



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

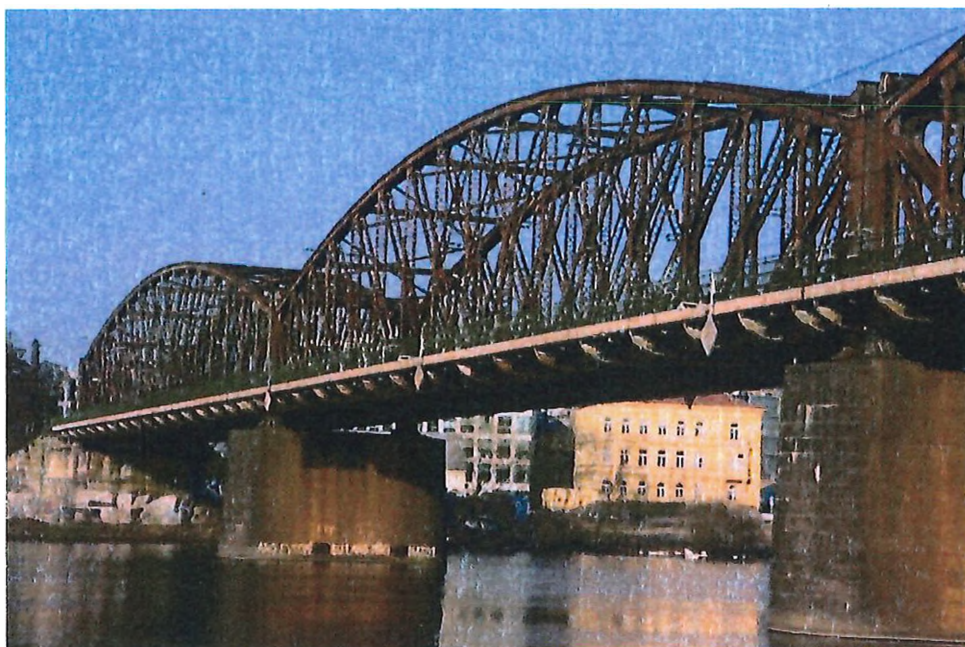
katedra ocelových a dřevěných konstrukcí

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Příloha 2

Výsledky měření SZZ a DZZ – metoda MMM

Dlouhodobý monitoring mostu v km 3,706 na traťovém úseku výh. Praha Vyšehrad-Vyšehrad v.601, 602, 603“



Zodpovědný řešitel: doc. Ing. Pavel Ryjáček, Ph.D.
tel. [REDACTED]

Řešitel: Ing. Tomáš Dejmek

Obsah

1.	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY	2
1.1.	IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE STAVBY	2
1.2.	POPIS MOSTU.....	2
2.	MĚŘENÍ VYBRANÝCH DETAILŮ METODOU MMM	6
2.1.	DIAGNOSTIKA POMOCÍ METODY MMM	6
2.2.	POPIS A SCHÉMA MĚŘENÍ.....	8
2.3.	VÝSLEDKY MĚŘENÍ	9
2.3.1.	<i>Statický zatěžovací stav SZS4</i>	<i>9</i>
2.3.1.	<i>Dynamický zatěžovací stav DZS3.....</i>	<i>11</i>

1. Identifikační údaje stavby

1.1. Identifikační údaje stavby

Stavba:	Železniční most v km 3,706 na traťovém úseku výh. Praha Vyšehrad-Vyšehrad v.601, 602, 603
Objekt:	SO 20-20-04 Výtoň SO 20-20-05 Pod Vyšehradem Železniční most v km 3,706 na traťovém úseku výh. Praha Vyšehrad-Vyšehrad v.601, 602, 603
Investor stavby, SO:	Správa železnic, státní organizace Dlážděná 1003/7 110 00 Praha 1 – Nové Město
Kraj:	Hlavní město Praha
Katastrální území:	Vyšehrad [727300]
Obec:	Praha [554782]
Místo stavby	Železniční trať 0201 Praha hl. n. – Praha-Smíchov Železniční trať 1703 Praha-Vršovice os. n. – Praha-Vyšehrad Trať dle Prohlášení o dráze 2017 Praha hl. n. – Praha-Smíchov (dle KJŘ 171 Praha - Beroun) Praha-Vršovice – Praha-Vyšehrad (dle KJŘ 122 Praha – Hostivice – Rudná u Prahy)
Traťový úsek:	0201 Praha hl. n. (mimo) – Praha- Smíchov (mimo)
Definiční úsek:	04 Praha- Vyšehrad – Praha- Smíchov (staniční úsek)

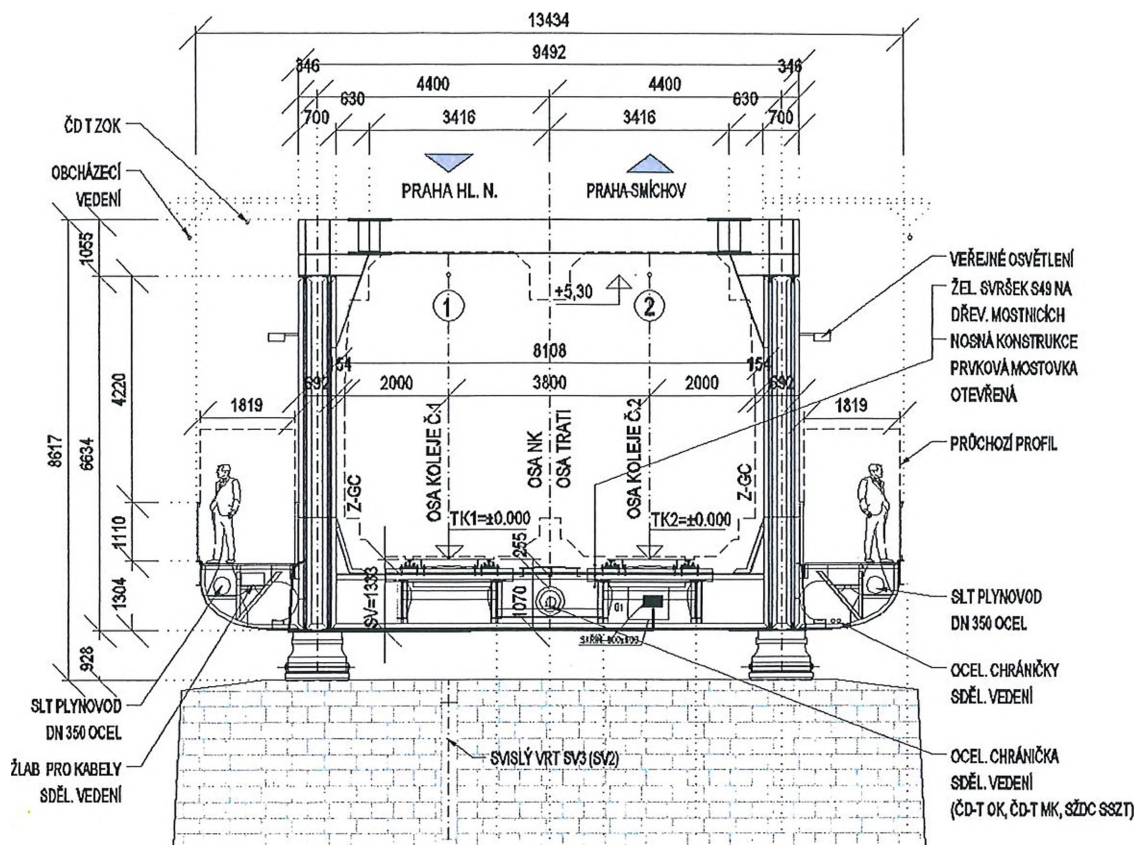
1.2. Popis mostu

Druh nosné konstrukce	ocelové nýtovaná příhradová parabolická s dolní prvkovou mostovkou společná pro obě převáděné koleje
Popis spodní stavby včetně křídel	kamenné opěry, kamenné pilíře založení plošné (P02 a P03 na kesonu) na dřevěných pilotách (O02) kamenná křídla rovnoběžná a kolmá u O02
Počet mostních otvorů	3
Počet kolejí	2
Délka přemostění	215,550 m

„Výsledky měření SZZ a DZZ – metoda MMM“

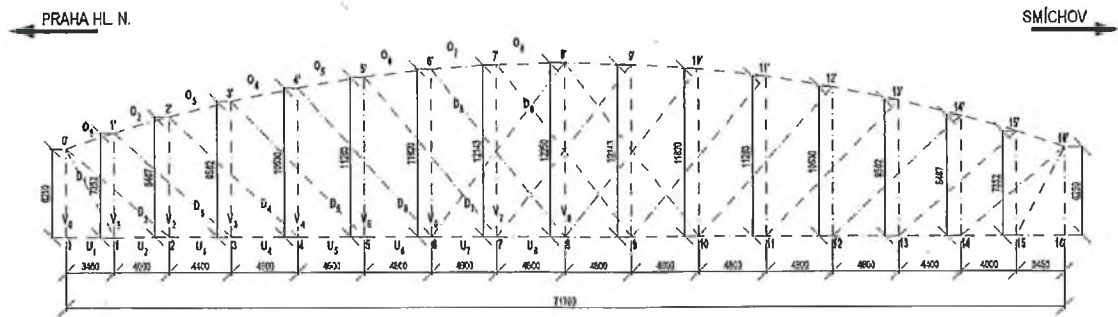
Délka mostu	234,450 m
Rozpětí nosné konstrukce	71,72 m pod kolejí č. 1 a č. 2
Stavební výška	1,380 m (k TK) pod kolejí č. 1 a č. 2
Rozhodující výška obrysu kolejového lože	plošně uložené mostnice (svislý šroub) (objekt bez kolejového lože)
Volná výška pod mostem	3,74 m (chodník pravý břeh) 7,73 m (Vltava - max. plavební hladina) 188,28 m n.m. Bpv
Kolmá světlost otvoru	Otvor 1 69,045 m Otvor 2 69,145 m Otvor 3 69,450 m
Šikmost mostu (pravá/levá, úhel šikmosti) 90°	
Úhel křížení s přemost'ovanou překážkou cca 80°	
Šířka mostu	13,580 m (vč. konzol lávky)
Volná šířka na mostě:	8,108 (mezi portálovými svislíci)
Rok výstavby (výroby)	NK: 1901 (RZ 1901) O01: 1901 (RZ 1901) P01: 1901 (RZ 1901) P02: 1901 (RZ 1901) O02: 1871 (úpravy 1901)
Rok poslední rekonstrukce nebo opravy objektu	1987 oprava (MES) 1957 obnova nátěru (MES) 1912 oprava spodní stavby (MES)
Údaje o dosavadní zatížitelnosti:	ZLM71 = 0,61 (P1 až P8 - příčníky běžné)
Stavební stav objektu	nosná konstrukce - stupeň 3 spodní stavba - stupeň 2
Vybavení mostu:	chodníkové konzoly lávky pro chodce jsou ve správě a vlastnictví Hl. města Prahy (SO 20-20-5.1) Plavební znaky vč. osvětlení jsou ve správě a vlastnictví Povodí Vltavy s.p.
Říční km:	Vltava řkm 55.35 (data SPS Praha)

„Výsledky měření SZZ a DZZ – metoda MMM“

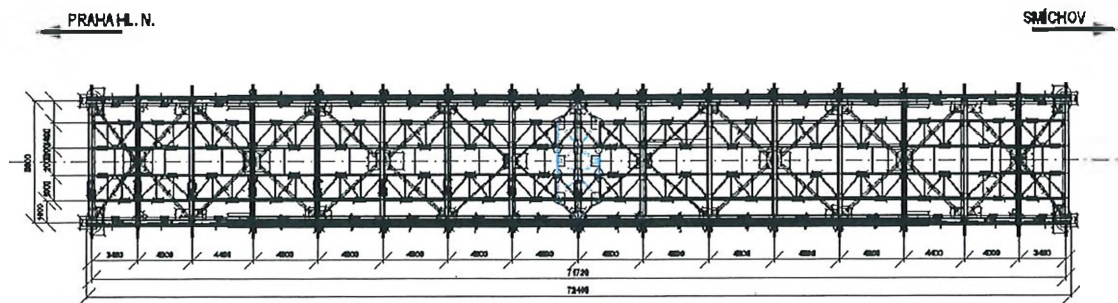


Obr. 1 Příčný řez

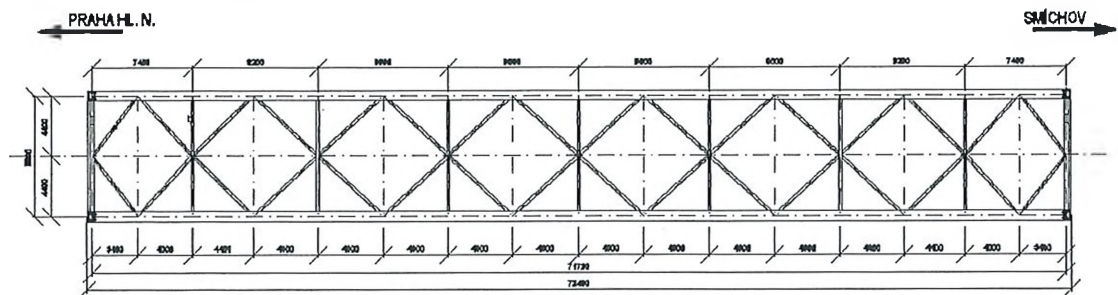
OSOVÉ SCHEMA - SYSTÉMOVÉ OSY



DOLNÍ PÁS A MOSTOVKA



HORNÍ PÁS - VODOROVNÉ ZTUŽENÍ



Obr. 2 Dispozice mostu

2. Měření vybraných detailů metodou MMM

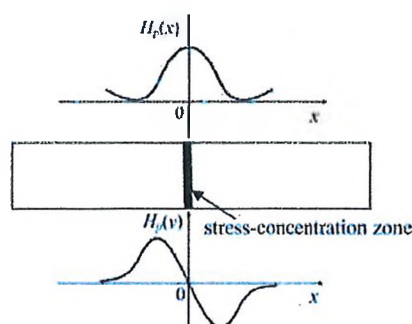
2.1. Diagnostika pomocí metody MMM

Metoda magnetické paměti kovů je nová nedestruktivní diagnostická metoda, která dokáže lokalizovat poruchy nebo koncentrace napětí (SCZ, Stress Concentration Zones) ve feromagnetických materiálech. Metoda magnetické paměti je založena na měření a analýze intenzit vlastního magnetického pole (tzv. SMFL-Self Magnetic Flux Leakage).

Intenzita magnetického pole je popsána dvěma složkami:

- tangenciální složkou intenzity magnetického pole $H(x)$ [A/m], která je rovnoběžná s povrchem vzorku
- normálovou složkou intenzity magnetického pole $H(y)$ [A/m], která je kolmá na povrch vzorku.

V zóně koncentrace napětí dosahuje tangenciální složka $H_p(x)$ maximální hodnoty. Zatímco normálová složka $H_p(y)$ přechází z kladné do záporné hodnoty, přičemž nulová hodnota odpovídá maximální hodnotě složky tangenciální.



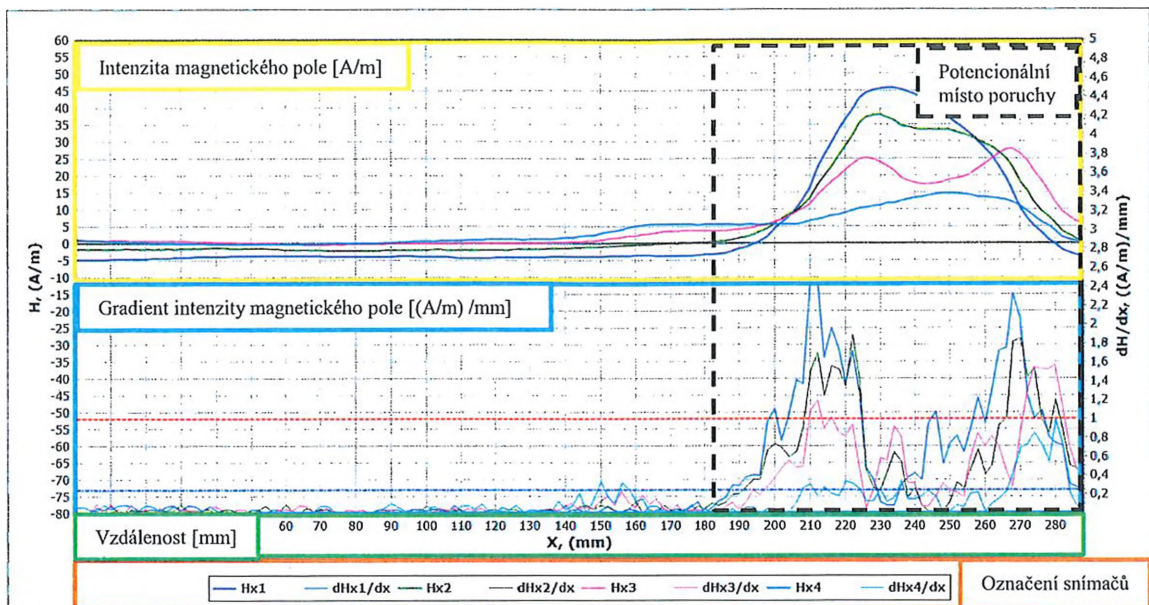
Obr. 3 Schéma SMFL distribuce v zóně koncentrace napětí

Diagnostika pomocí metody MMM je prováděna pomocí speciálního měřicího zařízení, které se skládá z přijímacího zařízení typ TSC-7M-16 a pojízdného skenovacího zařízení. Skenovací zařízení má různé konstrukční varianty. Pro měření vybraných detailů na nosné konstrukci byl zvolen skenovací vozíček, který má na sobě umístěny 4 měřicí senzory. Senzory měří ve směru kolmém na povrch a ve směru rovnoběžném s povrchem. Osová vzdálenost snímačů v příčném směru byla nastavena na 18 mm. Zařízení zaznamenává tři veličiny, které jsou po vyhodnocení znázorněny ve výsledných magnetogramech. Jedná se o:

- H – intenzitu magnetického pole [A/m]
- dH/dx – gradient intenzity magnetického pole [(A/m) /mm]
- L_x – měření skenované vzdálenosti [mm].

„Výsledky měření SZZ a DZZ – metoda MMM“

Výsledky měření jsou následně zobrazeny v přehledných magnetogramech (viz Obr. 4). U změny magnetického pole jsou vyznačeny 2 vodorovné úsečky. Modrá úsečka udává průměrnou hodnotu změny magnetického pole, zatímco červená úsečka představuje hodnotu čtyřnásobku průměrné hodnoty. Hodnoty pod touto úrovní můžeme označit pouze jako šum při měření. Ostatní hodnoty překračující tuto mez lze považovat za potenciální místa koncentrace napětí SCZ (tzv. stress concentration zones).

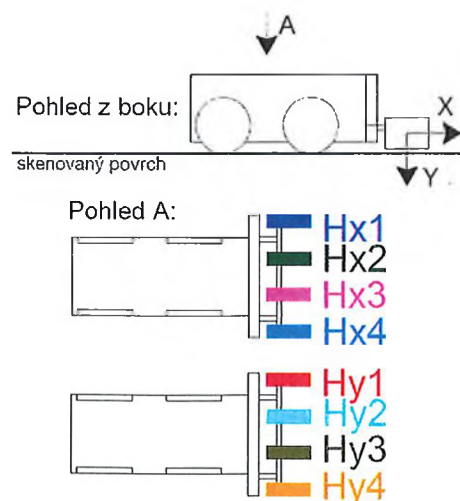


Obr. 4 Popis výsledného magnetogramu

Na Obr. 6 je zobrazeno schéma měřícího vozíčku s barevným rozlišením jednotlivých sond.



Obr. 5 Přijímací zařízení (typ TSC-7M-16) a pojízdné skenovací zařízení



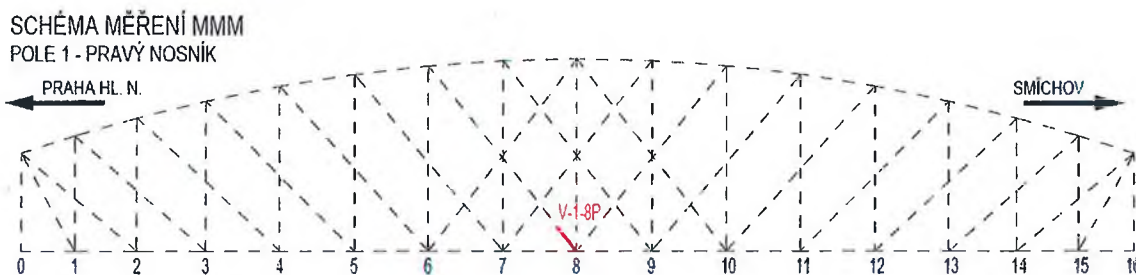
Obr. 6 Označení měřících sond

„Výsledky měření SZZ a DZZ – metoda MMM“

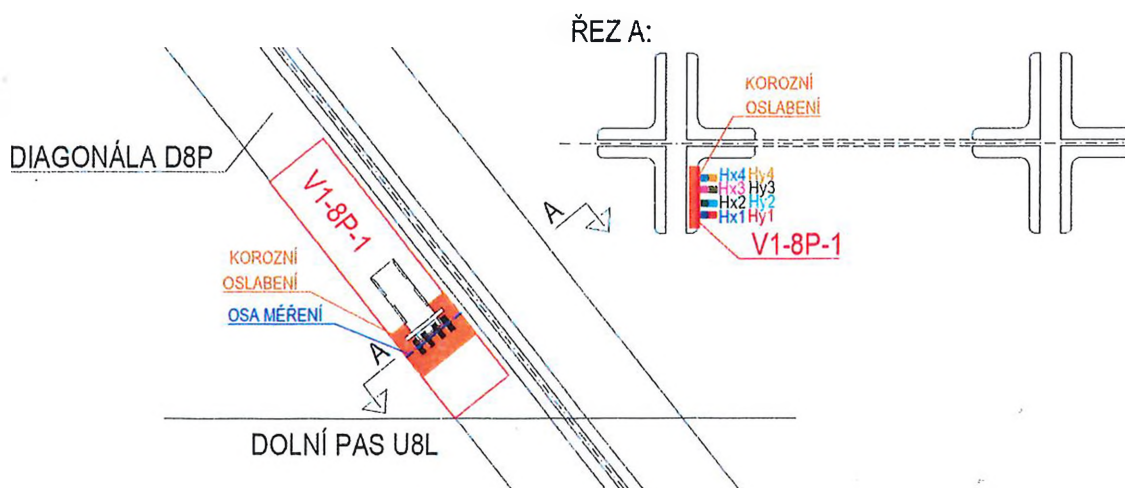
2.2. Popis a schéma měření

V rámci statické a dynamické zatěžovací zkoušky bylo provedeno měření metodou MMM. Postup měření při zatěžovací zkoušce byl odlišný než běžné skenování pojižděním po vyšetřovaném povrchu. Zařízení bylo nastaveno na způsob měření „timer“, které zaznamenává hodnoty bez pohybu vozíčku v časovém intervalu. Při zatěžovací zkoušce byl vozíček pouze přiložen do vyšetřovaného místa a bylo spuštěno skenování.

Před zahájením zatěžovací zkoušky byl zvolen vybraný detail pro měření dle vizuální prohlídky detailu. Měření bylo zaměřeno na přípoj diagonály D8P a dolního pasu D8P v poli 1. Schéma měření je zobrazeno na Obr. 7 a Obr. 8. U měřeného místa je úhelník výrazně korozně oslaben. V místě napojení diagonály k dolnímu pasu dochází staticky k největšímu namáhání osovou silou a momentem. Při zatěžovací zkoušce bylo předpokládáno dosažení značného rozkmitu napětí, které by pomocí metody MMM mohlo být detekováno. Měření bylo navíc zaměřeno na korozně oslabenou část průřezu, ve které lokální napjatost bude vyšší. Cílem měření bylo detekovat odezvu konstrukce pomocí magnetické paměti materiálu. Výslednou odezvu následně porovnat a popsat.



Obr. 7 Schéma měření pole 1 – pravý nosník



Obr. 8 Schéma měření detail V-1-8P

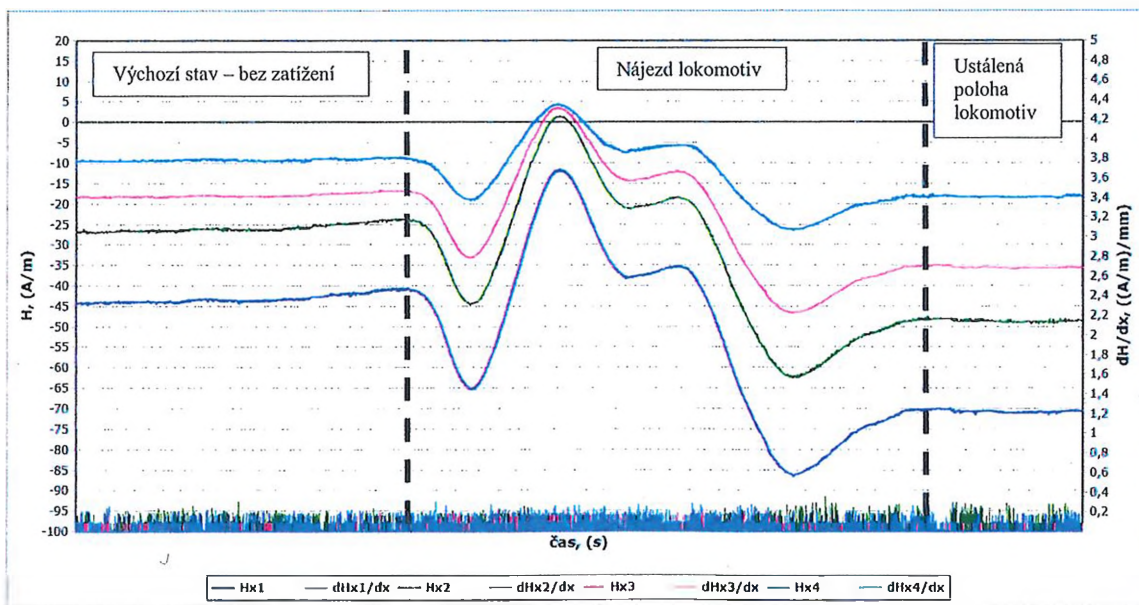
2.3. Výsledky měření

2.3.1. Statický zatěžovací stav SZS4

V rámci statického zatěžovacího stavu SZS4 byla sledována změna intenzity magnetického pole u vybraného detailu V-1-8P-1 při působícím zatížení (lokomotivy). Dle získaného grafu lze sledovat, že při působícím zatížení dochází ke změně intenzity magnetického pole. Intenzita se mění dle mechanického namáhání prvku. Po najetí lokomotivy do předepsané polohy dochází k ustálení velikosti intenzity magnetického pole. Můžeme také vidět, že hodnoty intenzity magnetického pole se po odjetí lokomotivy vrací do původních hodnot, což je patrnější ve směru X (viz Obr. 10 a Obr. 12), kde dochází k výraznější změně. Ve směru Hx dosahuje změna intenzity magnetického pole hodnoty maximálně 35 A/m u sondy Hx1. Sonda byla umístěna nejbližší krajním vláknům průřezu. Čím jsou sondy blíže u těžišťové osy průřezu, tím je detekovaná odezva nižší, což odpovídá představě o namáhání průřezu.

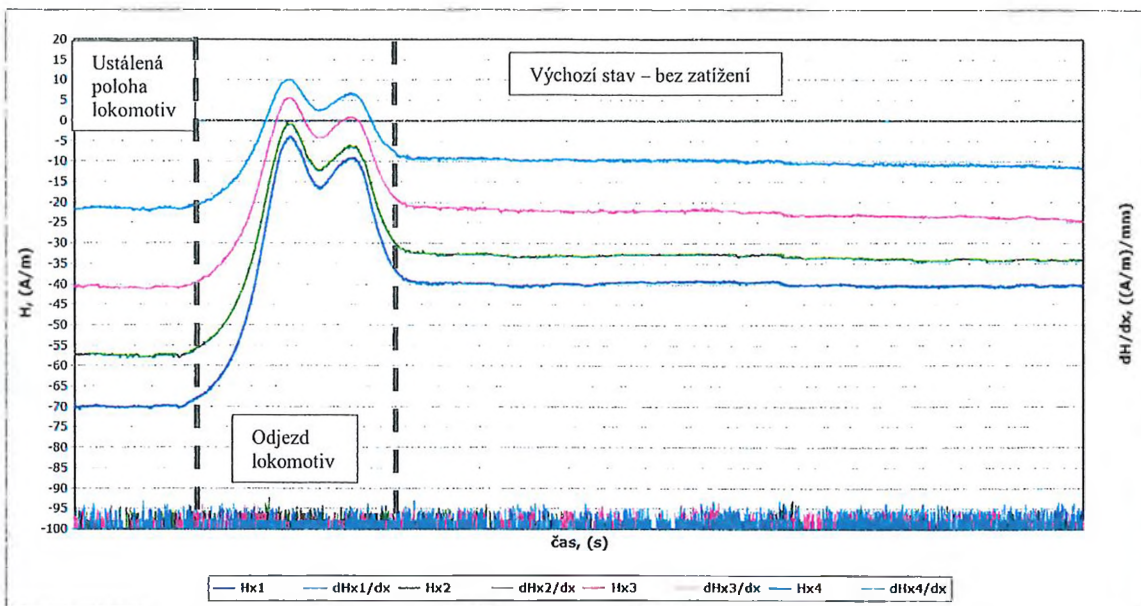
Ve směru Hy nebyla zaznamenána zcela přesná shoda při odtižení konstrukce. Rozdíl mezi hodnotami mohl být způsoben i nepřesným přiložením přístroje, které se mohlo projevit více ve směru Y. Avšak i ve směru Y lze pozorovat změnu intenzity magnetického pole s působícím zatížením.

Na základě provedeného měření byl tedy zjištěn zajímavý poznatek, že intenzita magnetického pole má podobné chování jako mechanické namáhání prvku. Při pružném namáhání prvku se sice mění velikost intenzity magnetického pole, ale po odtižení se intenzita vrací do původních hodnot. Při namáhání nad mezí kluzu dochází ke vzniku plastické (trvalé) deformace, což zcela mění vnitřní strukturu materiálu. Při měření pomocí metody MMM bude odezva intenzity magnetického pole v oblasti plastifikace měřena i po odtižení.

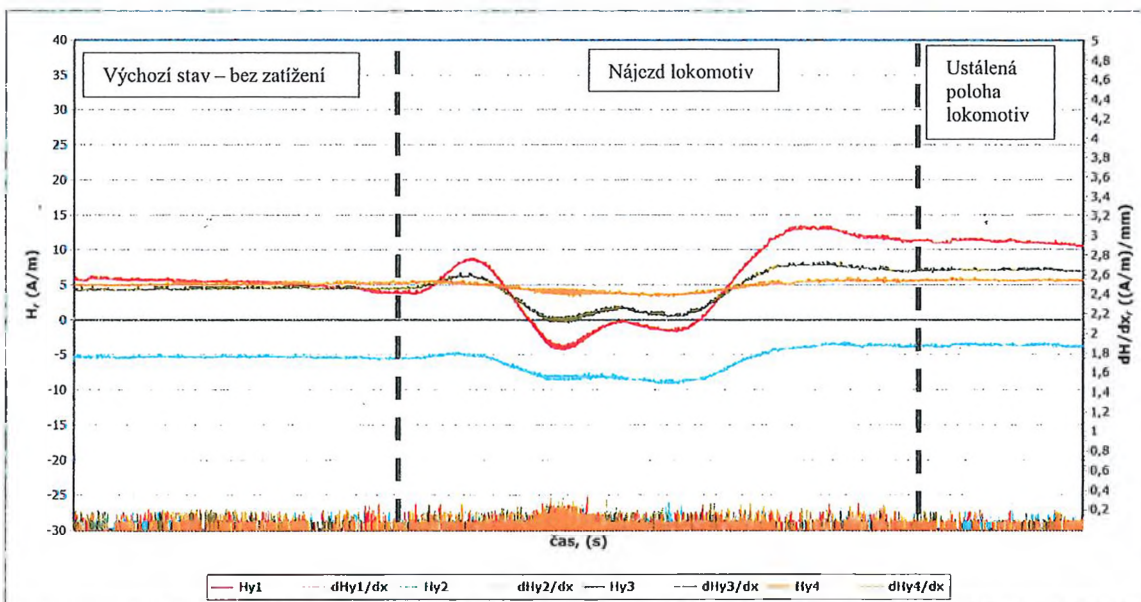


Obr. 9 Zatěžovací stav SZS4 (zatížení) - měřené místo V-1-8P-1 - směr X

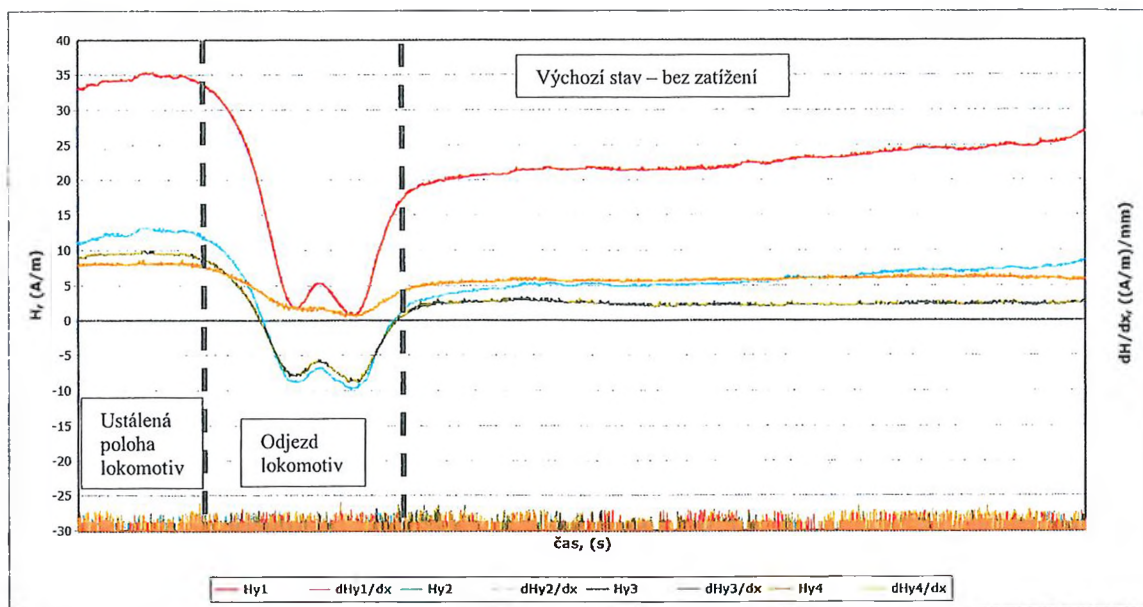
„Výsledky měření SZS a DZZ – metoda MMM“



Obr. 10 Zatěžovací stav SZS4 (odtižení) - měřené místo V-1-8P-1 – směr X



Obr. 11 Zatěžovací stav SZS4 (zatížení) - měřené místo V-1-8P-1 – směr Y



Obr. 12 Zatěžovací stav SZS4 (odtížení) - měřené místo V-1-8P-1 – směr Y

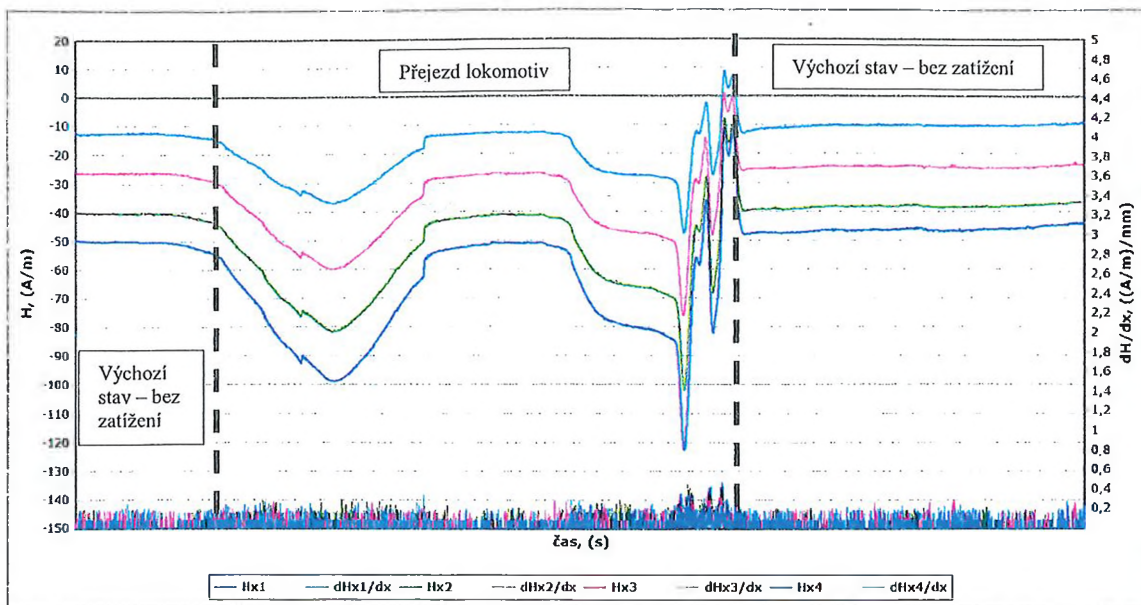
2.3.1. Dynamický zatěžovací stav DZS3

V rámci dynamického zatěžovacího stavu DZS3 byla sledována změna intenzity magnetického pole u vybraného detailu V-1-8P-1 při působícím pohyblivém zatížení (přejezd lokomotivy). Dle získaného grafu lze sledovat, že při působícím zatížení dochází ke změně intenzity magnetického pole. Intenzita se mění dle mechanického namáhání prvku. Můžeme také vidět, že hodnoty intenzity magnetického pole se po projetí lokomotivy vrací do původních hodnot.

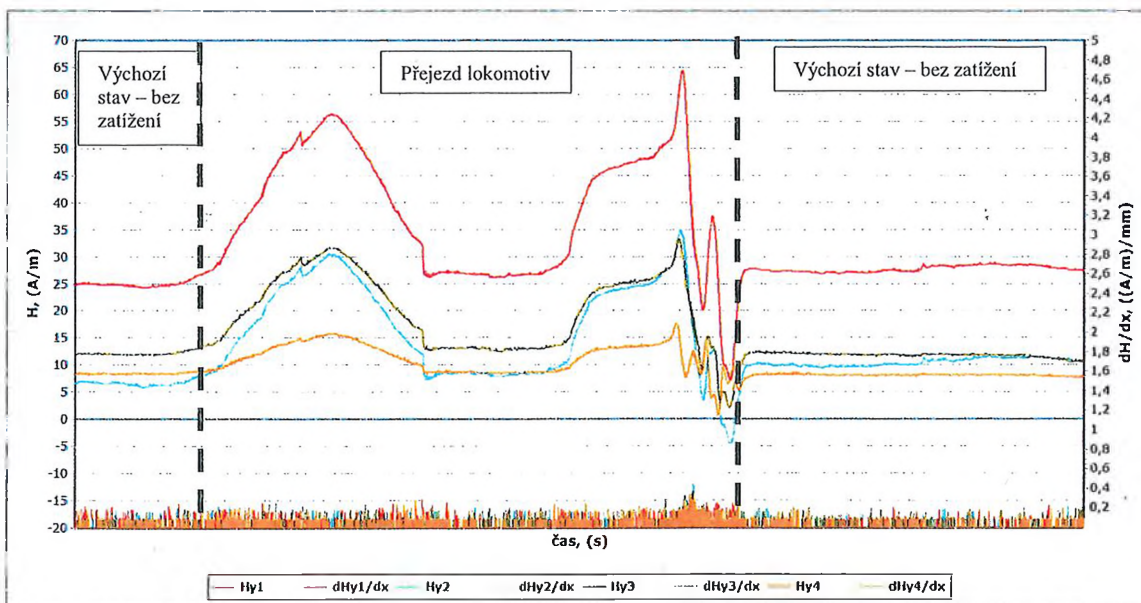
Jedním z dalších poznatků je i počáteční velikost intenzity magnetického pole, která odpovídá stavu po odtížení po SZS4 (viz Obr. 10 a Obr. 12).

Jak bylo konstatováno v předchozí kapitole. Na základě provedeného měření byl zjištěn zajímavý poznatek o chování intenzity magnetického pole, což bylo potvrzeno i při přejezdu lokomotivy.

„Výsledky měření SZZ a DZZ – metoda MMM“



Obr. 13 Dynamický zatěžovací stav DZS3 (přejezd 40 km/h) - měřené místo V-1-8P-1 – směr X



Obr. 14 Dynamický zatěžovací stav DZS3 (přejezd 40 km/h) - měřené místo V-1-8P-1 – směr Y