

## **Diagnostika stavebních konstrukcí s.r.o.**

Svobody 814, Liberec 15, 460 15, tel. 482750583,  
fax. 482750584, mobil 603711985, 724034307  
e-mail : diagnostika.lb@volny.cz. <http://www.diagnostikaliberec.cz>

### **ZPRÁVA č.26/21**

**Doplňující stavebně technický průzkum  
zkoušky oceli  
konstrukce zastřešení ocelové haly zimního stadionu  
TŘEBÍČ**



**Počet stran: 9  
Počet příloh: 3  
Datum: 2.3.2021**

**Vypracovali:  
ing.K.Čapek  
ing.A.Hlaváček  
ing.A.Hlaváček ml.**

## **1. ÚVOD**

OBJEDNATEL: **Agral plast spol. s r.o.**  
STAVBA-OBJEKT: **Hala zimního stadionu MANN+HUMMEL arena, Třebíč**  
KONSTRUKCE: **vybrané prvky nosné ocelové konstrukce zastřešení**

Na základě objednávky byl proveden v únoru 2021 doplňující stavebně technický průzkum ocelové konstrukce zastřešení zimního stadionu v Třebíči. Stavebně technický průzkum byl prováděn za účelem získání podkladů pro statické posouzení konstrukcí.

## **2. PODKLADY**

Jako podklad stavebně technického průzkumu byly objednavatelem poskytnuty statické výpočty, prohlídky a průzkumy, které se týkaly ocelové konstrukce zastřešení zimního stadionu a byly uvedeny ve zprávě č.6/21.

### **POPIS KONSTRUKCE OBJEKTU – STŘECHA**

Zastřešení zimního stadionu Třebíč s půdorysnými rozměry 52,8 x 90,6m a výškou konstrukce nad ledem 9,3m je řešeno pomocí dvojice hlavních trojbokých příhradových vazníků, mezi nimiž jsou kloubově uloženy příhradové vaznice. Konstrukce je navržena z trubkových profilů rozdílných dimenzí. Hlavní tříboké vazníky situované přibližně do třetin půdorysu střechy jsou 5,3 m široké (osová vzdálenost spodních pasů) a výška vazníků je 4,55 m. Na trojbokých vaznících jsou umístěny konzoly délky vyložení 4,5 m, na nichž jsou umístěny příhradové vaznice výšky 1,5m s rozpětím 24 m. Na krajích jsou poté příhradové vaznice uloženy na čtvercové prostorové obvodové příhradové vazníky vykonzolované za ocelové obvodové sloupy. Konstrukce je ztužena v horizontálním směru pomocí střešních diagonálních ztužidel po obvodě střechy. Konstrukce je navržena jako celosvařovaná s montážními šroubovými styčníky. V konstrukci střechy se nacházejí servisní lávky zavěšené na horní pasy příhradových vazníků a multimediální kostka zavěšená na spodní pasy středních příhradových vaznic.

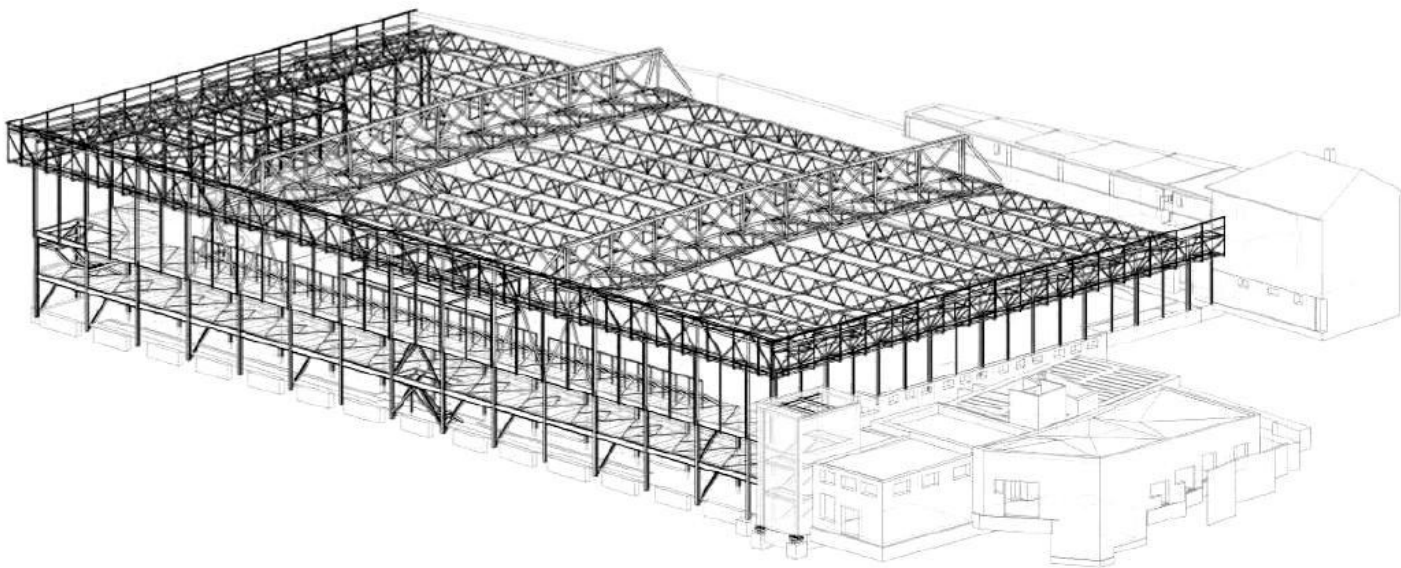
Je předpokládána třída použité oceli 11353 a 11373, což odpovídá třídě oceli S235. Kvalita použitých šroubů nebyla identifikována. Konstrukce jsou proti korozi ošetřeny protikorozním nátěrovým systémem.

Zimní stadion (ledová plocha) byl vybudován v roce 1950. V roce 1974 byly vyprojektovány nové tribuny a zastřešení systémem GYRO-B. Během realizace střešní konstrukce došlo k pádu střechy a v roce 1978 byla vyprojektována nová střešní konstrukce. Z původního projektu byly ponechány sloupy a konstrukce zázemí stadionu. V roce 2008 došlo k ucpání dešťového svodu, naplnění zaatikového prostoru (cca 900 mm vysoký sloupec vody) a kolapsu dvojice příhradových vaznic na jižní straně stadionu. Ihned byla zjednána náprava a po demontáži poškozených vazníků byly realizovány nové vazníky shodné geometrie.

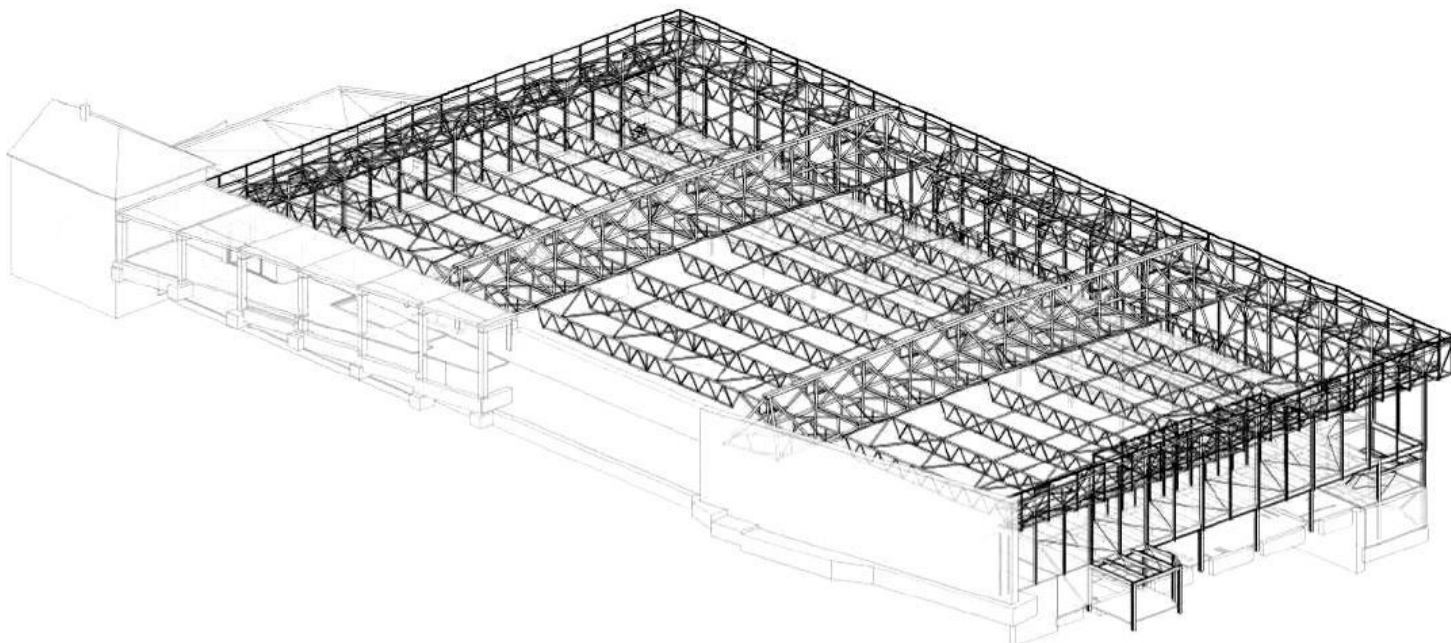
## 2.1. PROSTOROVÉ USPOŘÁDÁNÍ PRVKŮ OK KONSTRUKCE STŘECHY

Z podkladů byla převzata schémata prostorového uspořádání konstrukcí. Tato schémata jsou vedena jako schéma č.1 a schéma č.2 se specifikací hlavních prvků.

**SCHÉMA č.1:** Severozápadní pohled



**SCHÉMA č.2:** Jihovýchodní pohled

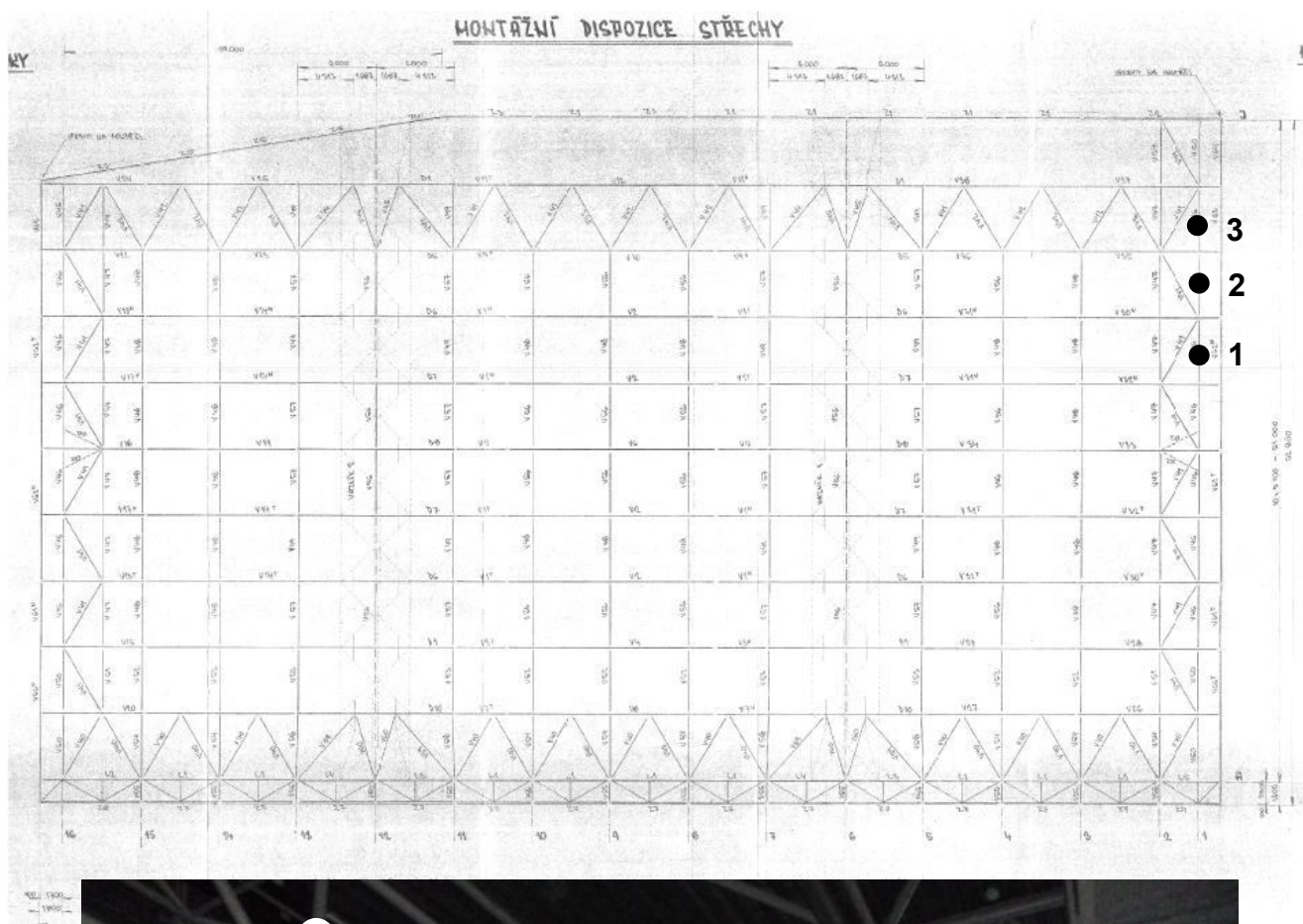


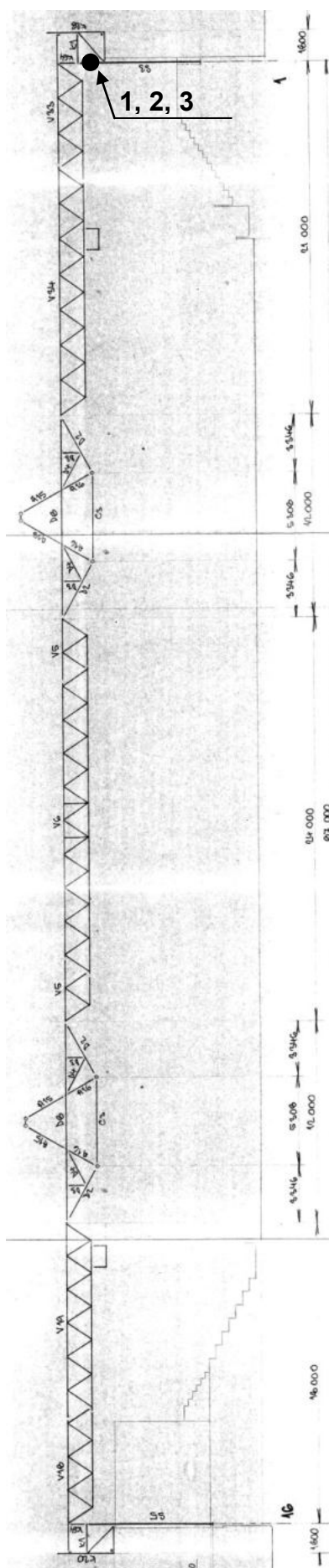
## **3. PROVEDENÉ PRÁCE A ZJIŠTĚNÉ SKUTEČNOSTI**

Na základě výsledků nedestruktivních zkoušek oceli bylo rozhodnuto provedení doplňujících zkoušek oceli na vzorcích odebraných z konstrukce. Byly odebrány tři vzorky oceli z míst dle schématu č.1. Po konzultaci se statikem byly zvoleny pruty příhradové konstrukce

### 3.1. MĚŘENÍ PROFILŮ A ULTRAZVUKOVÉ MĚŘENÍ TLOUŠŤEK

**SCHÉMA č.3:** Místa provedených odběrů vzorků oceli



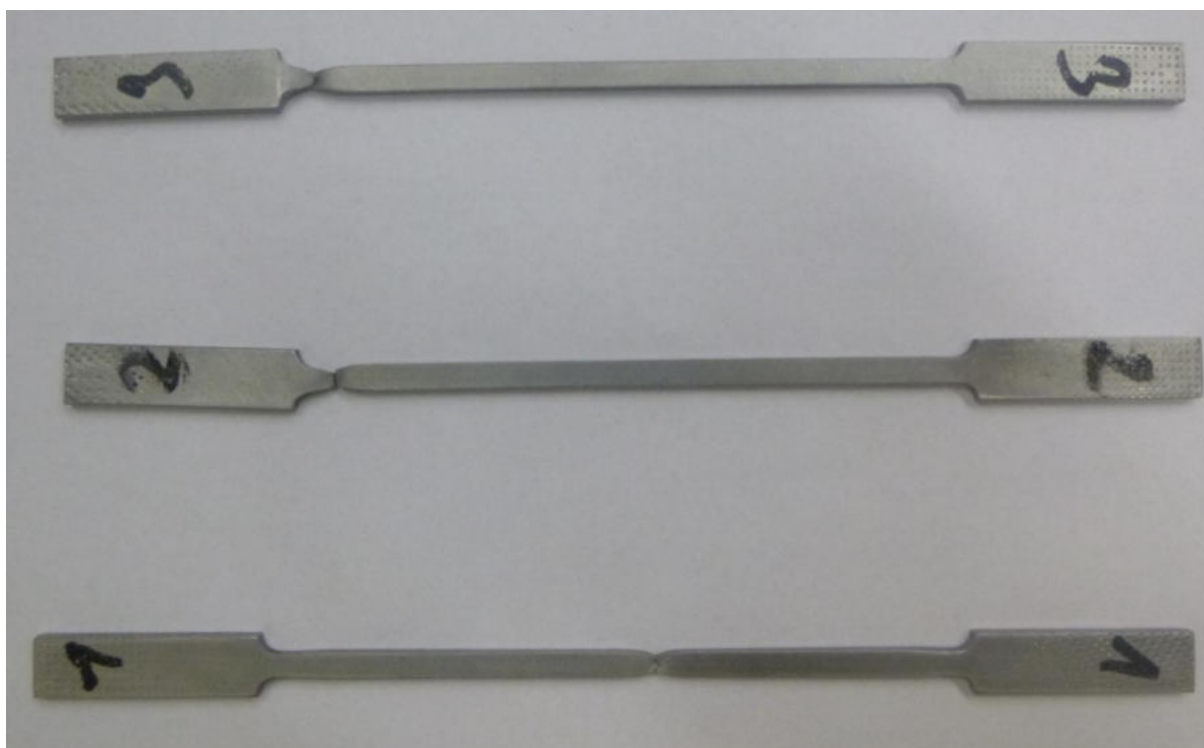




### 3.2. ZKOUŠKY OCELI

Na základě požadavku objednatele byly provedeny zkoušky oceli na odebraných vzorcích. Samotné zkoušky oceli byly provedeny na pracovišti katedry strojírenské technologie TUL. Zkoušky byly prováděny za účelem vyhodnocení, zda byla pro vybrané prvky nosné konstrukce použita ocel značky S235 nebo ocel vyšší pevnosti. Zkušební místa byla provedena na prvcích dle schémat č.3 a č.4. dokumentace vzorků je uvedena na foto 3.2. Protokol o výsledcích zkoušek je uveden v příloze č.3.

**FOTO 3.2:** Dokumentace vzorků oceli



**TABULKA č.1:** Rekapitulace výsledků zkoušek oceli

Zkouška	Rp0.2 MPa	Rm MPa	Ag %	A50mm %	E MPa
1	349.3	428.7	15.67	23.73	207761
2	367.1	430.5	9.97	10.33	190336
3	356.0	424.7	10.48	10.87	208249

Statistika	Rp0.2 MPa	Rm MPa	Ag %	A50mm %	E MPa
Počet zkoušek	3	3	3	3	3
Průměrná hodnota	357.4	427.9	12.04	14.98	202115
Směrodatná odchylka	9.0	3.0	3.15	7.59	10204
Minimální hodnota	349.3	424.7	9.97	10.33	190336
Maximální hodnota	367.1	430.5	15.67	23.73	208249

Pro původní konstrukci z roku 1978 lze na základě destruktivních zkoušek oceli jednoznačně o použité oceli rozhodnout.

Dle výsledků zkoušek na vzorcích odebraných z původní konstrukce lze při porovnání s tabulkou č.2 dle ČSN 730038 (2019) konstatovat, že pro ocel 52 v konstrukci nevyhovuje mez pevnosti (Rm). Charakteristická hodnota meze kluzu pro dolní kvantil 5% vychází dle ČSN 730038 (2014 a 2019) takto:

$$V_x = \frac{s_x}{m_x} = \frac{9}{357,4} = 0,0252$$

$$R_{p0.2,k} = m_x (1 - k_n \times V_x) = 357,4 (1 - 3,37 \times 0,025) = \mathbf{327,3MPa}$$

## TABULKA č.2: viz ČSN 730038 (2019)

Tabulka 7.1 – Vlastnosti běžných typů kovových materiálů \*)

Rok výroby	Materiál pevnostní třídy		Dovolené namáhání $\sigma_{adm}$ [MPa]	Charakteristická hodnota meze kluzu $f_y$ [MPa]	Mez pevnosti $f_u$ [MPa]	Norma
do 1894	svářkové železo		130	210	340	
1895–1904	svářkové železo		130	210	340	Nařízení 97/1904
	plávková ocel		140	230	360	
1905–1937	plávková ocel		140	230	360	ČSN 1230
1938–1950	37 (S235)		140	230	360	ČSN 1232
	52 (S355)		195	335	490	
1951–1968	37 (S235)	tloušťka $t \leq 25$ mm	140	230	360	Směrnice pro navrhování mostů, ČSN 73 6202 ČSN 73 6204
		$> 25$	130	210	340	
	52 (S355)	$\leq 16$	210	360	510	
		$> 17$	200	340	490	
1969–1985	37 (S235)	$\leq 25$		235	360	ČSN 73 6205
		$> 25$		215	360	
	52 (S355)	$\leq 50$		355	510	
1986–1998	37 (S235)	$\leq 25$		235	360	ČSN 73 6205 ČSN ISO 13822 ČSN EN 10025-2
		$> 25$		215	360	
	52 (S355)	$\leq 25$		355	510	
		$> 25$		335	470	
po roku 1998	S235	$\leq 40$		235	360	
	S235	$40 < t \leq 80$		215	360	
	S275	$\leq 40$		275	430	
	S275	$40 < t \leq 80$		255	410	
	S355	$\leq 40$		355	510	
	S355	$40 < t \leq 80$		335	470	

\*) Tabulka je převzata z Metodického pokynu pro určování zatížitelnosti železničních mostních objektů [7] a z dříve platných norem z příslušného časového období platnosti.

POZNÁMKA Pokud není o materiálu nýtů nic známo, lze předpokládat, že:

- nýty pro konstrukce vyrobené do roku 1905 jsou ze svářkového železa;
- nýty pro konstrukce vyrobené z oceli ř. 37 jsou z oceli ř. 34, lze uvažovat pevnosti  $f_y = 200$  MPa a  $f_u = 310$  MPa;
- nýty pro konstrukce vyrobené z oceli ř. 52 jsou z oceli ř. 45, lze uvažovat pevnosti  $f_y = 245$  MPa a  $f_u = 440$  MPa.

Doporučuje se ověřit pevnost nýtů ze zkoušek na minimálně 3 vzorcích.



#### **4.ZÁVĚR**

Veškeré zjištěné skutečnosti jsou uvedeny v předchozích bodech této zprávy a v přílohách č.1 až č.3.

#### **4.1. VYHODNOCENÍ ZJIŠTĚNÝCH SKUTEČNOSTÍ**

Dle již dříve provedených zkoušek lze z hlediska stanovení materiálových charakteristik oceli konstatovat, že vaznice osazené dodatečně po havárii v roce 2008 jsou provedeny z oceli S355.

Použití oceli řady 52 pro zbytek konstrukce nebylo ani destruktivními zkouškami potvrzeno. Byla stanovena charakteristická hodnota mez kluzu pro kvantil 5% zjištěná destruktivními zkouškami na vzorcích. Tato hodnota byla zjištěna takto:  
 $R_{p0.2,k} = 327,3\text{MPa}$ .

V Liberci 2.3.2021

Diagnostika stavebních konstrukcí

s.r.o.

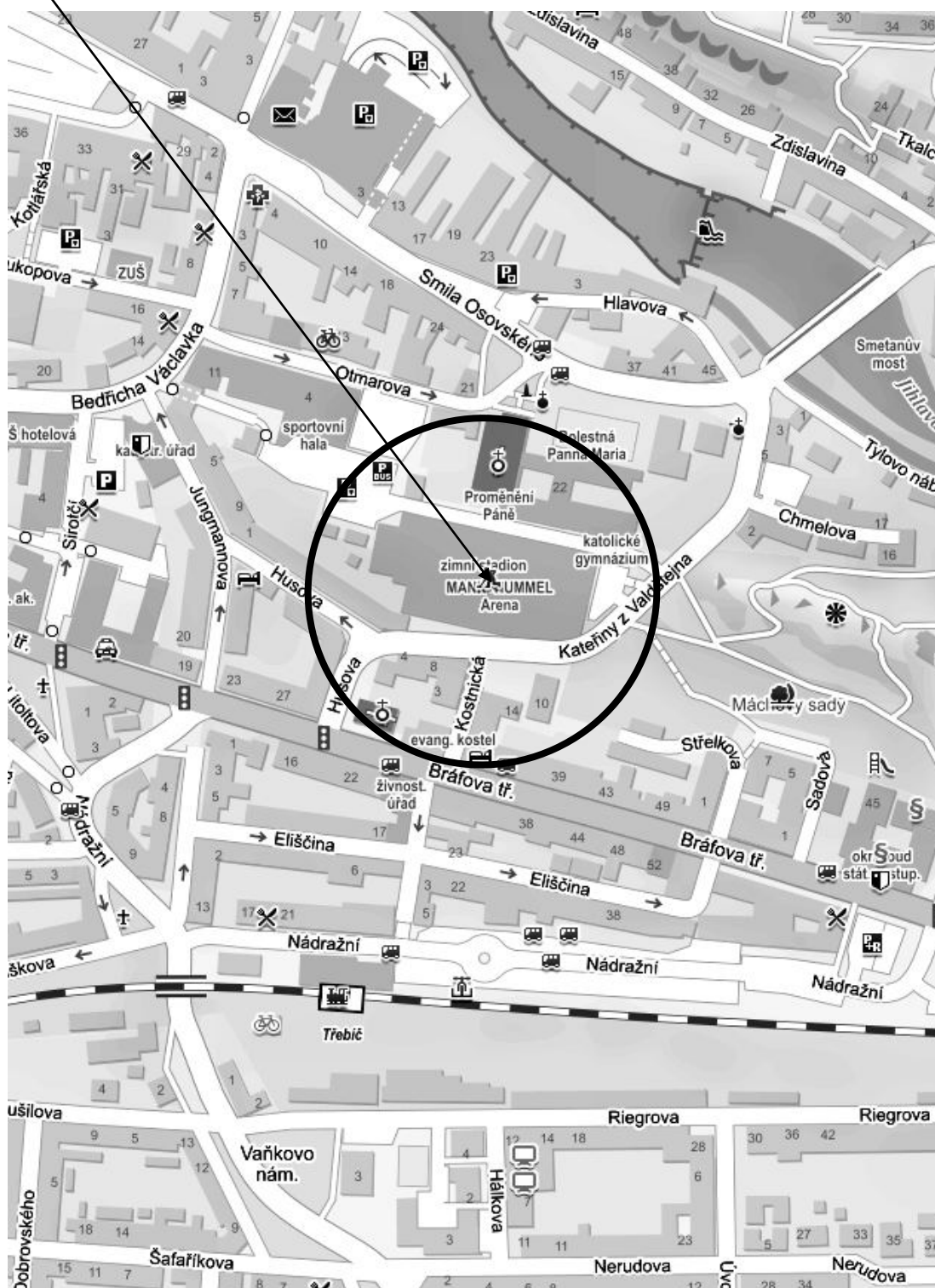
ing.K.Čapek

ing.A.Hlaváček

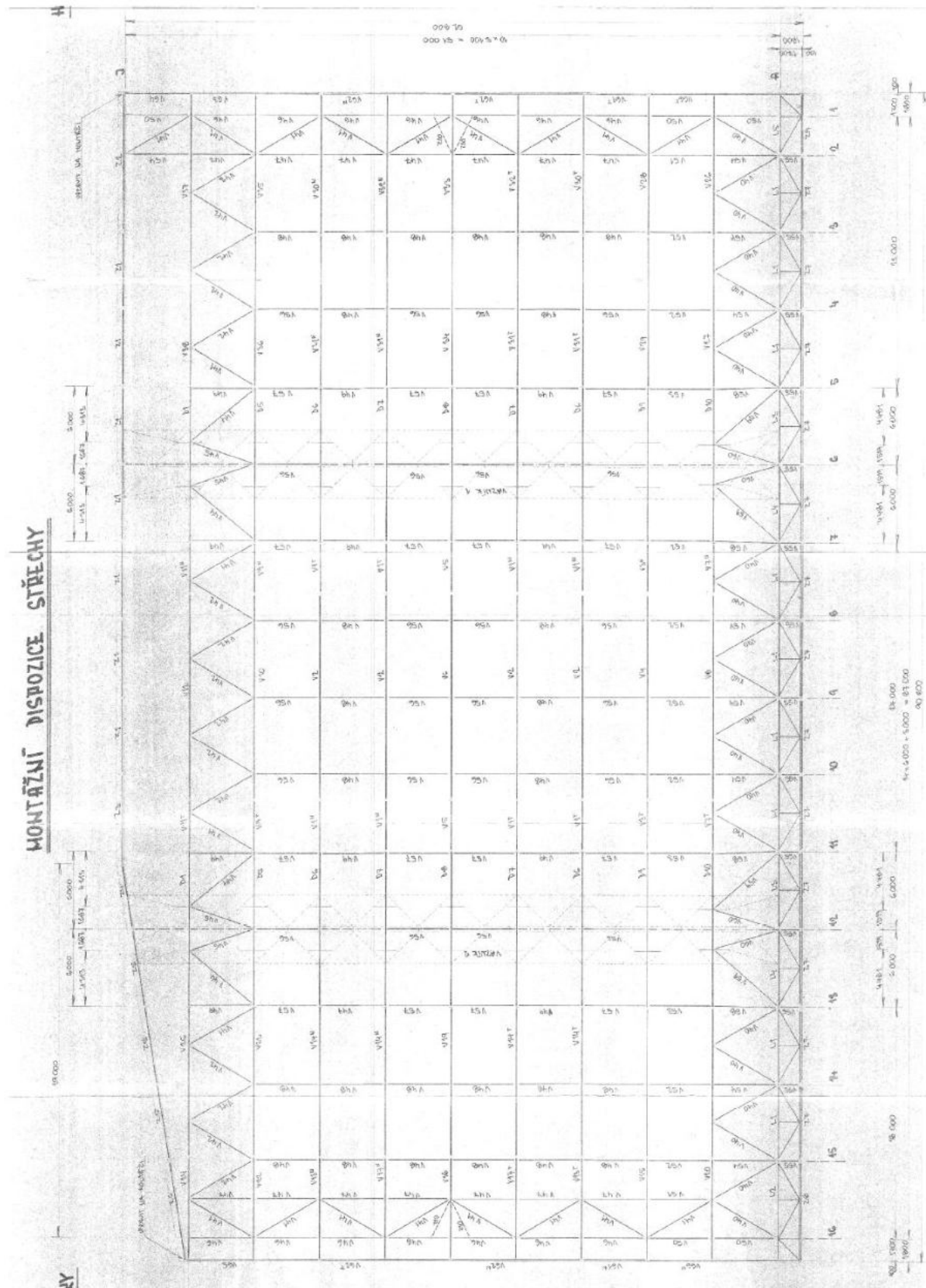
ing.A.Hlaváček ml.

## SITUACE

### ZIMNÍ STADION TŘEBÍČ



## PŮDORYS KONSTRUKCE - 1978



**PŘÍLOHA č.2a**



# STATICKÁ ZKOUŠKA TAHEM

## EN ISO 6892-1

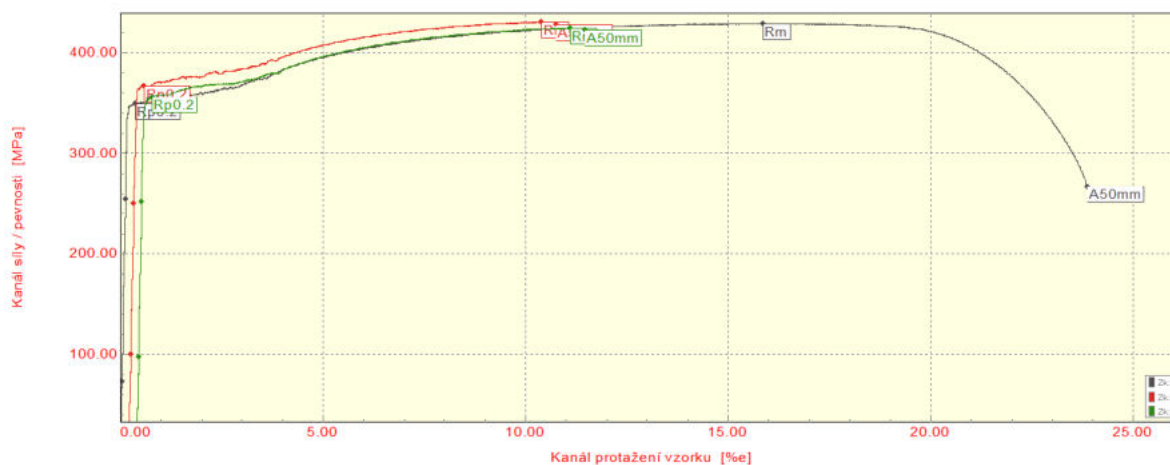
### VSTUPNÍ PARAMETRY

Název materiálu :  
Rozměry vzorku : [3 x 5] mm  
Směr odebrání vzorku :  
Teplota : RT  
Rychlost posuvu : proměnná 1[15] mm/min.  
Vypracoval : doc. Ing. Pavel Solfronk, Ph.D.  
Datum provedení testu : 22.2.2021  
Pozn. : zastřešení zimního stadionu Třebíč

### VÝSTUPNÍ HODNOTY

Zkouška	Rp0.2 MPa	Rm MPa	Ag %	A50mm %	E MPa
1	349.3	428.7	15.67	23.73	207761
2	367.1	430.5	9.97	10.33	190336
3	356.0	424.7	10.48	10.87	208249

Statistika	Rp0.2 MPa	Rm MPa	Ag %	A50mm %	E MPa
Počet zkoušek	3	3	3	3	3
Průměrná hodnota	357.4	427.9	12.04	14.98	202115
Směrodatná odchylka	9.0	3.0	3.15	7.59	10204
Minimální hodnota	349.3	424.7	9.97	10.33	190336
Maximální hodnota	367.1	430.5	15.67	23.73	208249



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI  
Katedra strojírenské technologie  
Oddělení tváření kovů a plastů  
Studentská 2, 461 17, Liberec 1, CZ