

Statický výpočet

Obsah :

1.	ÚVOD.....	1
1.1.	VŠEOBECNĚ	1
1.2.	POPIS KONSTRUKCE.....	2
1.3.	PŘEDPOKLADY VÝPOČTU	2
2.	STATICKÝ VÝPOČET	2
2.1.	GEOMETRIE.....	2
2.2.	ZATÍŽENÍ.....	4
2.2.1.	Stálé zatížení.....	4
2.2.2.	Pohyblivé zatížení.....	4
2.2.3.	Zatížení sněhem	4
2.3.	VÝPOČET VNITŘNÍCH SIL A POSOUZENÍ PRVKŮ.....	5
2.3.1.	Hlavní nosníky	5
2.3.2.	Mostovka.....	6
2.3.3.	Úložný trám	6
2.3.4.	Založení	6
2.3.5.	Hlavní nosníky povalového chodníku	7
2.3.6.	Kotvení zábradlí	7
3.	ZÁVĚR.....	8

1. Úvod

1.1. Všeobecně

Jedná se o lávku pro pěší v intravilánu města Nový Bor v Novoborské Amazonii. Objekt je součástí stavby cyklostezky Lípa-Bor na kole. Lávka převádí stezku pro pěší a cyklisty v části tvořené povalovým chodníkem přes koryto potoka Šporka.

1.2. Popis konstrukce

Lávka pro pěší je celodřevěná, o jednom prostě uloženém šikmém poli charakteru roštu ze čtyř lepených nosníků s dřevěnou mostovkou z fošen. Uložení je řešeno na roznášecí dřevěný rošt, resp. koncové úložné příčníky na roznášecím šterkopiskovém polštáři. Šikmost pravá 74° je docílena posunem nosníků na osu uložení, fošny mostovky jsou přitom kladeny kolmo na nosníky. Teoretické rozpětí hlavních nosníků je 9.3m, osová vzdálenost nosníků činí kolmo 94cm. Volná šířka lávky je 3.0m, délka úložných příčníků je v šikmém směru 4.8m.

1.3. Předpoklady výpočtu

Předpokládá se provádění bez těžké techniky, která se na podmáčeném podloží na stavbu nedostane bez nákladného zpevnění ploch. Tomu je uzpůsoben i návrh konstrukce.

Konstrukce je navržena jako poddajná, měkká na kroucení. Pak lze předpokládat, že drobné poklesy v základové spáře nevnesou přídavné napětí do nosné konstrukce ani nedojde k významnější redistribuci vnitřních sil.

Třída lepeného dřeva hlavních nosníků se předpokládá GL24, fošny mostovky se předpokládají z modřínových fošen třídy C24. Na podružné části konstrukce lávky, jako je zábradlí, se předpokládá použití modřínového dřeva třídy C24. V případě použití materiálu nižší třídy, bude nutno nosné profily přeposoudit.

Dle zadání se předpokládá nízká hustota provozu pěších, která opravňuje uvažovat nejnižší možné nahodilé zatížení.

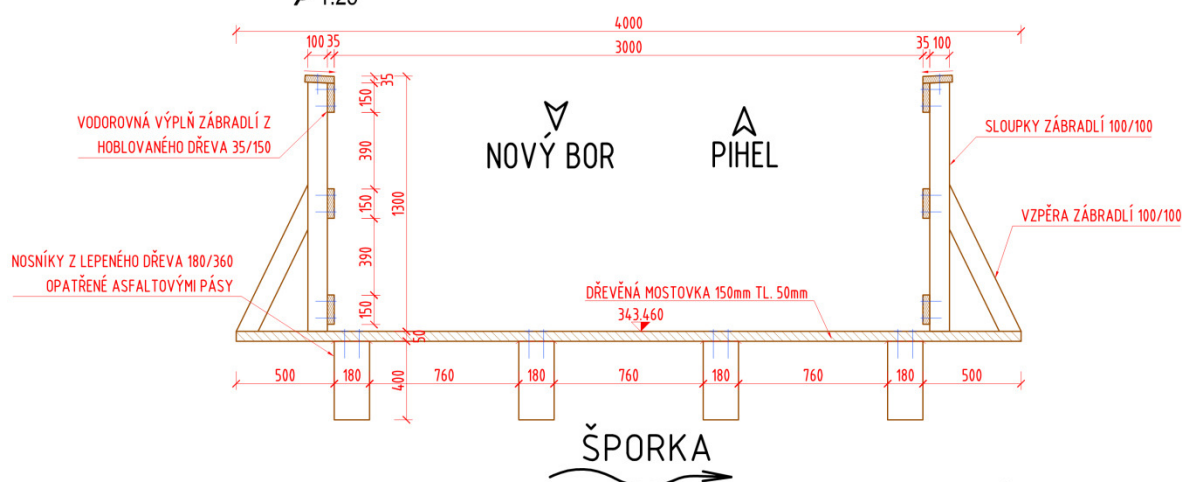
2. Statický výpočet

2.1. Geometrie

Tvar a základní rozměry mostu jsou patrné z přiložených schémat. Model hlavních trámů nosné konstrukce je zvolen jako prostý nosník.

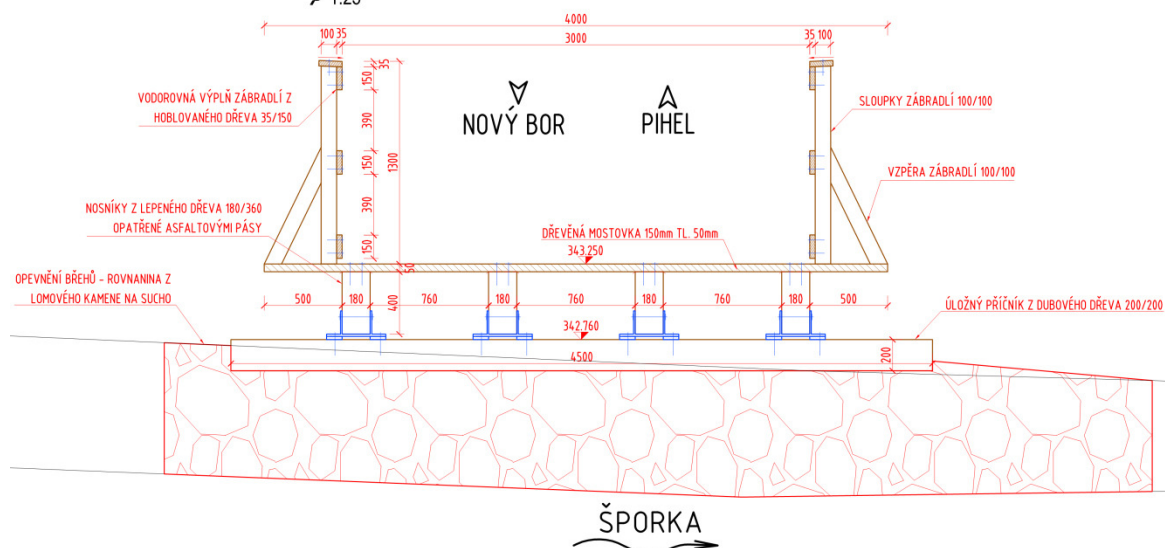
↑ PŘÍČNÝ ŘEZ, VE STŘEDU ROZPĚTÍ

Ø 1:25

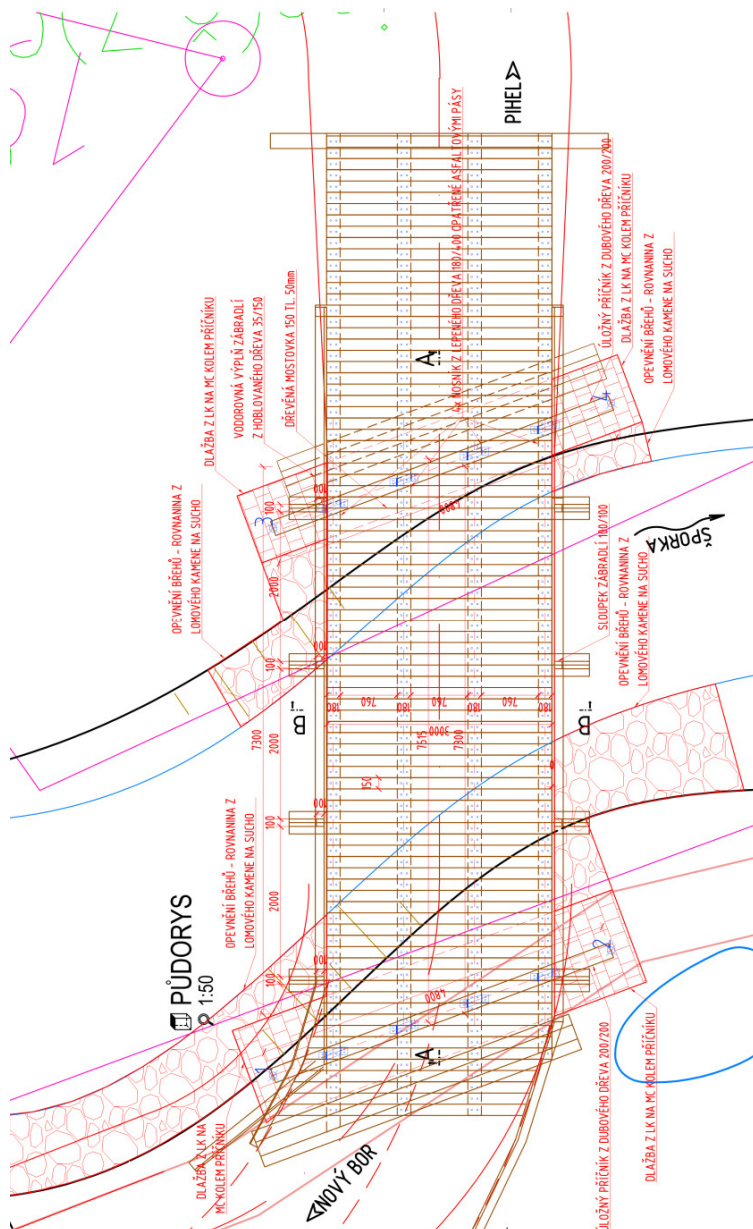


PRÍČNÝ ŘEZ, U BŘEHU

1:25



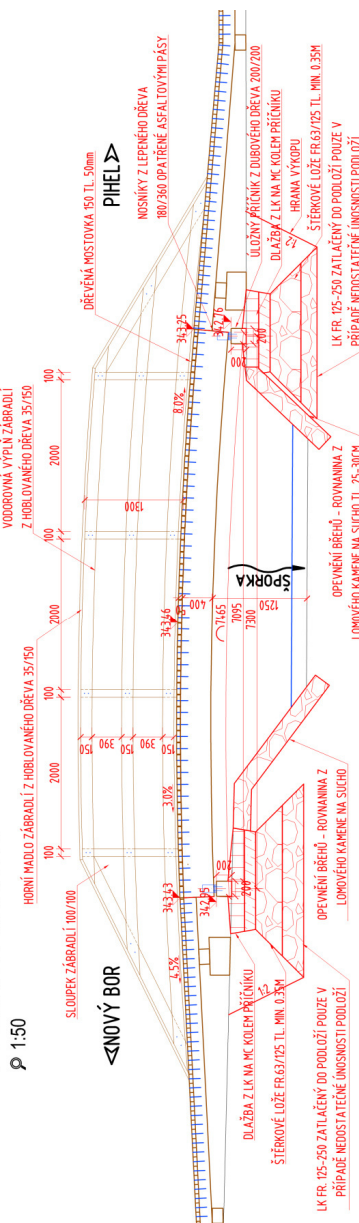
ŠPORKA



PŮDORYS
1:50

PODÉLNÝ ŘEZ, A-A

1:50



2.2. Zatížení

2.2.1. Stálé zatížení

Zatížení vlastní tíhou nosné konstrukce je uvažováno započtením tíhy hlavní nosné konstrukce, dřevěné mostovky a zábradlí. Výpočet je proveden pro celou nosnou konstrukci, roznos na jednotlivé prvky je proveden při návrhu a posouzení.

$$q_{\text{hlavní nosníky } 4 \times 180/390} = 0.18 \cdot 0.39 \cdot 7.0 = 0.491 \text{ kN/m nosníku}$$

$$q_{\text{mostovka tl.50}} = 0.05 \cdot 0.94 \cdot 7.0 = 0.329 \text{ kN/m nosníku}$$

$$q_{\text{zábradlí}} = 6 \cdot 0.15 \cdot 0.05 \cdot 7.0 = 0.315 \text{ kN/m krajního nosníku}$$

$$q_{g \text{ vl.tíha}} = 0.491 + 0.329 + 0.315 = 1.135 \text{ kN/m nosníku}$$

2.2.2. Pohyblivé zatížení

Návrhové zatížení lávky je dle zadání a s ohledem na předpokládanou hustotu provozu uvažováno sníženou minimální hodnotou 2.5 kN/m^2 . Podle ČSN EN 1991-2 pro zatížení pěším provozem je rozmezí od 2.5 do 5.0 kN/m^2 v závislosti na zatěžovací délce. Pro návrh mostovky z fošen se uvažuje osamělé břemeno 2.0 kN , které odpovídá hmotnosti osoby 200 kg na jedné noze na jedné fošně. Obslužné ani servisní vozidlo není uvažováno.

$$p_p \text{ pěší} = 0.94 \cdot 2.5 = 2.35 \text{ kN/m nosníku}$$

2.2.3. Zatížení sněhem

Zatížení sněhem není rozhodující. Kombinaci s pohyblivým zatížením neuvažují, nepředpokládá se plné zatížení na plně zasněžené lávce, při aplikaci součinitele kombinace zatížení tato kombinace nerozhoduje.

2.3. Výpočet vnitřních sil a posouzení prvků

2.3.1. Hlavní nosníky

Výpočet hlavních nosníků je proveden ručně na modelu prostého nosníku. Uvažuje se přitom střední nosník s největší sběrnou šířkou rovnoměrného zatížení.

Posouzení normálového napětí:

$$q_{g \text{ vl tíha}} = 0.491 + 0.329 + 0.315 = 1.135 \text{ kN/m nosníku}$$

$$M_{gd} = \frac{1}{8} \cdot 1.135 \cdot 9.3^2 \cdot 1.35 = 16.56 \text{ kNm}$$

$$q_{p-\text{pěší}} = 2.5 \cdot 0.94 = 2.35 \text{ kN/m nosníku}$$

$$M_{pd} = \frac{1}{8} \cdot 2.35 \cdot 9.3^2 \cdot 1.5 = 38.11 \text{ kNm}$$

$$M_d = 16.56 + 38.11 = 54.67 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{160 \times 400} = \frac{54.67 \cdot 6}{0.18 \cdot 0.39^2} = 11981 \text{ kPa} \cong 12.0 \text{ MPa}$$

$$f_{myd \text{ GL 24-normové}} = \frac{24}{1.25} \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 1.0 = 14.0 \text{ MPa}$$

Profil hlavních nosníků 180x390 vyhovuje z lepeného dřeva třídy GL 24.

Posouzení smykového napětí:

$$q_{g \text{ vl tíha}} = 0.491 + 0.329 + 0.315 = 1.135 \text{ kN/m nosníku}$$

$$Q_{gd} = \frac{1}{2} \cdot 1.135 \cdot 9.3 \cdot 1.35 = 7.12 \text{ kN}$$

$$q_{p-\text{pěší}} = 2.5 \cdot 0.94 = 2.35 \text{ kN/m nosníku}$$

$$Q_{pd} = \frac{1}{2} \cdot 2.35 \cdot 9.3 \cdot 1.5 = 16.39 \text{ kN}$$

$$Q_d = 7.12 + 16.39 = 23.51 \text{ kN}$$

$$\tau_{180 \times 360} = \frac{3 \cdot 23.51}{2 \cdot 0.18 \cdot 0.39} = 502 \text{ kPa} \cong 0.50 \text{ MPa}$$

$$f_{mvd \text{ GL 24}} = \frac{2.7 \cdot 0.7}{1.25} = 1.51 \text{ MPa}$$

Smyková napětí v nosníku 180x390 z GL 24 vyhovují.

Posouzení průhybů:

$$I_{180 \times 390} = \frac{1}{12} \cdot 0.18 \cdot 0.39^3 = 0.000889785 \text{ m}^4$$

$$q_{g \text{ vl tíha}} = 0.491 + 0.329 + 0.315 = 1.135 \text{ kN/m nosníku}$$

$$v_g = \frac{5}{384} \cdot \frac{1.135 \cdot 9.3^4}{11600000 \cdot 0.000889785} = 0.0107 \text{ m}$$

$$q_{p-\text{pěší}} = 2.5 \cdot 0.94 = 2.35 \text{ kN/m nosníku}$$

$$v_p = \frac{5}{384} \cdot \frac{2.35 \cdot 9.3^4}{11600000 \cdot 0.0008533} = 0.0222 \text{ m}$$

$$v_{lim} = \frac{9.3}{300} = 0.0310 \text{ m}$$

Průhyby nosníků 180x390 z GL 24 vyhovují na pohyblivé zatížení.

2.3.2. Mostovka

Výpočet trámů mostovky je proveden ručně na modelu prostého nosníku. Rozhodující zatížení je osamělé břemeno 1.5kN na jednu fošnu mostovky. Vlastní tíha je přitom zanedbána.

Posouzení normálového napětí:

$$M_{pd} = \frac{1}{4} \cdot 1.5 \cdot 0.94 \cdot 1.5 = 0.53 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{120 \times 50} = \frac{0.53 \cdot 6}{0.12 \cdot 0.05^2} = 10600 \text{ kPa} = 10.6 \text{ MPa}$$

$$f_{myd \text{ C24}} = \frac{24}{1.25} \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 1.0 = 13.99 \text{ MPa}$$

Mostovka vyhovuje z modřínového dřeva třídy C24 z fošen 120x50.

2.3.3. Úložný trám

Pokud bude úložný trám položen přímo na roznášecím štěrkopískovém polštáři, je namáhání trámu vypočtené z reakcí pod trámy roznesených na délku úložných trámů. Uvažují prostý nosník s ohledem na možnost deformace či prasknutí nebo jiné poškození.

$$R_d = Q_d = 7.12 + 16.39 = 23.51 \text{ kN}$$

$$q_d = \frac{23.15}{1.0} = 23.15 \text{ kN/m}$$

Posouzení normálového napětí:

$$M_d = \frac{1}{8} \cdot 23.15 \cdot 1.0^2 = 2.89 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{140 \times 200} = \frac{2.89 \cdot 6}{0.2 \cdot 0.2^2} = 2168 \text{ kPa} \cong 2.2 \text{ MPa}$$

$$f_{myd \text{ D30}} = \frac{30}{1.25} \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 0.9 = 15.7 \text{ MPa}$$

Profil úložného příčnicku 200x200 z D30 vyhovuje i pro uložení na roznášecím štěrkopískovém polštáři.

2.3.4. Založení

Únosnost základové spáry:

Napětí pod úložným prahem je opět stanoveno z maximální reakce toznesené na osovou vzdálenost ložisek a šířku úložného trámu:

$$R_d = Q_d = 7.12 + 16.39 = 23.51 \text{ kN}$$

$$q_d = \frac{23.15}{1.0} = 23.15 \text{ kN/m}$$

$$\sigma_{z-\text{pod prahem}} = \frac{23.15}{0.2} = 116 \text{ Pa} < R_{d-S4} = 175 \text{ kPa}$$

$$\sigma_{z-\text{pod roznášecím polštářem}} = \frac{23.15}{1.3} = 18 \text{ kPa} < R_{d-F8} = 40 \text{ kPa}$$

Uložení úložného trámu vyhovuje za předpokladu roznosu sil přes roznášecí vrstvy dlažby a štěrkopískového polštáře ze zeminy třídy alespoň S4 celkové tloušťky 65cm. Roznos pak zajistí snížení napětí na podkladu, který pak vyhoví i v případě nejhorší zeminy třídy F8.

2.3.5. Hlavní nosníky povalového chodníku

Posouzení normálového napětí:

$$q_{\text{hlavní nosníky } 120/160} = 0.12 \cdot 0.16 \cdot 9 = 0.17 \text{ kN/m}$$

$$q_{\text{mostovka tl.50}} = 0.05 \cdot 1.0 \cdot 9 = 0.45 \text{ kN/m}$$

$$q_{g \text{ vl.tíha}} = 0.17 + 0.45 = 0.62 \text{ kN/m}$$

$$M_{gd} = \frac{1}{8} \cdot 0.62 \cdot 4.0^2 \cdot 1.35 = 1.67 \text{ kNm}$$

$$q_{p-\text{pěší}} = 2.5 \cdot 1.0 = 2.50 \text{ kN/m}$$

$$M_{pd} = \frac{1}{8} \cdot 2.5 \cdot 4.0^2 \cdot 1.5 = 7.50 \text{ kNm}$$

$$M_d = 1.67 + 7.50 = 9.17 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{120 \times 160} = \frac{9.17 \cdot 6}{0.12 \cdot 0.16^2} = 17910 \text{ kPa} \cong 17.9 \text{ MPa}$$

$$f_{myd \text{ D30}} = \frac{30}{1.25} \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 19.5 \text{ MPa}$$

Profil hlavních nosníků haťového chodníku vyhovuje 120x160 z dubového dřeva třídy D30.

2.3.6. Kotvení zábradlí

Sloupky zábradlí po 2.1m budou kotveny ke dvěma prodlouženým fošnám mostovky. Zatížení uvažováno pro silniční dopravně bezpečnostní zábradlí hodnotou 0.3kN/m.

$$M_{\text{sloupek}} = 1.3 \cdot 2.1 \cdot 0.3 = 0.82 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{2 \times 120 \times 50} = \frac{0.82 \cdot 6}{2 \cdot \frac{0.12 \cdot 0.05^2}{24}} = 8200 \text{ kPa} = 8.2 \text{ MPa}$$

$$f_{myd \text{ C24}} = \frac{24}{1.25} \cdot 0.9 \cdot 0.9 \cdot 1.0 \cdot 1.0 = 15.5 \text{ MPa}$$

3. Závěr

Návrh je proveden dle zadání s ohledem na předpoklad nízké hustoty provozu pěších. Jako návrhové zatížení je aplikováno minimální možné nahodilé zatížení pěším provozem a to 250kg/m^2 . Zatížení servisním vozidlem ani lehkým vozidlem osobním či údržbovým není uvažováno, mostovka není navržena na kolové tlaky, ale jen na 150kg hmotnosti jednoho chodce.

Konstrukce lávky i navazujícího haťového chodníku je řešena jako poddajná, měkká na kroucení, která snese případné drobné poklesy v základové spáře a nedojde přitom k významnější redistribuci vnitřních sil.

Třída lepeného dřeva hlavních nosníků bude z GL24, mostovka a zábradlí z modřínových fošen třídy C24.

Za materiálových a geometrických předpokladů uvedených výše jednotlivé prvky konstrukce vychází následovně:

- Hlavní nosníky lávky z lepeného dřeva GL 24 profil 180×390 .
- Mostovka lávky z modřínového dřeva třídy C24 z fošen 120×50 .
- Úložný příčník 200×200 z dubového dřeva D30.
- Roznášecí štěrkový polštář ze zeminy třídy min.S4 s dlažbou celk.tl.65cm
- Zemina pod polštářem třídy min.F8 s únosností min. 40kPa/m^2 .
- Hlavní nosníky haťového chodníku z dubového dřeva třídy D30 profil 120×160 .
- Sloupky zábradlí po 2.0m budou kotveny ke dvěma fošnám mostovky.

V Liberci, dne 23.4.2024
Vypracoval Ing.T.Humpal