



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

K L O K N E R Ů V Ú S T A V
Šolínova 7, 166 08 Praha 6 – Dejvice

**Zpráva č.
1700 J 363**

Datum vydání zprávy

13. 11. 2017

Oddělení KÚ

Experimentální
tel. +420 224 353 537

Objednatel: Krajský úřad Karlovarského kraje
Ing. Tomáš Brtek
vedoucím odboru investic a správy majetku
Závodní 353/88
360 06 Karlovy Vary

Expertní zpráva:

**Stavebně technický průzkum stavu nosných železobetonových konstrukcí v objektu Střední
uměleckoprůmyslové školy Karlovy Vary, č.p. 428, náměstí 17. listopadu a budovy bytového
domu č.p. 429, ul. Sokolovská, 360 05 Karlovy Vary.**

Vypracoval:

Ing. Pavel Štemberk
Ing. Daniel Dobiáš

Spolupráce:

Ing. Martin Kryštof
Ing. Tomáš Mandlík

Odpovědný řešitel:

Ing. Pavel Štemberk

Vedoucí oddělení:

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Ředitel KÚ:

Doc. Ing. Jiří Kolísko, Ph.D.

Výtisk číslo:

1 2 3 4

Rozdělovník:

Objednatel: 3x

Archiv KÚ: 1x

Zpráva může být reprodukována pouze jako celek. Části zprávy mohou být reprodukovány, publikovány nebo jinak použity pouze na základě písemného souhlasu ředitele Kloknerova ústavu.

ANOTACE

Zpráva obsahuje výsledky stavebně technického průzkumu havarijního stavu nosných železobetonových konstrukcí v objektu Střední uměleckoprůmyslové školy Karlovy Vary, č.p. 428, náměstí 17. listopadu a budovy bytového domu č.p. 429, ul. Sokolovská, 360 05 Karlovy Vary.

Zprávu zpracovali pracovníci ČVUT v Praze, Kloknerův ústav, který je zapsán v seznamu ústavů kvalifikovaných pro znaleckou činnost dle ustanovení §21 odst. 3, zákona č. 36/1967 Sb. a vyhlášky č. 37/1967 Sb., ve znění pozdějších předpisů, uveřejněném v Ústředním věstníku ČR, ročník 2004, částka 2, ze dne 14.10.2004, přílohy ke sdělení Ministerstva spravedlnosti ze dne 13.7.2004, č.j. 228/2003–Zn.



Obr. 1: Pohled na objekt Střední uměleckoprůmyslové školy Karlovy Vary, č.p. 428, náměstí 17. listopadu.

Obsah

1. ÚVOD	4
2. PODKLADY	5
3. POUŽITÉ METODY A POSTUPY	6
3.1. RÁMCOVÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA	6
3.2. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI BETONU V TLAKU	6
3.3. DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI BETONU V TLAKU	6
4. STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM	8
4.1. VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA.....	10
4.2. BETON.....	12
4.2.1. Struktura a objemová hmotnost betonu.....	12
4.2.2. Destruktivní zkoušky pevnosti betonu v tlaku	13
4.2.3. Nedestruktivní zkoušky pevnosti betonu v tlaku	13
4.2.4. Pevnost betonu v tlaku – shrnutí	15
5. CHEMICKÉ ANALÝZY BETONU	16
5.1. Silikátový rozbor	19
5.2. Stanovení poměru míšení složek betonu	20
5.3. Chemická analýza korozních produktů v betonu pod chemickou laboratoří.....	21
5.3.1. Rentgenová difrakční analýza (XRD) vzorků betonu	21
5.3.2. XRF analýza vzorků betonu	24
5.3.3. Stanovení pH, chloridů, síranů a dusičnanů	25
5.4. Termická analýza (TG/DSC)	26
6. ZÁVĚRY	29

1. ÚVOD

Stavebně technického průzkumu stavu nosných železobetonových konstrukcí v objektu Střední uměleckoprůmyslové školy Karlovy Vary, č.p. 428, náměstí 17. listopadu a budovy bytového domu č.p. 429, ul. Sokolovská, 360 05 Karlovy Vary.

V rámci průzkumu a souvisejících prací bylo dle zadání zjištěno a provedeno:

- Ø Prohlídka stavu konstrukcí a studium poskytnutých podkladů - prohlídka konstrukce.
- Ø Pevnost betonu v tlaku nedestruktivně - zpřístupnění a broušení povrchu, zkoušky na stropních konstrukcích objektu v blízkosti odebraných vývrtů – 30x.
- Ø Odběr vývrtů Ø 100mm, pro ověření pevnosti betonu v tlaku a chemické analýzy. Zapravení sondy speciální PCC maltou 11x.
- Ø Pevnost betonu v tlaku destruktivně na vývrtech - měření, zaříznutí, koncování, zkouška 10x.
- Ø Železobetonová stropní konstrukce nad 1.NP v místě průsaku dosud nezjištěných chemikálií pod chemickou učebnou (laboratoří). Chemická analýza korozních produktů v betonu (XRF, XRD analýza), bouraná sonda pro zjištění koroze výztuže 1x, pevnost betonu nedestruktivně 9x.

Průzkumné práce v objektu byly provedeny v říjnu 2017.

2. PODKLADY

Podklady pro kapitolu: Beton

- [1] ČSN 73 1373: Tvrdoměrné metody zkoušení betonu.
- [2] ČSN EN 12504-2 Zkoušení betonu v konstrukcích. Část 2: Nedestruktivní zkoušení. Stanovení tvrdosti odrazovým tvrdoměrem.
- [3] ČSN ISO 13822 Zásady navrhování konstrukcí. Hodnocení existujících konstrukcí.
ČSN 73 0038 Hodnocení a ověřování existujících konstrukcí - Doplnující ustanovení.
- [4] ČSN EN 13791 Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a prefabrikovaných betonových dílcích.
- [5] ČSN EN 12504-1 Zkoušení betonu v konstrukcích. Část 1: Vývrty. Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku.
- [6] ČSN EN 12390-3 Zkoušení ztvrdlého betonu. Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles.
- [7] Dohnálek, J.: Kontrola pevnosti betonu ve stavební konstrukci. Úspora cementu při výstavbě betonových konstrukcí. Studijní texty, ČSVTS, Praha 1983.
- [8] ČSN EN 12390-7 – Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu.

Podklady pro kapitolu: Chemická analýza betonu

- [1] Rovnaníková, P., Bayer, P., Vítek, L.: Hlinitanový cement jako pojivo konstrukčního betonu - stav betonu z konstrukce mostu po padesáti letech. Beton, 3/2007, Praha 2007.
- [2] Vaněk, T., Sedláček, M.: Konstrukce z hlinitanových betonů po 20 letech. Konference 11. betonářské dny 2004, Sekce: Navrhování 5 - Konstrukce. 2004.
- [3] Lach, V., Matoušek, M., Jambor, J., Ježík, A.: Příčiny poklesu pevnosti betonu z hlinitanového cementu. Stavivo, 1985, č. 11, s. 465 - 476.
- [4] Pytlík, P. Technologie betonu. Brno: VUT 1997.
- [5] Jambor, J.: Chemické rozbor v stavebnictví. Rozbor betonu a malty.
- [6] ČSN EN 14647 Hlinitanový cement. Složení, specifikace a kritéria shody.
- [7] ČSN EN 197-1 Cement. Část 1: Složení, specifikace a kritéria shody cementů pro obecné použití.
- [8] ČSN EN 10523 Jakost vod – Stanovení pH
- [9] ČSN EN ISO 10304-1 – Jakost vod - Stanovení rozpuštěných aniontů metodou kapalinové chromatografie iontů - Část 1: Stanovení bromidů, chloridů, fluoridů, dusičnanů, dusitanů, fosforečnanů a síranů.
- [10] BLAŽEK, A. Termická analýza. Praha: SNTL, 1974.

3. POUŽITÉ METODY A POSTUPY

3.1. RÁMCOVÁ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA

Vizuální prohlídka, i když jí nelze upřít subjektivnost, je jedním z nedůležitějších diagnostických postupů, neboť jen tento postup umožňuje odhalit nedostatky prakticky v celé zkoumané ploše.

V rámci průzkumu byla provedena rámcová vizuální prohlídka nosných zděných konstrukcí v diagnostikovaných oblastech. Prohlídka byla cílená na vyhledání příp. závažných statických trhlin, drcení zdiva či betonu, degradační a korozní vlivy, apod. Prohlídka byla provedena pro účely stanovení návrhové pevnosti zdiva a příp. zhodnocení stávajícího stavu nosných zděných konstrukcí.

3.2. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI BETONU V TLAKU

Pro nedestruktivní stanovení pevnosti betonu v tlaku byla použita tvrdoměrná metoda Schmidtova tvrdoměru (typu L). Zkoušky a jejich vyhodnocení byly provedeny v souladu s ČSN 73 1373 [1], ČSN EN 12504-2 [2] a ČSN 73 0038 [3].

Metoda je založena na principu pružného rázu dvou těles. Při zkoušce krychelné pevnosti betonu v tlaku Schmidtovým tvrdoměrem se zjišťuje velikost odrazu a úderného ocelového beranu vyvolaného pružinou od ocelového razníku opřené o povrch betonu. Měřeným parametrem je tedy velikost odrazu a zachycená ukazatelem na stupnici umístěné na pouzdru tvrdoměru.

Velikost odrazu a je závislá na pružnosti a tvrdosti betonu. Naměřené hodnoty odrazu a se převedou dle obecného kalibračního vztahu uvedeného v ČSN 73 1373 na krychelnou pevnost betonu v tlaku s nezaručenou přesností f_{be} , která se vynásobí součiniteli a_t a a_w zohledňujícími stáří a vlhkost betonu.

Zpracování výsledků pro stanovení charakteristické pevnosti betonu v tlaku $f_{ck, cube}$, resp. pevnostní třídy betonu, bylo provedeno dle ČSN 73 0038 [3] a ČSN EN 13791 [4].

3.3. DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI BETONU V TLAKU

Pro účely destruktivních zkoušek pevnosti betonu v tlaku byly z konstrukce odebrány jádrové vývrty Ø 100 mm. V laboratoři byly vývrty zaříznuty a zakončovány směsí, jejímž pojivem je síra. Před koncováním byly vývrty změřeny a zváženy, aby bylo možno stanovit objemovou hmotnost betonu. Takto připravené vzorky byly zkoušeny v zatěžovacím stroji WPM 500 kN, metrologické číslo S 07 011 M. Odběry jádrových vývrtů a zkoušky vzorků byly provedeny dle ČSN EN 12504-1 [5].

Válcové pevnosti betonu $f_{c, core}$ zjištěné na vývrtech je nutné převést na krychelné pevnosti $f_{c, cube}$, které odpovídají pevnostem na krychli základních rozměrů, tj. krychli s délkou hrany 150 mm. Převod se provede dle ČSN EN 12390-3, změna Z1, příloha NA [6].

Nejprve se provede převod na vývrtech zjištěných válcových pevností betonu $f_{c, core}$ na válcové pevnosti betonu $f_{c, cyl}$, které odpovídají pevnostem betonu na válcích základních rozměrů, tj. na válcích Ø 150 mm a výšce 300 mm, dle vztahu:

$$f_{c, cyl} = \kappa_{c, cyl} \cdot \kappa_{d, cyl} \cdot f_{c, core}$$

$\kappa_{c, cyl}$ opravný součinitel štíhlosti dle [12] v závislosti na štíhlostním poměru $l = h / d$

(h je výška vývrtu a d je Ø vývrtu); pro $1 \leq \lambda < 2$,

$\kappa_{d, cyl}$ převodní součinitel v závislosti na průměru dle [6] a experimentálně stanoveného diagramu vypracovaného v KÚ ČVUT [12].

Válcové pevnosti betonu $f_{c, cyl}$, které odpovídají pevnostem betonu na válcích základních rozměrů, se následně převedou na krychelné pevnosti $f_{c, cube}$, které odpovídají pevnostem betonu na krychlích základních rozměrů dle vztahu:

$$f_{c, cube} = \kappa_{cyl, cube} \cdot f_{c, cyl}$$

$\kappa_{cyl, cube}$ převodní součinitel pevností betonu na válcích základních rozměrů na krychelné pevnosti betonu na krychlích základních rozměrů dle [6].

Při provádění zkoušek vývrtů je nutné sledovat i způsob porušení vzorků, tj. aby skutečně došlo k porušení tlakem a nikoli smykem či příčným tahem. Nesprávně porušená tělesa vykazují obvykle velmi nízké pevnosti a takové výsledky se vyřazují z vyhodnocení.

Posouzení krychelné, resp. válcové charakteristické pevnosti betonu v tlaku $f_{ck, cube}$, resp. $f_{ck, cyl}$ v konstrukci zkoušením vývrtů bylo provedeno dle ČSN EN 13791 [4].

4. STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM

Stavebně technického průzkumu stavu nosných železobetonových konstrukcí v objektu Střední uměleckoprůmyslové školy Karlovy Vary, č.p. 428, náměstí 17. listopadu a budovy bytového domu č.p. 429, ul. Sokolovská, 360 05 Karlovy Vary.

Popis objektu:

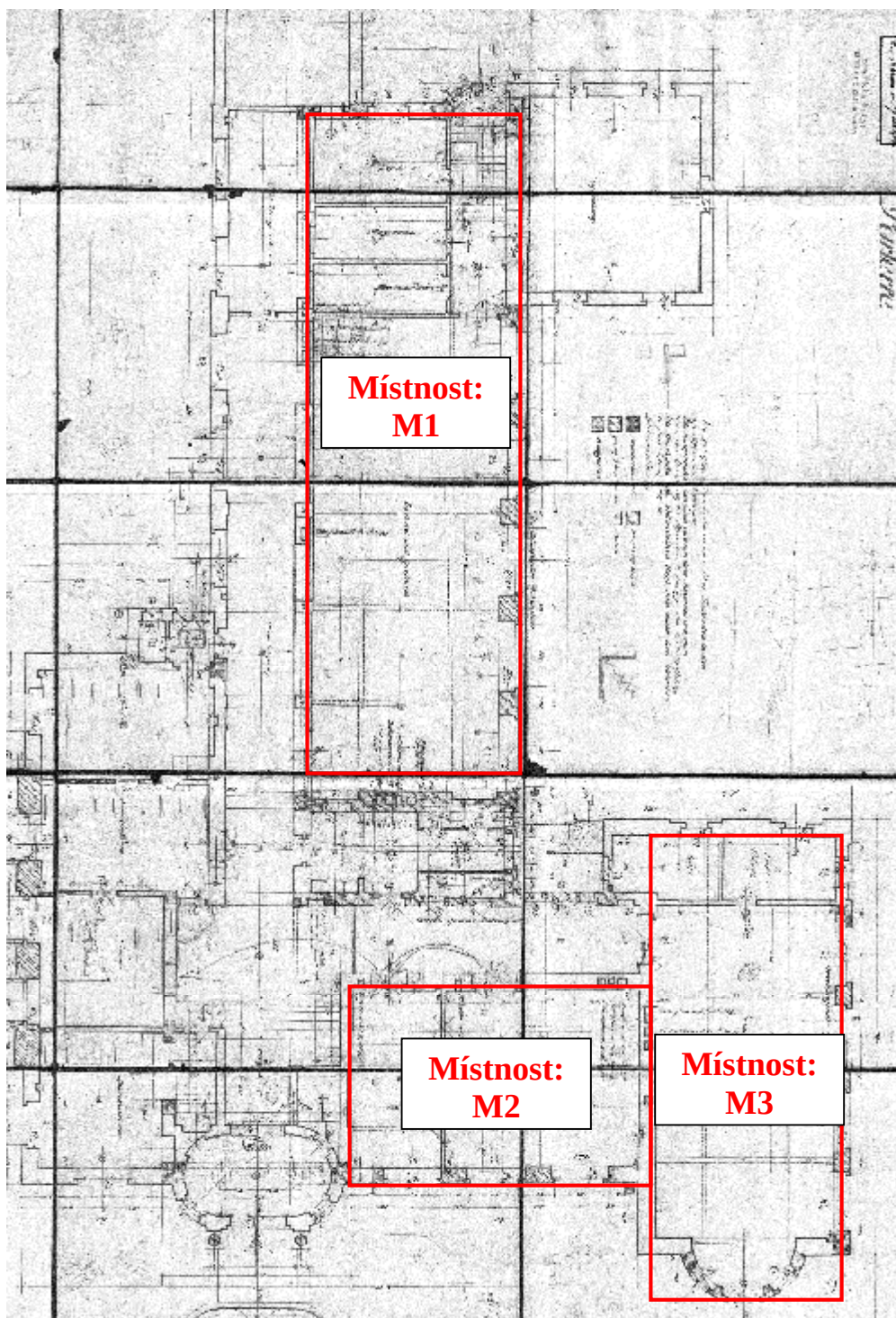
1. Hlavní budova školy.

Budova školy je objekt o 3 nadzemních podlažích a suterénu. Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny cihelným zdivem, pouze v místě západovýchodní chodby u sálů bylo použito celkem 6 betonových pilířů. Pilíře byly zvoleny z důvodů instalace vitrín ve stěně po celé délce chodby. Vodorovné nosné konstrukce jsou tvořeny železobetonovým obousměrným trámovým stropem. V části objektu, v jižním traktu u komunikace Sokolovská, jsou stropní konstrukce trámové dřevěné.

2. Bytový dům.

Bytový dům je objekt o 3 nadzemních podlažích a suterénu. Svislé nosné konstrukce jsou tvořeny cihelným zdivem. Vodorovné nosné konstrukce jsou v suterénu objektu tvořené železobetonovým obousměrným trámovým stropem. V nadzemních částech objektu byl železobetonový trámový strop použit v severní části objektu (chodba, kuchyň a přilehlé prostory u severního traktu v 1. NP, chodba a kuchyň v 2. NP), ostatní vodorovné konstrukce jsou dřevěné trámové. Stropní konstrukce 3. NP jsou dřevěné trámové.

Pro lokalizaci poruch byl hlavní objekt rozdělen na tři místnosti, jejich poloha je patrná z následujícího obrázku obr:2:



Obr 2: Poloha popisovaných místností v objektu Hlavní budovy.

4.1. VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA

Vizuální prohlídka byla zaměřena na nosné železobetonové a zděné konstrukce objektu. Záznam vizuální prohlídky s podrobným popisem poruch a fotodokumentací je v Příloze 4. Grafický záznam poruch je v Příloze 5.

Na základě vizuální prohlídky lze konstatovat:

Hlavní budova č.p. 428:

Fasády

- Ø Západní strana: na fasádě jsou patrné stopy po zatékání, degradace omítek zejména v oblasti atik. Foto 1,2
- Ø Severní strana: pohled na severní fasádu, na fasádě jsou patrné stopy po zatékání, degradace omítek zejména v oblasti atik. Foto 3
- Ø Jižní strana: na fasádě jsou patrné stopy po zatékání, degradace omítek zejména v oblasti atik. Foto 4,5
- Ø Východní strana: na fasádě jsou patrné stopy po zatékání, degradace omítek zejména v oblasti atik. Foto 6

1. PP

Místnost 1

- Ø Viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 mm. Foto 7,8

1. NP

Místnost 1

- Ø Viditelný průhyb stropní konstrukce cca 30 až 40 mm. Foto 9,10

Místnost M2 – stropní konstrukce pod chemickou laboratoří

- Ø Viditelný průhyb stropní konstrukce cca 30 až 40 mm. Foto 11
- Ø Trhlina na spodním líci středu tránu cca 3až4 mm. Foto 12
- Ø Trhliny na spodním líci středu tránu cca 3až4 mm. Trhliny oddělují krycí vrstvu betonu od výztuže, beton samovolně vypadává, povrchová koroze výztuže. Foto 13,14,15,16,17,18
- Ø V místě dlouhodobého zatékání z chemické laboratoře se odděluje krycí vrstva betonu, beton je v této oblasti silně degradován přes celou tloušťku stropní desky. Hlavní výztuž stropní desky je v této oblasti silně korodována s korozním úbytkem cca 30%. Foto 19, 20

Místnost M3

- Ø Viditelný průhyb stropní konstrukce cca 30 až 40 mm. Foto 21, 22

2. NP

Místnost 1

- Ø Viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm. Foto 23,24

Místnost 2

Viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm. Foto 25, 26

Místnost 3

Ø Viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm. Foto 27, 28
Chodba sever/jih

Ø 3x trhliny ve stropní desce cca 0,5 mm. Foto 29

3. NP

Místnost 1

Ø Viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm. Foto 30, 31

Místnost 2

Ø Viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm. Foto 32

Místnost 3

Ø Viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm. Foto 33

Chodba východ/západ

Ø Šikmá trhlina ve stěně 0,2 mm. Foto 34

BYTOVÝ DŮM Č.P. 429

Fasády

Ø Západní strana: na fasádě jsou patrné stopy po zatékání, degradace omítek zejména v oblasti atik a balkónu. Foto 35

Ø Jižní strana: na fasádě jsou patrné stopy po zatékání, degradace omítek zejména v oblasti atik a svodů. Foto 36

BYTOVÝ DŮM Č.P. 429

1. NP

Ø 2x trhliny ve stropní desce šířky cca 0,2 až 0,3 mm. Foto 37

Ø 1x trhlina ve stropní desce šířky cca 0,2 až 0,3 mm. Foto 38

Ø 2x trhliny ve stropní desce šířky cca 0,2 až 0,3 mm. Foto 39

Ø 3x trhliny ve stropní desce šířky cca 0,2 až 0,3 mm. Foto 40

Závěr z vizuální prohlídky:

Ø Stropní železobetonové konstrukce Hlavní budovy v místnostech M1, M2, M3 v patře 1. PP až 3.NP jsou viditelně prohnuté, odhadem o cca 20 až 40 mm.

Ø V deskách stropní železobetonové konstrukce Bytového domu v patře 1. NP jsou trhliny šíře 0,2 až 0,3 mm.

Ø Na fasádách jsou patrné stopy po zatékání, dochází k degradaci omítek zejména v oblasti atik a svodů.

Místnost M2 – stropní konstrukce pod chemickou laboratoří

Ø Viditelný průhyb stropní konstrukce cca 30 až 40 mm.

Ø Trhliny na spodním líci trámů. Trhliny oddělují krycí vrstvu betonu od výztuže, beton samovolně vypadává, povrchová koroze viditelné výztuže.

Ø V místě dlouhodobého zatékání z chemické laboratoře dochází k oddělení krycí vrstvy betonu, beton je v této oblasti silně degradován přes celou tloušťku stropní desky. Hlavní výztuž stropní desky je v této oblasti silně korodována s korozním úbytkem cca 30%.

4.2. BETON

Z tabulky 1 je patrné označení odebraných vzorků z konstrukce objektu, označení jádrových vývrtů odpovídá příslušnému patru objektu, tj. V0.1 – vývrt z patra 1. PP číslo vzorku 1 atd. Z jádrových vývrtů byly připraveny vzorky pro destruktivní pevnost betonu a pro chemické analýzy.

Tabulka 1: Označení vývrtů, vzorků pro další analýzy, jejich umístění v objektu.

Vývrt Ozn. zk. Vzorku	Umístění	Patro	Označení místnosti	Vzorek pro destruktivní pevnost betonu	Vzorek pro chemickou analýzu
V0.1	Hlavní budova	1.PP			
V0.2	Hlavní budova	1.PP			
V0.3	Hlavní budova	1.PP		1x	
V0.4	Hlavní budova	1.PP		1x	1x
V1.1	Hlavní budova	1.NP	M 1	1x	
V1.2	Hlavní budova	1.NP	M 1	1x	1x
V1.3	Hlavní budova	1.NP	M 2	1x	
V1.4	Hlavní budova	1.NP	M 3	1x	1x
V1.5	Bytový dům	1.NP		1x	1x
V2.1	Hlavní budova	2.NP	M 2	1x	1x
V2.2	Hlavní budova	2.NP	M 1	1x	
V2.3	Hlavní budova	2.NP		1x	

4.2.1. Struktura a objemová hmotnost betonu

Struktura a objemová hmotnost betonu byla zjišťována z jádrových vývrtů Ø 100 mm (celkové délky 80 - 255 mm). Lokalizace míst odběrů jádrových vývrtů je uvedena v Příloze 1, popis struktury betonu vývrtů pak v Příloze 2. (včetně fotografie odebraných vývrtů).

Z provedené prohlídky odebraných jádrových vývrtů lze konstatovat tyto závěry:

- 1) Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je 44 až 80 mm.
- 2) Beton je hutný až pórovitý, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 8 mm. Místa byly zaznamenány dutiny velikosti až 25 mm.
- 3)
- 4) Vzhledem k rozměrům konstrukce a použitému kamenivu velké frakce lze předpokládat výskyt kaveren a hůře probetonovaných částí konstrukce
- 5) Povrch vývrtu je drsný.
- 6) Průměrná objemová hmotnost v přirozeném stavu vlhkosti betonu, stanovená z jádrových vývrtů, je

Ø na nízké úrovni 2150 kg/m³, hodnoty se pohybují v rozmezí 1960 až 2200 kg/m³

Zkratky: DTK – drobné těžené kamenivo, HTK – hrubé těžené kamenivo, HDK – hrubé drcené kamenivo

4.2.2. Destruktivní zkoušky pevnosti betonu v tlaku

Pro účely destruktivních zkoušek pevnosti betonu v tlaku (kap. 3.3.) byly odebrány jádrové vývrtky Ø cca 100 mm. Lokalizace odebraných vzorků je uvedena v Příloze 1.

Pro destruktivní zkoušky pevnosti betonu bylo zvoleno deset vzorků, jejichž označení odpovídá označení vývrtů. Všechny vzorky byly odebrány z trámů stropní konstrukce - 2x 1.PP, 5x 1.NP, 3x 2.NP.

Celkové vyhodnocení destruktivních zkoušek pevnosti betonu v tlaku je uvedeno v Příloze 2. Souhrn výsledků pevnosti betonu je uveden v kapitole 4.2.4.

Posouzení charakteristické pevnosti betonu v tlaku v konstrukci zkoušením vývrtů

(ČSN EN 13791, čl. 7.3.3 – Postup B)

Počet zkoušek **n**: 10

Krajní mez **k** příslušející malému počtu zkoušek (v závislosti na **n**): 5

Odhad charakteristické pevnosti betonu v tlaku je nižší hodnota z následujících hodnot:

$f_{ck, is} = f_{m(n), is} - k = 12,4 - 5 = 7,4 \text{ MPa}$ nebo $f_{ck, is} = f_{is, min.} + 4 = 7,2 + 4 = 11,2 \text{ MPa}$

Kritérium shody dle tab. 1, ČSN EN 13791 pro beton pevnostní třídy C 8/10

$f_{ck, is, cube} = 11,2 > 7,4 \text{ MPa} = f_{ck, is, cube}$ (min. charakt. pevnost betonu, ČSN EN 13791, tab. 1)

Minimální charakteristická pevnost betonu C 8/10 $f_{ck, is, cube} = 9 \text{ MPa}$.

Minimální charakteristická pevnost zkoušeného betonu $f_{ck, is, cube} = 7,4 \text{ MPa}$.

Značky a zkratky:

$f_{ck, is}$	charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci
$f_{m(n), is}$	střední hodnota n výsledků zkoušek pevnosti betonu v tlaku v konstrukci
$f_{is, min.}$	nejnižší výsledek zkoušky pevnosti betonu v tlaku v konstrukci
$f_{ck, is, cube}$	min. charakteristická pevnost betonu v tlaku v konstrukci

Na základě vyhodnocení výsledků destruktivních zkoušek pevnosti betonu dle ČSN EN 13791 viz kapitola 4.2.2 na stropní konstrukci objektu SUPŠ Karlovy Vary lze konstatovat:

- **beton stropní konstrukce nesplňuje požadavky nejnižší pevnostní třídy betonu C8/10**

4.2.3. Nedestruktivní zkoušky pevnosti betonu v tlaku

V této fázi průzkumu bylo zvoleno 58 míst pro nedestruktivní zkoušky pevnosti betonu v tlaku (kap. 3. 2.) tak, aby byl vzat v úvahu technologický postup výroby betonu a jeho ukládání do konstrukce. Nedestruktivní zkoušky pevnosti betonu jsou lokalizovány podle jednotlivých místností takto: 1.PP 12x stropní konstrukce, 1.NP-M1 9x stropní konstrukce, 1.NP-M2 9x stropní konstrukce, 1.NP-M3 9x stropní konstrukce, 2.NP 10x stropní

konstrukce, Bytový dům 9x stropní konstrukce, kde byla provedena zkouška na trámu, desce a věnci železobetonové konstrukce.

Souhrn výsledků nedestruktivní zkoušky betonu a jim odpovídající pevnostní třída, resp. třída betonu, je uveden v následující tabulce 2 a 3.

Celkové vyhodnocení nedestruktivních zkoušek pevnosti betonu v tlaku je uvedeno v Příloze 2. Lokalizace zkušebních míst je uvedena v Příloze 1.

Tabulka 2: Souhrn výsledků nedestruktivních zkoušek pevnosti betonu v tlaku.

Diagnostikované konstrukční prvky	Pevnost betonu v tlaku (MPa)		Variační koeficient v^*
	průměr ze zkoušek	charakteristická	
Stropní konstrukce 1. PP	13,2	6,0	32
Stropní konstrukce 1. NP – Místnost M1	14,0	10,8	13
Stropní konstrukce 1. NP – Místnost M2	13,4	7,6	25
Stropní konstrukce 1. NP – Místnost M3	16,1	10,9	19
Stropní konstrukce 2. NP	17,8	11,9	19
Stropní konstrukce Bytový dům	14,0	8,7	22

* ČSN 73 2011 [4] uvádí limitní hodnotu variačního koeficientu pro homogenní beton $v = 16 \%$ (homogenita z hlediska pevností).

Tabulka 3: Pevnostní třída, resp. třída betonu na základě provedených nedestruktivních zkoušek.

Diagnostikované konstrukční prvky	Třída betonu, resp. / pevnostní třída betonu
	ČSN EN 1992
Stropní konstrukce 1. PP	nesplňuje C8/10
Stropní konstrukce 1. NP – Místnost M1	C8/10
Stropní konstrukce 1. NP – Místnost M2	nesplňuje C8/10
Stropní konstrukce 1. NP – Místnost M3	C8/10
Stropní konstrukce 2. NP	C8/10
Stropní konstrukce Bytový dům	nesplňuje C8/10

4.2.4. Pevnost betonu v tlaku – shrnutí

Na základě destruktivních a nedestruktivních zkoušek pevnosti betonu v tlaku pro sledované železobetonové konstrukce, dle ČSN EN 1992, lze konstatovat:

- beton stropní konstrukce ve zkoumaných částech objektu dle destruktivních zkoušek nesplňuje požadavky nejnižší pevnostní třídy betonu C8/10
- nedestruktivní zkoušky pevnosti betonu ve zkoumaných částech objektu jsou rovněž na velmi nízké úrovni pevnosti, v rozsahu C8/10 a nižší, tato metoda byla použita pro zjištění pevnostní homogenity betonu v konstrukci
- nedestruktivními zkouškami byla prokázána nehomogenita betonu s ohledem na variační koeficient překračující hodnotu 16%
- výsledky pevností stanovené nedestruktivními zkouškami odpovídají rozptylu objemových hmotností stanovených z jednotlivých vývrtů
- beton v místech s nižší objemovou hmotností vykazuje nižší pevnosti, tato skutečnost může být způsobena technologickým postupem při betonáži (použití velké frakce kameniva, neprohnutí, nízké množství pojiva)
- pro výpočet nedestruktivních pevností betonu byl použit korelační koeficient 0,74, který byl získán jako poměr destruktivních a nedestruktivních pevností získaných na zkušebních vzorcích viz Příloha 2.

5. CHEMICKÉ ANALÝZY BETONU

Vzorky betonu pro analýzy

Vzorky byly fotograficky zdokumentovány (viz foto 1 – 5) a byl proveden popis struktury vzorků v Příloze 2.



Foto 1: Vzorek betonu V 0.4



Foto 2: Vzorek betonu V 1.2



Foto 3: Vzorek betonu V 1.4



Foto 4: Vzorek betonu V 1.5



Foto 5: Vzorek betonu V 2.1

Stručně o problematice hlinitanových cementů

Kromě cementu na bázi portlandského slínku se v letech 1930 – 1960 používal na území Československa pro výrobu monolitických konstrukcí také hlinitanový cement, tj. cement s vysokým obsahem hlinitanů vápenatých. Používal se zejména z důvodu některých výhodných vlastností, jako např. rychlý nárůst počátečních pevností, odolnost proti působení agresivních vod, atd. Slínkové minerály velmi rychle reagují s vodou a hydratované sloučeniny tak vykazují vysoké počáteční pevnosti. Při reakci se uvolňuje velké množství hydratačního tepla.

Po r. 1960 se od použití hlinitanových cementů upustilo. V r. 1985 bylo vydáno Usnesení vlády ČSFR č. 163/85, které nepovoluje použití hlinitanových cementů pro konstrukční účely. Příčinou bylo potvrzení skutečnosti, že za určitých okolností probíhají v betonu chemické procesy (tzv. konverze), které výrazně snižují jeho počáteční pevnosti (až o 50 % původní pevnosti) a tím i omezují jeho životnost (konverze viz níže).

Změna mechanických vlastností betonu nastává vlivem konverze hydratovaných slínkových minerálů na stálější formy, které se vyznačují menším molárním objemem. Následkem těchto procesů beton ztrácí svou vaznost a částečně i svou hmotnost po uvolnění původně chemicky vázané vody. Změny v betonu nastávají postupně, v různě intenzitě, a to v závislosti na podmínkách, které působily při ošetřování čerstvého betonu a na podmínkách, kterým je konstrukce vystavena. Udává se, že výrazné poklesy pevnosti betonu byly zjištěny u betonů vyrobených z hlinitanového cementu s vysokým vodním součinitelem, u betonů nedostatečně zhutněných a nedostatečně ošetřovaných.

Hydratovaný hlinitanový cement obvykle obsahuje tyto hydratační produkty [3]:

- Ø CAH_{10} , $\beta\text{-C}_2\text{AH}_8$, C_4AH_{13} , C_3AH_6 (kalcium-aluminát-hydráty)
- Ø AH_3 (gibbsit)

Konverze hydratovaných slínekových minerálů hlinitanového cementu je proces, kdy prvotně vzniklé metastabilní, tj. nestálé, hydratační produkty s hexagonální mřížkou CAH_{10} (hlavní nositel pevnosti betonu) a $\beta\text{-C}_2\text{AH}_8$ časem procházejí pozvolnou přeměnou na stabilní, avšak méně vazný kubický C_3AH_6 za současného vzniku AH_3 (gibbsit) a odloučení vody.

Vznikem kubického hexahydrátu (C_3AH_6) zaujmou nově vzniklé produkty pouze cca 47 % výchozího objemu. Tato okolnost, stejně jako odloučení vody, způsobuje zvětšení pórovitosti betonu, tvorbu mikrotrhlin a pokles pevnosti betonu.

Rychlost konverze může být ovlivňována dalšími činiteli, zejména zrychlena zvýšenou teplotou, vlhkostí, CO_2 z ovzduší, přítomností alkálií, vyšším vodním součinitelem, malou hutností betonu i mechanickým namáháním.

Pojivová složka betonu vyrobeného z hlinitanového cementu zpravidla vykazuje okrové, šedo-okrové nebo i tmavě šedé zabarvení. **Samotné zabarvení pojivové složky může být způsobeno i jinými vlivy (např. drobným těženým kamenivem) a není tedy postačujícím důkazem použití hlinitanového cementu.**

Důkazem o použití hlinitanového cementu pro výrobu betonu je rozhodující zejména relativní množství oxidu hlinitého (Al_2O_3) obsaženého v pojivu.

Složení pojiva betonu vyrobeného z hlinitanového cementu dle různých autorů je uvedeno v tab. 4, včetně složení pojiva běžného portlandského cementu.

Tabulka 4: Relativní množství složek obsažených v hlinitanovém cementu (dle různých autorů) a v běžném portlandském cementu

Složka	Obsah složek v hlinitanovém cementu [% hm.]					Portlandský cement
	Kohl	Kallauner	Bárta	Lea	Kuzněcov	
CaO	35 - 45	30 - 45	35 - 40	36 - 42	14 - 45	56 - 69
Al_2O_3	30 - 50	30 - 55	33 - 48	36 - 51	35 - 80	4 - 10
Fe_2O_3	5 - 15	5 - 15	4 - 19	0,1 - 14	0,1 - 18	1 - 8
MgO	0,5 - 1,5	0,3 - 1,1	3,5	0,5 - 1,0	0,1 - 10	0 - 6
SO_3	0 - 1,2	0,1 - 1	neuveeno	0,1 - 0,5	0 - 1,3	1 - 3

Z hodnot uvedených v této tabulce 1 je zřejmá výrazná odlišnost chemického složení hlinitanového cementu od cementů portlandských, u nichž je dominantní složkou CaO. Obsah této složky se u portlandských cementů pohybuje v rozmezí 56 - 69% a obsah Al_2O_3 leží v rozmezí 4 - 10 % [4]. Pro cementy hlinitanové je typický relativně nízký obsah CaO (obvykle 30 - 45 %) zatímco obsah Al_2O_3 je poměrně vysoký (obvykle 30 - 55 %).

5.1. Silikátový rozbor

Za účelem zjištění zda při výrobě betonu nebylo použito hlinitanového cementu byl proveden silikátový rozbor dle Jambora [5]. Pro chemický rozbor bylo vybráno 5 vzorků betonu V0.4; V1.2; V1.4; V1.5; V2.1.

Části odebraných vzorků betonu byly nejdříve vysušeny a namlety na analytickou jemnost v diskovém mlýnu Retsh RS 200. Mineralizace (rozpuštění) vzorku byla provedena roztokem kyseliny chlorovodíkové (HCl), která rozpouští pojivo. U vzorků bylo zjišťováno:

- ♦ ztráta žíháním,
- ♦ nerozpustný zbytek,
- ♦ obsah základních minerálových oxidů.

Následné výpočty složení pojiva byly provedeny za předpokladu, že použité kamenivo je nerozpustné v kyselině chlorovodíkové. Výsledky rozboru a přepočty na složení použitého pojiva jsou uvedeny v následující tabulce 5.

Tabulka 5: Výsledek chemického rozboru 5 vzorků betonu a přepočet na složení pojiva

Složka	V0.4		V1.2		V1.4		V1.5		V2.1	
	Obsah ve vzorku betonu	Přepočet na pojivo	Obsah ve vzorku betonu	Přepočet na pojivo	Obsah ve vzorku betonu	Přepočet na pojivo	Obsah ve vzorku betonu	Přepočet na pojivo	Obsah ve vzorku betonu	Přepočet na pojivo
	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.	% hm.
Ztráta žíháním (z.ž.)	5,46		4,49		4,16		7,17		5,15	
Nerozp. podíl v HCl	85,37		86,75		88,45		82,87		86,76	
SiO₂	1,51	16,47	1,86	21,23	1,56	21,11	1,99	19,98	1,29	15,95
CaO	4,77	52,02	4,10	46,80	3,54	47,90	6,27	62,95	4,91	60,69
Al₂O₃	0,94	10,25	1,24	14,16	0,85	11,50	0,91	9,14	1,00	12,36
Fe₂O₃	1,18	12,87	1,16	13,24	1,09	14,75	1,11	11,14	1,17	14,46
MgO	0,19	2,07	0,23	2,63	0,17	2,30	0,16	1,61	0,18	2,22
SO₃ síran.	0,14	1,53	0,03	0,34	0,08	1,08	0,15	1,51	0,13	1,61

Z výsledků chemického rozboru uvedených v tabulce 2 je zřejmé, že obsah oxidu hlinitého (Al₂O₃) v pojivu vzorků betonu z předmětného objektu je 9,1 - 14,1 % hmot.

Obsah Al_2O_3 v pojivu je jednou z rozhodujících složek při určování, zda se jedná nebo nejedná o hlinitanový cement.

V případě, že by byl použit hlinitanový cement byly by hodnoty obsahu Al_2O_3 v pojivu přibližně 3x vyšší, tedy 30-55 % hmot. (viz bod Stručně o problematice hlinitanových cementů)

Ze srovnání hodnot získaných chemickým rozбором vzorků betonu v tabulce 2 s hodnotami uvedenými pro hlinitanové cementy v tabulce 1, je zřejmé, že ve zkoumaném případě velmi pravděpodobně nebyl pro výrobu betonu použit hlinitanový cement.

5.2. Stanovení poměru míšení složek betonu

Způsob stanovení poměru míšení složek chemickým rozбором je založen na předpokladu, že pojivo v betonu je prakticky úplně rozpustné v kyselině chlorovodíkové, přičemž kamenné součásti jsou v ní nerozpustné. Přesnost stanovení poměru míšení složek je tedy dán splněním uvedených předpokladů. Výpočet se provádí za předpokladu, že kamenné součásti obsahovaly 3 % přirozené vlhkosti. Pro zjištění poměru míšení byly použity výsledky uvedené v tabulce 2 (nerozpustný zbytek v HCl a ztráta žíháním (udává obsah hydrátové vody a CO_2)).

Pro určení poměru míšení byl použit postup podle Jambora [5].

Výsledky stanovení poměru míšení jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6: Výsledky stanovení poměru míšení 5 vzorků betonu

Stanovení	V0.4	V1.2	V1.4	V1.5	V2.1
	% hmot.	% hmot.	% hmot.	% hmot.	% hmot.
Ztráta žíháním	5,46	4,49	4,16	7,17	5,15
Nerozpustný zbytek v HCl	85,37	86,75	88,45	82,87	86,76
Poměr míšení (pojivo : kamenivo)	1 : 9,6	1 : 10,2	1 : 12,5	1 : 8,6	1 : 11,1
Objemová hmotnost [kg/m^3]	2180	2090	2130	2170	2240
Množství pojiva	197 kg/m^3	179 kg/m^3	152 kg/m^3	215 kg/m^3	179 kg/m^3

Množství pojiva bylo vypočteno za předpokladu vodního součinitele 0,5.

5.3. Chemická analýza korozních produktů v betonu pod chemickou laboratoří

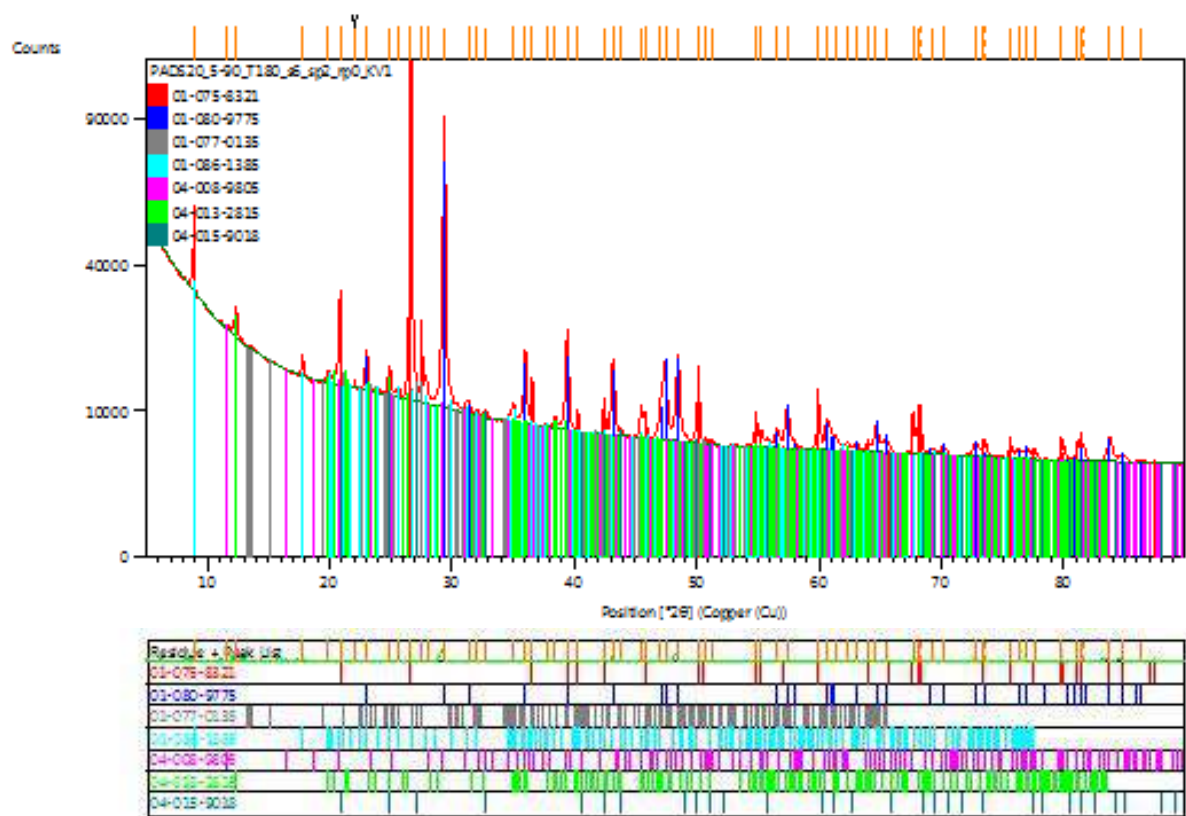
Za účelem zjištění kontaminace betonu a možných korozních produktů v betonu, byly ze železobetonové stropní konstrukce v místě průsaku pod chemickou laboratoří odebrány 2 vzorky betonu. Tyto vzorky byly podrobeny XRF (rentgenfluorescenční) analýze, XRD (rentgenové difrakční) analýze a ve vodném výluhu ze vzorků bylo stanoveno pH a množství chloridových, síranových a dusičnanových iontů.

5.3.1. Rentgenová difrakční analýza (XRD) vzorků betonu

Za účelem zjištění mineralogického složení vzorků betonu byla provedena rentgenová difrakční analýza (XRD). Hlavním cílem XRD analýzy bylo stanovit možnou přítomnost krystalických fází vznikajících při korozi betonu v důsledku působení agresivního prostředí na beton.

Abychom trochu eliminovali velké množství plniva (krystalické fáze kameniva, např. křemen atd.) v betonu, které následně analýzu znepřesňuje, byli jednotlivé vzorky betonu jemným tlakem podrceny tak, aby došlo k oddělení zrn kameniva od pojiva a poté byly mechanicky rozdružené vzorky přesítovány přes síto 0,100 mm. Zrnitostní složka vzorků menší než 0,100 mm (tzv. podsítné) byla použita pro XRD analýzu.

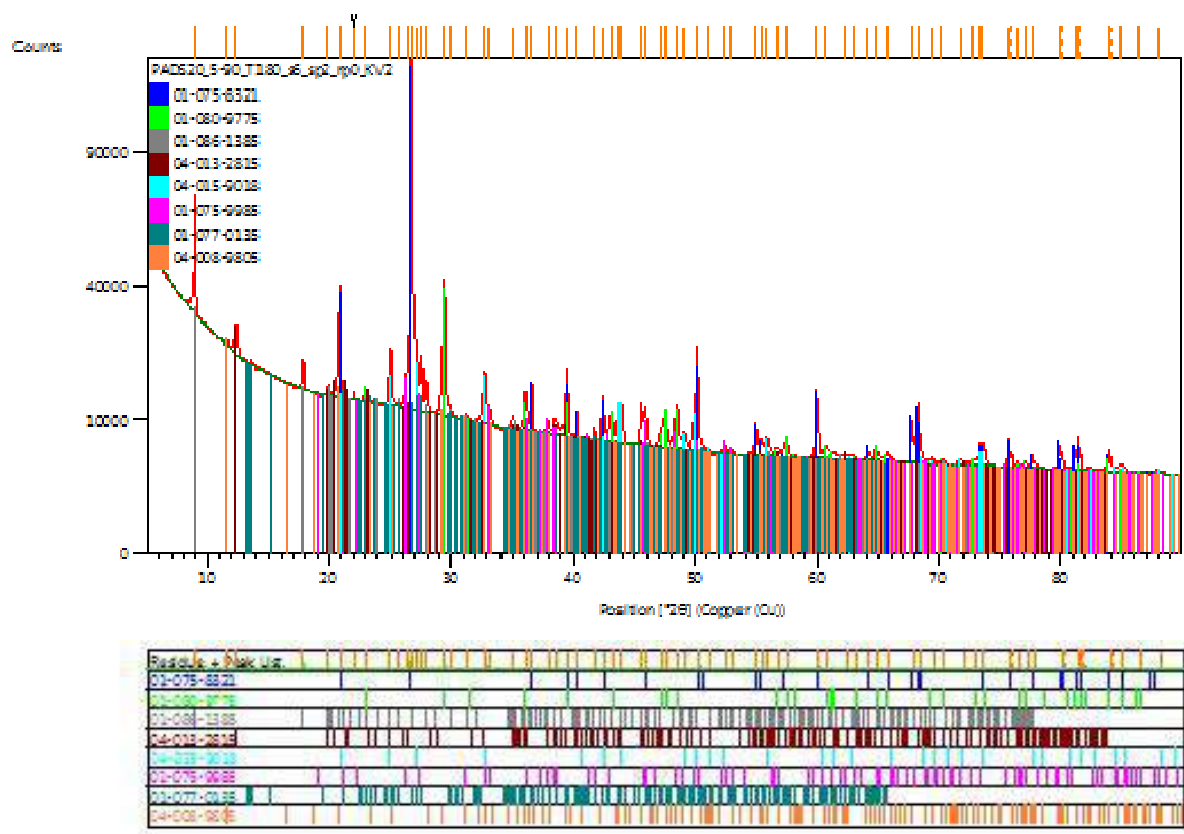
Rentgenové práškové difraktogramy (viz obr. 1 a 2) byly měřeny na přístroji PANalytical X'PertPRO (PANalytical B.V., Almelo, NL). Bylo použito CuK_{α} záření (napětí 40 kV, proud 30 mA). Rozsah měření byl 5 až 90 stupňů 2theta s krokem 0,039 stupně a dobou načítání 175 sec/krok.



Obr. 1: Rentgenový práškový difraktogram vzorku betonu KV1

Seznam fází:

Ref.Code	Score	Compound Name	Mineral Name	Chem. Formula	SemiQuant [%]
01-075-8321	70	Silicon Oxide	Quartz	SiO ₂	46
01-080-9775	68	Calcium Carbonate	Calcite	CaCO ₃	29
01-077-0135		Potassium Aluminum Silicate	Microcline	K (AlSi ₃ O ₈)	9
01-086-1385	19	Potassium Aluminum Silicate Hydroxide Fluoride	Muscovite-2M1	K _{0.86} Al _{1.94} (Al _{0.965} Si _{2.895} O ₁₀) ((OH) _{1.744} F _{0.256})	7
04-008-9805	7	Calcium Sulfate Hydrate	Gypsum, syn	CaSO ₄ 2(H ₂ O)	1
04-013-2815	18	Aluminum Silicate Hydroxide	Kaolinite-1A	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	7
04-015-9018	14	Calcium Carbonate	Vaterite, syn	CaCO ₃	1



Obr. 2: Rentgenový práškový difraktogram vzorku betonu KV2

Seznam fází:

Ref.Code	Score	Compound Name	Mineral Name	Chem. Formula	SemiQuant [%]
01-075-8321	59	Silicon Oxide	Quartz	SiO ₂	52
01-080-9775	62	Calcium Carbonate	Calcite	CaCO ₃	12
01-086-1385	21	Potassium Aluminum Silicate Hydroxide Fluoride	Muscovite- 2M1	K _{0.86} Al _{1.94} (Al _{0.965} Si _{2.895} O ₁₀) ((OH) _{1.744} F _{0.256})	5
04-013-2815	22	Aluminum Silicate Hydroxide	Kaolinite-1A	Al ₂ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	7
04-015-9018	35	Calcium Carbonate	Vaterite, syn	CaCO ₃	8
01-075-9985	23	Calcium Carbonate	Aragonite	CaCO ₃	7
01-077-0135	21	Potassium Aluminum Silicate	Microcline	K (AlSi ₃ O ₈)	7
04-008-9805	8	Calcium Sulfate Hydrate	Gypsum, syn	CaSO ₄ 2(H ₂ O)	1

Rentgenovou difrakční analýzou nebyly ve vzorcích betonu nalezeny žádné kontaminující krystalické látky nebo korozní produkty. Z výsledků XRD analýzy je pouze zřejmé, že beton je značně zkarbonatován, což dokládá přítomnost krystalů vateritu a aragonitu v nezanedbatelném množství.

5.3.2. XRF analýza vzorků betonu

Pro XRF analýzu byly použity vzorky stejně upravené jako pro XRD analýzu. Dále byly tyto vzorky upraveny lisováním do podoby tablety. Takto upravené vzorky byly podrobeny analýze pomocí rentgenfluorescenčního (XRF) spektrometru Spectroscan MAKČ GVII.

Pro zjištění obsahu jednotlivých prvků byla použita bezkalibrační analýza s vyhodnocením v software FPM, kdy výpočet množství jednotlivých prvků byl proveden metodou fundamentálních parametrů. Výsledek analýzy je uveden v tabulce 7.

Tabulka 7: Výsledek kvantitativní bezkalibrační XRF analýzy vzorků betonu v porovnání s výsledkem rozboru vzorku referenčního betonu

Složka	KV1 [% hmot.]	KV2 [% hmot.]
SiO₂	37,16	35,59
CaO	36,27	36,87
Al₂O₃	14,88	11,94
Fe₂O₃	4,62	3,64
SO₃	1,30	1,23
K₂O	1,76	1,54
MgO	1,70	1,64
TiO₂	0,61	0,47
P₂O₅	0,29	0,22
Cl₂	0,46	6,25

Při hodnocení výsledků silikátové analýzy pomocí XRF je třeba si uvědomit, že při této analýze je analyzován celý vzorek betonu, tedy i plnivo (kamenivo atd.), tedy že se nejedná pouze o složení pojiva.

5.3.3. Stanovení pH, chloridů, síranů a dusičnanů

Vzorky betonu byly namlety na analytickou jemnost. Následně byly z prachových vzorků připraveny vodné výluhy v destilované vodě v poměru 1:10 (vzorek : voda). Doba vyluhování byla 24 hodin. Ve výluzích se stanovovalo pH multimetrem inoLAB Multi 9420 dle ČSN EN 10523 [8] a obsah ve vodě rozpustných chloridových iontů (Cl^-), síranových iontů (SO_4^{2-}) a dusičnanových iontů (NO_3^-) dle ČSN EN ISO 10304-1 [9]. Výsledky chemického rozboru vodných výluhů jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8: Výsledek stanovení obsahu dusičnanových, chloridových a síranových iontů ve vzorcích betonu

Označení vzorku	pH	Chloridy Cl^- v % hmot. suchého vzorku	Přepočet obsahu Cl^- na cement v množství přibližně 350 kg v 1 m ³ betonu [%]	Sírany SO_4^{2-} v % hmot. suchého vzorku	Dusičnany NO_3^- v % hmot. suchého vzorku
KV1	8,05	0,110	0,72	0,200	0,061
KV2	8,96	1,500	9,86	0,160	0,013

Z výsledku uvedených v tabulce 5 je zřejmé, že beton je kontaminován především chloridy. Limitní hodnota dle ČSN EN 206 je pro beton s ocelovou výztuží nebo jinými kovovými vložkami 0,4 %. Z tabulky 5 tedy vyplývá, že ve vzorcích betonu je vysoce nadlimitní množství chloridů, které způsobilo značnou korozi výztuže.

Na základě provedených analýz vzorků betonu ze železobetonové stropní konstrukce v místě průsaku pod chemickou laboratoří lze konstatovat:

- beton je kontaminován chloridovými anionty ve vysoce nadlimitním množství, což způsobilo korozi (degradaci) výztuže
- beton je značně zkarbonatován, což dokazuje velmi nízké pH výluhu betonu a přítomnost uhličitanu vápenatého ve formě vateritu a aragonitu.
- v místě průsaku mohlo dojít ke korozi betonu II. typu vlivem průsaku chemikálií s nízkým pH, kdy dochází k rozpouštění jednotlivých složek hydratovaného cementu a následně jejich vynášení ze struktury betonu.

5.4. Termická analýza (TG/DSC)

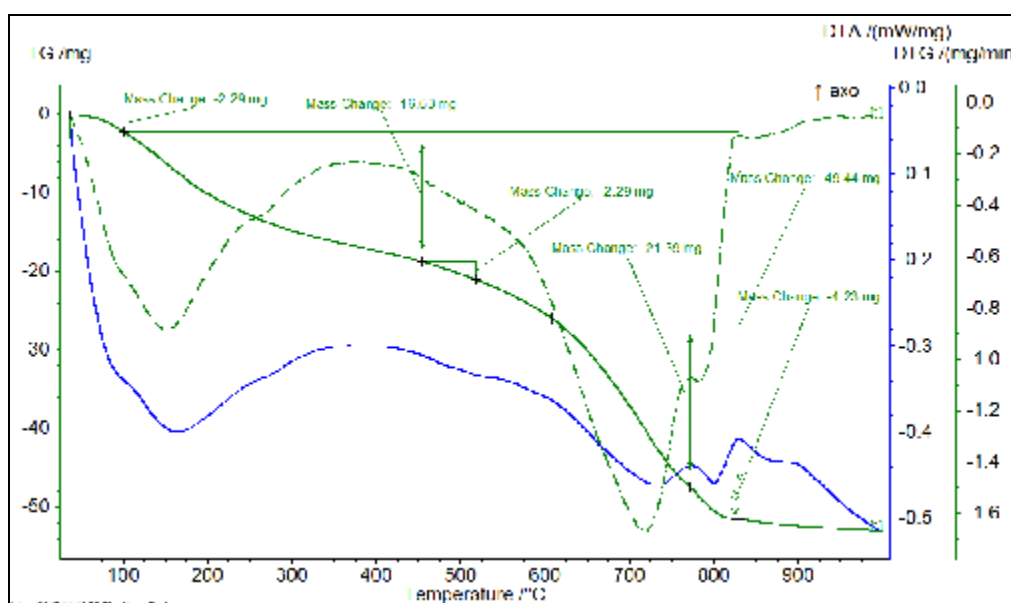
Pro zjištění chemického a fázového složení pojiva byly vzorky betonu podrobeny termické analýze (TG/DTG). Měření se provádělo v rozmezí teplot 35-1000°C. Na analýzu bylo naváženo 260-290 mg vzorku do korundového kelímku, spalování probíhalo v atmosféře dusíku rychlostí ohřevu 10°C za min.

Termická analýza je metoda, při níž se sledují některé fyzikální vlastnosti zkoumané látky v závislosti na čase nebo na teplotě. V případě TG (termogravimetrie) se měří změna hmotnosti vzorku jako funkce stoupající nebo klesající teploty, metodou DTA (diferenčně termická analýza) se sledují tepelné efekty exotermické nebo endotermické, vyvolané fyzikálními nebo chemickými změnami vzorku [10].

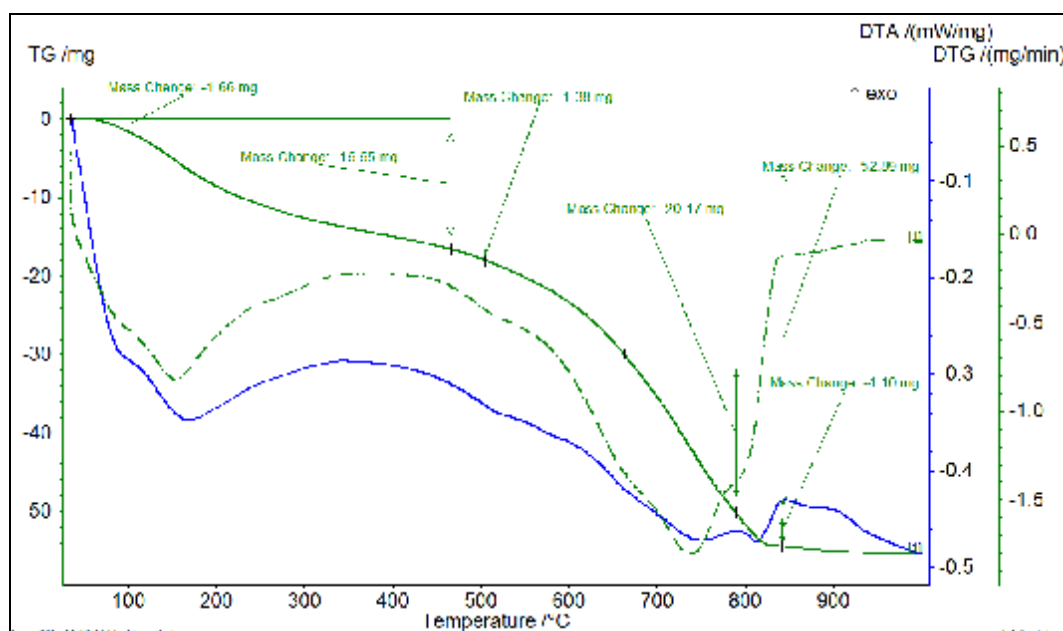
Portlandský cement hydratuje za vzniku CSH a CAH sloučenin a hydroxidu vápenatého. Při zahřívání cementového tmelu v betonu, při teplotách od 100 °C se rozkládají CSH a později CAH sloučeniny za uvolnění vody. Při teplotě okolo 450 °C se začíná rozkládat hydroxid vápenatý a při teplotách nad 600 °C se rozkládá uhličitán vápenatý, který vzniká karbonatací hydroxidu vápenatého.

Hlinitanové cementy se vyznačují odlišným složením, hlavní fáze tvoří CA a CA₂, u nízkohlinitanových cementů jsou přítomny další složky, např. C₂AS, nebo β-C₂S. Při hydrataci vznikají nejprve metastabilní hexagonální fáze CAH₁₀ a C₂AH₈ (rozklad v teplotním rozmezí 100 až 250 °C), následně dochází ke konverzi těchto sloučenin za vzniku kubického C₃AH₆ a Al(OH)₃ (rozklad v teplotním rozmezí 275 až 400 °C). Tento proces je závislý na okolní teplotě, při běžných teplotách v našich podmínkách je dlouhodobý.

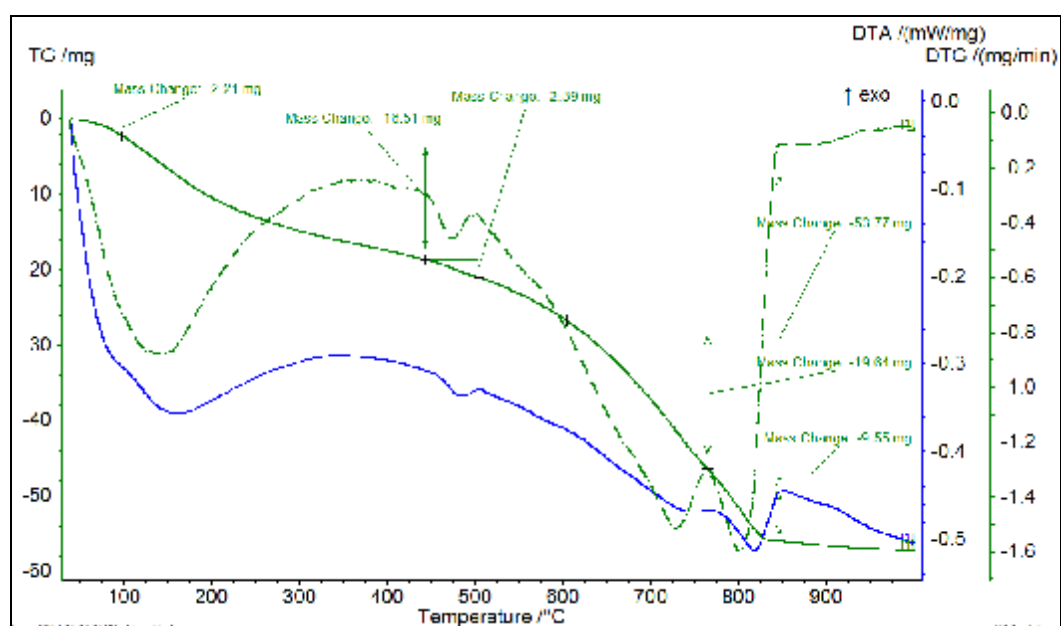
Výsledky termické analýzy jsou uvedeny na obr. 3 až 5 a v tabulce 9.



Obr. 3 Záznam termické analýzy vzorku V1.2



Obr. 4 Záznam termické analýzy vzorku V1.4



Obr. 5 Záznam termické analýzy vzorku V2.1

Tab. 9 Výsledky termické analýzy

Teplota [°C]	Úbytek hmotnosti	Ztráta hmotnosti [%]	Rozklad sloučeniny	Obsah sloučeniny [%]
V1.2				
Do 105	voda	0,88	voda	0,88
105 – 450	voda	6,37	CSH a CAH	nepočítá se
450 – 520	voda	0,88	Ca(OH) ₂	3,61
610 – 775	CO ₂	8,20	CaCO ₃ jemnozrnný	18,63
775 – 825	CO ₂	1,62	CaCO ₃ hrubozrnný	3,67
105 – 900				Ztr. ž. 49,44
V1.4				
Do 105	voda	0,58	-	0,58
105 – 450	voda	5,84	CSH a CAH	nepočítá se
450 – 520	voda	0,48	Ca(OH) ₂	1,99
610 – 775	CO ₂	7,07	CaCO ₃ jemnozrnný	16,07
775 – 825	CO ₂	1,44	CaCO ₃ hrubozrnný	3,27
105 – 900				Ztr. ž. 52,89
V2.1				
Do 105	voda	0,78	-	0,78
105 – 450	voda	5,81	CSH a CAH	nepočítá se
450 – 520	voda	0,84	Ca(OH) ₂	3,45
610 – 775	CO ₂	6,91	CaCO ₃ jemnozrnný	16,59
775 – 825	CO ₂	3,36	CaCO ₃ hrubozrnný	7,63
105 – 900				Ztr. ž. 53,77

Z výsledků termické analýzy uvedených na obr. 3-5 a v tab. 9 je zřejmé, že ve vzorcích betonu nebyly nalezeny fáze (CAH₁₀, C₂AH₈, C₃AH₆ a Al(OH)₃) příslušející hydratovanému hlinitanovému cementu. Výsledky všech vzorků jsou velmi podobné. Ve všech vzorcích došlo při teplotě 105 až 450 °C k rozkladu hydratované fáze CSH a CAH. Dále byl u všech vzorků zjištěn nízký obsah portlanditu (Ca(OH)₂) a naopak vysoký obsah uhličitanu vápenatého (CaCO₃), který vznikl karbonací Ca(OH)₂. Tvar TG křivek nenasvědčuje tomu, že by se jednalo o beton na bázi hlinitanového cementu.

6. ZÁVĚRY

Stavebně technického průzkumu stavu nosných železobetonových konstrukcí v objektu Střední uměleckoprůmyslové školy Karlovy Vary, č.p. 428, náměstí 17. listopadu a budovy bytového domu č.p. 429, ul. Sokolovská, 360 05 Karlovy Vary.

Na základě výsledků stavebně technického průzkumu stavu nosných železobetonových konstrukcí v objektu Střední uměleckoprůmyslové školy Karlovy Vary, č.p. 428, náměstí 17. listopadu a budovy bytového domu č.p. 429, ul. Sokolovská, 360 05 Karlovy Vary, lze konstatovat tyto hlavní závěry:

ZÁVĚR Z VIZUÁLNÍ PROHLÍDKY:

- Ø Stropní železobetonové konstrukce Hlavní budovy v místnostech M1, M2, M3 v patře 1. PP až 3.NP jsou viditelně prohnuté, odhadem o cca 20 až 40 mm.
- Ø V deskách stropní železobetonové konstrukce Bytového domu v patře 1. NP jsou trhliny šíře 0,2 až 0,3 mm.
- Ø Na fasádách jsou patrné stopy po zatékání, dochází k degradaci omítek zejména v oblasti atik a svodů.

Místnost M2-1.NP – stropní konstrukce pod chemickou laboratoří

- Ø Viditelný průhyb stropní konstrukce cca 30 až 40 mm.
- Ø Trhliny na spodním líci trámů. Trhliny oddělují krycí vrstvu betonu od výztuže, beton samovolně vypadává, povrchová koroze viditelné výztuže.
- Ø V místě dlouhodobého zatékání z chemické laboratoře dochází k oddělení krycí vrstvy betonu, beton je v této oblasti silně degradován přes celou tloušťku stropní desky. Hlavní výztuž stropní desky je v této oblasti silně korodována s korozním úbytkem cca 30%.

BETON - PEVNOST BETONU

- Ø beton stropní konstrukce ve zkoumaných částech objektu dle destruktivních zkoušek nesplňuje požadavky nejnižší pevnostní třídy betonu C8/10
- Ø nedestruktivní zkoušky pevnosti betonu ve zkoumaných částech objektu jsou rovněž na velmi nízké úrovni pevnosti, v rozsahu C8/10 a nižší, tato metoda byla použita pro zjištění pevnostní homogenity betonu v konstrukci
- Ø nedestruktivními zkouškami byla prokázána nehomogenita betonu s ohledem na variační koeficient překračující hodnotu 16%
- Ø výsledky pevností stanovené nedestruktivními zkouškami odpovídají rozptylu objemových hmotností stanovených z jednotlivých vývrtů

- Ø beton v místech s nižší objemovou hmotností vykazuje nižší pevnosti, tato skutečnost může být způsobena technologickým postupem při betonáži (použití velké frakce kameniva, neprohnutí, nízké množství pojiva)
- Ø pro výpočet nedestruktivních pevností betonu byl použit korelační koeficient 0,74, který byl získán jako poměr destruktivních a nedestruktivních pevností získaných na zkušebních vzorcích
- Ø dle zjištěného množství pojiva v betonu z chemické analýzy je zřejmé, že beton obsahuje velmi malé množství cementu na úrovni cca 180 kg/m³,
- Ø zjištěné pevnosti betonu jsou na velmi nízké úrovni, které neodpovídají běžným hodnotám pro železobeton používaný do nosných konstrukcí

CHEMICKÁ ANALÝZA BETONU

Silikátový rozbor

- Ø ze srovnání hodnot získaných chemickým rozbořem vzorků betonu s hodnotami uvedenými pro hlinitanové cementy, je zřejmé, že ve zkoumaném případě **nebyl pro výrobu betonu použit hlinitanový cement**

Stanovení poměru míšení složek betonu

- Ø beton obsahuje dle provedené analýzy velmi malé množství pojiva (cementu), v průměru 180 kg/m³, běžné konstrukční betony obsahují v 350 kg/m³

Chemická analýza korozních produktů v betonu pod chemickou laboratoří

- Ø beton je kontaminován chloridovými anionty ve vysoce nadlimitním množství, což způsobilo korozi (degradaci) výztuže
- Ø beton je značně zkarbonatován, což dokazuje velmi nízké pH výluhu betonu a přítomnost uhličitanu vápenatého ve formě vateritu a aragonitu
- Ø v místě průsaku mohlo dojít ke korozi betonu II. typu vlivem průsaku chemikálií s nízkým pH, kdy dochází k rozpouštění jednotlivých složek hydratovaného cementu a následně jejich vynášení ze struktury betonu

Termická analýza (TG/DSC)

- Ø z výsledků termické analýzy uvedených na obr. 3-5 a v tab. 9 je zřejmé, že ve vzorcích betonu **nebyly nalezeny fáze** (CAH₁₀, C₂AH₈, C₃AH₆ a Al(OH)₃) **příslušející hydratovanému hlinitanovému cementu**. Výsledky všech vzorků jsou velmi podobné.

DOPORUČENÍ

Na základě zjištěných skutečností tj. velmi nízké pevnosti betonu ve zkoumaných částech objektu, která nedosahuje úrovně běžných konstrukčních betonů, bude nutné pro další využívání budovy provést statický přepočet, který velmi pravděpodobně povede k nutnosti stropní konstrukce zesílit. Zesilování stropní konstrukce bude vzhledem k nízké pevnosti betonu problematické.

Doporučujeme rozšířit počet nedestruktivních tvrdoměrných zkoušek až na normou požadovaný počet, aby byla ověřena pevnost betonu po celé konstrukci vzhledem k technologické výrobě betonu tj. do 0,3 m³ záměsi betonu.

Strop nad chemickou laboratoří vzhledem k množství chloridových iontů a korozi výztuže doporučujeme snést a nahradit jinou stropní konstrukcí.

Stav objektu považujeme za havarijní.

7. SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1: Poloha sond pro pevnost betonu.

PŘÍLOHA 2: Zkoušky betonu - pevnost.

PŘÍLOHA 3: Vizuální prohlídka.

PŘÍLOHA 4: Grafické zpracování vizuální prohlídky.

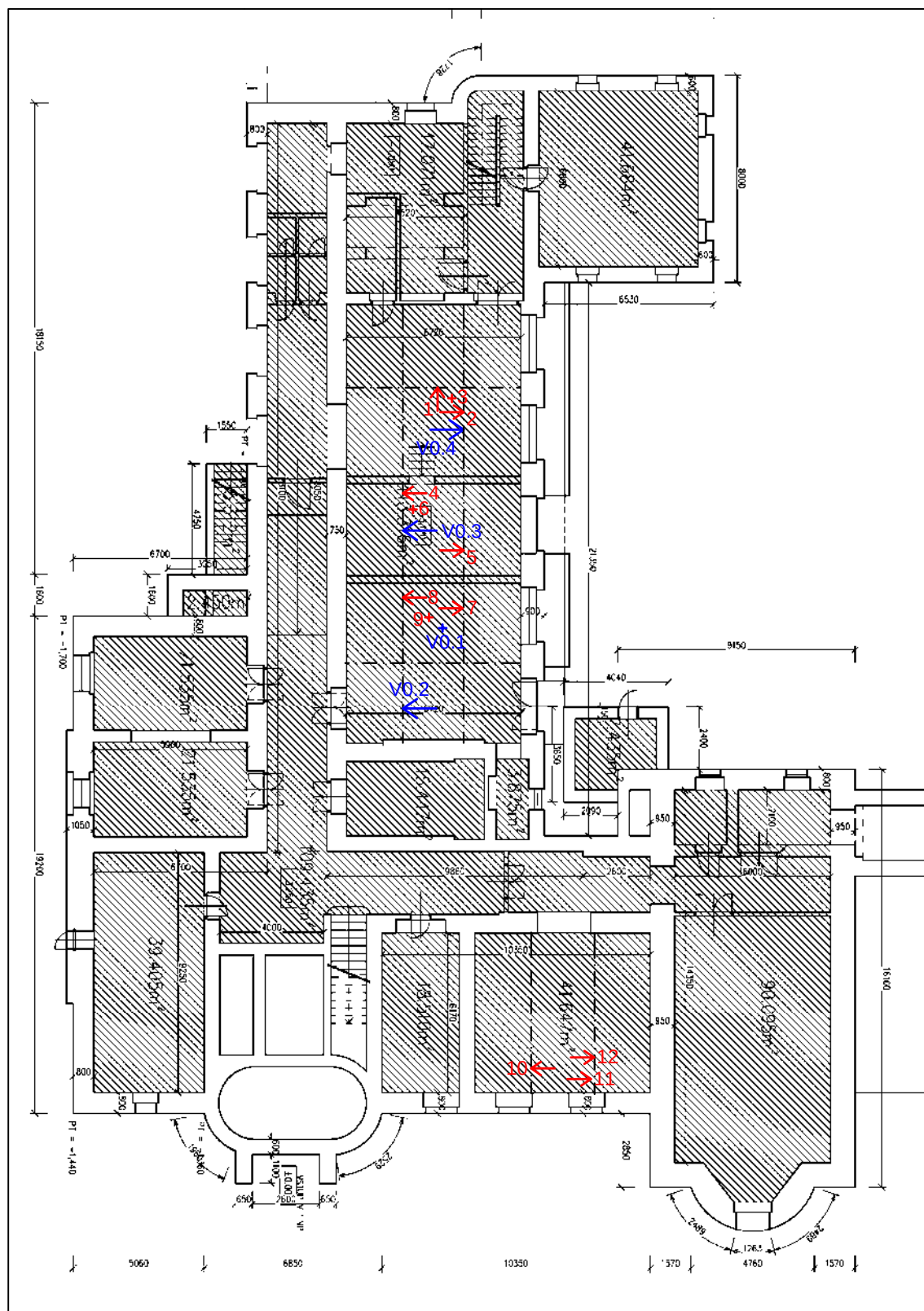
Závěry uvedené v této zprávě byly formulovány na základě výsledků diagnostických prací a zkoušek provedených v určitých oblastech a na základě dostupné dokumentace.

Zpracovatel si vyhrazuje právo na korekce a doplnění závěrů, pokud budou zjištěny další podstatné skutečnosti, které byly nad rámec provedených diagnostických prací nebo byly dodatečně zjištěny mimo oblast prováděných sond nebo mu byly zamlčeny.

PŘÍLOHA 1

STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM STAVU NOSNÝCH ŽELEZOBETONOVÝCH
KONSTRUKCÍ V OBJEKTU STŘEDNÍ UMĚLECKOPRŮMYSLOVÉ ŠKOLY
KARLOVY VARY, Č.P. 428, NÁMĚSTÍ 17. LISTOPADU A BUDOVY BYTOVÉHO
DOMU Č.P. 429, UL. SOKOLOVSKÁ, 360 05 KARLOVY VARY.

POLOHA SOND PRO ZJIŠTĚNÍ PEVNOSTI BETONU



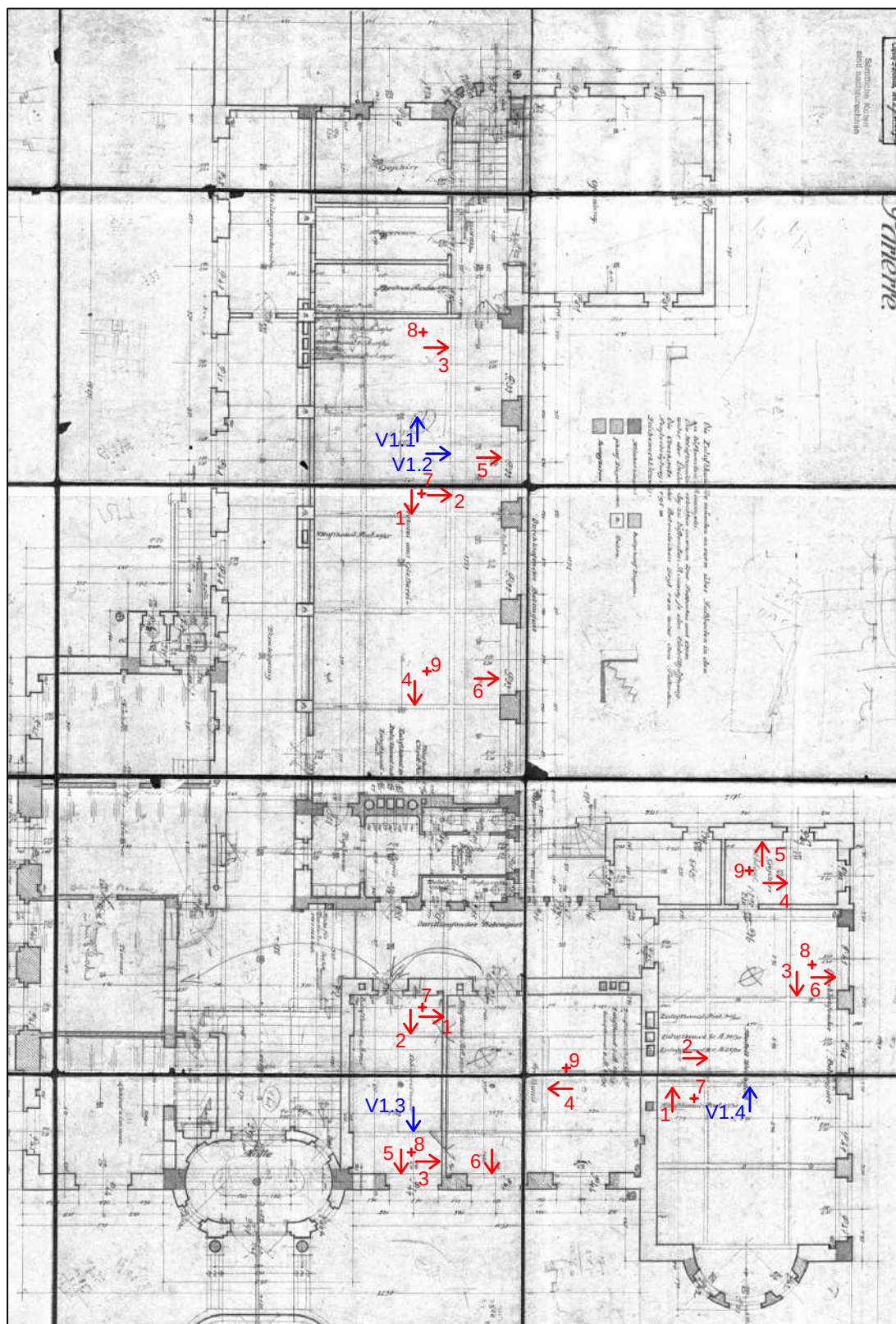
Legenda a poznámky:

v_1 ↑ - odběr jádrového vývrtu

↑ - nedestruktivní pevnost betonu

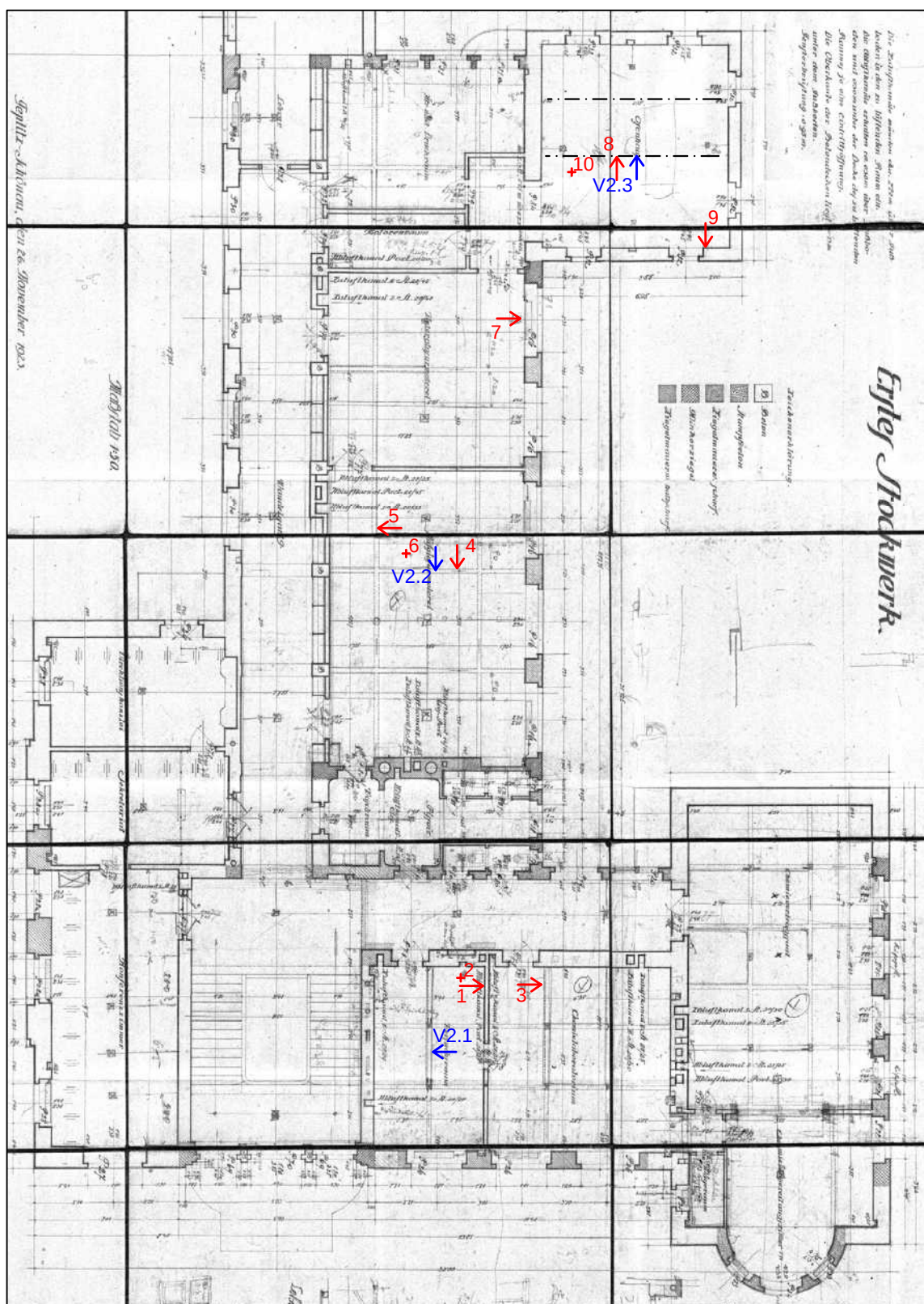
HLAVNÍ BUDOVA - SUPŠ KARLOVY VARY

1.NP: POLOHA SOND - PEVNOST BETONU



Legenda a poznámky:

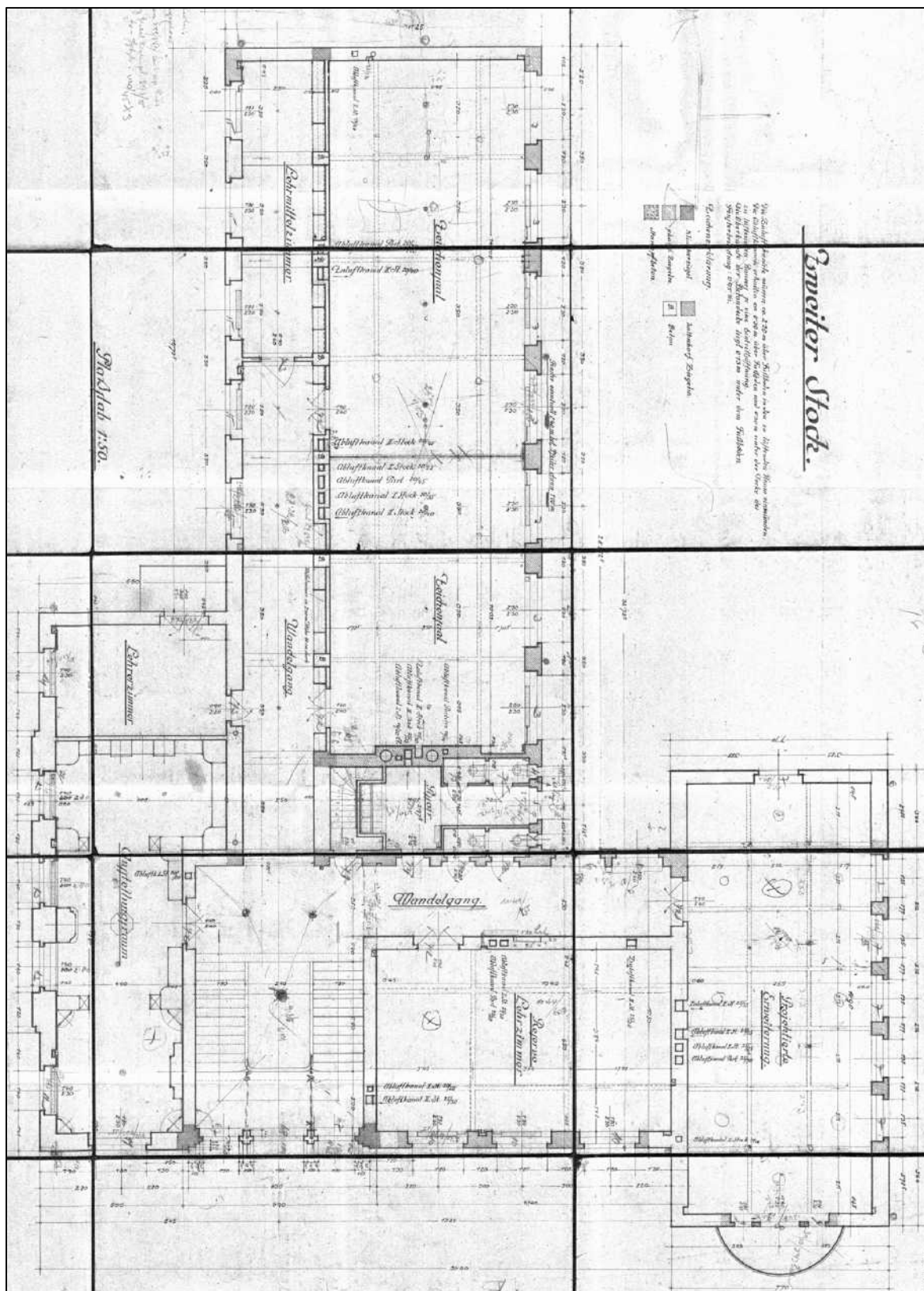
-  - odběr jádrového vývrtnu
-  - nedestruktivní pevnost betonu



Legenda a poznámky:

v_1 ↑ - odběr jádrového vývrtu

↑ - nedestruktivní pevnost betonu



Legenda a poznámky:

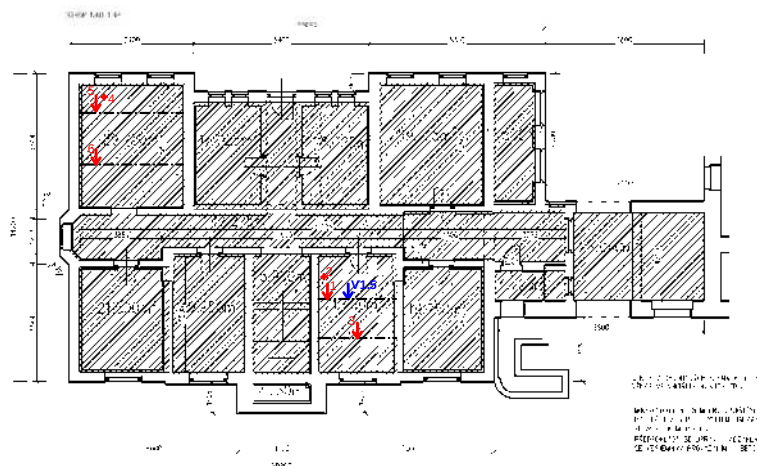
v_1 ↑ - odběr jádrového vývrtu

1 ↑ - nedestruktivní pevnost betonu

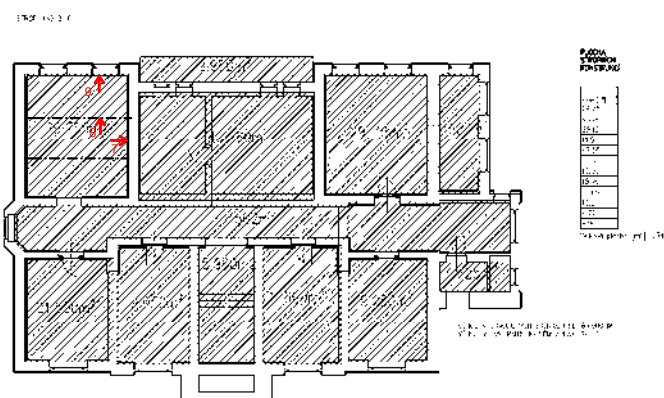
BYTOVÝ DŮM - SUPŠ KARLOVY VARY

1.NP-3.NP: POLOHA SOND - PEVNOST BETONU

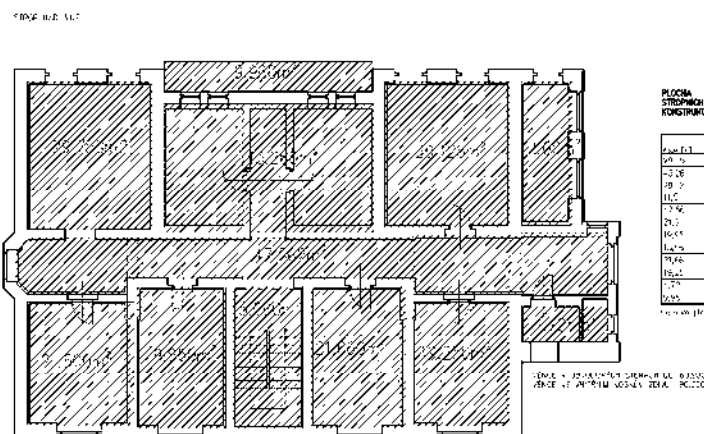
Strop nad 1.NP



Strop nad 2.NP



Strop nad 3.NP



Legenda a poznámky:

- other jádrového výztu
- neobstruktivní pevnost betonu

PŘÍLOHA 2

STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM STAVU NOSNÝCH ŽELEZOBETONOVÝCH
KONSTRUKCÍ V OBJEKTU STŘEDNÍ UMĚLECKOPRŮMYSLOVÉ ŠKOLY
KARLOVY VARY, Č.P. 428, NÁMĚSTÍ 17. LISTOPADU A BUDOVY BYTOVÉHO
DOMU Č.P. 429, UL. SOKOLOVSKÁ, 360 05 KARLOVY VARY.

PEVNOST BETONU

VYHODNOCENÍ DESTRUKTIVNÍCH ZKOUŠEK BETONU

PODKLADY

- [5] ČSN EN 12504-1 – Zkoušení betonu v konstrukcích – Část 1: Vývrty - Odběr, vyšetření a zkoušení v tlaku;
- [6] ČSN EN 12390-3 – Zkoušení ztvrdlého betonu. Část 3: Pevnost v tlaku zkušebních těles;
- [7] Dohnálek, J. – Kontrola pevnosti betonu ve stavební konstrukci. Úspora cementu při výstavbě betonových konstrukcí – studijní texty, ČSVTS, Praha 1983;
- [4] ČSN EN 13791 – Posuzování pevnosti betonu v tlaku v konstrukcích a prefabrikovaných betonových dílcích;
- [8] ČSN EN 12390-7 – Zkoušení ztvrdlého betonu – Část 7: Objemová hmotnost ztvrdlého betonu;

POSTUP PRACÍ A VÝSLEDKY

Tabulka 1: Popis vývrtnů

Označení vývrtnu	Délka /průměr [mm]	Popis struktury vývrtnu
V0.1	80/Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je 42 mm. Beton je hutný až pórovitý, na povrchu vývrtnu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 7 mm. Povrch vývrtnu je drsný. Ve vývrtnu byl v hl. 15 mm zastižen 1 ks výztuže. Na obou lících vývrtnu zachycen zřejmě otisk bednění.
V0.2	160/Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je 55 mm. Beton je pórovitý, na povrchu vývrtnu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 7 mm, místy byly zaznamenány dutiny velikosti až 25 mm. Povrch vývrtnu je drsný. Na líci vývrtnu zachycen nátěr a malta tloušťky 10 mm.
V0.3	195/Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je 45 mm. Beton je hutný až pórovitý, na povrchu vývrtnu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 5 mm, ojediněle byly zaznamenány póry velikosti až 10 mm. Povrch vývrtnu je drsný. Na líci vývrtnu zachycen nátěr a malta tloušťky 9 mm.
V0.4	210/Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je 70 mm. Beton je hutný až pórovitý, na povrchu vývrtnu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 7 mm, ojediněle byly zaznamenány dutiny délky až 30 mm. Povrch vývrtnu je drsný. Na čele vývrtnu zachycen nátěr a malta tloušťky 10 mm.
V1.1	250/Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je 80 mm. Beton je pórovitý, na povrchu vývrtnu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 6 mm, ojediněle byly zaznamenány dutiny velikosti až 13 mm. Povrch vývrtnu je drsný. Ve vývrtnu byl v hl. 30 mm zastižen 1 ks výztuže. Na obou lících vývrtnu byl zachycen nátěr a malta tloušťky až 15 mm.
V1.2	255/Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je 60 mm. Beton je pórovitý, na povrchu vývrtnu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 6 mm. Povrch vývrtnu je drsný.

		Na obou lících vývrtu byl zachycen nátěr a malta tloušťky až 18 mm.
V1.3	160/Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je 52 mm. Beton je pórovitý, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet pórů do velikosti 8 mm, ojediněle byly zaznamenány dutiny délky až 22 mm. Povrch vývrtu je drsný. Na líci vývrtu zachycen nátěr a malta tloušťky až 7 mm.
V1.4	235/Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je 75 mm. Beton je hutný až pórovitý, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 6 mm. Povrch vývrtu je drsný. Na líci vývrtu zachycen nátěr a malta tloušťky 9 mm. Na rubu vývrtu zaznamenány zbytky malty.
V1.5	140/Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je 80 mm. Beton je hutný až pórovitý, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 7 mm. Povrch vývrtu je drsný. Na čele vývrtu zachycen nátěr a sanační vrstva tloušťky až 7 mm. Na rubu vývrtu zaznamenán otisk bednění.
V2.1	205/Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je 65 mm. Beton je hutný až pórovitý, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 7 mm. Povrch vývrtu je drsný. Na čele vývrtu zachyceny zbytky malty a nátěru. V hloubce 15 mm zaznamenán zřejmě otisk hladké výztuže Ø cca 8 mm. Na rubu vývrtu zaznamenány zbytky malty.
V2.2	230/Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je 75 mm. Beton je hutný až pórovitý, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 4 mm. Povrch vývrtu je drsný. Na čele vývrtu zachycen nátěr a malta tloušťky 9 mm. Na rubu vývrtu zaznamenány zbytky malty.
V2.3	170/Ø100	Vývrt obsahuje vyvážený podíl DTK a HTK. Max. velikost zrna HTK je 40 mm. Beton je pórovitý, na povrchu vývrtu zaznamenán větší počet makropórů do velikosti 5 mm. Povrch vývrtu je drsný. Na obou lících vývrtu zachycen nátěr a malta tloušťky až 8 mm.

Zkratky: DTK – drobné těžené kamenivo, HTK – hrubé těžené kamenivo, HDK – hrubé drcené kamenivo

Pozn.: Značka oceli je stanovena orientačně, pro řádné zatřídění je nutné znát dobu výstavby konstrukce nebo povést mechanické zkoušky.



Foto 1: Celkový pohled na vzorky V0.1 až V0.4



Foto 2: Celkový pohled na vzorky V1.1 a V1.2



Foto 3: Celkový pohled na vzorky V1.3 až V1.5



Foto 4: Celkový pohled na vzorky V2.1 až V2.3

DESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY BETONU V TLAKU

Provedení zkoušky	:	25. 10. 2017
Značení vzorků	:	viz Tabulka 1 této přílohy
Identifikace vzorků	:	zkoušeny byly vývrty o $\varnothing$ cca 100 mm výsledky zkoušek jsou uvedeny v Tabulce 1
Úprava vzorků	:	zaříznuty diamantovým kotoučem
Koncování	:	ano, směsí síry a plniv
Zatěžovací stroj	:	WPM 1000 kN, metrologické číslo S 12 012 M
Prostředí zkoušky	:	teplota 20 °C, vlhkost 50 %
Provedl	:	Pavel Borodáč

Pro účely destruktivních zkoušek pevnosti betonu v tlaku byly odebrány jádrové vývrty $\varnothing$ cca 100 mm. V laboratoři byly vývrty zaříznuty a zakončovány směsí, jejímž pojivem je síra. Před koncováním byly vývrty změřeny a zváženy, aby bylo možno stanovit objemovou hmotnost betonu. Takto připravené vzorky byly zkoušeny v zatěžovacím stroji WPM 1000 kN, metrologické číslo S 12 012 M. Odběry jádrových vývrtů a zkoušky vzorků byly provedeny dle ČSN EN 12504-1 [5].

Válcové pevnosti betonu $f_{c, core}$ zjištěné na vývrtech je nutné převést na krychelné pevnosti $f_{c, cube}$, které odpovídají pevnostem na krychli základních rozměrů, tj. krychli s délkou hrany 150 mm. Převod se provede dle ČSN EN 12390-3, změna Z1, příloha NA [6].

Nejprve se provede převod na vývrtech zjištěných válcových pevností betonu $f_{c, core}$ na válcové pevnosti betonu $f_{c, cyl}$, které odpovídají pevnostem betonu na válcích základních rozměrů, tj. na válcích o průměru 150 mm a výšce 300 mm, dle vztahu:

$$f_{c, cyl} = \kappa_{c, cyl} \cdot \kappa_{d, cyl} \cdot f_{c, core}$$

$\kappa_{c, cyl}$ je opravný součinitel štíhlosti dle ČSN EN 12390-3 [6] v závislosti na štíhlostním poměru $l = h / d$ (kde h je výška vývrtu a d je průměr vývrtu); pro $1 \leq \lambda < 2$,

$\kappa_{d, cyl}$ je experimentálně stanovený převodní součinitel v závislosti na průměru vývrtu dle diagramu vypracovaného v KÚ ČVUT [7].

Válcové pevnosti betonu $f_{c, cyl}$, které odpovídají pevnostem betonu na válcích základních rozměrů, se následně převedou na krychelné pevnosti $f_{c, cube}$, které odpovídají pevnostem betonu na krychlích základních rozměrů dle vztahu:

$$f_{c, cube} = \kappa_{cyl, cube} \cdot f_{c, cyl}$$

$\kappa_{cyl, cube}$ je převodní součinitel pevností betonu na válcích základních rozměrů na krychelné pevnosti betonu na krychlích základních rozměrů dle ČSN EN 12390-3 [6].

Při provádění zkoušek vývrtů je nutné sledovat i způsob porušení vzorků, tj. aby skutečně došlo k porušení tlakem a nikoli smykem či příčným tahem. Nesprávně porušená tělesa vykazují obvykle velmi nízké pevnosti a takové výsledky se vyřazují z vyhodnocení.

Posouzení krychelné, resp. válcové charakteristické pevnosti betonu v tlaku $f_{ck, cube}$ resp. $f_{ck, cyl}$ v konstrukci zkoušením vývrtů bylo provedeno dle ČSN EN 13791 [4].

Vyhodnocení destruktivních zkoušek pevnosti betonu v tlaku na vývrtech

Vývrt Ozn. zk. Vzorok	Patro/Místopost	Průměr vzorku	Výška vzorku	Výška vzorku po zakoncování	Hmotnost	Objem. hmot.	Max. tlak. síla F	Pevnost betonu na vývrtnu $f_{c, core}$	Štíhl. poměr l	Opravný součinitel (štíhlost) κ_c, cyl	Převodní součinitel (průměr) κ_d, cyl	Válcová pevnost betonu $f_{c, cyl}$	Převodní součinitel (cyl-cube) $\kappa_{cyl, cube}$	Krychelná pevnost betonu $f_{c, cube}$
		[mm]	[mm]	[mm]		[kg/m ³]								
V0.3	1.PP	98,3	108,0	111,7	1730	2120	71,0	9,4	1,136	0,887	0,949	7,9	1,252	9,9
V0.4	1.PP	98,3	105,5	108,7	1738	2180	97,0	12,8	1,106	0,880	0,949	10,7	1,252	13,4
V1.1	1.NP/M1	98,0	101,2	105,0	1668	2190	86,0	11,4	1,071	0,872	0,949	9,4	1,252	11,8
V1.2	1.NP/M1	97,9	103,5	107,1	1627	2090	54,0	7,2	1,094	0,878	0,948	6,0	1,252	7,5
V1.3	1.NP/M2	98,1	99,2	105,4	1646	2200	75,0	9,9	1,074	0,873	0,949	8,2	1,252	10,3
V1.4	1.NP/M3	97,8	104,9	108,9	1674	2130	74,0	9,9	1,113	0,882	0,948	8,2	1,252	10,3
V1.5	1.NP/Byt.dům	98,3	98,5	102,8	1619	2170	107,0	14,1	1,046	0,865	0,949	11,6	1,252	14,5
V2.1	2.NP/M2	98,4	105,6	109,5	1797	2240	157,0	20,6	1,113	0,882	0,949	17,3	1,252	21,6
V2.2	2.NP/M1	98,3	105,9	112,6	1761	2200	126,0	16,6	1,145	0,889	0,949	14,0	1,252	17,5
V2.3	2.NP	98,2	106,2	110,7	1574	1960	52,0	6,9	1,127	0,885	0,949	5,8	1,252	7,2
Průměr ze všech vzorků:						2150						9,9		
Směrodatná odchylka:						79,6						3,6		
Variační koeficient [%]:						3,7						36,4		

Vysvětlivky k tabulce:

Zkušební vzorek nesplňuje požadavek ČSN EN 12504-1 na poměr velikosti max. zrna kameniva k průměru vývrtnu (max. 1 : 3).

Nejistoty dle ISO/IEC Guide 98-3:2008 Uncertainty of measurement - Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement.

• Rozšířená nejistota pevnosti betonu v tlaku: 2,0 MPa.

• Rozšířená nejistota objem. hmotnosti betonu na vývrtech Ø 50 – 60 mm: 20 kg/m³; Ø 70 – 80 mm: 15 kg/m³; Ø > 80 mm: 10 kg/m³.

Rozšířená nejistota je standardní kombinovaná nejistota x koeficient rozšíření k = 2, což odpovídá hladině spolehlivosti cca 95 %.

VYHODNOCENÍ NEDESTRUKTIVNÍCH ZKOUŠEK BETONU

Vypočet korelačního vztahu mezi destruktivní a nedestruktivní

Zk. místo	Směr úderu	Odkok tvrdoměru <i>a</i>								Průměr	<i>f</i> _{be} [MPa]	<i>f</i> _{be a t a w} [MPa]	<i>f</i> _c , cube [MPa]	<i>f</i> _c , cube/ <i>f</i> _{be a t a w} [MPa]
											ne destruktivní pevnost betonu	destruktivní pevnost betonu		
V0.3	←	22	23	23	27	21	22	26	23	23	22	16,8	9,9	0,59
V0.4	←	27	29	25	28	20	28	29	30	27	28	21,4	13,4	0,62
V1.1	←	18	24	20	18	20	21	23	22	21	19	14,5	11,8	0,81
V1.2	←	22	19	19	25	18	22	25	25	22	21	16,1	7,5	0,47
V1.3	←	18	17	23	20	23	22	25	26	22	21	16,1	10,3	0,64
V1.4	←	18	22	15	15	17	14	19	21	18	15	11,5	10,3	0,90
V1.5	←	23	19	25	26	21	22	23	23	23	22	16,8	14,5	0,86
V2.1	←	28	30	30	30	27	30	28	33	30	33	25,2	21,6	0,86
V2.2	←	25	23	24	21	20	22	18	20	22	21	16,1	17,5	1,09
V2.3	←	20	21	19	18	18	21	18	21	20	18	13,8	7,2	0,52

$$\alpha_w = 0,85$$

$$\alpha_t = 0,90$$

korelační vztah mezi
destruktivní
a nedestruktivní pevností

$$0,74$$

SUPŠ - Hlavní budova, 1.PP stropní konstrukce

Zk. místo	Strop nad	Směr úderu	Odkok tvrdoměru <i>a</i>								Průměr	f _{be} [MPa]	f _{be a t a w} [MPa]
SUPŠ - Hlavní budova, 1.PP stropní konstrukce													
1	1.PP	←	28	27	25	26	29	28	22	27	27	28	15,9
2	1.PP	←	20	22	21	24	21	25	26	21	23	22	12,5
3	1.PP	↑	22	20	22	20	20	22	20	22	21	11	6,2
4	1.PP	←	18	19	20	18	24	19	18	16	19	16	9,1
5	1.PP	←	20	19	18	22	24	20	19	18	20	18	10,2
6	1.PP	↑	20	22	24	26	28	22	20	21	23	14	7,9
7	1.PP	←	24	22	18	20	19	20	20	21	21	19	10,8
8	1.PP	←	24	26	26	30	32	28	29	30	28	30	17,0
9	1.PP	↑	30	31	28	30	27	31	32	31	30	25	14,2
10	1.PP	←	28	30	32	30	30	28	29	28	29	31	17,5
11	1.PP	←	29	28	29	30	31	32	34	30	30	33	18,7
12	1.PP	←	30	32	28	31	30	28	29	30	30	33	18,7
Průměr													13,2

$$\alpha_w = 0,85$$

$$\alpha_t = 0,90$$

$$\text{korelace} = 0,74$$

$$s_r = 4,19 \text{ MPa}$$

$$V_x = 0,32$$

$$m_x = 13,2 \text{ MPa}$$

$$k_n = 1,73$$

Charakteristická pevnost

$$f_{ck, cube} = m_x (1 - k_n V_x) = 6,0 \text{ MPa}$$

SUPŠ - Hlavní budova, 1.NP místnost M1

Zk. místo	Strop nad	Směr úderu	Odskok tvrdoměru <i>a</i>								Průměr	f _{be} [MPa]	f _{be a t a w} [MPa]
SUPŠ - Hlavní budova, 1.NP místnost M1													
1	1.NP	←	26	32	30	29	31	32	29	28	30	33	18,7
2	1.NP	←	21	19	23	30	27	28	25	27	25	25	14,2
3	1.NP	←	30	32	24	22	24	22	20	26	25	25	14,2
4	1.NP	←	26	30	24	30	23	24	28	24	26	26	14,7
5	1.NP	←	30	26	30	24	23	22	25	21	25	25	14,2
6	1.NP	←	29	22	21	22	22	22	20	26	23	22	12,5
7	1.NP	↑	29	30	26	27	25	31	28	25	28	22	12,5
8	1.NP	↑	30	24	30	28	32	32	27	31	29	24	13,6
9	1.NP	↑	28	26	24	28	26	27	25	28	27	21	11,9
Průměr													14,0

$$\alpha_w = 0,85$$

$$\alpha_t = 0,90$$

$$\text{korelace} = 0,74$$

$$s_r = 1,88 \text{ MPa}$$

$$V_x = 0,13$$

$$m_x = 14,0 \text{ MPa}$$

$$k_n = 1,71$$

Charakteristická pevnost

$$f_{ck, cube} = m_x (1 - k_n V_x) = 10,8 \text{ MPa}$$

SUPŠ - Hlavní budova, 1.NP místnost M2

Zk. místo	Strop nad	Směr úderu	Odskok tvrdoměru <i>a</i>								Průměr	f _{be} [MPa]	f _{be a t a w} [MPa]
SUPŠ - Hlavní budova, 1.NP místnost M2													
1	1.NP	←	20	19	23	24	18	19	26	20	21	19	10,8
2	1.NP	←	27	24	21	21	26	25	29	23	25	25	14,2
3	1.NP	←	20	22	19	28	23	25	25	22	23	22	12,5
4	1.NP	←	21	18	20	18	16	22	19	17	19	16	9,1
5	1.NP	←	19	20	25	22	21	22	22	19	21	19	10,8
6	1.NP	←	27	28	30	32	31	26	30	32	30	33	18,7
7	1.NP	↑	34	37	37	33	32	34	31	36	34	32	18,1
8	1.NP	↑	29	34	32	28	33	32	32	33	32	29	16,4
9	1.NP	↑	25	20	23	25	18	27	28	25	24	18	10,2
Průměr													13,4

$$\alpha_w = 0,85$$

$$\alpha_t = 0,90$$

$$\text{korelace} = 0,74$$

$$s_r = 3,40 \text{ MPa}$$

$$V_x = 0,25$$

$$m_x = 13,4 \text{ MPa}$$

$$k_n = 1,71$$

Charakteristická pevnost

$$f_{ck, cube} = m_x (1 - k_n V_x) = 7,6 \text{ MPa}$$

Stropní konstrukce 1. NP – Místnost M3

Zk. místo	Strop nad	Směr úderu	Odskok tvrdoměru <i>a</i>								Průměr	f _{be} [MPa]	f _{be a t a w} [MPa]
Stropní konstrukce 1. NP – Místnost M3													
1	1.NP	←	34	32	24	25	31	25	23	33	28	30	17,0
2	1.NP	←	34	25	34	35	29	36	30	26	31	34	19,2
3	1.NP	←	24	23	25	23	26	28	28	28	26	26	14,7
4	1.NP	←	31	30	30	28	29	28	27	22	28	30	17,0
5	1.NP	←	30	29	32	33	36	30	32	33	32	36	20,4
6	1.NP	←	31	32	33	30	28	29	31	32	31	34	19,2
7	1.NP	↑	28	26	34	28	28	32	28	29	29	24	13,6
8	1.NP	↑	25	29	24	26	30	24	28	32	27	21	11,9
9	1.NP	↑	26	24	35	26	34	25	22	23	27	21	11,9
Průměr													16,1

$$\alpha_w = 0,85$$

$$\alpha_t = 0,90$$

$$\text{korelace} = 0,74$$

$$s_r = 3,04 \text{ MPa}$$

$$V_x = 0,19$$

$$m_x = 16,1 \text{ MPa}$$

$$k_n = 1,71$$

Charakteristická pevnost

$$f_{ck, cube} = m_x (1 - k_n V_x) = 10,9 \text{ MPa}$$

SUPŠ - Hlavní budova, 2.NP - stropní konstrukce

Zk. místo	Strop nad	Směr úderu	Odskok tvrdoměru <i>a</i>								Průměr	<i>f</i> _{be} [MPa]	<i>f</i> _{be a t a w} [MPa]
SUPŠ - Hlavní budova, 2.NP - stropní konstrukce													
1	2.NP	←	30	31	32	30	38	30	30	31	32	36	20,4
2	2.NP	↑	33	30	28	30	33	31	32	30	31	27	15,3
3	2.NP	←	31	28	29	30	31	32	33	29	30	33	18,7
4	2.NP	←	30	32	36	30	30	33	35	32	32	36	20,4
5	2.NP	←	36	32	38	39	39	38	37	39	37	44	24,9
6	2.NP	↑	30	32	36	38	37	32	31	31	33	30	17,0
7	2.NP	←	30	28	29	33	34	28	29	32	30	33	18,7
8	2.NP	←	22	20	21	25	24	26	25	22	23	22	12,5
9	2.NP	←	28	29	22	26	28	29	30	28	28	30	17,0
10	2.NP	↑	35	28	27	26	31	30	28	27	29	24	13,6
Průměr													17,8

$$\alpha_w = 0,85$$

$$\alpha_t = 0,90$$

$$\text{korelace} = 0,74$$

$$s_r = 3,46 \text{ MPa}$$

$$V_x = 0,19$$

$$m_x = 17,8 \text{ MPa}$$

$$k_n = 1,71$$

Charakteristická pevnost

$$f_{ck, cube} = m_x (1 - k_n V_x) = 11,9 \text{ MPa}$$

SUPŠ - bytový dům, 1.NP

Zk. místo	Strop nad	Směr úderu	Odskok tvrdoměru <i>a</i>								Průměr	f _{be} [MPa]	f _{be a t a w} [MPa]
SUPŠ - bytový dům, 1.NP, 2.NP													
1	1.NP	←	22	23	24	24	25	23	26	21	24	23	13,0
2	1.NP	↑	28	23	25	26	28	22	26	22	25	18	10,2
3	1.NP	←	26	26	25	25	24	21	26	26	25	25	14,2
4	1.NP	↑	28	29	25	25	26	25	22	23	25	18	10,2
5	1.NP	←	22	22	23	22	21	23	26	25	23	22	12,5
6	1.NP	←	21	22	26	22	23	22	25	21	23	22	12,5
7	1.NP	←	30	32	29	28	30	30	31	29	30	33	18,7
8	2.NP	←	28	24	25	26	28	28	29	29	27	28	15,9
9	2.NP	←	30	31	30	28	30	32	29	31	30	33	18,7
Průměr													14,0

$$\alpha_w = 0,85$$

$$\alpha_t = 0,90$$

$$\text{korelace} = 0,74$$

$$s_r = 3,02 \text{ MPa}$$

$$V_x = 0,22$$

$$m_x = 14,0 \text{ MPa}$$

$$k_n = 1,73$$

Charakteristická pevnost

$$f_{ck, cube} = m_x (1 - k_n V_x) = \mathbf{8,7 \text{ MPa}}$$

STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM STAVU NOSNÝCH ŽELEZOBETONOVÝCH
KONSTRUKCÍ V OBJEKTU STŘEDNÍ UMĚLECKOPRŮMYSLOVÉ ŠKOLY KARLOVY
VARY, Č.P. 428, NÁMĚSTÍ 17. LISTOPADU A BUDOVY BYTOVÉHO DOMU Č.P. 429, UL.
SOKOLOVSKÁ, 360 05 KARLOVY VARY.

VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA

Hlavní budova č.p. 428:
Fasády



Foto 1: Západní strana: pohled na západní fasádu, na fasádě jsou patrné stopy po zatékání, degradace omítek.



Foto 2: Západní strana: pohled na západní fasádu, na fasádě jsou patrné stopy po zatékání, degradace omítek zejména v oblasti atik.



Foto 3: Severní strana: pohled na severní fasádu, na fasádě jsou patrné stopy po zatékání, degradace omítek zejména v oblasti atik.



Foto 4: Jižní strana: pohled na jižní fasádu, na fasádě jsou patrné stopy po zatékání, degradace omítek zejména v oblasti atik.



Foto 5: Jižní strana: pohled na jižní fasádu, na fasádě jsou patrné stopy po zatékání, degradace omítek zejména v oblasti atik.



Foto 6: Východní strana: pohled na východní fasádu, na fasádě jsou patrné stopy po zatékání, degradace omítek zejména v oblasti atik.

Hlavní budova č.p. 428:
1.PP



Foto 7: Hlavní budova 1.PP, místnost M1: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 mm.



Foto 8: Hlavní budova 1.PP, místnost M1: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 mm.

1.NP
Místnost 1



Foto 9: Hlavní budova 1.NP, místnost M1: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 30 až 40 mm.



Foto 10: Hlavní budova 1.NP, místnost M1: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 30 až 40 mm.

Místnost M2 – stropní konstrukce pod chemickou laboratoří



Foto 11: Hlavní budova 1.NP, místnost M2: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 30 až 40 mm.



Foto 12: Hlavní budova 1.NP, místnost M2: trhлина na spodním líci středu tránu cca 3 až 4 mm.



Foto 13: Hlavní budova 1.NP, místnost M2: trhliny na spodním líci středu tránu cca 3až4 mm. Trhliny oddělují krycí vrstvu betonu od výztuže, beton samovolně vypadává, povrchová koroze výztuže.

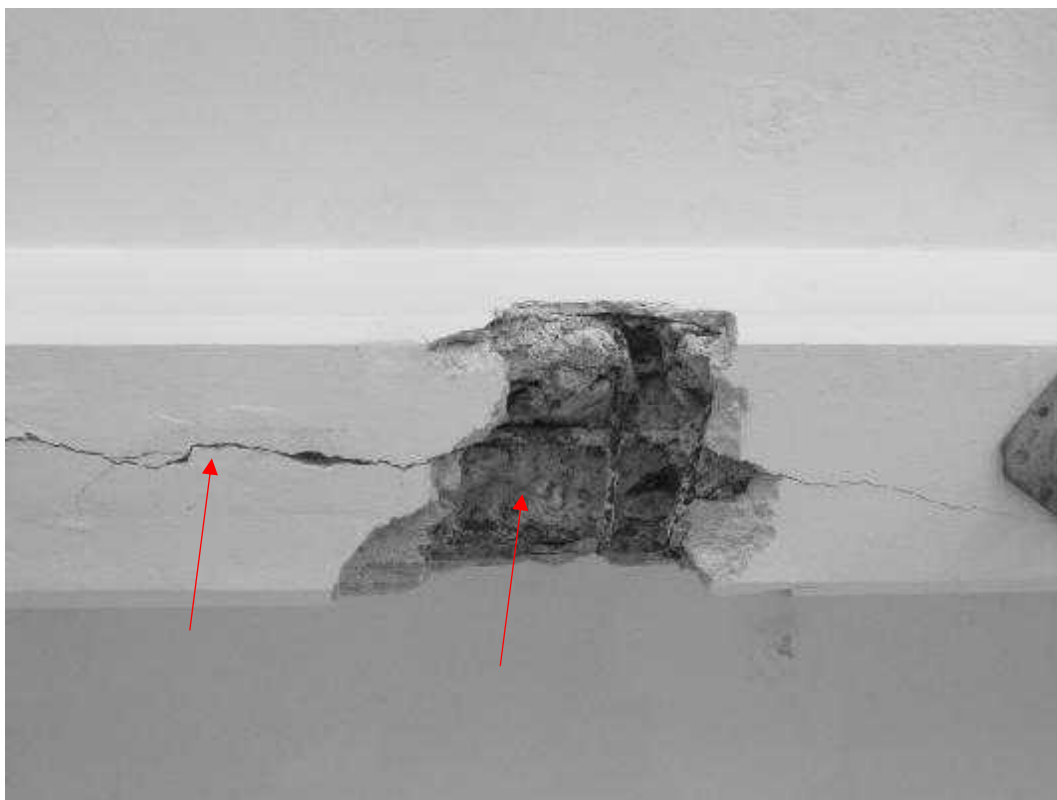


Foto 14: Hlavní budova 1.NP, místnost M2: trhliny na spodním líci středu tránu cca 3až4 mm. Trhliny oddělují krycí vrstvu betonu od výztuže, beton samovolně vypadává, povrchová koroze výztuže.



Foto 15: Hlavní budova 1.NP, místnost M2: trhliny na spodním líci středu tránu cca 3až4 mm. Trhliny oddělují krycí vrstvu betonu od výztuže, beton samovolně vypadává, povrchová koroze výztuže.



Foto 16: Hlavní budova 1.NP, místnost M2: trhliny na spodním líci středu tránu cca 3až4 mm. Trhliny oddělují krycí vrstvu betonu od výztuže, beton samovolně vypadává, povrchová koroze výztuže.



Foto 17: Hlavní budova 1.NP, místnost M2: trhliny na spodním líci středu tránu cca 3až4 mm. Trhliny oddělují krycí vrstvu betonu od výztuže.



Foto 18: Hlavní budova 1.NP, místnost M2: trhliny na spodním líci středu tránu cca 3až4 mm. Trhliny oddělují krycí vrstvu betonu od výztuže.



Foto 19: Hlavní budova 1.NP, místnost M2: v místě dlouhodobého zatékání z chemické laboratoře se odděluje krycí vrstva betonu, beton je v této oblasti silně degradován přes celou tloušťku stropní desky. Hlavní výztuž stropní desky je v této oblasti silně korodována s korozním úbytkem cca 30%.



Foto 20: Hlavní budova 1.NP, místnost M2: v místě dlouhodobého zatékání z chemické laboratoře se odděluje krycí vrstva betonu, beton je v této oblasti silně degradován přes celou tloušťku stropní desky. Hlavní výztuž stropní desky je v této oblasti silně korodována s korozním úbytkem cca 30%.

Místnost M3



Foto 21: Hlavní budova 1.NP, místnost M3: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 30 až 40 mm.



Foto 22: Hlavní budova 1.NP, místnost M3: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 30 až 40 mm.

2.NP
Místnost 1



Foto 23: Hlavní budova 2.NP, místnost M1: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm.



Foto 24: Hlavní budova 2.NP, místnost M1: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm.

Místnost 2



Foto 25: Hlavní budova 2.NP, místnost M2: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm.



Foto 26: Hlavní budova 2.NP, místnost M2: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm.

Místnost 3



Foto 27: Hlavní budova 2.NP, místnost M2: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm.



Foto 28: Hlavní budova 2.NP, místnost M2: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm.

Chodba sever/jih



Foto 29: Hlavní budova 2.NP, chodba sever/jih: 3x trhlina ve stropní desce cca 0,5 mm.

3.NP

Místnost 1



Foto 30: Hlavní budova 3.NP, místnost M1: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm.



Foto 31: Hlavní budova 2.NP, místnost M1: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm.

Místnost 2



Foto 32: Hlavní budova 3.NP, místnost M2: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm.

Místnost 3



Foto 33: Hlavní budova 3.NP, místnost M3: viditelný průhyb stropní konstrukce cca 20 až 30 mm.

Chodba východ/západ



Foto 34: Hlavní budova 3.NP, chodba výcho/západ: šikmá trhлина ve stěně 0,2 mm.

BYTOVÝ DŮM Č.P. 429
Fasády



Foto 35: Západní strana: pohled na západní fasádu, na fasádě jsou patrné stopy po zatékání, degradace omítek zejména v oblasti atik a balkónu.



Foto 36: Jižní strana: pohled na jižní fasádu, na fasádě jsou patrné stopy po zatékání, degradace omítek zejména v oblasti atik a svodů.

BYTOVÝ DŮM Č.P. 429
1.NP



Foto 37: Bytový dům: 2x trhliny ve stropní desce šířky cca 0,2 až 0,3 mm.



Foto 38: Bytový dům: 1x trhliny ve stropní desce šířky cca 0,2 až 0,3 mm.



Foto 39: Bytový dům: 2x trhliny ve stropní desce šířky cca 0,2 až 0,3 mm.



Foto 40: Bytový dům: 3x trhliny ve stropní desce šířky cca 0,2 až 0,3 mm.

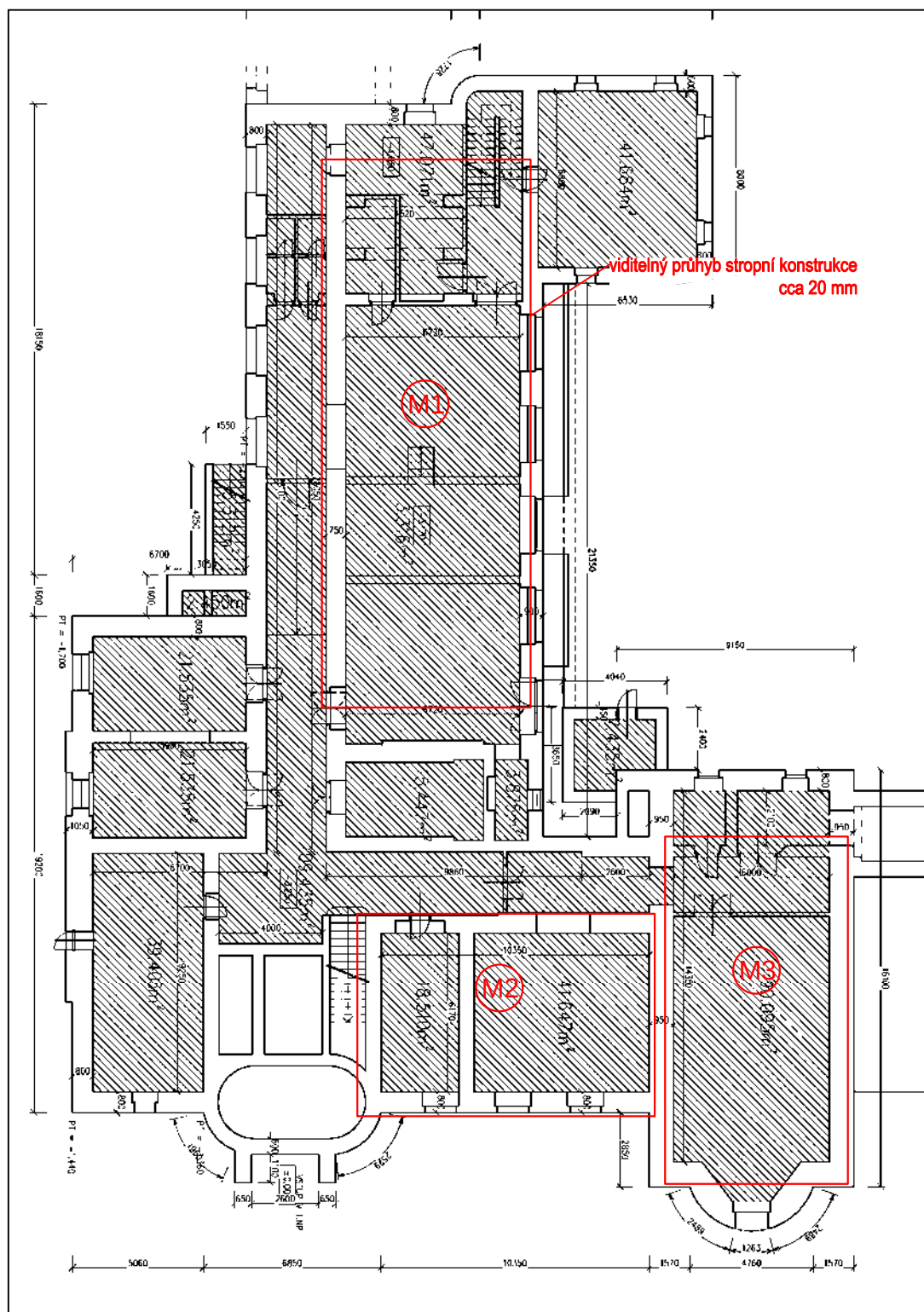
PŘÍLOHA 4

STAVEBNĚ TECHNICKÝ PRŮZKUM STAVU NOSNÝCH ŽELEZOBETONOVÝCH
KONSTRUKCÍ V OBJEKTU STŘEDNÍ UMĚLECKOPRŮMYSLOVÉ ŠKOLY
KARLOVY VARY, Č.P. 428, NÁMĚSTÍ 17. LISTOPADU A BUDOVY BYTOVÉHO
DOMU Č.P. 429, UL. SOKOLOVSKÁ, 360 05 KARLOVY VARY.

GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ VIZUÁLNÍ PROHLÍDKY.

HLAVNÍ BUDOVA - SUPŠ KARLOVY VARY

1.PP: VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA - ZÁZNAM PORUCH

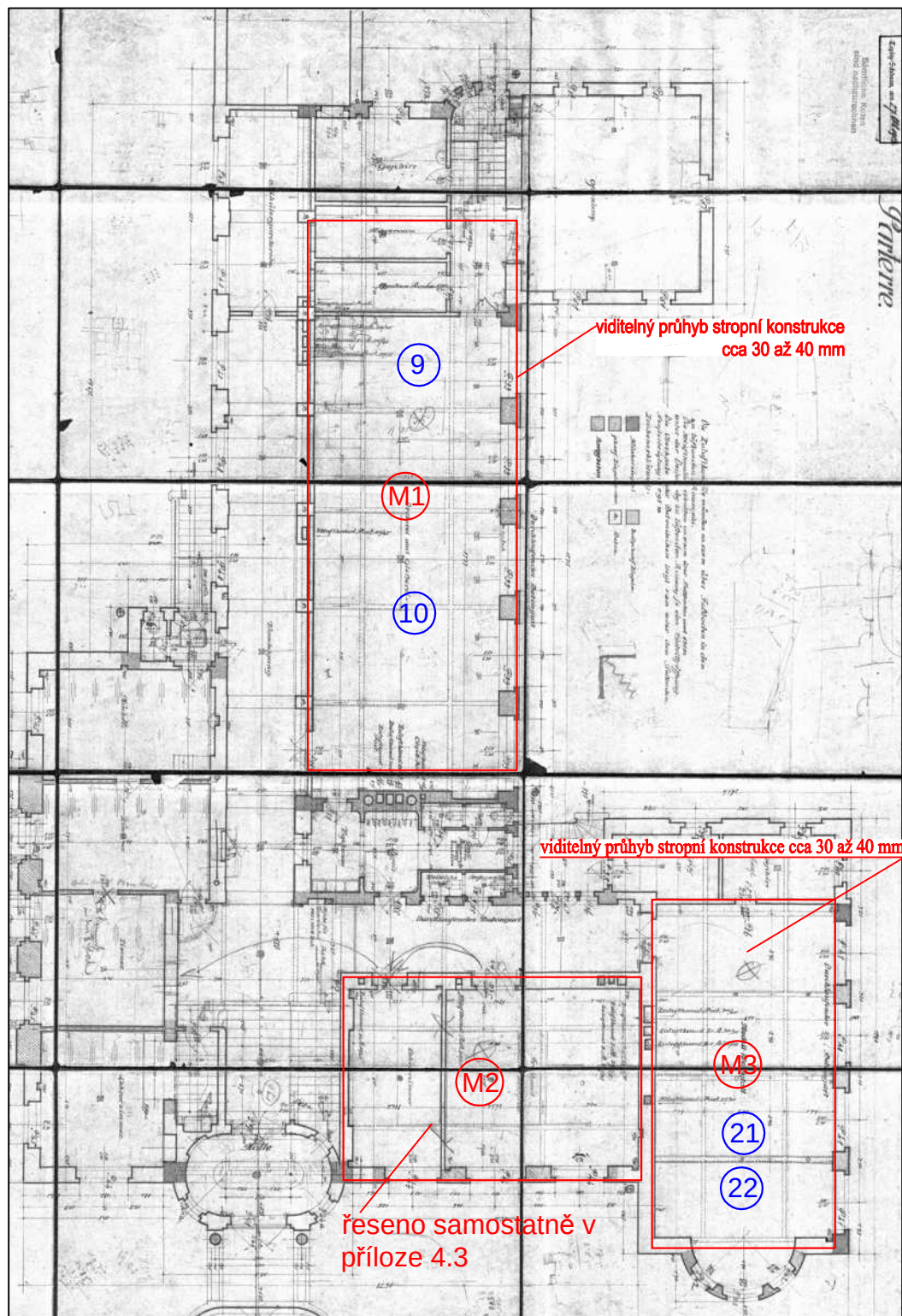


LEGENDA:

- Trhlina: — trhlina ve stěně
- trhlina ve stropní kci
- svislá
- šikmá
- N nepřístupný prostor
- odkaz na fotografickou dokumentaci
- (M) označení místností

HLAVNÍ BUDOVA - SUPŠ KARLOVY VARY

1.NP: VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA - ZÁZNAM PORUCH

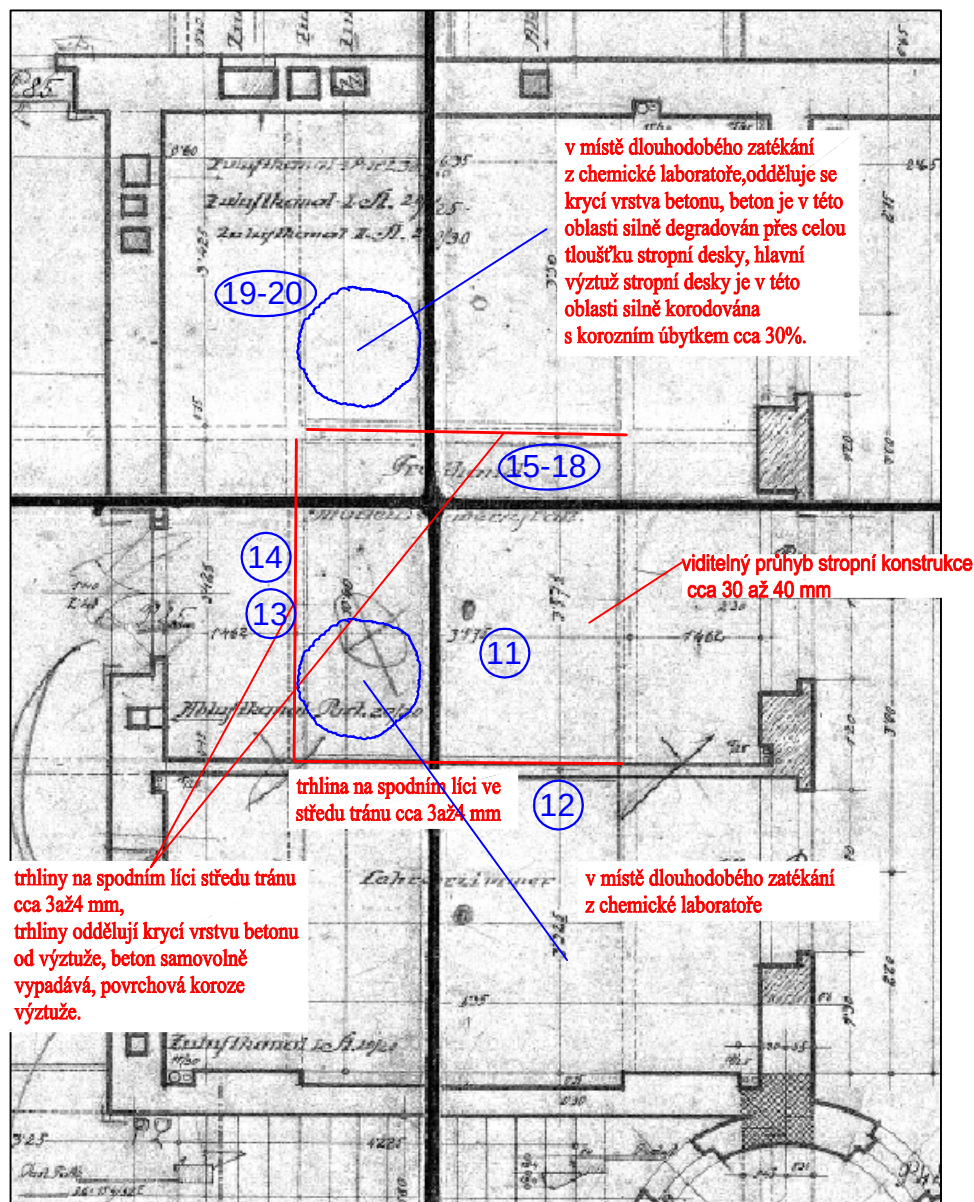


LEGENDA:

- Trhlina: — trhlina ve stěně — trhlina ve stropní kci
- svislá ■ šikmá
- N nepřístupný prostor
- odkaz na fotografickou dokumentaci
- M označení místností

HLAVNÍ BUDOVA - SUPŠ KARLOVY VARY

1.NP - MÍSTNOST M2: VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA - ZÁZNAM PORUCH



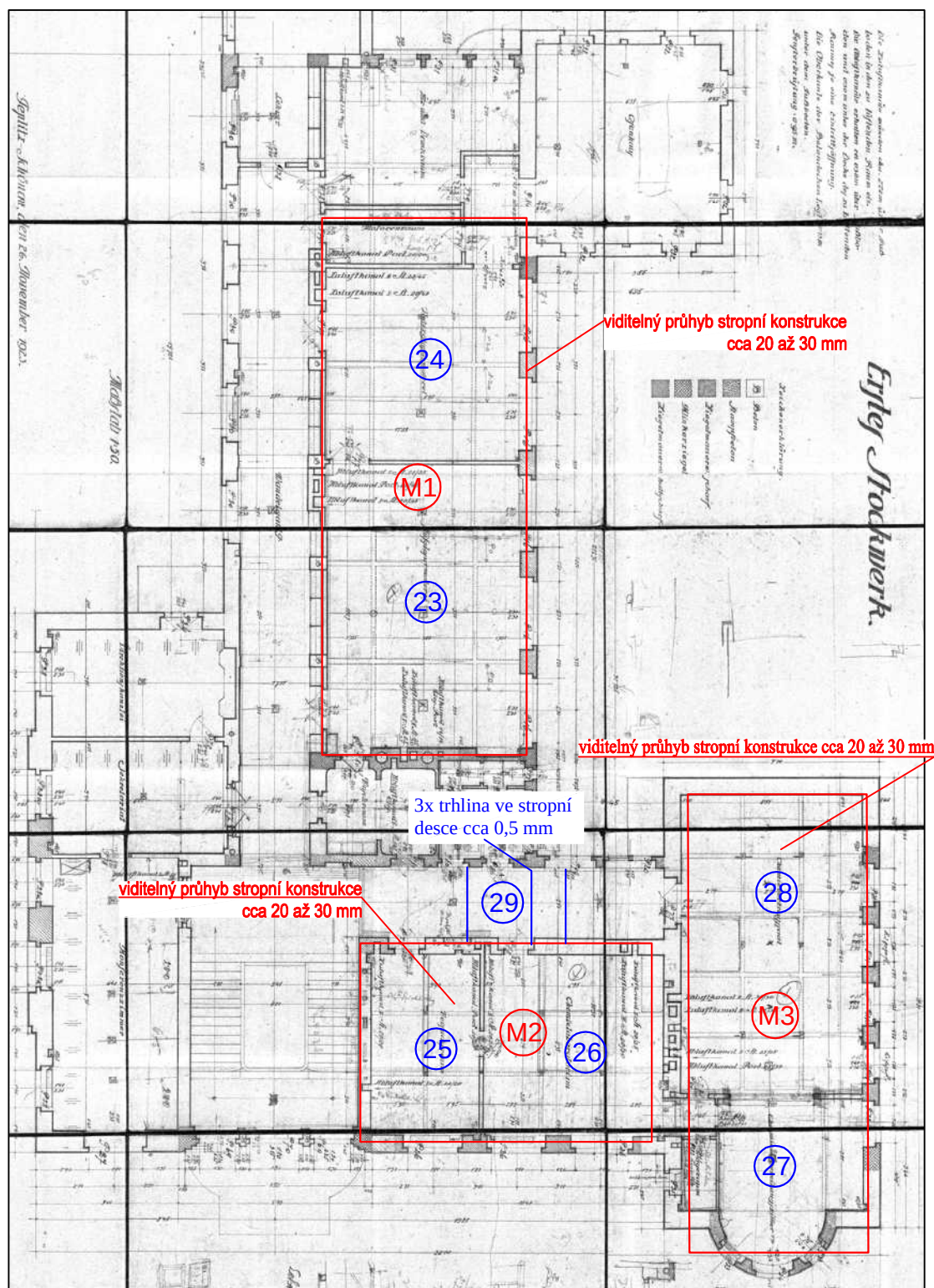
LEGENDA:

- Trhlina: trhlina ve stěně svislá
 trhlina ve stropní kci šikmá
 odkaz na fotografickou dokumentaci nepřístupný prostor
 označení místností

HLAVNÍ BUDOVA - SUPŠ KARLOVY VARY

2.NP: VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA - ZÁZNAM PORUCH

Příloha 4.4

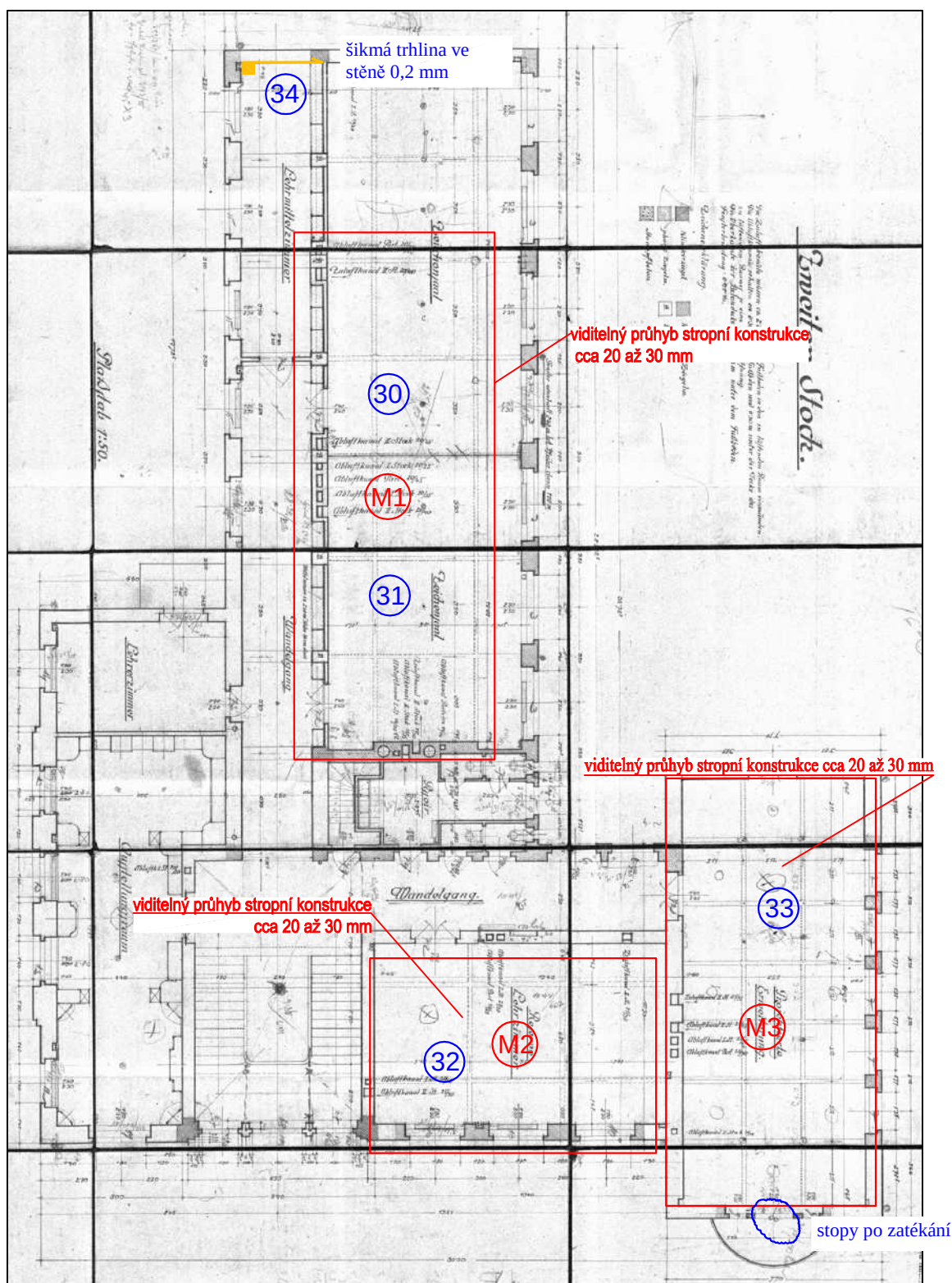


LEGENDA:

- Třhlina: — třhlina ve stěně — třhlina ve stropní kci
- odkaz na fotografickou dokumentaci
- M označení místností
- svislá
- ▤ šikmá
- N nepřístupný prostor

HLAVNÍ BUDOVA - SUPŠ KARLOVY VARY

3.NP: VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA - ZÁZNAM PORUCH



LEGENDA:

- Trhлина: ~~~~~ trhлина ve stěně
- ~~~~~ trhлина ve stropní kci
- svislá
- šikmá
- N nepřístupný prostor
- odkaz na fotografickou dokumentaci
- (M) označení místností

BYTOVÝ DŮM - SUPŠ KARLOVY VARY

VIZUÁLNÍ PROHLÍDKA - ZÁZNAM PORUCH

