky je vždy zapotřebí počítat s minimální požadovanou světlou výškou pro danou stavbu nebo místnost a zároveň ke světlé výšce připočítat rezervu z důvodu geometrické nepřesnosti. Požadovaná světlá výška pro bytové místnosti a pro základní školy je stanovena legislativou ve vyhlášce č. 268/2009 Sb. Vyhláška o technických požadavcích na stavby a přípustné možné odchylky pro geometrickou přesnost je v normách

nebo v technických standardech ČKAIT – stanovení minimální návrhové světlé výšky místností.

Skutečnou světlou výšku může ovlivnit několik faktorů v průběhu provádění výstavby. Hlavními faktory ovlivňující světlou výšku mohou být odchylka konstrukční výšky hrubé konstrukce, průhyb stropní konstrukce a tloušťky podlahové konstrukce.

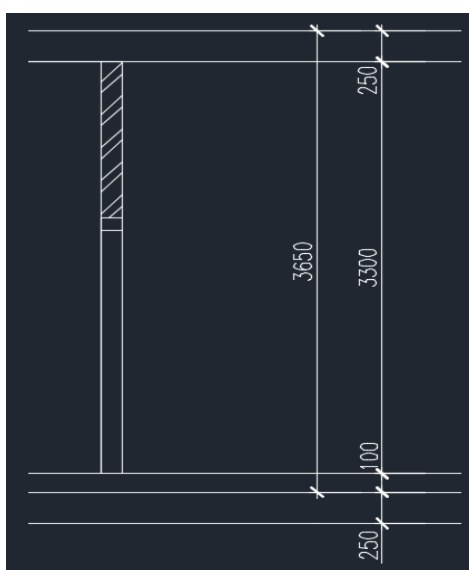
Správné navržení světlé výšky místnosti by se mělo počítat jako:

- Minimální světlá výška stanovena legislativou nebo normou
- + max. odchylka konstrukční výšky hrubé konstrukce ( $\Delta h_{kv}$ )
- + max. odchylka tloušťky horní stropní konstrukce ( $\Delta t_{sd}$ )
- + max. projektovaný průhyb stropní konstrukce ( $p$ )
- + povrchové úpravy spodního líce stropu nebo podhledu ( $t_{ps}$ )
- + max. odchylka tloušťky podlahové konstrukce ( $t_{p,max}$ )

[27]

### 7.2.1 Řez podlažím základní školy

V základní škole se vyskytuje několik různých světlých výšek podle typu místnosti. Jednou z typických místností je např. učebna, která má světlou výšku 3300 mm (viz obrázek 23). Stropy jsou železobetonové a finální povrchová úprava jednotlivých místností je řešena buď omítkou a malbou, nebo kazetovým minerálním podhledem. Skladba podlahy je železobetonová deska tl. 250 mm, kročejová izolace tl. 20 mm, PE fólie (separační vrstva), betonová mazanina tl. 65 mm, celoplošné lepidlo tl. 5 mm a keramická dlažba tl. 10 mm.



Obrázek 23 - Řez podlažím základní školy

## 7.2.2 Stanovení dolních mezních rozměrů světlých výšek a jejich vyhodnocení

Pro ověření správně navržené světlé výšky projektantem je zapotřebí stanovit dolní mezní rozměr světlé výšky. Tento rozměr je kritická hodnota, která může nastat za nejnepríznivějšího stavu. Dolní mezní rozměr světlé výšky vypočítáme jako projektovaná světlá výška mínus všechny hodnoty a odchylky, které by mohly mít vliv na zmenšení projektované světlé výšky (*viz tabulka 12*).

Maximální odchylka konstrukční výšky hrubé konstrukce ( $\Delta h_{kv}$ ) je pro betonové a prefabrikované konstrukce dle normy ČSN EN 13670  $\pm 20$  mm a pro ocelové konstrukce dle normy ČSN EN 1090-2 pro třídu 1  $\pm 10$  mm.

Maximální odchylka tloušťky horní stropní konstrukce ( $\Delta t_{sd}$ ) je pro betonové a prefabrikované konstrukce dle normy ČSN EN 13670 pro  $t = 250$  mm  $\pm 12$  mm a pro ocelové konstrukce dle normy ČSN EN 1090-2 pro třídu 1  $\pm 10$  mm.

Maximální projektovaný průhyb stropní konstrukce ( $p$ ) se v případě, že není určen projektantem vypočítá, jako rozpětí mezi podpěrami ( $l$ ) /250.

Povrchové úpravy spodního líce stropu nebo podhledu ( $t_{ps}$ ) se stanoví podle návrhu tloušťky finální povrchové úpravy. V případě podhledu lze uvažovat hodnotu  $t_{ps} = 10$  mm.

Maximální odchylka tloušťky podlahy ( $t_{p,max}$ ) je 17 mm pro občanské a bytové stavby při tloušťce podlahy  $t_p \leq 150$  mm. [27]

*Tabulka 12 - Dolní mezní rozměry světlých výšek*

Projektovaná světlá výška (SV) [mm]	7500	3300	3100	3000	2800
- max. odchylka konstrukční výšky hrubé konstrukce ( $\Delta h_{kv}$ ) [mm]	10	20	20	20	20
- max. odchylka tloušťky horní stropní konstrukce ( $\Delta t_{sd}$ ) [mm]	10	12	12	12	12
- max. projektovaný průhyb stropní konstrukce ( $p$ ) [mm]	120	24	24	24	24
- povrchové úpravy spodního líce stropu nebo podhledu ( $t_{ps}$ ) [mm]	0	10	10	10	10
- max. odchylka tloušťky podlahy ( $t_{p,max}$ ) [mm]	17	17	17	17	17
<b>Dolního mezní rozměr S.V. = SV - <math>\Delta h_{kv}</math> - <math>\Delta t_{sd}</math> - p - <math>t_{ps}</math> - <math>t_{p,max}</math> [mm]</b>	<b>7343</b>	<b>3217</b>	<b>3017</b>	<b>2917</b>	<b>2717</b>

Po stanovení kritických dolních mezních rozměrů světlé výšky je zapotřebí tyto hodnoty porovnat s požadovanou minimální světlou výškou. Vyhláška č. 268/2009 Sb. Vyhláška o technických požadavcích na stavby a dle normy ČSN 73 4108 Hygienická zařízení a šatny stanovuje, že minimální světlá výška pro šatny, WC a umývárny je 2500 mm, obecná minimální světlá výška pro pobytové místnosti je 2600 mm a pro školní místnosti a prostory např. učebny

by měla být 3300 mm. V případě, že se dodrží všechny podmínky na denní osvětlení a na množství vzduchu pro jednoho žáka, tak lze světlou výšku snížit na 3000 mm.

Při stanovení správné minimální světlé výšky pro prostory určené pro pracovní činnost a vzdělávání žáků jsem uvažoval, že podmínky pro snížení světlé výšky na 3000 mm jsou splněny. V ostatních pobytových prostorách jsem stanovil minimální výšku 2600 mm. Hygienická zařízení a šatny mají světlou výšku 2500 mm.

*Tabulka 13 - Vyhodnocení dolních mezní rozměrů S.V. a požadovaných S.V.*

Místnost	Projektovaná S.V. [mm]	Vypočítaný dolní mezní rozměr S.V. [mm]	Požadovaná minimální S.V. [mm]	Vyhodnocení
Víceúčelová hala	7500	7343	7000	Vyhovuje
Učebny, kanceláře, zasedací místnosti	3300	3217	3000	Vyhovuje
Kabinety	3100	3017	3000	Vyhovuje
Šatny	3100	3017	2500	Vyhovuje
Chodba	3100	3017	2600	Vyhovuje
Bufet, klubovna	3000	2917	2600	Vyhovuje
Chodba	2800	2717	2600	Vyhovuje
Šatny, WC, umývárny	2800	2717	2500	Vyhovuje

V tabulce 13 můžeme vidět u jednotlivých typů místností projektovanou světlou výšku, vypočítaný dolní mezní rozměr světlé výšky, požadovaný minimální rozměr světlé výšky a vyhodnocení splnění požadavku. Podmínkou splnění je, že vypočítaný dolní mezní rozměr světlé výšky je větší než požadovaný minimální rozměr světlé výšky.

Veškeré světlé výšky jsou navrženy správně a s dostatečnou rezervou (viz tabulka 13). Při nejneprůzračnějším stavu při realizaci nehrozí, že by se světlé výšky dostaly pod hranici požadované minimální světlé výšky. [8,23,27]

## **8 KONTROLA GEOMETRICKÉ PŘESNOSTI U OBJEKTU SO01**

V praktické části jsem se zaměřil na kontrolu geometrické přesnosti na stavbě. Jedná se o první etapu dostavby základní školy SO01, která je momentálně plně funkční a zkolaudovaná. Pro kontrolu geometrické přesnosti na základní škole jsem si vybral několik místností (viz tabulka 14). Jednotlivé místnosti jsem podrobil různým metodám měření, jako jsou: vzdálenost svislých a vodorovných protilehlých konstrukcí, svislost konstrukcí, celková rovinnost svislých a vodorovných konstrukcí, místní rovinnost svislých a vodorovných konstrukcí, pravoúhlost svislých konstrukcí a geometrická přesnost schodiště. Jednotlivá měření jsem následně vyhodnotil a porovnal skutečnost s PD a s normovými požadavky.

Tabulka 14 – Tabulka posuzovaných místností

Č.m.	Typ místnosti	Světlá délka [mm]	Světlá šířka [mm]	Světlá výška [mm]	Podlaha	Stěna	Strop
1.01	Chodba	10 145	5 600	3 100	Ker. dlažba	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
1.02	Schodiště	-	1 500	-	Ker. dlažba	Omítka, malba	Omítka, malba
1.03	Schodiště	-	1 500	-	Ker. dlažba	Omítka, malba	Omítka, malba
1.06	Umývárna dívky	6 200	2 450	3 100	Ker. dlažba	Obklad, omítka, malba	Kazety - min. pohled
1.11	Umývárna chlapci	6 200	2 450	3 100	Ker. dlažba	Obklad, omítka, malba	Kazety - min. pohled
1.14	Chodba (recepce)	12 390	5 600	3 100	Ker. dlažba	Omítka, malba	Omítka, malba
1.16	Jídelna	27 500	17 850	3 100	Ker. dlažba	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
1.17	Schodiště	7 750	3 050	-	Ker. dlažba	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
1.77	Chodba	14 775	2 100	2 800	Ker. dlažba	Omítka, malba	Omítka, malba
1.78	Chodba	14 720	2 530	2 800	Ker. dlažba	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
1.79	Kabinet TV	5 050	2 500	3 100	Vynyl. lamely	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
1.80	Kabinet TV	5 050	2 500	3 100	Vynyl. lamely	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
1.82	Šatna	2 830	2 850	2 800	Ker. dlažba	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
1.83	Sprcha	2 750	1 850	2 800	Ker. dlažba	Obklad, omítka, malba	Kazety - min. pohled
1.88	Šatna	2 830	2 850	2 800	Ker. dlažba	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
1.89	Sprcha	2 750	1 850	2 800	Ker. dlažba	Obklad, omítka, malba	Kazety - min. pohled
1.90	WC	1 200	900	2 800	Ker. dlažba	Obklad, omítka, malba	Kazety - min. pohled
2.02	Schodiště	-	1 500	-	Ker. dlažba	Omítka, malba	Omítka, malba
2.03	Schodiště	-	1 500	-	Ker. dlažba	Omítka, malba	Omítka, malba
2.14b	Chodba	16 400	2 725	3 450	Ker. dlažba	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
2.23a	Kancelář	7 000	2 475	3 300	Koberec	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
2.23b	Zástupce ředitele	7 000	2 850	3 300	Koberec	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
2.25	Učebna	11 925	7 000	3 300	Vynyl. lamely	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
2.26	Zasedací místnost	8 100	5 925	3 300	Koberec	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
2.53	Víceúčelová hala	48 400	30 400	7 500	Sport. povrch	-	-
2.54	Chodba	14 720	2 530	2 800	Ker. dlažba	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
2.55	Bufet	8 545	5 050	3 000	Ker. dlažba	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
2.56	Klubovna	5 050	3 050	3 000	Vynyl. lamely	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
2.57	Chodba	14 775	2 100	2 800	Ker. dlažba	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
2.62	Šatna	2 830	2 850	2 800	Ker. dlažba	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
2.63	Sprcha	2 750	1 850	2 800	Ker. dlažba	Obklad, omítka, malba	Kazety - min. pohled
2.68	Šatna	2 830	2 850	2 800	Ker. dlažba	Omítka, malba	Kazety - min. pohled
2.69	Sprcha	2 750	1 850	2 800	Ker. dlažba	Obklad, omítka, malba	Kazety - min. pohled
1	Šatna	10 600	5 600	3 100	Ker. dlažba	Omítka, malba	Omítka, malba
2	Šatna	10 600	5 600	3 100	Ker. dlažba	Omítka, malba	Omítka, malba
3	Šatna	10 600	5 600	3 100	Ker. dlažba	Omítka, malba	Omítka, malba
4	Šatna	10 600	5 600	3 100	Ker. dlažba	Omítka, malba	Omítka, malba
5	Šatna	10 600	5 600	3 100	Ker. dlažba	Omítka, malba	Omítka, malba
6	Šatna	10 600	5 600	3 100	Ker. dlažba	Omítka, malba	Omítka, malba
7	Chodba	27 100	5 400	3 100	Ker. dlažba	Omítka, malba	Omítka, malba

## 8.1 Vzdálenosti vodorovných protilehlých konstrukcí

Prvním měřením geometrické přesnosti byla kontrola vzdálenosti vodorovných protilehlých konstrukcí. Jedná se o měření skutečné světlé výšky, která se následně porovná s projektovanou světlou výškou. Při měření jsem postupoval dle popsaného postupu z kapitoly 4.1.1 Postup měření. V každé kontrolované místnosti jsem provedl 9 měření, které jsem zapsal do tabulky a vyhodnotil (*viz příloha č. 1*).

### ▪ Měřidla:

Při měření jsem používal laserové dálkové měřidlo značky BOSCH typu PLR 25. Přesnost měřicího přístroje je  $\pm 1,5$  mm.

### ▪ Kontrolované místnosti:

Vzdálenosti vodorovných protilehlých konstrukcí jsem měřil v 1. NP a v 2. NP, celkem jsem naměřil 180 bodů ve 20 místnostech.

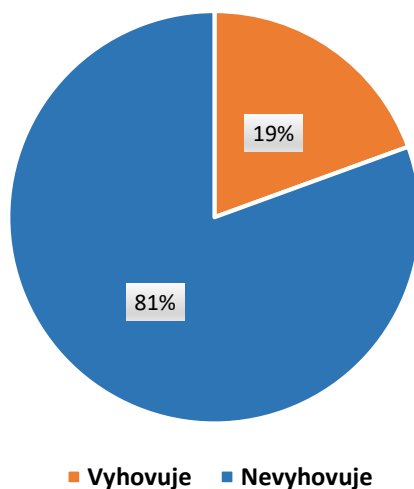
### ▪ Maximální přípustná odchylka:

Dle normy ČSN 73 0205 pro vodorovné protilehlé konstrukce jsem zvolil u všech kontrolovaných místností maximální přípustnou odchylku  $\pm 20$  mm.

### ▪ Vyhodnocení:

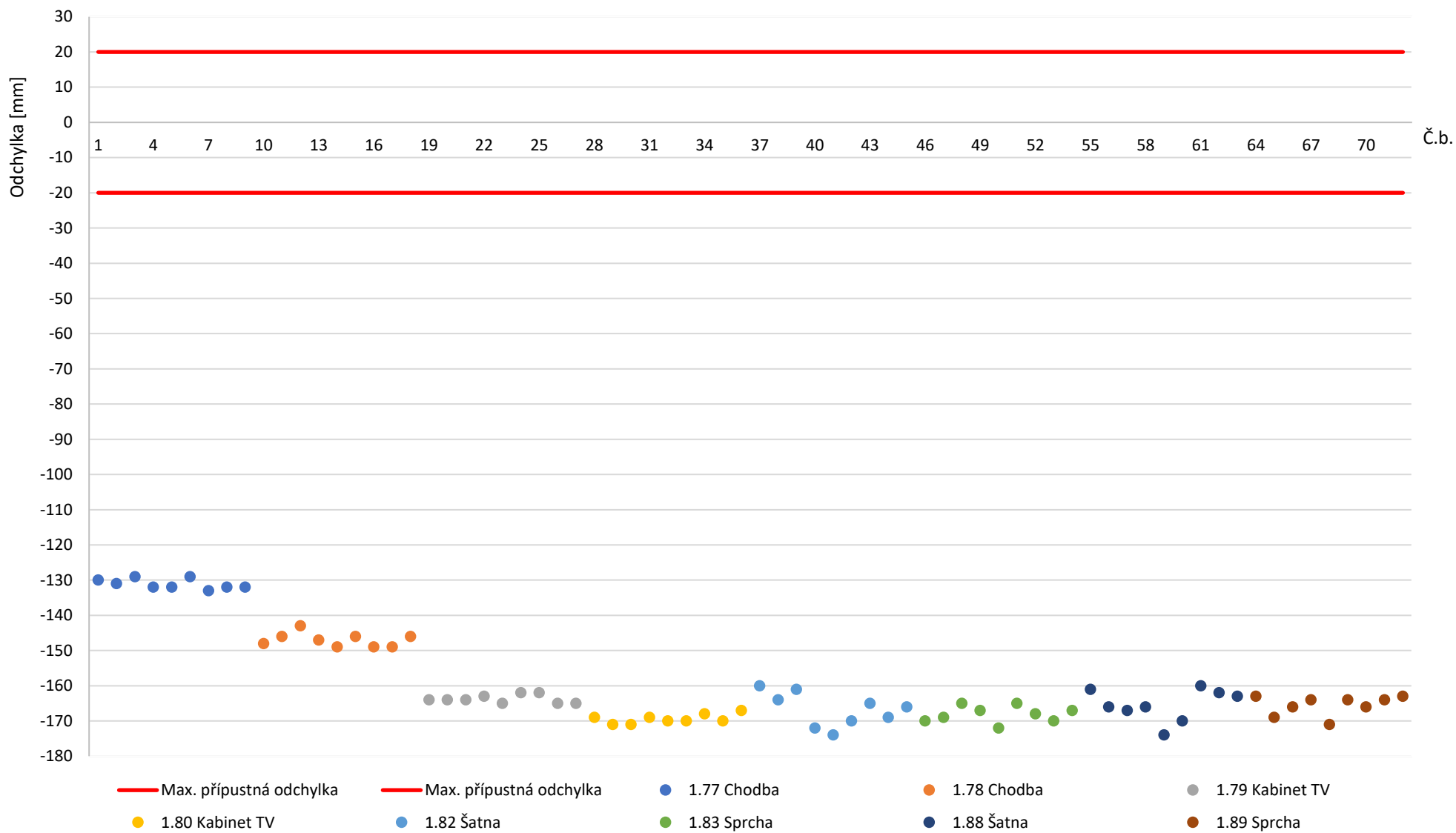
Vyhodnocení vzdálenosti protilehlých konstrukcí u jednotlivých místností jsem znázornil graficky (*viz graf 2 a graf 3*). Na grafu jsou vyznačeny jednotlivá měření pomocí bodů a zároveň jsou barevně rozlišeny podle čísla místnosti. Dále se v grafu nachází dvě červené čáry, které vyznačují maximální přípustnou odchylku. Na grafech lze vidět, že velké množství místností nesplňuje maximální přípustnou odchylku  $\pm 20$  mm. Důvodem nevyhovujících světlých výšek je nekoordinace projektu VZT a projektu statiky, která způsobila snížení podhledu a tím pádem světlé výšky z důvodu rozvodu VZT pod betonovým průvlakem. Z celkového vyhodnocení naměřených hodnot (*viz graf 1*) lze zjistit, že 81 % naměřených hodnot nevyhovělo.

### Celkové vyhodnocení naměřených hodnot



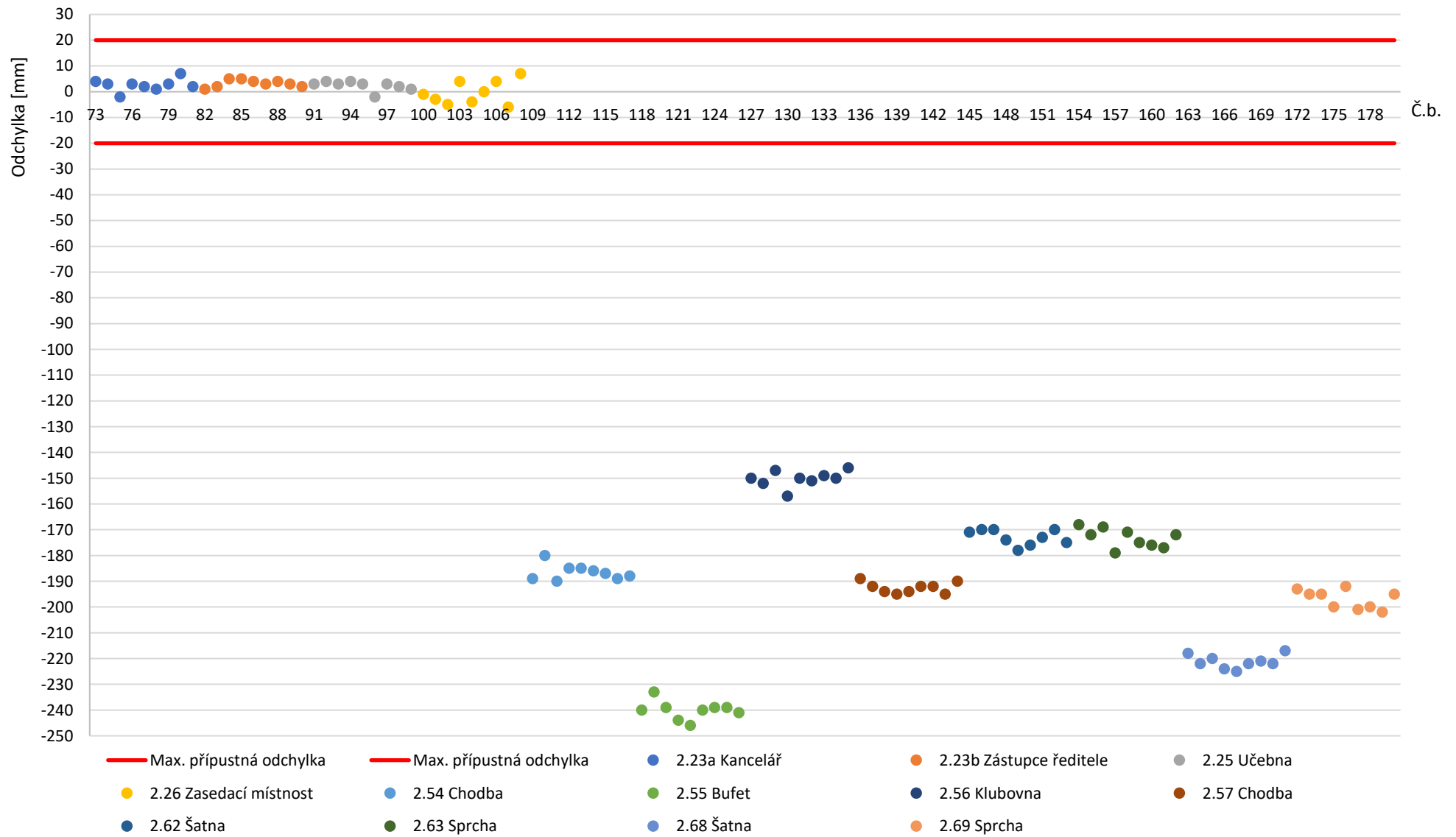
Graf 1 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot vzdálenosti vodorovných protilehlých konstrukcí

## Vzdálenosti vodorovných protilehlých konstrukcí 1. NP



Graf 2 - Vzdálenosti vodorovných protilehlých konstrukcí 1. NP

### Vzdálenosti vodorovných protilehlých konstrukcí 2. NP



Graf 3 - Vzdálenosti vodorovných protilehlých konstrukcí 2. NP



## 8.2 Vzdálenosti svislých protilehlých konstrukcí

Dalším měřením geometrické přesnosti byla kontrola vzdálenosti svislých protilehlých konstrukcí. Jedná se o měření skutečné světlé šířky, která se následně porovná s projektovanou světlou výškou. Při měření jsem postupoval dle popsaného postupu z kapitoly 4.1.1 Postup měření. V každé kontrolované místnosti jsem provedl 9 měření, které jsem zapsal do tabulky a vyhodnotil (viz příloha č. 2).

### ▪ Měřidla:

Při měření jsem používal laserové dálkové měřidlo značky BOSCH typu PLR 25. Přesnost měřicího přístroje je  $\pm 1,5$  mm.

### ▪ Kontrolované místnosti:

Vzdálenosti vodorovných protilehlých konstrukcí jsem měřil v 1. NP a v 2. NP, celkem jsem naměřil 180 bodů ve 20 místnostech.

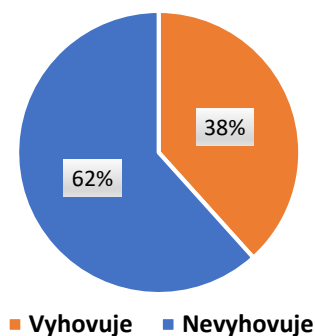
### ▪ Maximální přípustná odchylka:

Dle normy ČSN 73 0205 pro svislé protilehlé konstrukce jsem zvolil u kontrolovaných místností o rozměru  $4 \text{ m} < L \leq 8 \text{ m}$  maximální přípustnou odchylku  $\pm 20$  mm a u kontrolovaných místností o rozměru  $8 \text{ m} < L \leq 16 \text{ m}$  max. přípustnou odchylku  $\pm 25$  mm.

### ▪ Vyhodnocení:

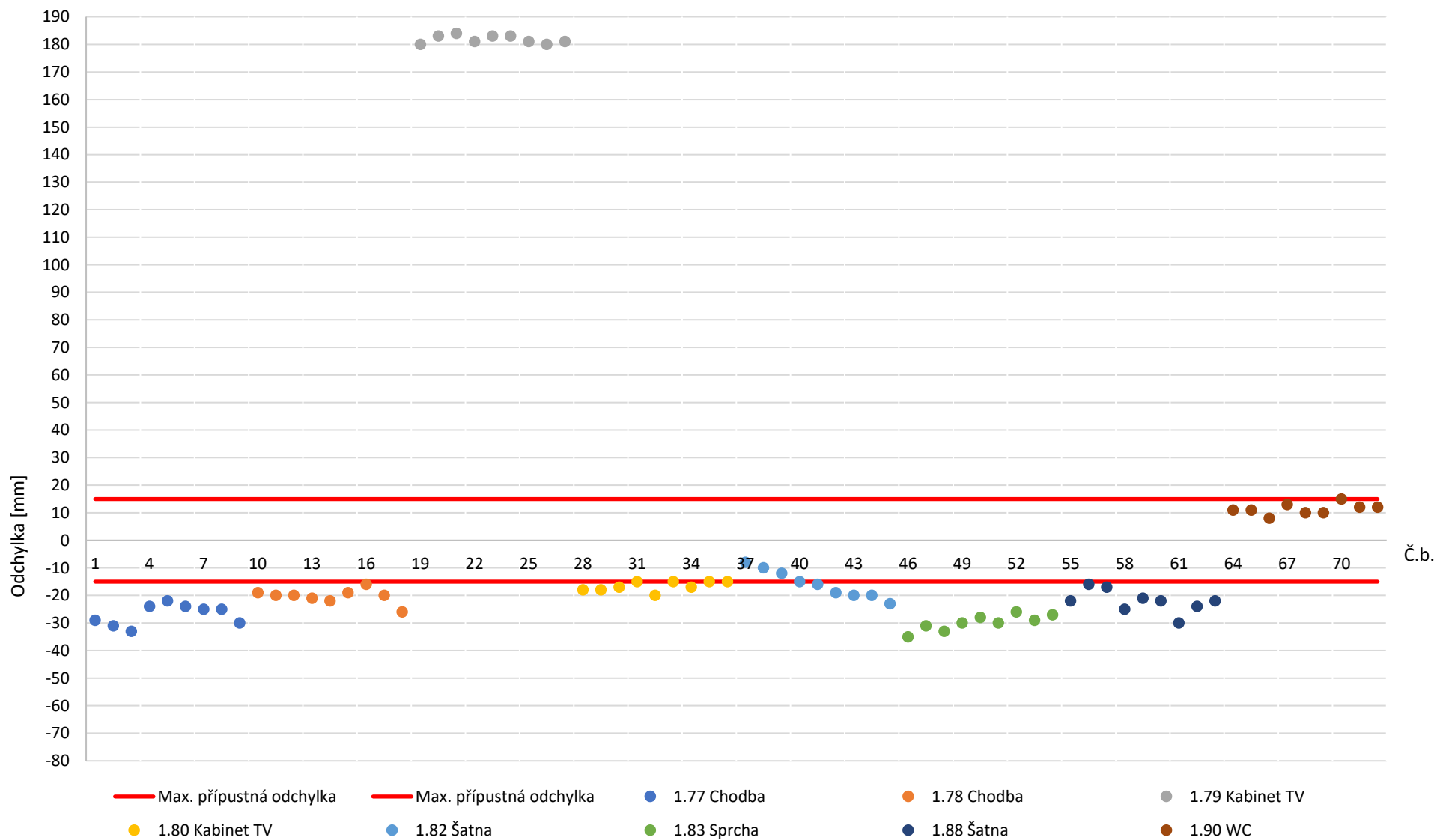
Vyhodnocení vzdálenosti protilehlých konstrukcí u jednotlivých místností jsem znázornil graficky (viz graf 5 a graf 6). Na grafu jsou opět vyznačeny jednotlivá měření pomocí bodů a zároveň jsou barevně rozlišeny podle čísla místnosti. Dále se v grafu nachází dvě červené čáry, které vyznačují u jednotlivých místností různou maximální přípustnou odchylku jako jsou  $\pm 15$  mm a  $\pm 25$  mm. Na grafech lze vidět, že i zde velké množství místností nesplňuje maximální přípustnou odchylku  $\pm 15$  nebo  $\pm 25$  mm. Hlavním důvodem nevyhovujících světlých šířek je okótování rozměrů místností, u kterých není počítáno s finální povrchovou úpravou. Tato finální povrchová úprava může dělat při součtu dvou stěn cca. 20 mm. Dalšími možnými důvody může být nepřesnost při vytyčení konstrukce, geometrická nepřesnost při zdění nebo betonáži stěn anebo nerovnost finální povrchové úpravy. U místností 1.79 Kabinet TV, 2.55 Bufet a 2.56 Klubovna jsou větší odchylky při měření zapříčiněny nepřesným zaměřením stávající stavby a dodatečným zvětšením nové přístavby. Z celkového vyhodnocení naměřených hodnot (viz graf 4) lze zjistit, že 62 % naměřených hodnot nevyhovělo.

### Celkové vyhodnocení naměřených hodnot



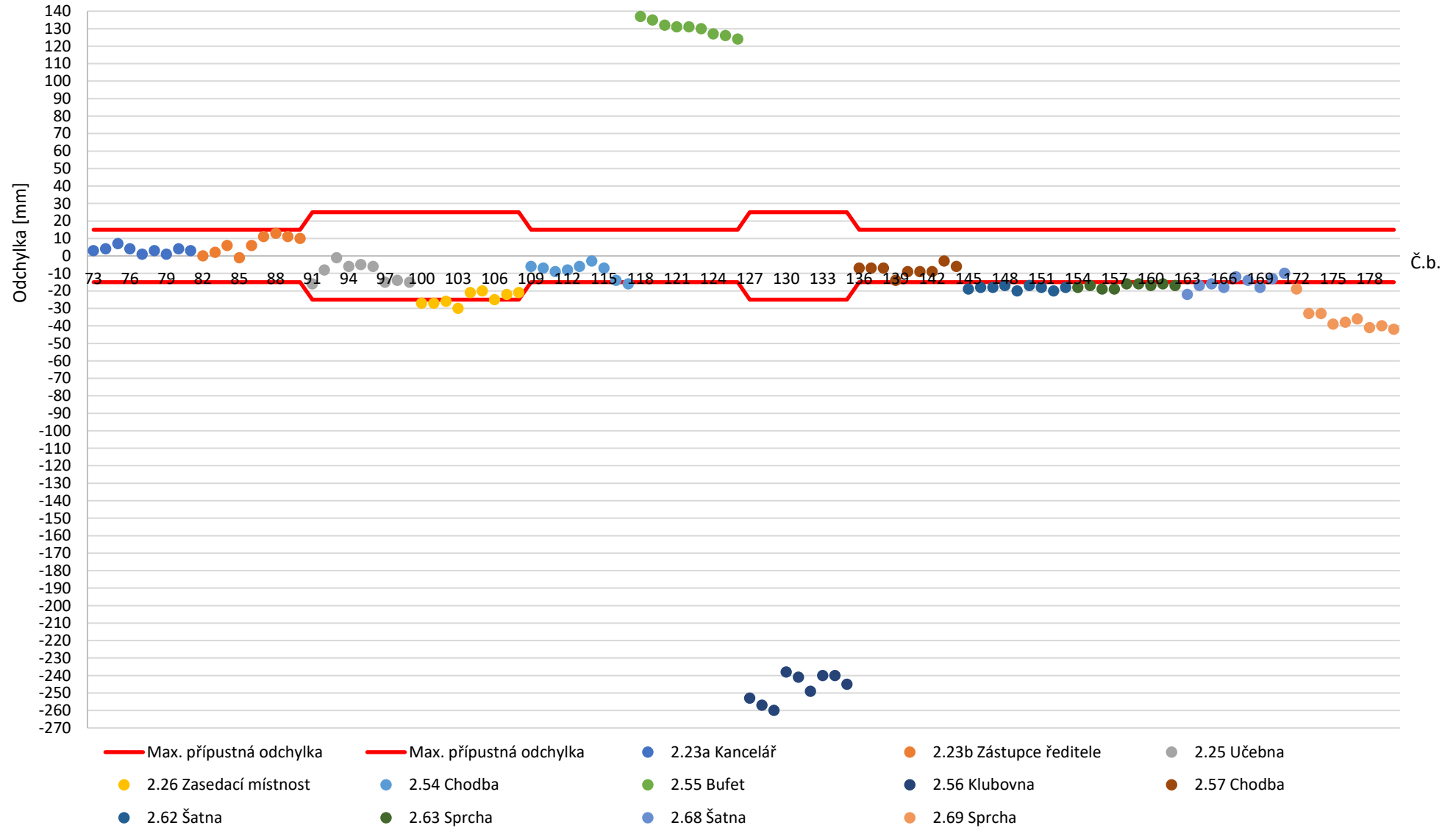
Graf 4 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot vzdálenosti svislých protilehlých konstrukcí

### Vzdálenosti svislých protilehlých konstrukcí 1. NP



Graf 5- Vzdálenosti svislých protilehlých konstrukcí 1. NP

## Vzdálenosti svislých protilehlých konstrukcí 2. NP



Graf 6 - Vzdálenosti svislých protilehlých konstrukcí 2. NP

### 8.3 Svislost konstrukcí

Dalším měřením geometrické přesnosti byla kontrola svislosti konstrukce. Jedná se o měření, kde kontroluji svislost konstrukce ke zvolené vztahné přímce, kterou si vytvořím pomocí liniového laseru. Při měření jsem postupoval dle popsaného postupu z kapitoly 4.2.1 Postup měření. V každé kontrolované místnosti jsem provedl 9 měření, které jsem zapsal do tabulky a vyhodnotil (viz příloha č. 3).

- **Měřidla:**

Při měření jsem používal liniový laser značky HILTI typu PM 40-MG a svinovací metr. Liniový laserový přístroj HILTI PM 40-MG má přesnost  $\pm 2$  mm při 10 m.

- **Kontrolované místnosti:**

Kontrolu svislosti konstrukce jsem měřil v 1. NP a v 2. NP, celkem jsem naměřil 54 bodů v 6 místnostech.

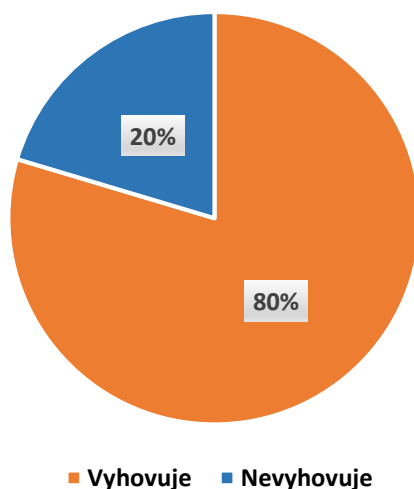
- **Maximální přípustná odchylka:**

Dle normy ČSN EN 13670 a dle normy ČSN EN 1996-2 pro svislost konstrukcí jsem zvolil u všech kontrolovaných místností maximální přípustnou odchylku  $\pm 20$  mm.

- **Vyhodnocení:**

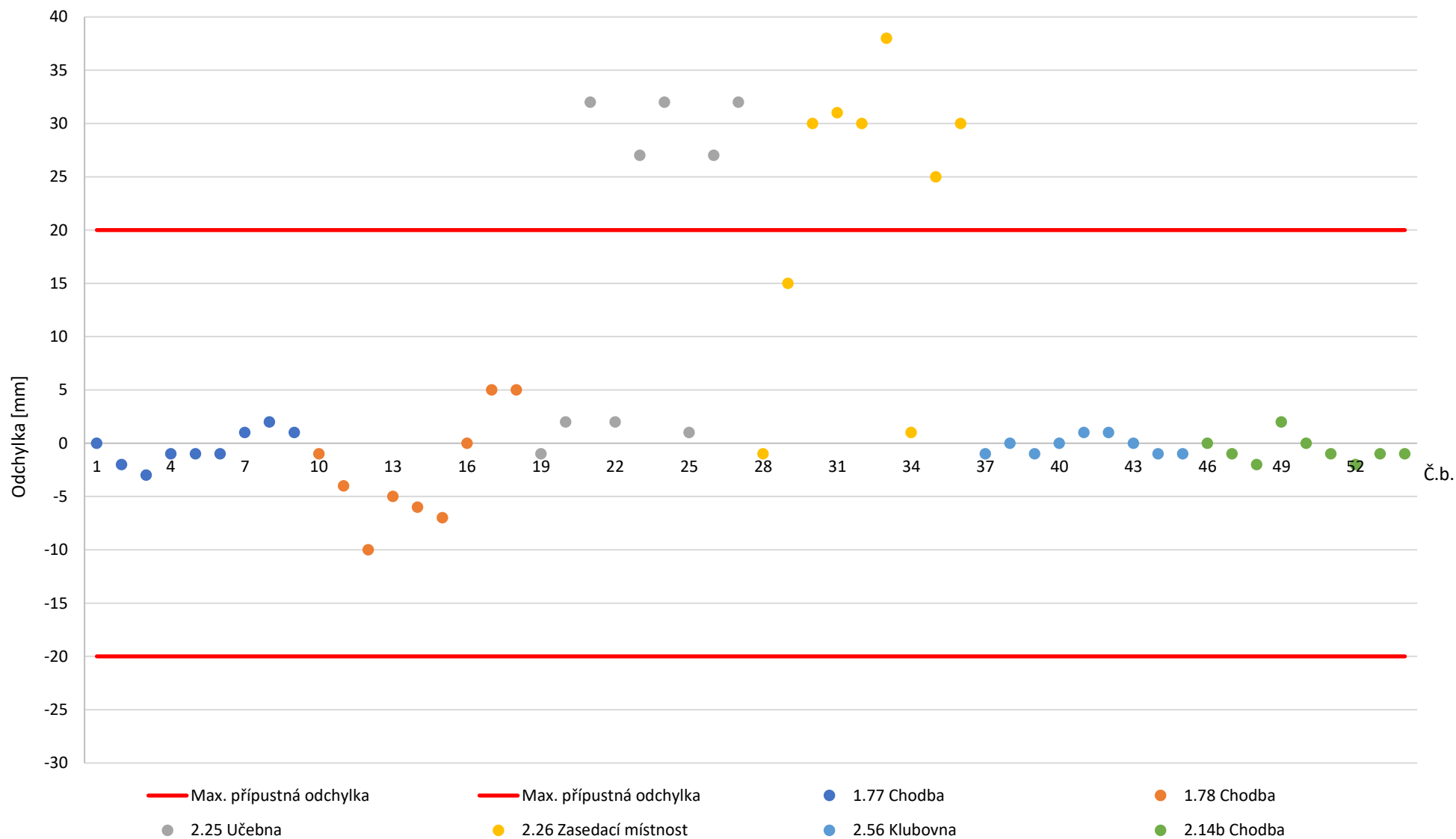
Vyhodnocení svislosti konstrukcí u jednotlivých místností jsem znázornil graficky (viz graf 8). Na grafu jsou opět vyznačeny jednotlivá měření pomocí bodů a zároveň jsou barevně rozlišeny podle čísla místnosti. Dále se v grafu nachází dvě červené čáry, které vyznačují u místností maximální přípustnou odchylku. Na grafu lze vidět, že většina místností splňuje maximální přípustnou odchylku  $\pm 20$  mm. Nevyhovujícími místnostmi je 2.25 Učebna a 2.26 Zasedací místnost. Důvodem nevyhovující svislosti může být geometrická nepřesnost při zdění nebo betonáži stěn, anebo nerovnost finální povrchové úpravy. Z celkového vyhodnocení naměřených hodnot (viz graf 7) lze zjistit, že 80 % naměřených hodnot vyhovělo.

**Celkové vyhodnocení naměřených hodnot**



*Graf 7 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot svislosti konstrukcí*

## Svislost konstrukcí



Graf 8 - Svislost konstrukcí

## 8.4 Celková rovinnost svislých konstrukcí

Dalším měřením geometrické přesnosti byla kontrola celkové rovinnosti svislých konstrukcí. Jedná se o měření, kde kontroluji celkovou rovinnost svislých konstrukcí ke zvolené referenční rovině, kterou si vytvořím pomocí liniového laseru. Při měření jsem postupoval dle popsaného postupu z kapitoly 4.3.1 Postup měření. V každé kontrolované místnosti jsem provedl 12 měření, které jsem zapsal do tabulky a vyhodnotil (*viz příloha č. 4*).

### ▪ Měřidla:

Při měření jsem používal liniový laser značky HILTI typu PM 40-MG a svinovací metr. Liniový laserový přístroj HILTI PM 40-MG má přesnost  $\pm 2$  mm při 10 m.

### ▪ Kontrolované místnosti:

Kontrolu celkové rovinnosti svislých konstrukcí jsem měřil v 1. NP a v 2. NP, celkem jsem naměřil 96 bodů v 8 místnostech.

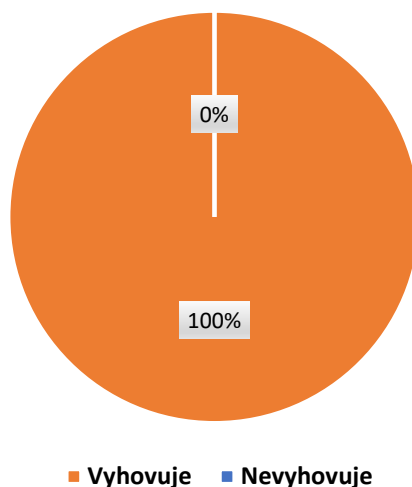
### ▪ Maximální přípustná odchylka:

Dle normy ČSN 73 0205 pro celkovou rovinnost svislých konstrukcí s dokončeným povrchem jsem zvolil u všech kontrolovaných místností maximální přípustnou odchylku  $\pm 8$  mm.

### ▪ Vyhodnocení:

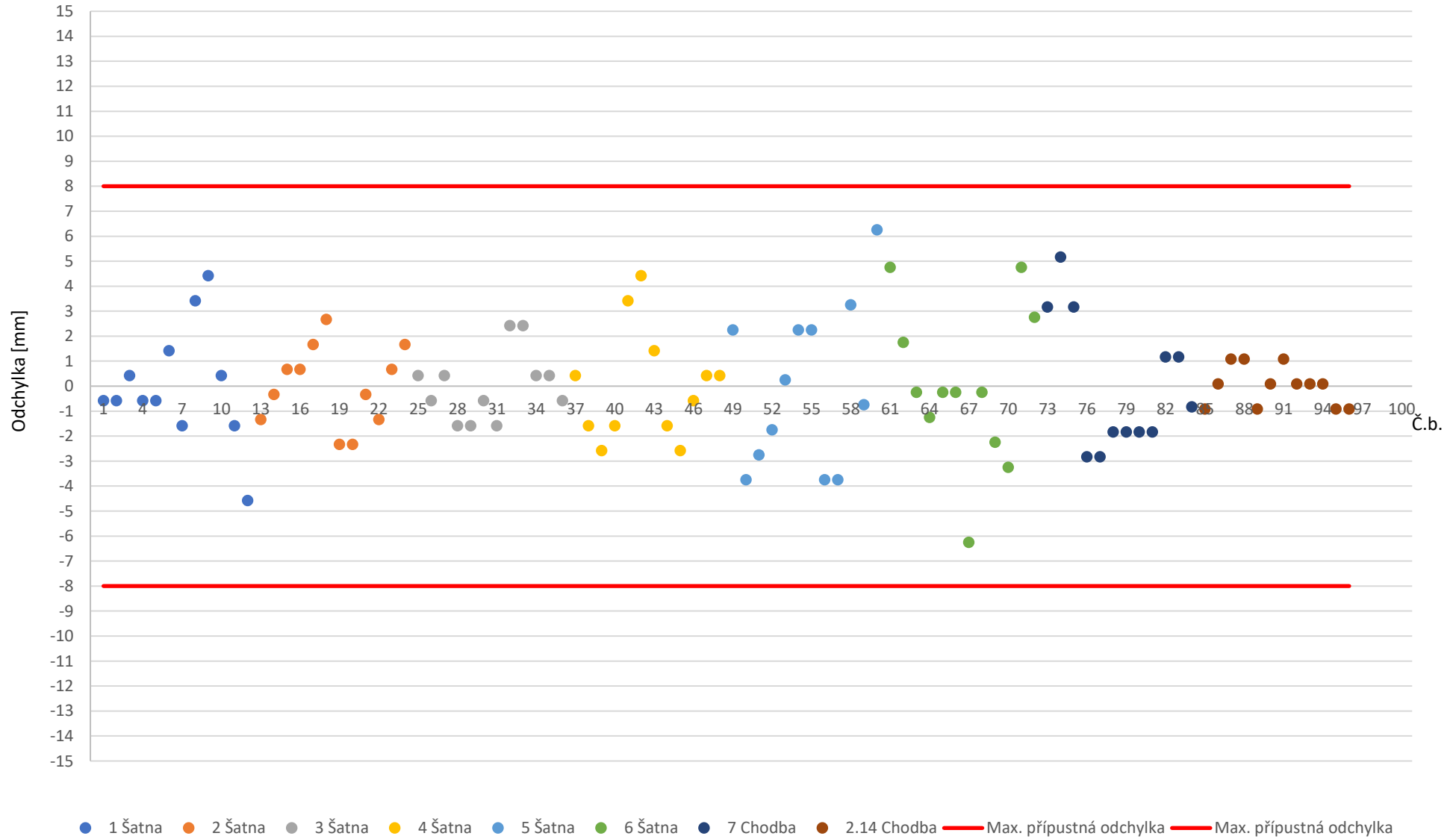
Vyhodnocení celkové rovinnosti svislých konstrukcí u jednotlivých místností jsem znázornil graficky (*viz graf 10*). Na grafu jsou opět vyznačeny jednotlivá měření pomocí bodů a zároveň jsou barevně rozlišeny podle čísla místnosti. Dále se v grafu nachází dvě červené čáry, které vyznačují u místností maximální přípustnou odchylku. Na grafu lze vidět, že všechny místnosti splňují maximální přípustnou odchylku  $\pm 8$  mm. Z celkového vyhodnocení naměřených hodnot (*viz graf 9*) lze zjistit, že 100 % naměřených hodnot vyhovělo.

### Celkové vyhodnocení naměřených hodnot



Graf 9 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot celkové rovinnosti svislých konstrukcí

### Celková rovinnost svislých konstrukcí



Graf 10 - Celková rovinnost svislých konstrukcí

## 8.5 Celková rovinnost vodorovných konstrukcí

Dalším měřením geometrické přesnosti byla kontrola celkové rovinnosti vodorovných konstrukcí. Jedná se o měření, kde kontroluji celkovou rovinnost vodorovných konstrukcí ke zvolené referenční rovině, kterou si vytvořím pomocí rotačního laseru. Při měření jsem postupoval dle popsaného postupu z kapitoly 4.3.1 Postup měření. V každé kontrolované místnosti jsem provedl minimálně 12 měření, které jsem zapsal do tabulky a vyhodnotil (viz příloha č. 5).

### ▪ Měřidla:

Při měření jsem používal rotační laser značky HILTI typu PR 300 – HV2S. Přesnost měřicího přístroje je  $\pm 0,5$  mm při 10 m.

### ▪ Kontrolované místnosti:

Kontrolu celkové rovinnosti vodorovných konstrukcí jsem měřil v 1. NP a v 2. NP, celkem jsem naměřil 162 bodů v 10 místnostech.

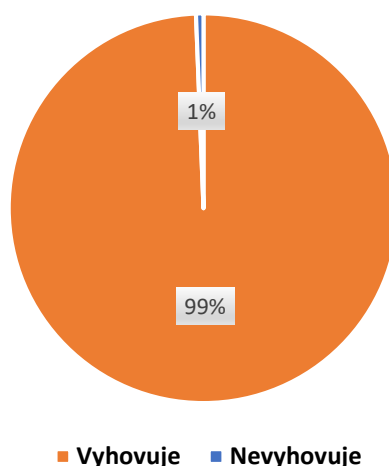
### ▪ Maximální přípustná odchylka:

Dle normy ČSN 73 0205 pro celkovou rovinnost vodorovných konstrukcí s dokončeným povrchem jsem zvolil u všech kontrolovaných místností maximální přípustnou odchylku  $\pm 8$  mm.

### ▪ Vyhodnocení:

Vyhodnocení celkové rovinnosti vodorovných konstrukcí u jednotlivých místností jsem znázornil graficky (viz graf 12 a graf 13). Na grafu jsou opět vyznačeny jednotlivá měření pomocí bodů a zároveň jsou barevně rozlišeny podle čísla místnosti. Dále se v grafu nachází dvě červené čáry, které vyznačují u místností maximální přípustnou odchylku. Na grafu lze vidět, že všechny body kromě jednoho splňují maximální přípustnou odchylku  $\pm 8$  mm. Nevyhovující jeden bod nejspíš nevyhověl z důvodu chyby při měření, nebo z důvodu lokální nerovnosti. Z celkového vyhodnocení naměřených hodnot (viz graf 11) lze zjistit, že 99 % naměřených hodnot vyhovělo.

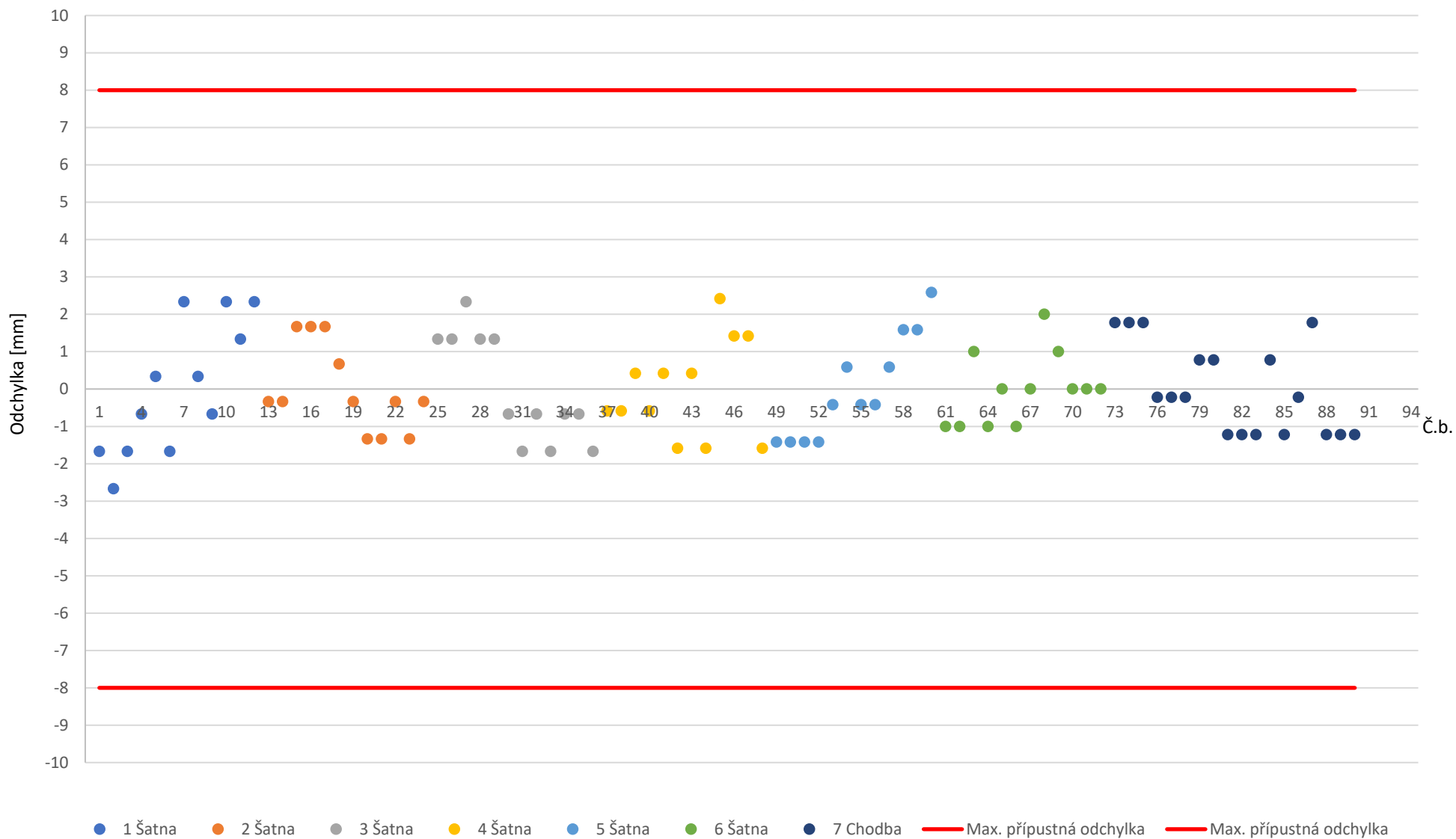
### Celkové vyhodnocení naměřených hodnot



Graf 11 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot celkové rovinnosti vodorovných konstrukcí

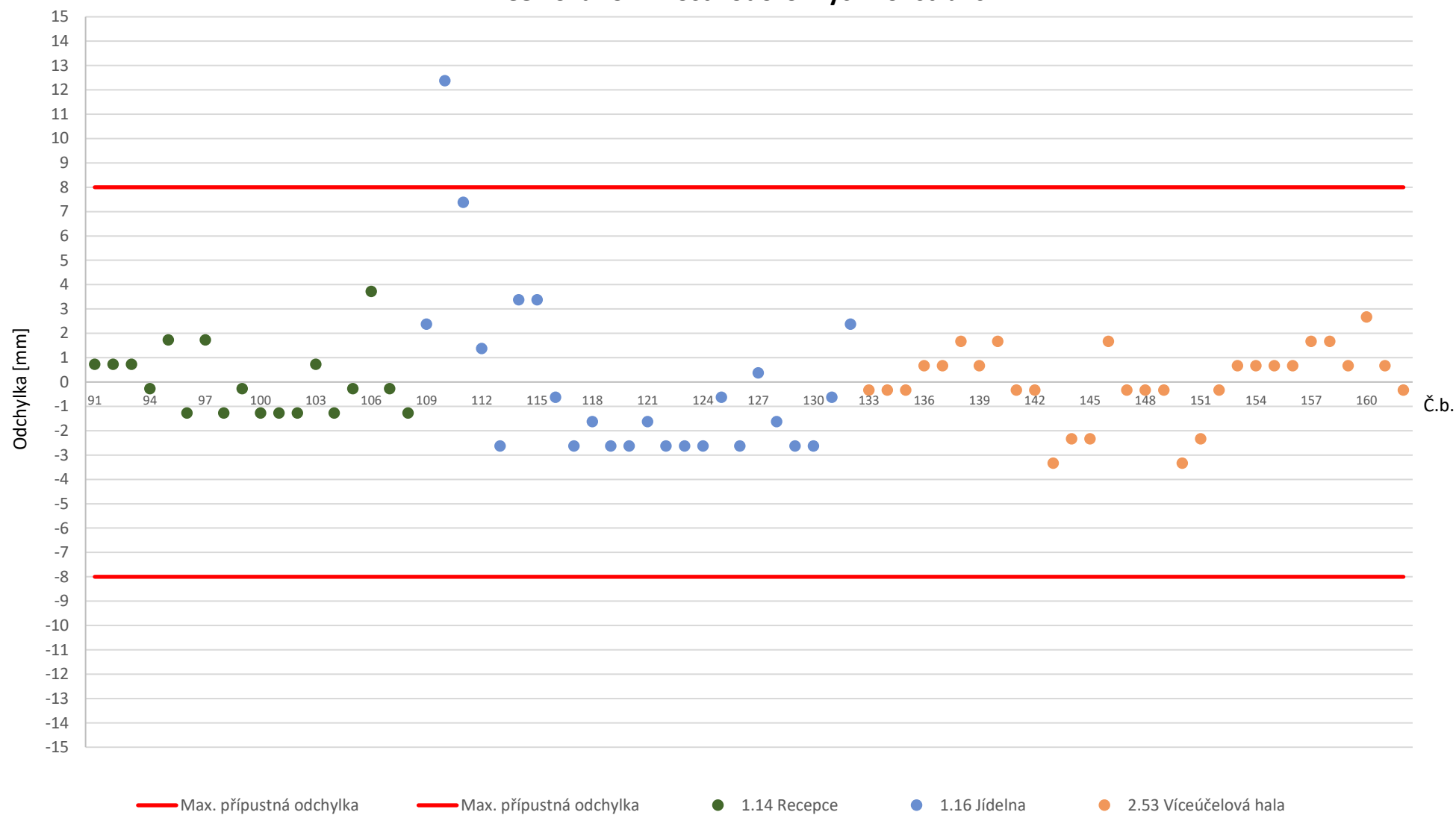


### Celková rovinnost vodorovných konstrukcí



*Graf 12 - Celková rovinnost vodorovných konstrukcí*

### Celková rovinnost vodorovných konstrukcí



Graf 13 - Celková rovinnost vodorovných konstrukcí

## 8.6 Místní rovinnost svislých konstrukcí

Dalším měřením geometrické přesnosti byla kontrola místní rovinnosti svislých konstrukcí. Jedná se o měření pomocí 2 m latě, pod kterou zasouvám měrný klínek a zjišťuji místní rovinnost. Při měření jsem postupoval dle popsaného postupu z kapitoly 4.4.1 Postup měření. V každé kontrolované místnosti jsem provedl 25 měření, které jsem zapsal do tabulky a vyhodnotil (viz příloha č. 6).

### ▪ Měřidla:

Při měření jsem používal 2 m latě s podložkami a měrný klínek.

### ▪ Kontrolované místnosti:

Kontrolu místní rovinnosti svislých konstrukcí jsem měřil v 1. NP a v 2. NP, celkem jsem naměřil 250 bodů v 10 místnostech.

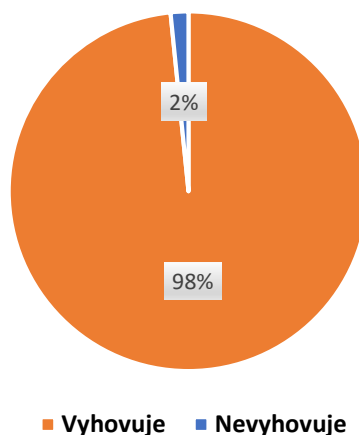
### ▪ Maximální přípustná odchylka:

Dle normy ČSN 73 0205 pro místní rovinnost dokončených povrchů jsem zvolil u všech kontrolovaných místností s omítkou maximální přípustnou odchylku  $\pm 2$  mm a dle normy ČSN 74 3451 pro místní rovinnost dokončených povrchů jsem zvolil u všech kontrolovaných místností s obkladem maximální přípustnou odchylku  $\pm 3$  mm.

### ▪ Vyhodnocení:

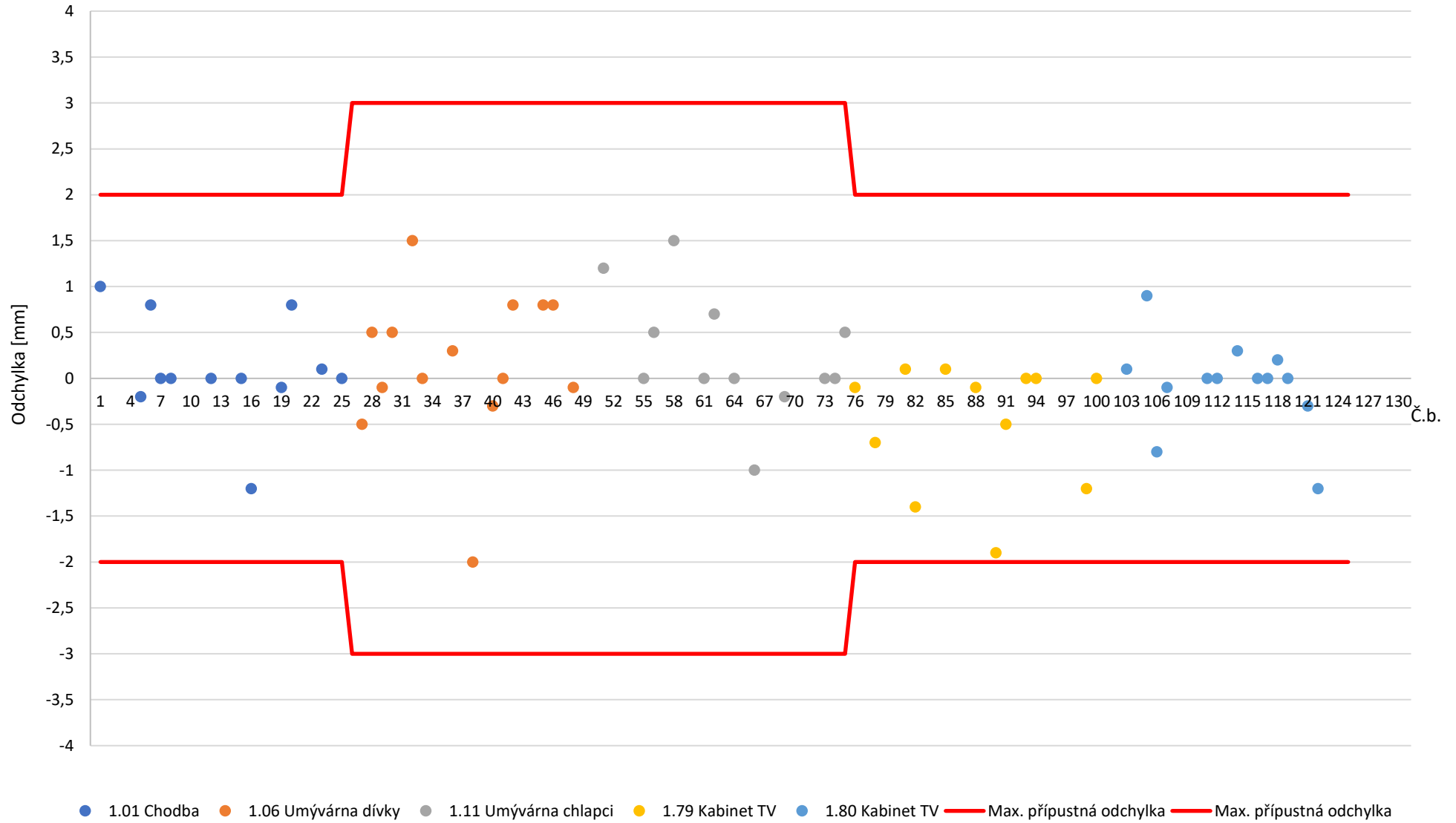
Vyhodnocení místní rovinnosti svislých konstrukcí u jednotlivých místností jsem znázornil graficky (viz graf 15 a graf 16). Na grafu jsou opět vyznačeny jednotlivá měření pomocí bodů a zároveň jsou barevně rozlišeny podle čísla místnosti. Dále se v grafu nachází dvě červené čáry, které vyznačují u místností maximální přípustnou odchylku. Na grafu lze vidět, že většina kontrolovaných bodů splňují maximální přípustnou odchylku  $\pm 2$  mm pro povrchovou úpravu z omítky a  $\pm 3$  mm pro povrchovou úpravu z obkladu. Nevyhovující tři body se nachází v místnosti 2.23 Kancelář a 2.25 Učebna. Jedná se pouze o malou lokální nerovnost omítky, která je způsobena nepřesností při omítání. Z celkového vyhodnocení naměřených hodnot (viz graf 14) lze zjistit, že 98 % naměřených hodnot vyhovělo.

### Celkové vyhodnocení naměřených hodnot



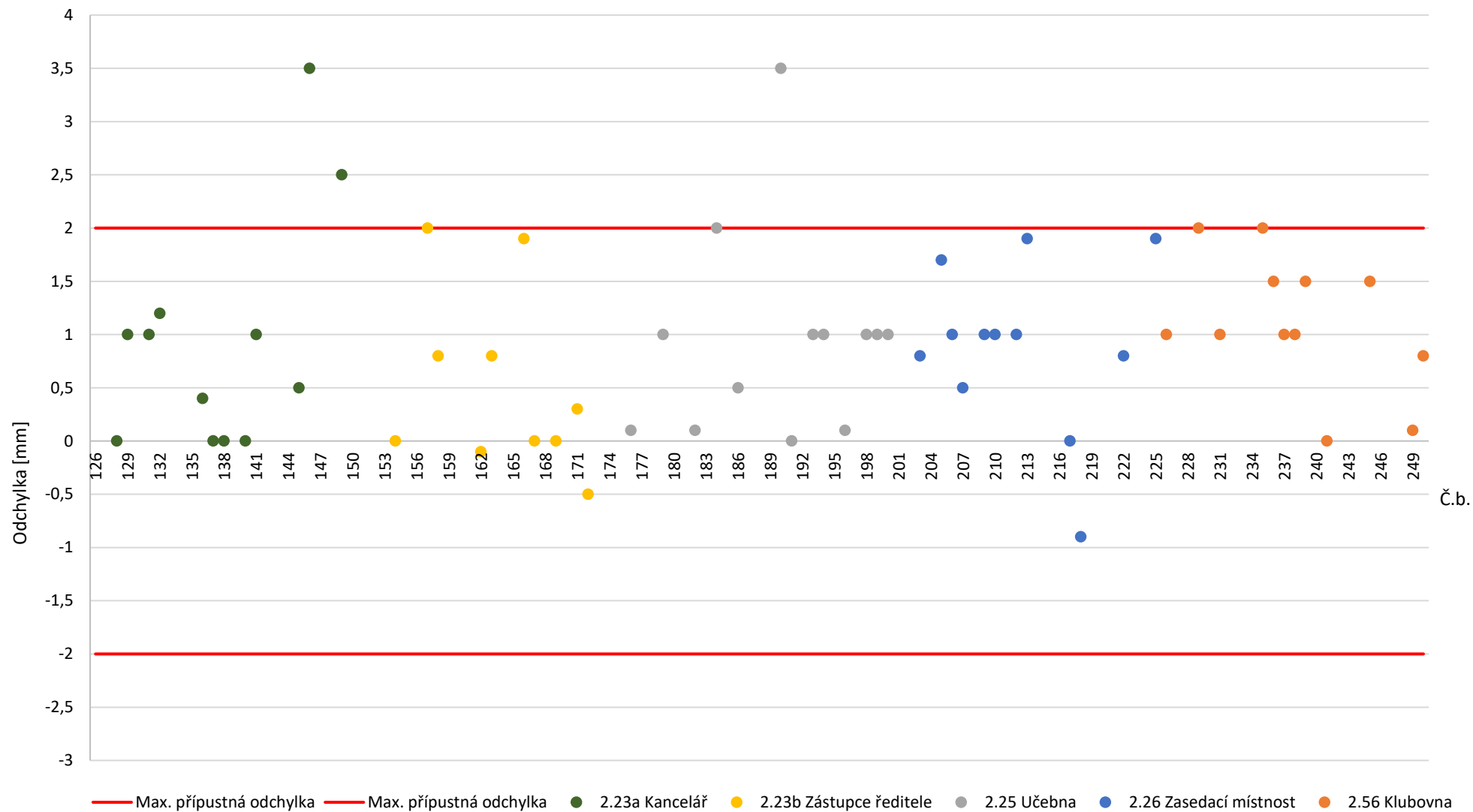
Graf 14 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot místní rovinnosti svislých konstrukcí

### Místní rovinnost svislých konstrukcí 1. NP



Graf 15 - Místní rovinnost svislých konstrukcí 1. NP

### Místní rovinnost svislých konstrukcí 2. NP



Graf 16 - Místní rovinnost svislých konstrukcí 2. NP

## 8.7 Místní rovinnost vodorovných konstrukcí

Dalším měřením geometrické přesnosti byla kontrola místní rovinnosti vodorovných konstrukcí. Jedná se o měření pomocí 2 m latě, pod kterou zasouvám měrný klínek a zjišťuji místní rovinnost. Při měření jsem postupoval dle popsaného postupu z kapitoly 4.4.1 Postup měření. V každé kontrolované místnosti jsem provedl 25 měření, které jsem zapsal do tabulky a vyhodnotil (viz příloha č. 7).

### ▪ Měřidla:

Při měření jsem používal 2 m latě s podložkami a měrný klínek.

### ▪ Kontrolované místnosti:

Kontrolu místní rovinnosti svislých konstrukcí jsem měřil v 1. NP a v 2. NP, celkem jsem naměřil 250 bodů v 10 místnostech.

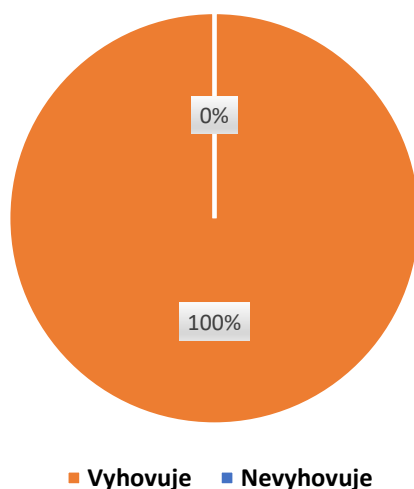
### ▪ Maximální přípustná odchylka:

Dle normy ČSN 73 0205 pro místní rovinnost dokončených povrchů jsem zvolil u všech kontrolovaných místností s nášlapnou vrstvou maximální přípustnou odchylku  $\pm 2$  mm a dle normy ČSN 74 3451 pro místní rovinnost dokončených povrchů jsem zvolil u všech kontrolovaných místností s dlažbou maximální přípustnou odchylku  $\pm 3$  mm.

### ▪ Vyhodnocení:

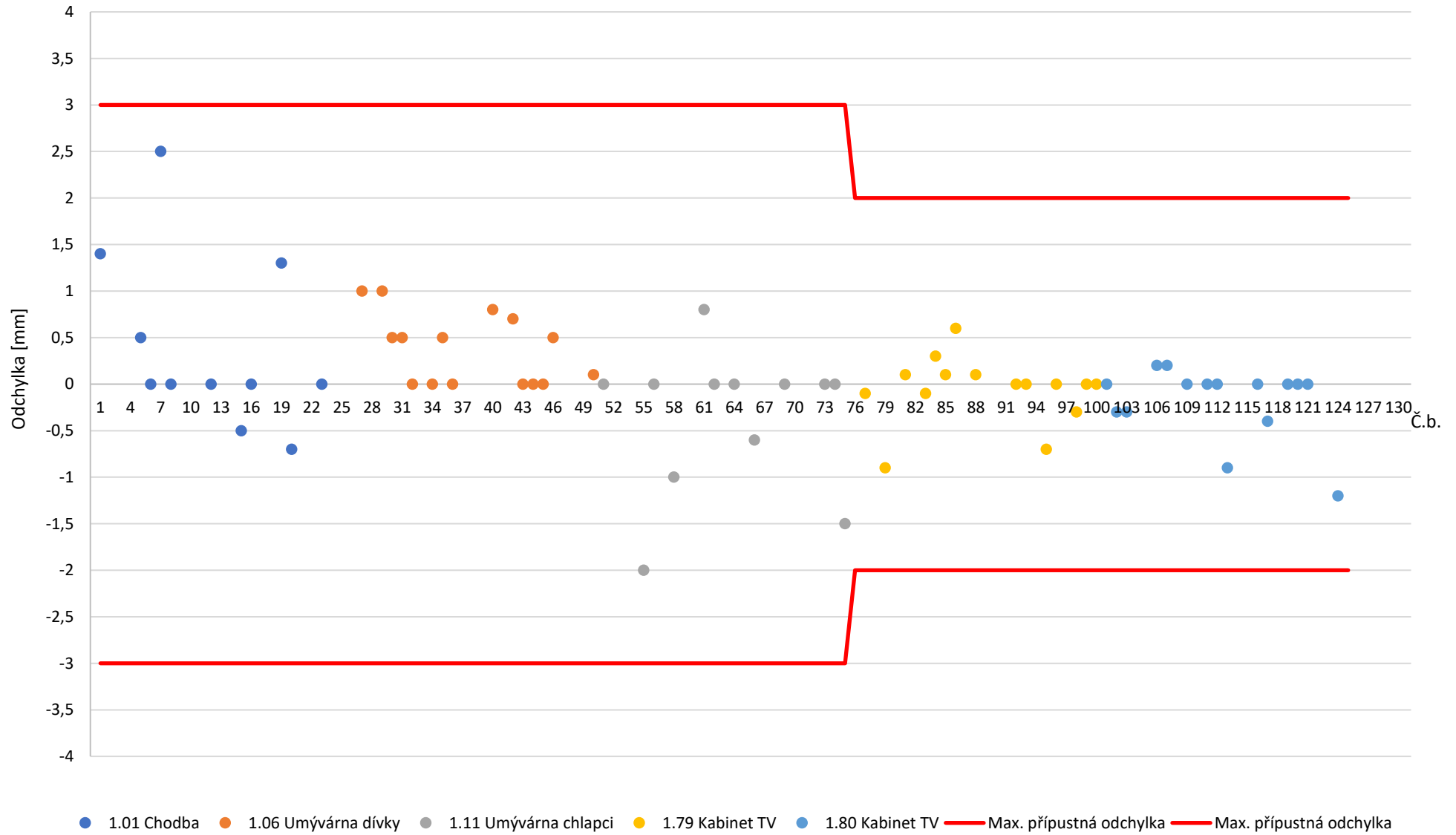
Vyhodnocení místní rovinnosti vodorovných konstrukcí u jednotlivých místností jsem znázornil graficky (viz graf 18 a graf 19). Na grafu jsou opět vyznačeny jednotlivá měření pomocí bodů a zároveň jsou barevně rozlišeny podle čísla místnosti. Dále se v grafu nachází dvě červené čáry, které vyznačují u místností maximální přípustnou odchylku. Na grafu lze vidět, že všechny kontrolované body splňují maximální přípustnou odchylku  $\pm 2$  mm pro povrchovou úpravu z omítky a  $\pm 3$  mm pro povrchovou úpravu z obkladu. Z celkového vyhodnocení naměřených hodnot (viz graf 17) lze zjistit, že 100 % naměřených hodnot vyhovělo.

### Celkové vyhodnocení naměřených hodnot



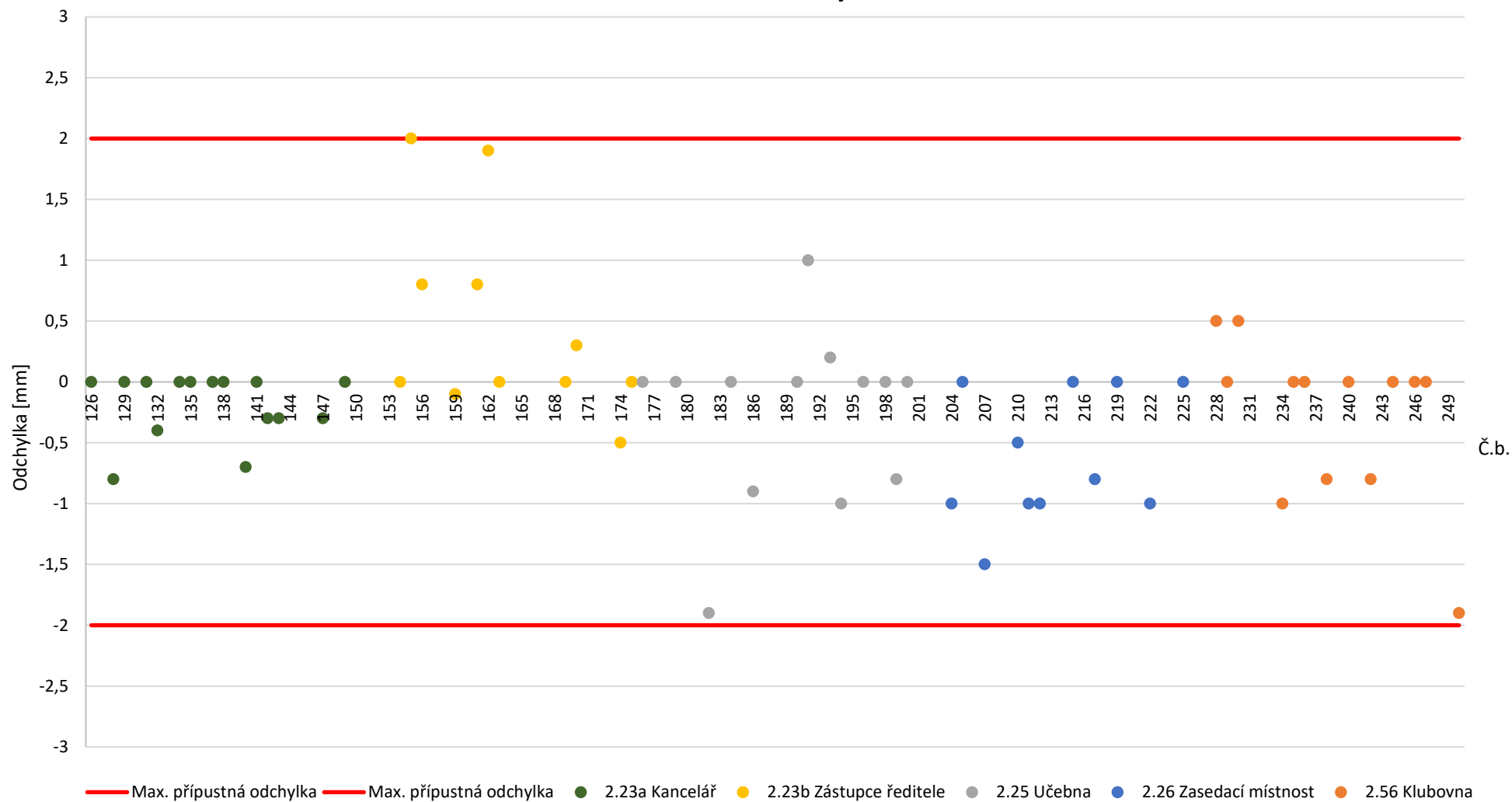
Graf 17 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot místní rovinnosti vodorovných konstrukcí

### Místní rovinnost vodorovných konstrukcí 1. NP



Graf 18 - Místní rovinnost vodorovných konstrukcí 1. NP

### Místní rovinnost vodorovných konstrukcí 2. NP



Graf 19 - Místní rovinnost vodorovných konstrukcí 2. NP



## 8.8 Pravoúhlost svislých konstrukcí

Dalším měřením geometrické přesnosti byla kontrola pravoúhlosti svislých konstrukcí. Jedná se o měření pomocí totální stanice, s kterou si zaměříme v rohové body a následně převedeme do grafického softwarové programu a vyhodnotíme. Při měření jsem postupoval dle popsaného postupu z kapitoly 4.5.1 Postup měření. V každé kontrolované místnosti jsem provedl 8 měření, které jsem po vyhodnocení zapsal do tabulky a porovnal s normou (viz příloha č. 8).

### ▪ Měřidla:

Při měření jsem používal totální stanici Leica TS06 plus.

### ▪ Kontrolované místnosti:

Kontrolu pravoúhlosti svislých konstrukcí jsem měřil v 1. NP a v 2. NP, celkem jsem naměřil 40 bodů v 5 místnostech.

### ▪ Maximální přípustná odchylka:

Dle normy ČSN 73 0205 pro pravoúhlost svislých konstrukcí jsem zvolil u kontrolovaných místností o rozměru  $L \leq 4$  m maximální přípustnou odchylku  $\pm 5$  mm a u kontrolovaných místností o rozměru  $4 \text{ m} < L \leq 8$  m maximální přípustnou odchylku  $\pm 8$  mm.



Obrázek 24 - Měření totální stanicí Leica TS06 plus

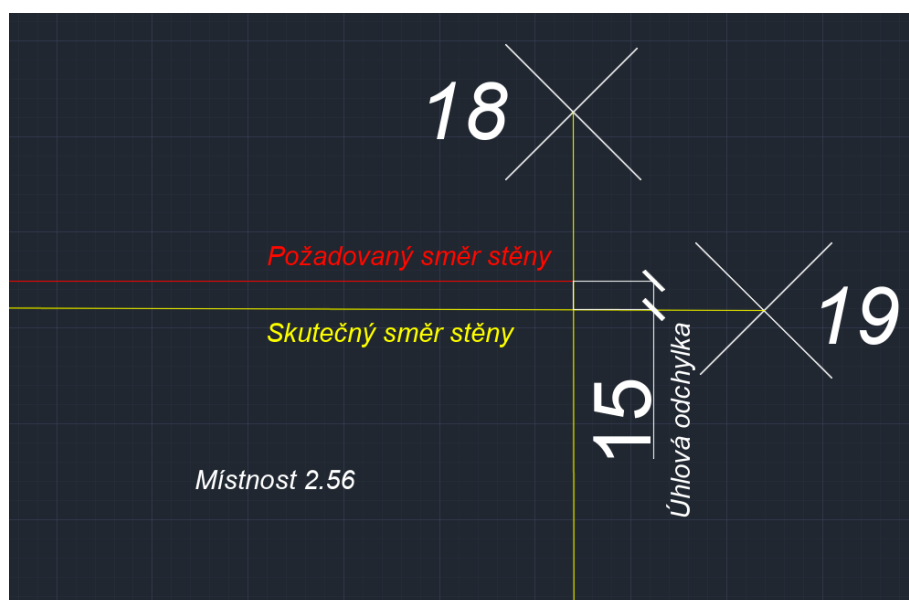
### ▪ Vyhodnocení:

Výsledky pravoúhlosti svislých konstrukcí jsou zobrazeny v tabulce (viz tabulka 15). V tabulce jsou uvedeny jednotlivé požadované body pro pravoúhlost a naměřené skutečné body. Body jsou získané z půdorysu zaměřených místností. Při rozdílu požadovaného bodu a naměřeného skutečného bodu se získá úhlová odchylka, která se následně porovná

s maximální přípustnou odchylkou. Na *obrázku 26* můžeme vidět zaměřené body u všech místností pomocí totální stanice a na *obrázku 25* lze vidět detail zaměřených bodů a vzdálenost mezi požadovaným směrem stěny a skutečným směrem stěny. Z *tabulky 15* lze vyčíst, že ne všechny kontrolované místnosti mají přesný pravý úhel. Nesplnění daného požadavku může zavinit např. nepřesné rozměření stěny nebo nerovnoměrné natažení omítky.

*Tabulka 15 - Pravoúhlost svislých konstrukcí*

Místnost	Požadovaný bod	Naměřený skutečný bod	Úhlová odchylka [mm]	Max. přípustná odchylka	Vyhovuje (Ano/Ne)
				ČSN	ČSN
1.01	16776,76	16773,54	3	±5	Ano
	2213,28	2210,69	3	±5	Ano
1.78	16781,70	16785,77	-4	±5	Ano
	2303,37	2296,90	7	±5	Ne
1.79	16774,63	16759,63	15	±8	Ne
	8677,20	8680,81	-4	±8	Ano
2.25	16775,77	16786,29	-11	±8	Ne
	5058,57	5078,15	-20	±8	Ne
2.56	16781,91	16805,68	-24	±8	Ne
	6540,64	6555,19	-15	±8	Ne



*Obrázek 25 – Detail geodeticky zaměřených bodů*



Obrázek 26 - Geodeticky zaměřené body pro stanovení úhlových odchylek

## 8.9 Geometrická přesnost výšky a šířky jednotlivých stupňů u schodiště

Dalším měřením geometrické přesnosti byla kontrola výšky a šířky jednotlivých stupňů u schodiště. Jedná se o měření, kde pomocí úhelníku a svinovacího metru kontrolujeme každý stupeň na jednom rameni schodiště. Při měření jsem postupoval dle popsaného postupu z kapitoly 4.6.1 Postup měření. Na každém kontrolovaném rameni jsem provedl minimálně 8 měření výšek a šířek stupňů, které jsem zapsal do tabulky a vyhodnotil (*viz příloha č. 9 a příloha č. 10*).

### ▪ **Měřidla:**

Při měření jsem používal úhelník a svinovací metr.

### ▪ **Kontrolovaná schodiště:**

Kontrolu geometrické přesnosti výšky a šířky jednotlivých stupňů u schodiště jsem měřil v 1. NP a v 2. NP, celkem jsem naměřil přibližně dvakrát 120 bodů na 5 místech.

### ▪ **Maximální přípustná odchylka:**

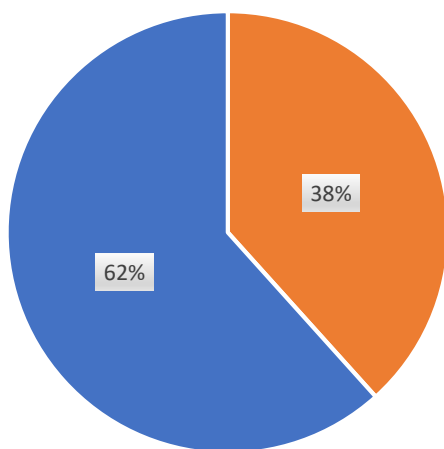
Dle normy ČSN 73 4130 je doporučená odchylka pro výšky a šířky schodišťových stupňů  $\pm 0$  mm. Pro srovnání lze výsledky porovnat s normou DIN 18 065, která má doporučenou odchylku pro výšky a šířky schodišťových stupňů  $\pm 5$  mm.

### ▪ **Vyhodnocení:**

Vyhodnocení geometrické přesnosti výšky jednotlivých stupňů u schodiště jsem znázornil graficky (*viz graf 24*). Na grafu jsou vyznačeny jednotlivá měření pomocí bodů a zároveň jsou barevně rozlišeny podle ramen schodiště. Dále se v grafu nachází červená čára, která vyznačuje maximální přípustnou odchylku pro jednotlivé stupně dle ČSN a dvě zelené čáry, které vyznačuje maximální přípustnou odchylku pro jednotlivé stupně dle DIN. Na grafu lze vidět, že velké množství kontrolovaných stupňů dle ČSN normy nevyhoví z důvodu nulové tolerance. Celkem nevyhovělo dle ČSN 62 % stupňů. V případě německé normy DIN s maximální přípustnou odchylkou  $\pm 5$  mm vyhovělo 94% stupňů.

Vyhodnocení geometrické přesnosti šířky jednotlivých stupňů u schodiště jsem též znázornil graficky (*viz graf 25*). Graf je vytvořen stejným způsobem jak předešlý graf geometrické přesnosti výšky jednotlivých stupňů. Na grafu lze vidět, že zde také velké množství kontrolovaných stupňů dle ČSN normy nevyhoví z důvodu nulové tolerance. U šířky stupňů celkem nevyhovělo dle ČSN 58 % stupňů. V případě německé normy DIN s maximální přípustnou odchylkou  $\pm 5$  mm vyhovělo 100 % kontrolovaných šířek stupňů.

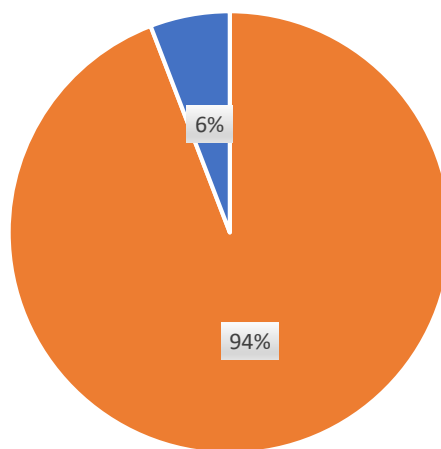
**Celkové vyhodnocení  
naměřených hodnot dle ČSN**



■ Vyhovuje ■ Nevyhovuje

*Graf 23 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot výšky jednotlivých stupňů u schodiště dle ČSN*

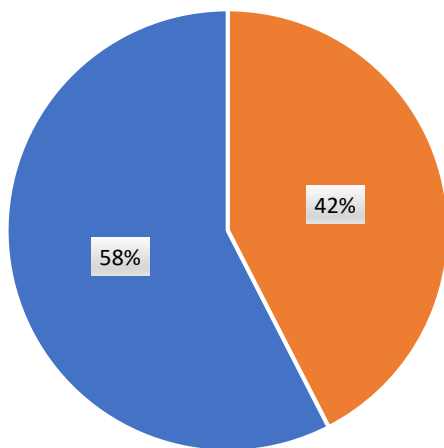
**Celkové vyhodnocení  
naměřených hodnot dle DIN**



■ Vyhovuje ■ Nevyhovuje

*Graf 22 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot výšky jednotlivých stupňů u schodiště dle DIN*

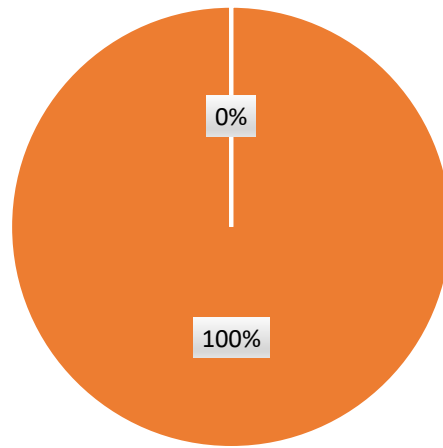
**Celkové vyhodnocení  
naměřených hodnot dle ČSN**



■ Vyhovuje ■ Nevyhovuje

*Graf 20 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot šířky jednotlivých stupňů u schodiště dle ČSN*

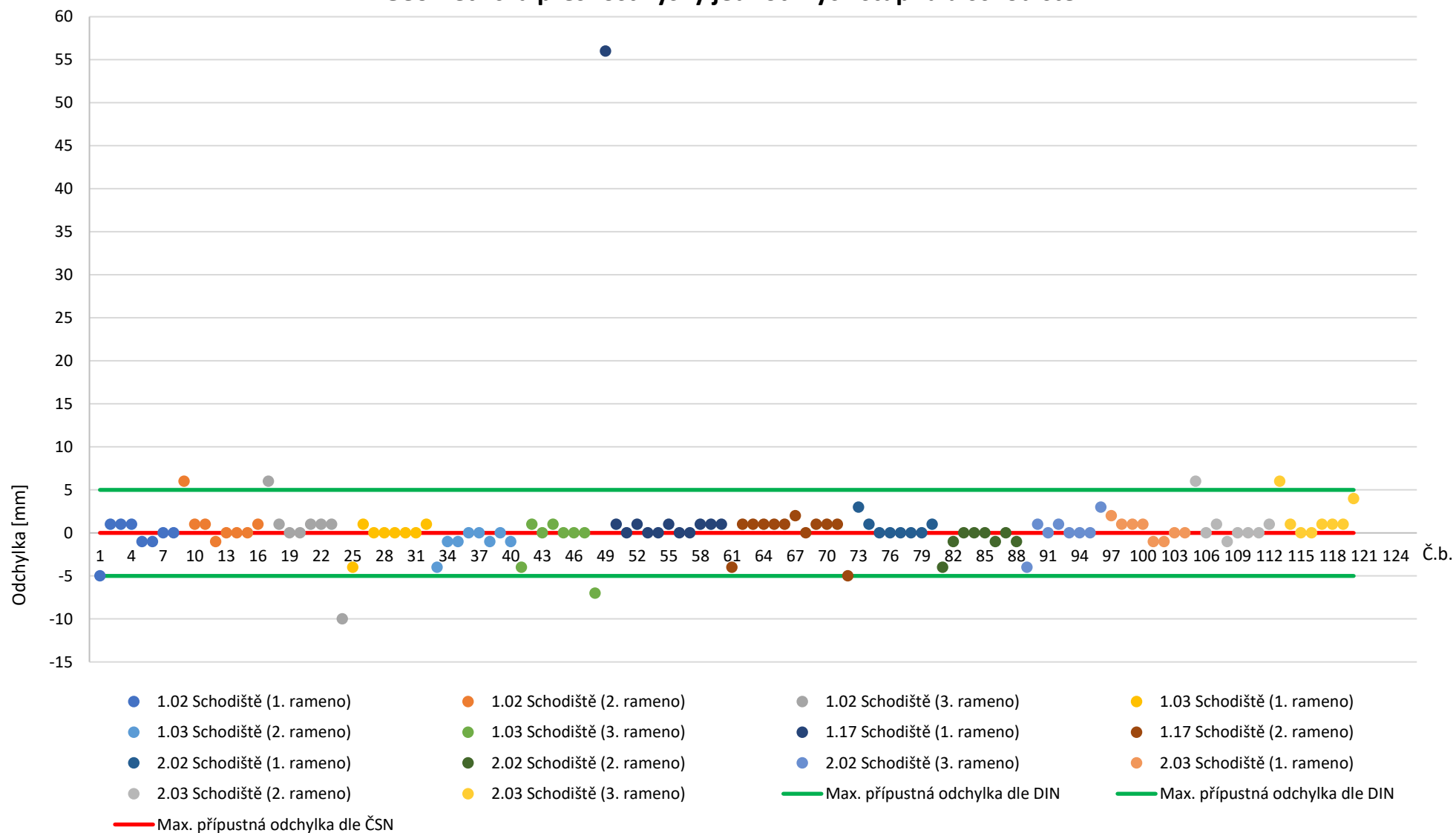
**Celkové vyhodnocení  
naměřených hodnot dle DIN**



■ Vyhovuje ■ Nevyhovuje

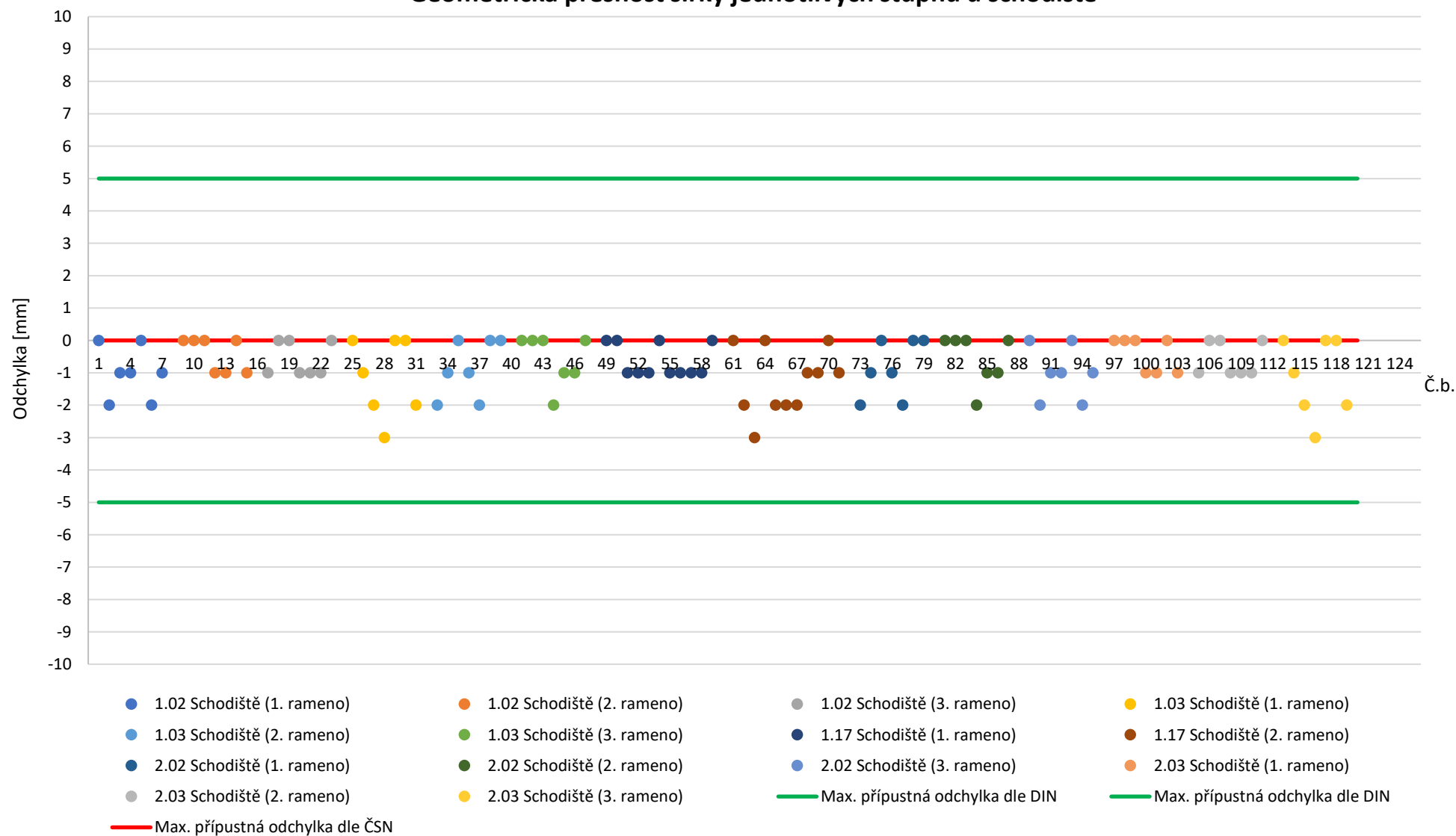
*Graf 21 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot šířky jednotlivých stupňů u schodiště dle DIN*

## Geometrická přesnost výšky jednotlivých stupňů u schodiště



*Graf 24 - Geometrická přesnost výšky jednotlivých stupňů u schodiště*

## Geometrická přesnost šířky jednotlivých stupňů u schodiště



**Graf 25 - Geometrická přesnost šířky jednotlivých stupňů u schodiště**

## 8.10 Geometrická přesnost výšky a šířky dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště

Posledním měřením geometrické přesnosti byla kontrola výšky a šířky dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště. Jedná se o stejné měření jako u geometrické přesnosti výšky a šířky jednotlivých stupňů u schodiště, ale jenom jejich vyhodnocení se liší. Na každém kontrolovaném rameni jsem vycházel ze stejných výšek a šířek stupňů, které jsem zapsal do nové tabulky a vyhodnotil jinou metodou. (*viz příloha č. 11 a příloha č. 12*).

### ▪ **Měřidla:**

Při měření jsem používal úhelník a svinovací metr.

### ▪ **Kontrolovaná schodiště:**

Kontrolu geometrické přesnosti výšky a šířky dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště jsem měřil v 1. NP a v 2. NP, celkem jsem naměřil přibližně dvakrát 120 bodů na 5 místech.

### ▪ **Maximální přípustná odchylka:**

Dle normy ČSN 73 4130 je doporučená odchylka pro výšky a šířky dvou po sobě jdoucích schodišťových stupňů  $\pm 0$  mm. Pro srovnání lze výsledky porovnat s normou DIN 18 065, která má doporučenou odchylku pro výšky a šířky dvou po sobě jdoucích schodišťových stupňů  $\pm 5$  mm.

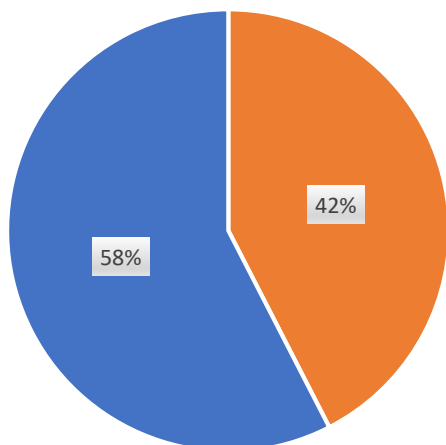
### ▪ **Vyhodnocení:**

Vyhodnocení geometrické přesnosti výšky dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště jsem znázornil graficky (*viz graf 30*). Na grafu jsou vyznačeny jednotlivá měření pomocí bodů a barevně rozlišeny podle ramen schodiště. Dále se v grafu nachází červená čára s maximální přípustnou odchylkou dle ČSN a dvě zelené čáry s maximální přípustnou odchylkou dle DIN. Na grafu lze vidět, že velké množství kontrolovaných stupňů dle ČSN normy nevyhoví z důvodu nulové tolerance. Celkem nevyhovělo dle ČSN 58 % stupňů. V případě německé normy DIN s maximální přípustnou odchylkou  $\pm 5$  mm vyhovělo 94% stupňů.

Vyhodnocení geometrické přesnosti šířky dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště jsem též znázornil graficky (*viz graf 31*). Na grafu lze vidět, že zde také velké množství kontrolovaných stupňů dle ČSN normy nevyhoví z důvodu nulové tolerance. Celkem nevyhovělo dle ČSN 58 % stupňů. V případě německé normy DIN s maximální přípustnou odchylkou  $\pm 5$  mm vyhovělo 100 % kontrolovaných stupňů.



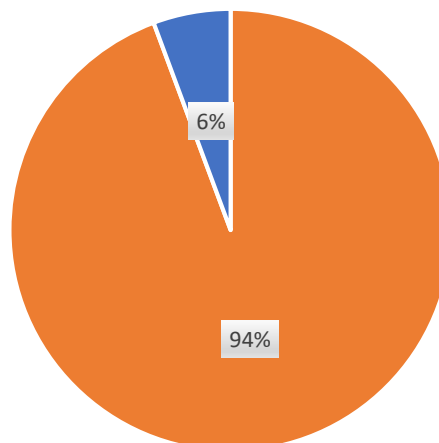
**Celkové vyhodnocení  
naměřených hodnot dle ČSN**



■ Vyhovuje ■ Nevyhovuje

*Graf 26 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot výšek dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště dle ČSN*

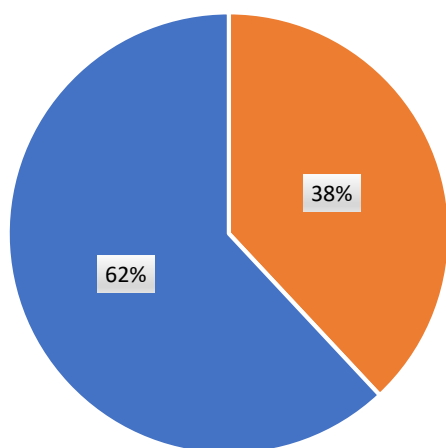
**Celkové vyhodnocení  
naměřených hodnot dle DIN**



■ Vyhovuje ■ Nevyhovuje

*Graf 27 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot výšek dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště dle DIN*

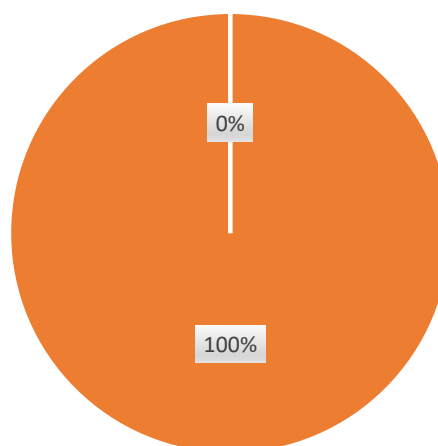
**Celkové vyhodnocení  
naměřených hodnot dle ČSN**



■ Vyhovuje ■ Nevyhovuje

*Graf 29 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot šířek dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště dle ČSN*

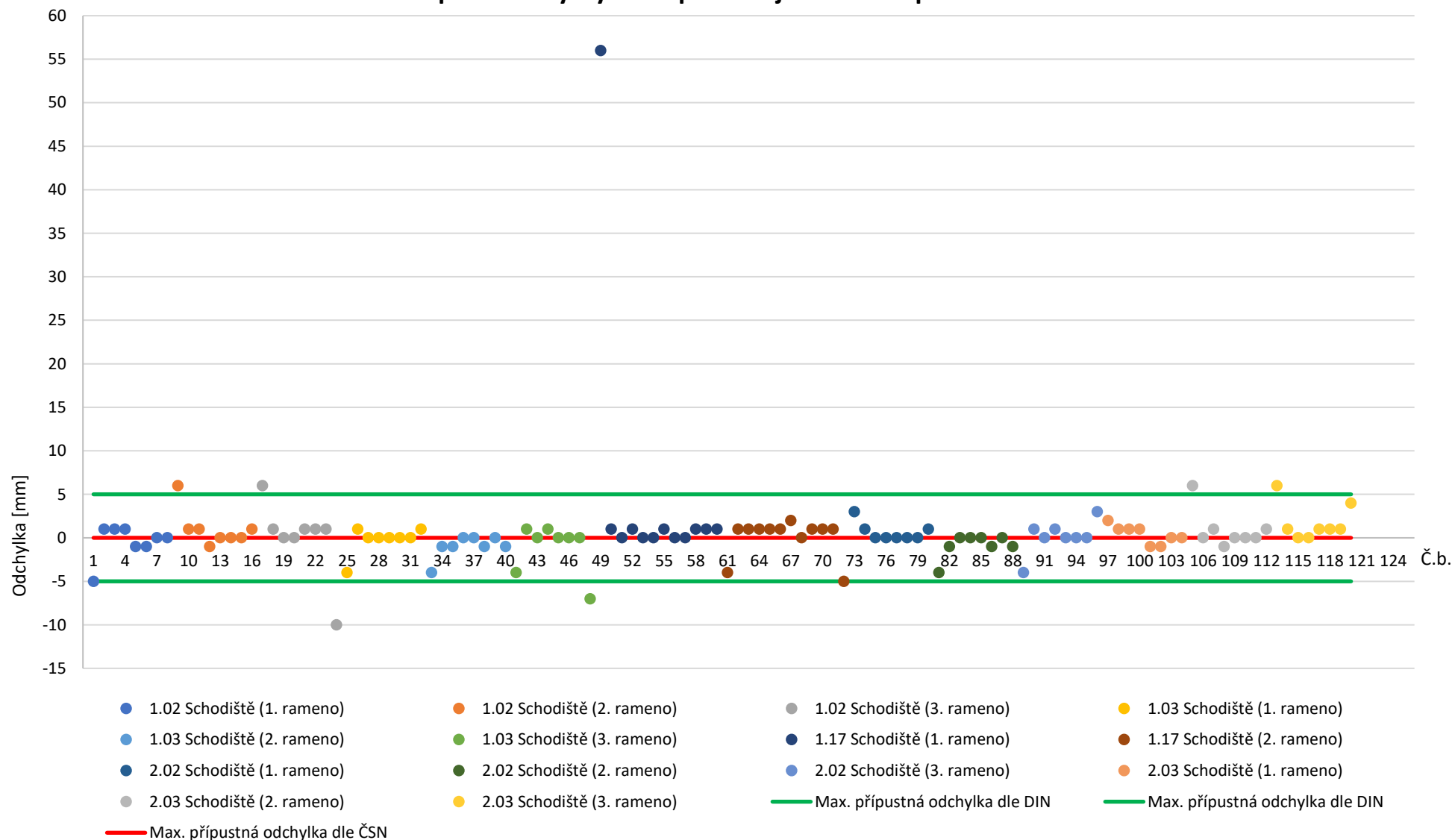
**Celkové vyhodnocení  
naměřených hodnot dle DIN**



■ Vyhovuje ■ Nevyhovuje

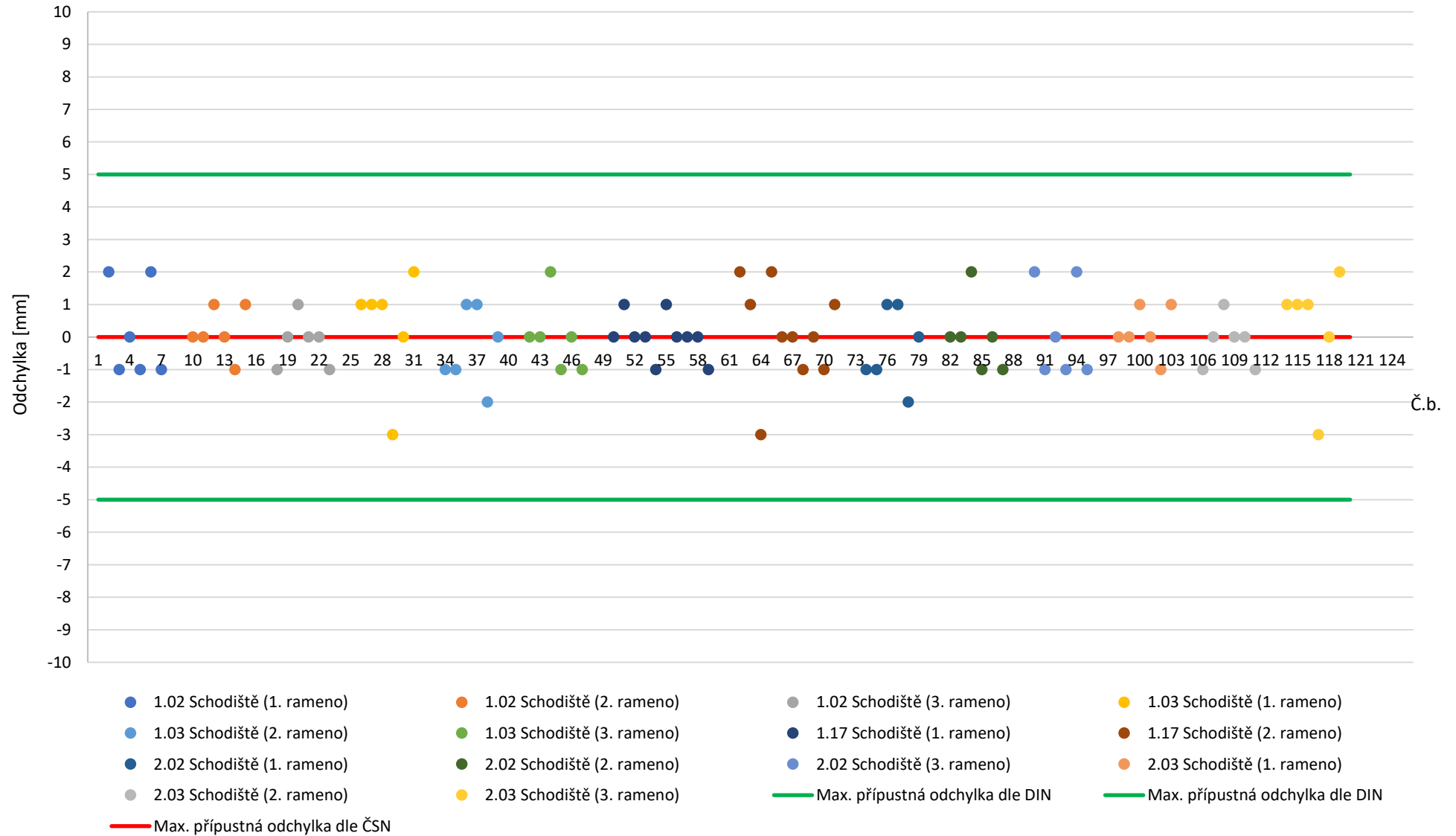
*Graf 28 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot šířek dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště dle DIN*

### Geometrická přesnost výšky dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště



Graf 30 - Geometrická přesnost výšky dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště

## Geometrická přesnost šířky dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště



Graf 31 - Geometrická přesnost šířky dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště

## 9 KONTROLA KVALITY BETONU U OBJEKTU SO02

V poslední praktické části jsem se zaměřil na kontrolu kvality betonu na stavbě. Jedná se o druhou etapu dostavby základní školy SO02. V této druhé etapě je stavba momentálně ve fázi hrubé stavby, a proto kontrola kvality dodaného betonu je důležitá. V praktické části jsem se konkrétně zaměřil na kontrolu pevnosti ztvrdlého betonu v tlaku. Měření pevnosti v tlaku jsem prováděl jak destruktivní metodou pomocí zkušební lisu, tak i nedestruktivní metodou pomocí odrazového tvrdoměru (tzv. Schmidovým kladívkem).

### 9.1 Kontrola pevnosti betonu v tlaku destruktivní metodou

Pro laboratorní měření krychelné pevnosti v tlaku jsem si musel v první fázi přichystat formy pro betonové vzorky. Forma je z odolného plastového materiálu ve tvaru krychle o hranách 150 x 150 x 150 mm (viz obrázek 27). Před začátkem plnění forem betonem jsem vždy formy vytřel olejem z důvodu následného snadnějšího odbednění betonu.

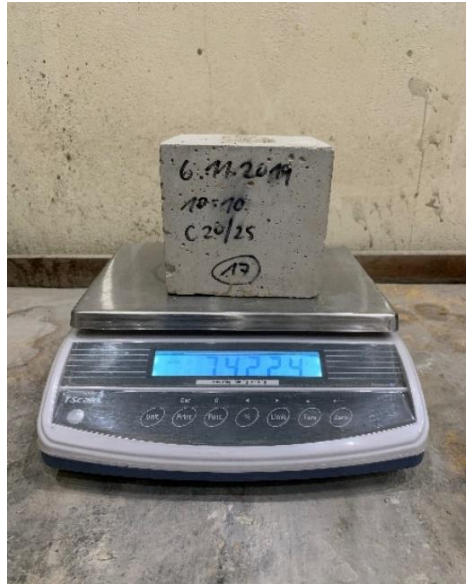


Obrázek 27 - Betonový vzorek pro krychelnou zkoušku pevnosti v tlaku

Začátek první betonáže na stavbě byl 4. 10. 2019 a od té doby jsem postupně odebíral beton přímo z autodomíchávačů a vytvářel betonové vzorky pro zkoušku krychelné pevnosti v tlaku. Beton jsem odebíral z různých typů betonových konstrukcí a z různých tříd pevnosti betonu. Od každé konstrukce a třídy betonu jsem odebral aspoň 2 vzorky a zároveň každý vzorek pocházel z jiného návozu. Celkově jsem odebral v průběhu podzimu 19 vzorků.

Po naplnění formy betonem jsem u každého vzorku počkal 7 dní na vytvrdnutí a následně jsem betonový vzorek vyjmul z formy a popsal třídou betonu a datem betonáže. Betonové vzorky jsem následně nechal zrát minimálně 28 dní ve stejných venkovních podmínkách jako samotné betonové konstrukce. Odebrané betonové vzorky byly těchto tříd: C16/20, C20/25, C25/30, C30/37 a c C30/37 90denní.

V posledním kroku po uplynutí minimální doby zrání jsem vzorky převezl do experimentálního centra Fakulty stavební ČVUT. Laboratorní zkoušky jsou prováděny ve třech etapách (7. 11. 2019, 19. 11. 2019 a 4. 12. 2019). Před zahájením laboratorních zkoušek jsem všechny betonové vzorky nejdříve zvážil (viz obrázek 28) a následně změřil posuvným měřítkem.



*Obrázek 28 - Vážení betonového vzorku*

Po dokončení těchto úkonů jsem betonové vzorky přenesl ke zkušebnímu lisu. Jednotlivé betonové vzorky jsem vložil do zkušební lisu a postupoval dle popsaného zkušební postupu z kapitoly 5.2.1 Zkouška pevnosti betonu v tlaku (ČSN EN 12390-3). Výsledky zkoušky jsem následně zapsal do tabulky a vyhodnotil (viz tabulka 17 a graf 32).



*Obrázek 29 - Zkouška pevnosti v tlaku ve zkušební lisu*

## 9.2 Kontrola pevnosti betonu v tlaku nedestruktivní metodou

Za další metodu pro kontrolu pevnosti betonu v tlaku jsem si zvolil zkoušku odrazovým tvrdoměrem. Jedná se nedestruktivní zkoušku, kterou jsou prováděni přímo na stavbě. Zkouška se prováděla na stejných betonových konstrukcích a na stejný třídě betonu jako u destruktivní zkoušky. Jednalo se o tyto typy konstrukcí: podkladní beton (C16/20), základová deska (C20/25), pasy (C25/30), strop (C30/37) a stěny bílé vany (C30/37 90denní).

Zkoušku pevnosti betonu pomocí odrazového tvrdoměru jsem prováděl ve stejných dnech jako destruktivní zkoušky v laboratoři, a to ve třech etapách (7. 11. 2019, 19. 11. 2019 a 4. 12. 2019). Tento způsob měření ve stejných dnech jsem si zvolil z toho důvodu, abych mohl co přesněji porovnat výsledky obou měření.

Měření jsem prováděl pomocí odrazového tvrdoměru typu N, modelu ADA 225 (viz obrázek 30) a v průběhu měření jsem postupoval dle popsání zkušební postupu z kapitoly 5.1.1 Zkouška odrazovým tvrdoměrem (ČSN EN 12504-2). Výsledky ze zkoušky jsem následně zapsal do tabulky a vyhodnotil (viz tabulka 17 a graf 32).



Obrázek 30 - Přístroj pro zkoušku pevnosti betonu v tlaku (odrazový tvrdoměr)

### 9.3 Výsledky a vyhodnocení všech měření pevnosti betonu v tlaku

Cílem všech měření bylo zjistit, jak se od sebe výsledky jednotlivých metod měření liší a ověřit, zda použitý beton na stavbě má dle projektové dokumentace požadovanou pevnost v tlaku.

V mé diplomové práci jsem posuzoval výsledky z destruktivní zkoušky krychelné pevnosti v tlaku, kterou jsem prováděl osobně v laboratoři ČVUT. Dále jsem posuzoval výsledky ze zkoušky pevnosti v tlaku od betonárny KÁMEN Zbraslav a.s. a na závěr jsem výsledky měření porovnal s naměřenými hodnotami z nedestruktivní zkoušky odrazovým tvrdoměrem.

V prvním kroku jsem věnoval destruktivní zkoušce krychelné pevnosti v tlaku z laboratoře ČVUT. Veškeré naměřené hodnoty jsem sjednotil do tabulky a následně porovnal s požadovanou pevností betonu. V tabulce 17 „Měření pevnosti betonu v tlaku“ ve sloupečku „Laboratorní měření krychelné pevnosti v tlaku“ můžeme vidět veškeré naměřené hodnoty u jednotlivých tříd betonu a konstrukcí. Ve sloupečku vedle je následně jejich vyhodnocení. Z naměřených výsledků v tabulce je vidět, že většina měření vyhověla požadavku. Nevyhovující zkušební vzorky byly z betonu C30/37 a C30/37 90denní.

Zkušební vzorek z betonu C30/37 z konstrukce stropu bílé vany nevyhověl pouze o 3 MPa. Nevyhovující naměřenou hodnotu mohlo ovlivnit mnoho faktorů. Těmito faktory jsou např. doba zrání, prostředí při zrání betonu, způsob ošetření betonu, kvality zhutnění vzorku, nebo nepřesnost při měření a odchylka zkušebního lisu.

U dvou dalších nevyhovujících zkušebních vzorků z betonu třídy C30/37 90denní je hlavním důvodem doba zrání. Tento typ betonu C30/37 se použil u základů a stěn u bílé vany a jeho doba zrání není 28 dní, ale 90 dní. Použití tohoto typu betonu je z důvodu zamezení vzniku větších trhlin v betonu. Betonové vzorky z C30/37 90denní byly zkoušeny na několik etap po různé době zrání. Vzorky jsem zkoušel po 25 dnech, 35 dnech, 40 dnech a 50 dnech. V tabulce 17 můžete vidět, že betonové vzorky po 40 a 50 dnech, už vyhověly požadované pevnosti betonu, ale betonový vzorek po 25 dnech dosáhl zatím 34 MPa a betonový vzorek po 35 dnech dosáhl 36 MPa. Lze předpokládat, že tyto dva nevyhovující vzorky by po delším zrání vyhověly.

V druhém kroku jsem získal hodnoty ze zkoušky pevnosti betonu v tlaku přímo od betonárny (viz příloha č. 13). Každá betonárna je povinna provádět tyto zkoušky a tím kontrolovat vlastní kvalitu betonu. Výsledky ze zkoušek jsem dostal ke všem kontrolovaným

třídám betonu, kromě betonu C30/37 90denní, který ještě nebyl zkoušen z důvodu zrání. Veškeré jejich hodnoty vyhověly požadavku na beton a zároveň jejich naměřené hodnoty v porovnání s mnou zjištěnými hodnotami byly často větší (*viz tabulka 17*).

V posledním kroku jsem provedl nedestruktivní zkoušku odrazovým tvrdoměrem u stejných konstrukcí a tříd betonu jako u předešlých zkoušek. U každé konstrukce jsem provedl 9 měření a následně stanovil meze měření a aritmetický průměr pevnosti (*viz tabulka 16*). Výsledné hodnoty pevnosti betonu dané aritmetickým průměrem jsem doplnil do celkové tabulky (*viz tabulka 17*) a vyhodnotil s požadovanou pevností. Naměřené hodnoty odrazovým tvrdoměrem však moc nevyhověly a značně se lišily i od všech ostatních měření.

Měření pomocí odrazového tvrdoměru považuji především jako informativní metodu měření a udává se, že přesnost měření se může lišit až  $\pm 20\%$ . Faktory ovlivňující výsledek měření mohou být hladkost povrchu, vlhkost konstrukce, umístění razníku, teplota betonu a přesnost přístroje.

Na závěr jsem veškerá měření vyjádřil pomocí grafu (*viz graf 32*), kde lze vidět veškeré naměřené hodnoty a jejich minimální požadovanou krychelnou pevnost v tlaku.



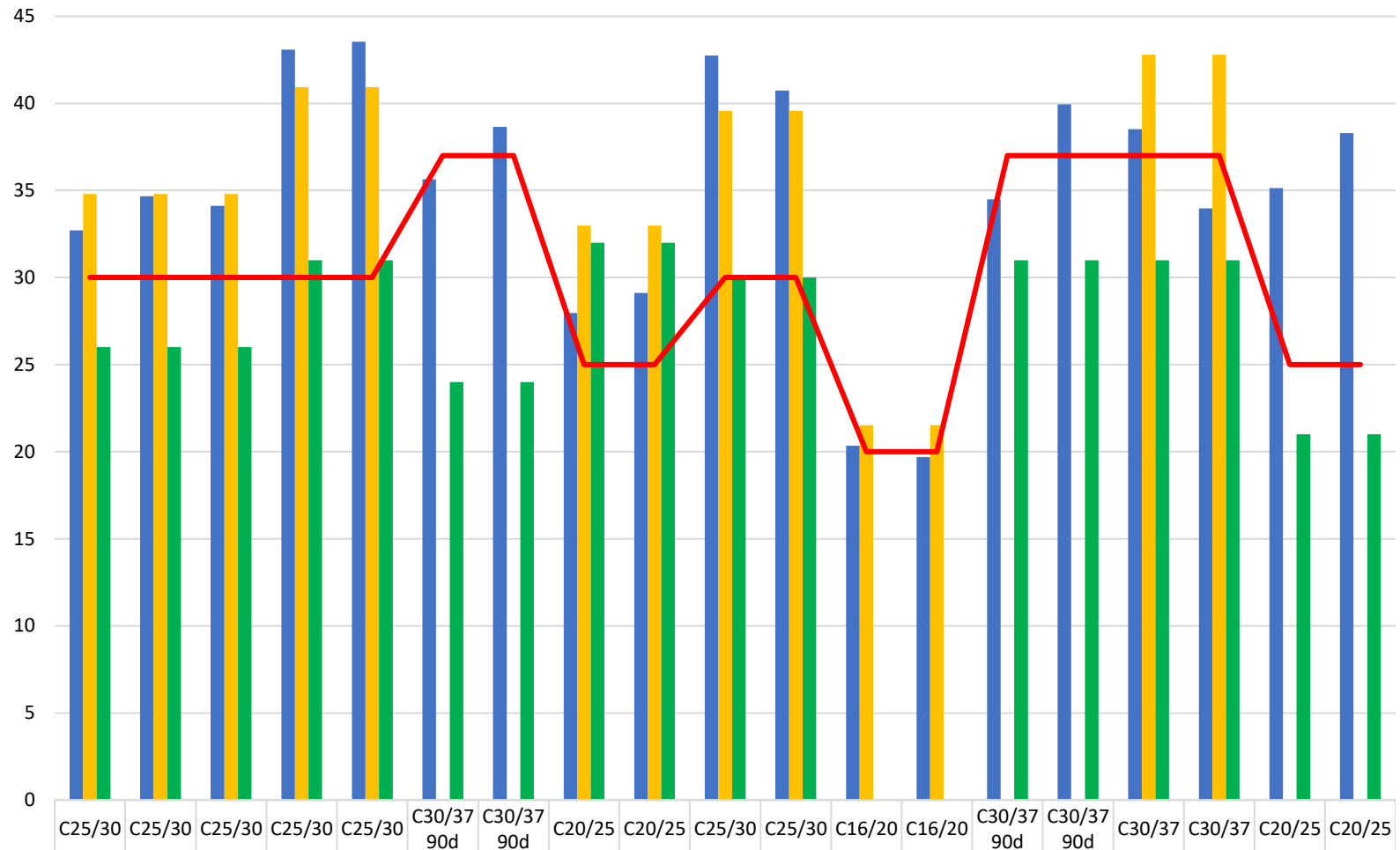
Tabulka 16 - Měření pevnosti betonu odrazovým tvrdoměrem

Typ konstrukce	Měření pevnosti Rbe [MPa]									Aritmetický průměr pevnosti Rbe [MPa]	Meze měření		Konečný aritmetický průměr pevnosti Rbe [MPa]
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		0,7 * Rbe	1,3 * Rbe	
Pasy	28	22	32	30	25	24	27	25	24	26	18	34	26
Pasy	27	32	33	35	24	27	37	41	37	32	23	42	32
Pasy	30	27	29	30	30	32	33	35	22	30	21	39	30
Sloupy bílá vana	25	27	33	37	33	28	33	32	30	31	22	40	31
Deska bílá vana	24	24	22	21	22	22	29	27	24	24	17	31	24
Stěny bílá vana	41	27	33	30	30	27	33	35	25	31	22	41	31
Strop 1.PP bílá vana	27	28	33	35	30	30	33	32	30	31	22	40	31
Deska	22	19	21	21	21	21	19	22	24	21	15	27	21

Tabulka 17 - Měření pevnosti betonu v tlaku

P. č.	Typ betonu	Datum betonáže	Datum zkoušky	Konstrukce	Požadovaná krychelná pevnost v tlaku dle PD [MPa]	Laboratorní měření krychelné pevnosti v tlaku [MPa]	Vyhovuje (Ano/Ne)	Pevnost v tlaku dle prtokolu z betonárky [MPa]	Vyhovuje (Ano/Ne)	Měření betonu odrazovým tvrdoměrem [MPa]	Vyhovuje (Ano/Ne)
1	C25/30	04.10.2019	07.11.2019	Pasy	30	33	Ano	35	Ano	26	Ne
2	C25/30	04.10.2019	07.11.2019	Pasy	30	35	Ano	35	Ano	26	Ne
3	C25/30	04.10.2019	07.11.2019	Pasy	30	34	Ano	35	Ano	26	Ne
4	C25/30	10.10.2019	07.11.2019	Sloupy bílá vana	30	43	Ano	41	Ano	31	Ano
5	C25/30	10.10.2019	07.11.2019	Sloupy bílá vana	30	44	Ano	41	Ano	31	Ano
6	C30/37 90d	16.10.2019	19.11.2019 (zkouška po 35 dnech)	Deska bílá vana	37	36	Ne	-	-	24	Ne
7	C30/37 90d	16.10.2019	04.12.2019 (zkouška po 50 dnech)	Deska bílá vana	37	39	Ano	-	-	24	Ne
8	C20/25	19.10.2019	19.11.2019	Pasy	25	28	Ano	33	Ano	32	Ano
9	C20/25	19.10.2019	19.11.2019	Pasy	25	29	Ano	33	Ano	32	Ano
10	C25/30	21.10.2019	19.11.2019	Pasy	30	43	Ano	40	Ano	30	Ano
11	C25/30	21.10.2019	19.11.2019	Pasy	30	41	Ano	40	Ano	30	Ano
12	C16/20	23.10.2019	19.11.2019	Podkladní beton	20	20	Ano	22	Ano	-	-
13	C16/20	23.10.2019	19.11.2019	Podkladní beton	20	20	Ano	22	Ano	-	-
14	C30/37 90d	26.10.2019	19.11.2019 (zkouška po 25 dnech)	Stěny bílá vana	37	34	Ne	-	-	31	Ne
15	C30/37 90d	26.10.2019	04.12.2019 (zkouška po 40 dnech)	Stěny bílá vana	37	40	Ano	-	-	31	Ne
16	C30/37	30.10.2019	04.12.2019	Strop 1.PP bílá vana	37	39	Ano	43	Ano	31	Ne
17	C30/37	30.10.2019	04.12.2019	Strop 1.PP bílá vana	37	34	Ne	43	Ano	31	Ne
18	C20/25	06.11.2019	04.12.2019	Deska	25	35	Ano	-	-	21	Ne
19	C20/25	06.11.2019	04.12.2019	Deska	25	38	Ano	-	-	21	Ne

## Výsledky pevnosti betonu v tlaku



Laboratorní měření ze školy	33	35	34	43	44	36	39	28	29	43	41	20	20	34	40	39	34	35	38
Laboratorní měření z betonárky	35	35	35	41	41	0	0	33	33	40	40	22	22	0	0	43	43	0	0
Odrasový tvrdoměr	26	26	26	31	31	24	24	32	32	30	30	0	0	31	31	31	31	21	21
Požadovaná krychlená pevnost v tlaku	30	30	30	30	30	37	37	25	25	30	30	20	20	37	37	37	37	25	25

Graf 32 - Výsledky pevnosti betonu v tlaku

## 10 ZÁVĚR

V této diplomové práci jsem se věnoval tématu kontrola geometrické přesnosti a kontrola kvality betonu na stavbě. Hlavním cílem práce bylo provést kontrolu geometrické přesnosti ve vybraných místnostech v dokončené části základní školy Praha-západ a naměřené výsledky následně vyhodnotit a porovnat s požadavky z technické normy. Dalším hlavním cílem byla kontrola kvality betonu použitého v druhé etapě dostavby této základní školy. Kvalitu ztvrdlého betonu jsem kontroloval pomocí destruktivní a nedestruktivní zkoušky. Výsledné naměřené hodnoty jsem mezi sebou vzájemně porovnal a dále jsem je porovnal i s projektovou dokumentací.

V úvodních částech diplomové práce jsem se zabýval základní terminologií a legislativou týkající se dané problematiky. V dalších kapitolách jsem následně popsal jednotlivé typy měření pro kontrolu geometrické přesnosti a jednotlivé metody zkoušek určené pro kontrolu kvality betonu. V druhé polovině práce jsem se zaměřil už na konkrétní vybranou stavbu základní školy Praha-západ. Provedl jsem kontrolu projektové dokumentace a pomocí grafů a tabulek jsem vyhodnotil jednotlivá měření geometrické přesnosti a kvality betonu.

V praktické části jsem nejdříve kontroloval geometrickou přesnost v místnostech první etapy základní školy SO01. Kontrole jsem podrobil celkem 40 místnosti, ve kterých se prováděly různé typy měření jako jsou: vzdálenost svislých a vodorovných protilehlých konstrukcí, svislost konstrukcí, celková rovinnost svislých a vodorovných konstrukcí, místní rovinnost svislých a vodorovných konstrukcí, pravoúhlost svislých konstrukcí a geometrická přesnost schodiště.

Po vyhodnocení a porovnání všech naměřených výsledků s požadavky z technické normy bylo zjištěno, že:

- Výsledky z měření vzdálenosti svislých a vodorovných protilehlých konstrukcí velmi často nevyhovují a nesplňují maximální přípustnou odchylku. Důvodem nevyhovujících světlých výšek byla špatná koordinace mezi projektantem a statikem, kdy došlo ke snížení podhledu z důvodu změny vedení trasy VZT. U nevyhovujících výsledků světlých šířek hlavním důvodem bylo nezapočítání finálních povrchových úprav do kót o rozměrech místností. Tento problém se vyskytuje téměř u všech projektů, a proto je zapotřebí v prostorách, které jsou definovány minimální světlým rozměrem počítat i s rezervou pro finální povrchové úpravy.

- Výsledná měření u svislosti konstrukcí byly už výrazně lepší, celkem vyhovělo 80 % naměřených hodnot. U zbylých nevyhovujících měření nejpravděpodobnějším hlavním důvodem nesplnění maximálních přípustných odchylek byla geometrická nepřesnost při zdění nebo betonáži stěn.
- Naměřené výsledné hodnoty při kontrole celkové rovinnosti svislých a vodorovných konstrukcí jsou zcela vyhovující. Svislé konstrukce po celkovém vyhodnocení vyhověly ve 100 % měření a vodorovné konstrukce vyhověly v 99% měření.
- Podobně přesné výsledky jako u celkové rovinnosti měly i jednotlivá měření místní rovinnosti. Zde výsledky vyhověly u svislých konstrukcí na 98 % a u vodorovných konstrukcí na 100 %.
- U výsledků z měření pravoúhlosti svislých konstrukcí došlo k několika překročením maximálních přípustných odchylek. Důvodem těchto několika nevyhovujících výsledků může být nejspíše nepřesné rozměření stěn.
- Velmi komplikovanou kapitolou byla geometrická přesnost schodiště. Při kontrole rozměrů stupňů nevyhověla víc než polovina měření z důvodu, že v technické normě ČSN je předepsaná nulová tolerance. Myslím si, že splnění této podmínky je velmi těžké a nereálné.

V další praktické části jsem zkoušel pevnost betonu v tlaku. Prováděl jsem jak destruktivní krychelnou zkoušku pevnosti betonu v tlaku, tak i nedestruktivní zkoušku pomocí odrazového tvrdoměru. Zkoušky pevnosti v tlaku jsem prováděl na různých typech tříd betonu a na různých typech konstrukcí. Celkem jsem provedl zkoušky na 19 vzorcích.

Po vyhodnocení a porovnání všech naměřených výsledků s požadavky z projektové dokumentace bylo zjištěno, že:

- Výsledky ze zkoušky krychelné pevnosti betonu v tlaku většinou vyhověly. Nevyhověly celkem jen 3 vzorky, a to z betonu C30/37 a C30/37 90denní. U dvou vzorků z betonu C30/37 90denní lze však předpokládat, že by po uplynutí 90denního zrání vyhověly na požadovanou pevnost.
- Podobné výsledky jako u první zkoušky krychelné pevnosti betonu měla samotná betonárna KÁMEN Zbraslav. Té vyhověly všechny zkoušené betony.
- Nevyhovující výsledky byly u zkoušky pomocí odrazového tvrdoměru. Zde vyhovělo necelých 50 % měření.

Na základě všech provedených měření lze shrnout, že obě etapy stavby byly provedeny ve vysoké kvalitě a části konstrukcí s nevyhovujícími výsledky lze případně opravit.

# SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY A ZDROJŮ

## Odborná literatura, odborné články a normy:

- [1] ČSN 73 0202 – Geometrická přesnost ve výstavbě. Základní ustanovení
- [2] ČSN 73 0205 – Geometrická přesnost ve výstavbě. Navrhování geometrické přesnosti
- [3] ČSN 73 0212-1 – Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 1: Základní ustanovení
- [4] ČSN 73 0212-3 – Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 3: Pozemní stavební objekty
- [5] ČSN 73 0212-5 – Geometrická přesnost ve výstavbě. Kontrola přesnosti. Část 5: Kontrola přesnosti stavebních dílců
- [6] ČSN 73 1373 – Nedestruktivní zkoušení betonu – Tvrdoměrné metody zkoušení betonu
- [7] ČSN 73 3451 – Obecná pravidla pro navrhování a provádění keramických obkladů
- [8] ČSN 73 4108 – Hygienická zařízení a šatny
- [9] ČSN 73 4130 – Schodiště a šikmé rampy – Základní požadavky
- [10] ČSN 74 4505 – Podlahy – Společná ustanovení
- [11] ČSN ISO 1803 - Pozemní stavby - Tolerance - Vyjadřování přesnosti rozměrů - Zásady a názvosloví
- [12] ČSN EN 206+A1 – Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- [13] ČSN EN 12350-2 – Zkoušení čerstvého betonu – Část 2: Zkouška sednutím
- [14] ČSN EN 12350-3 – Zkoušení čerstvého betonu – Část 3: Zkouška Vebe
- [15] ČSN EN 12350-4 – Zkoušení čerstvého betonu – Část 4: Stupeň zhutnitelnosti
- [16] ČSN EN 12350-5 – Zkoušení čerstvého betonu – Část 5: Zkouška rozlitím
- [17] ČSN EN 12390-1 – Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 1: Tvar, rozměry a jiné požadavky na zkušební tělesa a formy
- [18] ČSN EN 12390-3 – Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles

- [19] ČSN EN 12390-5 – Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 5: Pevnost v tahu ohybem zkušebních těles
- [20] ČSN EN 12504-2 – Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 2: Nedestruktivní zkoušení – Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem
- [21] ČSN EN 13670 – Provádění betonových konstrukcí
- [22] DIN 18 065 – Schodiště
- [23] Vyhláška č. 268/2009 Sb. – Vyhláška o technických požadavcích na stavby
- [24] Vyhláška č. 398/2009 Sb. – Vyhláška o obecných technických požadavcích zabezpečujících bezbariérové užívání staveb
- [25] Vyhláška č. 410/2005 Sb. – Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých
- [26] Zákon č. 183/2006 Sb. – Zákon o územním plánování a stavebním řádu
- [27] VESELÁ, Linda a Jan KLEČKA. *Technický standard – Stanovení minimální návrhové světlé výšky místnosti*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2018. ISBN 978-80-88265-13-9.
- [28] REMEŠ, Josef. *Stavební příručka: to nejdůležitější z norem, vyhlášek a zákonů. 2., aktualiz. vyd.* Praha: Grada, 2014. Stavitel. ISBN 978-80-247-5142-9.
- [29] VESELÁ, Linda. *Základní kontrolní postupy – Geometrická přesnost*. Praha: Stavební fakulta ČVUT, Katedra technologie staveb, 2015.

#### **Internetové zdroje:**

- [30] VESELÁ, Linda. *Geometrická přesnost ve stavebnictví* [online]. [cit. 2017-10-2]. Dostupné z: <https://atelier-dek.cz/geometrick%C3%A1-p%C5%99esnost-ve-stavebnictv%C3%AD-653>.
- [31] VESELÁ, Linda. *Geometrická přesnost schodišť* [online]. [cit. 2017-10-10]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/schodiste/12527-geometricka-presnost-schodist>.
- [32] *Zkoušení betonu* [online]. Dostupné z: <http://www.ebeton.cz/pojmy/zkouseni-betonu>.
- [33] *ČSN online* [online]. Dostupné z: <https://csnonline.agentura-cas.cz/>.

**Technické podklady firem:**

- [34] *Příručka technologa – Beton*. Praha, ČESKOMORAVSKÝ BETON, 2013.
- [35] CIKRLE, Petr a Tomáš VYMAZAL. *Nedestruktivní metody zkoušení železobetonových konstrukcí*. Praha, BETON UNIVERSITY, 2014.
- [36] VYMAZAL, Tomáš. *Zkušební postupy pro beton dle ČSN EN 206*. Praha, BETON UNIVERSITY.



## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Příklad vztahu mezi základními termíny (mezní odchylka, tolerance) .....	11
Obrázek 2 - Měření vzdáleností protilehlých svislých konstrukcí.....	18
Obrázek 3 - Měření vzdáleností protilehlých vodorovných konstrukcí.....	18
Obrázek 4 - Měření svislosti stěn .....	21
Obrázek 5 - Měření odchylek svislosti stěn.....	21
Obrázek 6 - Měření celkové rovinnosti svislých konstrukcí .....	23
Obrázek 7 - Měření celkové rovinnosti vodorovných konstrukcí.....	24
Obrázek 8 - Referenční rovina pro měření celkové rovinnosti .....	24
Obrázek 9 - Měření místní rovinnosti vodorovných konstrukcí.....	26
Obrázek 10 - Měření místní rovinnosti svislých konstrukcí .....	27
Obrázek 11 - Vyhodnocení mezních odchylek při měření latí s podložkami .....	27
Obrázek 12- Vyhodnocení tolerance při měření latí s podložkami .....	28
Obrázek 13 – Geodetické měření pravouhlosti stěn .....	30
Obrázek 14 - Metoda pomocí měření úhlopříček.....	31
Obrázek 15 - Měření výšky a šířky schodišťových stupňů .....	33
Obrázek 16 - Zkouška pevnosti v tlaku.....	36
Obrázek 17 - Zkouška pevnosti v tahu ohybem .....	37
Obrázek 18 - Sednutí kužele.....	38
Obrázek 19 - Zkouška rozlitím .....	39
Obrázek 20 - Stupeň zhutnitelnosti .....	40
Obrázek 21 - Základní škola (Praha-západ), první etapa SO01.....	41
Obrázek 22 - Základní škola (Praha-západ), druhá etapa SO02 .....	43
Obrázek 23 - Řez podlažím základní školy .....	50
Obrázek 24 - Měření totální stanicí Leica TS06 plus.....	73
Obrázek 25 – Detail geodeticky zaměřených bodů .....	74
Obrázek 26 - Geodeticky zaměřené body pro stanovení úhlových odchylek .....	75
Obrázek 27 - Betonový vzorek pro krychelnou zkoušku pevnosti v tlaku .....	84
Obrázek 28 - Vážení betonového vzorku .....	85
Obrázek 29 - Zkouška pevnosti v tlaku ve zkušební lise .....	85
Obrázek 30 - Přístroj pro zkoušku pevnosti betonu v tlaku (odrazový tvrdoměr).....	86

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 - Doporučená odchylka vzdáleností protilehlých svislých konstrukcí bez povrchové úpravy .....	19
Tabulka 2 - Doporučená odchylka vzdáleností protilehlých vodorovných konstrukcí bez povrchové úpravy .....	19
Tabulka 3 - Doporučená odchylka vzdáleností protilehlých konstrukcí s dokončenými povrchy .....	20
Tabulka 4 - Doporučená odchylka svislosti v rámci jednoho podlaží .....	22
Tabulka 5 - Doporučená odchylka celkové rovinnosti hrubých povrchů .....	25
Tabulka 6 - Doporučená odchylka celkové rovinnosti s dokončenými povrchy .....	25
Tabulka 7 - Doporučená odchylka místní rovinnosti hrubých povrchů .....	28
Tabulka 8 - Doporučená odchylka místní rovinnosti dokončených povrchů .....	28
Tabulka 9 - Doporučené odchylky pravoúhlosti pro různé konstrukce .....	31
Tabulka 10 - Doporučené odchylky výšky a šířky schodišťových stupňů .....	33
Tabulka 11 - Obecný kalibrační vztah pro stanovení pevnosti v tlaku $f_{be}$ .....	35
Tabulka 12 - Dolní mezní rozměry světlych výšek .....	51
Tabulka 13 - Vyhodnocení dolních mezní rozměrů S.V. a požadovaných S.V. ....	52
Tabulka 14 – Tabulka posuzovaných místností .....	53
Tabulka 15 - Pravoúhlost svislých konstrukcí .....	74
Tabulka 16 - Měření pevnosti betonu odrazovým tvrdoměrem .....	89
Tabulka 17 - Měření pevnosti betonu v tlaku .....	90

## SEZNAM GRAFŮ

<b>Graf 1 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot vzdálenosti vodorovných protilehlých konstrukcí .....</b>	<b>54</b>
<b>Graf 2 - Vzdálenosti vodorovných protilehlých konstrukcí 1. NP.....</b>	<b>55</b>
<b>Graf 3 - Vzdálenosti vodorovných protilehlých konstrukcí 2. NP.....</b>	<b>56</b>
<b>Graf 4 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot vzdálenosti svislých protilehlých konstrukcí .....</b>	<b>57</b>
<b>Graf 5- Vzdálenosti svislých protilehlých konstrukcí 1. NP.....</b>	<b>58</b>
<b>Graf 6 - Vzdálenosti svislých protilehlých konstrukcí 2. NP.....</b>	<b>59</b>
<b>Graf 7 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot svislosti konstrukcí .....</b>	<b>60</b>
<b>Graf 8 - Svislost konstrukcí.....</b>	<b>61</b>
<b>Graf 9 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot celkové rovinnosti svislých konstrukcí .....</b>	<b>62</b>
<b>Graf 10 - Celková rovinnost svislých konstrukcí .....</b>	<b>63</b>
<b>Graf 11 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot celkové rovinnosti vodorovných konstrukcí .....</b>	<b>64</b>
<b>Graf 12 - Celková rovinnost vodorovných konstrukcí .....</b>	<b>65</b>
<b>Graf 13 - Celková rovinnost vodorovných konstrukcí .....</b>	<b>66</b>
<b>Graf 14 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot místní rovinnosti svislých konstrukcí .....</b>	<b>67</b>
<b>Graf 15 - Místní rovinnost svislých konstrukcí 1. NP.....</b>	<b>68</b>
<b>Graf 16 - Místní rovinnost svislých konstrukcí 2. NP .....</b>	<b>69</b>
<b>Graf 17 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot místní rovinnosti vodorovných konstrukcí .....</b>	<b>70</b>
<b>Graf 18 - Místní rovinnost vodorovných konstrukcí 1. NP .....</b>	<b>71</b>
<b>Graf 19 - Místní rovinnost vodorovných konstrukcí 2. NP .....</b>	<b>72</b>
<b>Graf 22 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot šířky jednotlivých stupňů u schodiště dle ČSN.....</b>	<b>77</b>
<b>Graf 23 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot šířky jednotlivých stupňů u schodiště dle DIN .....</b>	<b>77</b>
<b>Graf 20 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot výšky jednotlivých stupňů u schodiště dle DIN .....</b>	<b>77</b>

<b>Graf 21 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot výšky jednotlivých stupňů u schodiště dle ČSN.....</b>	<b>77</b>
<b>Graf 24 - Geometrická přesnost výšky jednotlivých stupňů u schodiště .....</b>	<b>78</b>
<b>Graf 25 - Geometrická přesnost šířky jednotlivých stupňů u schodiště .....</b>	<b>79</b>
<b>Graf 27 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot výšek dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště dle ČSN.....</b>	<b>81</b>
<b>Graf 26 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot výšek dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště dle DIN.....</b>	<b>81</b>
<b>Graf 28 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot šířek dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště dle DIN.....</b>	<b>81</b>
<b>Graf 29 - Celkové vyhodnocení naměřených hodnot šířek dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště dle ČSN.....</b>	<b>81</b>
<b>Graf 30 - Geometrická přesnost výšky dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště .....</b>	<b>82</b>
<b>Graf 31 - Geometrická přesnost šířky dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště.....</b>	<b>83</b>
<b>Graf 32 - Výsledky pevnosti betonu v tlaku.....</b>	<b>91</b>

## **SEZNAM PŘÍLOH**

**Příloha č. 1 - Vzdálenosti vodorovných protilehlých konstrukcí**

**Příloha č. 2 - Vzdálenosti svislých protilehlých konstrukcí**

**Příloha č. 3 - Svislost konstrukcí**

**Příloha č. 4 - Celková rovinnost svislých konstrukcí**

**Příloha č. 5 - Celková rovinnost vodorovných konstrukcí**

**Příloha č. 6 - Místní rovinnost svislých konstrukcí**

**Příloha č. 7 - Místní rovinnost vodorovných konstrukcí**

**Příloha č. 8 - Pravoúhlost svislých konstrukcí**

**Příloha č. 9 - Geometrická přesnost výšky stupňů u schodiště**

**Příloha č. 10 - Geometrická přesnost šířky stupňů u schodiště**

**Příloha č. 11 - Geometrická přesnost výšky dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště**

**Příloha č. 12 - Geometrická přesnost šířky dvou po sobě jdoucích stupňů u schodiště**

**Příloha č. 13 – Betonové zkoušky betonárky KÁMEN Zbraslav a.s.**

**Příloha č. 14 – Výkresy půdorysu SO01 1. NP, 2. NP, 3. NP**