

**Kroměříž – Most ev.č. 01-48-c-M03,
Most přes potok Zacharka na ulici Na Hrázi**



Statický výpočet



28.7.2013

V Praze 20.7.2013

Vypracoval : Ing. Michal Drahorád, Ph.D.

Obsah :

	Část	Počet stran
TZ	Technická zpráva	4
A	Geometrie konstrukce	4
B	Zatížení	8
C	Nosná konstrukce	8
D	Stanovení zatížitelnosti	7
	Celkem	31

TZ – TECHNICKÁ ZPRÁVA

OBJEKT : Kroměříž, most ev.č. 01-48-c-M03
Oprava mostu přes potok Zacharka na Ulici Na Hrázi v Kroměříži
ZADAVATEL : Město Kroměříž
Velké náměstí 115, 767 01 Kroměříž

1. ÚVOD

Předmětem tohoto statického výpočtu je návrh nové nosné konstrukce silničního mostu přes potok Zacharka v ulici Na Hrázi v Kroměříži.

2. POPIS KONSTRUKCE

Stávající konstrukce

Konstrukce stávajícího silničního mostu je směrově nerozdělená, tvořená deskovou ocelobetonovou konstrukcí z válcovaných ocelových nosníků I č.22 a 27. Monolitická část je bedněna prefabrikovanými betonovými deskami uloženými kolmo mezi ocelovými nosníky. Šikmost konstrukce je 84,1^º. Konstrukce je na zděných kamenných opěrách s cementovou omítkou uložena prostě. Založení stávajícího mostu je plošné.

Koncepce opravy mostu

Stávající nosná konstrukce bude v rámci opravy mostu snesena a nahrazena novou monolitickou deskovou konstrukcí. Stávající opěry, včetně křídel, budou sanovány, na horní hraně opěr bude zřízen nový úložný práh. Nová nosná konstrukce bude na opěry uložena prostě, přímo přes vrstvu nepískované lepenky.

Nová nosná konstrukce

Nová nosná konstrukce je navržena jako monolitická šikmá desková konstrukce s proměnnou výškou respektující příčné spády převáděné komunikace. V rámci návrhu byla zachována stávající světlost mostního otvoru (cca 3,0 m - šikmo). Kolmé rozpětí nosné konstrukce je 3,406 m, šikmost mostu je 84,1^º. Tloušťka nosné konstrukce je $0,2 \div 0,322$ m, příčný spád na mostě je střešovitý 2,5 % s protispádem 4% v místě říms. V místech uložení je navržen koncový příčník tloušťky $0,3 \div 0,4$ m. Na mostě jsou navrženy oboustranné římsy šířky 0,8 m s ocelovým zábradlím výšky 1,1 m. Chodníky na mostě nejsou navrženy. Vozovka na mostě je třívrstvá, tloušťky 130 mm. Geometrie navržené nosné konstrukce je uvedena v části A tohoto statického výpočtu.

Materiály nosné konstrukce (podle ČSN EN 1992-1-1)

Beton nosné konstrukce	C30/37
Betonářská výztuž	B 500B

3. METODIKA STATICKÉHO VÝPOČTU

Model konstrukce

Nosná konstrukce je modelována jako desková s uvážením skutečného průběhu tloušťek v příčném řezu. Materiálové parametry modelu byly stanoveny na základě normových vlastností použitých materiálů podle ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-2. Geometrie modelu odpovídá navrženým rozměrům nosné konstrukce mostu. Uložení konstrukce je liniové, uvažované v ose krajních příčníků. Geometrie modelu konstrukce je uvedena v části A tohoto statického výpočtu.

Stávající spodní stavba a založení mostu nevykazují žádné poruchy. V rámci tohoto stupně dokumentace se proto předpokládá jejich dostatečná únosnost a nejsou tak předmětem tohoto statického výpočtu.

Zatížení konstrukce

Zatížení nosné konstrukce je uvažováno podle jednotlivých částí ČSN EN 1991, přičemž proměnné dopravní zatížení je uvažováno pro skupinu pozemních komunikací 2 podle ČSN EN 1991-2. Hodnoty regulačních součinitelů a jsou uvažovány podle Změny Z3 ČSN EN 1991-2. Roznášení kolových zatížení je uvažováno jak v příčném tak i v podélném směru. Roznos zatížení je uvažován pod úhlem 45° do úrovně střednice desky mostovky.

Zatížení dopravou je na konstrukci umístěno do nejnepríznivější polohy, která je stanovena na základě pojezdů příslušných sestav zatížení po konstrukci. V příčném směru je zatížení dopravou umístěno v nejnepríznivější poloze z hlediska rozhodující tloušťky desky.

Hodnoty zatížení, geometrie a umístění dopravních zatížení a roznos zatížení jsou uvedeny v části B tohoto statického výpočtu.

Návrh a ověření nosné konstrukce

Návrh a ověření nosné konstrukce pro rozhodující případy namáhání jsou provedeny podle platných technických norem a předpisů, zejména ČSN EN 1992-1-1. Pro stanovení návrhových hodnoty účinků zatížení jsou použity kombinace účinků jednotlivých zatížení podle ČSN EN 1990. Protože se jedná o železobetonovou monolitickou konstrukci budovanou na skruži, je pro návrh a ověření nosné konstrukce použito pouze mezních stavů únosnosti. Návrh rozhodujících průřezů a ověření nosné konstrukce z hlediska mezních stavů je součástí části C tohoto statického výpočtu.

Zatížitelnost nové nosné konstrukce

Zatížitelnost nové nosné konstrukce je stanovena podrobným statickým výpočtem podle ČSN 73 6222. Při výpočtu jsou použity normové hodnoty odolností materiálů a nominální rozměry konstrukce. Po dokončení mostu musí být zatížitelnost mostu znovu stanovena na základě skutečně použitých materiálů a skutečných rozměrů konstrukce.

S ohledem na velikost mostu jsou výpočtem stanoveny zatížitelnosti normální a výhradní, zatížitelnost výjimečná je stanovena ze zatížitelnosti výhradní (viz část D tohoto statického výpočtu).

Zatížitelnosti mostu zhotoveného bez odchylek od projektové dokumentace jsou :

Normální	$V_n = 42 \text{ t}$	(3-nápravové vozidlo)
Výhradní	$V_r = 138 \text{ t}$	(6-ti nápravové vozidlo)
Výjimečná	$V_e = 208 \text{ t}$	(9-ti nápravové vozidlo)
Na jednu nápravu	$V_{aj} = 15,8 \text{ t}$	

4. ZÁVĚR

Nosná konstrukce je navržena na zatížení pozemních komunikací skupiny 2 podle platných technických norem soustavy ČSN EN. Na mostě není nutno po jeho dokončení osazovat dopravní značení omezující zatížitelnost.

5. POUŽITÉ PROGRAMY

- [1] Scia Engineer - Systém programů pro projektování a posuzování prutových a stěnodeskových konstrukcí, Scia CZ, 2010
- [2] AutoCAD 2007 - Kreslicí a projekční program – Autodesk, 2007
- [3] MS-EXCEL 2003 - Tabulkový procesor – Microsoft, 2003
- [4] MS-WORD 2003 - Textový editor – Microsoft, 2003

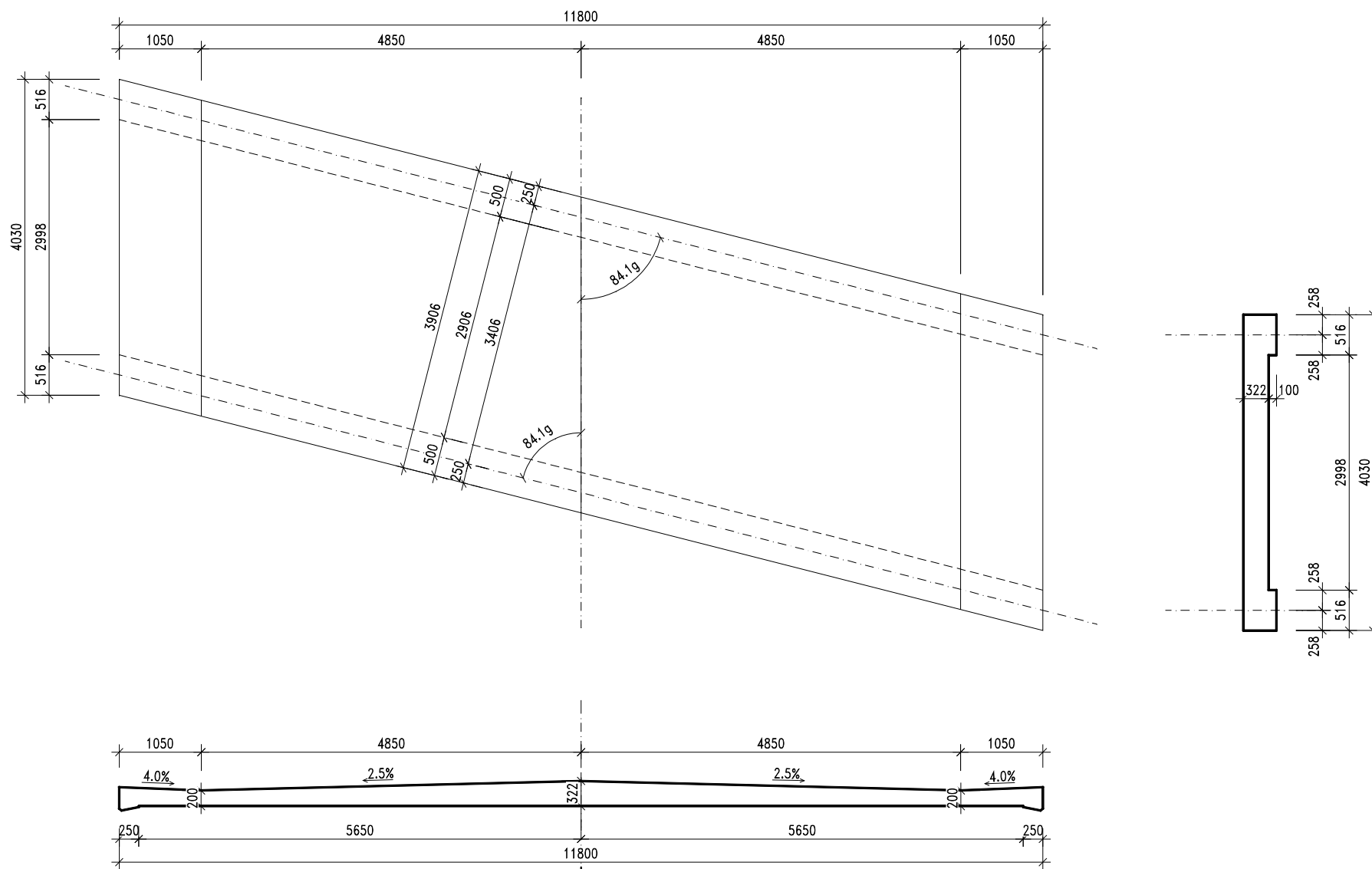
6. POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ČSN EN 1990 – Eurokód : Zásady navrhování konstrukcí, ÚNMZ 2004
- [2] ČSN EN 1991 – Eurokód 1 : Zatížení konstrukcí, ÚNMZ 2004
- [3] ČSN EN 1992 – Eurokód 2 : Navrhování betonových konstrukcí, ÚNMZ 2006
- [4] ČSN 73 6222 : Zatížitelnost mostů PK, ÚNMZ 2013

V Praze 20.7.2013

Ing. Michal DRAHORÁD, Ph.D.

A - GEOMETRIE KCE



Obr.A 2 – Tvar nosné konstrukce

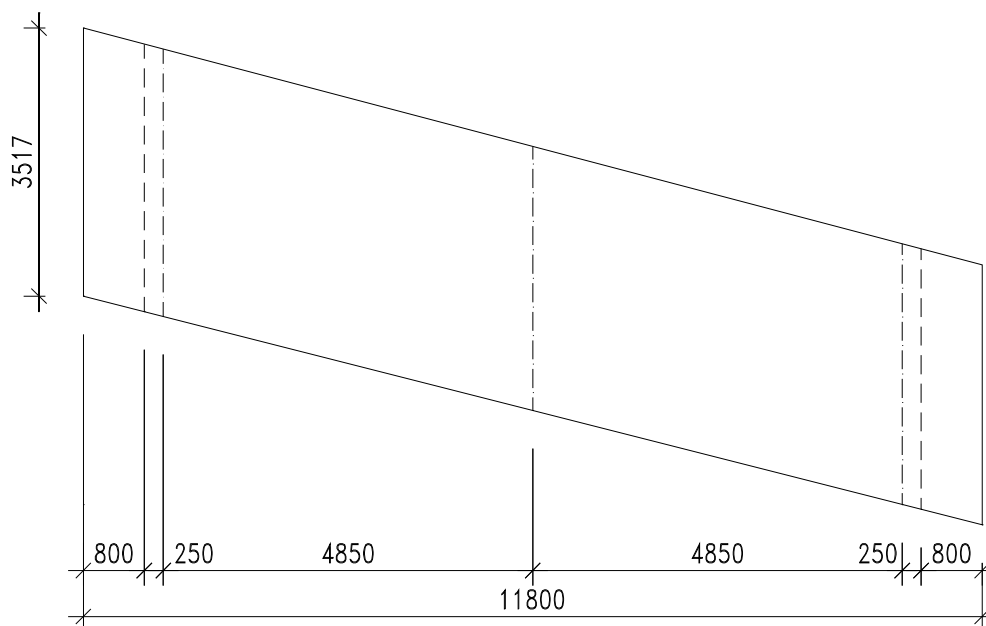
A2. MODEL PRO STATICKOU ANALÝZU

A2.1. Obecně

Chování nosné konstrukce mostu je analyzováno na deskostěnovém modelu. Následně jsou vyhodnoceny vnitřní síly a na tyto síly je navržena a posouzena výztuž.

A2.2. Deskostěnový model konstrukce

Deskostěnový model konstrukce je sestaven v programu SCIA Engineer 2010. Pro model jsou použity izoparametrické čtyřúhelníkové prvky zohledňující vliv smykové deformace desky (mindlinova teorie tlustých desek). Deska je modelována ve skutečném tvaru s proměnnou tloušťkou. Koncové příčnický nejsou do výpočtu zahrnuty. Geometrie plošného výpočetního modelu je patrná z Obr.A 3.



Obr.A 3 – Schéma plošného modelu konstrukce pro statickou analýzu

A2.3. Materiál nosné konstrukce

Materiál nosné konstrukce je uvažován podle předpokladů projektu, tj. nosná konstrukce z betonu C30/37 a výztuže B500B. Charakteristiky materiálů (pevnost, moduly pružnosti, atd.) pro návrh konstrukce jsou uvažovány podle ČSN EN 1992-1-1 a ČSN EN 1992-2.

B – ZATÍŽENÍ

B2. DOPRAVNÍ ZATÍŽENÍ

Pro návrh konstrukce se z proměnných zatížení dopravou uvažuje pouze zatížení modelem zatížení 1 (LM1) podle ČSN EN 1991-2. **Pro návrh je uvažováno zatížení pro mosty skupiny pozemních komunikací 2** (snížené hodnoty návrhových zatížení). Dynamické účinky zatížení jsou obsaženy v hodnotách zatížení a není třeba je vyčíslovat zvlášť.

B2.1. Rozdělení vozovky na zatěžovací pruhy

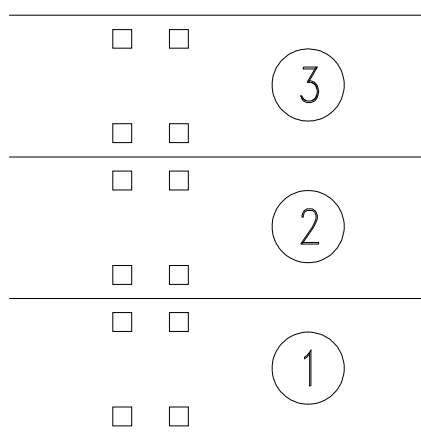
S ohledem na šířku vozovky na mostě (10,2 m mezi obrubníky) lze na vozovce umístit tři zatěžovací pruhy šířky 3,0 m (pruhy 1, 2 a 3) a zbývající plochu podle ČSN EN 1991-2. V těchto pruzích je potom umístěno zatížení rovnoměrné a zatížení vozidly. Zbývající plocha je zatížena pouze rovnoměrným zatížením o hodnotě 4,0 kN/m².

B2.1.1. Zatížení na vozovce

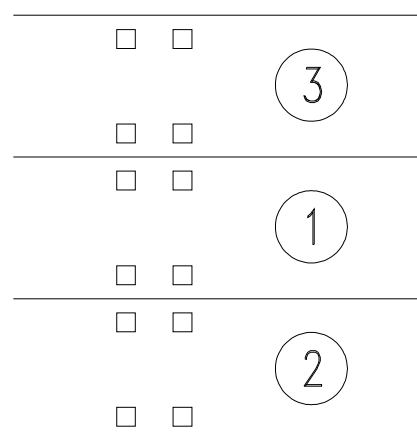
Zatížení na vozovce je uvažováno modelem zatížení 1 (LM1). Toto zatížení sestává z rovnoměrného zatížení a nápravových sil v pruzích. Velikost a poloha zatížení je odvislá od pruhu k vyhodnocovanému průřezu a účinkům zatížení.

Pro stanovení roznosu zatížení od dopravního zatížení jsou uvažovány dvě základní kombinace zatížení. První z nich je umístění nejtěžšího zatěžovacího pruhu (1) na okraj vozovky k odraznému proužku (viz Obr. B. 2), druhou potom umístění tohoto pruhu do středu vozovky (Obr. B. 3). Hodnoty zatížení náprav v jednotlivých pruzích a rovnoměrného zatížení v pruzích jsou uvedeny v následující tabulce a obsahují již regulační součinitel α podle NA ČSN EN 1991-2.

Zatěžovací pruh	Nápravový tlak	Rovnoměrné zatížení
1	240 kN	4,0 kN/m ²
2	160 kN	4,0 kN/m ²
3	80 kN	4,0 kN/m ²
Ostatní	-	4,0 kN/m ²



Obr. B. 2 – Rozmístění pruhů pro maximální účinek na okraji konstrukce



Obr. B. 3 – Rozmístění pruhů pro maximální účinek ve středu konstrukce

Konkrétně se rozhodující polohy zatížení pro rozhodující průřezy konstrukce stanoví „pojezdem“ zatížení po plošném modelu konstrukce v programu SCIA Engineer.

B2.1.2. Roznos zatížení na plošném modelu

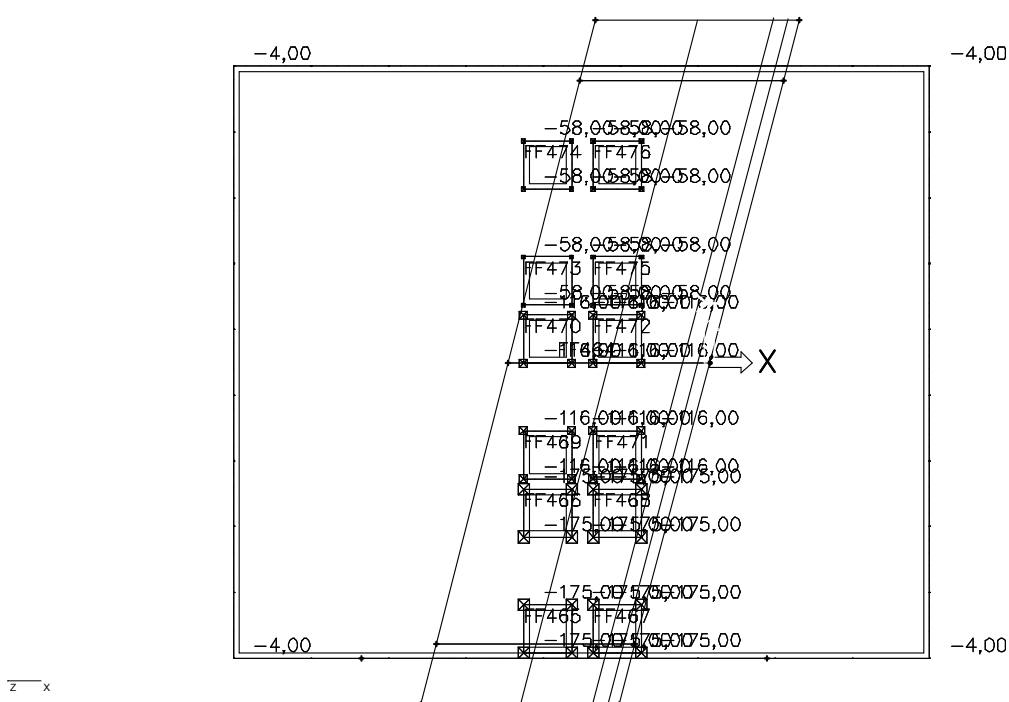
Protože výpočet vnitřních sil je proveden metodou konečných prvků na plošném modelu je zatížení z horního povrchu vozovky rozneseno do střednice modelované desky mostovky.

Tloušťka vozovky činí 130 mm, minimální tloušťka desky mostovky potom 200 mm. Poloviční tloušťka desky je potom 100 mm. Plný roznos zatížení do střednice idealizované desky mostovky potom činí $130 + 100 = 230$ mm. Oba rozměry rozneseného kola na konstrukci jsou potom $400 + 2 \times 230 = 860$ mm. Z hlediska zjednodušení výpočtu je stanovený roznos zatížení aplikován na celé konstrukci.

Zatížení ploch kola je uvedeno v sledující tabulce :

Zatěžovací pruh	Kolový tlak	Rozměr kola	Rovnoměrné zatížení
1	120 kN	860 x 860 mm	175 kN/m ²
2	80 kN	860 x 860 mm	116 kN/m ²
3	40 kN	860 x 860 mm	58 kN/m ²

Příklad umístění zatížení od dopravy po aplikaci roznášení včetně velikostí plošných zatížení je uvedeno na Obr. B. 4.



Obr. B. 4 – Schéma zatížení konstrukce dopravou, vč. roznášení kolových tlaků, poloha pro stanovení maxima na okraji konstrukce

B3. OSTATNÍ PROMĚNNÁ ZATÍŽENÍ

Ostatní zatížení (vítr, sníh, teplota, atd.) nejsou ve výpočtu uvažovány, protože jejich vliv na návrhové hodnoty vnitřních sil je zanedbatelný, a to jednak s ohledem na statické schéma konstrukce a jednak s ohledem na její umístění (výška nad terénem, apod.).

B4. ZATÍŽENÍ PRO VÝPOČET ZATÍŽITELNOSTI

Zatížení pro výpočet zatížitelnosti je stanoveno podle ČSN 73 6222. Při výpočtu zatížitelnosti se uvažují schémata pro stanovení zatížitelnosti normální a výhradní. Výjimečná zatížitelnost je s ohledem na velikost mostu a podobnost schématu se zatížením pro stanovení výhradní zatížitelnosti stanovena z maximálního kolového tlaku výhradní zatížitelnosti.

B4.1. Rozdělení vozovky na zatěžovací pruhy

Rozdělení vozovky na pruhy je shodné s článkem B2.1 tohoto statického výpočtu.

B4.2. Normální zatížitelnost

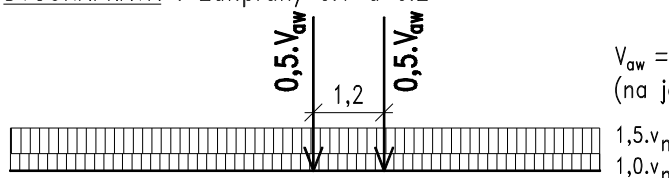
B4.2.1. Schéma zatížení

Schéma uspořádání zatížení pro stanovení normální zatížitelnosti je uvedeno na Obr. B. 5. Rozměry vozidel pro stanovení normální zatížitelnosti jsou uvedeny na Obr. B. 6.

TYP ZATÍŽENÍ

DVOUNÁPRAVA : Zat.pruhy č.1 a č.2

"1" – TĚŽKÉ



$$V_{aw} = 100v_n = 2 \times 50v_n \\ (\text{na jedno kolo } 25v_n)$$

JEDNODUCHÁ NÁPRAVA : Zat.pruhy č.3 a č.4

"2" – STŘEDNÍ



$$V_{ajw} = 50v_n \\ (\text{na jedno kolo } 25v_n)$$

ZBÝVAJÍCÍ PLOCHA ZAT.PROSTORU

"3" – LEHKÉ



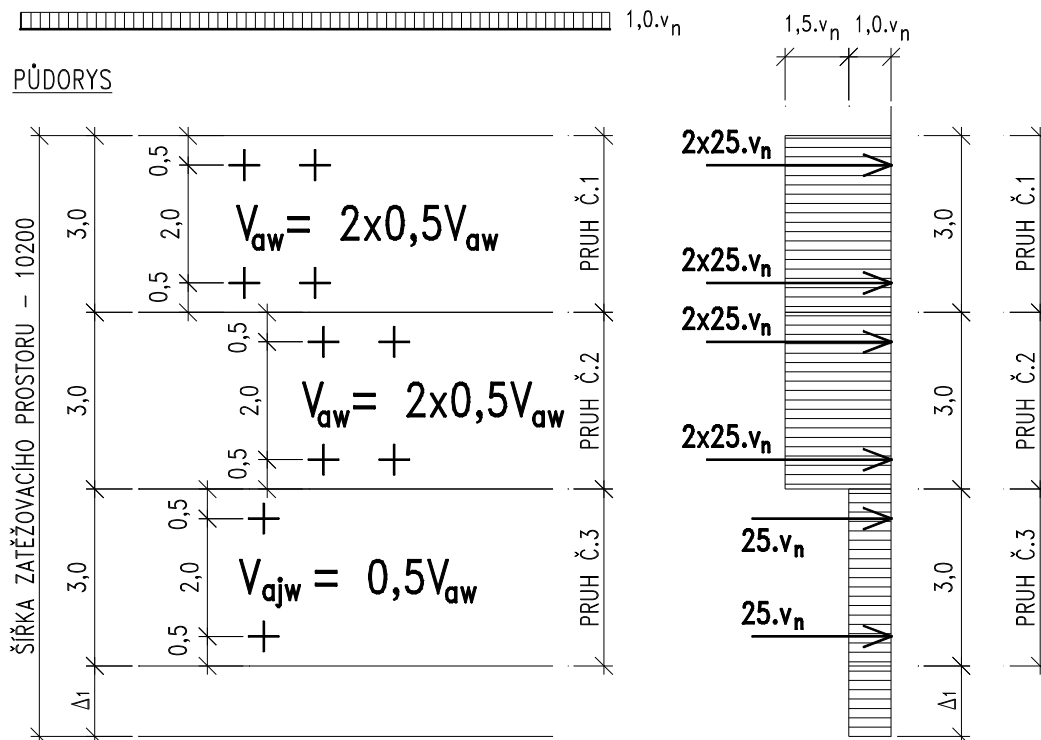
PŮDORYS

"1" – TĚŽKÉ

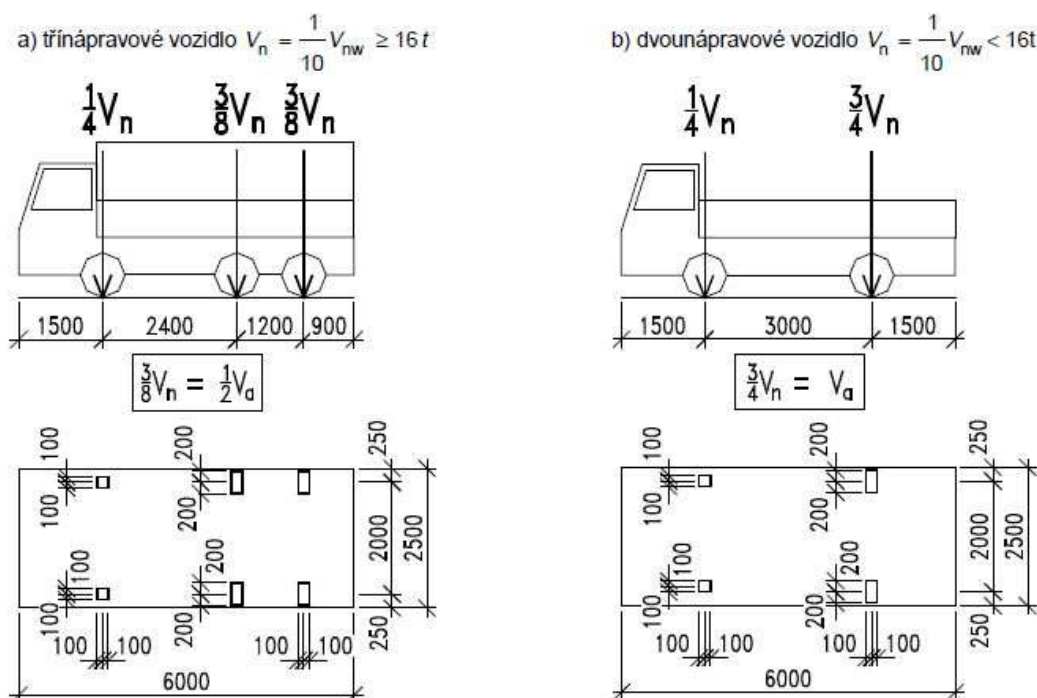
"1" – TĚŽKÉ

"2" – STŘEDNÍ

"3" – LEHKÉ



Obr. B. 5 – Schéma uspořádání zatížení pro stanovení normální zatížitelnosti – příklad pro umístění těžkých pruhů v okraji vozovky (rozměry v m)

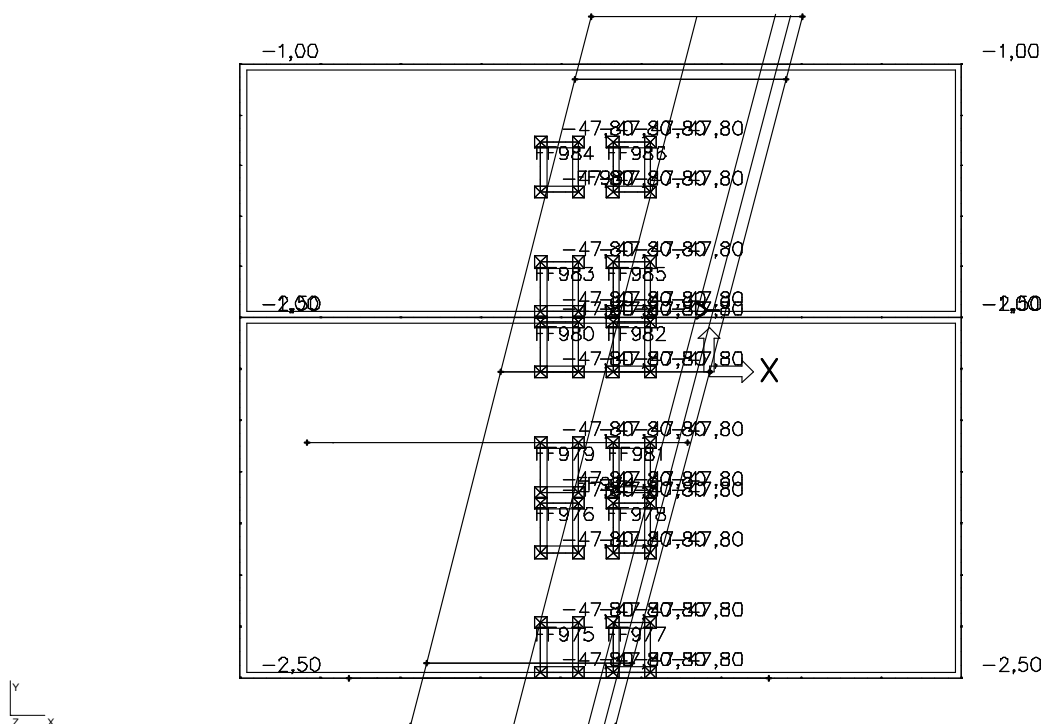


Obr. B. 6 – Podrobná schémata vozidel pro stanovení normální zatížitelnosti

B4.2.2. Zatížení modelu konstrukce

Roznášení zatížení je stanoveno obdobně jako pro model zatížení 1 v B2.1.2. Zatížení na jedno kolo je uvedeno v článku B4.2.1. Rovnoměrná zatížení připadající na dosedací plochu jednoho kola pro jednotková zatížení jsou uvedena v následující tabulce. Příklad umístění zatížení od dopravy po aplikaci roznášení včetně velikostí plošných zatížení je uvedeno na Obr. B. 7.

Zatěžovací pruh	Kolový tlak	Rozměr kola	Rovnoměrné zatížení
1, 2, 3	$25 V_n$	860 x 660 mm	$47,8 \text{ kN/m}^2$

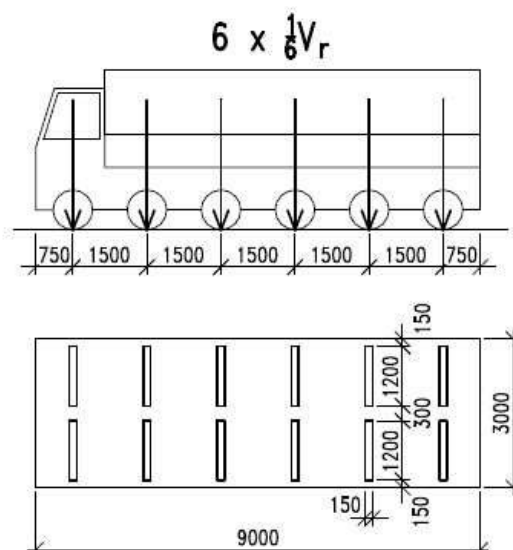


Obr. B. 7 – Normální zatížitelnost - Schéma zatížení konstrukce dopravou, vč. roznášení kolových tlaků, poloha pro stanovení maxima na okraji konstrukce

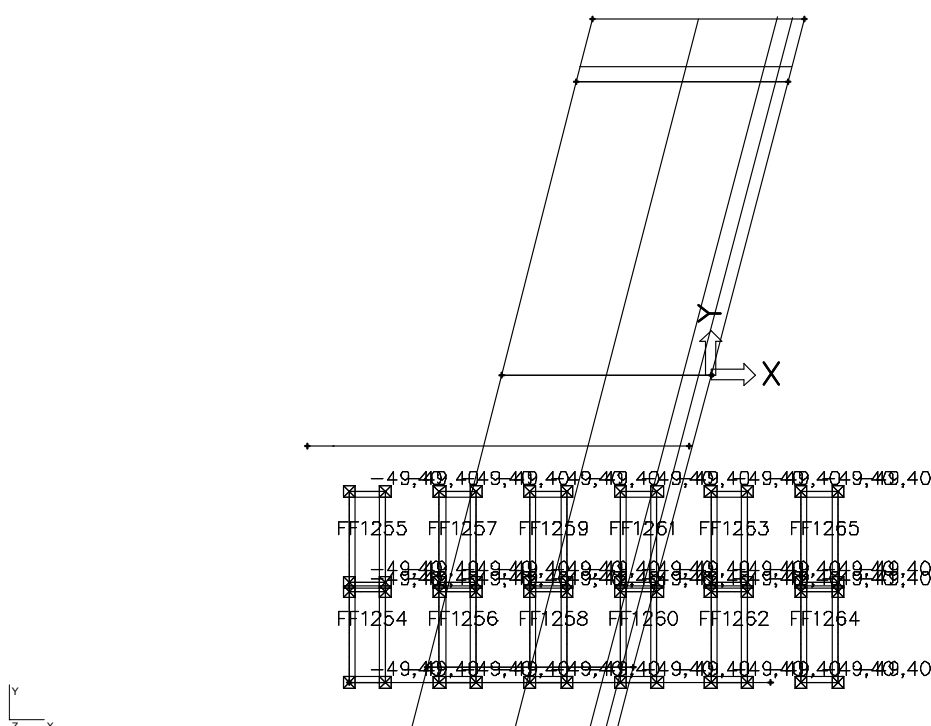
B4.3. Výhradní zatížitelnost

Schéma zatížení pro stanovení výhradní zatížitelnosti je uvedeno na Obr. B. 8. S ohledem na návrhové zatížení (dvě nápravy po 24 t – viz Obr. B. 4) se uplatnění jiných vozidel než 6-ti nápravového při stanovení výhradní zatížitelnosti neuvažuje. Jednotková tíha celého vozidla se pro potřeby výpočtu uvažuje hodnotou 600 kN. Roznášení kolových zatížení je uvedeno v B2.1.2, hodnoty kolových tlaků na dosedací plochu jsou uvedeny v následující tabulce.

Kolový tlak	Rozměr kola	Rovnoměrné zatížení
50 kN	1660 x 610 mm	49,4 kN/m ²



Obr. B. 8 – Schéma zatížení pro stanovení výhradní zatížitelnosti



Obr. B. 9 – Výhradní zatížitelnost - Schéma zatížení konstrukce dopravou, vč. roznášení kolových tlaků, poloha pro stanovení maxima na okraji konstrukce

B4.4. Dynamické účinky pro stanovení zatížitelnosti

Dynamické účinky zatížení se uvažují podle ustanovení ČSN 73 6222. Pro náhradní délku nosné konstrukce $L_d = 3,35$ m se uvažují dynamické součinitele podle následující tabulky :

Zatížitelnost	Dynamický součinitel
Normální	1,2
Výhradní	1,25

B5. KOMBINACE ZATÍŽENÍ PRO STATICKÝ VÝPOČET**B5.1. Návrh konstrukce**

Z hlediska návrhu konstrukce (jedná se o železobetonovou konstrukci) jsou pro stanovení návrhových hodnot zatížení vyčísleny pouze kombinace zatížení v mezním stavu únosnosti. Z hlediska mezní únosnosti jsou vyčísleny kombinace podle vztahu (6.10) podle ČSN EN 1990/A2. Součinitele zatížení a součinitele kombinace pro stanovení kombinací zatížení jsou uvedeny v následující tabulce :

Stav	Jméno	Součinitel zatížení γ_F	Redukční součinitel ξ	Součinitel kombinace		
				ψ_0	ψ_1	ψ_2
1	VI.tíha	1.35	0,85	-	-	-
2	Ost.stálé	1.35	0,85	-	-	-
3	Doprava – nápravové síly	1.35	-	0,75	0,75	0
4	Doprava – rovnoměrné zat.	1,35	-	0,40	0,40	0

B5.2. Stanovení zatížitelnosti

Pro stanovení zatížitelnosti se kombinace účinků zatížení uvažují podle zjednodušeného postupu plynoucího ze vztahu (6.10) ČSN EN 1990 – viz předchozí odstavec. Součinitel kombinace pro proměnné dopravní zatížení se uvažují podle ustanovení ČSN 73 6222, a to hodnotami $\psi_0 = \psi_1 = 0,75$.

C – NOSNÁ KONSTRUKCE

C1. ODOLNOST KONSTRUKCE

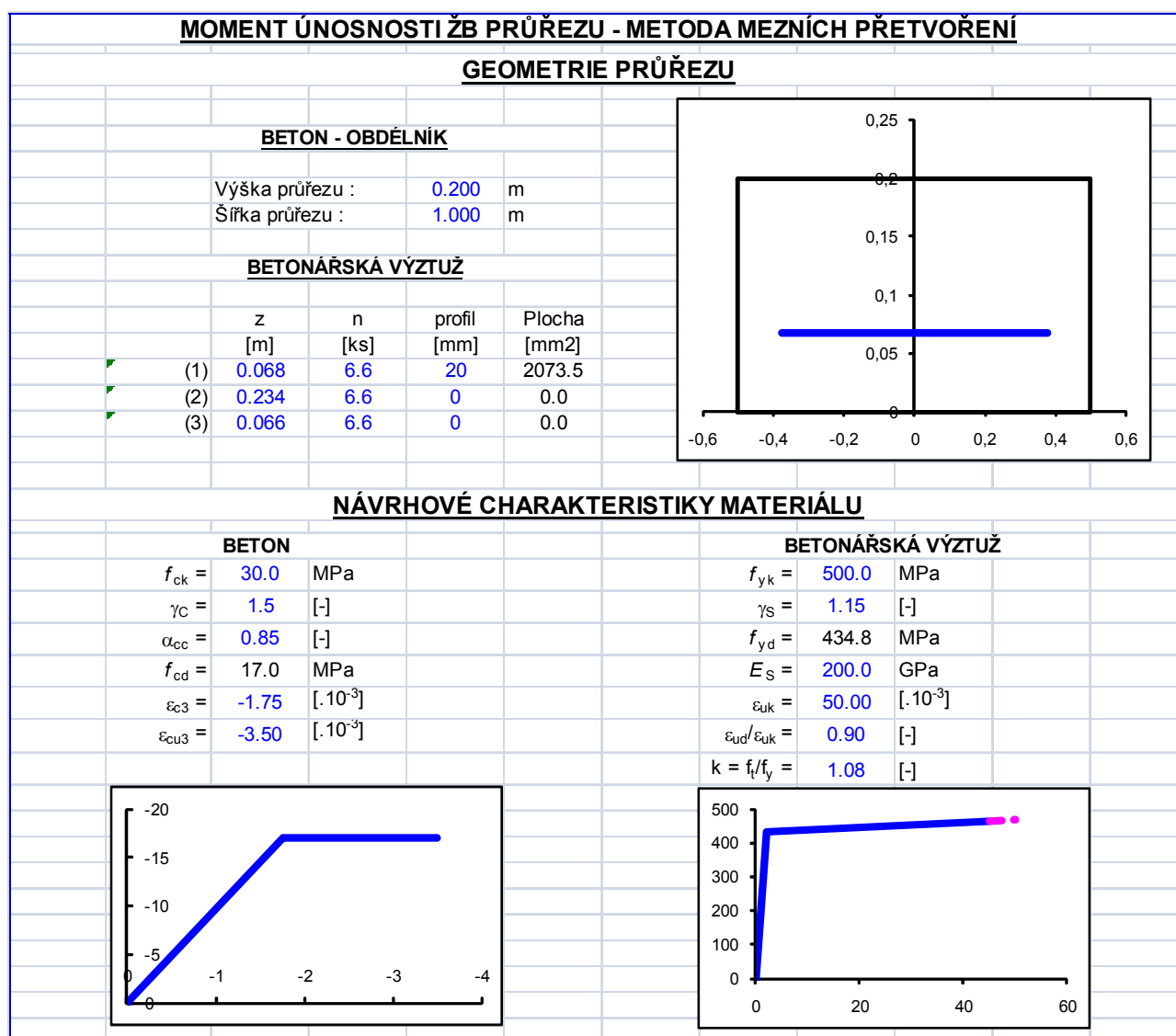
C1.1. Obecně

Odolnost konstrukce je stanovena pro dva základní stavy namáhání průřezu, pro ohyb a smyk. Odolnost (únosnost) průřezů konstrukce je stanovena podle zásad ČSN EN 1992, ohybová únosnost je stanovena metodou mezních přetvoření, smyková odolnost je stanovena na modelu náhradní příhradoviny.

C1.2. Ohybová odolnost průřezů

Ohybová odolnost průřezu je stanovena pro průřezy různých výšek se stejným vyztužením. Výztuž je v konstrukci uložena ve dvou směrech, které však na sebe nejsou kolmé. Hlavní ohybová výztuž (Ø20/150 mm) je uložena rovnoběžně s okraji nosné konstrukce, rozdělovací výztuž – příčná (Ø14/150 mm) je potom uložena rovnoběžně s osami uložení mostu. Směry výztuže jsou zohledněny při výpočtu návrhových vnitřních sil od zatížení, pro které je konstrukce posouzena (viz část C2).

Stanovení ohybové únosnosti nejnižšího průřezu desky v podélném směru je uvedeno v následující tabulce :



STANOVENÍ POLOHY NEUTRÁLNÍ OSY A MOMENTU ÚNOSNOSTI

Rozhodující materiál : **Beton**
 Poloha rozhodujících vláken : **0.200** [m]
 Přetvoření v rozhodujících vláknech : **-3.5** [$\cdot 10^{-3}$]
 Excentricita rozhodujících vláken : 0.071 [m]

Úprava polohy N.O.

+ 0,1 mm - 0,1 mm
 + 1,0 mm - 1,0 mm

Vzdálenost N.O. od spodních vláken **0.129** m

Materiál	Síla [MN]	ε_{\max} [$\cdot 10^{-3}$]	e [m]	M [MNm]	Posouzení
Beton	-0.903	-3.5	0.043	-0.039	Max.přetvoření betonu vyhovuje
Výztuž (1)	0.903	3.0	-0.061	-0.055	Max.přetvoření výztuže vyhovuje
Výztuž (2)	0.000	-5.2	0.105	0.000	Max.přetvoření výztuže vyhovuje
Výztuž (3)	0.000	3.1	-0.063	0.000	Max.přetvoření výztuže vyhovuje

Silová podmínka rovnováhy

Celkem 0.000 MN

Moment únosnosti průřezu na mezi únosnosti

$M_{Rd} = 0.094$ MNm

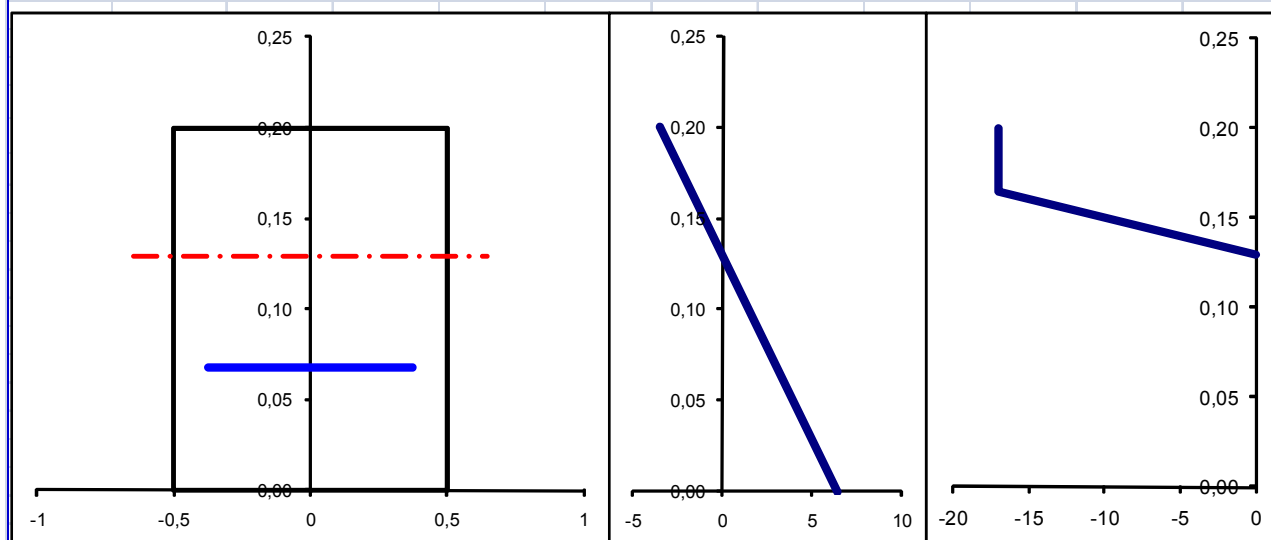
Rameno vnitřních sil :

z = 0.104 m

Poloha N.O.

Přetvoření

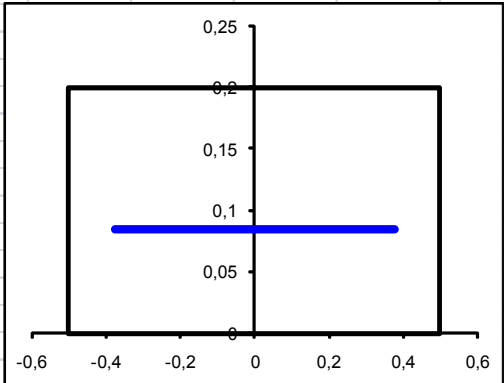
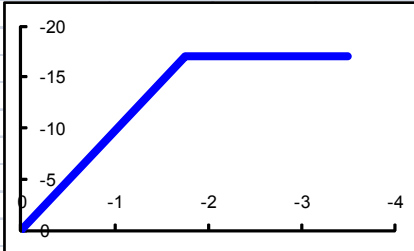
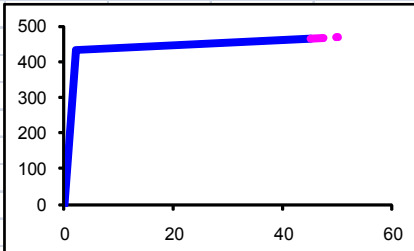
Napětí v betonu



Ohybová únosnost průřezů v závislosti na výšce desky je uvedena v následující tabulce :

H	Výztuž	M_{Rd}
[m]		[kNm]
0.2	Ø20/150	94
0.21	Ø20/150	103
0.22	Ø20/150	113
0.23	Ø20/150	122
0.24	Ø20/150	131
0.25	Ø20/150	140
0.26	Ø20/150	149
0.27	Ø20/150	158
0.28	Ø20/150	167
0.29	Ø20/150	177
0.3	Ø20/150	186

Stanovení ohybové únosnosti příčné výztuže s uvažáním navržených profilů spon (8 mm) a hlavní ohybové výztuže (20 mm) je uvedeno v následující tabulce :

MOMENT ÚNOSNOSTI ŽB PRŮŘEZU - METODA MEZNÍCH PŘETVOŘENÍ																																			
GEOMETRIE PRŮŘEZU																																			
BETON - OBDÉLNÍK																																			
Výška průřezu :		0.200	m																																
Šířka průřezu :		1.000	m																																
BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ																																			
	z	n	profil	Plocha																															
	[m]	[ks]	[mm]	[mm ²]																															
(1)	0.085	6.6	14	1016.0																															
(2)	0.234	6.6	0	0.0																															
(3)	0.066	6.6	0	0.0																															
																																			
NÁVRHOVÉ CHARAKTERISTIKY MATERIÁLU																																			
BETON			BETONÁŘSKÁ VÝZTUŽ																																
f_{ck} =	30.0	MPa	f_{yk} =	500.0	MPa																														
γ_c =	1.5	[-]	γ_s =	1.15	[-]																														
α_{cc} =	0.85	[-]	f_{yd} =	434.8	MPa																														
f_{cd} =	17.0	MPa	E_s =	200.0	GPa																														
ε_{c3} =	-1.75	[.10 ⁻³]	ε_{uk} =	50.00	[.10 ⁻³]																														
ε_{cu3} =	-3.50	[.10 ⁻³]	$\varepsilon_{ud}/\varepsilon_{uk}$ =	0.90	[-]																														
			$k = f_t/f_y =$	1.08	[-]																														
																																			
STANOVENÍ POLOHY NEUTRÁLNÍ OSY A MOMENTU ÚNOSNOSTI																																			
Rozhodující materiál :		Beton																																	
Poloha rozhodujících vláken :		0.200	[m]																																
Přetvoření v rozhodujících vláknech :		-3.5	[.10 ⁻³]																																
Excentricita rozhodujících vláken :		0.035	[m]																																
Vzdálenost N.O. od spodních vláken			0.165	m																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Úprava polohy N.O.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>+ 0,1 mm</td> <td>- 0,1 mm</td> </tr> <tr> <td>+ 1,0 mm</td> <td>- 1,0 mm</td> </tr> </tbody> </table>						Úprava polohy N.O.		+ 0,1 mm	- 0,1 mm	+ 1,0 mm	- 1,0 mm																								
Úprava polohy N.O.																																			
+ 0,1 mm	- 0,1 mm																																		
+ 1,0 mm	- 1,0 mm																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Materiál</th> <th>Síla [MN]</th> <th>ε_{max} [.10⁻³]</th> <th>e [m]</th> <th>M [MNm]</th> <th>Posouzení</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Beton</td> <td>-0.446</td> <td>-3.5</td> <td>0.021</td> <td>-0.010</td> <td>Max.přetvoření betonu vyhovuje</td> </tr> <tr> <td>Výztuž (1)</td> <td>0.446</td> <td>8.0</td> <td>-0.080</td> <td>-0.036</td> <td>Max.přetvoření výztuže vyhovuje</td> </tr> <tr> <td>Výztuž (2)</td> <td>0.000</td> <td>-6.9</td> <td>0.069</td> <td>0.000</td> <td>Max.přetvoření výztuže vyhovuje</td> </tr> <tr> <td>Výztuž (3)</td> <td>0.000</td> <td>9.9</td> <td>-0.099</td> <td>0.000</td> <td>Max.přetvoření výztuže vyhovuje</td> </tr> </tbody> </table>						Materiál	Síla [MN]	ε_{max} [.10 ⁻³]	e [m]	M [MNm]	Posouzení	Beton	-0.446	-3.5	0.021	-0.010	Max.přetvoření betonu vyhovuje	Výztuž (1)	0.446	8.0	-0.080	-0.036	Max.přetvoření výztuže vyhovuje	Výztuž (2)	0.000	-6.9	0.069	0.000	Max.přetvoření výztuže vyhovuje	Výztuž (3)	0.000	9.9	-0.099	0.000	Max.přetvoření výztuže vyhovuje
Materiál	Síla [MN]	ε_{max} [.10 ⁻³]	e [m]	M [MNm]	Posouzení																														
Beton	-0.446	-3.5	0.021	-0.010	Max.přetvoření betonu vyhovuje																														
Výztuž (1)	0.446	8.0	-0.080	-0.036	Max.přetvoření výztuže vyhovuje																														
Výztuž (2)	0.000	-6.9	0.069	0.000	Max.přetvoření výztuže vyhovuje																														
Výztuž (3)	0.000	9.9	-0.099	0.000	Max.přetvoření výztuže vyhovuje																														
Silová podmínka rovnováhy																																			
Celkem			0.000	MN																															
Moment únosnosti průřezu na mezi únosnosti																																			
M _{Rd} =			0.045	MNm																															
Rameno vnitřních sil :																																			
z =			0.101	m																															

C1.3. Smyková odolnost průřezů

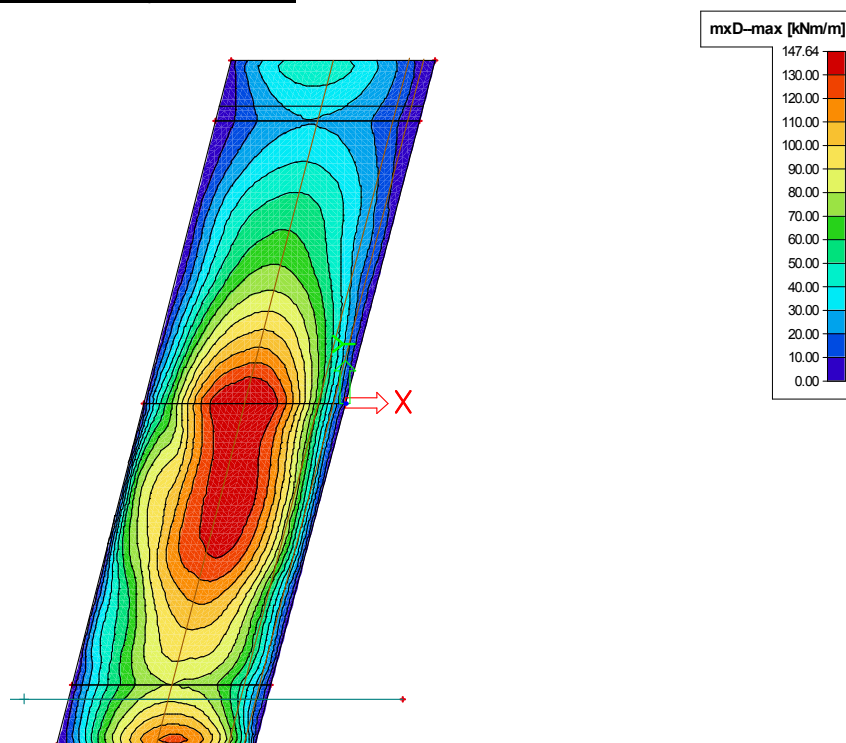
S ohledem na tloušťku desky je smyková odolnost průřezu stanovena bez vlivu smykové výztuže. Při stanovení smykové únosnosti je použita navržená ohybová výztuž, jejíž vliv na smykovou únosnost průřezu je zohledněn podle příslušných ustanovení ČSN EN 1992-1-1. Pro stanovení maximální únosnosti v oblastech u podpor je stanovena i únosnost tlakové diagonály. Smyková odolnost nejnižšího průřezu je stanovena v následující tabulce :

Smyková únosnost průřezu podle ČSN EN 1992-1-1							
Rozměry průřezu :				Smyková výztuž - materiál :			
Výška	h =	0.200	m	Mez kluzu	$f_{yk} =$	500	MPa
Min.šířka	$b_w =$	1.000	m	Souč.materiálu	$\gamma_s =$	1.15	-
				Návrh.mez kluzu	$f_{ywd} =$	434.8	MPa
Ohybová výztuž :				Třmeny :			
Krytí výztuže	c =	0.058	m	Profil	$\phi =$	12	mm
Profil výztuže	$\phi =$	20	mm	Střížnost		0	-
Množství výztuže	n =	6.7	ks	Vzdálenost	s =	0.200	m
Statická výška	d =	0.132	m				
Rameno vn.sil	z =	0.119	m				
Beton :				Ohyby :			
Char.pevnost	$f_{ck} =$	30.0	MPa	Profil	$\phi =$	16	mm
Souč.materiálu	$\gamma_c =$	1.50	-	Počet	n =	0	ks
Redukční souč.v tlaku	$\alpha_{cc} =$	0.85	-	Vzdálenost	s =	1.000	m
Návrh.pevnost	$f_{cd} =$	17.0	MPa	Sklon	$\alpha =$	45.000	°
Součinitel smyk.pevnosti	$\nu_1 =$	0.53	-	Sklon tlačných diagonál :			
					$\cotg \theta =$	2.5	-
Únosnost ve smyku bez smykové výztuže :							
Součinitel tl. prvku	k =	2.00	-	$V_{Rd,c,1} =$	114.8	kN	
St. vyztužení ohyb.výzt.	$\rho_l =$	0.01585	-	$V_{Rd,c,min} =$	71.6	kN	
Prům.napětí od předpětí	$\sigma_{cp} =$	0.00	MPa				
				$V_{Rd,c} = 114.8 \text{ kN}$			
Únosnost tlačné diagonály :							
Průměrné napětí od předpětí	$\sigma_{cp} =$	0.00	MPa				
Součinitel napětí v tl.pásu	$\alpha_{cw} =$	1.00	-				
$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} * b_w * z * \nu_1 * f_{cd} * \cotg \theta / (1 + \cotg^2 \theta)$							
$V_{Rd,max} = 367.7 \text{ kN}$							

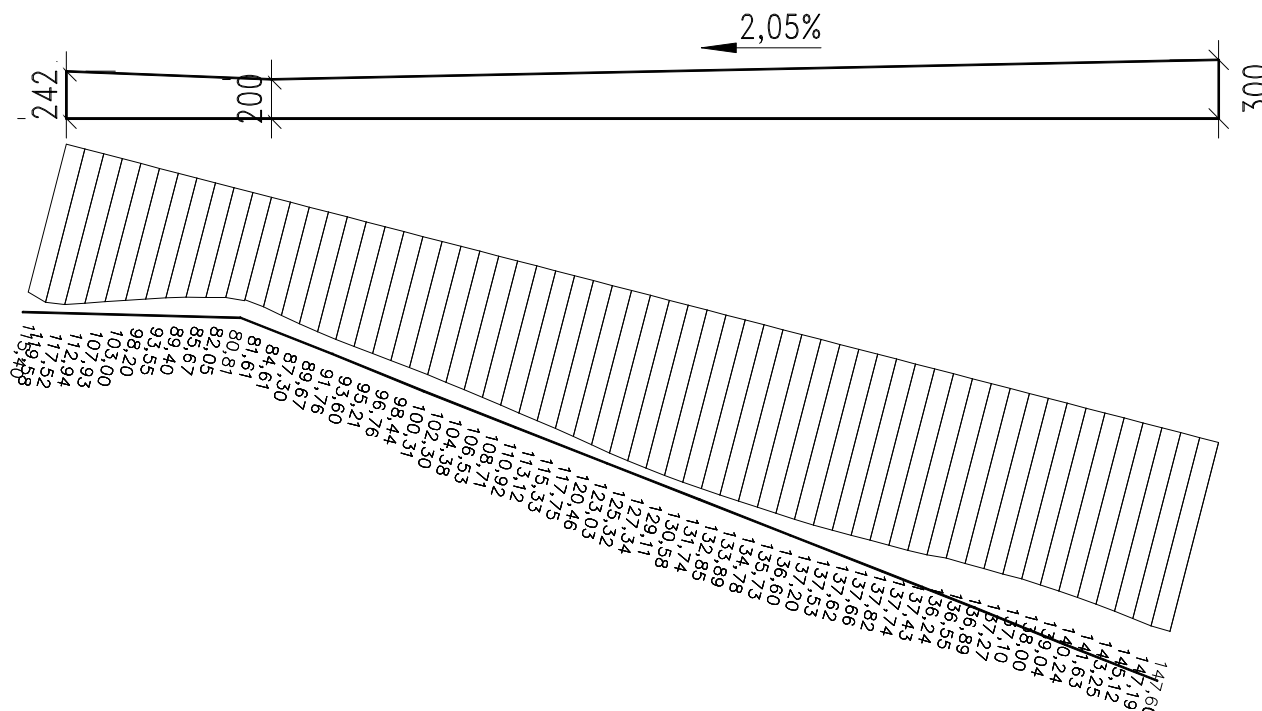
C2. ÚČINKY ZATÍŽENÍ A POSOUZENÍ KONSTRUKCE

Na plošném modelu byly vyhodnoceny účinky veškerého zatížení a jejich příslušné kombinace. Výsledky výpočtu jsou uvedeny na následujících obrázcích. Vyhodnocení extrémních namáhání a posouzení průřezů je provedeno graficky v rozhodujících řezech na konstrukci.

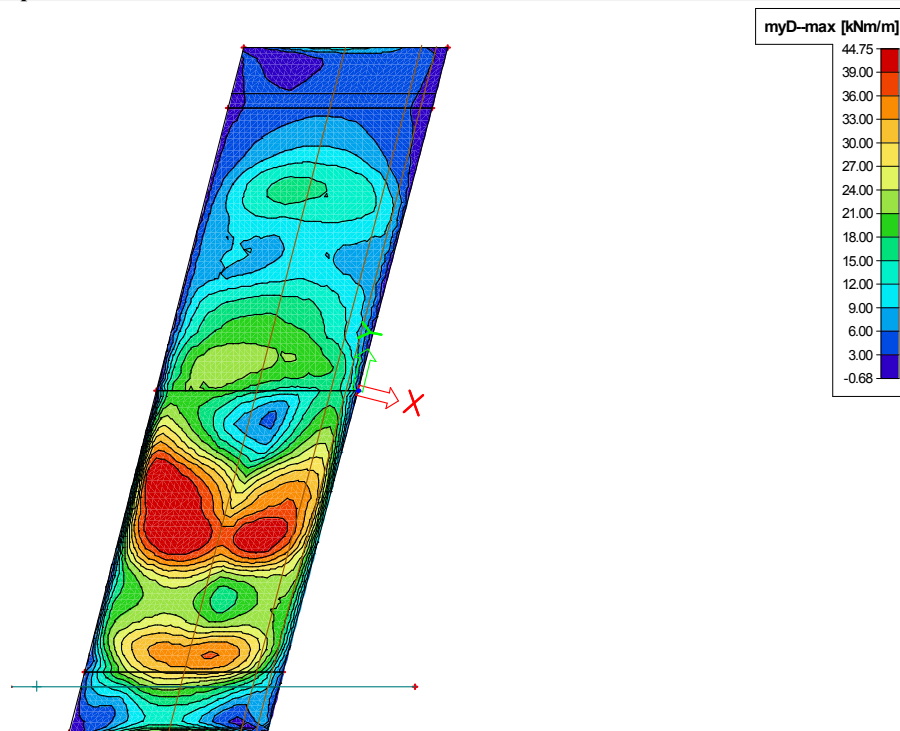
C2.1. Ohybové účinky zatížení



Obr. C. 1 – Návrhové hodnoty dimenzačních momentů pro výztuž ve směru x u spodního povrchu



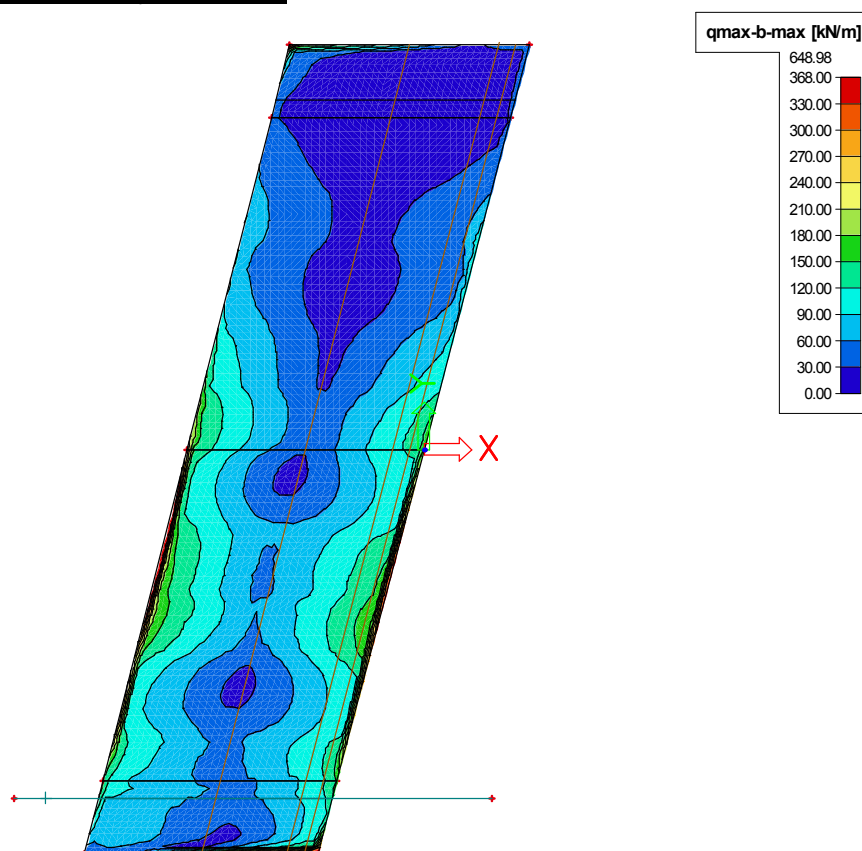
Obr. C. 2 – Návrhové hodnoty dimenzačních momentů pro výztuž ve směru x v rozhodujícím řezu (šikmo ve středu rozpětí) a únosnost průřezu podle teorie mezních přetvoření



Obr. C. 3 – Návrhové hodnoty dimenzačních momentů pro výztuž ve směru y u spodního povrchu

$$M_{Ed,max} = 44,75 \text{ kNm} < M_{Rd,Max} = 45,0 \text{ kNm}$$

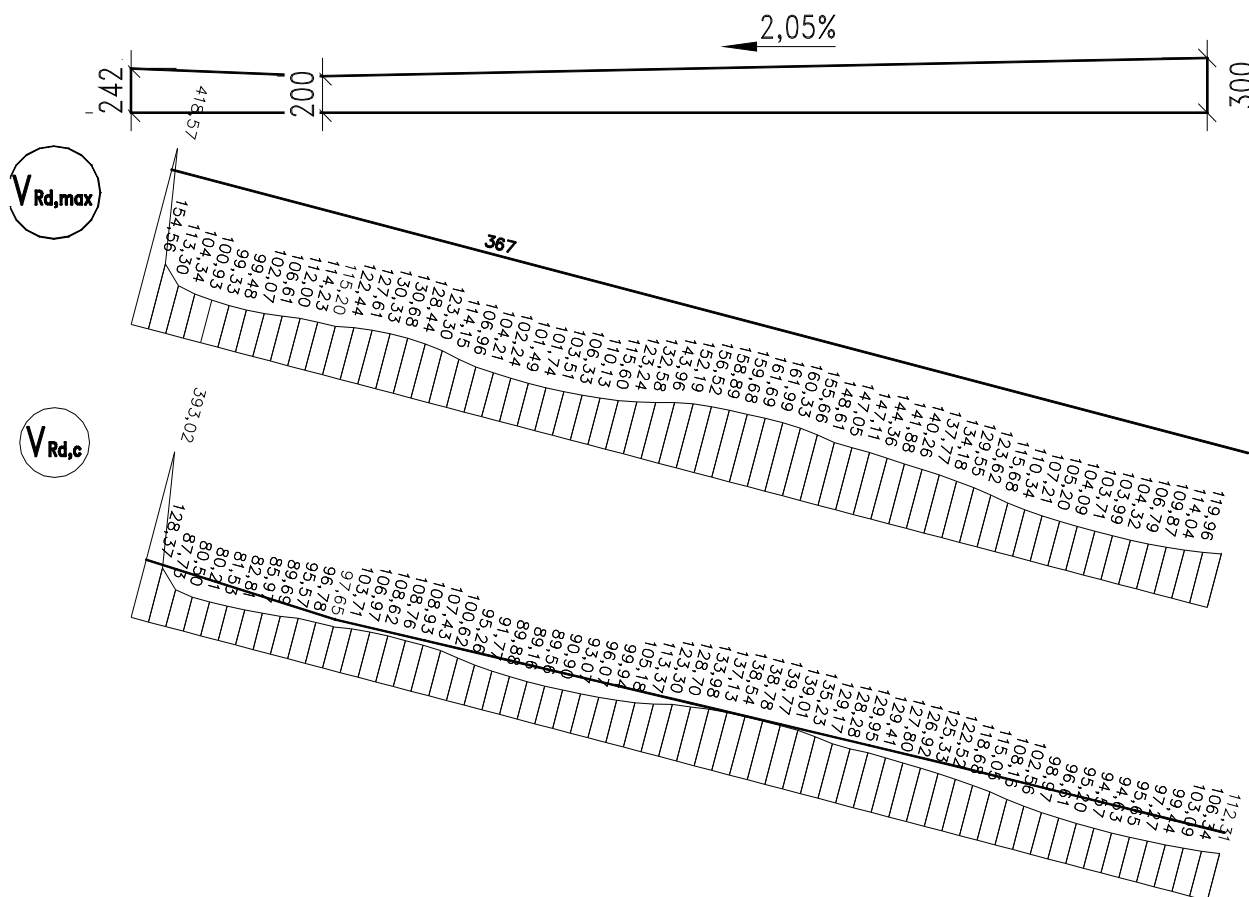
C2.2. Smykové účinky zatížení



Obr. C. 4 – Návrhové hodnoty smykových sil na konstrukci

Posouzení maximálních smykových sil s ohledem na únosnost tlakových diagonál ($V_{Rd,max}$) je provedeno v řezu na okraji koncového příčnicku. Posouzení smykové únosnosti průřezu

nevyztuženého smykovou ($V_{Rd,c}$) výztuží je provedeno v řezu ve vzdálenosti 0,2 m od líce uložení desky.

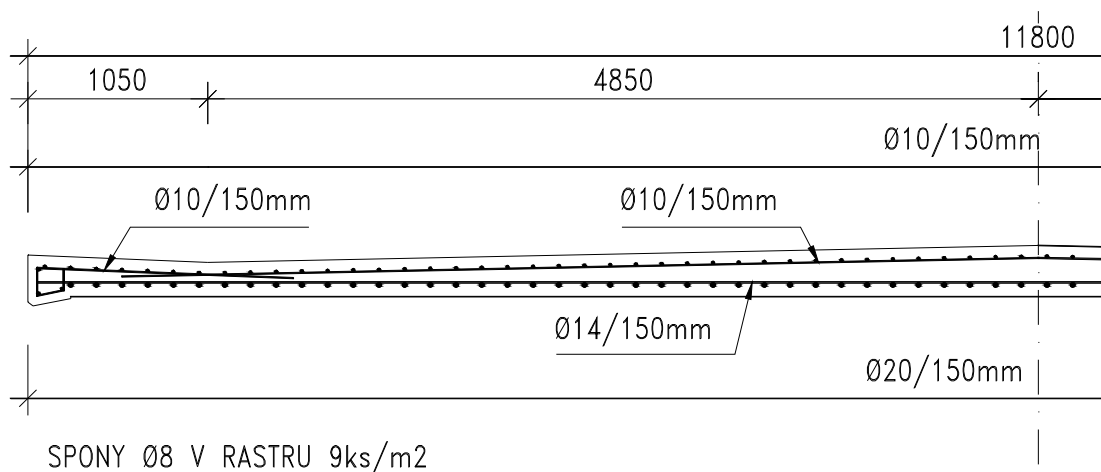


Obr. C. 5 – Posouzení smykové únosnosti desky mostu

V okrajové části desky (pod římsami) bude provedena uzavřená výztuž ve formě třmenů profilu 8 mm.

C2.3. Vyztužení konstrukce

Schéma vyztužení konstrukce je uvedeno na následujícím obrázku.



Obr. C. 6 – Skica výztuže desky mostu (polovina konstrukce)

Z uvedených výsledků je patrné, že navržená konstrukce, včetně vyztužení, vyhovuje požadavkům návrhových předpisů.

D – STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI

D1. VŠEOBECNĚ

Zatížitelnost konstrukce je stanovena podle zásad ČSN 73 6222 (2013). Pro stanovení zatížitelnosti jsou použity normové charakteristiky materiálů a nominální rozměry navržené konstrukce. Zatížitelnost stanovenou tímto statickým výpočtem je nutno ověřit po dokončení mostu, a to zejména s ohledem na skutečné charakteristiky použitých materiálů a skutečné rozměry konstrukce.

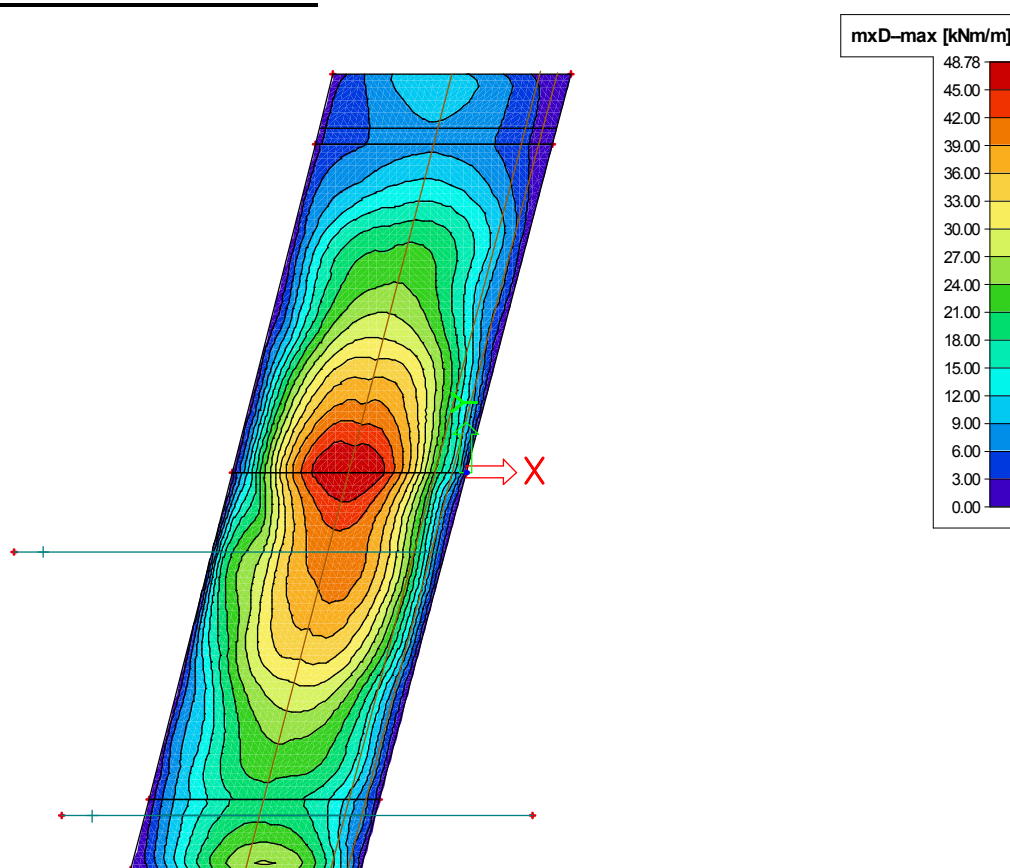
D2. ODOLNOST PRŮŘEZŮ

Odolnost jednotlivých průřezů nosné konstrukce je převzata z kapitoly C tohoto statického výpočtu.

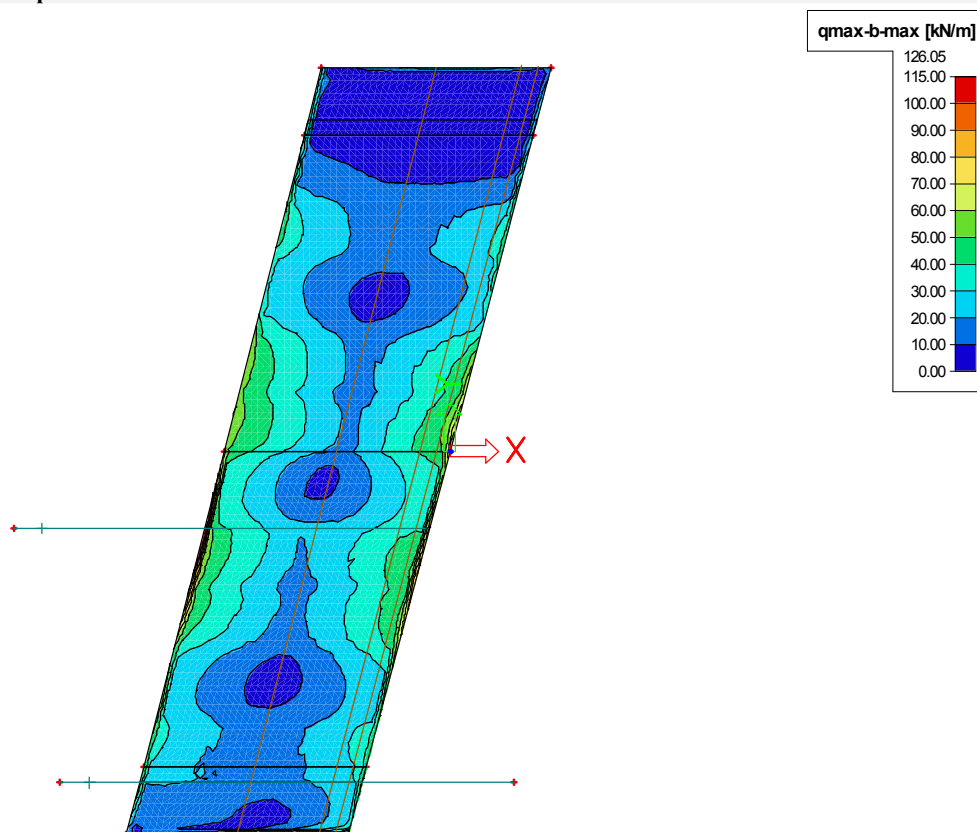
D3. ÚČINKY ZATÍŽENÍ PRO STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI

Pro účely stanovení jednotlivých druhů zatížitelnosti jsou stanoveny extrémní návrhové účinky jednotkových zatížení jednotlivých druhů zatížitelnosti na analyzované konstrukci. V návrhových účincích zatížení jsou zahrnuty dynamické vlivy a součinitele zatížení a kombinace podle části B tohoto statického výpočtu.

D3.1. Normální zatížitelnost

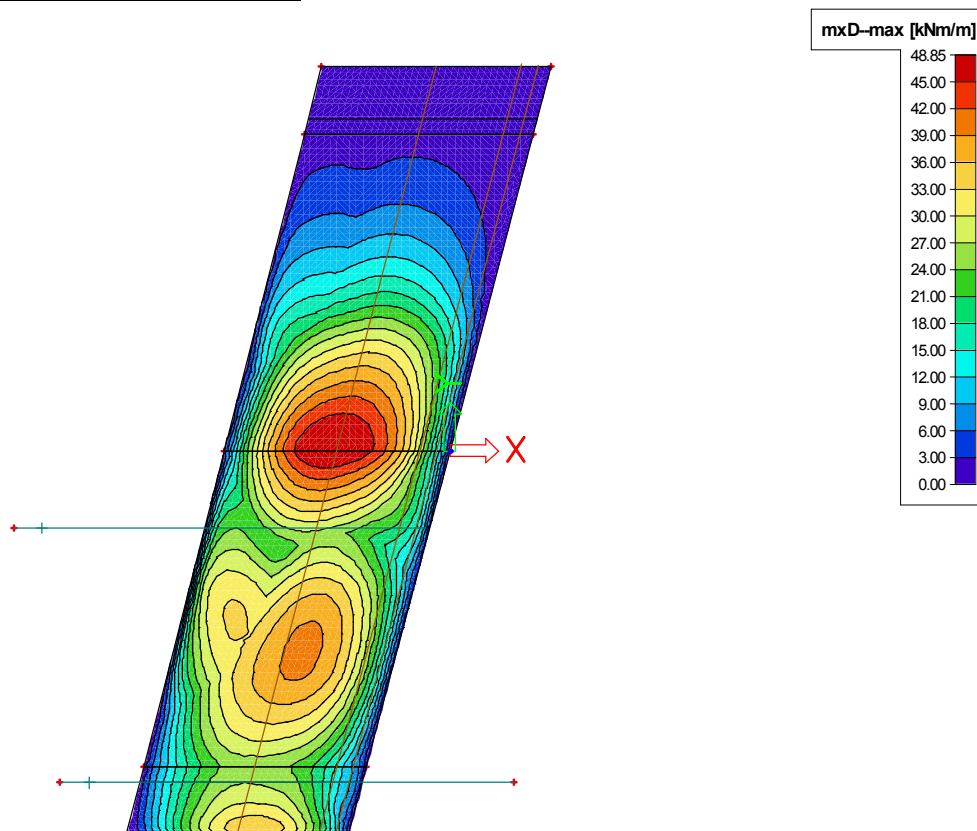


Obr.D 1 – Extrémní návrhové hodnoty ohybových momentů od jednotkové sestavy normální zatížitelnosti u dolního povrchu desky mostovky

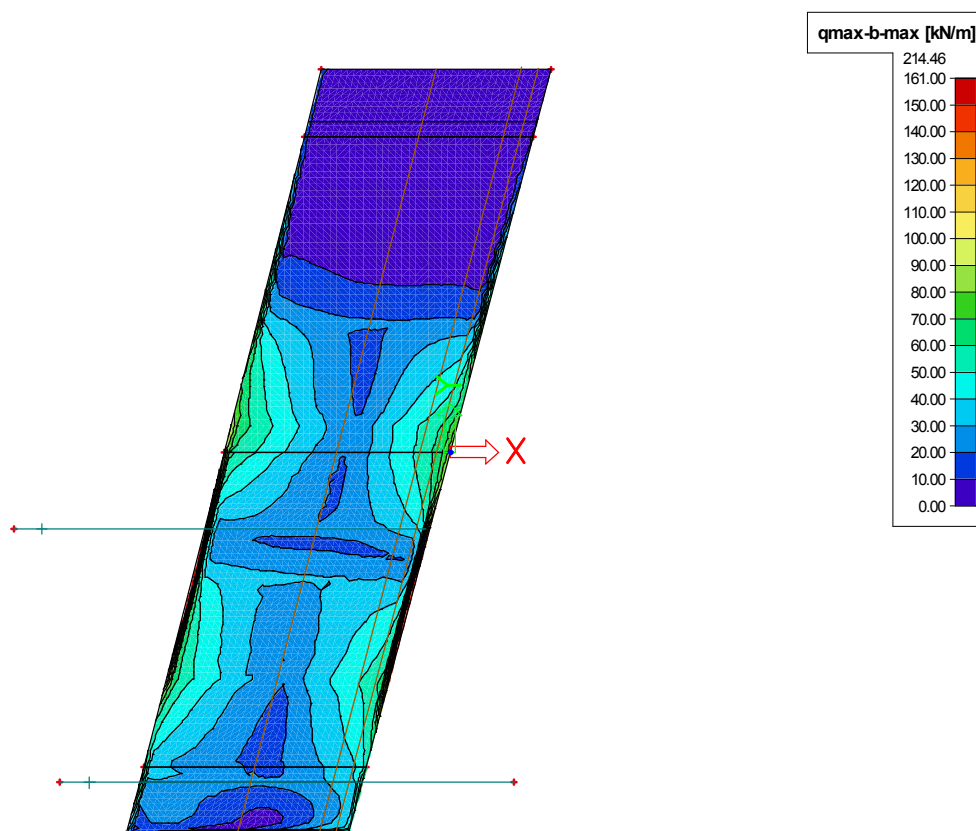


Obr.D 2 – Extrémní návrhové hodnoty smykových sil od jednotkové sestavy normální zatížitelnosti

D3.2. Výhradní zatížitelnost



Obr.D 3 – Extrémní návrhové hodnoty ohybových momentů od jednotkové sestavy normální zatížitelnosti u dolního povrchu desky mostovky



Obr.D 4 - Extrémní návrhové hodnoty smykových sil od jednotkové sestavy výhradní zatížitelnosti

D4. STANOVENÍ ZATÍŽITELNOSTI

D4.1. Obecně

Stanovení zatížitelnosti je provedeno v rozhodujících řezech na nosné konstrukci. Zatížitelnost z ohybových účinků je stanovena na řezu uprostřed rozpětí, zatížitelnosti ze smykových účinků zatížení je stanovena na řezu ve vzdálenosti rovné výšce desky od líce jejího uložení.

Numericky je zatížitelnost v jednotlivých bodech řezu vyčíslena z porovnání odolnosti průřezu s účinky stálých zatížení a zatížení od jednotkových sestav pro stanovení zatížitelnosti podle vztahu :

$$V = (E_{Rd} - E_G) / V_1 * M_1 ,$$

kde V je příslušná zatížitelnost

E_{Rd} je odolnost průřezu

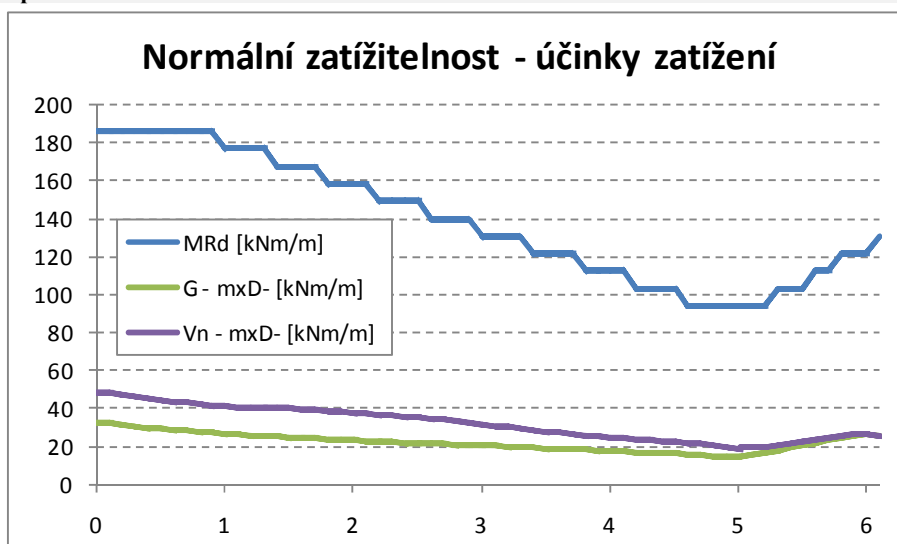
E_G je účinek stálého zatížení

V_1 je účinek jednotkového zatížení pro stanovení zatížitelnosti

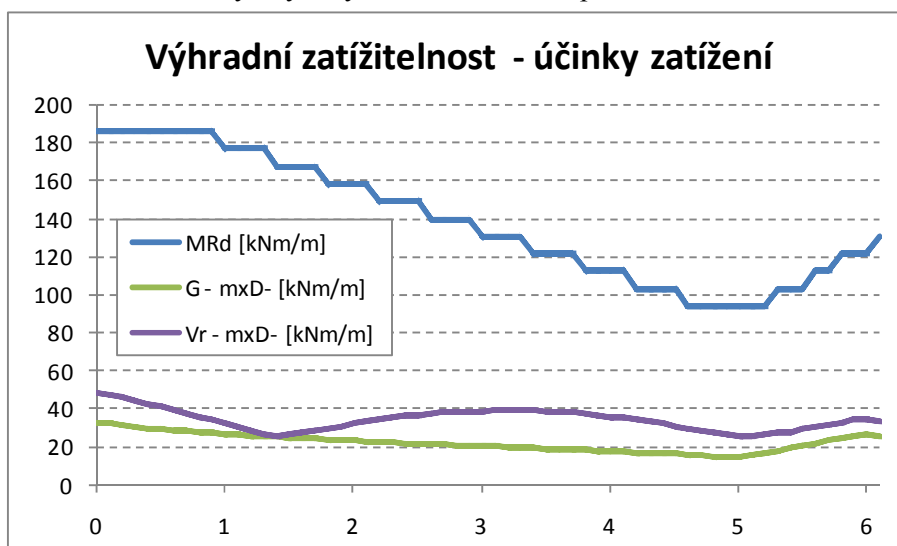
M_1 je hmotnost jednotkového vozidla

D4.2. Zatížitelnost stanovená z ohybových účinků zatížení

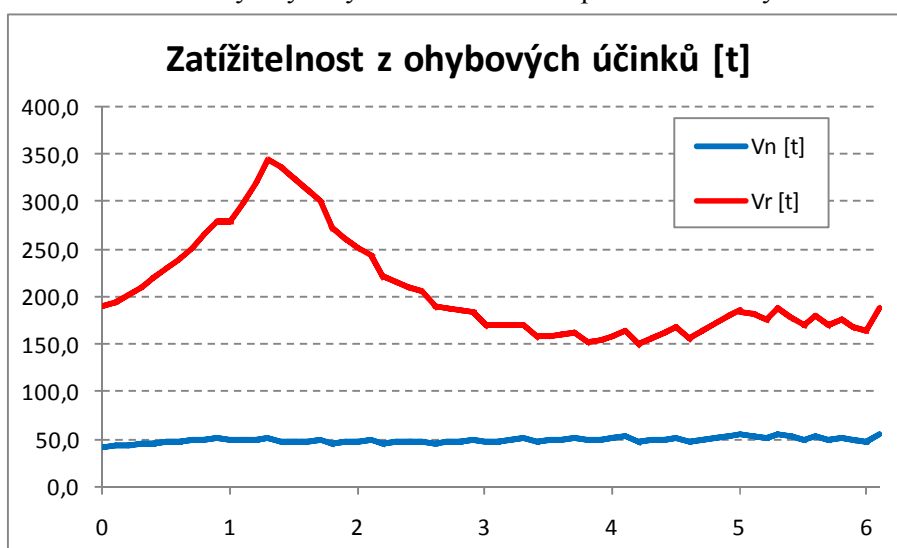
Stanovení normální a výhradní zatížitelnosti z ohybových účinků zatížení je provedeno podle zásad kapitoly D4.1 v tabulkovém procesoru, přičemž výsledky výpočtu jsou uvedeny na následujících obrázcích.



Obr.D 5 - Návrhové hodnoty ohybových účinků zatížení pro stanovení normální zatížitelnosti



Obr.D 6 - Návrhové hodnoty ohybových účinků zatížení pro stanovení výhradní zatížitelnosti



Obr.D 7 - Zatížitelnosti stanovené z ohybových účinků zatížení

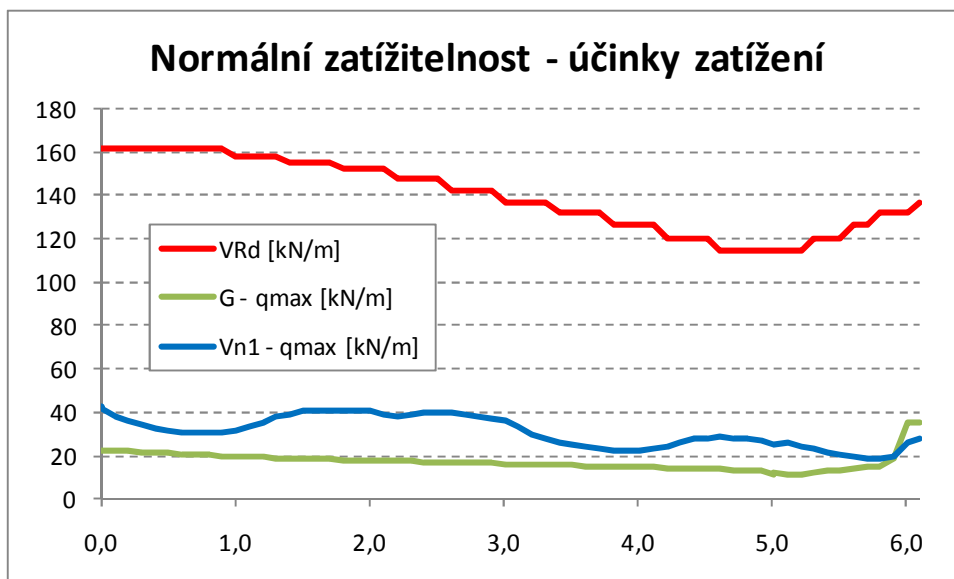
Normální a výhradní zatížitelnost se stanoví jako minimální hodnoty z příslušných zatížitelností uvedených na Obr.D 7, tj.

$$V_n = 42,1 \text{ t} \quad (3 \text{ nápravové vozidlo})$$

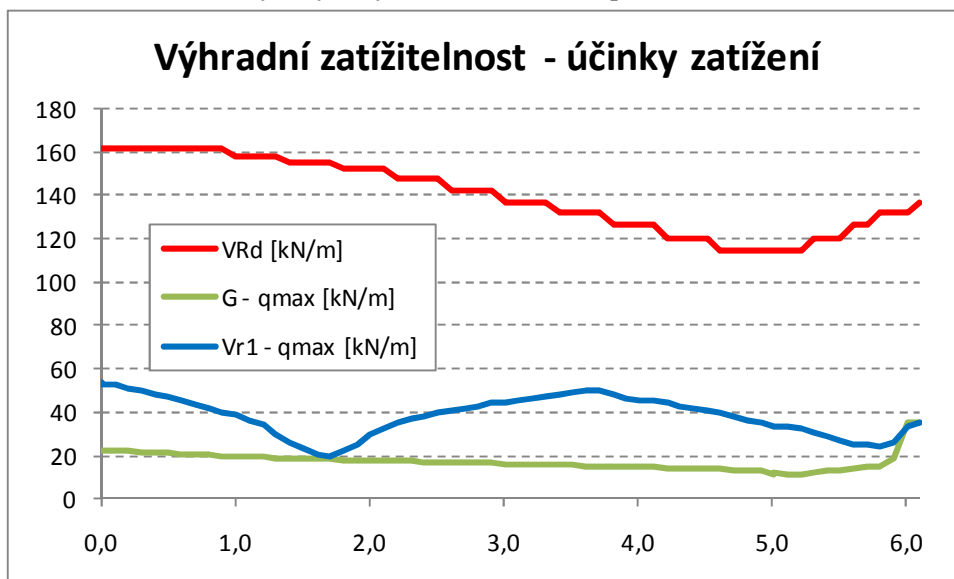
$$V_r = 150,5 \text{ t} \quad (6\text{-ti nápravové vozidlo})$$

D4.3. Zatížitelnost stanovená ze smykových účinků zatížení

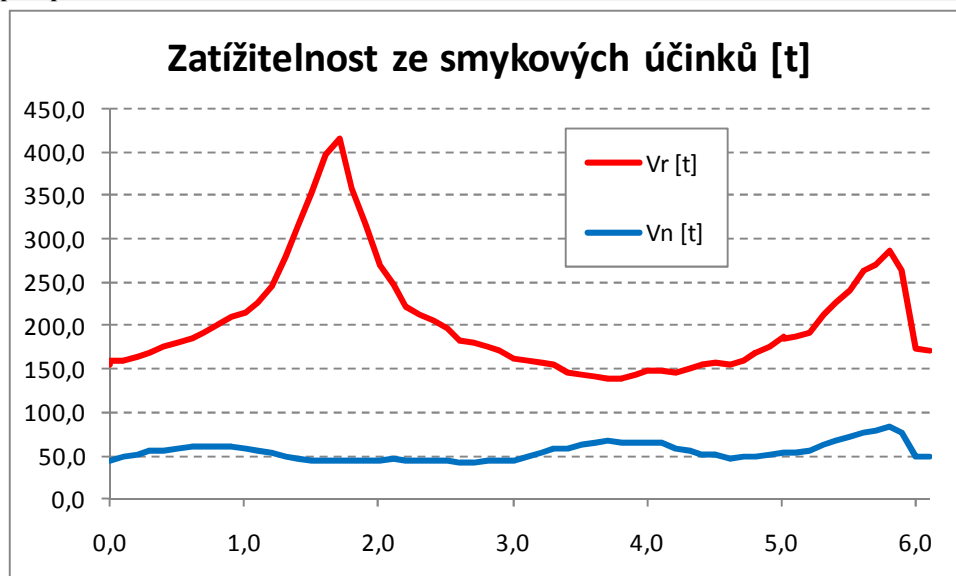
Stanovení normální a výhradní zatížitelnosti ze smykových účinků zatížení je provedeno podle zásad kapitoly D4.1 v tabulkovém procesoru, přičemž výsledky výpočtu jsou uvedeny na následujících obrázcích.



Obr.D 8 - Návrhové hodnoty smykových účinků zatížení pro stanovení normální zatížitelnosti



Obr.D 9 - Návrhové hodnoty smykových účinků zatížení pro stanovení výhradní zatížitelnosti



Obr.D 10 - Zatížitelnosti stanovené ze smykových účinků zatížení

Normální a výhradní zatížitelnost se stanoví jako minimální hodnoty z příslušných zatížitelností uvedených na Obr.D 10, tj.

$$V_n = 42,5 \text{ t} \quad (3 \text{ nápravové vozidlo})$$

$$V_r = 138,4 \text{ t} \quad (6\text{-ti nápravové vozidlo})$$

D4.4. Shrnutí zatížitelností

Zatížitelnost nosné konstrukce je dána nejmenšími hodnotami zatížitelností z D4.2 a D4.3. Výpočtem byly tedy stanoveny následující hodnoty zatížitelnosti nosné konstrukce :

$$V_n = 42,1 \text{ t}$$

$$V_r = 138,4 \text{ t}$$

Na základě těchto hodnot a uspořádání zatížení při stanovení zatížitelnosti podle ČSN 73 6222 stanovit i hodnotu výjimečné zatížitelnosti V_e pro 9-ti nápravové vozidlo, a to jako 1,5 násobek hodnoty V_r (s ohledem na stejné rozměry kol a vzdálenost náprav je hmotnost výjimečné sestavy pouze poměrem počtu náprav jednotlivých vozidel).

$$V_e = 207,6 \text{ t}$$

Zatížitelnost na jednu nápravu je rovna minimální hodnotě z $3/8 V_n$ a $1/6 V_r$, přičemž maximální přípustná hmotnost na jednu nápravu je podle platné vyhlášky rovna 12t.

$$V_{aj} = \min (15,8 ; 23,1) = 15,8 \text{ t}$$

Na mostě není nutno osazovat žádné dopravní značení omezující zatížitelnost mostu.