

Lávka VI-2L

Lávka pro pěší přes řeku Olši k nemocnici v Třinci-Lyžbice statický výpočet zatížitelnosti



Ing. Pavel Kurečka MOSTY s.r.o.

Sídlo: Venclíkova 478/55, 700 30 Ostrava
Provozovna: Starobělská 3151/83, 700 30 Ostrava
mobil: 603 266 474
e-mail: kurecka@mostykurecka.cz
IČ: 277 64 613
DIČ: CZ27764613
Obchodní rejstřík: u KS v Ostravě, oddíl C, vložka 29142
Zapsán dne: 19. dubna 2006

Statický výpočet zatížitelnosti lávky VI-2L přes řeku Olši

Identifikační údaje

Stavba	:	Lávka ev.č. VI-2L přes řeku Olši k nemocnici v Třinci-Lyžbice
Stupeň dokumentace	:	technická pomoc (TP)
Investor, správce	:	Statutární město Třinec, Magistrát města Třinec Jablunkovská 160, 739 61 Třinec
Projektant	:	Ing. Pavel Kurečka MOSTY s.r.o. Starobělská 3151/83, 700 30 Ostrava - Zábřeh
Zodpovědný projektant	:	Ing. Pavel Kurečka
Vypracoval	:	Ing. Marek Volf
Zakázkové číslo	:	2021 - 52
Datum	:	prosinec 2021

1. Všeobecně

Předmětem výpočtu je stanovení zatížitelnosti lávky ev.č. VI-2L přes řeku Olši v Třinci-Lyžbice. Lávka převádí chodce přes řeku Olši z části Lyžbice k Nemocnici Třinec. Podle poslední hlavní prohlídky ze dne 30.3.2021 je stavební stav spodní stavby hodnocen stupněm V – špatný a stavební stav nosné konstrukce stupněm VI – velmi špatný, použitelnost je hodnocena stupněm 4 – omezeně použitelný. Koeficient stavebního stavu nebyl nestanoven.

Lávka je třípolová, kolmá, o délce přemostění 48,68 m. Každé pole působí samostatně jako prostý nosník. Nosná konstrukce je tvořena 2 ks předpjatých prefabrikovaných nosníků typu MPD 4 výšky 0,66 m, pro světlost otvoru 15,0 m. Mezi nosníky je světlá mezera šířky 1,05 m, ve které jsou umístěna 2 ocelová potrubí. Mostovka je tvořena prefabrikovanými deskami uloženými příčně na horním povrchu nosníků. Opěry jsou komorové betonové monolitické. Komorami opěr je vedena dvojice velkopřůměrových ocelových potrubí. Křídla jsou vetknutá rovnoběžná. Mezilehlé podpěry P2 a P3 jsou stěnové betonové pilíře. Zhlaví na vtoku i výtoku jsou zaoblená a obložená kameny. Z úložných prahů podpěr jsou v podélném směru vyloženy úložné bloky pro uložení betonových nosníků NK.

Výpočet zatížitelnosti bude proveden dle současně platných norem (ČSN 73 6222 a souvisejících ČSN EN).

2. Podklady

- Mostní list
- Hlavní prohlídka lávky – Kurečka Pavel, Ing, 30. 3. 2021
- Státní typový podklad směrný SILNIČNÍ MOSTY MONTOVANÉ, Ústav pro zprůmyslnění stavebnictví, říjen 1956
- Diagnostika lávky VI-2L Lávka pro pěší přes řeku Olši k nemocnici v Třinci-Lyžbice; Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavebního zkušebnictví, Veveří 331/95, Brno 602 00, listopad 2021

3. Použitá literatura a výpočtové programy

- 1) ČSN EN 1990 – Zásady navrhování
- 2) ČSN EN 1991-1-1 – Obecná zatížení - Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení
- 3) ČSN EN 1991-2 – Zatížení mostů dopravou
- 4) ČSN EN 1992-1-1 – Navrhování betonových konstrukcí – Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- 5) ČSN EN 1992-2 – Navrhování betonových konstrukcí – Betonové mosty
- 6) ČSN 73 62 22 – Zatížitelnost mostů pozemních komunikací
- 7) ČSN ISO 13822 – Zásady navrhování konstrukcí – Hodnocení existujících konstrukcí
- 8) Scia Engineer 8.1.131 – Software pro návrh, výpočet a posouzení konstrukcí
- 9) Idea StatiCa 21.0 – Software pro návrh, výpočet a posouzení konstrukcí

4. Popis konstrukce

Lávka je třípolová kolmá o délce přemostění 48,68 m. Každé pole působí samostatně jako prostý nosník. Nosná konstrukce je vždy sestavena ze dvou předpjatých prefabrikovaných nosníků MPD 4. Výška nosníků je 0,66 m, šířka 0,96 m a délka 16,6 m. Nosníky jsou uloženy v osové vzdálenosti 2,01 m. Šířka nosné konstrukce je 2,97 m. V mezeře mezi nosníky šířky 1,05 m jsou vedena 2 ocelová potrubí. Prostor mezi nosníky je překlenut ŽB deskovým prefabrikátem tl. 70 mm a šířky 500 mm, délky 1190 mm. Prefabrikované desky jsou uloženy přímo na horní povrch předpjatých nosníků. Předpjaté nosníky jsou uloženy plošně přímo na úložné prahy. Pravděpodobně na vrstvu lepenky.

Opěry jsou komorové betonové monolitické. Komorami opěr je vedena dvojice velkopřůměrových ocelových potrubí. Křídla jsou vetknutá rovnoběžná. Za opěrou OP4 (pravý břeh) navazují na křídla nízké betonové opěrné zídky.

Mezilehlé podpěry P2 a P3 jsou stěnové betonové pilíře. Zhlaví na vtoku i výtoku jsou zaoblená a obložena kameny. Z úložných prahů podpěr jsou v podélném směru vyloženy úložné bloky (krátké konzoly) pro uložení předpjatých betonových nosníků NK.

Levý břeh před OP1 je neopevněný, velmi strmý. Svahy kolem křídel OP4 jsou rostlé. Dno koryta pod lávkou je rostlé, neupravené, šterkovité.

Římsy jsou železobetonové monolitické. Do římsy je kotveno ocelové trubkové zábradlí se svislou výplní výšky 0,98 – 1,0 m. Římsy jsou nízké výšky 0,10 m s vyložení 0,15 m přes bok NK. Povrch chodníku je proveden z litého asfaltu tl. 10-30 mm. Podkladní vrstvu tvoří asfaltový beton tl. 20-55 mm, který je položen na monolitické betonové římsy nebo prefabrikované desce. Tloušťka prefabrikované desky je 70 mm, tloušťka monolitické části desky je 80-95 mm. Celková průměrná tloušťka vrstev je 130 mm. Chodník je šířky 2,75 m, volná šířka lávky je 2,82 m a šířka lávky je 3,27 m.

Na lávce je vedeno množství inženýrských sítí. V prostoru mezi nosníky jsou uložena ocelová potrubí DN300 a DN220. Potrubí DN220 bude odstraněno, jedná se o nepoužívaný plynovod. V potrubí DN300 je vedena kanalizace. Potrubí je příčně podepřeno ocelovými nosníky U120, které jsou kotveny do stěn nosníků. Ke kotvení jsou využity otvory pro předpínací tyče příčného předpětí nosníků. Dále jsou na povodní římsy umístěny dvě ocelové chráničky DN50 a DN130. V chráničce DN50 je pravděpodobně uloženo sdělovací vedení. Podél lávky je veden nadzemní kabel veřejného osvětlení. Lamps veřejného osvětlení jsou umístěny před a za lávkou. Před opěrou 1 je vedena ocelová trubka DN50

Podle poslední hlavní prohlídky ze dne 30.3.2021 je stavební stav spodní stavby hodnocen stupněm V – špatný a stavební stav nosné konstrukce stupněm VI – velmi špatný, použitelnost je hodnocena stupněm 4 – omezeně použitelný.

Na lávce byl proveden diagnostický průzkum zaměřený na stanovení fyzikálně-mechanických parametrů betonu se zařazením do pevnostní třídy. Parametry byly stanoveny pro beton MPD nosníků a dílčích částí spodní stavby lávky. Ověřoval se stav předpínacích drátů, kotevních desek a kontrola zainjektovatelnosti kabelových kanálků MPD nosníků. Dále byly ověřovány tloušťky a skladba vrstev chodníku, rozměr prefabrikovaných ŽB desek. Provedli se odtrhové zkoušky betonu na povrchu nosníků MPD a vybraných částech spodní stavby lávky. Byly provedeny chemické analýzy betonu s cílem určit stupeň karbonatace betonu, pasivační schopnost betonu a stanovit míru kontaminace betonu chloridy.

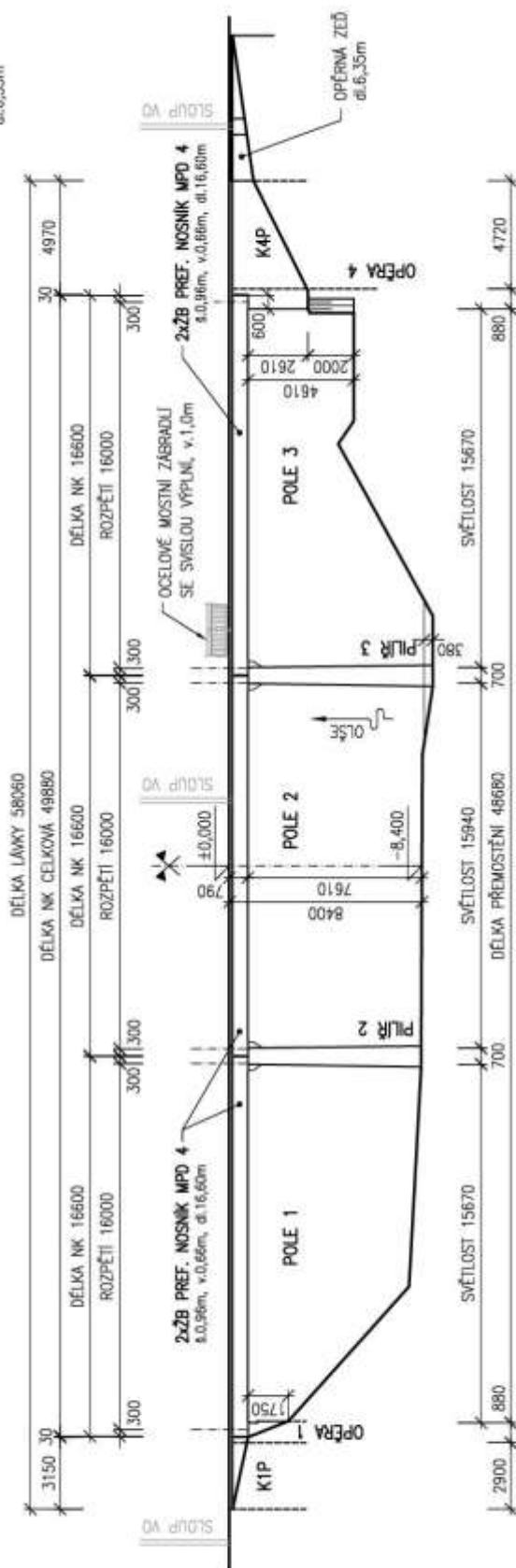
Diagnostickým průzkumem byl zjištěn uspokojivý stav předpínací výztuže. Dráty v místě provedení sekaných sond jsou napadeny povrchovou korozí v různém stupni, ale vždy bez známek oslabení jednotlivých průřezů nebo jsou zcela bez koroze. Kabelové kanálky v provedených sondách byly u více než poloviny dobře zainjektovány, v ostatních případech byly zainjektovány pouze částečně. U odhalených kotevních desek byla zjištěna povrchová koroze. Kotevní kuželíky jsou v dobrém stavu, okolí prostoru kotvy bylo zainjektováno.

Pevnost betonu MPD nosníků byla stanovena na jádrových vývrtech. Pevnost betonu odpovídá pevnostní třídě C50/60.

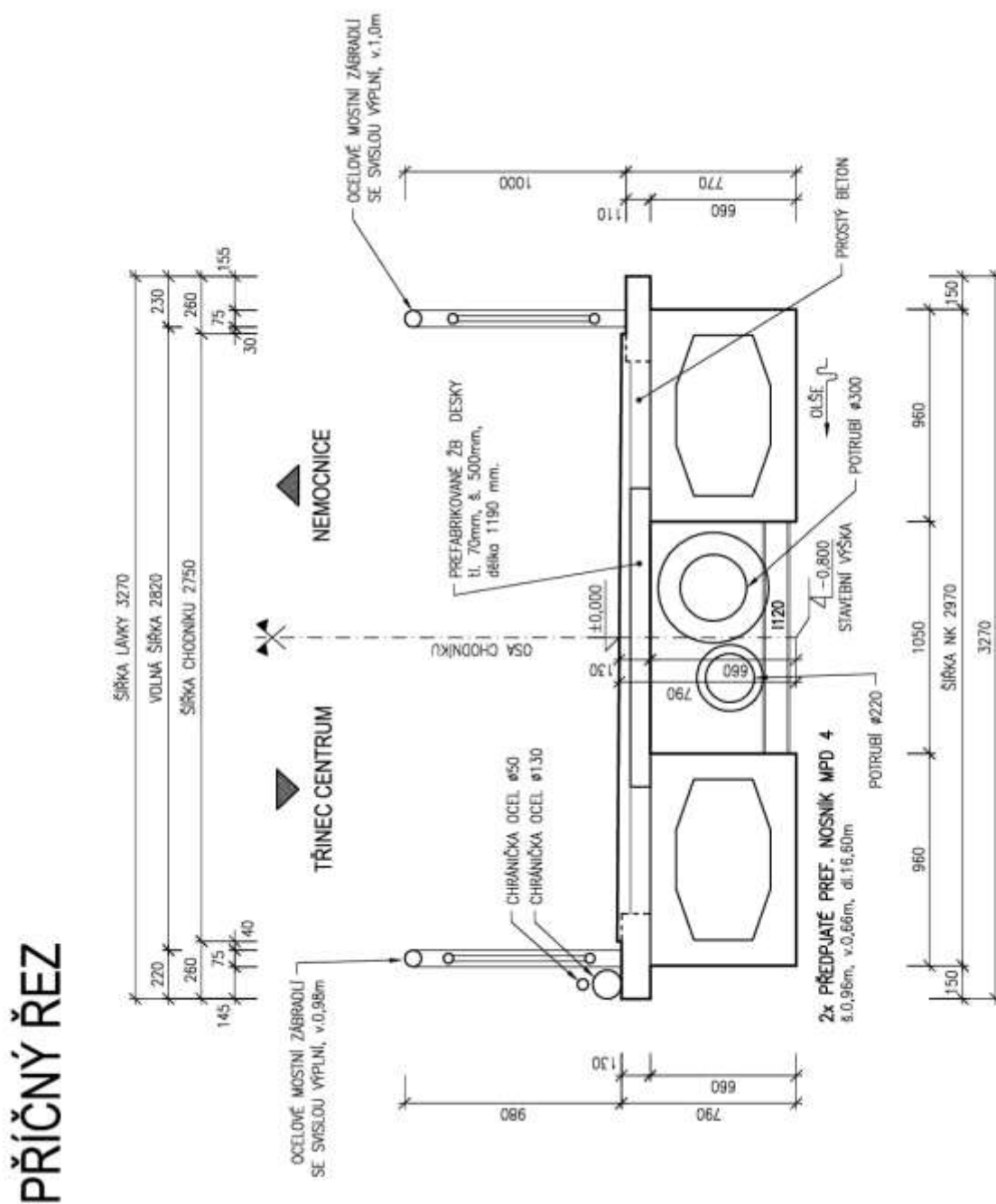
Pevnost betonu prefabrikovaných desek byla určena pouze na jednom jádrovém vývrtnu, byla tedy určena pouze informativní pevnost betonu v tlaku. Pevnost betonu v tlaku odpovídá pevnostní třídě C16/20. Z důvodu nemožného přístupu k podhledu desky nebylo možné určit druhy a průměr výztuže, byl zjištěn pouze počet – 6 ks vložek při spodní povrchu. Stav desek je velmi špatný. Některé jsou již zcela bez krycí vrstvy betonu a je patrná rozšiřující se degradace betonu do hloubky prefabrikátu. Výztuž u takových desek je již oslabena korozí.

Výsledky diagnostického průzkumu jsou zpracovány do výpočtu zatížitelnosti lávky.

5. Přehledné výkresy



5



obr. Příčný řez

6. Výpočtový model

Zatížitelnost bude stanovena podrobným statickým výpočtem. Statický model pro výpočet vnitřních sil odpovídá tvaru a dimenzím reálné konstrukce.

Vzhledem k symetrii lávky bude stanovena zatížitelnost jednoho předpjatého MPD nosníku. Posouzen bude první i druhý mezní stav.

Pro výpočet byla stanovena veškerá zatížení, která budou na konstrukci působit, vlastní tíha konstrukce, ostatní stálé zatížení a zatížení chodci.

Zatížení stálé bylo stanoveno dle skutečných rozměrů a na základě objemových tíh materiálů uvedených v ČSN EN 1991-1-1.

Zatížení nahodilé bylo provedeno jednotkovým plošným zatížením nahrazujícím zatížení chodci.

Na stranu bezpečnou jsou podpory nosníku umístěny na konec nosníku. Rozpětí odpovídá celkové délce nosníku.

6.1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Počet polí	:	1
Typ NK	:	prostý trám
Uložení	:	prosté, na asfaltovou lepenku
Šikmost	:	kolmý
Rozpětí	:	$L = 16,6 \text{ m}$
Rok postavení	:	1961
Nosník pole	:	MPD 4 pro světlost 15,0 m
Délka nosníku	:	$L_{\text{nos}} = 16,6 \text{ m}$
Výška nosníku	:	$h_{\text{pr}} = 0,66 \text{ m}$
Beton C50/60		

Zóna 1(General)

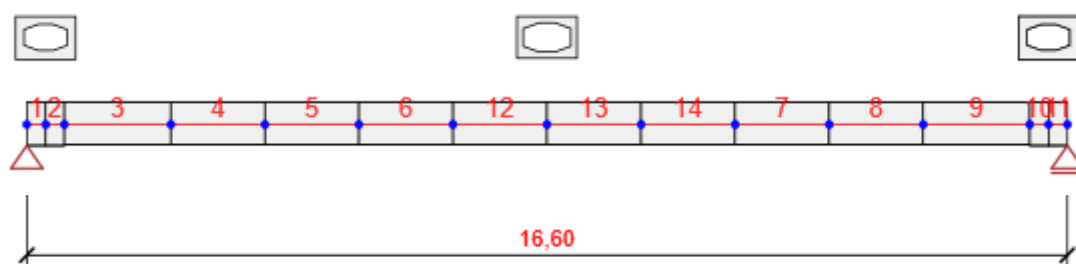
Symbol	Hodnota	Jednotka	
Materiál	C50/60		
A	406560	$[\text{mm}^2]$	
S_y	0	$[\text{mm}^3]$	
S_z	0	$[\text{mm}^3]$	
I_y	22280608556	$[\text{mm}^4]$	
I_z	41814682074	$[\text{mm}^4]$	
C_{gy}	0	$[\text{mm}]$	
C_{gz}	0	$[\text{mm}]$	
i_y	234	$[\text{mm}]$	
i_z	321	$[\text{mm}]$	

Zóna 2(General)

Symbol	Hodnota	Jednotka	
Materiál	C50/60		
A	329540	$[\text{mm}^2]$	
S_y	0	$[\text{mm}^3]$	
S_z	0	$[\text{mm}^3]$	
I_y	18677159427	$[\text{mm}^4]$	
I_z	35976058347	$[\text{mm}^4]$	
C_{gy}	0	$[\text{mm}]$	
C_{gz}	0	$[\text{mm}]$	
i_y	238	$[\text{mm}]$	
i_z	330	$[\text{mm}]$	

Zatížení stálé bylo stanoveno dle skutečných rozměrů a na základě objemových tíh materiálů uvedených v ČSN EN 1991-1-1.

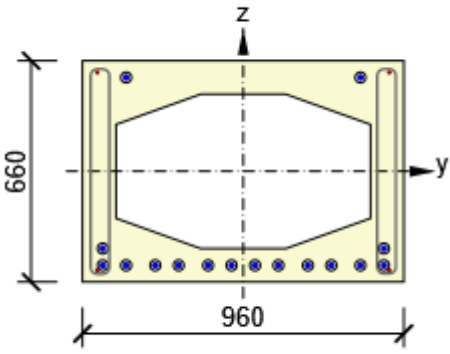
Zatížení nahodilé jedná se o zatížení chodci. Zatížení chodci je v modelu nahrazeno plošným zatížením působícím na zatěžovací šířce.



obr. Výpočtový model – program Idea StatiCa

6.2. Schéma vyztužení

Pozice	Vyztužený průřez	Vyztužení
Řez 1 (0,50m)		<p>Výztuž:</p> <p>2ø8 (96mm²) (Roxor), z = 310 mm</p> <p>2ø8 (96mm²) (Roxor), z = -300 mm</p> <p>Třmínky:</p> <p>ø8 (Roxor) - 200 mm</p> <p>ø8 (Roxor) - 200 mm</p> <p>Kabely:</p> <p>2*11ø4,5 (175mm²) (P 4,5 1650), z = 296 mm</p> <p>2*11ø4,5 (175mm²) (P 4,5 1650), z = 66 mm</p> <p>4*11ø4,5 (175mm²) (P 4,5 1650), z = -194 mm</p> <p>2*11ø4,5 (175mm²) (P 4,5 1650), z = -227 mm</p> <p>2*12ø4,5 (191mm²) (P 4,5 1650), z = -227 mm</p> <p>3*11ø4,5 (175mm²) (P 4,5 1650), z = -252 mm</p> <p>12ø4,5 (191mm²) (P 4,5 1650), Pozice -105, -252 mm</p>
Řez 4 (1,50m), Řez 3 (15,10m)		<p>Výztuž:</p> <p>2ø8 (96mm²) (Roxor), z = 295 mm</p> <p>2ø8 (96mm²) (Roxor), z = -295 mm</p> <p>Třmínky:</p> <p>ø8 (Roxor) - 150 mm</p> <p>ø8 (Roxor) - 150 mm</p> <p>Kabely:</p> <p>2*11ø4,5 (175mm²) (P 4,5 1650), z = 280 mm</p> <p>2*11ø4,5 (175mm²) (P 4,5 1650), z = -129 mm</p> <p>4*11ø4,5 (175mm²) (P 4,5 1650), z = -263 mm</p> <p>2*11ø4,5 (175mm²) (P 4,5 1650), z = -271 mm</p> <p>2*12ø4,5 (191mm²) (P 4,5 1650), z = -271 mm</p> <p>3*11ø4,5 (175mm²) (P 4,5 1650), z = -277 mm</p> <p>12ø4,5 (191mm²) (P 4,5 1650), Pozice -105, -277 mm</p>

<p>Řez 5 (3,00m), Řez 6 (4,50m), Řez 7 (6,00m), Řez 8 (7,00m), Řez 2 (8,30m Vlevo), Řez 2 (8,30m Vpravo)</p>		<p>Výztuž: 2ø8 (96mm²) (Roxor), z = 295 mm 2ø8 (96mm²) (Roxor), z = -295 mm Třmínky: ø8 (Roxor) - 150 mm ø8 (Roxor) - 150 mm Kabely: 2*11ø4,5 (175mm²) (P 4,5 1650), z = 280 mm 2*11ø4,5 (175mm²) (P 4,5 1650), z = -230 mm 3*12ø4,5 (191mm²) (P 4,5 1650), z = -280 mm 9*11ø4,5 (175mm²) (P 4,5 1650), z = -280 mm</p>
--	---	---

7. Materiálové charakteristiky

Beton nosníků MPD 4 :

Dle **diagnostického průzkumu** (r. 2021) je pevnostní třída betonu C50/60:

$$C50/60 \rightarrow f_{ck} = 50 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_m = 0,9 * 50 / 1,5 = 30 \text{ MPa}$$

Betonářská výztuž:

Dle **typového podkladu** byla použita výztuž 10 425 V:

$$\text{Dle ČSN ISO 13822} \rightarrow f_{yk} = f_{ywk} = 410 \text{ MPa}$$

Předpínací výztuž:

Dle **typového podkladu** byl použit patentovaný drát:

$$\text{Dle ČSN ISO 13822} \rightarrow f_{pk} = 1650 \text{ MPa}$$

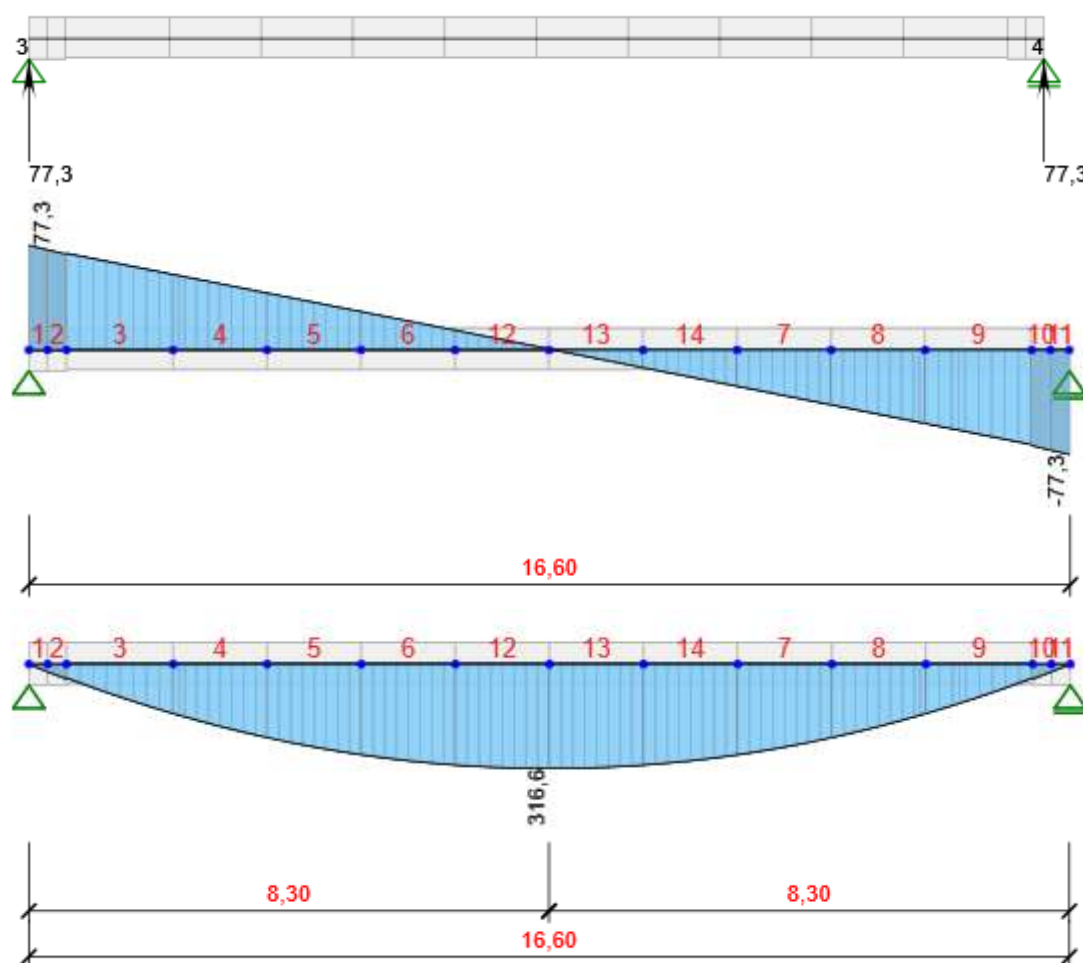
8. Zatížení

Zatížení je uvedeno v charakteristických hodnotách.

8.1. Vlastní tíha MPD nosníků lávky

Zatížení vychází ze skutečných rozměrů prvků, které byly ověřeny prohlídkou. Vlastní tíha je generována výpočtovým programem na základě zadaných rozměrů.

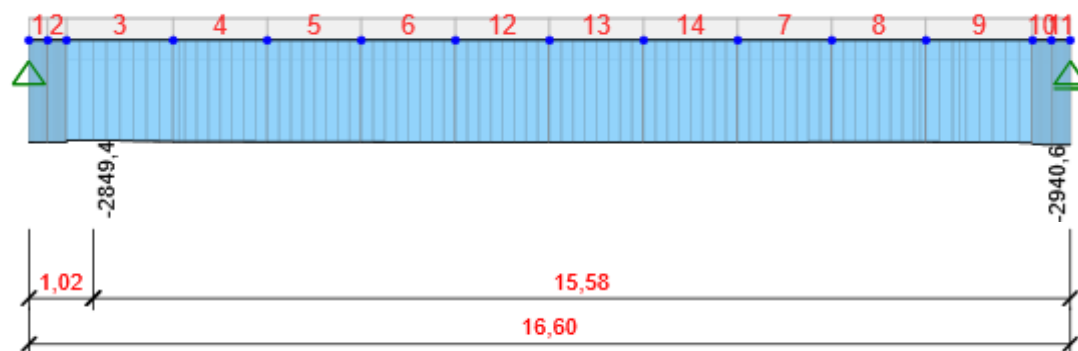
Vlastní tíha nosníku:

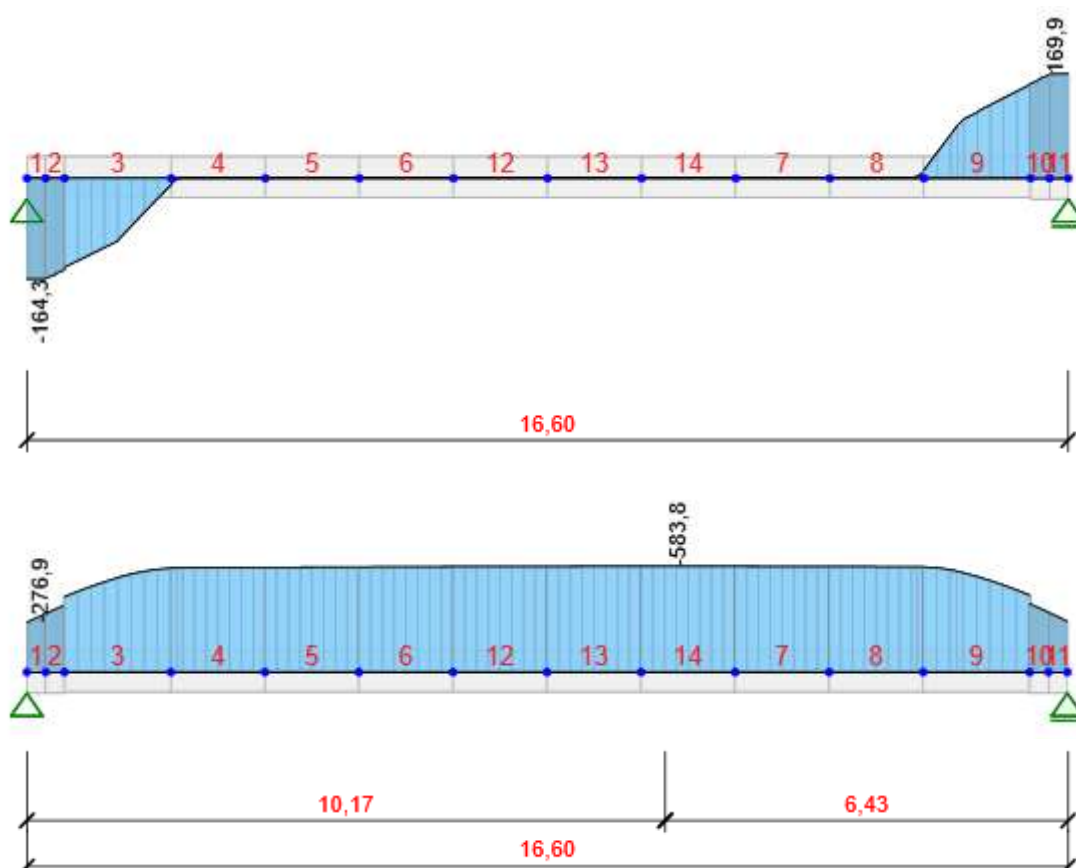


obr. – Vnitřní síly od vlastní tíhy – reakce R_{g0} (kN), posouvající síly V_{g0} (kN), ohybové momenty M_{g0} (kNm) – výstup z programu Idea StatiCa

8.2. Předpětí

Nosník MDP 4 byl modelován v programu Idea StatiCa včetně předpínacích kabelů. Poloha kabelů je převzata z typového podkladu z doby výroby MPD nosníků. Uváděné vnitřní síly vyvolené předpětím jsou po krátkodobých ztrátách předpětí. Dlouhodobé ztráty předpětí jsou stanoveny pro jednotlivé průřezy a vypočteny pro posuzované časy. Výpočet ztrát zohledňuje působení stálých zatížení a jejich vliv na vývoj dlouhodobých ztrát.





Obr. – Vnitřní síly od účinků předpětí - Normálová síla N_p (kN); posouvající síly V_p (kN), ohybové momenty M_p (kNm) – výstup z programu Idea StatiCa

8.3. Ostatní stálé zatížení - mostní svršek

Jedná se o zatížení vrstvami asfaltobetonu, prefabrikovanými deskami, římsou, zábradlím a inženýrskými sítěmi. Celková tloušťka chodníkových vrstev včetně vozovky se pohybuje od 130 - 135 mm. Na stranu bezpečnou bude na celé lávce uvažováno s tloušťkou 130 mm o objemové tíze $\gamma_{\text{chod}} = 25 \text{ kN/m}^2$. Lávky je šířky 3,27 m, zatěžovací šířka $b_z = 1,64 \text{ m}$.

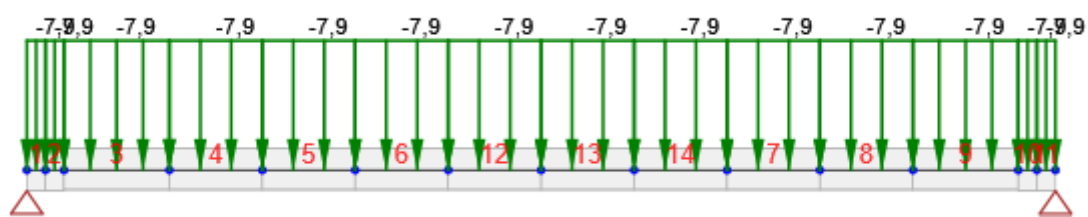
Mezi nosníky jsou zavěšeny 2 ocelové trouby. Jednou z trub je kanalizace. Ve výpočtu bude uvažováno se zaplněním kanalizace v celém profilu. Objemová tíha splaškové vody se uvažuje $\gamma_{\text{spla}} = 15 \text{ kN/m}^3$, tloušťka stěny potrubí není známa, bude uvažováno s hodnotou 10 mm. Výpočet zjednodušeně předpokládá, že jedno potrubí zatěžuje jeden nosník.

Zatížení chodníkem

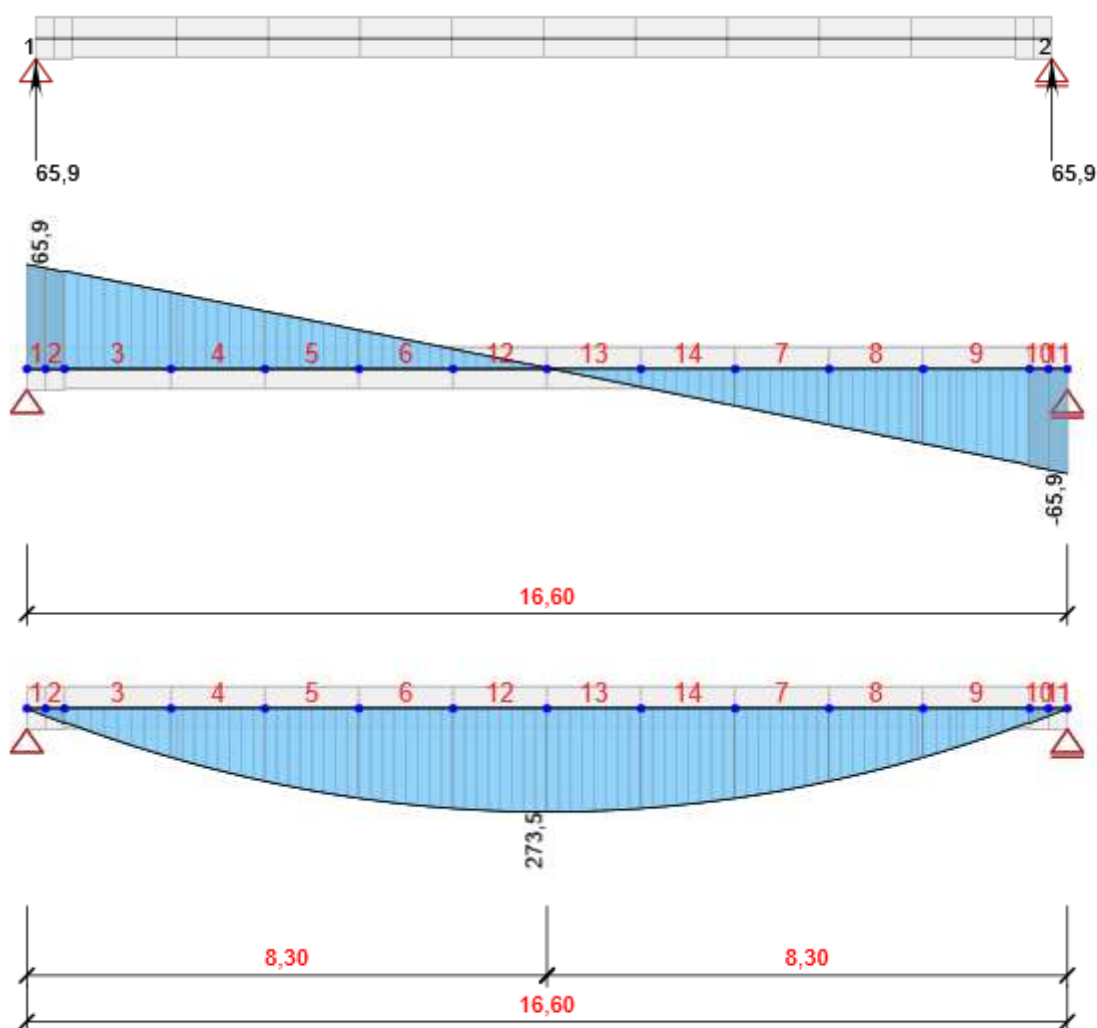
Chodník	$g_{1,\text{chod}} = h_{\text{cho}} \cdot b_z \cdot \gamma_{\text{žB}}$	$= 0,13 \cdot 1,64 \cdot 25 = 5,33 \text{ kN/m}$
Zábradlí a chráničky:	$g_{1,\text{záb}} = (\text{odhad})$	$= 0,7 \text{ kN/m}$
Kanalizace:	$g_{1,\text{chr}} = g_{\text{tr}} + A_{\text{tr}} \cdot \gamma_{\text{spla}} + g_{\text{izo}}$	$= 0,72 + 0,062 \cdot 15 + 1,5 \cdot 0,04 = 1,71 \text{ kN/m}$
Podpůrná kce:	$g_{1,\text{pp}} = (\text{odhad})$	$= 0,2 \text{ kN/m}$

Celkové liniové zatížení uvažované na jeden nosník:

$$g_{1,k} = 5,33 + 0,7 + 1,71 + 0,2 = 7,94 \text{ kN/m}$$



Obr. – Ostatní stálé zatížení – výstup z programu Idea StatiCa



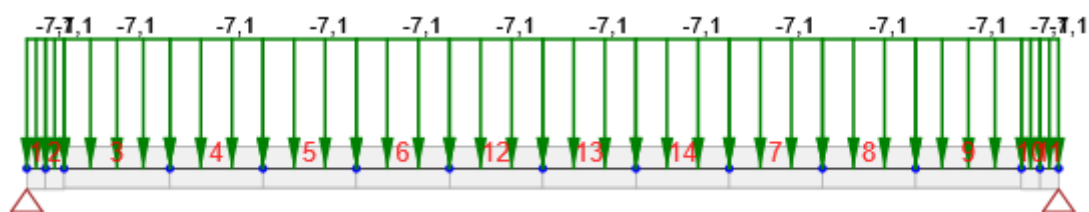
Obr. – Vnitřní síly od ostatního stálého zatížení – reakce R_{g1} (kN), posouvající síly V_{g1} (kN), ohybové momenty M_{g1} (kNm) - výstup z programu Idea StatiCa

8.3.1. Zatížení nahodilé – zatížení chodců

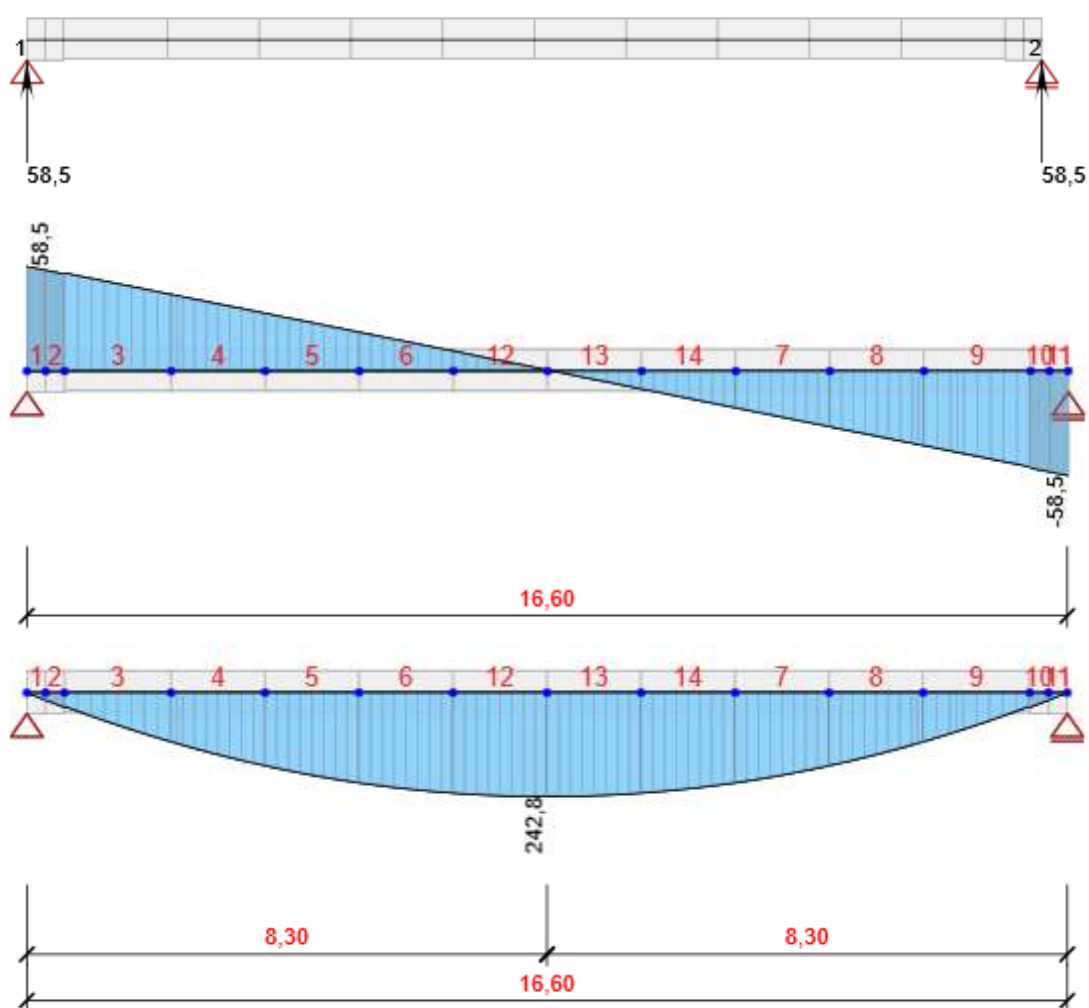
Zatížení vyvoláno chůzí chodců je uvažováno plošným zatížením o intenzitě $5,0 \text{ kN/m}^2$. Působení zatížení je uvažováno v celé volné šířce lávky. Zatěžovací šířka na jeden nosník je $b_{zch} = 1,41 \text{ m}$.

Zatížení na jeden nosník:

$$q_{ch} = 1,41 \cdot 5 = 7,05 \text{ kN/m}$$



obr. – Nahodilé zatížení chodci – výstup z programu Idea StatiCa



Obr. – Vnitřní síly od zatížení chodci – reakce R_q (kN), posouvající síla V_q (kN); ohybový moment M_q (kNm)
- výstup z programu Idea StatiCa

9. Stanovení zatížitelnosti – NK

Dynamické součinitele zatížení vozidly:

Náhradní délka $L_d = 16,60 \text{ m} \rightarrow$

$\rightarrow f = 90,6 \cdot L_d^{-0,923} = 6,78 \text{ Hz}$ (vlastní frekvence NK lávky) \rightarrow

$\delta = 1,10$... zatížení chodci

Součinitele zatížení a kombinace:

$\gamma_{G,sup} = 1,35$ stálé zatížení, nepříznivý účinek

$\gamma_{G,inf} = 1,00$ stálé zatížení, příznivý účinek

γ_Q	= 1,35 zatížení dopravou
γ_Q	= 1,50 ostatní proměnná zatížení (neuvažováno)
ξ	= 0,85 redukce stálého zatížení
ψ_0	= 0,75 kombinační součinitel hlavního nahodilého zatížení (zatížitelnost)

Dle ČSN EN 1990 je pro výpočet účinků zatížení rozhodující méně příznivá kombinace z následujících dvou výrazů 6.10a. a 6.10b.:

6.10a:

$$v_n = \frac{(M_{rd} - \gamma_G \cdot (M_{g0} + M_{g1}) + \gamma_p \cdot M_p)}{(\delta \cdot \gamma_G \cdot \psi_0 \cdot M_q)} = \frac{(M_{rd} - 1,35 \cdot (M_{g0} + M_{g1}) + 1,0 \cdot M_p)}{(1,1 \cdot 1,35 \cdot 0,75 \cdot M_q)}$$

6.10b:

$$v_n = \frac{(M_{rd} - \gamma_G \cdot \xi \cdot (M_{g0} + M_{g1}) + \gamma_p \cdot M_p)}{(\delta \cdot \gamma_G \cdot M_q)} = \frac{(M_{rd} - 1,35 \cdot 0,85 \cdot (M_{g0} + M_{g1}) + 1,0 \cdot M_p)}{(1,1 \cdot 1,35 \cdot M_q)}$$

Případně je možné použít na straně bezpečné kombinaci:

6.10:

$$v_n = \frac{(M_{rd} - \gamma_G \cdot (M_{g0} + M_{g1}) + \gamma_p \cdot M_p)}{(\delta \cdot \gamma_G \cdot M_q)} = \frac{(M_{rd} - 1,35 \cdot (M_{g0} + M_{g1}) + 1,0 \cdot M_p)}{(1,1 \cdot 1,35 \cdot M_q)}$$

9.1. Zatížitelnost – výpočet

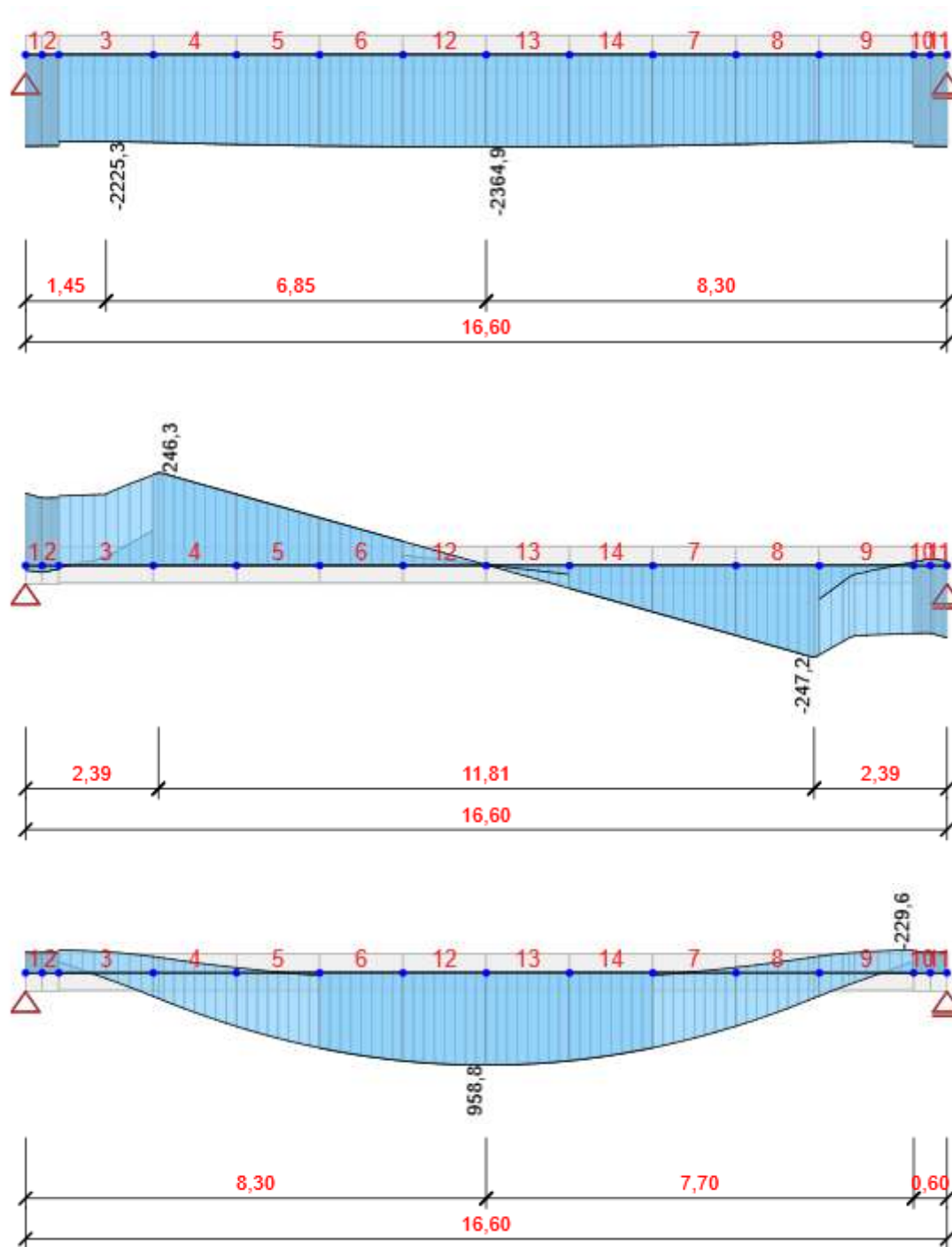
Únosnost nosníku byla ověřena v jednotlivých zónách vyztužení. Výsledné vnitřní síly od zatížení jsou vzhledem ke kolmosti lávky symetrické. Poloha zatížení byla volena s ohledem na výsledné průběhy vnitřních sil a vyztužení nosníku. Ve výpočtu se hledá taková kombinace zatížení, při které je dosaženo mezní hodnoty posuzovaného namáhání. Z výsledného násobitele vnitřní síly zatížení chodci se z rozhodující kombinace vypočte výsledná zatížitelnost. Výsledný násobitel v sobě zahrnuje součinitel zatížení i dynamický součinitel.

Zatěžovací stavy R obsahují vypočtení ztráty předpětí v jednotlivé fázi výstavby. Zatěžovací stavy označené písmenem G jsou prázdné - nulové. Tyto stavy jsou předdefinovány výpočetním programem.

9.1.2. Kombinace zatížení

Kombinace	Popis kritických účinků zatížení
MSÚ základní ST(4)(7)	SW (1) + R (2) + G (2) + POST (2) + R (3) + G (3) + R (4) + G (4)
MSÚ základní ST(7)(22)	1,15*SW (1) + R (2) + 1,15*G (2) + POST (2) + R (3) + 1,15*G (3) + R (4) + 1,15*G (4) + R (5) + G (5) + R (6) + 1,15*ZS3 Mostní svršek + 3,17*Chodci + R (7) + 1,15*G (7)
MSPCh ST(7)(32)	SW (1) + R (2) + G (2) + POST (2) + R (3) + G (3) + R (4) + G (4) + R (5) + G (5) + R (6) + ZS3 Mostní svršek + R (7) + G (7)
MSPK ST(7)(46)	SW (1) + R (2) + G (2) + POST (2) + R (3) + G (3) + R (4) + G (4) + R (5) + G (5) + R (6) + ZS3 Mostní svršek + R (7) + G (7)

Tab. – vybrané kritické kombinace pro posouzení řezů



obr. – Obálka vnitřních sil – zatížitelnost lávky – kombinace MSÚ

9.1.3. MSÚ – Ohybová únosnost

Pozice	Ned/Nrd1/Nrd2 [kN]	Medy/Mrd1y/Mrd2y [kNm]	Medz/Mrd1z/Mrd2z [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Řez 1 (0,50m)	1,7/ 13,3/ -5,0	169,9/ 1358,4/ -510,2	0,2/ 1,9/ -0,7	12,5	OK

Pozice	Ned/Nrd1/Nrd2 [kN]	Medy/Mrd1y/Mrd2y [kNm]	Medz/Mrd1z/Mrd2z [kNm]	Hodnota [%]	Posudek
Řez 2 (1,50m)	0,7/ 2,3/ -0,5	476,8/ 1504,8/ -338,9	0,3/ 0,9/ -0,2	31,7	OK
Řez 3 (3,00m)	0,3/ 0,5/ -0,1	863,4/ 1569,2/ -294,4	0,3/ 0,5/ -0,1	55,0	OK
Řez 4 (4,50m)	0,3/ 0,3/ -0,1	1149,6/ 1569,4/ -294,2	0,3/ 0,4/ -0,1	73,2	OK
Řez 5 (6,00m)	0,3/ 0,3/ -0,1	1341,2/ 1569,5/ -294,0	0,3/ 0,3/ -0,1	85,5	OK
Řez 6 (7,50m)	0,2/ 0,3/ -0,1	1438,3/ 1569,6/ -293,9	0,3/ 0,3/ -0,1	91,6	OK
Řez 7 (8,30m Vlevo)	0,2/ 0,3/ 0,0	1451,6/ 1569,6/ -293,9	0,3/ 0,3/ -0,1	92,5	OK
Řez 7 (8,30m Vpravo)	0,2/ 0,2/ 0,0	1451,6/ 1569,6/ -293,9	0,3/ 0,3/ -0,1	92,5	OK
Řez 8 (9,10m)	0,2/ 0,3/ 0,0	1437,6/ 1569,6/ -293,9	0,3/ 0,3/ -0,1	91,6	OK
Řez 9 (10,60m)	0,2/ 0,3/ -0,1	1339,4/ 1569,5/ -294,0	0,3/ 0,3/ -0,1	85,3	OK
Řez 10 (12,10m)	0,2/ 0,3/ -0,1	1146,6/ 1569,4/ -294,1	0,3/ 0,4/ -0,1	73,1	OK
Řez 11 (13,60m)	0,2/ 0,4/ -0,1	859,2/ 1569,2/ -294,4	0,3/ 0,5/ -0,1	54,8	OK
Řez 12 (15,10m)	2,1/ 6,7/ -1,5	477,7/ 1504,5/ -339,0	0,3/ 0,9/ -0,2	31,8	OK
Řez 13 (16,10m)	2,0/ 15,7/ -5,9	170,2/ 1358,2/ -510,5	0,2/ 1,9/ -0,7	12,5	OK

9.1.4. MSÚ – Smyková únosnost

Pozice	V _{Ed} [kN]	V _{Rd,c} [kN]	V _{Rd,max} [kN]	V _{Rd,s} [kN]	V _{Rd} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Řez 1 (0,50m)	181,9	267,8	1187,0	345,8	345,8	52,6	OK
Řez 2 (1,50m)	193,1	193,3	1034,2	315,3	315,3	61,3	OK
Řez 3 (3,00m)	222,3	193,4	1038,3	315,3	315,3	70,5	OK
Řez 4 (4,50m)	159,3	193,4	973,5	294,5	294,5	54,1	OK
Řez 5 (6,00m)	96,2	193,4	1039,7	313,7	313,7	30,7	OK
Řez 6 (7,50m)	33,2	193,4	1065,4	321,2	321,2	10,3	OK
Řez 7 (8,30m Vlevo)	0,4	193,4	1045,7	315,3	315,3	0,1	OK
Řez 7 (8,30m Vpravo)	0,4	193,4	1045,7	315,3	315,3	0,1	OK
Řez 8 (9,10m)	34,0	193,4	1065,3	321,2	321,2	10,6	OK
Řez 9 (10,60m)	97,0	193,4	1039,0	313,5	313,5	31,0	OK
Řez 10 (12,10m)	160,0	193,4	972,4	294,2	294,2	54,4	OK

Pozice	V _{Ed} [kN]	V _{Rd,c} [kN]	V _{Rd,max} [kN]	V _{Rd,s} [kN]	V _{Rd} [kN]	Hodnota [%]	Posudek
Řez 11 (13,60m)	223,1	193,4	1038,3	315,3	315,3	70,8	OK
Řez 12 (15,10m)	190,3	232,1	1034,7	315,3	315,3	60,4	OK
Řez 13 (16,10m)	181,8	267,7	1187,8	345,8	345,8	52,6	OK

9.1.5. MSÚ – Interakce

Pozice	N _{Ed} [kN]	M _{Edy} [kNm]	M _{Edz} [kNm]	V _{Ed} [kN]	T _{Ed} [kNm]	Hodnota		Posudek
						V+T [%]	V+T+M [%]	
Řez 1 (0,50m)	-2310,9	-107,6	-6,4	181,9	-0,4	48,4	100,0	OK
Řez 2 (1,50m)	-2226,4	76,7	-6,0	193,1	-0,2	56,4	72,3	OK
Řez 3 (3,00m)	-2272,6	406,5	-6,2	222,3	0,0	64,9	100,0	OK
Řez 4 (4,50m)	-2317,5	675,7	-6,3	159,3	0,0	49,8	100,0	OK
Řez 5 (6,00m)	-2347,5	855,9	-6,5	96,2	0,0	28,2	100,0	OK
Řez 6 (7,50m)	-2362,7	947,2	-6,5	33,2	0,0	9,5	100,0	OK
Řez 7 (8,30m Vlevo)	-2364,9	959,7	-6,5	0,4	0,0	0,1	100,0	OK
Řez 7 (8,30m Vpravo)	-2364,9	959,7	-6,5	0,4	0,0	0,1	100,0	OK
Řez 8 (9,10m)	-2362,7	946,6	-6,5	34,0	0,0	9,7	100,0	OK
Řez 9 (10,60m)	-2347,2	854,2	-6,5	97,0	0,0	28,5	100,0	OK
Řez 10 (12,10m)	-2317,0	672,9	-6,3	160,0	0,0	50,1	100,0	OK
Řez 11 (13,60m)	-2271,9	402,7	-6,2	223,1	0,0	65,1	100,0	OK
Řez 12 (15,10m)	-2231,7	76,3	-6,0	190,3	0,2	55,5	72,3	OK
Řez 13 (16,10m)	-2320,5	-108,5	-6,4	181,8	0,4	48,4	100,0	OK

9.1.6. MSP – Šířka trhlín

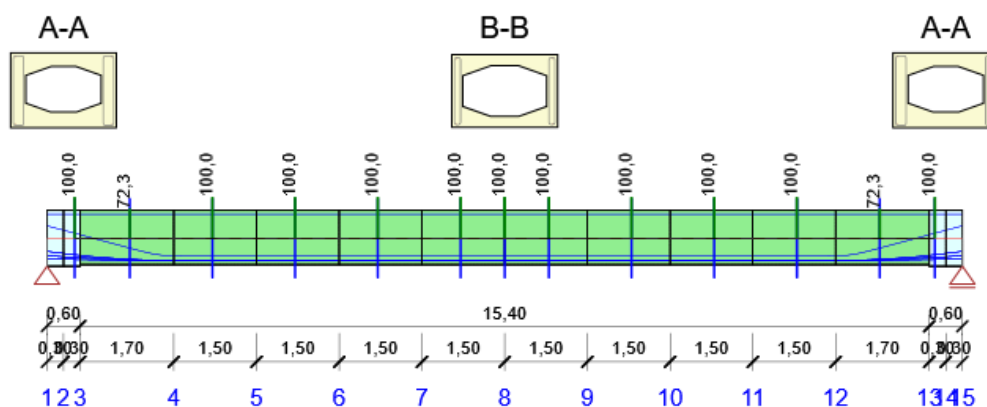
Pozice	Kombinace	d _e [mm]	d _{e,lim} [mm]	Hodnota [%]	Posudek
Řez 1 (0,50m)	Kvazi,sup	276	100	36,2	OK
Řez 2 (1,50m)	Kvazi,sup	252	100	39,7	OK
Řez 3 (3,00m)	Kvazi,sup	581	100	17,2	OK
Řez 4 (4,50m)	Kvazi,sup	1911	100	5,2	OK
Řez 5 (6,00m)	Kvazi,inf	1007	100	9,9	OK
Řez 6 (7,50m)	Kvazi,inf	662	100	15,1	OK
Řez 7 (8,30m Vlevo)	Kvazi,inf	629	100	15,9	OK
Řez 7 (8,30m Vpravo)	Kvazi,inf	629	100	15,9	OK
Řez 8 (9,10m)	Kvazi,inf	666	100	15,0	OK
Řez 9 (10,60m)	Kvazi,inf	1028	100	9,7	OK
Řez 10 (12,10m)	Kvazi,sup	1814	100	5,5	OK

Pozice	Kombinace	d_e [mm]	$d_{e,lim}$ [mm]	Hodnota [%]	Posudek
Řez 11 (13,60m)	Kvazi,sup	560	100	17,9	OK
Řez 12 (15,10m)	Kvazi,sup	252	100	39,7	OK
Řez 13 (16,10m)	Kvazi,sup	276	100	36,2	OK

9.1.7. MSP – Omezení napětí

Pozice	Typ posudku	Část průřezu	Bod		σ [MPa]	σ_{lim} [MPa]	Hodnota [%]	Posudek
			X [mm]	Y [mm]				
Řez 1 (0,50m)	7.2(5)-Char	Kabel	350	296	885,6	1237,5	71,6	OK
Řez 2 (1,50m)	7.2(5)-Char	Kabel	350	280	873,8	1237,5	70,6	OK
Řez 3 (3,00m)	7.2(5)-Char	Kabel	350	280	848,3	1237,5	68,5	OK
Řez 4 (4,50m)	7.2(5)-Char	Kabel	105	-280	855,4	1237,5	69,1	OK
Řez 5 (6,00m)	7.2(5)-Char	Kabel	105	-280	886,9	1237,5	71,7	OK
Řez 6 (7,50m)	7.2(2)-Char,inf	Vlákno betonu	-480	330	-22,5	-30,0	75,1	OK
Řez 7 (8,30m Vlevo)	7.2(2)-Char,inf	Vlákno betonu	-480	330	-22,9	-30,0	76,3	OK
Řez 7 (8,30m Vpravo)	7.2(2)-Char,inf	Vlákno betonu	-480	330	-22,9	-30,0	76,3	OK
Řez 8 (9,10m)	7.2(2)-Char,inf	Vlákno betonu	-480	330	-22,5	-30,0	75,1	OK
Řez 9 (10,60m)	7.2(5)-Char	Kabel	105	-280	886,3	1237,5	71,6	OK
Řez 10 (12,10m)	7.2(5)-Char	Kabel	105	-280	855,0	1237,5	69,1	OK
Řez 11 (13,60m)	7.2(5)-Char	Kabel	350	280	849,3	1237,5	68,6	OK
Řez 12 (15,10m)	7.2(5)-Char	Kabel	350	280	873,9	1237,5	70,6	OK
Řez 13 (16,10m)	7.2(5)-Char	Kabel	350	296	885,8	1237,5	71,6	OK

9.1.8. Souhrn výsledků na řezích



obr. – Souhrnné posouzení řezů – normální zatížitelnost

Pozice	Vyztužení	Rozhodující typ posudku	Hodnota [%]	Posudek
Řez 1 (0,50m)	A-A	Interakce	100,0	OK
Řez 2 (1,50m)	B-B	Interakce	72,3	OK
Řez 3 (3,00m)	B-B	Interakce	100,0	OK
Řez 4 (4,50m)	B-B	Interakce	100,0	OK
Řez 5 (6,00m)	B-B	Interakce	100,0	OK
Řez 6 (7,50m)	B-B	Interakce	100,0	OK
Řez 7 (8,30m Vlevo)	B-B	Interakce	100,0	OK
Řez 7 (8,30m Vpravo)	B-B	Interakce	100,0	OK
Řez 8 (9,10m)	B-B	Interakce	100,0	OK
Řez 9 (10,60m)	B-B	Interakce	100,0	OK
Řez 10 (12,10m)	B-B	Interakce	100,0	OK
Řez 11 (13,60m)	B-B	Interakce	100,0	OK
Řez 12 (15,10m)	B-B	Interakce	72,3	OK
Řez 13 (16,10m)	A-A	Interakce	100,0	OK

Mezní hodnota využití průřezu: 100,0 %

O zatížitelnosti rozhoduje interakce normálové síly, ohybového a smykového namáhání průřezu.

Výsledná normální zatížitelnost je:

$$q_n = 3,17 / (1,35 \cdot 1,1) = 2,13$$

$$V_a = 5,0 \cdot 2,13 = 10,65 \text{ kN/m}^2$$

10. Zatížitelnost prefabrikovaných desek mostovky

Podhled prefabrikovaných železobetonových desek mostovky lávky je nepřístupný. Diagnostickým průzkumem byly ověřeny pouze rozměry desek a beton byl pouze informativně zařazen do pevnostní třídy betonu C16/20. Desky mají rozměr 1190x500x70. Dle dostupných materiálů (stavební tabulky, M.Rochla) neodpovídají rozměry používaným PZD deskám. Druh, průměr a korozivní oslabení průřezu výztuže nebylo zjištěno. U desek u kterých byla odpadnuta celá krycí vrstva, bylo viděno 6 ks výztužných vložek.

Z těchto důvodů není možné jednoznačně stanovit zatížitelnost desek mostovky. Projektant předpokládá, že desky byly navrženy pro potřeby pozemního stavitelství a jsou navrženy na plošné nahodilé zatížení o intenzitě 150 - 350 kg/m².

Tato skutečnost je podpořena výpočtem zatížitelnosti desky s následujícími předpoklady:

- Výztuž byla použita průměru 5,5 mm, z hladké oceli E návrhová hodnota pevnosti oceli je: $f_{yd} = 180 \text{ MPa}$
- Pevnost betonu v tlaku odpovídá pevnostní třídě C16/20. Výpočtová pevnost betonu je: $f_{ck} = 16 \text{ MPa} \Rightarrow f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_M = 0,9 \cdot 16 / 1,5 = 9,6 \text{ MPa}$
- Krytí výztuže je 20 mm
- Rozpětí desky je $L_d = (1,19 - 0,07) = 1,12 \text{ m}$

10.1. Výpočet únosnosti prefabrikované desky

Prefabrikované desky 1190x490x70 mm

$$\begin{aligned} h &= 0,070 \text{ m} && (\text{výška desky}) \\ b &= 0,49 \text{ m} && (\text{šířka prefabrikátu}) \\ A_{s1} &= \Phi 5,5 \times 4 \text{ ks} = 0,95 \cdot 10^{-4} && (\text{hladká výztuž}) \\ c &= 20 \text{ mm} && (\text{krytí}) \end{aligned}$$

$$d = h - (c + \Phi/2) = 0,07 - (0,02 + 0,006/2) = 0,047 \text{ m}$$

$$x = A_{s1} \cdot f_{yd} / (0,8 \cdot b \cdot f_{cd}) = 0,95 \cdot 10^{-4} \cdot 180 / (0,8 \cdot 0,49 \cdot 9,6) = 0,0045 \text{ m}$$

$$z_s = d - 0,4 \cdot x = 0,047 - 0,4 \cdot 0,0045 = 0,045 \text{ m}$$

$$M_{Rd} = A_{s1} \cdot f_{yd} \cdot z_s = 0,95 \cdot 10^{-4} \cdot 180 \cdot 10^3 \cdot 0,045 = 0,769 \text{ kNm}$$

$$\underline{\underline{M_{Rd} = 0,769 \text{ kNm}}}$$

10.2. Zatížení prefabrikovaných desek

Na prefabrikovaných deskách je uloženo souvrství chodníku složené z litého asfaltu a asfaltového betonu. Celková tloušťka včetně desek je $h_d = 130 \text{ mm}$. Objemová tíha je uvažována pro všechny materiály rovna $\gamma_{chod} = 25 \text{ kN/m}^3$. Moment od stálých složek zatížení se vypočte:

$$M_{g,d,k} = 1/8 \cdot b \cdot h_d \cdot \gamma_{chod} \cdot L_d^2 = 1/8 \cdot 0,5 \cdot 0,13 \cdot 25 \cdot 1,12^2 = 0,255 \text{ kNm}$$

Moment od jednotkového nahodilého zatížení:

$$M_{q,d,k} = 1/8 \cdot b \cdot q_{chod} \cdot L_d^2 = 1/8 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1,12^2 = 0,078 \text{ kNm}$$

10.3. Výpočet zatížitelnosti

Kombinace zatížení bude použita 6.10 dle ČSN EN 1990. Dynamický součinitel bude uvažován hodnotou $\delta = 1,1$. Zatížitelnost desky se vypočte:

$$V_k = (M_{rd} - \gamma_g \cdot M_{g,d,k}) / (\gamma_g \cdot \delta \cdot M_{q,d,k}) = (0,769 - 1,35 \cdot 0,255) / (1,35 \cdot 1,1 \cdot 0,078) = 3,66 \text{ kNm}$$

Zatížitelnost desek je pravděpodobně 350 kg/m^2 . Tato hodnota je pouze **informativní**. Bez ověření druhu a průměru výztuže nelze jednoznačně zatížitelnost určit.

11. Závěr

Výpočet zatížitelnosti lávky byl proveden podrobným statickým výpočtem (označení Vv) podle ČSN 73 6222. Zatížitelnost byla stanovena pro hlavní předpjaté MPD nosníky a byla stanovena informativní zatížitelnost prefabrikovaných desek mostovky.

Diagnostický průzkum určil pevnostní třídu betonu MPD nosníků a zhodnotil stav předpínací výztuže.

Podle poslední hlavní prohlídky ze dne 30.3.2021 je stavební stav spodní stavby hodnocen stupněm V – špatný a stavební stav nosné konstrukce stupněm VI – velmi špatný, použitelnost je hodnocena stupněm 4 – omezeně použitelný. Koeficient stavebního stavu nestanoven.

Vzhledem k závěrům poslední hlavní prohlídky a zjištěným závadám na některých kusech prefabrikovaných desek je nutná redukce zatížitelnosti v důsledku zjištěného stavebního stavu. Redukce zatížitelnosti prefabrikovaných desek bude provedena součinitelem $\alpha = 0,4$. Zatížitelnost MPD nosníků vzhledem k jejich uspokojivému stavu nebude redukována.

	Zatížitelnost [kg/m²] alfa = 1,0	Zatížitelnost [kg/m²] alfa = 0,8	Zatížitelnost [kg/m²] alfa = 0,6	Zatížitelnost [kg/m²] alfa = 0,4
Předpjatý MPD nosník	1065	-	-	-
Prefabrikovaná deska 1190x290x90	350	280	210	140
Výsledná zatížitelnost:	350	280	210	140

Výsledná zatížitelnost lávky je tedy 140 kg/m².

Pokud je zatížitelnost lávek pro pěší menší než 4 kN/m² (400 kg/m²) předepisuje ČSN 73 6222 omezit pěší provoz na lávce informativní tabulkou nebo zúžením volné šířky. Doporučujeme tedy na lávce osadit informativní tabulku s textem, že lávka je ve špatném stavebním stavu a s uvedením max. počtu 10 osob na lávce.

Ostrava, prosinec 2021

Vypracoval: Ing. Marek Volf

Kontroloval: Ing. Pavel Kurečka