

Diagnostika stavebních konstrukcí s.r.o.

Svobody 814, Liberec 15, 460 15,

mobil: 607234693, 724034307

e-mail: diagnostika.lb@volny.cz,

IČO: 44564996, DIČ: CZ 44564996,

KB Liberec č.ú. 821 840 461/0100

OR Ústi nad Labem oddíl C vložka 1875

ZPRÁVA č. 72/25

Diagnostický průzkum mostu ev.č. LB-230 přes trať ČD v ulici Kubelíkova Liberec



Objednavatel: Statutární město Liberec

Vypracoval: Ing. Arnošt Hlaváček
Ing. Arnošt Hlaváček ml.

Zodpovědný řešitel:
Ing. Arnošt Hlaváček

Počet stran: 33

Počet příloh: 7

Datum: 29.8.2025

OBSAH

1. ÚVOD	3
1.1. KONSTRUKČNÍ USPOŘÁDÁNÍ MOSTU.....	3
1.1.1. ZAKLADÁNÍ MOSTU.....	3
1.1.2. SPODNÍ STAVBA	3
1.1.3. NOSNÁ KONSTRUKCE MOSTU - VRCHNÍ STAVBA	3
2. PODKLADY PRŮZKUMU.....	4
3. PROVEDENÉ PRÁCE A VÝSLEDKY ZKOUŠEK	4
3.1. ZKOUŠKY OCELI.....	4
3.1.1. MĚŘENÍ PROFILŮ A ULTRAZVUKOVÉ MĚŘENÍ TLOUŠTĚK	4
3.1.2. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOST	7
3.2. ZKOUŠKY BETONU	9
3.2.1. STANOVENÍ OBSAHU CHLORIDŮ V BETONU.....	9
3.2.2. STANOVENÍ PEVNOSTI V TLAKU BETONU NEDESTRUKTIVNĚ.....	11
3.2.3. OVĚŘENÍ POLOHY A KRYTÍ VÝZTUŽE	11
3.2.4. STANOVENÍ HLOUBKY KARBONATACE BETONU	15
3.3. ZJIŠTĚNÍ SKLADBY NA MOSTĚ	16
3.4. DOKUMENTACE STAVU KONSTRUKCE	18
3.5. DALŠÍ ZJIŠTĚNÉ SKUTEČNOSTI.....	29
3.6. PŘEPOČET ZATÍŽITELNOSTI.....	29
4. ZÁVĚR	29
4.1. NOSNÁ KONSTRUKCE	29
4.2. SKLADBA.....	30
4.3. OBSAH CHLORIDOVÝCH IONTŮ CL^-	30
4.4. HLOUBKA KARBONATACE A KOROZE VÝZTUŽE DESKY MOSTOVKY	31
4.5. PŘEPOČET ZATÍŽITELNOSTI.....	31
4.6. CELKOVÉ HODNOCENÍ - NÁVRH OPATŘENÍ.....	32
4.7. NÁVRH OPATŘENÍ.....	33

1.ÚVOD

OBJEDNAVATEL: Statutární město Liberec

STAVBA-OBJEKT: most ev.č. LB-230, Kubelíkova ulice, Liberec

Na základě smlouvy o dílo 4/24/0181 objednavatele byl proveden v období července a srpna 2025 diagnostický průzkum výše uvedeného mostního objektu. Diagnostický průzkum slouží jako podklad pro potřebu rozhodování o způsobu rekonstrukce mostu. Staničení bylo uvažováno ve směru od křižovatky s ulicí Volgogradská ke křižovatce s ulicí Ještědská. Nosníky jsou číslovány zleva doprava. Průzkum byl zaměřen na stav ocelové nosné konstrukce, železobetonové konstrukce a skladbu konstrukcí tak, aby bylo možno stanovit zatížitelnost mostu a zhodnotit stav konstrukcí. Pro spodní stavbu mostu byla provedena pouze vizuální prohlídka.

Rozsah průzkumu byl zvolen tak, aby bylo možno práce provést v termínu 24. a 25.7.2025 v rámci časově omezené výluky na trati pod mostem. V průběhu provádění průzkumu byly zároveň prováděny práce na demolici přilehlé lávky pro pěší, které také omezovaly možnosti provádění průzkumu. Práce tak bylo nutné koordinovat.

1.1. KONSTRUKČNÍ USPOŘÁDÁNÍ MOSTU

Jedná se o konstrukci mostu o jednom poli převádějící komunikaci Kubelíkovy ulice přes jednokolejnou trať ČD. Most je šikmý.

1.1.1. ZAKLÁDÁNÍ MOSTU

Způsob založení spodní stavby mostu nebyl při diagnostického průzkumu zjišťován sondážními pracemi. Podle provedení spodní stavby se bude jednat s největší pravděpodobností o plošné založení.

1.1.2. SPODNÍ STAVBA

Opěry jsou masivní vyzdívané v líci z kamenných kvádrů. Úložný práh je železobetonový s největší pravděpodobností provedený na původní opěry s roznášecími kamennými bloky. Rovnoběžná křídla a šikmé křídlo vpravo u opěry 2 jsou v líci rovněž zděná z kamenných kvádrů.

1.1.3. NOSNÁ KONSTRUKCE MOSTU - VRCHNÍ STAVBA

Nosná konstrukce mostu je tvořena osmi ocelovými válcovanými nosníky tvaru I. Jejich velikost byla stanovena měřením jako I č.40 rakouské. Tyto profily byly v konstrukci použity již z jiné nosné konstrukce. O tom svědčí odříznuté nýty. Jedná se zřejmě o nosníky, mezi kterými byly osazeny příčníky nebo ztužidla v jiné konstrukci.

Při předchozí rekonstrukci mostu byly vedle nosníku N1 a N8 na vnější straně osazeny další nosníky tvaru HEA 400 použité pro rozšíření konstrukce. Tyto nosníky zřejmě slouží pro vynášení římsy. Tyto nosníky jsou označeny jako H1 a H2.

V rámci průzkumu bylo zjištěno, že na nosníky je provedena spřažená železobetonová deska, která byla v minulosti zesílena pravděpodobně spřaženou deskou.

2. PODKLADY PRŮZKUMU

Objednatel poskytl jako podklad průzkumu poslední hlavní mostní prohlídku (2024, Ing. Radka Louthanová). Nebyla k dispozici ani původní projektová dokumentace mostu a ani dokumentace pro rekonstrukci mostu s rozšířením.

3. PROVEDENÉ PRÁCE A VÝSLEDKY ZKOUŠEK

Rozsah prací byl stanoven na základě požadavku objednavatele. Na základě provedeného diagnostického průzkumu byla stanovena zatížitelnost mostu. Plán zkušebních prací byl dán kalkulací ceny. Průzkum byl zaměřen zejména na zjištění míry oslabení ocelových prvků nosné konstrukce a způsob působení konstrukce. Rozsah prací byl limitován omezenou dobou zpřístupnění konstrukce závislou na výluce na trati a na souběhu demolice přilehlé lávky.

Z hlediska postupu prací byla v první fázi provedena prohlídka konstrukcí mostu se zjištěním základních skutečností. Na základě této prohlídky, zjištěných skladeb a konstrukčního řešení bylo dále rozhodnuto o umístění zkušebních míst a metod provádění průzkumu.

Na místě byla nejprve provedena základní měření tak, aby byly stanoveny rozměry hlavních nosných prvků v rozhodujících průřezech. Na základě zaměření základních rozměrů bylo vypracováno schéma vzorového příčného řezu a půdorysu. Z výsledků zkoušek a měření vychází také přepoččet zatížitelnosti.

3.1. ZKOUŠKY OCELI

Pro ocelové válcované I profily byla provedena měření pro jejich identifikaci a dále ultrazvukové měření ke zjištění tloušťky prvků v neoslabených a oslabených průřezích. Šířky přírub v rozhodujících průřezích byly měřeny posuvným měřidlem.

Na základě zaměření základních rozměrů nosníků a nedestruktivního ultrazvukového měření tloušťky stojiny byl ověřen profil hlavních nosníků N1 až N8 jako I č. 40 rakouské.

Dva dodatečně osazené válcované nosníky pod římsami byly identifikovány jako HEA400.

3.1.1. MĚŘENÍ PROFILŮ A ULTRAZVUKOVÉ MĚŘENÍ TLOUŠTĚK

Pro ocelové válcované nosníky nosné konstrukce bylo provedeno měření ke zjištění tloušťky stojin a přírub v charakteristických průřezích. V tomto případě byly zjišťovány tloušťky stojiny cca uprostřed rozpětí v místech s charakteristickým oslabením stojiny. Nedestruktivní měření tloušťky bylo prováděno přístrojem EVIDENT 27MG (s.n. 221026504). Změřené profily a tloušťky stěn jsou zapsány v tabulce č.1 včetně stavu konstrukce v daném místě.

Z měření je zřejmé, že neoslabená tloušťka stojiny odpovídá tabulkové hodnotě ocelového válcovaného profilu I č.40 rakouské dle schématu č.1 v rámci povolené tolerance. Stejně tak neoslabené šířky příruby a tloušťky přírub odpovídají tabulkovým hodnotám.

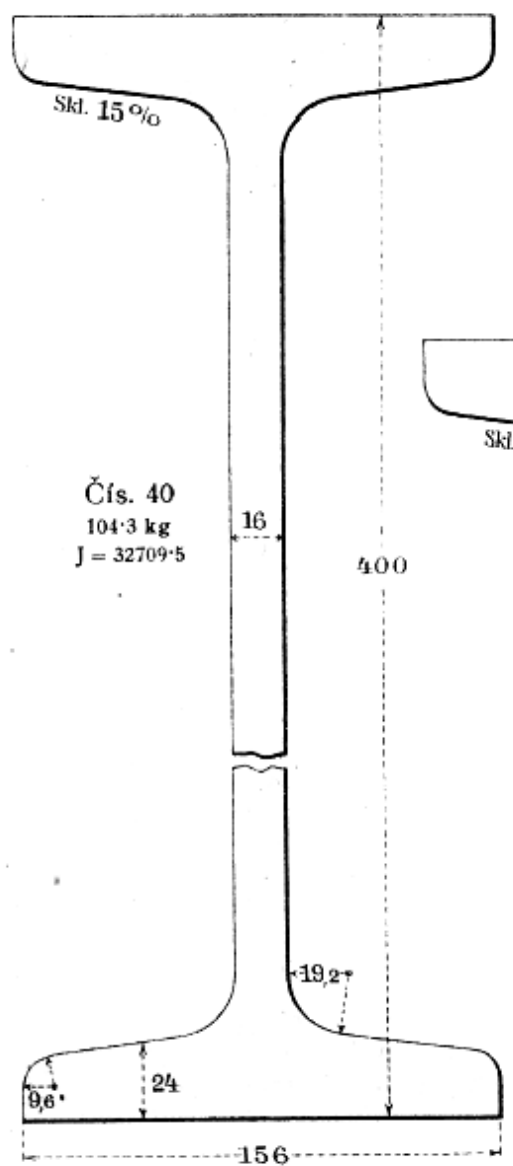
Zkušební místa byla volena s ohledem na výskyt projevů koroze tak, aby bylo jasné, jaká tloušťka stojin byla původní bez oslabení a jakou míru oslabení koroze je třeba v konstrukci očekávat. Zkušební místa jsou zakreslena ve schématu v příloze č.3.

TABULKA č.1: Měření profilů provedená na nosnících nosné konstrukce

Měřený prvek		zkušební místo	stav	změřená hodnota tloušťky [mm]
N3	stojina nosníku	UZ1	neoslabeno	15,86
N3	stojina nosníku	UZ2	oslabeno (důlková koroze)	12,24
N3	stojina nosníku	UZ3	oslabeno (důlková koroze)	13,01
N3	stojina nosníku	UZ4	oslabeno (důlková koroze)	9,42
N1	stojina nosníku	UZ5	oslabeno (důlková koroze)	10,33
N1	stojina nosníku	UZ6	oslabeno (důlková koroze)	10,47
N1	stojina nosníku	UZ7	oslabeno (důlková koroze)	11,10
N5	stojina nosníku	UZ8	oslabeno (důlková koroze)	13,75
N5	stojina nosníku	UZ9	oslabeno (důlková koroze)	12,76
N5	stojina nosníku	UZ10	oslabeno (důlková koroze)	9,81
N5	stojina nosníku	UZ11	neoslabeno	15,81
N6	stojina nosníku	UZ12	oslabeno (důlková koroze)	12,57
N6	stojina nosníku	UZ13	oslabeno (důlková koroze)	11,42
N6	stojina nosníku	UZ14	oslabeno (důlková koroze)	11,65
N6	stojina nosníku	UZ15	oslabeno (důlková koroze)	10,76
N7	stojina nosníku	UZ16	oslabeno (důlková koroze)	13,23
N7	stojina nosníku	UZ17	oslabeno (důlková koroze)	13,15

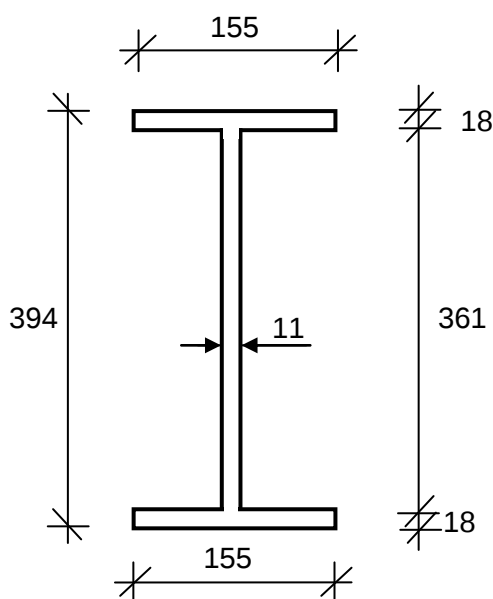
Měření tloušťky ultrazvukem bylo doplněno měření šířky přírub a odhad oslabení přírub na základě tloušťky korozních zplodin a úbytků na hranách i v ploše přírub (cca v polovině náběhu). Takto byl proveden odhad oslabení profilů v rozhodujících průřezích (uprostřed rozpětí). Parametry neoslabeného průřezu profilu I č.40 (rakouské) jsou uvedeny ve schématu č.1. Odhad oslabení profilů v korozi zasažených rozhodujících průřezích je uveden ve schématu č.2.

SCHÉMA č.1: Základní rozměry profilu I č.40 Rakouské normální



Ve schématu č.2 je uveden zjednodušený průřez korozí oslabených profilů N1 až N8. V rámci měření a prohlídky konstrukce bylo zjištěno, že koroze se vyskytuje v zejména v pruhu přibližně uprostřed rozpětí prakticky shodně pro všechny nosníky. V těchto místech také byla provedena měření. Ve schématu č.2 je uveden odhad průměrné tloušťky prvků, je však nutné konstatovat, že lokálně jsou profily oslabeny výraznou důlkovou korozí, proto byla vytipována místa měření charakteristická pro konstrukci.

SCHÉMA č.2: Zjednodušené schéma odhadu reálného průřezu I profilů č.40 po oslabení korozí



*Pozn.: jedná se o zjednodušené schéma odhadu skutečného průřezu na základě zjištěného oslabení profilů N1 až N8 v daných průřezech v polovině rozpětí, kde bylo zjištěno největší oslabení. S takovýmto průřezem je třeba počítat při stanovení zatížitelnosti mostu.

Při uvažování oslabení průřezů dle schématu č.2 je nutné počítat s oslabením průřezu o cca 28,1% průřezové plochy nosníků N1 až N8 uprostřed rozpětí. Pro nosníky H1 a H2 je možno počítat s obdobným oslabením vzhledem k tomu, že byly zjištěny korozní zplodiny v tloušťce až 21 mm!

Podrobná dokumentace stavu nosníků a jejich koroze je patrná z tabulky č.8 v kapitole 3.4., kde jsou uvedeny i další zjištěné poruchy.

3.1.2. NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI OCELI

Byly provedeny orientační nedestruktivní zkoušky s následným stanovením odhadu meze pevnosti oceli metodou Poldi kladívka. Vyhodnocení zkoušek pevnosti bylo provedeno jednak podle vztahů a tabulek výrobce zkušebního zařízení a jednak podle normy ČSN ISO 18265.

Orientační zkoušky pevnosti byly prováděny pro ocelové válcované I profily č.40 pro zařazení podle zjištěné meze pevnosti.

Zkušební místa jsou zakreslena ve schématu v příloze č.3. Umístění zkušebních míst bylo následující:

- P1 - stojina ocelového válcovaného profilu I č.40 po zabroušení
- P2 - stojina ocelového válcovaného profilu I č.40 po zabroušení
- P3 - stojina ocelového válcovaného profilu I č.40 po zabroušení

Mez pevnosti oceli stanovená nedestruktivně na konstrukci byla stanovena jednak z následujících vztahů uvedených výrobcem zařízení a dále podle tabulky A1 normy ČSN ISO 18265. Výsledky zkoušek na zkušebních místech a převod na mez pevnosti dle vztahů výrobce a dle normy ČSN ISO 18265 je uveden v tabulce č.3.

vztahy výrobce zkušebního zařízení:

$$R_{m1} = 3.30 \cdot HB - 8 \text{ (pro HB= 100 až 250)}$$

$$R_{m1} = 3.15 \cdot HB - 8 \text{ (pro HB= 250 až 400)}$$

Případně

$$R_{m2} = 3.50 \cdot HB \text{ pro uhlíkové oceli}$$

$$R_{m3} = 3.60 \cdot HB \text{ pro oceli}$$

Vs.....vtisk na standardizované tyči
Vz.....vtisk na zkušebním místě

$$HBS = 200$$

Výsledky zkoušek pro jednotlivé konstrukční prvky jsou uvedeny v tabulce č.2. Výsledky zkoušek tvrdosti s následným přepočtem na mez pevnosti byly porovnávány s hodnotami v tabulce 7.1 ČSN 73 0038 (2019). Hodnoty převzaté z této tabulky jsou uvedeny jako tabulka č.3 této zprávy.

TABULKA č.2: Výsledky nedestruktivního měření meze pevnosti oceli Poldi kladívkem pro nosníky N1 až N8 nosné konstrukce mostu

Zkušební místo	V _s	V _z	HB dle tabulky	Součinitel K=HBS/197	K · HB	R _{m1} [MPa]	R _{m2} [MPa]	R _{m3} [MPa]	R _m * [MPa]
P1	2,91	3,46	111,7	1,015	113,4	366	397	408	383
P2	2,83	3,35	113,6	1,015	115,3	372	403	415	389
P3	2,77	3,23	120,4	1,015	122,2	395	428	440	410
PRŮMĚR						378	409	421	394

* Hodnota meze pevnosti při převodu dle tabulky A1 normy ČSN ISO 18265

TABULKA č.3: Hodnoty pevností převzaté z tabulky 7.1 normy ČSN 730038 (2019)

rok výroby	materiál pevnostní třídy	Dovolené namáhání σ_{adm} [MPa]	Charakteristická hodnota meze kluzu f_y [MPa]	Mez pevnosti f_u [MPa]	norma
do 1905	možnost svářkového železa	130	210	340	Nařízení 97/1904
1905 - 1937	plávková ocel	140	230	360	ČSN 1230
1938 - 1950	37 (S235)	140	230	360	ČSN 1232
	52 (S355)	195	335	490	

Na základě provedených orientačních nedestruktivních zkoušek lze konstatovat, že profily N1 až N8 nosné konstrukce jsou s nejvyšší pravděpodobností provedeny z plávkové oceli nebo oceli třídy 37 (S235).

3.2. ZKOUŠKY BETONU

Pro železobetonové konstrukce byly provedeny zkoušky ke zjištění kontaminace betonu chloridovými ionty jako způsob identifikace příčin koroze ocelové konstrukce mostu.

Pro přepočet zatížitelnosti byly z důvodu omezeného přístupu ke konstrukci provedeny pouze nedestruktivní orientační zkoušky pevnosti betonu Schmidovým sklerometrem.

Bylo provedeno nedestruktivní zjištění výztuže původní železobetonové desky a také desky zesílení mostovky v rámci předchozí rekonstrukce.

Jako podklad pro statické posouzení byla provedena také prohlídka konstrukcí a sondy k ověření předpokládaného sprážením konstrukce.

3.2.1. STANOVENÍ OBSAHU CHLORIDŮ V BETONU

Obsah chloridů je jedním z důležitých parametrů, které se uplatňují při vzniku a rozvoji elektrochemických reakcí spojených s korozními procesy.

Tak, aby byl získán obraz o stavu konstrukcí z tohoto pohledu, byly odebrány vzorky betonu z různých míst a hloubek na čtyřech zkušebních místech. Celkem bylo odebráno 8 vzorků. Jednotlivá zkušební místa byla vybrána po předchozí celkové prohlídce v místech s projevy koroze ocelových profilů a s projevy potékání nebo výkvětů na železobetonové konstrukci.

Místa odběru vzorků jsou zakreslena ve schématu v příloze č.3 a popsána v tabulce č.5. Výsledky zkoušek obsahu chloridů jsou uvedeny v tabulce č.5 jako procento Cl^- k hmotnosti cementu. Samotné určení obsahu chloridů bylo provedeno tak, že byly odebrány vzorky betonu na zkušebním místě. Na vzorcích byl stanoven obsah sušiny a chemickým rozbořem byl stanoven obsah chloridových iontů v sušině. Laboratorní rozbor v tomto smyslu provedla zkušební laboratoř ALS Czech republic s.r.o. akreditovaná ČIA č.1163. Protokol s výsledky zkoušek je uveden v příloze č.3. Výsledky získané chemickým rozbořem byly dále zpracovány tak, že bylo nutné přepočítat procentuální obsahy Cl^- vztažené na jednotku sušiny na

procentuální obsahy vztažené k jednotce množství cementu tak, jak udává ČSN EN 206+A2 v článku 5.2.8. a v tabulce č.15.

Při přepočtu se vycházelo z předpokladu, že receptura byla navržena na běžné množství cementu pro beton dané konstrukce, ze které byl vzorek odebrán. Při stanovení koeficientů se tedy vycházelo z následujících předpokladů. Pro beton původní nosné konstrukce (mostovky odspodu) byla uvažována třída betonu C12/15 (B15, B170).

Při takto uvažovaných předpokladech byly získány součinitele dle tabulky č.4. Tyto součinitele pak slouží k přepočtu obsahu Cl^- na množství cementu. Výsledky chemických zkoušek jsou uvedeny v tabulce č.4 včetně přepočtu. Specifikace míst odběru vzorků je provedena tabulce č.5 a v příloze č.3.

TABULKA č.4: Výsledky zkoušek obsahu chloridů

Označení vzorku	Součinitel	Obsah Cl^- (% hmotnosti) vztaženo ke hmotnosti		Obsah Cl^- (% hmotnosti) vztaženo ke hmotnosti cementu přípustné maximální hodnoty dle ČSN EN 206 (tab.15)
	K	betonu	cementu	
C1/1	7,0	1,960	13,72	0,2 (0,4)
C1/2	7,0	0,772	5,40	0,2 (0,4)
C2/1	7,0	0,328	2,30	0,2 (0,4)
C2/2	7,0	0,518	3,63	0,2 (0,4)
C3/1	7,0	0,206	1,44	0,2 (0,4)
C3/2	7,0	0,341	2,39	0,2 (0,4)
C4/1	7,0	0,330	2,31	0,2 (0,4)
C4/2	7,0	0,151	1,06	0,2 (0,4)

Pozn.: Zvýrazněny tučně jsou hodnoty přesahující limity dle ČSN EN 206+A2

TABULKA č.5: Specifikace míst odběru vzorků pro stanovení obsahu chloridů.

VZOREK	MÍSTO ODBĚRU	HLOUBKA ODBĚRU
C1/1	Úložný práh opěry 1 pod nosníkem N5	0-30mm
C1/2		30-60mm
C2/1	Beton železobetonové mostovky odspodu u nosníku N7	0-60mm
C2/2		30-60mm
C3/1	Úložný práh opěry 2 mezi nosníky N7 a N8	0-30mm
C3/2		30-60mm
C4/1	Beton železobetonové mostovky odspodu mezi nosníky N5 a N6	0-60mm
C4/2		30-60mm

Dle ČSN EN 206+A2 (732403) v článku 5.2.8. a tabulce č.15. nesmí překročit pro železobetonové konstrukce 0,4% z hmotnosti cementu. Takto je specifikováno mírnější kritérium. Zkušební místa byla vybrána tak, aby pokryla místa s charakteristickými projevy průsaků a jiných poruch ukazujících na kontaminaci betonu chloridovými ionty.

Na zkušebních místech byla zjištěna extrémní kontaminace betonu chloridovými ionty. Byly zjištěny hodnoty obsahu chloridů, které násobně překračují limitní hodnoty uvedené jako maximální pro betonové konstrukce dle ČSN EN 206+A2 (732403) v článku 5.2.8. a tabulce č.15 normy. Z míst zjištěného výskytu a průběhu do hloubky lze konstatovat, že ke kontaminaci chloridovými ionty dochází nebo docházelo jednak průsaky železobetonovou deskou nebo průsaky kolem nosníků v uložení na opěry pod mostními závěry a to z rubu pravděpodobně nefunkčními mostními závěry.

3.2.2. STANOVENÍ PEVNOSTI V TLAKU BETONU NEDESTRUKTIVNĚ

Pro odhad pevnosti betonu v tlaku nosné konstrukce byly na základě požadavku objednavatele provedeny nedestruktivní zkoušky betonu Schmidovým sklerometrem typu N.

Metoda nedestruktivního zkoušení betonu Schmidovým sklerometrem typu "N" byla zvolena ke zjištění orientační pevnosti betonu v tlaku a následného zařídění betonu nosné konstrukce s ohledem na omezenou dobu přístupu ke konstrukci. Celkem bylo provedeno na nosné konstrukci 16 zkušebních míst. Zkušební místa byla označena jako S1 až S16.

Samotné provádění nedestruktivních zkoušek a stanovení počtu zkušebních míst se řídilo ustanoveními ČSN 732011 (květen 2012), ČSN 731370 (září 2011) a ČSN 731373 (září 2011). Zařídění betonu bylo provedeno dle, ČSN EN 206+A2 (2021) s udáním také staršího označení dle ČSN 730038 (2019). Výsledky nedestruktivních zkoušek betonu a vyhodnocení jsou uvedeny v příloze č.5.

Na základě orientačních neupřesněných nedestruktivních zkoušek Schmidovým sklerometrem typu N odpovídá beton nosné konstrukce betonu třídy B170 při označení z doby výstavby. Beton původní desky v konstrukci tak dle odborného odhadu odpovídá zařídění jako C12/15 dle dnešního označení. Výsledek neupřesněných nedestruktivních zkoušek se může pohybovat v rozmezí jedné třídy betonu ve vztahu ke skutečné pevnosti betonu v konstrukci. S ohledem na zjištěnou značnou hloubku karbonatce, kdy není reálné při zkoušce dosáhnout nezkarbonatovaného betonu, mohou být výsledky mírně ovlivněny karbonatací betonu.

Uvedená třída pevnosti betonu se jeví jako odpovídající také s ohledem na zjištěnou hloubku karbonatce a ohledem na pórovitost betonu a chování betonu při provádění sond.

3.2.3. OVĚŘENÍ POLOHY A KRYTÍ VÝZTUŽE

Bylo provedeno nedestruktivní měření k ověření krytí a polohy výztuže spřažené desky nosné konstrukce. Krytí výztuže bylo měřeno přístrojem Profometer PM8000 fy. PROCEQ. Měření krytí bylo kalibrováno v místech sond k výztužným prutům.

Měření polohy a rozložení výztuže v prvcích bylo měřeno přístroji Profometer PM8000 fy. PROCEQ a X-SCAN PS1000 fy. HILTI.

Měření krytí výztuže bylo provedeno celkem na 4 zkušebních místech označených jako P1, P2, P3 a P6. Měření rozložení výztuže v konstrukci bylo provedeno celkem na 3 zkušebních místech s označením M1 až M6. Označení a poloha měření jsou uvedeny ve schématech č.3 až č.7.

Zjištěné hodnoty krytí výztuže a vzdálenosti prutů na zkušebních místech P1, P2, P3 a P6 jsou uvedeny v tabulce č.6. Záznamy z měření přístrojem PM8000 spolu s tabulkami statistik měření jsou uvedeny v protokolu z měření v příloze č.6.

SCHÉMA č.3: Záznam z nedestruktivního měření metodou GPR - zk. místo M1
- Deska mezi nosníky N2 a N3 na podhledu

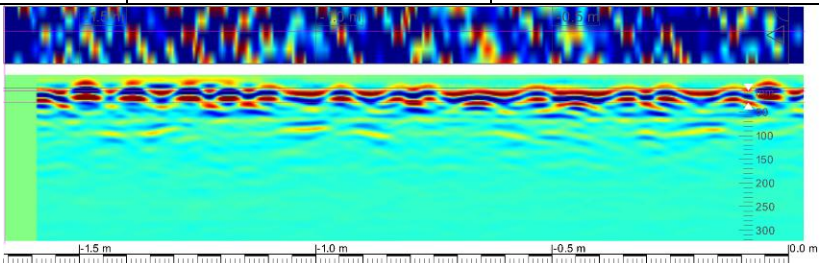
Konstrukce	Deska v poli na podhledu - měřeno rovnoběžně s I-profilů		
Zobrazovaná hloubka	5 - 30 mm	liniový scan zobrazení "raw" dat	1,6 m
			
Patrná výztuž při spodním povrchu desky uložená šikmo k I-profilům (rovnoběžně s lícem opěr). Průměrná šikmá vzdálenost prutů je ~ 105 mm. Pozn.: Měření provedeno na podhledu, obraz je proti realitě převrácený.			

SCHÉMA č.4: Záznam z nedestruktivního měření metodou GPR - zk. místo M2
- Deska mezi nosníky N1 a N2 na podhledu

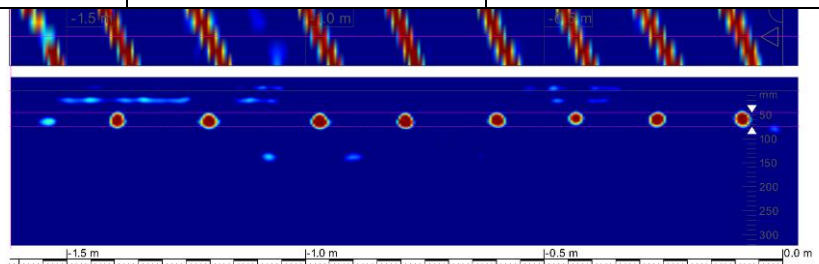
Konstrukce	Deska v poli na podhledu - měřeno rovnoběžně s I-profilů		
Zobrazovaná hloubka	45 - 75 mm	liniový scan	1,6 m
			
Patrná výztuž při spodním povrchu desky uložená šikmo k I-profilům (rovnoběžně s lícem opěr). Průměrná šikmá vzdálenost prutů je ~ 185 mm. Pozn.: Měření provedeno na podhledu, obraz je proti realitě převrácený.			

SCHÉMA č.5: Záznam z nedestruktivního měření metodou GPR - zk. místo M3
- Deska mezi nosníky N5 a N6 na podhledu

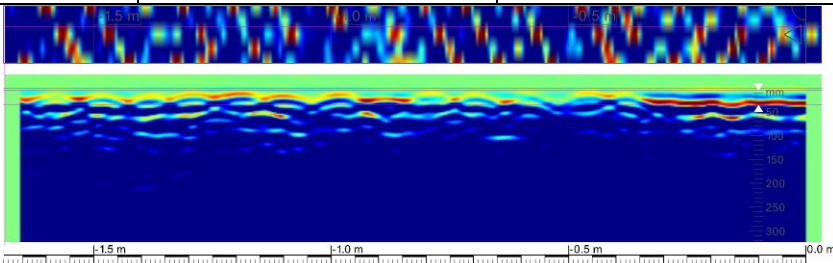
Konstrukce	Deska v poli na podhledu - měřeno rovnoběžně s I-profilů		
Zobrazovaná hloubka	5 - 35 mm	liniový scan zobrazení "raw" dat	1,6 m
			
Patrná výztuž při spodním povrchu desky uložená šikmo k I-profilům (rovnoběžně s lícem opěr). Průměrná šikmá vzdálenost prutů je ~ 105 mm. Pozn.: Měření provedeno na podhledu, obraz je proti realitě převrácený.			

SCHÉMA č.6: Záznam z nedestruktivního měření metodou GPR - zk. místo M4
- Mostovka shora v poli cca v ose mostu

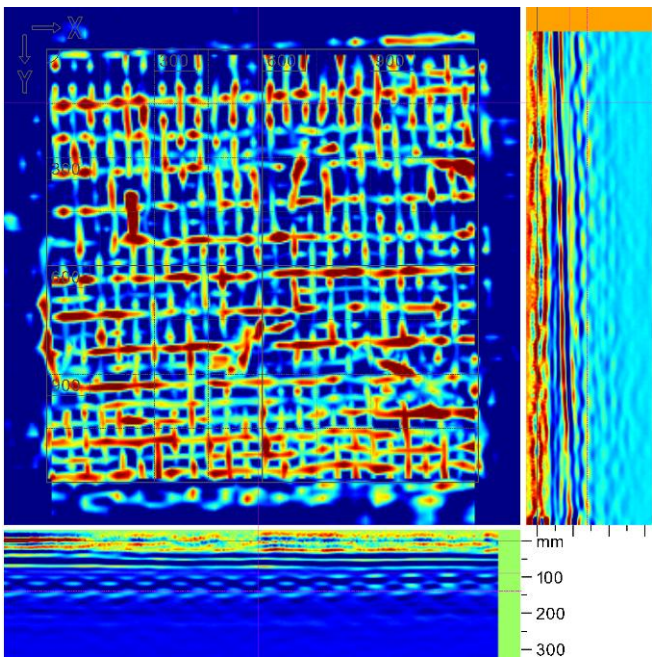
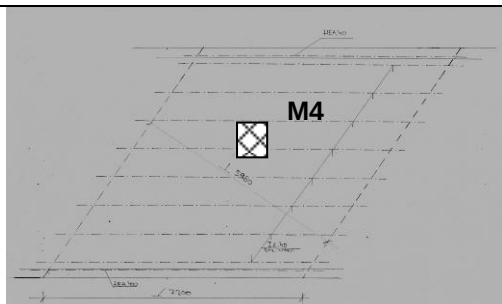
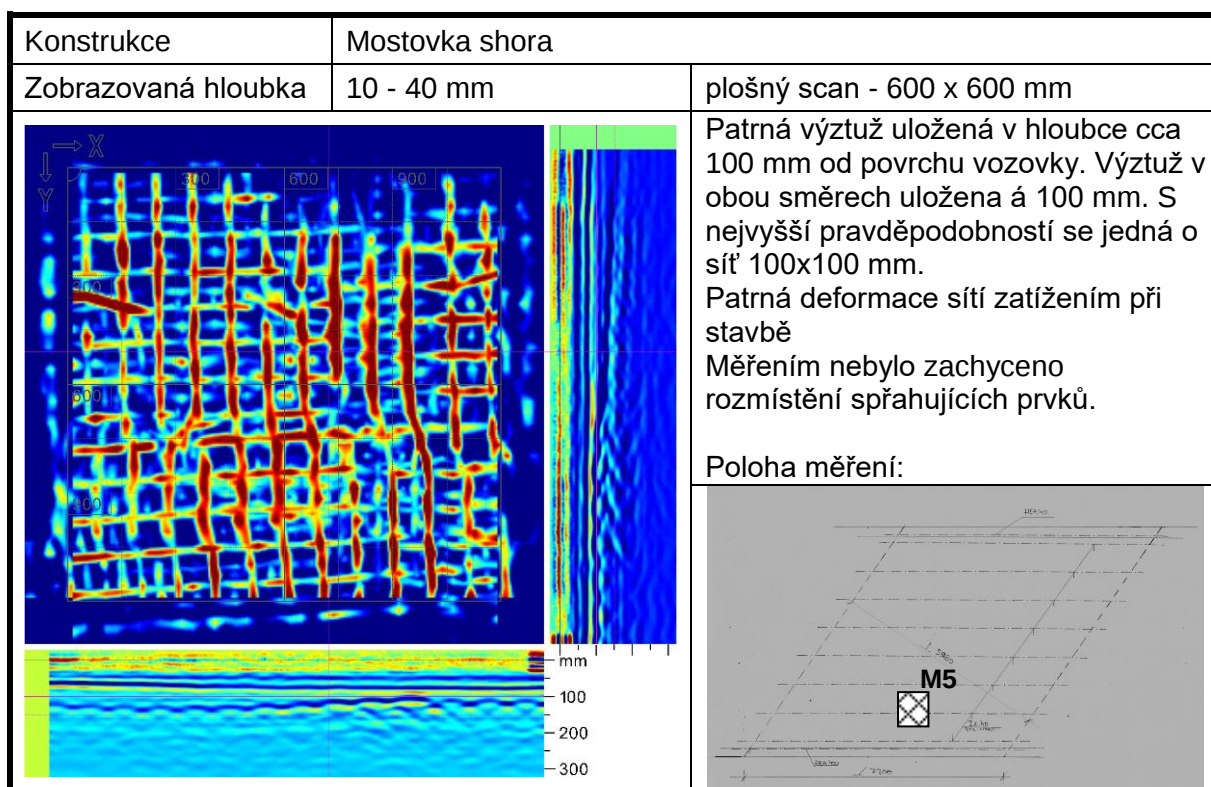
Konstrukce	Mostovka shora		
Zobrazovaná hloubka	95 - 145 mm	plošný scan - 1200 x 1200 mm	
		Patrná výztuž uložená v hloubce cca 100 mm od povrchu vozovky. Výztuž v obou směrech uložena á 100 mm. S nejvyšší pravděpodobností se jedná o síť 100x100 mm. Měřením nebylo zachyceno rozmístění spřahujících prvků.	
		Poloha měření: 	

SCHÉMA č.7: Záznam z nedestructivního měření metodou GPR - zk. místo M5
- Mostovka shora v poli v místě sondy SK1



Na základě lokalizace výztuže nedestructivním měřením byly provedeny sondy k výztuži k ověření druhu a stavu výztuže z hlediska koroze. Sondy byly také použity jako způsob kalibrace měření krytí výztuže.

Sondami bylo zjištěno, že deska je při spodním povrchu vyztužena hladkými profily průměru 15 mm. V místech zjištěné značné hloubky karbonatce a vysokého obsahu chloridů byla zjištěna povrchová koroze výztuže desky avšak bez výrazného oslabení průřezové plochy. Dokumentace sond a stavu výztuže je provedena v tabulce č.8 v kapitole 3.4.

TABULKA č.6: Statistické vyhodnocení naměřených hodnot krytí a vzdálenosti výztuže

Statistické vyhodnocení měření:						
krytí výztuže	počet hodnot n	průměr [mm]	medián [mm]	směrodatná odchylka	nejnižší hodnota [mm]	nejvyšší hodnota [mm]
P1	15	11,5	11,0	4,4	4	20
P2	9	52,3	53,0	1,7	49	55
P3a	15	17,7	17,0	3,5	12	27
P3b	5	14,0	14,0	1,8	12	16
P6a	13	17,8	19,0	4,2	9	23
P6b	5	19,8	21,0	2,9	16	24
vzdálenost prutů	počet hodnot n	průměr [mm]	medián [mm]	směrodatná odchylka	nejnižší hodnota [mm]	nejvyšší hodnota [mm]
P1	14	115	114	39	70	225
P2	8	193	190	22	168	236
P3a šikmá vzdálenost	14	110	97	33	69	196
P3b kolmá vzdálenost	4	91	91	23	61	120
P6a šikmá vzdálenost	12	117	95	41	80	219
P6b kolmá vzdálenost	4	79	81	8	68	89
Pozn.: Hloubka karbonatace byla zjištěna v mezích 30 až 45 mm. Červeně jsou zvýrazněny hodnoty krytí zasahující do zkarbonatované vrstvy.						

3.2.4. STANOVENÍ HLOUBKY KARBONATACE BETONU

Byla zjišťována hloubka karbonatace betonu nosné konstrukce. Stanovení hloubky karbonatace bylo uskutečněno na zkušebních místech provedených formou odseknutí povrchových vrstev pro získání čerstvého lomu betonu. Místa zjištění karbonatace jsou uvedena ve schématu v příloze č.3. Samotné stanovení hloubky karbonatace bylo uskutečněno kolorimetrickým testem indikačním roztokem fenolftaleinu (poměr složek: 1g fenolftaleinu, 70 ml ethylalkoholu, 100 ml destilované vody) zkušebním postupem dle normy ČSN EN 14630. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č.7.

Pro orientaci v problému karbonatace je třeba alespoň zjednodušeně tento proces popsat, aby byl jasný vztah karbonatace a korozních procesů výztuže. Pokud zasahuje do hloubky větší než je krycí vrstva betonu, snižuje se alkalita betonu v okolí výztuže a při dosažení hodnoty $\text{pH}=9,6$ ztrácí beton schopnost plnit úlohu při pasivaci výztuže. Při současném působení například chloridů pak mohou být nastartovány korozní procesy na povrchu výztuže již dříve a to již při hodnotách pH v intervalu 10 až 11.

Pro dané prvky byla zároveň provedena nedestruktivní měření ke zjištění krytí výztuže. Měření bylo provedeno elektromagnetickou metodou přístrojem PROFOMETER PM8000 fy. PROCEQ. Měření přístrojem PM8000 bylo prováděno v souladu s návodem k použití přístroje. Kalibrace měření byla dále provedena orientačními sondami k výztuži. Výsledky měření krytí jsou uvedeny v kapitole 3.2.

Zjištěné hodnoty maximální $d_{k,\text{max}}$ a průměrné $d_{k,\text{mean}}$ hloubky karbonatace zjištěné na zkušebních místech provedených formou lomu betonu v místech sond jsou uvedeny v tabulce č.7 a zkušební místa jsou zakreslena ve schématu v příloze č.3.

TABULKA č.7: Výsledky zkoušek karbonatace betonu

Zkušební místo	Konstrukční prvek	tloušťka omítky [mm]	Hloubka karbonatace	
			$d_{k,\text{max}}$ [mm]	$d_{k,\text{mean}}$ [mm]
KB1	Místo sondy k výztuži desky odspodu	bez omítky	45	43
KB8	Místo sondy ke „kozlíkům“ spřažení	bez omítky	35	31

Z tabulek č.7 a č.8 je patrné, že karbonatace betonu nosné konstrukce zasahuje do hloubky až 45 mm. Do zkarbonatované vrstvy betonu zasahuje hlavní nosná výztuž desky nosné konstrukce při spodním povrchu.

3.3. ZJIŠTĚNÍ SKLADBY NA MOSTĚ

V místě SK1 byla provedena sonda do vozovky a byla zjištěna skladba dle následujícího schémat č.8a a č.8b. K ověření skladby na mostě bylo dále provedeno nedestruktivní měření metodou GPR přístrojem X-SCAN HILTI PS1000. Záznamy z měření s popisem zjištěných skutečností jsou uvedeny ve schématech č.4 až č.7. Skladba je také zakreslena ve schématu příčného řezu uvedeného v příloze č.2a. Fotodokumentace sondy je uvedena ve schématu č.8b.

SCHÉMA č.8a: Skladba vrstev vozovky na mostě v místě SK1

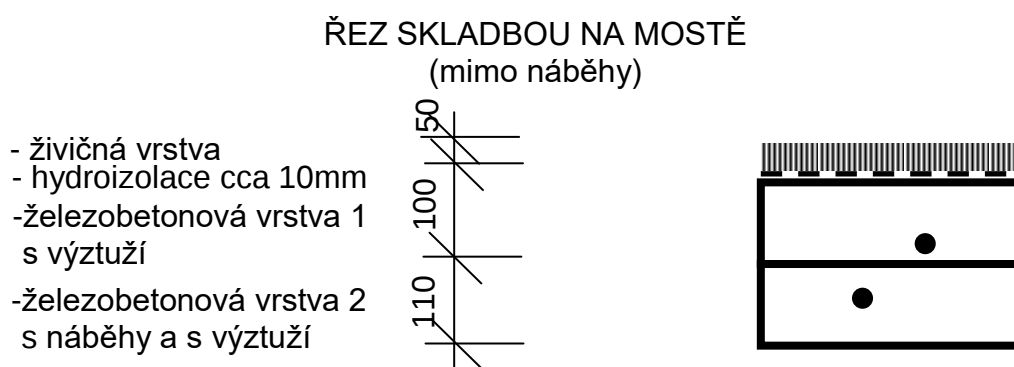
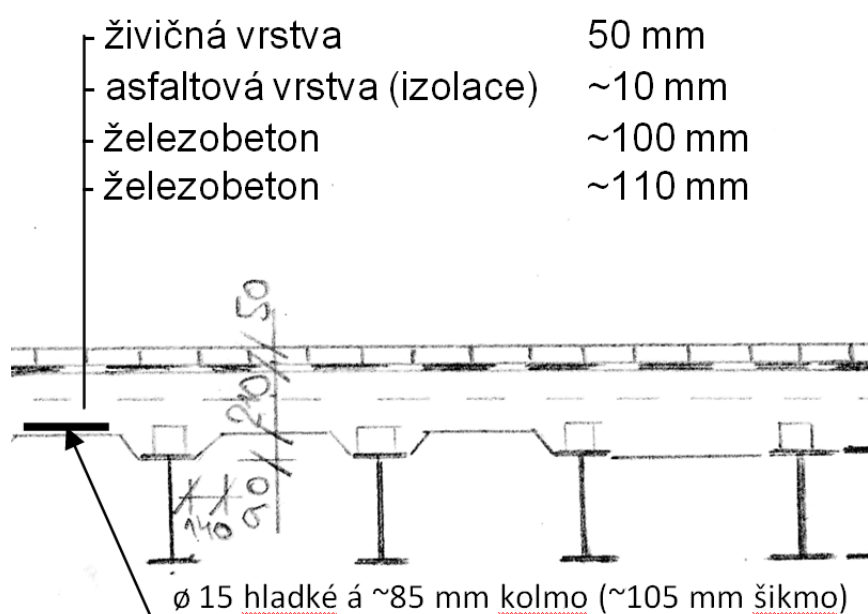


SCHÉMA č.8b: Skladba vrstev vozovky na mostě v místě SK1 s návazností na náběhy železobetonové desky mostovky



pohled do vrtu



živičná vrstva a deska zesílení



místo sondy po opravě

POZNÁMKA: Ve vrtu bylo zjištěno spojení vrstev železobetonových desek patrné na fotodokumentaci v tabulce č.2

3.4. DOKUMENTACE STAVU KONSTRUKCE

Dokumentace stavu nosné konstrukce ale i spodní stavby je uvedena s popisem v tabulce č.8.

Obecně lze konstatovat, že byla zjištěna plošná i důlková koroze s oslabením nosných ocelových profilů N1 až N8 spřažené konstrukce o cca 28,1%.

Dále bylo zjištěno odtržení krycí vrstvy betonu desek v místech známek průsaků na podhledu desek.

Sondou bylo ověřeno, že se jedná o nosnou konstrukci v podobě spřažené konstrukce s ocelovými válcovanými nosníky spřaženými s železobetonovou deskou. Původní spřažená deska je pak dále zesílena železobetonovou deskou tloušťky 100mm. Způsob spřažení těchto desek je obtížné zjistit.

V rámci podrobné prohlídky konstrukce a dokumentace stavu byla zjištěna staticky závažná porucha v podobě odtržení betonu spřažené desky od horní příruby ocelových válcovaných nosníků I č.40 rak. a to tlakem korozních zplodin. Tato porucha je podstatná z hlediska spolupůsobení železobetonové desky a ocelových profilů jako jednoho celku s přenesením smykových napětí.

Další problematikou, která byla řešena, je zjištěné použití starších původně nýtovaných ocelových válcovaných nosníků pro spřažení. Použití starších původně nýtovaných nosníků je rizikové v tom směru, že tyto nosníky mohou být vyrobeny ze svářkového železa. Svářkové železo ale není vhodné pro svařování z důvodu možné vrstevnaté struktury vzniklé technologií výroby před rokem 1905. Také tato skutečnost vnáší nejistotu do působení a funkčnosti spřažení ocelové konstrukce se železobetonovou deskou.

TABULKA č.2: Dokumentace stavu konstrukce

popis stavu	fotodokumentace
Pohled na most zleva	

Pohled na most zprava	 A photograph showing a view of a bridge from the right side. In the foreground, there are railway tracks with gravel ballast. A yellow excavator is visible on the left side of the tracks. The bridge structure is made of stone masonry. In the background, there are trees and a clear sky. A timestamp "2023/07/25 11:00" is visible in the bottom right corner of the image.
Podhled nosné konstrukce se začouzením podhledu, které odpovídá prostoru s největším oslabením profilů korozí.	 A close-up photograph of the bridge's support structure. It shows several horizontal steel beams resting on a concrete base. The beams show signs of corrosion and wear. A timestamp "2023/07/25 11:01" is visible in the bottom right corner of the image.
Křídlo opěry 1 vpravo po odstranění lávky a základu lávky.	 A photograph showing the bridge's support structure from a side angle. A yellow excavator is working on the base of the bridge, near the tracks. The bridge is made of stone masonry. A timestamp "2023/07/25 11:02" is visible in the bottom right corner of the image.
Opěra 1a křídlo opěry 1 vlevo	 A photograph showing the bridge's support structure from a side angle. A yellow excavator is working on the base of the bridge, near the tracks. The bridge is made of stone masonry. A timestamp "2023/07/25 11:03" is visible in the bottom right corner of the image.

Opěra 2 s výkvěty posypových solí v ploše a trhlinami na rozích. Trhliny procházejí přes spáry i kameny.



Opěra 2 s křídlem opěry 2 vpravo. Na křídle je základ pro demolovanou lávku.



Křídlo opěry 2 vlevo



I profil č.40 demolované lávky. Patrné nýty původních ztužidel nebo příčníků mostu, ze kterého byly nosníky použity.



Korozní oslabením I nosníků. Nosníky opatřeny nátěrem při poslední rekonstrukci mostu.	
Stav nosníků s nepravidelným oslabením a opatřením nátěrem při poslední rekonstrukci mostu.	
Pokračující koroze nosníků. Nosníky N1.	
Oslabení nosníků v místech důlkovou korozí.	

Oslabení spodní příruby s korozními zplodinami. Nosník N1	
Korozní zplodiny tloušťky až 8mm. Spodní příruba nosníku N1 v poli	
Charakteristický stav s důlkovou korozí opatřenou PKO při poslední rekonstrukci. Stav uprostřed rozpětí.	
Stabilizované korozní oslabení nosných válcovaných I profilů č.40.	

Stabilizované korozní oslabení nosných válcovaných I nosníků č.40. Nejhorší stav právě uprostřed rozpětí.	 A close-up photograph showing the top flange of a steel I-beam where it meets a concrete support. The steel is heavily corroded, with a thick, dark, and flaky layer of rust. The concrete support is also visible, showing some surface wear. A timestamp '2025/07/24 12:13' is visible in the bottom right corner.
Korozní zplodiny prosakující z míst uložení nosníků na opěry.	 A photograph showing the underside of a concrete slab supported by a stone wall. Several vertical, brownish-orange stains are visible on the stone wall, indicating the leakage of corrosion products from the steel beams above. A timestamp '2025/07/24 12:17' is visible in the bottom right corner.
Koroze horní příruby s odtržením železobetonové desky v délce ocelového profilu. Z toho plyne omezená funkčnost spřažení desky.	 A close-up photograph of the top flange of a steel beam where it is embedded in a concrete slab. A significant portion of the concrete has been lost, exposing the steel. The remaining concrete is crumbling and discolored. A timestamp '2025/07/24 12:28' is visible in the bottom right corner.
Koroze horní příruby s odtržením železobetonové desky v délce ocelového profilu. Z toho plyne omezená funkčnost spřažení desky.	 Another close-up photograph showing a different section of the concrete slab where it meets the steel beam. Similar to the previous image, there is a large area of missing concrete, leaving the steel beam exposed. The concrete is severely deteriorated. A timestamp '2025/07/24 14:00' is visible in the bottom right corner.

Koroze horní příruby s odtržením železobetonové desky v délce ocelového profilu. Z toho plyne omezená funkčnost spřažení desky.	
Koroze horní příruby s odtržením železobetonové desky v délce ocelového profilu. Z toho plyne omezená funkčnost spřažení desky.	
Koroze horní příruby s odtržením železobetonové desky v délce ocelového profilu. Z toho plyne omezená funkčnost spřažení desky.	
Koroze dolní příruby nosníku H2 s tvorbou výrazných korozních zplodin. Korozní zplodiny hrozí pádem pod most do kolejiště.	

Koroze dolní příruby nosníku H2 s tvorbou výrazných korozních zplodin. Korozní zplodiny hrozí pádem pod most přímo do kolejiště dráhy.



Koroze v uložení nosníků N8 a H2 s tvorbou korozních zplodin.



Sonda ke spřahujícím kozlíkům přivařeným na horní přírubu I č.40



Sonda k uložení nosníku. Běžné oslabení, které v tomto detailu nemá vliv na zatížitelnost.



Endoskopické vyšetření videostopem OLYMPUS IPLEX. Zkušební místo VS1. Patrné výluhy a inkrustace solí pod deskou mezi nosníky.	 VS1 2025/07/24 08:50
Endoskopické vyšetření videostopem OLYMPUS IPLEX. Zkušební místo VS2. Patrné výluhy a inkrustace solí pod deskou mezi nosníky. Koroze s výluhy a odtržením nátěru I nosníku	 VS2 2025/07/24 10:40
Výkvěty solí na desce nejen v místech náběhů.	 2025/07/24 12:29
Výkvěty solí na desce nejen v místech náběhů. Odtržení krycí vrstvy v důsledku koroze výztuže desky. Povrchová koroze jednotlivých prutů výztuže bez výrazného oslabení.	 2025/07/25 09:43

Sonda k výztuži při spodním povrchu desky v poli. Výztuž bez koroze.	
Výkvěty solí pod nosníkem v detailu porušení nátěru úložného prahu na opěře 1 pod nosníkem N4.	
Výkvěty solí pod nosníkem v detailu porušení nátěru úložného prahu na opěře 1 pod nosníkem N6.	
Detail výrazných krystalických výkvětů chloridu sodného ve spárách zdiva opěr. Obecný stav.	

Mostní závěr (podpovrchový) nad opěrou 1 s výraznými trhlinami a opravou. Nefunkčnost mostního závěru je příčinou vzniku poruch v podobě zatékání a hromadění solí (chloridu sodného – posypová sůl) v konstrukci (betonu). To má za následek rozvoj korozních procesů.



Mostní závěr podpovrchový nad opěrou 2 s výraznými trhlinami i přes opravu. Nefunkčnost mostního závěru je příčinou vzniku poruch v podobě zatékání a hromadění solí (chloridu sodného – posypová sůl) v konstrukci (betonu). To má za následek rozvoj korozních procesů.



Dokumentace spojení vrstev ve vrtu SK1 do vozovky.



Pohled na opěru 1. Výkvěty solí v ploše.
Trhlina na pravém rohu opěry.



3.5. DALŠÍ ZJIŠTĚNÉ SKUTEČNOSTI

Jak již bylo výše uvedeno, je konstrukce mostu provedena jako spřažená s použitím starších („recyklovaných“) již jednou použitých ocelových válcovaných profilů. Podle způsobu provedení a výsledků orientačních zkoušek pevnosti oceli je učiněn předpoklad zařazení doby výstavby do období 1905 až 1950 s použitím plávkové oceli nebo oceli řady 37 po roce 1937. Pro využití spřažení je problematické to, že pro oceli z daného období nelze jednoznačně zaručit svařitelnost. Svařitelnost je možné ověřit zkouškami, je však nutné odebrání vzorků oceli, které může být i s ohledem na oslabení konstrukce komplikované.

Rozhodující z hlediska životnosti konstrukce jsou známky pokračujících průsaků na konstrukci a to jak na ploše opěr a úložných prahů, tak na podhledu desky.

Na opěrách byly zjištěny na nárožích trhliny, které procházejí přes spáry ale i přes kameny. Veškeré skutečnosti zjištěné prohlídkou jsou uvedeny v tabulce č.2.

3.6. PŘEPOČET ZATÍŽITELNOSTI

Na základě výsledků diagnostického průzkumu byl proveden statický přepočet zatížitelnosti mostu se zahrnutím všech zjištěných skutečností. Statický výpočet provedla firma VANER s.r.o., projektová kancelář. Přepočet zatížitelnosti je v této zprávě uveden jako příloha č.7.

4. ZÁVĚR

Veškeré zjištěné skutečnosti jsou uvedeny v předchozích bodech a v přílohách této zprávy č.1 až č.7.

4.1. NOSNÁ KONSTRUKCE

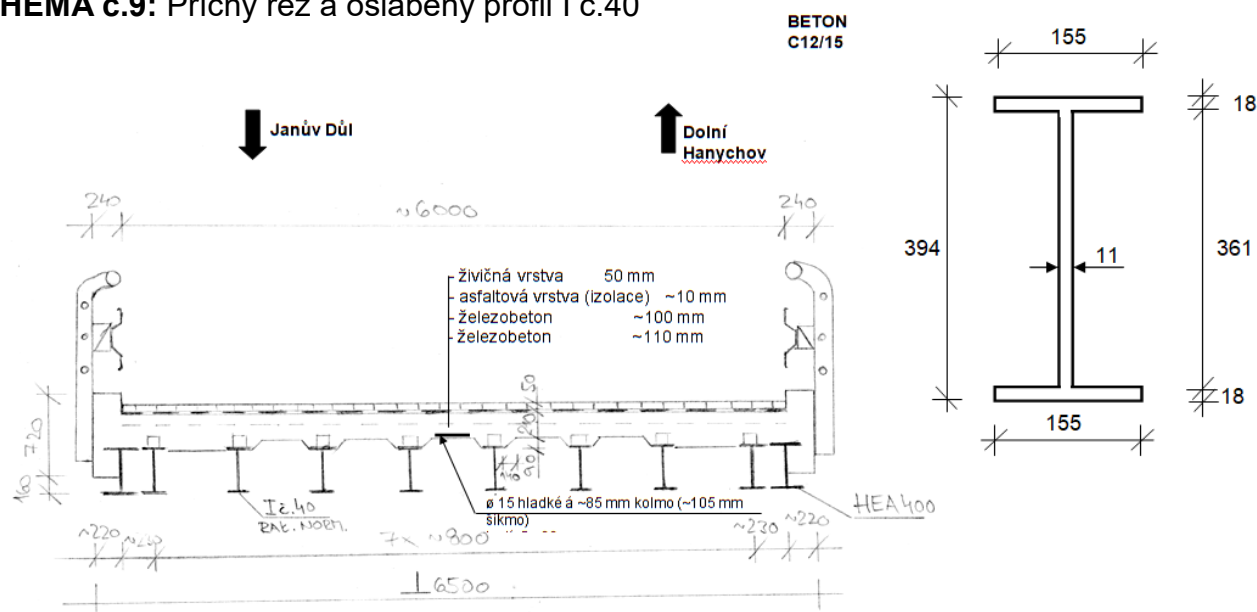
Nosná konstrukce mostu v současné době působí jako spřažená. Jedná se o železobetonovou desku spřaženou s ocelovými válcovanými nosníky I č.40 (rakouské). Také původní železobetonová deska s náběhy a tloušťkou cca 110 mm byla shora zesílena spřažením s další železobetonovou deskou tloušťky cca 100mm. Je zřejmé, že mostní objekt byl v minulosti již rekonstruován s použitím původních opěr, na které byla vytvořena spřažená konstrukce s použitím starších (již jednou použitých) ocelových válcovaných profilů z jiné konstrukce. Ocelové válcované profily I č.40 rakouské vykazují známky nýtovaných spojů původní konstrukce, do které byly

zabudovány. Ocelové nosné profily jsou výrazně oslabeny korozí. Při poslední rekonstrukci byla ocelová konstrukce opatřena novými vrstvami PKO, která v ploše zamezila rozvoji koroze. V detailech výraznějšího potékání prvků a v uložení nosníků na opěry však dochází k opětovnému rozvoji koroze. Pokračující koroze je patrná také pro horní příruby na styku s betonovou deskou, kde dochází k odtržení přírub od desky. Na podhledu desky bylo lokálně zjištěno odtržení krycích vrstev a to odhadem cca 20% plochy podhledu.

Pro přepočet zatížitelnosti bylo na základě provedených zkoušek oceli zjištěno, že pro ocelové válcované nosníky I č.40 byla použita buď plávková ocel (používaná mezi lety 1905 až 1937) nebo ocel řady 37 používaná po roce 1938. Materiálové charakteristiky těchto ocelí jsou uvedeny v tabulce č.4 této zprávy a jsou obdobné.

Pevnost betonu byla odhadnuta na základě neupřesněných nedestruktivních zkoušek Schmidovým sklerometrem. Výztuž byla zjištěna sondami a nedestruktivním měřením. Dále je ve schématu č.9 uveden příčný řez a idealizovaný průřez nosníku I č.40 po oslabení korozí.

SCHÉMA č.9: Příčný řez a oslabený profil I č.40



4.2. SKLADBA

Skladby na mostě je zdokumentována ve schématech č.8a a č.8b a v příloze č.2a a č.7. V místě sondy SK1 byla zjištěna živičná vrstva tloušťky cca 50 mm, pod kterou je hydroizolace a železobetonová spřažená deska ve dvou vrstvách na I profilech.

4.3. OBSAH CHLORIDOVÝCH IONTŮ CL⁻

Byl zjištěn extrémní obsah chloridových iontů jako důsledek dlouhodobého zatékání do konstrukcí nefunkčními detaily hydroizolačního systému mostu a detaily mostních závěrů.

4.4. HLOUBKA KARBONATACE A KOROZE VÝZTUŽE DESKY MOSTOVKY

Byla zjištěna hloubka karbonatce až 45mm, což je podstatně více než běžné krytí výztuže desky při spodním povrchu. Výztuž desky tak při spodním povrchu zasahuje do zkarbonatované vrstvy betonu. Je tak omezena nebo již nefunguje ochrana výztuže v betonu.

4.5. PŘEPOČET ZATÍŽITELNOSTI

Přepočet zatížitelnosti je uveden v příloze č.7. Je stanovena zatížitelnost pro stav, kdy nosná konstrukce působí jako spřažená konstrukce i stav, kdy konstrukce působí tak, že hlavními nosnými prvky jsou pouze korozí oslabené ocelové válcované nosníky I č.40. Z důvodu pochybnosti o plné funkčnosti spřažení byla stanovena zatížitelnost pro stav bez spřažení. Zatížitelnost byla stanovena podle následující rekapitulace dle přílohy č.7.

Výsledná zatížitelnost je tedy stanovena za předpokladu nespřažené konstrukce, kdy deska mostovky pouze přitěžuje nosník a nepodílí se na únosnosti, tedy veškeré namáhání nesou pouze nosníky. Zatížitelnost je pak jako minimální, resp. reziduální po utržení spřahujících prvků, ke kterému může dojít náhle a šířit se jako řetězová reakce. Proto nedoporučuji výslednou zatížitelnost nijak překračovat.

Zatížitelnost stávajícího mostu je stanovena dle ČSN 73 6222. Hodnoty zatížitelnosti jednotlivých typů vozidel by měly být dále redukovány součinitelem stavebního stavu v souladu s ČSN 73 6221, ale vzhledem k tomu, že do výpočtu bylo zahrnuto korozní oslabení nosníků, není součinitel aplikován. Ovšem pokud dojde k dalšímu koroznímu oslabení, je nutno součinitel aplikovat v odpovídající výši, nebo aktualizovat výpočet na skutečné korozní oslabení.

Přehled zatížitelnosti jednotlivých typů vozidel:

typ zatížení	bez redukce	α	po redukcí
normální dvounápravová vozidla	35.9	1.0	35.9
normální třínápravová vozidla	40.7	1.0	40.7
výhradní dvounápravové vozidlo	50.8	1.0	50.8
výhradní třínápravové vozidlo	58.0	1.0	58.0
výhradní šestinápravové vozidlo	92.6	1.0	92.6
vyjíměčné devítinápravové vozidlo	194.3	1.0	194.3

Zatížitelnost ve stávajícím stavu dle kritérií ČSN 73 6222:

- normální zatížitelnost 40t (rozhodují třínápravová vozidla)
- výhradní zatížitelnost 92t (rozhoduje šestinápravové vozidlo)
- vyjíměčná zatížitelnost 194t (devítinápravové vozidlo v ose mostu)
- zatížení na nápravu 26.9t (rozhoduje zadní náprava normálních dvounáprav)

Dopravní opatření:

- Dopravní značky č.B13 s hodnotou normální zatížitelnosti 40t není nutno osazovat, hodnota je vyšší než 26t. V normě již není omezení z hlediska únosnosti vozovky na 50t.
- Dodatkové tabulky E13 s hodnotou výhradní zatížitelnosti 92t není nutno osazovat, hodnota je vyšší než 48t. V normě již není omezení z hlediska únosnosti vozovky na 120t.
- Dopravní značky č.B14 s hodnotou zatížení na nápravu 26.9t není nutno osazovat, hodnota je vyšší než 11.5t.

4.6. CELKOVÉ HODNOCENÍ - NÁVRH OPATŘENÍ

Celkové hodnocení mostu vychází z již výše uvedených skutečností. Je nutno zdůraznit především následující skutečnosti:

-S ohledem na stav konstrukce vzniká podezření na omezenou funkčnost spřažení ocelových nosníků s železobetonovou deskou. Tato deska je odtržena na více místech v delších úsecích od ocelových válcovaných nosníků. Příčinou odtržení je tlak korozních zplodin korodujících horních přírub ocelových profilů na styčné ploše s betonem železobetonové desky mostovky. I při nezapočítání spřažení však ze statického výpočtu vychází hodnoty zatížitelnosti, které v současné době neomezují provoz na mostě.

-Je zjištěn extrémní obsah chloridových iontů CL^- . To je limitující z hlediska možné rekonstrukce mostu s požadavkem dosažení dostatečné další životnosti.

-Naprosto nefunkční jsou mostní závěry a to i po dílčích opravách. Stav mostních závěrů je také jednou z příčin zatékání.

-Konstrukční řešení osazení krajních nosníků HEA400 pod římsami je poněkud nepraktické z hlediska stabilizace korozních procesů mezi nosníky N1-H1 a N8-H2.

-Z hlediska železobetonové desky bylo zjištěno odtržení krycí vrstvy betonu na podhledu desky a koroze výztuže v místech s odtržením. To je dáno jednak vysokým obsahem chloridových iontů Cl^- a také tloušťkou krycí vrstvy betonu ve vztahu ke hloubce karbonatace betonu. Ocel tak již není chráněna proti korozi.

-Při hodnocení stavu konstrukce je třeba zdůraznit stav mostních závěrů s výskytem poruch v podobě trhlin a průsaků.

4.7. NÁVRH OPATŘENÍ

Návrh opatření vychází z výsledků stanovení zatížitelnosti mostu a ze zjištěného stavu konstrukcí. Příznivé je to, že v současném stavu není omezena zatížitelnost mostu a není tak třeba osazovat svislé dopravní značení k omezení zatížitelnosti.

Je ale nutno zabezpečit stabilizaci stávajícího stavu. To znamená, že je nutné zamezit dalšímu přísunu vlhkosti do konstrukcí včetně výměny mostních závěrů a provést novou protikorozní ochranu ocelových prvků konstrukce zejména v detailech uložení nosníků na opěry a nosníků N1, N2, H1 a H2 po délce. To bude obtížné v místech s nedostatečným přístupem ke konstrukci, jako jsou dutiny mezi nosníky H1-N1 a N8-H2. Pro železobetonové konstrukce je třeba provést reprofilace v místech odtržení krycí vrstvy na podhledu desek. Všechny tyto práce je třeba provádět na základě projektové dokumentace a to specializovanou firmou s použitím ucelených sanačních systémů. V rámci případné rekonstrukce je nutné provést sanaci zdiva na rozích opěr, kde se vyskytují trhliny.

Neprodleně je třeba provést odstranění všech uvolněných korozních zplodin, které hrozí pádem do kolejiště a to především pro nosník H1 a H2, kde dochází k výrazné tvorbě korozních zplodin.

Z důvodu zjištěného vysokého obsahu chloridů a tím pádem možného urychlení korozních procesů doporučujeme provádět hlavní prohlídky mostu v intervalu 1 rok tak, aby byl monitorován stav nosné konstrukce

Liberec 29.8.2025

Diagnostika stavebních konstrukcí s.r.o.

Ing. A.Hlaváček

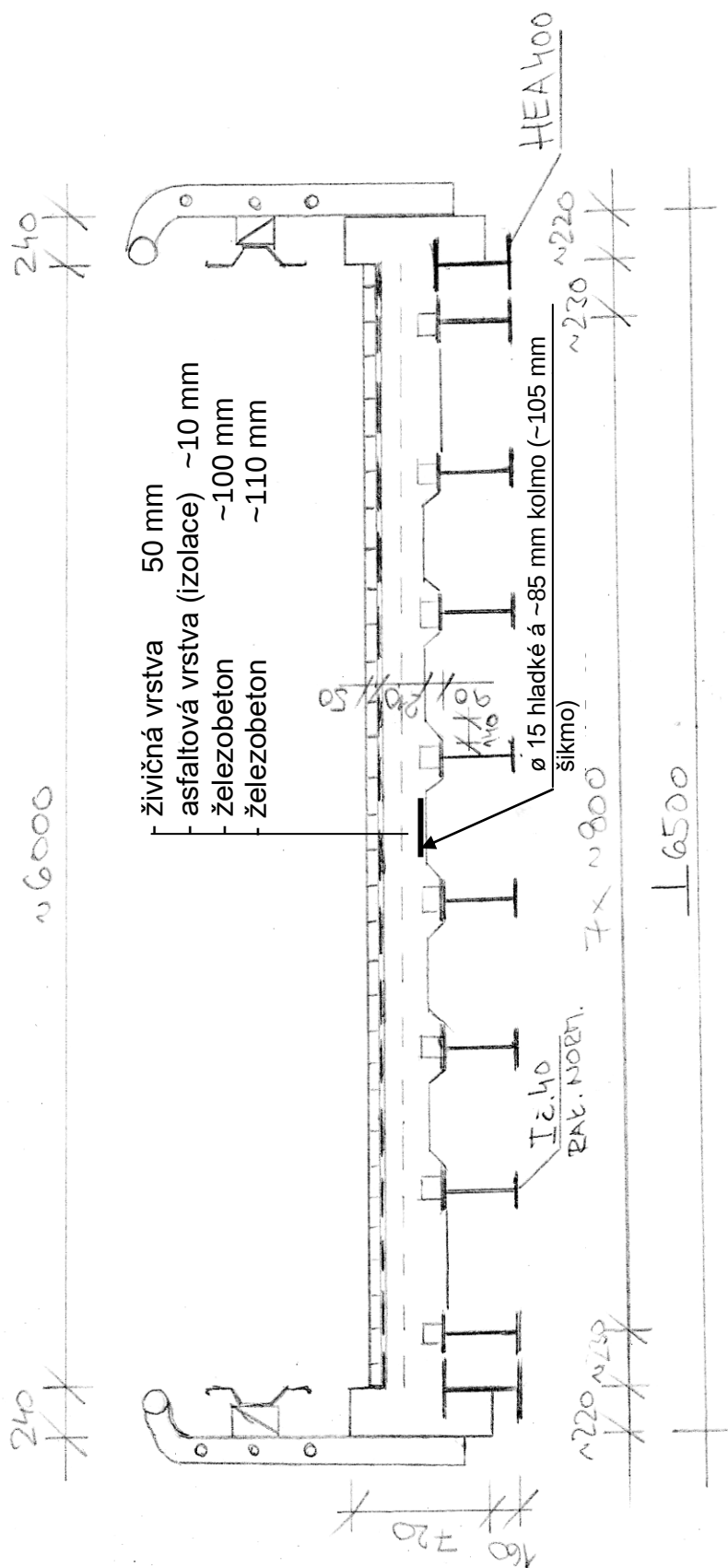
A detailed street map of a residential area in Liberec. The map shows a grid of streets including Americká, Kubelkova, Husitská, Janovodolský p., Volgogradská, Křižíkova, Krokova, Rovná, Lounská, Družstevní, Ještědská, Budějovická, Putimská, Strakonická, Daliborova, V Horkách, and V Horkách. A black circle with an arrow points to a specific location on Kubelkova street, near the intersection with Křižíkova. The map also shows various landmarks, including a church (sv. Jan Nepomucký), a school (MS), and a railway station (Liberec-Horní Růžodol). The map is oriented with North at the top.

PŘÍČNÝ ŘEZ KOLMÝ

BETON
C12/15

↑ Dolní
Hanychov

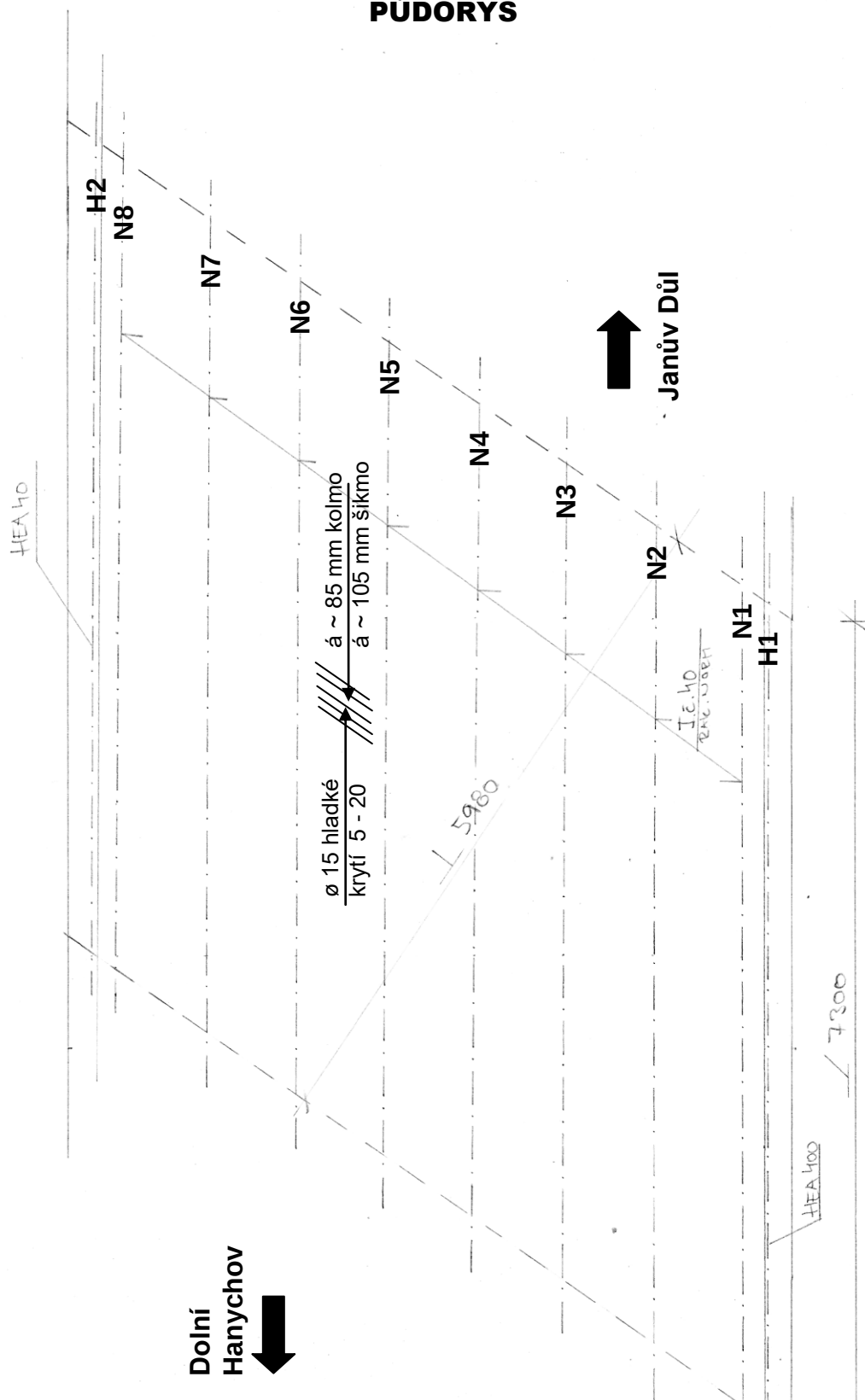
↓ Janův Důl



Pozn.: I-profilý jsou spřaženy s železobetonovou deskou. Obě betonové vrstvy jsou vyztuženy a jsou pravděpodobně spřaženy.

PŘÍLOHA č.2a

PŮDORYS



Pozn.: Výztuž desek je uložena rovnoběžně s lícem opěr. Šikmá rozteč prutů je ~ 105 mm. Kolmá rozteč prutů je ~ 85 mm.

PŘÍLOHA č.2b

OZNAČENÍ POUŽITÁ V PŘÍLOZE č.3



SK

- místa provedení jádrových vrtů – sondy do vozovky



UZ

- místa provedení nedestruktivního měření tloušťky ocelových prvků



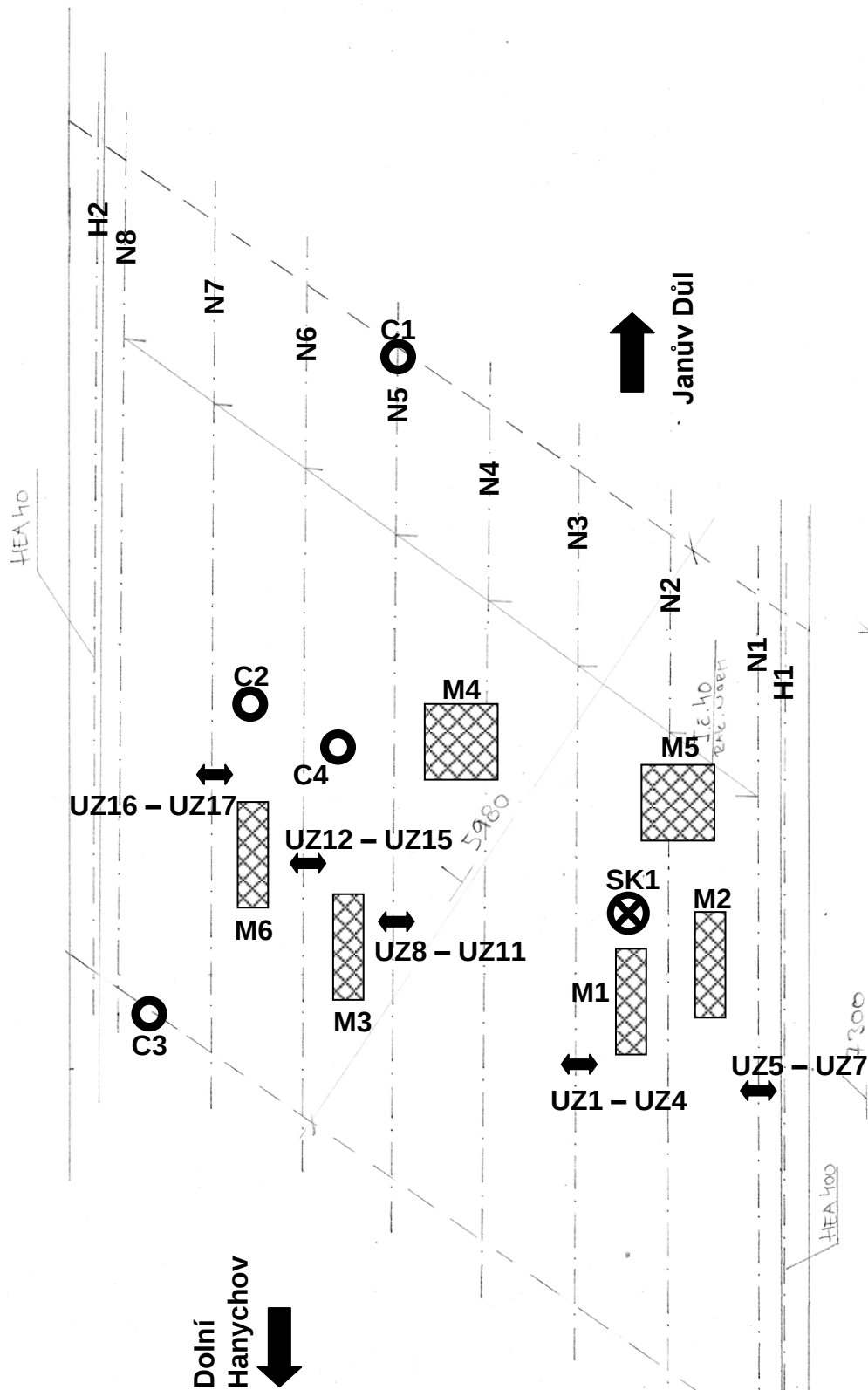
C

- místa odběru vzorků betonu ke zkoušce obsahu chloridů



- místa nedestruktivního měření metodou GPR

ZAKRESLENÍ ZKUŠEBNÍCH MÍST



OBSAH CHLORIDŮ V BETONU



Protokol o zkoušce

Zakázka	: PR2594432	Datum vystavení	: 5.8.2025
Zákazník	: Diagnostika stavebních konstrukcí s.r.o.	Laboratoř	: ALS Czech Republic, s.r.o.
Kontakt	: Ing. Arnošt Hlaváček ml.	Kontakt	: Zákaznický servis
Adresa	: Svobody 814 460 15 Liberec 15	Adresa	: Na Harfě 336/9 Praha 9 - Vysočany 190 00 Česká Republika
E-mail	: diagnostika.lb@volny.cz	E-mail	: customer.support@alsglobal.com
Telefon	: ----	Telefon	: +420 226 226 228
Projekt	: MOST LB-230 Kubelíkova, Liberec	Stránka	: 1 z 2
Číslo objednávky	: ----	Datum přijetí vzorků	: 29.7.2025
Místo odběru	: ----	Číslo nabídky	: ----
Vzorkoval	: zákazník Arnošt Hlaváček	Datum zkoušky	: 28.7.2025 - 5.8.2025
		Úroveň řízení kvality	: Standardní QC dle ALS ČR interních postupů

Poznámky

Bez písemného souhlasu laboratoře se nesmí protokol reprodukovat jinak než celý. Laboratoř není zodpovědná za údaje o vzorku dodané zákazníkem a jejich vliv na platnost výsledku.

Laboratoř prohlašuje, že výsledky zkoušek se týkají pouze vzorků, které jsou uvedeny na tomto protokolu. Pokud není na protokolu o zkoušce v části "Vzorkoval" obsaženo „ALS“, pak platí, že výsledky se vztahují ke vzorku, jak byl přijat.

Za správnost odpovídá

Zkušební laboratoř č. 1163
akreditovaná ČIA dle
ČSN EN ISO/IEC 17025:2018

Jméno oprávněné osoby

Lubomír Pokorný

Pozice

Country Manager



Společnost je certifikována dle ČSN EN ISO 14001 (Systémy environmentálního managementu) a ČSN ISO 45001 (Systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci)

Datum vystavení : 5.8.2025
 Stránka : 2 z 2
 Zakázka : PR2594432
 Zákazník : Diagnostika stavebních konstrukcí s.r.o.



Výsledky zkoušek

Matrice: STAVEBNÍ MATERIÁL				Název vzorku		C1/1		C1/2		C2/1	
				Identifikace vzorku		PR2594432001		PR2594432002		PR2594432003	
				Datum odběru/čas odběru		25.7.2025		25.7.2025		25.7.2025	
Parametr	Metoda	LOQ	Jednotka	Výsledek	NM	Výsledek	NM	Výsledek	NM	Výsledek	NM
fyzikální parametry											
sušina při 105 °C	S-DRY-GRCI	0.10	%	94.8	± 5.0%	95.9	± 5.0%	96.7	± 5.0%		
anorganické parametry											
chloridy	S-CL-TIT	40	mg/kg suš.	19600	± 10.0%	7720	± 10.0%	3280	± 10.0%		

Matrice: STAVEBNÍ MATERIÁL				Název vzorku		C2/2		C3/1		C3/2	
				Identifikace vzorku		PR2594432004		PR2594432005		PR2594432006	
				Datum odběru/čas odběru		25.7.2025		25.7.2025		25.7.2025	
Parametr	Metoda	LOQ	Jednotka	Výsledek	NM	Výsledek	NM	Výsledek	NM	Výsledek	NM
fyzikální parametry											
sušina při 105 °C	S-DRY-GRCI	0.10	%	95.6	± 5.0%	96.6	± 5.0%	95.6	± 5.0%		
anorganické parametry											
chloridy	S-CL-TIT	40	mg/kg suš.	5180	± 10.0%	2060	± 10.1%	3410	± 10.0%		

Matrice: STAVEBNÍ MATERIÁL				Název vzorku		C4/1		C4/2		----	
				Identifikace vzorku		PR2594432007		PR2594432008		----	
				Datum odběru/čas odběru		25.7.2025		25.7.2025		----	
Parametr	Metoda	LOQ	Jednotka	Výsledek	NM	Výsledek	NM	Výsledek	NM	Výsledek	NM
fyzikální parametry											
sušina při 105 °C	S-DRY-GRCI	0.10	%	98.3	± 5.0%	99.0	± 5.0%	----		----	
anorganické parametry											
chloridy	S-CL-TIT	40	mg/kg suš.	3300	± 10.0%	1510	± 10.2%	----		----	

Pokud zákazník neuvede datum odběru vzorku, laboratoř ho z procesních důvodů určí sama. Datum je pak rovno datu přijetí vzorku do laboratoře a je uvedeno v závorkách. Nejistota je rozšířená nejistota měření odpovídající 95% intervalu spolehlivosti s koeficientem rozšíření k = 2.

Vysvětlivky: LOQ = Mez stanovitelnosti; NM = Nejistota měření. NM nezahrnuje nejistotu vzorkování.

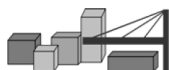
Přehled zkušebních metod

Analytické metody	Popis metody
Místo provedení zkoušky: Bendlova 1687/7 Česká Lípa Česká Republika 470 01	
S-CL-TIT	CZ_SOP_D06_07_023.B (ČSN EN 480-10) Stanovení chloridů potenciometrickou titrací a výpočet NaCl z naměřených hodnot. Stanoveny jsou jen chloridy rozpustné ve vodě.
S-DRY-GRCI	CZ_SOP_D06_01_045 (ČSN ISO 11465, ČSN EN 12880, ČSN EN 14346:2007), CZ_SOP_D06_07_046 (ČSN ISO 11465, ČSN EN 12880, ČSN EN 14346:2007, ČSN 46 5735), Stanovení sušiny gravimetricky a stanovení vlhkosti výpočtem z naměřených hodnot.
Přípravné metody	
Místo provedení zkoušky: Bendlova 1687/7 Česká Lípa Česká Republika 470 01	
S-PPHOM2	Sušení a síťování vzorků na zrnitost < 2 mm.

Symbol "" u metody značí zkoušku mimo rozsah akreditace laboratoře nebo subdodavatele. Pokud je v tabulce metod uveden kód UNICO-SUB, informuje pouze o tom, že zkoušky byly provedeny subdodavatelem a výsledky jsou uvedeny v příloze protokolu o zkoušce, včetně informace o akreditaci zkoušky. V případě, že laboratoř použila pro matrici mimo rozsah akreditace nebo nestandardní matrici vzorku postup uvedený v akreditované metodě a vydává neakreditované výsledky, je tato skutečnost uvedena na titulní straně tohoto protokolu v oddílu „Poznámky“. Jsou-li na protokolu o zkoušce výsledky subdodávky, je místo provedení zkoušky mimo laboratoře ALS Czech Republic, s.r.o.

Způsob výpočtu sumačních parametrů je k dispozici na vyžádání v zákaznickém servisu.

Konec protokolu o zkoušce



DIAGNOSTIKA STAVEBNÍCH KONSTRUKCÍ s.r.o

Svobody 814, Liberec 15, 460 15, tel. 482 750 583, fax 482 750 584, mobil 603 711 985, 724 034 307,
email: diagnostika.lb@volny.cz

NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠKY PEVNOSTI BETONU

Přístroj: Schmidtův sklerometr typu N - 34 / 112688

Objednavatel: Město Liberec

Stavba: most LB-230 Kubelíkova Liberec

Konstrukce: nosná konstrukce - monolitická železobetonová deska

Datum a čas: 24.7.2025 / 10:00 Počet zkušebních míst: 16

Součinitele: Stáří betonu: nad 360 dní

Vlhkost betonu: Suchý

$\alpha_t = 0,90$

$\alpha_w = 0,85$

Calibrační součinitel: $\alpha = 0,95$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	směr	f_{be}	$f_b = \alpha \cdot \alpha_t \cdot \alpha_w \cdot f_{be}$
1	39	40	38	39	40	41	42	43	38	↑	33,5	24,4 MPa
	31,7	33,6	29,9	31,7	33,6	35,2	37,2	39,1	29,9			
2	43	45	42	43	44	45	44	45	43	↑	40,6	29,5 MPa
	39,1	42,9	37,2	39,1	41,0	42,9	41,0	42,9	39,1			
3	42	38	39	40	38	40	41	38	-	↑	32,6	23,7 MPa
	37,2	29,9	31,7	33,6	29,9	33,6	35,2	29,9	0,0			
4	40	39	44	40	39	44	45	42	40	↑	36,2	26,3 MPa
	33,6	31,7	41,0	33,6	31,7	41,0	42,9	37,2	33,6			
5	43	44	40	41	38	40	41	43	44	↑	36,4	26,5 MPa
	39,1	41,0	33,6	35,2	29,9	33,6	35,2	39,1	41,0			
6	44	45	45	44	45	49	45	44	-	↑	43,2	31,4 MPa
	41,0	42,9	42,9	41,0	42,9	50,6	42,9	41,0	0,0			
7	40	42	41	41	40	41	43	42	-	↑	35,8	26,0 MPa
	33,6	37,2	35,2	35,2	33,6	35,2	39,1	37,2	0,0			
8	45	40	53	44	42	43	48	40	-	↑	39,4	28,7 MPa
	42,9	33,6	0,0	41,0	37,2	39,1	48,7	33,6	0,0			

Průměrná hodnota $f_{is} = 27,7$ MPa

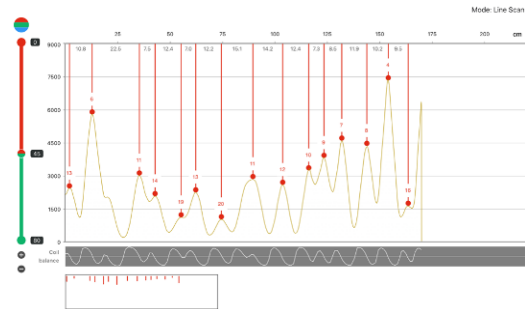
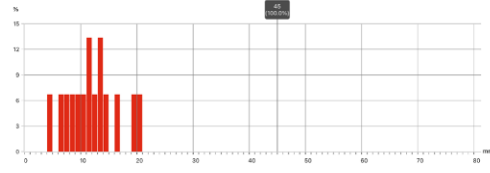
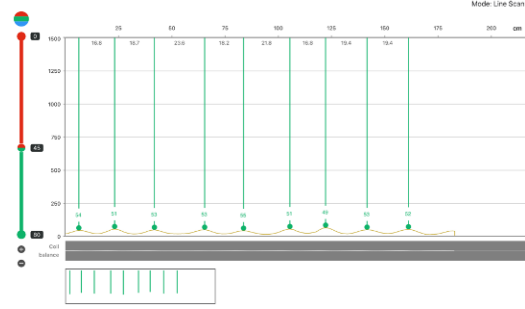
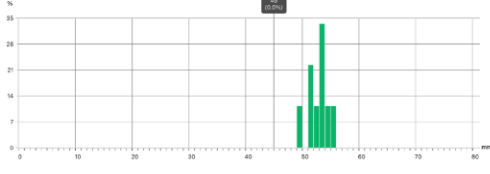
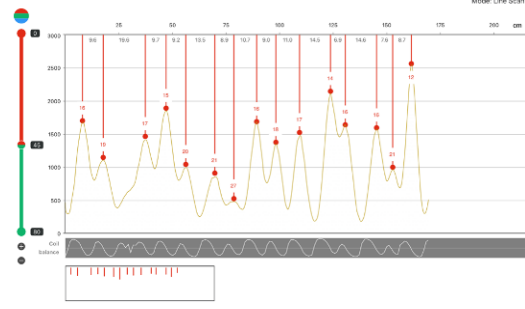
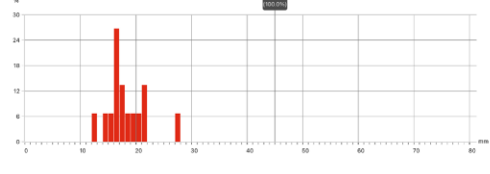
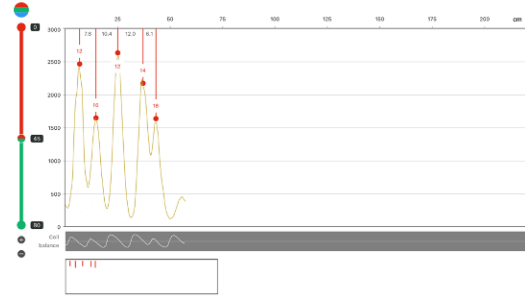
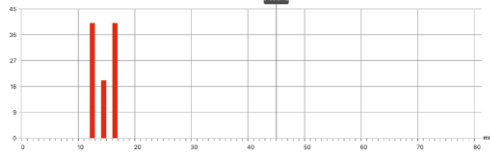
$s_x = 3,9$ MPa

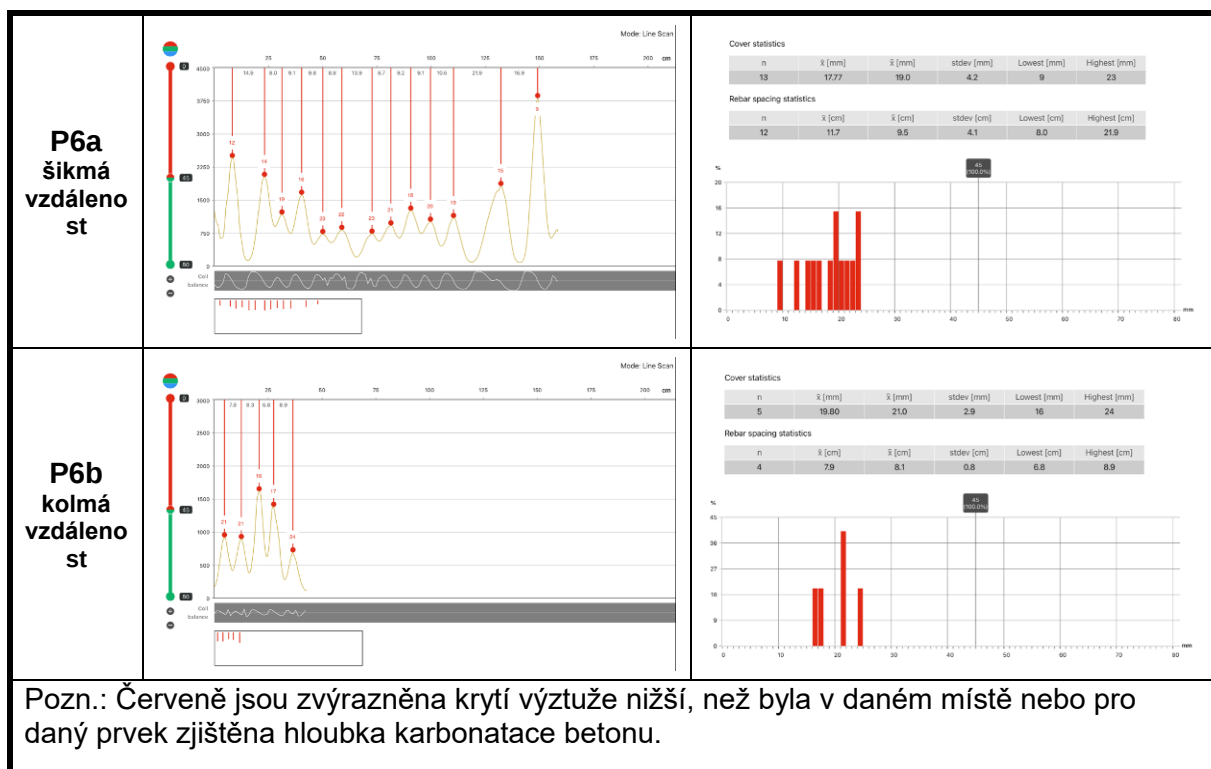
$s_r = 4,6$ MPa

$\beta_n = 1,8$ MPa

Charakteristická pevnost $f_{ck,is} = 19,3$ MPa

ZÁZNAMY Z MĚŘENÍ - KRYTÍ A ROZLOŽENÍ VÝZTUŽE

Akce:		Most LB-230 - ul. Kubelíkova přes ČD, Liberec, Dolní Hanychov																									
Datum:		24. - 25.7.2025	přístroj: Profometer PM8000 - PROCEQ s.n.: PM80-003-0707																								
Poloha měření:		poloha dle schémat č.6 a č.7 v přílohách č.3																									
Měření provedel:		Ing. Arnošt Hlaváček ml.																									
zk. místo	Záznam měření		statistika krytí a vzdálenosti profilů																								
P1 šikmá vzdáleno st			Cover statistics <table><tr><th>n</th><th>$\bar{x}$ [mm]</th><th>$\bar{s}$ [mm]</th><th>stdev [mm]</th><th>Lowest [mm]</th><th>Highest [mm]</th></tr><tr><td>15</td><td>11.53</td><td>11.0</td><td>4.4</td><td>4</td><td>20</td></tr></table> Rebar spacing statistics <table><tr><th>n</th><th>$\bar{x}$ [cm]</th><th>$\bar{s}$ [cm]</th><th>stdev [cm]</th><th>Lowest [cm]</th><th>Highest [cm]</th></tr><tr><td>14</td><td>11.5</td><td>11.4</td><td>3.9</td><td>7.0</td><td>22.5</td></tr></table> 	n	$\bar{x}$ [mm]	$\bar{s}$ [mm]	stdev [mm]	Lowest [mm]	Highest [mm]	15	11.53	11.0	4.4	4	20	n	$\bar{x}$ [cm]	$\bar{s}$ [cm]	stdev [cm]	Lowest [cm]	Highest [cm]	14	11.5	11.4	3.9	7.0	22.5
n	$\bar{x}$ [mm]	$\bar{s}$ [mm]	stdev [mm]	Lowest [mm]	Highest [mm]																						
15	11.53	11.0	4.4	4	20																						
n	$\bar{x}$ [cm]	$\bar{s}$ [cm]	stdev [cm]	Lowest [cm]	Highest [cm]																						
14	11.5	11.4	3.9	7.0	22.5																						
P2 šikmá vzdáleno st			Cover statistics <table><tr><th>n</th><th>$\bar{x}$ [mm]</th><th>$\bar{s}$ [mm]</th><th>stdev [mm]</th><th>Lowest [mm]</th><th>Highest [mm]</th></tr><tr><td>9</td><td>52.33</td><td>53.0</td><td>1.7</td><td>49</td><td>55</td></tr></table> Rebar spacing statistics <table><tr><th>n</th><th>$\bar{x}$ [cm]</th><th>$\bar{s}$ [cm]</th><th>stdev [cm]</th><th>Lowest [cm]</th><th>Highest [cm]</th></tr><tr><td>8</td><td>19.3</td><td>19.0</td><td>2.2</td><td>16.8</td><td>23.6</td></tr></table> 	n	$\bar{x}$ [mm]	$\bar{s}$ [mm]	stdev [mm]	Lowest [mm]	Highest [mm]	9	52.33	53.0	1.7	49	55	n	$\bar{x}$ [cm]	$\bar{s}$ [cm]	stdev [cm]	Lowest [cm]	Highest [cm]	8	19.3	19.0	2.2	16.8	23.6
n	$\bar{x}$ [mm]	$\bar{s}$ [mm]	stdev [mm]	Lowest [mm]	Highest [mm]																						
9	52.33	53.0	1.7	49	55																						
n	$\bar{x}$ [cm]	$\bar{s}$ [cm]	stdev [cm]	Lowest [cm]	Highest [cm]																						
8	19.3	19.0	2.2	16.8	23.6																						
P3a šikmá vzdáleno st			Cover statistics <table><tr><th>n</th><th>$\bar{x}$ [mm]</th><th>$\bar{s}$ [mm]</th><th>stdev [mm]</th><th>Lowest [mm]</th><th>Highest [mm]</th></tr><tr><td>15</td><td>17.67</td><td>17.0</td><td>3.5</td><td>12</td><td>27</td></tr></table> Rebar spacing statistics <table><tr><th>n</th><th>$\bar{x}$ [cm]</th><th>$\bar{s}$ [cm]</th><th>stdev [cm]</th><th>Lowest [cm]</th><th>Highest [cm]</th></tr><tr><td>14</td><td>11.0</td><td>9.7</td><td>3.3</td><td>6.9</td><td>19.6</td></tr></table> 	n	$\bar{x}$ [mm]	$\bar{s}$ [mm]	stdev [mm]	Lowest [mm]	Highest [mm]	15	17.67	17.0	3.5	12	27	n	$\bar{x}$ [cm]	$\bar{s}$ [cm]	stdev [cm]	Lowest [cm]	Highest [cm]	14	11.0	9.7	3.3	6.9	19.6
n	$\bar{x}$ [mm]	$\bar{s}$ [mm]	stdev [mm]	Lowest [mm]	Highest [mm]																						
15	17.67	17.0	3.5	12	27																						
n	$\bar{x}$ [cm]	$\bar{s}$ [cm]	stdev [cm]	Lowest [cm]	Highest [cm]																						
14	11.0	9.7	3.3	6.9	19.6																						
P3b kolmá vzdáleno st			Cover statistics <table><tr><th>n</th><th>$\bar{x}$ [mm]</th><th>$\bar{s}$ [mm]</th><th>stdev [mm]</th><th>Lowest [mm]</th><th>Highest [mm]</th></tr><tr><td>5</td><td>14.00</td><td>14.0</td><td>1.8</td><td>12</td><td>16</td></tr></table> Rebar spacing statistics <table><tr><th>n</th><th>$\bar{x}$ [cm]</th><th>$\bar{s}$ [cm]</th><th>stdev [cm]</th><th>Lowest [cm]</th><th>Highest [cm]</th></tr><tr><td>4</td><td>9.1</td><td>9.1</td><td>2.3</td><td>6.1</td><td>12.0</td></tr></table> 	n	$\bar{x}$ [mm]	$\bar{s}$ [mm]	stdev [mm]	Lowest [mm]	Highest [mm]	5	14.00	14.0	1.8	12	16	n	$\bar{x}$ [cm]	$\bar{s}$ [cm]	stdev [cm]	Lowest [cm]	Highest [cm]	4	9.1	9.1	2.3	6.1	12.0
n	$\bar{x}$ [mm]	$\bar{s}$ [mm]	stdev [mm]	Lowest [mm]	Highest [mm]																						
5	14.00	14.0	1.8	12	16																						
n	$\bar{x}$ [cm]	$\bar{s}$ [cm]	stdev [cm]	Lowest [cm]	Highest [cm]																						
4	9.1	9.1	2.3	6.1	12.0																						



STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI



LB-230 Kubelíkova - most přes železniční trať

VANER PROJEKTOVÁ KANCELAR	vypracoval	ING. T. HUMPAL		investor	Město Liberec
	zodp. projektant	ING. T. HUMPAL		zak. číslo	25-08-050
	techn. kontrola	ING. J. VANER		datum	08/2025
	akce:			stupeň	ZAT
	Mosty ve správě města Liberec			měřitko	
V Horkách 101/1 460 07 Liberec 9 tel. 485 152 532	příloha:	Statický výpočet zatížitelnosti		č. přílohy:	paré:
				-	

PŘÍLOHA č.7

Statický výpočet zatížitelnosti

Obsah:

1. ÚVOD	2
1.1. VŠEOBECNĚ	2
1.2. POPIS KONSTRUKCE	2
1.3. PŘEDPOKLADY VÝPOČTU	2
1.3.1. Obecné předpoklady výpočtu	2
2. GEOMETRIE	2
2.1. TVAR KONSTRUKCE	3
2.2. MODEL NOSNÉ KONSTRUKCE	5
3. ZATÍŽENÍ KONSTRUKCE	8
3.1. STÁLÉ ZATÍŽENÍ	8
3.1.1. Vlastní tíha nosné konstrukce	8
3.1.2. Ostatní stálá zatížení	8
3.2. NAHODILÁ ZATÍŽENÍ	8
3.2.1. Zatížení pro stanovení zatížitelnosti	8
4. SESTAVENÉ ZATĚŽOVACÍ STAVY	10
5. VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL	14
5.1. VÝPOČET NAMÁHÁNÍ NOSNÍKŮ PŘED SPŘAŽENÍM	14
5.2. VÝPOČET NAMÁHÁNÍ DESKY MOSTOVKY	14
5.3. PRŮBĚH VNITŘNÍCH SIL NA SPŘAŽENÉ KONSTRUKCI	15
5.3.1. Rekapitulace vnitřních sil na spřažené konstrukci	17
5.3.1.1. Napětí v oceli na spřažené konstrukci	17
5.3.1.2. Celkové ohybové momenty na spřažené konstrukci	17
5.3.1.3. Prostý nosník před spřažením	18
5.3.1.4. Deska mostovky	18
5.4. ZATÍŽITELNOST	18
5.4.1. Únosnost profilů	18
5.4.2. Zatížitelnost normovými vozidly	19
6. ZÁVĚR	21

1. Úvod

1.1. Všeobecně

Jedná se o most ev.č.LB-230 v Liberci v ulici Kubelíkova. Most převádí místní komunikaci přes železniční trať.

1.2. Popis konstrukce

Nový most o jednom šikmém poli na kamenných opěrách je charakteru spřažené ocelobetonové konstrukce. Původní konstrukce z 8 nosníků Ič.40 rakouské normy osově po 800mm spřažené s deskou mostovky tl.210-300mm (náběhy nad nosníky) vyla v minulosti rozšířena o nosník HEA400 na každé straně s dobudováním římsového čela. Šikmá světlost mostu je 7.3m, kolmá 5.96m, šikmost levá 55°. Kolmá šířka mostu je 6.5m. Ke krajním betonovým římsovým čelům je z boku kotveno zábradelní svodidlo.

1.3. Předpoklady výpočtu

1.3.1. Obecné předpoklady výpočtu

Předpokládá se betonáž desky mostovky do zavěšeného bednění, bez provizorního podepření nosníků.

Rozhodující prvek je nosná konstrukce. Dimenze profilů a desky přitom vychází z diagnostického průzkumu, který prokázal spřažení, ale ne jeho množství, tedy nelze posoudit. Rovněž neprokázal spřažení původní desky s novou nadbetonávkou, tedy také nelze zahrnout do nosného profilu.

V případě dostatečné únosnosti lze předpokládat, že konstrukce byla navržena bez spřažení a spřažení je pouze konstruktivní. Tomu napovídá i způsob spřažení pomocí T-profilů navařených na horní pásnici. Ale vzhledem k reálné možnosti použití plávkové nebo recyklované oceli obtížně svařitelné, není spřažení zaručeno, a s ohledem na separaci nosníků od desky uprostřed rozpětí (informace diagnostiků) pravděpodobně již došlo k utržení T-profilu ve svaru. Proto je výpočet proveden nejen za předpokladu plného spřažení, ale i bez spřažení přisouzením nosné funkce pouze nosníkům. A to je provedeno jak pro korozi neoslabené nosníky, tak pro oslabené.

Rozhodující namáhání jsou ohybové momenty, resp. normálové napětí. Smyková únosnost je mnohem vyšší.

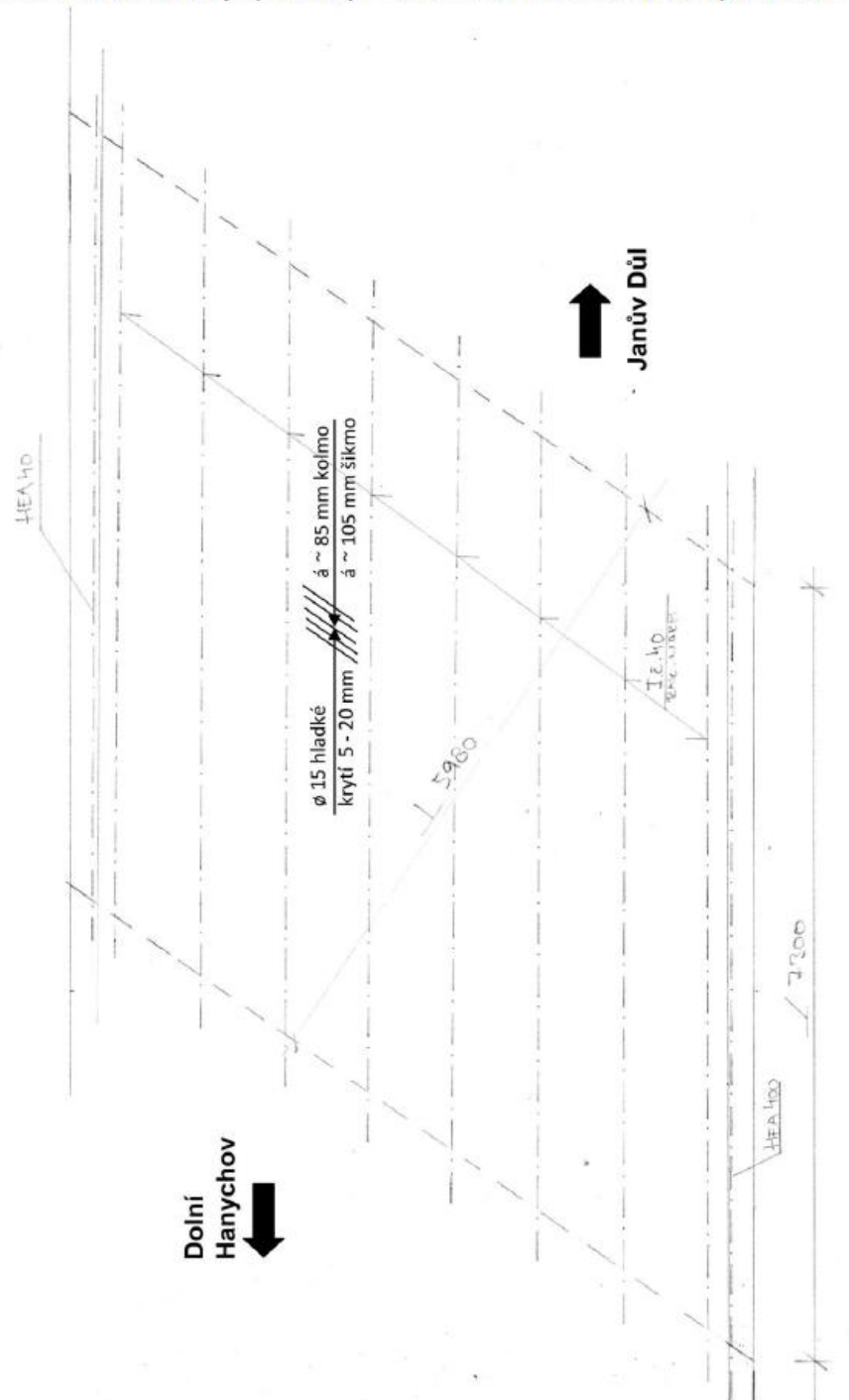
Zatížitelnost je stanovena dle normy pro stanovení zatížitelnosti ČSN 73 6222 pro reálná vozidla.

2. Geometrie

Tvar a základní rozměry mostu jsou patrné z příložených schémat. Vstupní údaje a údaje o modelu jsou s ohledem na množství dat uvedeny pouze základní, kompletní vstupy jsou archivovány u zpracovatele statického výpočtu. Model nosné konstrukce je zvolen jako prostě uložená šikmá deska se žebry.

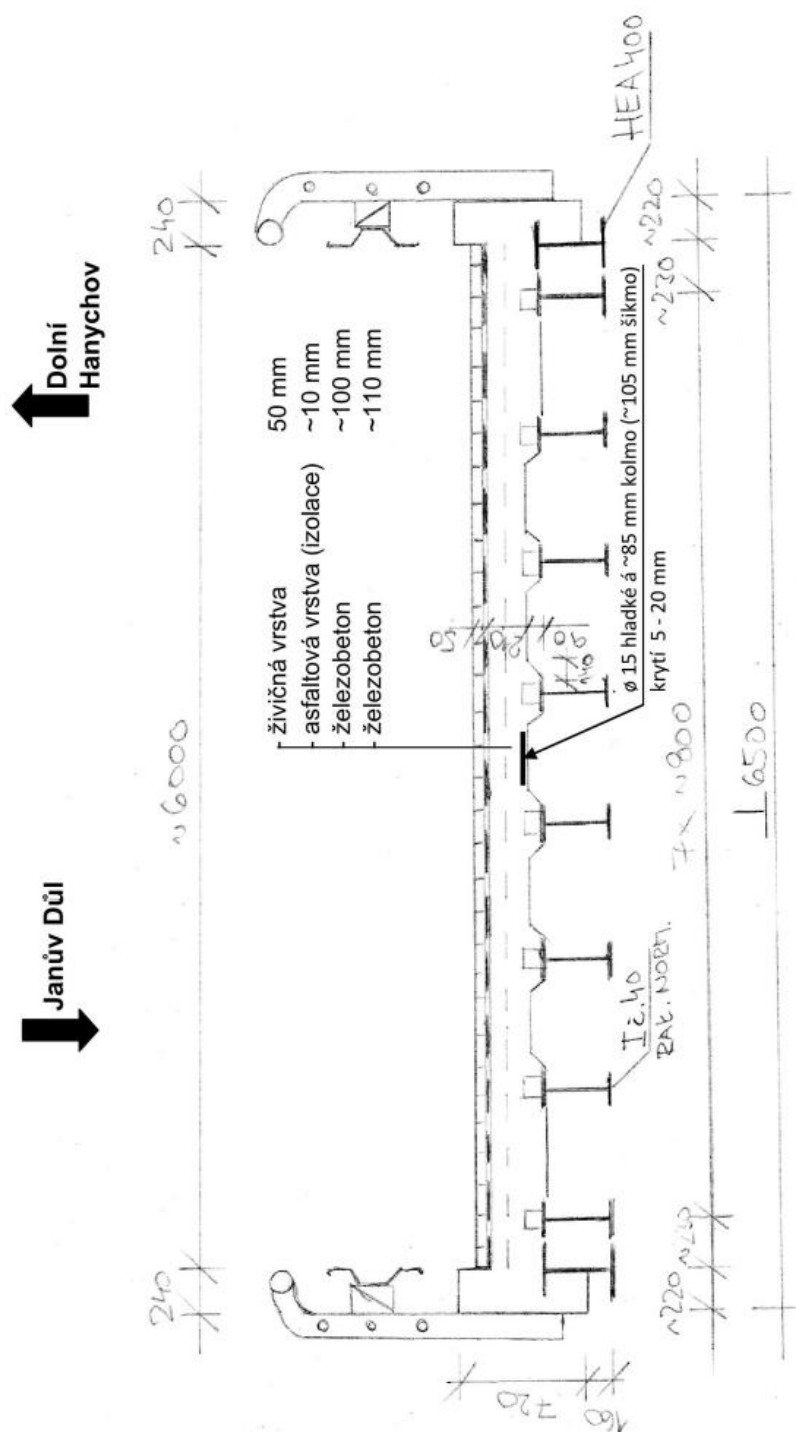
2.1. Tvar konstrukce

Tvar mostní konstrukce je převzatý z dokumentace skutečného provedení.



Pozn.: Výztuž desek je uložena rovnoběžně s lícem opěr. Šikmá rozteč prutů je ~ 105 mm. Kolmá rozteč prutů je ~ 85 mm.

BETON
C12/15

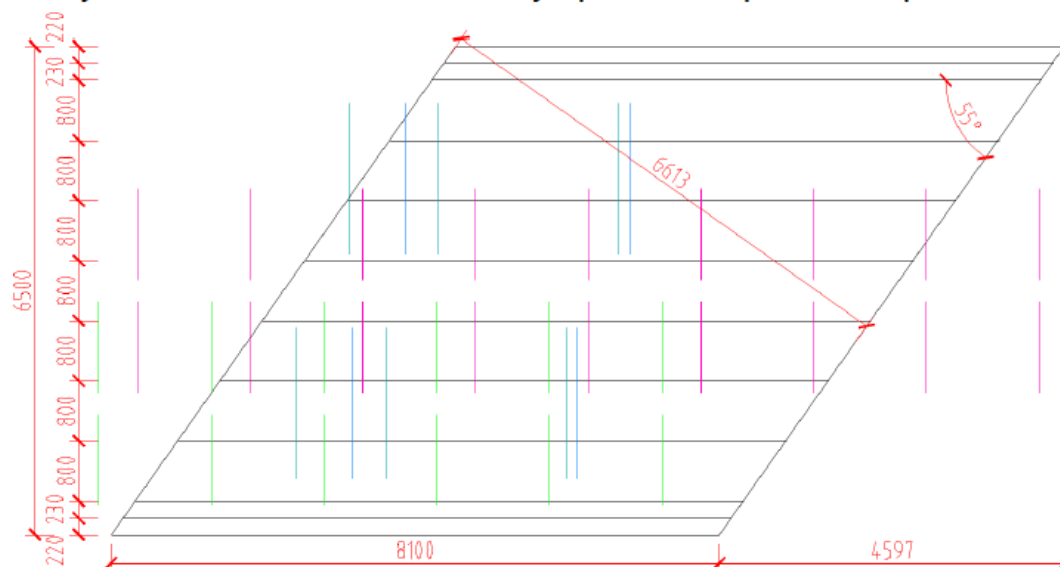


Pozn.: I-profilý jsou spřaženy s železobetonovou deskou. Obě betonové vrstvy jsou vyztuženy a jsou pravděpodobně spřaženy.

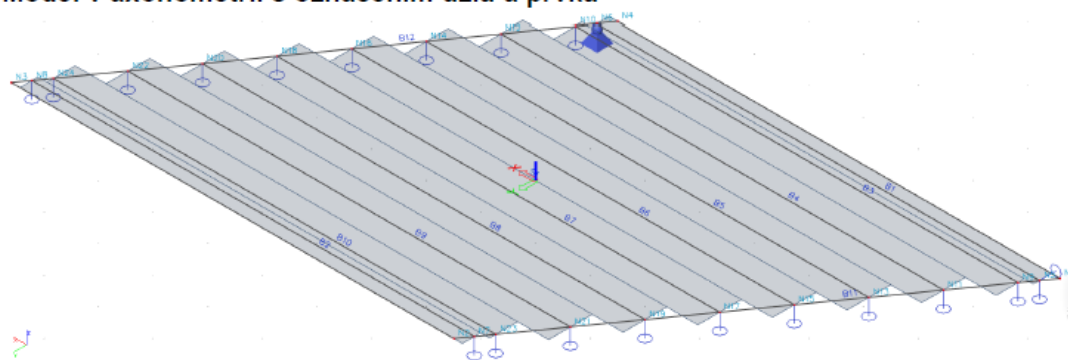
2.2. Model nosné konstrukce

Model nosné konstrukce je zvolen jako prostě uložená šikmá deska se žebry. Model je přiložen formou výpisu a schémat z použitého výpočetního programu.

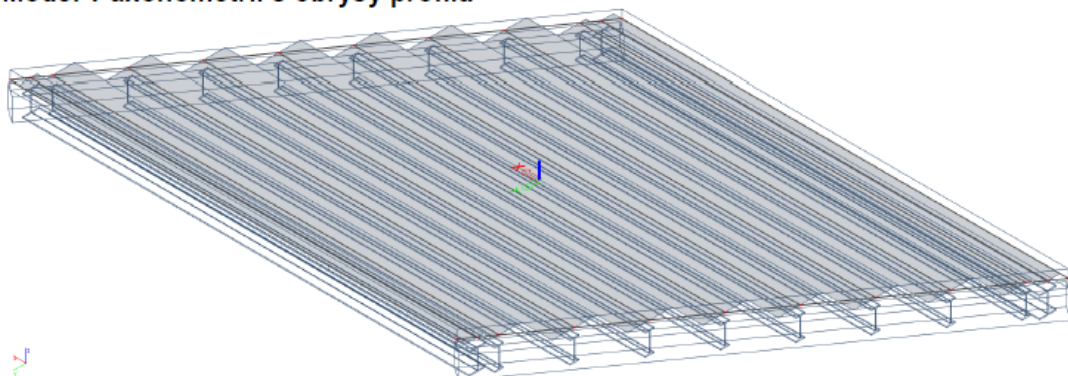
Půdorysné schéma se základními rozměry s počátečními polohami náprav



Model v axonometrii s označením uzlů a prvků



Model v axonometrii s obrysy profilů



	Akce: Mosty ve správě města Liberec Objekt: LB-230 Kubelíkova – most přes železniční trať	str.6 Statický výpočet zatížitelnosti
---	--	--

1. Projekt

Uživatel licence	humpal@vaner.cz
Projekt	LB-230 Kubelíkova most přes trať
Část	nosná konstrukce
Popis	spřažená ocelobetonová konstrukce
Autor	Ing.T.Humpal
Datum	14. 08. 2025
Konstrukce	Obecná XYZ
Poč. uzlů :	24
Poč. prutů :	12
Poč. ploch :	1
Poč. těles :	0
Poč. průřezů :	3
Poč. zat. stavů :	40
Poč. materiálů :	2
Tíhové zrychlení [m/s ²]	9,810
Národní norma	EC - EN

2. Materiály

Ocel EC3

Jméno	ρ [kg/m ³]	E_{mod} [MPa]	μ	Dolní mez [mm]	Horní mez [mm]	F_y [MPa]	F_u [MPa]	Barva
		G_{mod} [MPa]	α [m/mK]					
S 235	7850,0	2,1000e+05	0,3	0	40	235,0	360,0	
		8,0769e+04	0,00	40	80	215,0	360,0	

Jméno	Typ	ρ [kg/m ³]	Hustota v čerstvém stavu [kg/m ³]	E_{mod} [MPa]	μ	α [m/mK]	$f_{ck,28}$ [MPa]	Barva
C12/15	Beton	2500,0	2600,0	2,7100e+04	0,2	0,00	12,00	

3. Uzly

Jméno	Souř. X [m]	Souř. Y [m]	Souř. Z [m]	Jméno	Souř. X [m]	Souř. Y [m]	Souř. Z [m]	Jméno	Souř. X [m]	Souř. Y [m]	Souř. Z [m]
N1	-6,349	-3,250	0,000	N9	-6,030	-2,800	0,000	N17	-3,767	0,400	0,000
N2	-1,751	3,250	0,000	N10	2,070	-2,800	0,000	N18	4,333	0,400	0,000
N3	6,349	3,250	0,000	N11	-5,465	-2,000	0,000	N19	-3,201	1,200	0,000
N4	1,751	-3,250	0,000	N12	2,635	-2,000	0,000	N20	4,899	1,200	0,000
N5	-6,193	-3,030	0,000	N13	-4,899	-1,200	0,000	N21	-2,635	2,000	0,000
N6	1,907	-3,030	0,000	N14	3,201	-1,200	0,000	N22	5,465	2,000	0,000
N7	-1,907	3,030	0,000	N15	-4,333	-0,400	0,000	N23	-2,070	2,800	0,000
N8	6,193	3,030	0,000	N16	3,767	-0,400	0,000	N24	6,030	2,800	0,000

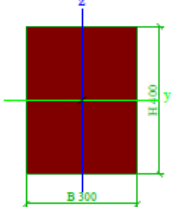
4. Prvky

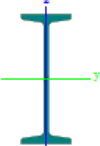
Jméno	Průřez	Materiál	Délka [m]	Poč. uzel	Konc. uzel	Typ
B1	CS2 - HEA400	S 235	8,100	N5	N6	žebro desky (92)
B2	CS2 - HEA400	S 235	8,100	N7	N8	žebro desky (92)
B3	CS3 - I400	S 235	8,100	N9	N10	žebro desky (92)
B4	CS3 - I400	S 235	8,100	N11	N12	žebro desky (92)
B5	CS3 - I400	S 235	8,100	N13	N14	žebro desky (92)
B6	CS3 - I400	S 235	8,100	N15	N16	žebro desky (92)
B7	CS3 - I400	S 235	8,100	N17	N18	žebro desky (92)
B8	CS3 - I400	S 235	8,100	N19	N20	žebro desky (92)
B9	CS3 - I400	S 235	8,100	N21	N22	žebro desky (92)
B10	CS3 - I400	S 235	8,100	N23	N24	žebro desky (92)
B11	CS1 - Obdélník (400; 300)	C12/15	7,961	N1	N2	žebro desky (92)
B12	CS1 - Obdélník (400; 300)	C12/15	7,961	N4	N3	žebro desky (92)

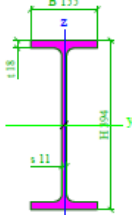
5. Plochy

Jméno	Vrstva	Typ	Typ prvku	Materiál	Typ tloušťky	Tl. [mm]
S1	Vrstva1	deska (90)	Standard	C12/15	konstantní	300

6. Průřezy

CS1		
Typ	Obdélník	
Detailní	400; 300	
Typ tvaru	Tlustostěnný	
Materiál	C12/15	
Výroba	beton	
Barva		
A [m²]	1,2000e-01	
A _y [m²], A _z [m²]	1,0000e-01	1,0000e-01
A _c [m²/m], A _b [m²/m]	1,4000e+00	1,4000e+00
C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm]	150	200
α [deg]	0,00	
I _y [m⁴], I _z [m⁴]	1,6000e-03	9,0000e-04
i _y [mm], i _z [mm]	115	87
W _{el,y} [m³], W _{el,z} [m³]	8,0000e-03	6,0000e-03
W _{pl,y} [m³], W _{pl,z} [m³]	0,0000e+00	0,0000e+00
M _{pl,y+} [Nm], M _{pl,y-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
M _{pl,z+} [Nm], M _{pl,z-} [Nm]	0,00e+00	0,00e+00
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m⁴], I _w [m⁶]	1,9498e-03	0,0000e+00
β _y [mm], β _z [mm]	0	0
Obrázek		

CS3		
Typ	I400	
Kód tvaru	1 - I průřez	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 235	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	b
A [m²]	1,1800e-02	
A _y [m²], A _z [m²]	7,2281e-03	5,7518e-03
A _c [m²/m], A _b [m²/m]	1,3200e+00	1,3261e+00
C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm]	78	200
α [deg]	0,00	
I _y [m⁴], I _z [m⁴]	2,9210e-04	1,1600e-05
i _y [mm], i _z [mm]	157	31
W _{el,y} [m³], W _{el,z} [m³]	1,4600e-03	1,4900e-04
W _{pl,y} [m³], W _{pl,z} [m³]	1,7122e-03	2,5400e-04
M _{pl,y+} [Nm], M _{pl,y-} [Nm]	4,02e+05	4,02e+05
M _{pl,z+} [Nm], M _{pl,z-} [Nm]	5,96e+04	5,96e+04
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m⁴], I _w [m⁶]	1,7000e-06	4,7989e-07
β _y [mm], β _z [mm]	0	0
Obrázek		

CS4		
Typ	I	
Detailní	394; 155; 18; 11; 18	
Kód tvaru	1 - I průřez	
Typ tvaru	Tenkostěnný	
Materiál	S 235	
Výroba	válcovaný	
Barva		
Posudek rovinného vzpěru y-y, Posudek rovinného vzpěru z-z	a	b
A [m²]	9,8013e-03	
A _y [m²], A _z [m²]	5,8905e-03	4,3486e-03
A _c [m²/m], A _b [m²/m]	1,3550e+00	1,3550e+00
C _{y,UCS} [mm], C _{z,UCS} [mm]	78	197
α [deg]	0,00	
I _y [m⁴], I _z [m⁴]	2,4810e-04	1,1241e-05
i _y [mm], i _z [mm]	159	34
W _{el,y} [m³], W _{el,z} [m³]	1,2594e-03	1,4504e-04
W _{pl,y} [m³], W _{pl,z} [m³]	1,4510e-03	2,2976e-04
M _{pl,y+} [Nm], M _{pl,y-} [Nm]	3,41e+05	3,41e+05
M _{pl,z+} [Nm], M _{pl,z-} [Nm]	5,40e+04	5,40e+04
d _y [mm], d _z [mm]	0	0
I _t [m⁴], I _w [m⁶]	9,0748e-07	3,9485e-07
β _y [mm], β _z [mm]	0	0
Obrázek		

3. Zatížení konstrukce

3.1. Stálé zatížení

3.1.1. Vlastní tíha nosné konstrukce

Zatížení vlastní tíhou nosné konstrukce je v programu vygenerováno ze zadaných průřezových a materiálových charakteristik z databanky programu zadáním gravitačního zrychlení. Pro ruční výpočet konstrukce před spřažením je vlastní tíha uvažována následovně:

$$q_{\text{deska mostovky tl.300}} = 0.3 \cdot 25 = 7.5 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{IČ40} = 0.923 \text{ kN/m}$$

$$q_{HEA 400} = 1.25 \text{ kN/m}$$

3.1.2. Ostatní stálá zatížení

Zatížení jsou definována následovně.

$$q_{\text{vozovky}} = 0.05 \cdot 25 = 1.25 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{chodníková část římsy}} = (0.25 + 0.12) \cdot 25 = 9.25 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\text{zábradelní svodidlo}} = 2.0 \text{ kN/m}$$

3.2. Nahodilá zatížení

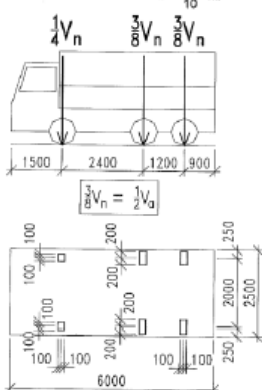
3.2.1. Zatížení pro stanovení zatížitelnosti

Zatížení je sestaveno podle ČSN 73 6222 pro zatížení normální (dvounápravovými vozidly 32t v každém jízdním pruhu, třínápravovými vozidly 32t v každém jízdním pruhu, výhradní (dvounápravovým vozidlem 32t, třínápravovým vozidlem 32t a šestinápravovým vozidlem 120t) a vyjimečné (devitinápravovým vozidlem 180t). Normální a výhradní zatížení je osazeno u kraje nosné konstrukce, vyjimečné zatížení je uvažováno v ose mostu. Pro vystižení extrémů vnitřních sil je simulován pojezd po 0.5m.

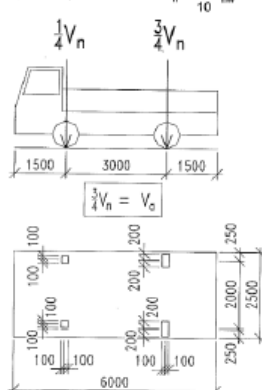
ČSN 73 6222

Rozměry v mm

a) třínápravové vozidlo $V_n = \frac{1}{10} V_{rw} \geq 16 \text{ t}$



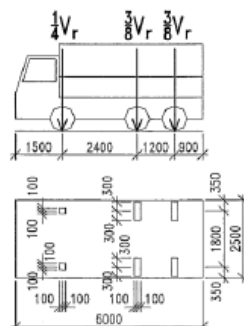
b) dvounápravové vozidlo $V_n = \frac{1}{10} V_{rw} < 16 \text{ t}$



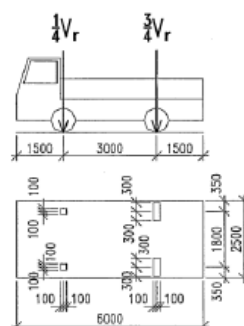
POZNÁMKA Zatížení přední nápravy vozidla $\frac{1}{4} V_{rw}$ je nahrazeno ekvivalentním rovnoměrným zatížením v příslušném zatěžovacím pruhu (2,5 v_n v zatěžovacím pruhu č. 1 a č. 2, resp. v_n v zatěžovacím pruhu č. 3 a č. 4)

Obrázek 7.2 – Schémata vozidel pro stanovení normální zatížitelnosti V_n

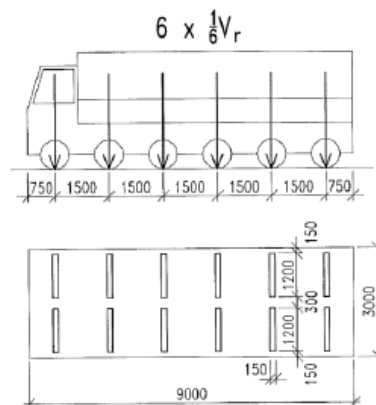
a) třinápravové vozidlo $V_r = \frac{1}{10} V_{rn} \geq 16 \text{ t}$



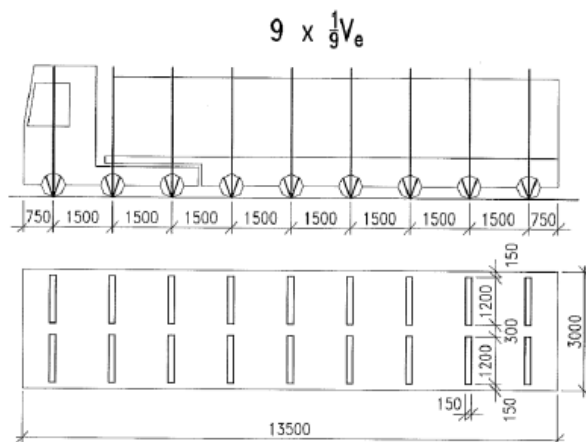
b) dvouápravové vozidlo $V_r = \frac{1}{10} V_{rn} < 16 \text{ t}$



Obrázek 7.4 – Schéma dvouápravového a třinápravového vozidla pro stanovení výhradní zatížitelnosti V_r



Obrázek 7.3 – Schéma šestnápravového vozidla pro stanovení výhradní zatížitelnosti V_r



Obrázek 7.5 – Schéma zvláštní soupravy pro stanovení výjimečné zatížitelnosti V_e

Roznos sil kolových tlaků pro zatížení výhradní šestnápravou a výjimečnou devítinápravou je proveden následovně:

$$q_{Vr6N} = q_{Ve9N} = \frac{720}{6 \cdot 2 \cdot 1.2} = 50 \text{ kN/m}$$

Dynamický součinitel je uvažován hodnotou $\delta=1.25$ pro normální a výhradní zatížení, pro výjimečné zatížení uvažují $\delta=1.05$.

	Akce: Mosty ve správě města Liberec Objekt: LB-230 Kubelikova - most přes železniční trať	str.10 Statický výpočet zatížitelnosti
---	--	---

4. Sestavené zatěžovací stavy

Rekapitulace sestavených zatěžovacích stavů je uvedena formou výpisu z použitého programu. Dále jsou přiložena schémata rozhodujících zatěžovacích stavů. Jedná se o stálá zatížení a počátky simulace pojezdu po 0.5m.

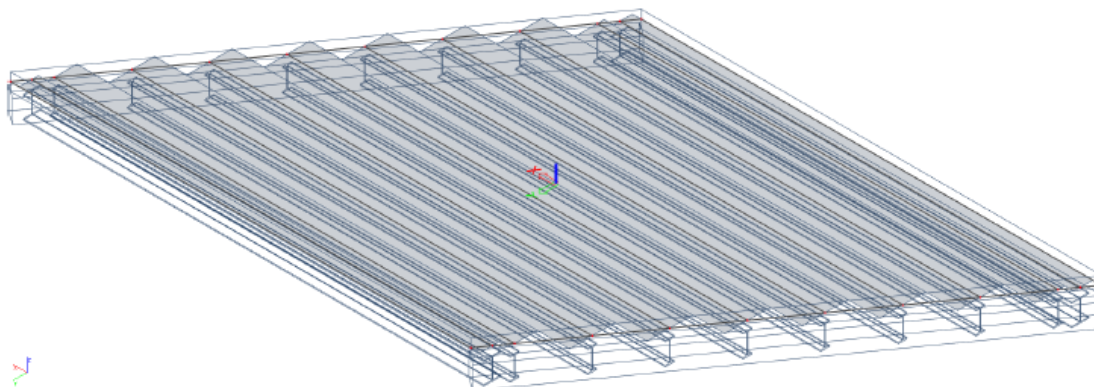
7. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
ZS1	Vlastní tíha	Stálé	SZ1	-Z		
		Vlastní tíha				
ZS2	Mostní svršek	Stálé	SZ1			
		Standard				
ZS3	Vn2n 2x32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS4	Vn2n 2x32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS5	Vn2n 2x32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS6	Vn2n 2x32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS7	Vn2n 2x32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS8	Vn2n 2x32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS9	Vn3n 2x32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS10	Vn3n 2x32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS11	Vn3n 2x32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS12	Vn3n 2x32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS13	Vn3n 2x32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS14	Vn3n 2x32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS15	Vn3n 2x32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS16	Vn3n 2x32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS17	Vr2n 32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS18	Vr2n 32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS19	Vr2n 32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS20	Vr2n 32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS21	Vr2n 32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS22	Vr2n 32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS23	Vr2n 32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS24	Vr2n 32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS25	Vr2n 32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS26	Vr2n 32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS27	Vr3n 32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS28	Vr3n 32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				
ZS29	Vr3n 32t	Proměnné	SZ2		Krátkodobé	Žádný
	Standard	Statické				

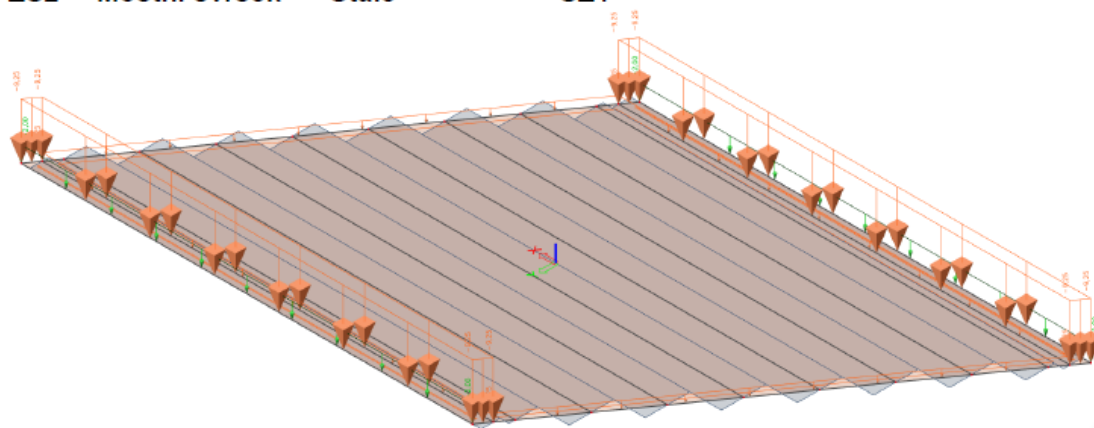
VANER PROJEKTOVÁ KANCELÁŘ	Akce: Mosty ve správě města Liberec Objekt: LB-230 Kubelíkova - most přes železniční trať	str.11 Statický výpočet zatížitelnosti
--	--	---

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Rídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
ZS30	Vr3n 32t Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS31	Vr3n 32t Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS32	Vr3n 32t Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS33	Vr3n 32t Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS34	Vr3n 32t Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS35	Vr6n 72t Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS36	Vr6n 72t Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS37	Vr6n 72t Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS38	Ve9n 108t Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS39	Ve9n 108t Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný
ZS40	Ve9n 108t Standard	Proměnné Statické	SZ2		Krátkodobé	Žádný

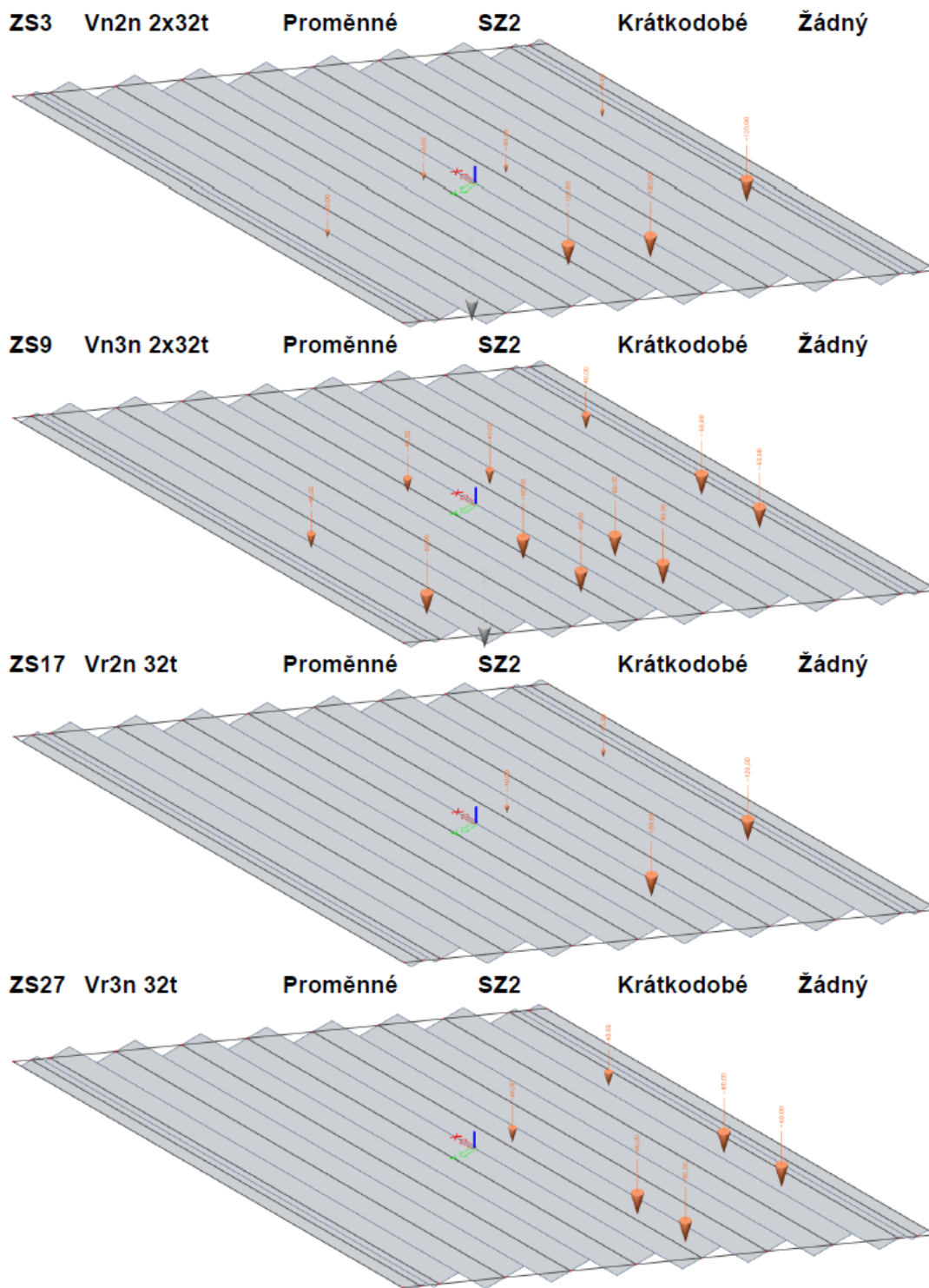
ZS1 Vlastní tíha Stálé SZ1 -Z



ZS2 Mostní svršek Stálé SZ1



VANER INŽENÝRSKÁ KONGLOMERÁT	Akce: Mosty ve správě města Liberec Objekt: LB-230 Kubelíkova - most přes železniční trať	str.12 Statický výpočet zatížitelnosti
---	--	---



VANER	Akce: Mosty ve správě města Liberec Objekt: LB-230 Kubelíkova - most přes železniční trať	str.13 Statický výpočet zatížitelnosti
--------------	--	---

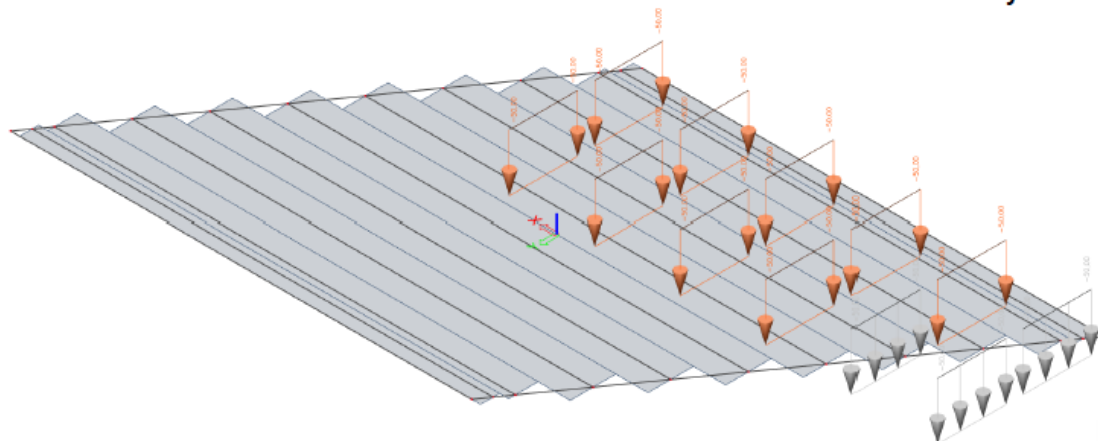
ZS35 Vr6n 72t

Proměnné

SZ2

Krátkodobé

Žádný



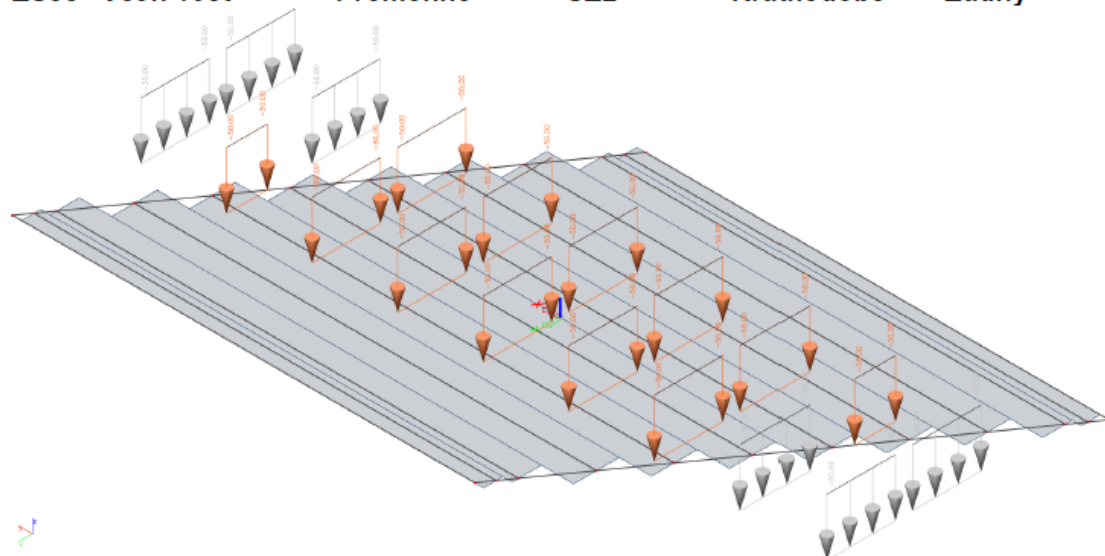
ZS38 Ve9n 108t

Proměnné

SZ2

Krátkodobé

Žádný



5. Výpočet vnitřních sil

Výpočet je proveden pomocí programu SCIA ESA pro řešení konstrukcí metodou konečných prvků. Kompletní výstupní data jsou archivována u projektanta, s ohledem na množství výstupních údajů jsou přiloženy pouze vybrané údaje, grafy a schémata.

5.1. Výpočet namáhání nosníků před spřažením

Namáhání před spřažením je stanoveno ručním výpočtem na modelu prostého nosníku za předpokladu betonáže desky mostovky bez provizorního podepření nosníků do zavěšeného bednění.

$$q_{g\ I\check{c}.40} = 0.923 + 7.5 \cdot 0.8 = 6.92 \text{ kN/m}$$

$$M_{g\ I\check{c}.40} = \frac{1}{8} \cdot 6.92 \cdot 8.1^2 = 56.8 \text{ kNm}$$

$$\delta_{g\ I\check{c}.40} = \frac{56.8}{1.63547} = 34.7 \text{ MPa}$$

$$q_{g\ HE400A} = 1.25 + 7.5 \cdot 0.335 = 3.76 \text{ kN/m}$$

$$M_{g\ HE400A} = \frac{1}{8} \cdot 3.76 \cdot 8.1^2 = 30.8 \text{ kNm}$$

$$\delta_{g\ HE400A} = \frac{30.8}{2.311} = 13.3 \text{ MPa}$$

5.2. Výpočet namáhání desky mostovky

Výpočet je proveden na modelu spojitého nosníku, vzhledem k tomu, že byla ověřena pouze dolní výztuž, předpokládám stejnou výztuž v horní úrovni.

$$q_{deska\ a\ vozovky} = 7.5 + 1.25 = 8.75 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{deska\ a\ vozovky} = \frac{1}{12} \cdot 8.75 \cdot 0.8^2 = 0.47 \text{ kNm/m}$$

$$q_{kolo\ Vr2n32t=12t} = \frac{120}{(2 \cdot 0.27 + 0.6) \cdot (2 \cdot 0.27 + 0.2 + \frac{2}{6} \cdot 0.8)} = \frac{120}{1.14 \cdot 1.01} = 104 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{kolo\ Vr2n32t=12t} = \frac{1}{12} \cdot 104 \cdot 0.8^2 = 5.55 \text{ kNm/m}$$

$$q_{kolo\ Vr3n32t=6t} = \frac{120}{(2 \cdot 0.27 + 0.6) \cdot (2 \cdot 0.27 + 0.2 + \frac{2}{6} \cdot 0.8)} = \frac{120}{1.14 \cdot 1.01} = 52 \text{ kN/m}^2$$

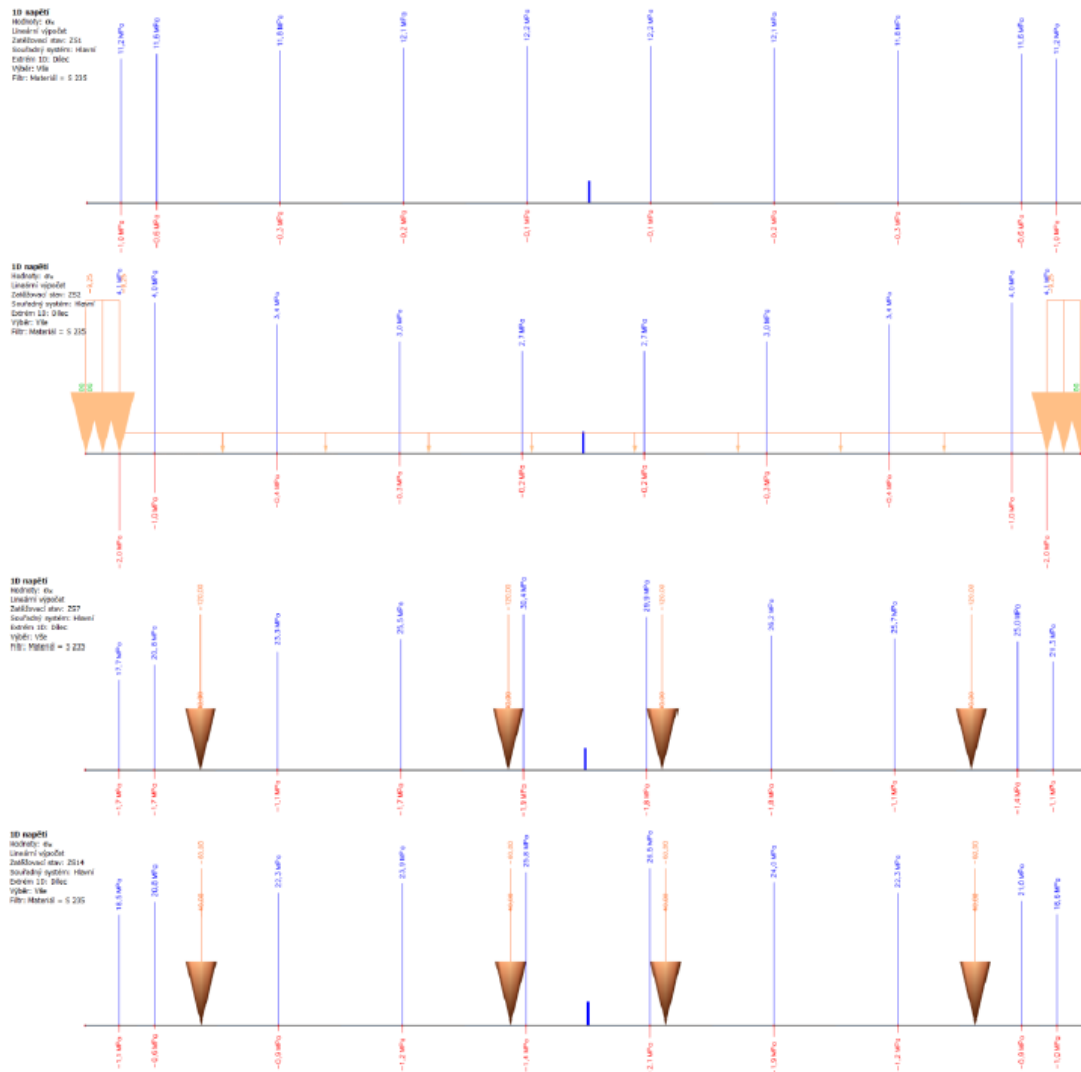
$$M_{kolo\ Vr3n32t=6t} = \frac{1}{12} \cdot 52 \cdot 0.8^2 = 2.77 \text{ kNm/m}$$

$$q_{kolo\ Vr6n72t=6t} = \frac{60}{(2 \cdot 0.27 + 1.2) \cdot (2 \cdot 0.27 + 0.15 + \frac{2}{6} \cdot 0.8)} = \frac{60}{1.74 \cdot 0.96} = 36 \text{ kN/m}^2$$

$$M_{kolo\ Vr6n72t=6t} = \frac{1}{12} \cdot 36 \cdot 0.8^2 = 1.92 \text{ kNm/m}$$

5.3. Průběh vnitřních sil na spřažené konstrukci

Přiloženy jsou pouze průběhy podélných napětí v nosnicích v rozhodujících zatěžovacích stavech.



VANER	Akce: Mosty ve správě města Liberec Objekt: LB-230 Kubelíkova - most přes železniční trať	str.17 Statický výpočet zatížitelnosti
--------------	--	---

5.3.1. Rekapitulace vnitřních sil na spřažené konstrukci

Rekapitulace je provedena pouze pro rozhodující vnitřní síly v rozhodujících prvcích a profilech. Průběh podélných momentů po desce v rozhodujících zatěžovacích stavech je přiložen dále. V tabulce jsou uvedeny hodnoty v MPa a v kNm.

5.3.1.1. Napětí v oceli na spřažené konstrukci

V tabulce jsou uvedeny hodnoty v MPa v jednotlivých nejnamáhavějších nosnících:

Zdravé, korozi neoslabené nosníky:

č.nosn./zat.stav	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G0 vlastní tíha					12.2	12.2		11.8	11.6	11.2
G1 ostatní stálé					2.7	2.7		3.4	4.0	4.1
Norm2n 2x32t					30.4					22.3
Norm3n 2x32t						26.5				20.1
Vyhr2n 32t									22.6	19.1
Vyhr3n 32t									18.8	17.6
Vyhr6n 72t								25.2		24.4
Vyjim9n 108t						22.1				10.8

Poškozené, korozi oslabené nosníky:

č.nosn./zat.stav	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G0 vlastní tíha					13.2	13.2		12.7	12.4	12.1
G1 ostatní stálé					3.0	3.0		3.7	4.3	4.4
Norm2n 2x32t					33.6					24.5
Norm3n 2x32t						29.4				22.2
Vyhr2n 32t									24.3	20.9
Vyhr3n 32t									20.3	19.2
Vyhr6n 72t								27.4		26.6
Vyjim9n 108t						24.3				12.3

5.3.1.2. Celkové ohybové momenty na spřažené konstrukci

V tabulce jsou uvedeny hodnoty v kNm v jednotlivých nejnamáhavějších nosnících:

č.nosn./zat.stav	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
G0 vlastní tíha					43.3	43.3		43.5	37.6	39.4
G1 ostatní stálé					9.5	9.5		12.3	12.5	13.8
Norm2n 2x32t					106.9					77.6
Norm3n 2x32t						94.4				72.1
Vyhr2n 32t									75.5	67.6
Vyhr3n 32t									66.2	62.6
Vyhr6n 72t								93.3		85.6
Vyjim9n 108t						79.4				37.9

	Akce: Mosty ve správě města Liberec Objekt: LB-230 Kubelíkova - most přes železniční trať	str.18 Statický výpočet zatížitelnosti
---	--	---

5.3.1.3. Prostý nosník před spřažením

$$M_{g \text{ Ič.40}} = \frac{1}{8} \cdot 6.92 \cdot 8.1^2 = 56.8 \text{ kNm}$$

$$\delta_{g \text{ Ič.40 zdravý neoslabený korozí}} = \frac{56.8}{1.63547} = 34.7 \text{ MPa}$$

$$\delta_{g \text{ Ič.40 poškozený korozí oslabený}} = \frac{56.8}{1.2594} = 45.1 \text{ MPa}$$

$$M_{g \text{ HE400A}} = \frac{1}{8} \cdot 3.76 \cdot 8.1^2 = 30.8 \text{ kNm}$$

$$\delta_{g \text{ HE400A}} = \frac{30.8}{2.311} = 13.3 \text{ MPa}$$

5.3.1.4. Deska mostovky

$$M_{\text{deska a vozovky}} = \frac{1}{12} \cdot 8.75 \cdot 0.8^2 = 0.47 \text{ kNm/m}$$

$$M_{\text{kolo Vr2n32t=12t}} = \frac{1}{12} \cdot 104 \cdot 0.8^2 = 5.55 \text{ kNm/m}$$

$$M_{\text{kolo Vr3n32t=6t}} = \frac{1}{12} \cdot 52 \cdot 0.8^2 = 2.77 \text{ kNm/m}$$

$$M_{\text{kolo Vr6n72t=6t}} = \frac{1}{12} \cdot 36 \cdot 0.8^2 = 1.92 \text{ kNm/m}$$

5.4. Zatížitelnost

5.4.1. Únosnost profilů

Mezní napětí oceli:

$$f_{myd} = 235 \text{ MPa}$$

Moment únosnosti nespřažených ocelových nosníků:

$$M_{u \text{ Ič.40 zdravé neoslabené korozí}} = 235 \cdot 1.63547 = 384.3 \text{ kNm}$$

$$M_{u \text{ Ič.40 poškozené korozí oslabené}} = 235 \cdot 1.2594 = 296.0 \text{ kNm}$$

$$M_{u \text{ HE400A}} = 235 \cdot 2.311 = 543.1 \text{ kNm}$$

Moment únosnosti desky mostovky:

Návrh plochy výztuže:

$$\lambda = 0.8$$

$$\eta = 1.0$$

$$x = \frac{d}{\lambda} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right) < x_{bal} = d \cdot \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} + \frac{f_{yd}}{E_s}}$$

$$A_{st,req} = \frac{b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd}}{f_{yd}} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot M_{ed}}{b \cdot d^2 \cdot \eta \cdot f_{cd}}} \right)$$

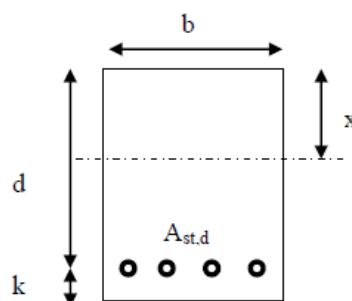
$$A_{x,min-f} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yd}} \cdot b \cdot b$$

$$A_{x,min-\mu} = 0.0013 \cdot b \cdot b$$

Posouzení únosnosti:

$$\chi = \frac{A_{st,d} \cdot f_{yd}}{b \cdot \lambda \cdot \eta \cdot f_{cd}}$$

$$M_{Rd} = A_{st,d} \cdot f_{yd} \cdot (d - 0.5 \cdot \lambda \cdot x) > M_{ed}$$



	Akce: Mosty ve správě města Liberec Objekt: LB-230 Kubelíkova - most přes železniční trať	str.19 Statický výpočet zatížitelnosti
---	--	---

Novou desku uvažuji jen jako roznášecí prvek vzhledem k neznámému způsobu spřažení a vyztužení:

Namáhání			Návrh výztuže					
$M_{ed}[MNm]=$	0.022		$A_{st,d}$	9.52	ϕ	15		
Beton-průřez		Materiálové charakteristiky betonu a oceli						
$b[m]=$	1.000	$f_{ctm}[MPa]=$	2.9	$f_{yk}[MPa]=$	230	$\varepsilon_{cu}=$	0.0035	
$h[m]=$	0.110	$f_{ck}[MPa]=$	12.0	$f_{yd}[MPa]=$	200	$\lambda=$	0.800	
$k[m]=$	0.020	$f_{cd}[MPa]=$	6.8	$E_s[MPa]=$	200000	$\eta=$	1.000	
$d[m]=$	0.090							
Přímý návrh požadované plochy výztuže a posudky								
$A_{xmin-fl}[m^2]=$	0.000295		$A_{xmin-\mu}[m^2]=$	0.000117		mimimální plocha výztuže		
$x_{bal}[m]=$	0.070000	>	$x[m]=$	0.059815		omezení výšky tlacené oblasti		
$A_{st,req}[m^2]=$	0.001627	<	$A_{st,d}[m^2]=$	0.001682		ověření návrhové plochy výztuže		
$\mu_{min}[\%]=$	0.33	<	$\mu[\%]=$	1.87	<	$\mu_{max}[\%]=$	1.60	
Moment únosnosti								
$x[m]=$	0.061850		$M_{Rd}[MNm]=$	0.022	>	$M_{ed}[MNm]=$	0.022	

5.4.2. Zatížitelnost normovými vozidly

Zatížitelnost vychází ze vztahů:

$$Z = \frac{M_u - \gamma_g \cdot (M_0 + M_1)}{\delta \cdot \gamma_p \cdot M_p} \cdot V_n$$

$$Z = \frac{f_m - \gamma_g \cdot (\sigma_0 + \sigma_1)}{\delta \cdot \gamma_p \cdot \sigma_p} \cdot V_n$$

Nosníky IČ.40 zdravé neoslabené korozi – nespřažená konstrukce:

zatížitelnost	M_u	M_{g0}	M_{g1}	γ_{fg}	M_p	γ_{fp}	δ	$V_n[t]$	$Z[t]$
normální dvounápravy	384.3	56.8	12.5	1.35	106.9	1.35	1.25	32	51.6
normální třínápravy	384.3	56.8	12.5	1.35	94.4	1.35	1.25	32	58.4
výhradní dvounáprava	384.3	56.8	12.5	1.35	75.5	1.35	1.25	32	73.0
výhradní třínáprava	384.3	56.8	12.5	1.35	66.2	1.35	1.25	32	83.2
výhradní šestnáprava	384.3	56.8	12.5	1.35	93.3	1.35	1.25	72	133.0
vyjimečná devítináprava	384.3	56.8	12.5	1.35	79.4	1.35	1.05	108	279.0

Nosníky IČ.40 zdravé neoslabené korozi – spřažená konstrukce:

zatížitelnost	f_m	σ_{g0}	σ_{g1}	γ_{fg}	σ_p	γ_{fp}	δ	$V_n[t]$	$Z[t]$
normální dvounápravy	235.0	34.7	4.0	1.35	30.4	1.35	1.25	32	114.0
normální třínápravy	235.0	34.7	4.0	1.35	26.5	1.35	1.25	32	130.8
výhradní dvounáprava	235.0	34.7	4.0	1.35	22.6	1.35	1.25	32	153.3
výhradní třínáprava	235.0	34.7	4.0	1.35	18.8	1.35	1.25	32	184.3
výhradní šestnáprava	235.0	34.7	4.0	1.35	25.2	1.35	1.25	72	309.4
vyjimečná devítináprava	235.0	34.7	4.0	1.35	22.1	1.35	1.05	108	630.1

Nosníky IČ.40 poškozené korozi oslabené – nespřažená konstrukce:

zatížitelnost	$M_{\dot{u}}$	M_{g0}	M_{g1}	γ_{fg}	M_p	γ_{fp}	δ	$V_n[t]$	$Z[t]$
normální dvounápravy	296.0	56.8	12.5	1.35	106.9	1.35	1.25	32	35.9
normální třínápravy	296.0	56.8	12.5	1.35	94.4	1.35	1.25	32	40.7
výhradní dvounáprava	296.0	56.8	12.5	1.35	75.5	1.35	1.25	32	50.8
výhradní třínáprava	296.0	56.8	12.5	1.35	66.2	1.35	1.25	32	58.0
výhradní šestináprava	296.0	56.8	12.5	1.35	93.3	1.35	1.25	72	92.6
vyjimečná devítináprava	296.0	56.8	12.5	1.35	79.4	1.35	1.05	108	194.3

Nosníky IČ.40 poškozené korozi oslabené – spřažená konstrukce:

zatížitelnost	f_m	σ_{g0}	σ_{g1}	γ_{fg}	σ_p	γ_{fp}	δ	$V_n[t]$	$Z[t]$
normální dvounápravy	235.0	45.1	4.4	1.35	33.6	1.35	1.25	32	94.9
normální třínápravy	235.0	45.1	4.4	1.35	29.4	1.35	1.25	32	108.5
výhradní dvounáprava	235.0	45.1	4.4	1.35	24.3	1.35	1.25	32	131.2
výhradní třínáprava	235.0	45.1	4.4	1.35	20.3	1.35	1.25	32	157.1
výhradní šestináprava	235.0	45.1	4.4	1.35	27.4	1.35	1.25	72	261.9
vyjimečná devítináprava	235.0	45.1	4.4	1.35	24.3	1.35	1.05	108	527.3

Nosníky HE400A – nespřažená konstrukce:

zatížitelnost	$M_{\dot{u}}$	M_{g0}	M_{g1}	γ_{fg}	M_p	γ_{fp}	δ	$V_n[t]$	$Z[t]$
normální dvounápravy	543.1	30.8	13.8	1.35	77.6	1.35	1.25	32	118.0
normální třínápravy	543.1	30.8	13.8	1.35	72.1	1.35	1.25	32	127.0
výhradní dvounáprava	543.1	30.8	13.8	1.35	67.6	1.35	1.25	32	135.5
výhradní třínáprava	543.1	30.8	13.8	1.35	62.6	1.35	1.25	32	146.3
výhradní šestináprava	543.1	30.8	13.8	1.35	85.6	1.35	1.25	72	240.7
vyjimečná devítináprava	543.1	30.8	13.8	1.35	37.9	1.35	1.05	108	970.8

Nosníky HE400A – spřažená konstrukce:

zatížitelnost	f_m	σ_{g0}	σ_{g1}	γ_{fg}	σ_p	γ_{fp}	δ	$V_n[t]$	$Z[t]$
normální dvounápravy	235.0	13.3	13.8	1.35	22.3	1.35	1.25	32	168.7
normální třínápravy	235.0	13.3	13.8	1.35	20.1	1.35	1.25	32	187.2
výhradní dvounáprava	235.0	13.3	13.8	1.35	19.1	1.35	1.25	32	197.0
výhradní třínáprava	235.0	13.3	13.8	1.35	17.6	1.35	1.25	32	213.8
výhradní šestináprava	235.0	13.3	13.8	1.35	24.4	1.35	1.25	72	347.0
vyjimečná devítináprava	235.0	13.3	13.8	1.35	10.8	1.35	1.05	108	1399.8

Deska mostovky:

zatížitelnost	$M_{\dot{u}}$	M_{g0}	M_{g1}	γ_{fg}	M_p	γ_{fp}	δ	$V_n[t]$	$Z[t]$
normální dvounápravy	22.00	0.47	0.00	1.35	5.55	1.35	1.25	32	73.0
normální třínápravy	22.00	0.47	0.00	1.35	2.77	1.35	1.25	32	146.3
výhradní dvounáprava	22.00	0.47	0.00	1.35	5.55	1.35	1.25	32	73.0
výhradní třínáprava	22.00	0.47	0.00	1.35	2.77	1.35	1.25	32	146.3
výhradní šestináprava	22.00	0.47	0.00	1.35	1.92	1.35	1.25	72	474.8
vyjimečná devítináprava	22.00	0.47	0.00	1.35	1.92	1.35	1.05	108	847.8

6. Závěr

Rozhodujícím prvkem jsou původní nosníky. Diagnostickým průzkumem bylo prokázáno jakési spřažení pomocí navařených T-profilů na horní pásnici nosníků, ale ne jejich přesný počet. K tomu jsou nosníky pravděpodobně z plávkové nebo „recyklované oceli“ (z nosníků použitých na jiné konstrukci) z nezaručenou svařitelností, tedy nelze s jistotou počítat s dostatečnou únosností svaru. Těto skutečnosti napovídá i separace nosníků od desky ve střední části několika nosníků.

Výsledná zatížitelnost je tedy stanovena za předpokladu nespřažené konstrukce, kdy deska mostovky pouze přitěžuje nosník a nepodílí se na únosnosti, tedy veškeré namáhání nesou pouze nosníky. Zatížitelnost je pak jako minimální, resp. reziduální po utržení spřahujících prvků, ke kterému může dojít náhle a šířit se jako řetězová reakce. Proto nedoporučuji výslednou zatížitelnost nijak překračovat.

Zatížitelnost stávajícího mostu je stanovena dle ČSN 73 6222. Hodnoty zatížitelnosti jednotlivých typů vozidel by měly být dále redukovány součinitelem stavebního stavu v souladu s ČSN 73 6221, ale vzhledem k tomu, že do výpočtu bylo zahrnuto korozní oslabení nosníků, není součinitel aplikován. Ovšem pokud dojde k dalšímu koroznímu oslabení, je nutno součinitel aplikovat v odpovídající výši, nebo aktualizovat výpočet na skutečné korozní oslabení.

Přehled zatížitelnosti jednotlivých typů vozidel:

typ zatížení	bez redukce	α	po redukcí
normální dvounápravová vozidla	35.9	1.0	35.9
normální třínápravová vozidla	40.7	1.0	40.7
výhradní dvounápravové vozidlo	50.8	1.0	50.8
výhradní třínápravové vozidlo	58.0	1.0	58.0
výhradní šestinápravové vozidlo	92.6	1.0	92.6
vyjimečné devítinápravové vozidlo	194.3	1.0	194.3

Zatížitelnost ve stávajícím stavu dle kritérií ČSN 73 6222:

- normální zatížitelnost 40t (rozhodují třínápravová vozidla)
- výhradní zatížitelnost 92t (rozhoduje šestinápravové vozidlo)
- vyjimečná zatížitelnost 194t (devítinápravové vozidlo v ose mostu)
- zatížení na nápravu 26.9t (rozhoduje zadní náprava normálních dvounáprav)

Dopravní opatření:

- Dopravní značky č.B13 s hodnotou normální zatížitelnosti 40t není nutno osazovat, hodnota je vyšší než 26t. V normě již není omezení z hlediska únosnosti vozovky na 50t.
- Dodatkové tabulky E13 s hodnotou výhradní zatížitelnosti 92t není nutno osazovat, hodnota je vyšší než 48t. V normě již není omezení z hlediska únosnosti vozovky na 120t.
- Dopravní značky č.B14 s hodnotou zatížení na nápravu 26.9t není nutno osazovat, hodnota je vyšší než 11.5t.

V Liberci dne 27.08.2025
Vypracoval Ing.T.Humpal