

STAVBA:

II/352 Nížkov - most ev. č. 352-007

OBJEDNATEL:



Krajská správa a údržba
silnic Vysočiny, p. o.

Kosovská 1122/16
586 01 Jihlava

PROJEKTANT:



Egneza s.r.o.

Kpt. Jaroše 35/20
434 01 Most

Účel PD: PDPS	ODP. PROJEKTANT	VYPRACOVAL	Datum:	08/2021
	ING. MICHAL BERNÁT	ING. PETR ŠEDIVÝ	Měřítko:	-
			Formát:	-
Egneza s.r.o., Kpt. Jaroše 35/20, 434 01 Most, tel.: 733 774 924, e-mail: bernat@egneza.cz			Zakázka:	18E23
NÁZEV:			Část:	Paré:
SO 201 Most ev. č. 352-007			D.1.2	
PŘÍLOHA:			Příloha:	
STATICKÝ VÝPOČET			8	

1	Technická zpráva statického výpočtu	4
1.1	Charakteristika mostu.....	4
1.1.1	Identifikační údaje.....	4
1.1.1.1	Stavba	4
1.1.1.2	Objekt	4
1.1.1.3	Pozemní komunikace.....	4
1.1.1.4	Přemostňovaná překážka	4
1.1.2	Základní údaje o mostě	5
1.1.3	Popis konstrukce mostu	5
1.1.3.1	Založení mostu	5
1.1.3.2	Spodní stavba mostu.....	5
1.1.3.3	Nosná konstrukce mostu.....	6
1.1.4	Materiály konstrukčních celků	6
1.1.4.1	Použité třídy betonů dle ČSN EN 206+A1	6
1.1.4.2	Betonářská výztuž.....	6
1.2	Popis statického výpočtu	6
1.2.1	Odezva konstrukce na zatížení.....	7
1.2.2	Prvky počítané a posuzované ve statickém výpočtu	7
1.2.3	Posouzení dle ČSN EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí.....	7
1.3	Použité podklady, literatura a software	8
2	Přehledné schémata	9
2.1	Půdorys.....	9
2.2	Podélný řez	10
2.3	Příčný řez.....	11
3	Zatížení	12
3.1	Stálá zatížení a vlivy	12
3.1.1	Vlastní tíha konstrukce (g_0).....	12
3.1.2	Ostatní stálé zatížení (g_1).....	12
3.1.3	Dotvarování a smršťování.....	13
3.1.4	Zemní tlak	14
3.1.5	Poklesy podpěr	15
3.2	Proměnná zatížení	15
3.2.1	Zatížení silniční dopravou.....	15
3.2.1.1	Svislé zatížení.....	16
3.2.1.2	Vodorovné zatížení.....	17
3.2.1.3	Zvětšení zemního tlaku od zatížení silniční dopravou	17
3.2.1.4	Sestavy zatížení silniční dopravou	18
3.2.2	Zatížení teplotou	18
3.3	Kombinace zatížení.....	20
3.3.1	Kombinační pravidla.....	20

3.3.2	Součinitelé zatížení	21
3.3.3	Mezní stavy únosnosti	22
3.3.3.1	Trvalé a dočasné návrhové situace	22
3.3.3.2	Mimořádné návrhové situace	22
3.3.4	Mezní stavy použitelnosti	22
4	Výpočtové modely	23
4.1	Globální deskový model	23
4.1.1	Popis výpočtového modelu	23
4.1.2	Geometrie modelu	23
4.1.3	Použité materiály	25
4.1.4	Vodorovná tuhost pilot	26
4.1.5	Tuhost podloží za rubem opěr	27
5	Pilotové založení	29
5.1	Síly v hlavě piloty	29
5.2	Posouzení pilot	30
5.2.1.1	Vrtaná sonda V-1	30
5.2.1.2	Vrtaná sonda V-2	42
6	Rámová konstrukce mostu	54
6.1	Předpoklady pro návrh a posouzení	54
6.2	Podélná výztuž rámové konstrukce mostu	55
6.2.1	Navržená výztuž	55
6.2.2	Mezní stav únosnosti - návrhová kombinace	56
6.2.2.1	Výpočet maximálních ohybových momentů	56
6.2.2.2	Vykrytí ohybových momentů	58
6.2.3	Mezní stav použitelnosti - omezení napětí - charakteristická kombinace	65
6.2.3.1	Výpočet maximálních ohybových momentů	65
6.2.3.2	Vykrytí ohybových momentů	67
6.2.4	Mezní stav použitelnosti - omezení trhlin - kvazistálá kombinace	74
6.2.4.1	Výpočet maximálních ohybových momentů	74
6.2.4.2	Vykrytí ohybových momentů	78
6.3	Posouzení rámové konstrukce mostu na smyk	85
6.3.1	Navržená výztuž	85
6.3.2	Výpočet smykové únosnosti	85
6.3.2.1	Průřezy bez smykové výztuže	85
6.3.2.2	Průřezy se smykovou výztuží	87
6.3.3	Vykrytí smykových sil	88
7	Křídla	92
7.1	Vstupní hodnoty	92
7.1.1	Geometrie a zatížení	92
7.1.2	Vnitřní síly	92

7.1.3	Posuzované průřezy	93
7.2	Posouzení	94
7.2.1	Posouzení na ohyb - mezní stav únosnosti - návrhová kombinace	94
7.2.2	Posouzení na ohyb - omezení napětí - charakteristická kombinace	95
7.2.3	Posouzení na ohyb - mezní stav použitelnosti - omezení trhlin - kvazistálá kombinace ...	96
7.2.4	Posouzení na smyk - průřezy bez smykové výztuže	98
8	Navržená výztuž	99
8.1	Přehled navržené výztuže	99
8.2	Posouzení konstrukčních zásad	100
8.2.1	Piloty	100
8.2.2	Rámová konstrukce mostu	100
8.2.3	Křídla	101
9	Deformace konstrukce	102
10	Závěr	104

1 Technická zpráva statického výpočtu

1.1 Charakteristika mostu

1.1.1 Identifikační údaje

1.1.1.1 Stavba

<i>Stavba</i>	II/352 Nížkov – most ev. č. 352-007
<i>Katastrální území</i>	Nížkov (704 725)
<i>Obec</i>	Nížkov (596 205)
<i>Kraj</i>	Vysočina
<i>Předmět dokumentace</i>	Dokumentace řeší rekonstrukci stávajícího mostu ev. č. 352-007, který převádí silnici II/352 přes Poděšínský potok – změna dokončené stavby.

1.1.1.2 Objekt

<i>Objekt</i>	SO 201
<i>Název mostu</i>	Most ev. č. 352-007
<i>Stávající a nový vlastník objektu</i>	Krajská správa a údržba silnic Vysočiny, p. o.
<i>Staničení objektu</i>	-
<i>Situování objektu v terénu</i>	Stavba se nachází v intravilánu obce Nížkov v terénu svažujícím se ze severní a jižní strany ke korytu Poděšínského potoka.
<i>Účel objektu</i>	Most převádí silnici II/352 přes Poděšínský potok.

1.1.1.3 Pozemní komunikace

<i>Název</i>	Silnice II/352
<i>Návrhová kategorie (nová)</i>	S6,5
<i>Staničení úprav</i>	Relativní

1.1.1.4 Přemost'ovaná překážka

<i>Název</i>	Poděšínský potok
<i>Místo křížení (nové)</i>	1. pole mostu

1.1.2 Základní údaje o mostě

<i>Druh nosné konstrukce</i>	Železobetonová rámová
<i>Popis spodní stavby včetně křídel</i>	Železobetonová monolitická s rovnoběžnými křídly hlubinně založená na velkopřůměrových pilotách
<i>Počet mostních otvorů</i>	1
<i>Délka přemostění</i>	10,0 m
<i>Délka mostu</i>	15,2 m
<i>Světlost</i>	10,0 m
<i>Stavební výška</i>	0,87 m
<i>Volná výška pod mostem</i>	3,4 m
<i>Šikmost</i>	Kolmý
<i>Úhel křížení</i>	90 °
<i>Šířka mostu</i>	8,6 m
<i>Uvažované zatížení</i>	Dle ČSN EN 1991-2

1.1.3 Popis konstrukce mostu

Konstrukci mostu tvoří železobetonový monolitický kolmý deskový polorám s náběhovanou příčlí založený hlubinně na velkopřůměrových pilotách.

1.1.3.1 Založení mostu

Most bude mít hlubinné založení na velkopřůměrových pilotách. Pro založení mostu jsou navrženy vrtané velkopřůměrové piloty Ø 900 mm. Piloty jsou vetknuty do téměř zdravého skalního podloží R3.

Piloty budou prováděny pod ochranou ocelové pažnice, která nebude ve vrtu ponechána. Pod každou z opěr bude 5 ks pilot Ø 900 mm. Piloty budou vetknuty do rámových stěn.

Délka pilot ve statickém výpočtu je uvažována na obou opěrách 4,0 m (spodní úroveň rámových stěn je navržena přibližně ve stejné výškové úrovni), což vychází ze závěrů provedeného inženýrskogeologického průzkumu, který však byl z prostorových důvodů proveden pouze u opěry P1. Je možné, že u opěry P2 se bude skalní podloží R3 nacházet v jiné hloubce, než u opěry P1. S touto skutečností musí být počítáno v rámci realizace založení. V případě velkých rozdílů oproti předpokladům uvažovaným v tomto statickém výpočtu musí být proveden v rámci RDS přepočet zohledňující skutečný geologický profil v místě mostu (především skutečnou hloubku skalního podloží).

1.1.3.2 Spodní stavba mostu

Spodní stavbu tvoří nové železobetonové části opěr P1 a P2 (rámové stojky) včetně rovnoběžných křídel. Ze stávající spodní stavby budou zachovány kamenné základové pasy a část krajních opěr.

Podpěry P1 a P2 tvoří koncový příčník nosné konstrukce – více viz dále.

Na levé straně každé opěry/příčnicku jsou její součástí také vetknutá rovnoběžná železobetonová monolitická křídla. Šířka dříku bude 0,6 m, horní plochu ve sklonu 5 % (v podélném směru mostu navazují na nosnou konstrukci), v příčném směru pak budou kopírovat sklon nosné konstrukce. Horní plocha křídel bude ve stejné úrovni jako horní plocha navazující části nové nosné konstrukce.

1.1.3.3 Nosná konstrukce mostu

Nosnou konstrukci tvoří železobetonová monolitická deska (rámová příčel) vetknutá do koncových železobetonových příčníků (rámových stojek). Rozpětí je 11,2 m, délka přemostění 10,0 m a délka nosné konstrukce 12,4 m. Podélný sklon horního povrchu nosné konstrukce je shodný s výškovým vedením silnice v 5 %.

Výška nosné konstrukce (v ose komunikace) uprostřed rozpětí v ose komunikace je 0,785 m, v místě vetknutí do koncových příčníků 1,0 m. Sklon horního povrchu konstrukce je v příčném směru střechovitý (5 % vlevo, 2 % vpravo), na obou stranách mostu ve vzdálenosti 0,25 m od obrubníku horní povrch nosné konstrukce stoupá ve sklonu 6 % (protispád). Spodní povrch nosné konstrukce v příčném směru mostu klesá zprava doleva 1,5 % s následným protispádem 6 % na stejnou délku jako odpovídající horní povrch.

Koncový příčník nosné konstrukce tvoří podpěry P1 a P2 (rámové stojky). Příčník je vetknutý do pilot. Rubová i lícová plocha příčnicku je svislá. Šířka příčnicku v místě vetknutí do pilot je 1,2 m, výška příčnicku je proměnná v závislosti na sklonu horního povrchu (spodní povrch je vodorovný). Na spodním líci nosné konstrukce bude provedena ve vzdálenosti 150 mm od bočního líce konstrukce okapnička 15/30 mm.

1.1.4 Materiály konstrukčních celků

Ve statickém výpočtu byly uvažovány následující materiály:

1.1.4.1 Použité třídy betonů dle ČSN EN 206+A1

Piloty	C30/37
Rámová konstrukce mostu (rámové stojky a příčel)	C35/45

1.1.4.2 Betonářská výztuž

Ve všech částech konstrukce mostu bude použita betonářská výztuž **B500B**.

1.2 Popis statického výpočtu

Cílem tohoto statického výpočtu je ověření dimenzí všech **rozhodujících** prvků mostu a návrh betonářské výztuže v nich.

Ve statickém výpočtu jsou pro svoji obsáhlost uvedeny pouze základní vstupy a výsledky z výpočetních programů. Všechny podklady a podrobné vstupy a výsledky jsou archivovány u zpracovatele statického výpočtu.

1.2.1 Odezva konstrukce na zatížení

Zatížení na konstrukci mostu bylo uvažováno dle příslušných částí normy ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí a zatížení zemním tlakem dle ČSN 73 0037 Zemní tlak na stavební konstrukce.

Odezva konstrukce na zatížení byla určena pomocí výpočtového MKP modelu vytvořeného v programu MIDAS/Civil. Most byl modelován jako 3D desková konstrukce s finálním statickým systémem.

1.2.2 Prvky počítané a posuzované ve statickém výpočtu

V rámci statického výpočtu byly počítány a posuzovány následující prvky:

- pilotové založení
- rámová konstrukce mostu (příčel, stojky)
- deformace konstrukce

Posouzení železobetonových průřezů bylo provedeno dle ČSN EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí.

1.2.3 Posouzení dle ČSN EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí

Mezní stavy únosnosti

- moment na mezi únosnosti
- únosnost ve smyku (průřez bez smykové výztuže, průřez se smykovou výztuží)

Mezní stavy použitelnosti

- omezení napětí betonu v tlaku
- omezení napětí v betonářské výztuži
- omezení trhlin

Konstrukční uspořádání prvků

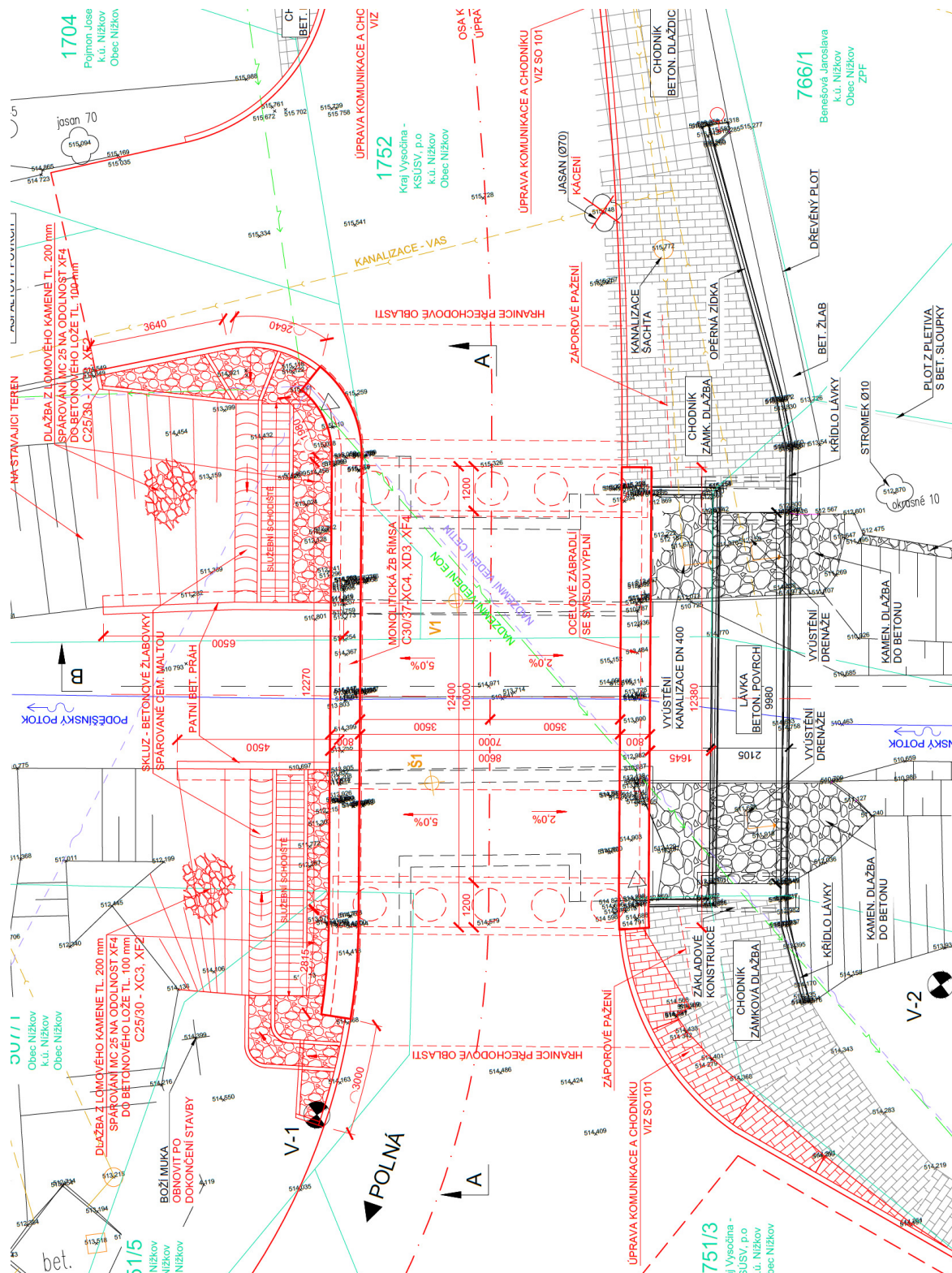
- posouzení minimální plochy výztuže
- posouzení maximální plochy výztuže

1.3 Použité podklady, literatura a software

- 1) Zpráva IG průzkumu – BALUN geo s.r.o., 05/2019
- 2) ČSN EN 1990 Zásady navrhování konstrukcí
- 3) ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí
- 4) ČSN EN 1992 Navrhování betonových konstrukcí
- 5) ČSN EN 1997 Navrhování geotechnických konstrukcí
- 6) ČSN EN 206+A1 Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda
- 7) ČSN 73 0037 Zemní tlak na stavební konstrukce
- 8) FIP Recommendations 1996, Practical Design of Structural Concrete
- 9) Designer's guide to Eurocode I: Action on Bridges, Calgaro, Tschumi and Gulvanessian, Thomas Telford Publishing, London, 2010
- 10) Designer's guide to EN 1992-2, Eurocode 2: Design of concrete structures, Part 2: Concrete Bridges, Hendy and Smith, Thomas Telford Publishing, London, 2007
- 11) Betónové konštrukcie, Bilčík, Fillo, Benko, Halvonik, ES STU Bratislava, 2008
- 12) Navrhování betonových konstrukcí, Procházka a kol., ČBS, Praha 2005
- 13) Technická knižnice autorizovaného inženýra a technika – TK 21 - Betonové mosty, Stráský, ČKAIT, Praha 2001
- 14) Speciální zakládání staveb 1. díl, Masopust, Akademické Nakladatelství Cerm s.r.o., Brno, 2004
- 15) Navrhování základových a pažicích konstrukcí, Masopust, INFORMAČNÍ CENTRUM ČKAIT s.r.o., Praha, 2018
- 16) program MIDAS/Civil firmy MIDAS Information Technology Co.,Ltd
- 17) program IBridge, Jaromír Křížek
- 18) program GEO5 Pilota firmy Fine spol. s.r.o.

2 Přehledné schémata

2.1 Půdorys



3 Zatížení

Zatížení na konstrukci mostu bylo uvažováno dle příslušných částí normy ČSN EN 1991 Zatížení konstrukcí a zatížení zemním tlakem dle ČSN 73 0037 Zemní tlak na stavební konstrukce.

3.1 Stálá zatížení a vlivy

3.1.1 Vlastní tíha konstrukce (g₀)

Vlastní tíha konstrukce je automaticky generována programem MIDAS/Civil, ve kterém je vytvořen výpočetní model konstrukce. Program počítá vlastní tíhu automaticky ze zadaných průřezových ploch, popřípadě z tloušťek desek.

Objemová tíha $\gamma_c = 25,0 \text{ kN/m}^3$

Tíha křídel

křídlo	délka [m]	šířka [m]	plocha [m ²]	konzola [m ²]	G _{0,křídlo} [kN]	G _{0,kon} [kN]	G ₀ [kN]	n _{node} [-]	G _{node} [kN]
1L	2.500	0.600	3.4000	0.0000	51.00	0.00	51.00	6	8.500
1P	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00	1	0.000
2L	3.000	0.600	4.5000	0.0000	67.50	0.00	67.50	6	11.250
2P	0.000	0.000	0.0000	0.0000	0.00	0.00	0.00	1	0.000

3.1.2 Ostatní stálé zatížení (g₁)

Tíha vozovky

Popis zatížení	a [m]	b [m]	A [m ²]	γ [kN/m ³]	g _{1,k} [kN/m]
Vozovka (nominální)	0.085	1.000	0.0850	24.0	2.04

Dodatečně prováděné vrstvy nejsou zahrnuty v nominální hodnotě tloušťky vozovky:

dolní hodnota $g_{1,k,inf} = 0.8 \cdot g_{1,k}$

horní hodnota $g_{1,k,sup} = 1.4 \cdot g_{1,k}$

Ostatní zatížení

Popis zatížení		a [m]	b [m]	A [m ²]	γ [kN/m ³]	g _{1,k} [kN/m]	Σg _{1,k} [kN/m]
L	Římsa - rovnoměrné	0.220	1.000	0.2200	25.0	5.50	4.25
	Římsa - doplněk	0.600	0.250	0.1500	25.0	3.75	
	Zábradlí	1.000	1.000	1.0000	0.5	0.50	
P	Římsa - rovnoměrné	0.220	1.000	0.2200	25.0	5.50	4.25
	Římsa - doplněk	0.600	0.250	0.1500	25.0	3.75	
	Zábradlí	1.000	1.000	1.0000	0.5	0.50	

Ostatní stálé zatížení na křídlech

křídlo	délka [m]	šířka [m]	zatížení [kN/m]	G ₁ [kN]	n _{node} [-]	G _{node} [kN]
1L	2.500	0.600	7.55	18.88	6	3.146
1P	0.000	0.000	0.00	0.00	1	0.000
2L	3.000	0.600	7.55	22.65	6	3.775
2P	0.000	0.000	0.00	0.00	1	0.000

3.1.3 Dotvarování a smršťování

Dotvarování a smršťování jsou uvažovány dle ČSN EN 1992-1-1.

Vstupní údaje

Třída betonu	<input type="text" value="C35/45"/>	
Charakteristická hodnota válcové pevnosti v tlaku	$f_{ck} =$	35 MPa
Průměrná hodnota pevnosti betonu v tlaku ve stáří 28 dní	$f_{cm} =$	43 MPa
Sečnová hodnota modulu pružnosti	$E_{cm} =$	34 GPa
Třída cementu	<input type="text" value="N - normální a rychle tuhnoucí"/>	
Relativní vlhkost okolního prostředí	$RH =$	70 %
Plocha průřezu	$A_c =$	5.8110 m ²
Obvod prku vystavený okolnímu prostředí	$u =$	17.5857 m
Náhradní rozměr průřezu	$h_0 =$	0.661 m

Dotvarování

Dotvarování nebylo vzhledem k tomu, že se jedná o železobetonovou konstrukci, uvažováno.

Smršťování

Doba ošetřování betonu	$t_s =$	3 dny
Stáří betonu v uvažovaném okamžiku	$t =$	36500 dny

Smršťování vysycháním

Součinitele, které závisí na druhu cementu	$\alpha_{ds1} =$	4
	$\alpha_{ds2} =$	0.12
	$\beta_{RH} =$	1.018
Základní poměrné přetvoření od smršťování vysycháním	$\epsilon_{cd,0} =$	-0.34 mm/m
Součinitel závisející na náhradní tloušťce h_0	$k_h =$	0.700
	$\beta_{ds}(t, t_s) =$	0.982
Poměrné smrštění od vysychání v čase t	$\epsilon_{cd}(t) =$	-0.234 mm/m

Autogenní smršťování

Poměrné autogenní smrštění v čase ∞	$\epsilon_{ca}(\infty) =$	-0.06 mm/m
	$\beta_{as}(t) =$	1.000
Poměrné autogenní smrštění v čase t	$\epsilon_{ca}(t) =$	-0.063 mm/m

Celkové smršťování

Celkové poměrné smrštění v čase t	$\epsilon_{ca}(t) =$	<u>-0.297</u> mm/m
-------------------------------------	----------------------	---------------------------

Náhradní teplotní zatížení

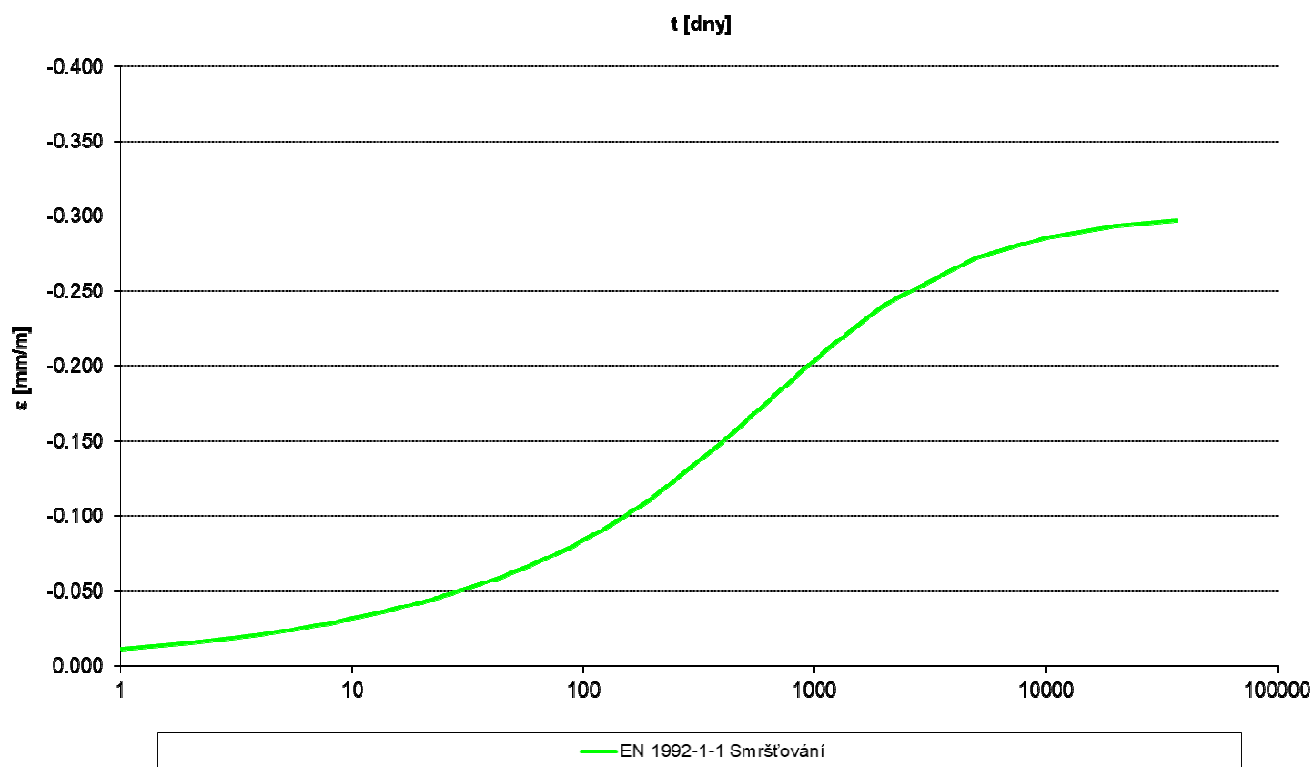
$t_0 = 3$ dní $\varepsilon_{sh}(t_0) = 0$ mm/m
 $t_1 = 36500$ dní $\varepsilon_{sh}(t_1) = -0.300$ mm/m

$\varepsilon_{sh}(t_1 - t_0) = -0.3$ mm/m

$\alpha_T = 1.0E-05$

$\Delta T_{smr} = -30.0$ °C - náhradní teplotní zatížení

$\gamma_{lt} = 1,2$ – součinitel bezpečnosti pro extrapolaci zpožděného poměrného přetvoření na dlouhodobé období (dle čl. B.105 z ČSN EN 1992-2)



obr. 1 Průběh poměrného přetvoření od smršťování

3.1.4 Zemní tlak

- uvažován stálý zemní tlak od aktivního po klidový
- uvažován pasivní odpor na rubu opěr

$\gamma = 20.0$ kN/m³

$\varphi_{ef} = 30.0$ °

$c_{ef} = 0.0$ kPa

$\delta = 0.0$ °

nesoudržná

Zemní tlaky

Opěra P1

	Aktivní	Klidový	Delta	
K =	0.33	0.50		
b =	1.000	1.000	1.000	m
h ₁ =	0.53	0.53	0.53	m
h ₂ =	2.49	2.49	2.49	m
Δh =	1.95	1.95	1.95	m
σ ₁ =	3.55	5.33		kN/m ²
σ ₂ =	16.57	24.85		kN/m ²
f ₁ =	3.55	5.33	1.78	kN/m
f ₂ =	16.57	24.85	8.28	kN/m
F _h =	19.6	29.5	9.8	kN

Opěra P2

	Aktivní	Klidový	Delta	
K =	0.33	0.50		
b =	1.000	1.000	1.000	m
h ₁ =	0.53	0.53	0.53	m
h ₂ =	3.09	3.09	3.09	m
Δh =	2.55	2.55	2.55	m
σ ₁ =	3.55	5.32		kN/m ²
σ ₂ =	20.57	30.85		kN/m ²
f ₁ =	3.55	5.32	1.77	kN/m
f ₂ =	20.57	30.85	10.28	kN/m
F _h =	30.8	46.2	15.4	kN

3.1.5 Poklesy podpěr

Uvažována libovolná kombinace 5 mm poklesů jednotlivých podpěr.

3.2 Proměnná zatížení

3.2.1 Zatížení silniční dopravou

Zatížení silniční dopravou bylo uvažováno podle ČSN EN 1991-2, kap. 4. S ohledem na to, že se jedná o silnici II. třídy, byla komunikace z hlediska zatížení zařazena do skupiny 1 pozemních komunikací a bylo uvažováno s výskytem zvláštního vozidla s označením 1800/200 na mostě (model LM3 a sestava gr5).

Roznos zatížení ve vozovkových vrstvách a v nosné konstrukci byl uvažován pod úhlem 45° od svislice. Zatížení bylo umístěno na nosnou konstrukci do nejúčinnějších poloh pro vyvození extrémních účinků.

3.2.1.1 Svislé zatížení

LM1

pruhy á 3m + zbytek pro rovnoměrné
 dvojnáprava

rovnoměrné zatížení

kontaktní plocha

vzdálenost kol

vzdálenost náprav

$\alpha_Q Q_k$ na nápravu

$\alpha_q q_k$

$$0.4 \cdot 0.4 = 0.16 \text{ m}^2$$

2.0 m

1.2 m

šířka vozovky

$$w = 7 \text{ m}$$

počet zat. pruhů

2

šířka zat. pruhu

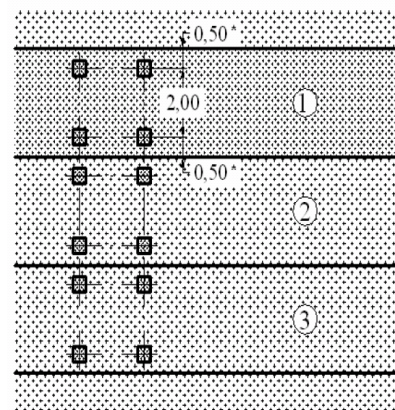
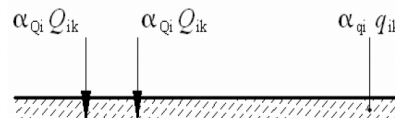
3 m

šířka zbývajících částí

1 m

skupina komunikací (NA 2.12)

1



liniové zatížení LM1

pruh	α_Q	$\alpha_Q Q_k$ (kN)	α_q	$\alpha_q q_k$ (kN/m ²)	$\alpha_q q_k$ (kN/m)
1	1	300	1	9	27.0
2	1	200	2.4	6	18.0
zbytek	-	0	1.2	3	3.0
suma		500			48

LM2

pro mosty 3-7m délky a příčný směr

jedna náprava

$\beta_Q Q_{ak}$

zatížení

$$Q_{ak} = 400 \text{ kN}$$

$$\beta_Q = 0.8$$

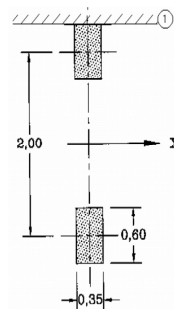
kontaktní plocha

$$0.6 \cdot 0.35 = 0.21 \text{ m}^2$$

vzdálenost kol

2.0 m

přídavný dynamický součinitel (u MZ) stejně jako u FLM3



LM3

zvláštní souprava

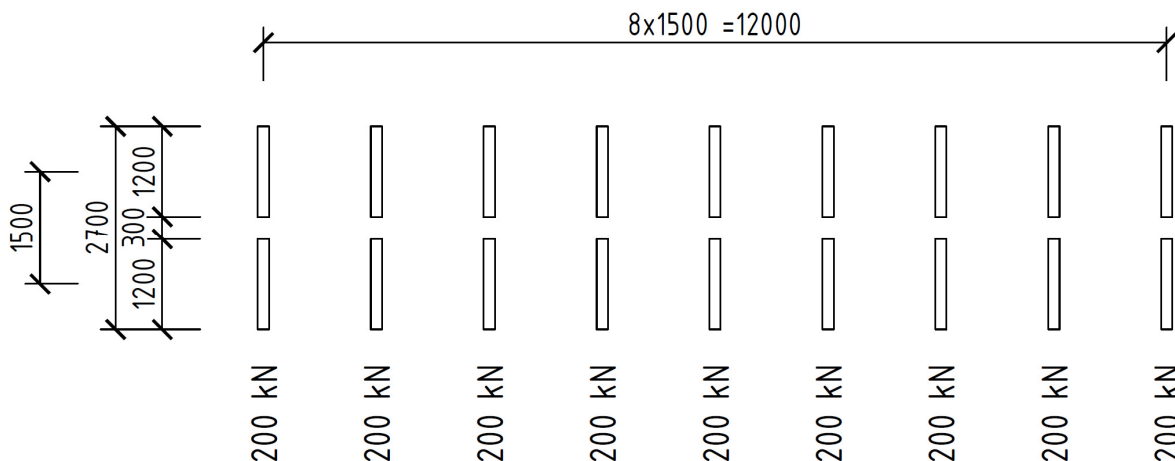
uvažováno speciální vozidlo

$$1800 / 200$$

délka vozidla

$$8 \cdot 1.5 = 12 \text{ m}$$

$\varphi = 1.25$



3.2.1.2 Vodorovné zatížení

délka mostu 12.4 m
 $Q_{lk} = 0.6 \cdot \alpha_{Q1} \cdot (2Q_{1k}) + 0.1 \cdot \alpha_{q1} \cdot q_{1k} \cdot w_1 \cdot L$ $Q_{lk} = 393 \text{ kN}$ $180 \alpha_{Q1} \leq Q_{lk} \leq 900 \text{ kN}$

odstředivé a jiné příčné síly (kap. 4.4.2)

- působí v povrchu vozovky

poloměr mostu 20 m (0 pro přímý most)
 odstředivá síla $Q_{tk} = 100 \text{ kN}$
 příčná brzdná síla $Q_{trk} = 0.25Q_{lk} = 98 \text{ kN}$
 $\max Q_{tk} = 100 \text{ kN}$ působí současně s Q_{lk}

Příčná síla působí jako soustředěné zatížení v kterémkoliv řezu na mostě.

brzdné a rozjezdové síly pro LM3 (NA 2.18)

$Q_{lk} = 0.6 \cdot Q_{LM3}$ $Q_{lk} = 600 \text{ kN}$
 redukce vlivem délky mostu $red = 1.00$
 $Q_{lk,red} = 600 \text{ kN}$

odstředivé a jiné příčné síly pro LM3 (NA 2.20)

- působí v povrchu vozovky

poloměr mostu 20 m (0 pro přímý most)
 odstředivá síla $Q_{tk} = 360 \text{ kN}$
 příčná brzdná síla $Q_{trk} = 0.25Q_{lk} = 150 \text{ kN}$
 $\max Q_{tk} = 360 \text{ kN}$ působí současně s Q_{lk}

Příčná síla působí jako soustředěné zatížení v kterémkoliv řezu na mostě.

3.2.1.3 Zvětšení zemního tlaku od zatížení silniční dopravou

Zvětšení zemního tlaku od zatížení silniční dopravou bylo uvažováno hodnotou zemního tlaku v klidu. Výpočet součinitele zemního tlaku viz kapitolu 3.1.4. Byl uvažovaný zemní tlak od modelu zatížení LM1 a LM3. Plocha zatížena byla uvažována dle ČSN EN 1991-2, tabulka NA.6.

- uvažován stálý klidový zemní tlak

$K = 0.50$

Model		LM1	LM1-dop	LM3
Q	[kN]	600	0	1800
a	[m]	3.000	3.000	3.000
b	[m]	4.500	4.500	13.000
q	[kN/m ²]	9.0	9.0	0.0
Q/ab+q	[kN/m ²]	53.44	9.00	46.15
σ_x	[kN/m ²]	26.72	4.50	23.08

3.2.1.4 Sestavy zatížení silniční dopravou

Pro výpočet byly uvažovány skupiny gr1a, gr1b, gr2 a gr5 z následující tabulky z normy.

Tabulka 4.4a – Stanovení sestav zatížení dopravou (charakteristické hodnoty vícetřížkových zatížení)^{NP21)}

		VOZOVKA					CHODNÍKY A CYKLISTICKÉ PRUHY	
Typ zatížení		Svislé síly				Vodorovné síly		Pouze svislé zatížení
Odkaz		4.3.2	4.3.3	4.3.4	4.3.5	4.4.1	4.4.2	5.3.2.1
Zatěžovací systém		LM1 (dvojnáprava a rovnoměrné zatížení)	LM2 (jednotlivá náprava)	LM3 (zvláštní vozidla)	LM4 (zatížení davem lidí)	brzdné a rozjezdové síly ^a	odstředivé síly a příčné síly ^a	rovnoměrné zatížení
Sestavy zatížení	gr1a	charakteristické hodnoty				NP21)	NP21)	kombinační hodnota ^b
	gr1b		charakteristická hodnota					
	gr2	časté hodnoty				charakteristická hodnota	charakteristická hodnota	
	gr3 ^d							charakteristická hodnota ^c
	gr4				charakteristická hodnota			charakteristická hodnota
	gr5	viz příloha A ^{NP16)}		charakteristická hodnota ^{NP16)}		NP18)	NP20)	
		Hlavní složka zatížení (označená jako složka příslušející k sestavě)						
^a Lze definovat v národní příloze (pro uvedené případy).								
^b Lze definovat v národní příloze. Doporučená hodnota je 3 kN/m ² , NP21)								
^c Viz 5.3.2.1(2). Pokud je účinek od zatížení pouze jednoho chodníku nepříznivější než při zatížení obou dvou, má se uvažovat zatížení pouze na jednom chodníku.								
^d Tato sestava nemá praktický význam, pokud se uvažuje sestava gr4.								

3.2.2 Zatížení teplotou

Zatížení teplotou bylo uvažováno dle ČSN EN 1991-1-5, čl. 6.

6.1 Nosné konstrukce mostů

6.1.1 Typy nosných konstrukcí mostů

3. typ: betonová nosná konstrukce ▼

6.1.3 Rovnoměrná složka teploty

Minimální teploty vzduchu ve stínu	-32,1 až -34 °C ▼	$T_{min} =$	-34.0 °C
Maximální teploty vzduchu ve stínu	36,1 až 38 °C ▼	$T_{max} =$	38.0 °C
Minimální rovnoměrná složka teploty		$T_{e,min} = T_{min} + 8 =$	-26.0 °C
Minimální rovnoměrná složka teploty		$T_{e,max} = T_{max} + 1.5 =$	39.5 °C
Výchozí teplota mostu		$T_0 =$	10.0 °C

Rozsah rovnoměrných složek teplot pro výpočet mostu

Charakteristická hodnota pro výpočet zkrácení mostu	$\Delta T_{N,con} = -(T_0 - T_{e,min}) =$	-36.0 °C
Charakteristická hodnota pro výpočet prodloužení mostu	$\Delta T_{N,exp} = T_{e,max} - T_0 =$	29.5 °C
Celkový rozsah rovnoměrné složky teploty mostu	$\Delta T_N =$	65.5 °C

6.1.4 Rozdílové složky teploty

6.1.4.1 Svislá lineární složka (postup 1)

Typ konstrukce

3. typ: betonová nosná konstrukce – betonová deska

Tloušťka mostního svršku

50 mm

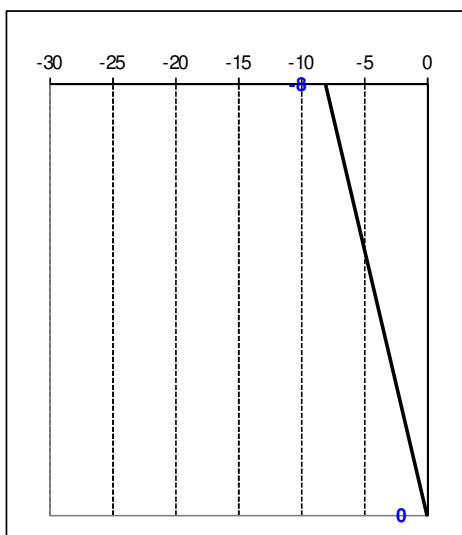
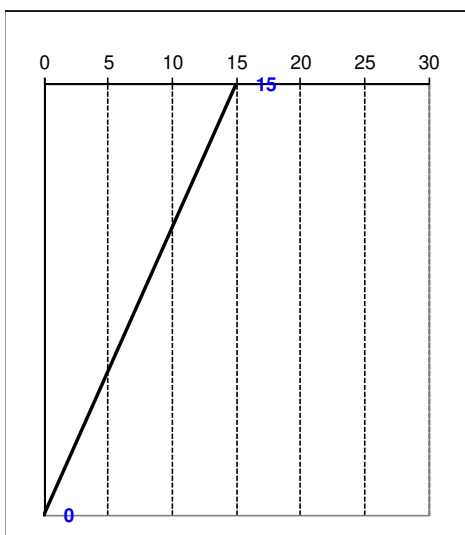
Lineární rozdílové složky:

Horní povrch teplejší než dolní

$$\Delta T_{M,heat} = 1.0 \cdot 15 = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Dolní povrch teplejší než horní

$$\Delta T_{M,cool} = 1.0 \cdot -8 = -8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



6.1.4.1 Svislá lineární složka (postup 1)

Typ konstrukce

3. typ: betonová nosná konstrukce – betonová deska

Tloušťka mostního svršku

100 mm

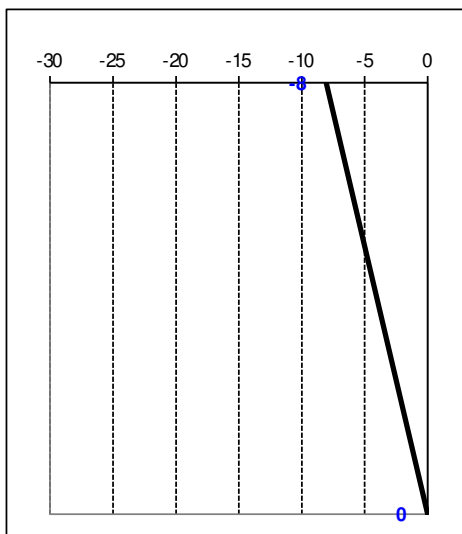
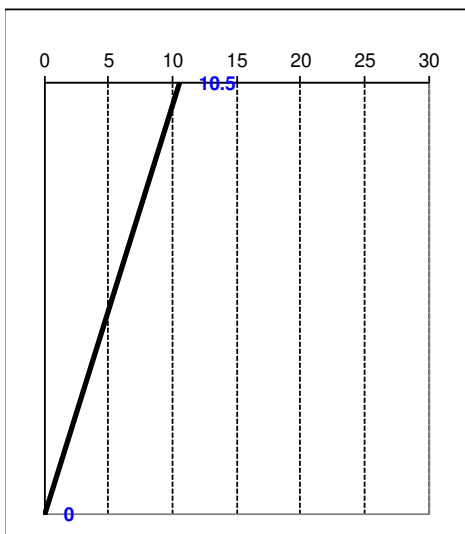
Lineární rozdílové složky:

Horní povrch teplejší než dolní

$$\Delta T_{M,heat} = 0.7 \cdot 15 = 10.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Dolní povrch teplejší než horní

$$\Delta T_{M,cool} = 1.0 \cdot -8 = -8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$



Pro tloušťku mostního svršku 80 mm uvažováno:

$$\Delta T_{M,heat} = 12,3^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M,cool} = -8,0^{\circ}\text{C}$$

Statický výpočet

6.1.5 Současné působení rovnoměrné a rozdílové složky teploty

Rozdílová složka teploty	ΔT
Rovnoměrná složka teploty	ΔT_N
Kombinace složek	$\Delta T + 0.35\Delta T_N$
	$0.75\Delta T + \Delta T_N$

Rozhoduje nejnejpříznivější účinek.

3.3 Kombinace zatížení

Kombinace zatížení byly uvažovány dle ČSN EN 1990.

3.3.1 Kombinační pravidla

Podle ČSN EN 1990, čl. A2.2.2

(2) Model zatížení 2 (nebo sestava zatížení gr1b) a osamělá síla $Q_{fw,k}$ (viz 5.3.2.2 v EN 1991-2) na lávkách pro chodce se nemusí kombinovat s dalším proměnným zatížením.

(3) Zatížení sněhem nebo větrem se nemusí kombinovat s:

- brzdnými a rozjezdovými silami nebo odstředivými silami nebo sestavou zatížení gr2;
- zatíženími na lávkách a cyklistických stezkách nebo sestavou zatížení gr3;
- zatížením davem lidí (model zatížení 4) nebo sestavou zatížení gr4.

POZNÁMKA Vhodná kombinační pravidla pro zvláštní vozidla (viz EN 1991-2, příloha A (informativní)), běžnou dopravu (zahnutou v modelech zatížení 1 a 2) a jiná proměnná zatížení mohou být doporučena v národní příloze nebo schválena pro konkrétní projekt. ^{NP11)}

(4) Zatížení sněhem se nemusí kombinovat s modelem zatížení 1 a 2 nebo se sestavami zatížení gr1 a gr2, pokud není stanoveno jinak s ohledem na zvláštní zeměpisné oblasti.

POZNÁMKA Zeměpisné oblasti, ve kterých může být potřebné v kombinacích zatížení uvažovat zatížení sněhem se sestavami zatížení gr1 a gr2, lze uvést v národní příloze. ^{NP12)}

(5) S modelem zatížení 1 (LM1) nebo sestavou zatížení gr1a se nemá kombinovat zatížení větrem vyšší, než je nižší z hodnot F_w nebo $\psi_0 F_{w,k}$.

POZNÁMKA Zatížení větrem viz EN 1991-1-4.

(6) Zatížení větrem a zatížení teplotou se nemusí uvažovat společně, pokud pro místní klimatické podmínky není stanoveno jinak.

POZNÁMKA V národní příloze nebo pro konkrétní projekt lze aplikovat různá pravidla pro uvažování současného působení zatížení větrem a zatížení teplotou v závislosti na klimatických podmínkách. ^{NP13)}

NA2.4 Článek A2.2.2 Kombinační pravidla pro mosty pozemních komunikací, odstavec (3)

Kombinační pravidla pro zvláštní vozidla vycházejí ze zatěžovacích modelů, které jsou uvedeny v ČSN EN 1991-2, NA2.16.

NA2.5 Článek A2.2.2 Kombinační pravidla pro mosty pozemních komunikací, odstavec (4)

S výjimkou zastřešených mostů pozemních komunikací se zatížení sněhem se sestavami zatížení gr1 a gr2 na území ČR nekombinuje.

NA2.6 Článek A2.2.2 Kombinační pravidla pro mosty pozemních komunikací, odstavec (6)

V ČR se současné působení zatížení větrem a zatížení teplotou neuvažuje, pokud to není v konkrétním projektu nezbytné.

3.3.2 Součinitelé zatížení

Podle ČSN EN 1990, tab. A2.1

Zatížení	Značka		ψ_0	ψ_1	ψ_2
Zatížení dopravou (viz EN 1991-2, Tabulka 4.4)	gr1a (LM1+ zatížení chodci nebo cyklisty) ¹⁾	TS (dvojnápravy)	0,75	0,75	0
		UDL (rovnomměrné zatížení)	0,40	0,40	0
		Zatížení chodci + zatížení cyklisty ²⁾	0,40	0,40	0
	gr1b (jednotlivá náprava)		0	0,75	0
	gr2 (vodorovné síly)		0	0	0
	gr3 (zatížení chodci)		0	0,40	0
	gr4 (LM4 (zatížení davem lidí))		0	–	0
	gr5 (LM3 (zvláštní vozidla))		0	–	0
Zatížení větrem	$F_{w,k}$				
	– Trvalé návrhové situace		0,6	0,2	0
	– Provádění		0,8	–	0
	F_w^*		1,0	–	–
Zatížení teplotou	T_k		0,6 ³⁾	0,6	0,5
Zatížení sněhem	$Q_{Sn,k}$ (během provádění)		0,8	–	–
Staveništní zatížení	Q_c		1,0	–	1,0

¹⁾ Doporučené hodnoty součinitelů ψ_0 , ψ_1 a ψ_2 pro gr1a a gr1b jsou uvedeny pro zatížení silniční dopravou, která odpovídá regulačním součinitelům $\alpha_{Q,i}$, $\alpha_{Q,i}$, $\alpha_{Q,r}$ a β_Q rovným 1. Ty, které se vztahují k UDL (rovnomměrné zatížení), odpovídají běžným scénářům dopravy, ve kterých se může zřídka vyskytnout kumulace nákladních vozidel. Jiné hodnoty lze předpokládat pro jiné třídy komunikací nebo očekávanou dopravu, které se vztahují k výběru odpovídajících součinitelů α . Např. hodnota ψ_2 jiná než nula se může předpokládat pouze pro rovnomměrné zatížení (UDL) modelu zatížení 1 (LM1) pro mosty převádějící silnou nepřetržitou dopravu. Viz také EN 1998.

²⁾ Kombinační hodnota zatížení od chodců a cyklistů, zmíněná v tabulce 4.4 EN 1991-2, je redukována hodnota. Součinitele ψ_0 a ψ_1 odpovídají této hodnotě.

³⁾ Doporučenou hodnotu ψ_0 pro zatížení teplotou lze ve většině případů snížit až na nulu pro mezní stavy únosnosti EQU, STR a GEO. Viz také Eurokódy pro navrhování.

POZNÁMKA 2 Pokud se pro některé mezní stavy použitelnosti betonových mostů národní příloha odkazuje na občasné kombinace zatížení, lze v ní definovat hodnoty $\psi_{1,infq}$. Doporučené hodnoty součinitelů $\psi_{1,infq}$ jsou:^{NP20)}

- 0,80 pro gr1a (LM1), gr1b (LM2), gr3 (zatížení chodci), gr4 (LM4, zatížení davem lidí) a T (zatížení teplotou);
- 0,60 pro $F_{w,k}$ v trvalých návrhových situacích;
- 1,00 v ostatních případech (tj. charakteristická hodnota se použije jako občasná hodnota).

3.3.3 Mezní stavy únosnosti

3.3.3.1 Trvalé a dočasné návrhové situace

Podle ČSN EN 1990, tab. A2.4 (B)

Trvalé a dočasné návrhové situace	Stálá zatížení		Předpětí	Hlavní proměnné zatížení (*)	Vedlejší proměnná zatížení (*)	
	Nepříznivá	Příznivá			Nejúčinnější (pokud se vyskytuje)	Ostatní
(Výraz (6.10a))	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	γ_{PP}		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
(Výraz (6.10b))	$\xi \gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	γ_{PP}	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(*) Proměnná zatížení jsou ta, která jsou uvedena v tabulkách A2.1 až A2.3.

POZNÁMKA 1 Volba mezi (6.10), nebo (6.10a) a (6.10b) je uvedena v národní příloze. V případě použití (6.10a) a (6.10b) může národní příloha upravit (6.10a) tak, že zahrnuje pouze stálá zatížení.^{NP27)}

POZNÁMKA 2 Hodnoty součinitelů γ a ξ lze stanovit v národní příloze. Při použití výrazů (6.10), nebo (6.10a) a (6.10b) jsou doporučené hodnoty součinitelů γ a ξ následující:^{NP20)}

$\gamma_{G,sup} = 1,35$ ¹⁾

$\gamma_{G,inf} = 1,00$

$\gamma_Q = 1,35$, pokud Q reprezentuje nepříznivě působící zatížení od silniční dopravy nebo od chodců; (0 pro příznivá);

$\gamma_Q = 1,45$, pokud Q reprezentuje nepříznivě působící zatížení od železniční dopravy, pro sestavy zatížení 11 až 31 (s výjimkou 16, 17, 26³⁾ a 27³⁾), model zatížení 71, SW/0 a HSLM a skutečné vlaky, pokud se uvažují jako jednotlivá hlavní zatížení dopravou; (0 pro příznivá);

$\gamma_Q = 1,20$, pokud Q reprezentuje nepříznivě působící zatížení od železniční dopravy, pro sestavy zatížení 16 a 17 a SW/2; (0 pro příznivá);

$\gamma_Q = 1,50$ pro ostatní zatížení dopravou a pro další proměnná zatížení; ²⁾

$\xi = 0,85$ (takže $\xi \gamma_{G,sup} = 0,85 \times 1,35 \approx 1,15$).

$\gamma_{set} = 1,20$ v případě pružné lineární analýzy a $\gamma_{set} = 1,35$ v případě nelineární analýzy, pro návrhové situace, kdy nerovnoměrné sedání může mít nepříznivé účinky. Pro návrhové situace, kdy zatížení způsobená nerovnoměrným sedáním mohou mít příznivé účinky, se tato zatížení neuvažují.

Viz také EN 1991 až EN 1999 pro hodnoty γ , které se použijí pro vynucená přetvoření.

γ_P = doporučené hodnoty definované v příslušných Eurokódech pro navrhování.

¹⁾ Tyto hodnoty zahrnují: vlastní tíhu nosných a nenosných částí, kolejové lože, zeminu, podzemní vodu a volně tekoucí vodu, odstranitelné zatížení, apod.

²⁾ Tyto hodnoty zahrnují: proměnný vodorovný zemní tlak, podzemní vodu, volně tekoucí vodu a kolejové lože, zvýšení složky zemního tlaku od dopravy, aerodynamická zatížení od dopravy, zatížení větrem, teplotou apod.

³⁾ Pro zatížení železniční dopravy u sestav zatížení 26 a 27 lze součinitel $\gamma_Q = 1,20$ použít pro jednotlivé složky zatížení dopravou související s SW/2 a součinitel $\gamma_Q = 1,45$ lze použít pro jednotlivé složky zatížení dopravou související s modely zatížení 71, SW/0 a HSLM, apod.

POZNÁMKA 3 Charakteristické hodnoty všech stálých zatížení z jednoho zdroje se násobí součinitelem $\gamma_{G,sup}$, pokud celkový výsledný účinek je nepříznivý a součinitelem $\gamma_{G,inf}$, pokud celkový výsledný účinek je příznivý. Např. všechna zatížení mající původ od vlastní tíhy konstrukce lze uvažovat jako pocházející z jednoho zdroje; toto lze použít i v případě, kdy se jedná o různé materiály. Nicméně viz A2.3.1(2).

POZNÁMKA 4 Pro zvláštní ověření lze hodnoty γ_G a γ_Q rozdělit na γ_P a γ_{sd} a na součinitel γ_{sd} zahrnující nejistoty modelování. Hodnota γ_{sd} je v oboru 1,0 – 1,15 a lze ji použít v nejobecnějších případech a také ji lze upravit v národní příloze.^{NP27)}

POZNÁMKA 5 Tam, kde zatížení vodou nejsou zahrnuta v EN 1997 (např. proudící voda), lze pro konkrétní projekt stanovit kombinace zatížení, které se mají použít.

3.3.3.2 Mimořádně návrhové situace

Mimořádně návrhové situace nebyly ve výpočtu uvažovány.

3.3.4 Mezní stavy použitelnosti

Podle ČSN EN 1990, tab. A2.6

Kombinace	Stálá zatížení G_d		Předpětí	Proměnná zatížení Q_d	
	Nepříznivá	Příznivá		Hlavní	Ostatní
Charakteristická Častá Kvazistálá	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i} Q_{k,i}$
	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$
	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

4 Výpočtové modely

4.1 Globální deskový model

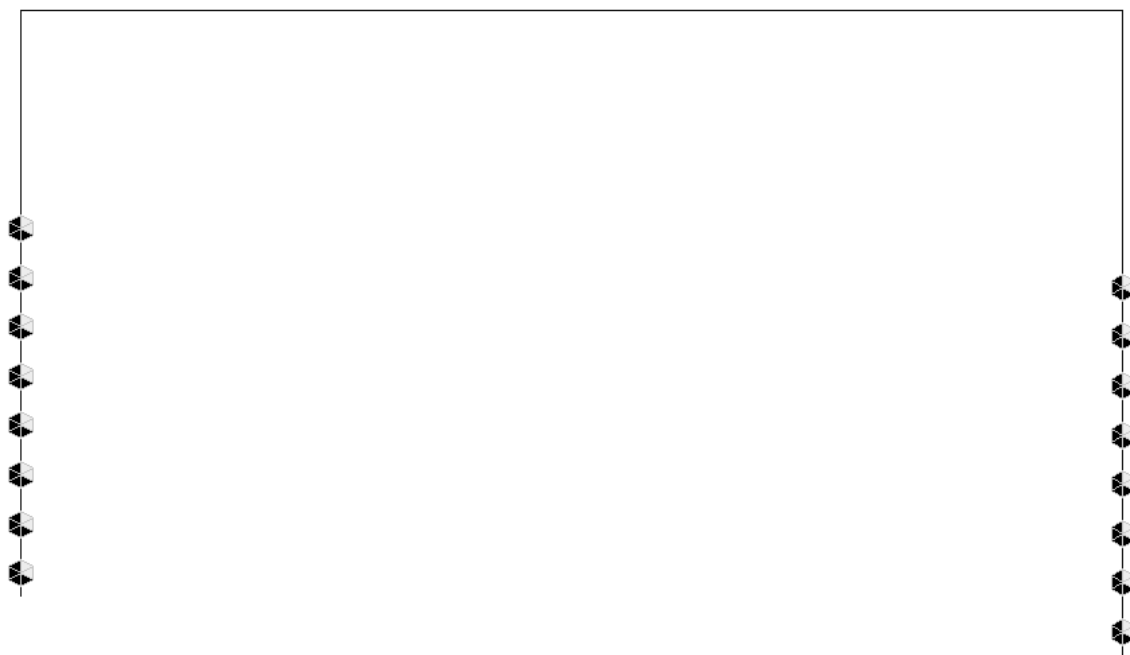
4.1.1 Popis výpočtového modelu

Odezva konstrukce na zatížení byla určena pomocí výpočtového MKP modelu vytvořeného v programu MIDAS/Civil. Most byl modelován jako 3D desková konstrukce s finálním statickým systémem. Geometrie modelu respektuje půdorysné vedení konstrukce. Na rubu rámových stěn jsou modelovány vodorovné pružné podpory, které působí pouze na tlak (tj. pouze při pohybu konstrukce směrem do zemního tělesa). Určení tuhostí těchto podpor viz kapitolu 4.1.5.

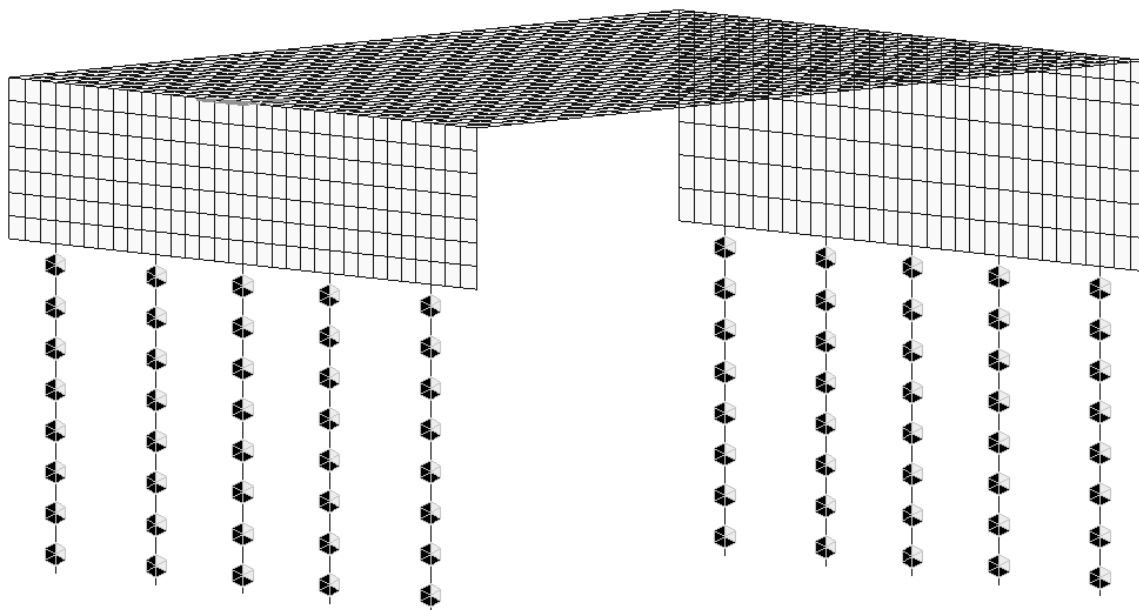
Konstrukce je modelována včetně pilot, které jsou modelovány jako prutové prvky rámově spojené s deskovými prvky stojek. Piloty jsou po výšce podepřeny vodorovnými pružnými podporami se skutečnými tuhostmi. Ve svislém směru byly piloty v patách uloženy na pružných podporách pomocí tuhostí 300 MN/m.

Výpočtový model byl použit po určení reakcí na piloty (síly v hlavách), vnitřních sil v rozhodujících průřezích konstrukce a deformací.

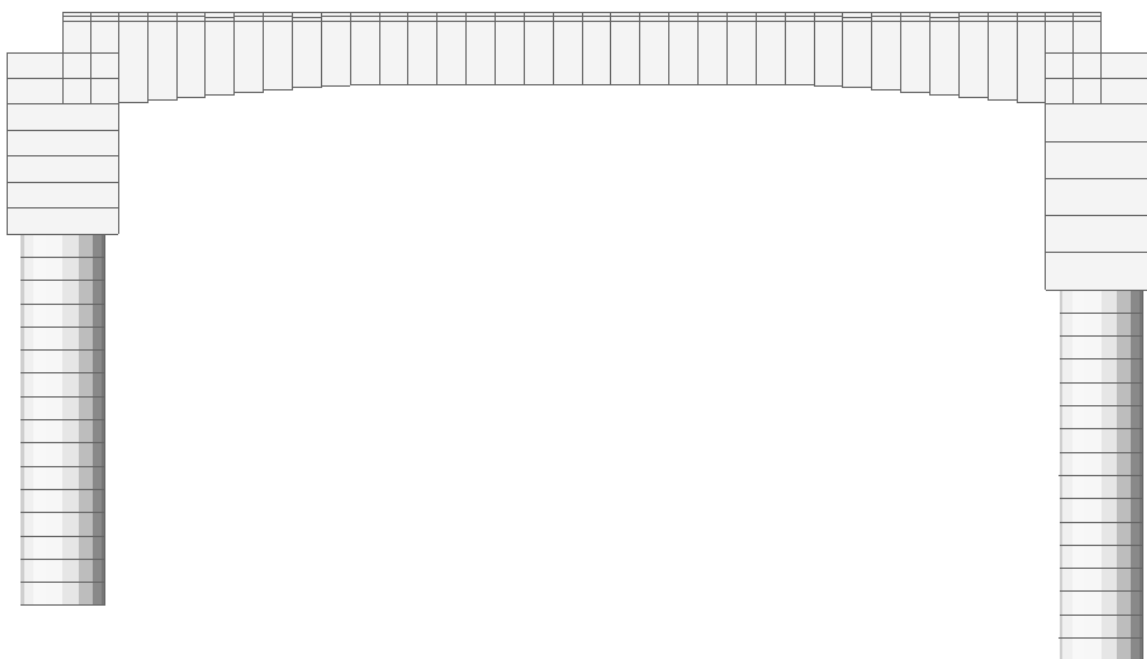
4.1.2 Geometrie modelu



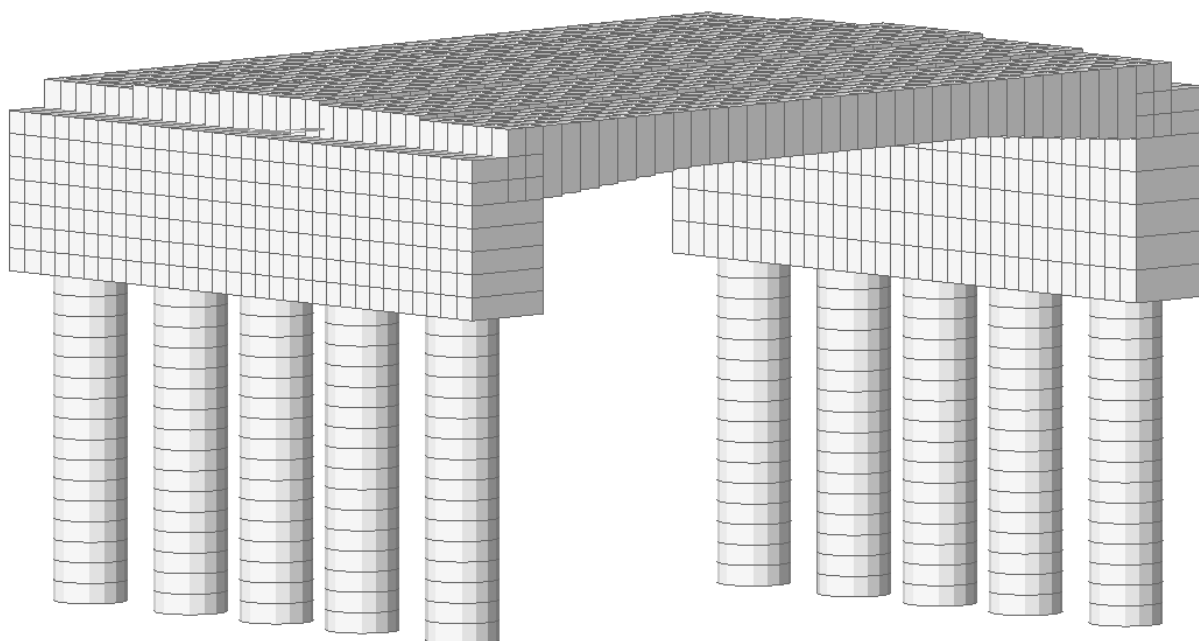
obr. 2 Globální deskový model – drátový – pohled z boku



obr. 3 Globální deskový model – drátový – axonometrie



obr. 4 Globální deskový model - renderovaný – pohled z boku



obr. 5 Globální deskový model - renderovaný – axonometrie

4.1.3 Použité materiály

ID	Name	Type	Standard	Elasticity [kN/m ²]	Poisson	Thermal [1/[C]]	Density [kN/m ³]	Material Type
1	C30/37 pil-nehmt	Concrete	None	3.28E+07	0.20	1.00E-05	0.00E+00	Isotropic
2	C35/45 stojky	Concrete	EN04(RC)	3.41E+07	0.20	1.00E-05	2.50E+01	Isotropic
3	C35/45 priceI	Concrete	EN04(RC)	3.41E+07	0.20	1.00E-05	2.50E+01	Isotropic

4.1.4 Vodorovná tuhost pilot

Pilota byla rozdělena na úseky s výškou 0,5 m, ve středu těchto úseků byly namodelovány pružné podpory, jejichž tuhost byla uvažována na základě průběhu modulu reakce podloží k_h po výšce piloty. Ve svislém směru byly piloty v patách uloženy na pružných podporách s tuhostí 300 MN/m.

Modul k_h byl určen následovně:

- soudržná zemina $k_h = 2/3 * E_{def} / d$
 - nesoudržná zemina $k_h = n_h * z / d$
- kde E_{def} - modul deformace zeminy [MPa]
 d - průměr piloty [m]
 z - hloubka daného úseku od upraveného terénu [m]
 n_h - modul horizontální stlačitelnosti [MN/m³]

Zemina	n_h [MN/m ³]		
Relativní ulehlost I_D	0.33	0.5	0.9
Suchý písek a štěrk	2.5	7.0	18.0
Vlhký písek a štěrk	1.5	4.5	11.0

Vodorovná tuhost byla pilot určena v několika variantách (zvlášť pro profil vrtu V-1 a V-2, uvažovány různé hodnoty E_{def} pro skalní podloží), přičemž rozhodující varianty, které byly použity ve výpočtu, jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Varianta s malou tuhostí

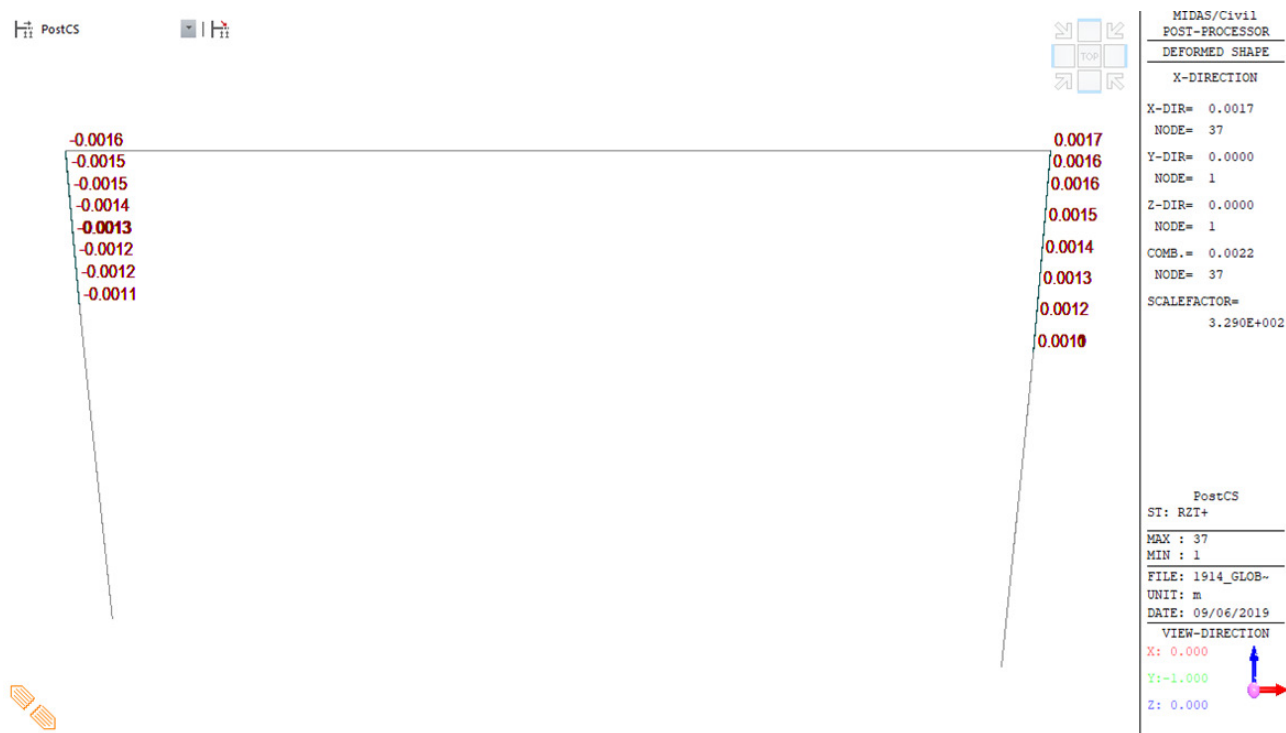
Číslo	pilota			
	d	$h * k_h$	$d * h * k_h$	$d * h * k_h$
	[m]	[MN/m ²]	[MN/m]	[kN/m]
1	0.900	2.5000	2.25	2 250
2	0.900	6.7611	6.09	6 085
3	0.900	7.6389	6.88	6 875
4	0.900	10.6944	9.63	9 625
5	0.900	15.2907	13.76	13 762
6	0.900	18.5185	16.67	16 667
7	0.900	18.5185	16.67	16 667
8	0.900	18.5185	16.67	16 667

Varianta s velkou tuhostí

Číslo	pilota			
	d	$h * k_h$	$d * h * k_h$	$d * h * k_h$
	[m]	[MN/m ²]	[MN/m]	[kN/m]
1	0.900	2.5000	2.25	2 250
2	0.900	6.7611	6.09	6 085
3	0.900	7.6389	6.88	6 875
4	0.900	10.6944	9.63	9 625
5	0.900	81.9574	73.76	73 762
6	0.900	185.1852	166.67	166 667
7	0.900	185.1852	166.67	166 667
8	0.900	185.1852	166.67	166 667

4.1.5 Tuhost podloží za rubem opěr

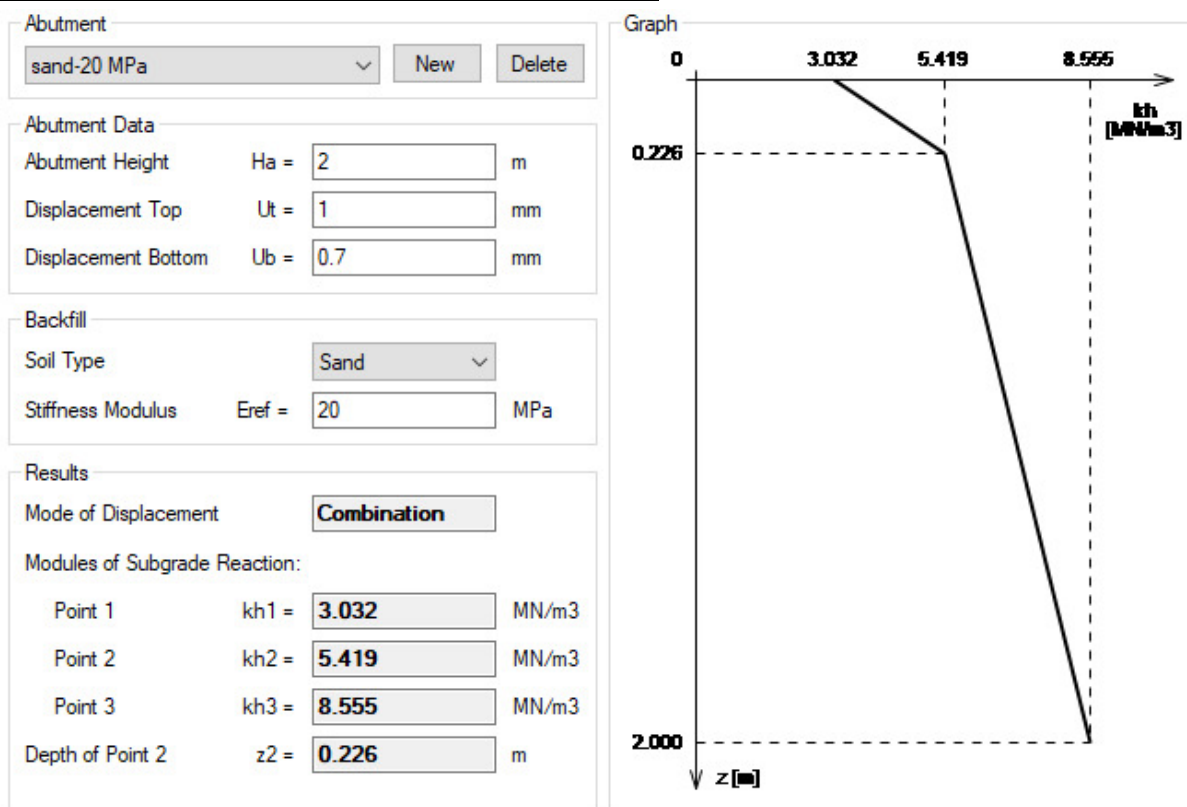
Tuhost podloží za rubem opěr (rámových stěn) byla určena pomocí programu IBridge. Při výpočtu modulů reakce podloží bylo vycházeno z časté kombinace zatížení (viz kapitolu 3.3), která pro tento případ nabývá hodnoty $0,6 \cdot \Delta T_{N+}$ (rovnoměrná složka teploty – oteplení).



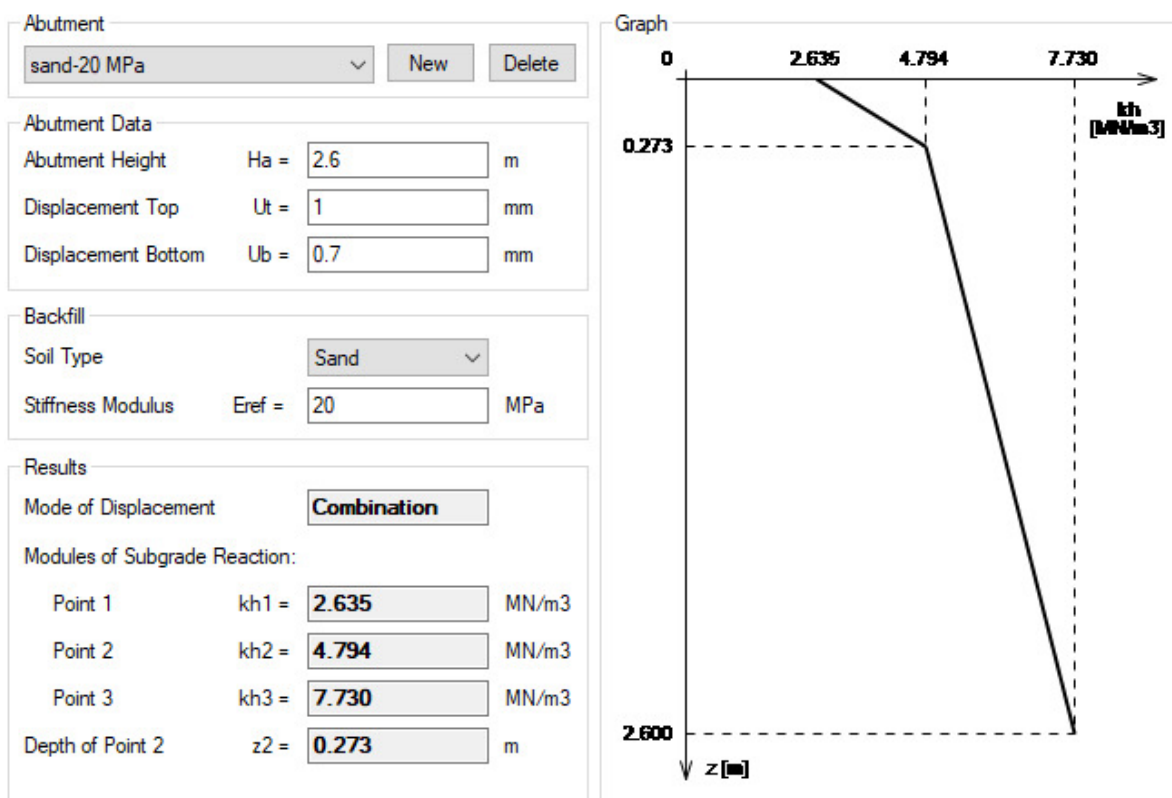
obr. 6 Vodorovné deformace od ΔT_{N+} (rovnoměrná složka teploty – oteplení) v [m]

Posun horního bodu opěry P1	$0,6 \cdot 1,6 = 1 \text{ mm}$
Posun dolního bodu opěry P1	$0,6 \cdot 1,1 = 0,7 \text{ mm}$
Posun horního bodu opěry P2	$0,6 \cdot 1,7 = 1 \text{ mm}$
Posun dolního bodu opěry P2	$0,6 \cdot 1,1 = 0,7 \text{ mm}$

Průběh modulu reakce podloží za rubem opěry P1



Průběh modulu reakce podloží za rubem opěry P2



5 Pilotové založení

5.1 Síly v hlavě piloty

S ohledem na podobnost extrémních hodnot sil v hlavách pilot na opěře P1 a opěře P2 byly piloty na obou opěrách posouzeny na stejné zatěžovací účinky, které jsou obálkou z účinků na jednotlivých opěrách a jsou uvedeny v následující tabulce.

Síly v hlavě piloty		N	M _x	M _y	H _x	H _y
		[kN]	[kNm]	[kNm]	[kN]	[kN]
Návrhová kombinace	min N	59	-100	200	143	147
	max N	1053	-48	-436	-188	88
	min H _y	207	112	341	198	-151
	max H _y	67	-107	363	207	151
	max H _x	908	-26	982	433	46
	min H _x	657	-26	-860	-383	51
	max M _y	888	-17	992	424	30
	min M _y	659	-38	-873	-376	68
	max M _x	554	115	118	110	-151
	min M _x	415	-110	140	119	150
Charakteristická kombinace	min N	120	-25	10	2	53
	max N	840	-36	-366	-153	65
	min H _y	210	89	231	140	-119
	max H _y	130	-84	227	139	118
	max H _x	727	-18	756	327	32
	min H _x	536	-20	-665	-291	40
	max M _y	713	-12	762	321	22
	min M _y	537	-28	-674	-286	51
	max M _x	467	90	66	75	-118
	min M _x	387	-86	62	74	118

5.2 Posouzení pilot

Posouzení pilot bylo provedeno v programu GEO Pilota.

5.2.1.1 Vrtaná sonda V-1

Vstupní data

Projekt

Akce : II/352 Nížkov – most ev. č. 352-007
 Část : Pilotové založení
 Popis : vrtaná sonda V-1
 Vypracoval : Ing. Petr Šedivý
 Datum : 06.09.2019

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-2
 Součinitele EN 1992-2 : uživatelské
 Článek 3.1.6 : $\alpha_{cc} = 0,90$
 Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1 (EC3)
 Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu : $\gamma_{M0} = 1,00$
 Dřevěné konstrukce : EN 1995-1-1 (EC5)
 Dílčí součinitel vlastností dřeva : $\gamma_M = 1,30$
 Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo) : $k_{mod} = 0,50$
 Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) : $k_{cr} = 0,67$




Piloty

Výpočet pro odvodněné podmínky : ČSN 73 1002
 Zatěžovací křivka : nelineární (Masopust)
 Vodorovná únosnost : pružný poloprostor
 Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu



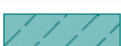
Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	$\gamma_{st} =$	1,15 [-]	

Základní parametry zemín

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	ν [-]
1	šterk slabě zahliněný, ulehlý, suchý		36,00	0,00	19,00	0,25
2	šterk slabě zahliněný, ulehlý, vlhký		36,00	0,00	19,00	0,25
3	sklalní podloží		23,00	100,00	22,00	0,30

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Číslo	Název	Vzorek	E_{oed} [MPa]	E_{def} [MPa]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	šterk slabě zahliněný, ulehlý, suchý		-	95,00	19,00	-	-
2	šterk slabě zahliněný, ulehlý, vlhký		-	95,00	19,00	-	-
3	sklalní podloží		-	500,00	22,00	-	-

Parametry zemin pro výpočet modulu reakce podloží

Číslo	Název	Vzorek	Typ zeminy	n_h [MN/m ³]
1	šterk slabě zahliněný, ulehlý, suchý		nesoudržná	18,00
2	šterk slabě zahliněný, ulehlý, vlhký		nesoudržná	11,00
3	sklalní podloží		soudržná	-

Parametry zemin

šterk slabě zahliněný, ulehlý, suchý

Objemová tíha : $\gamma = 19,00$ kN/m³
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 36,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00$ kPa
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,25$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 95,00$ MPa
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00$ kN/m³
 Typ zeminy : nesoudržná
 Modul horiz.stlačitelnosti : $n_h = 18,00$ MN/m³

šterk slabě zahliněný, ulehlý, vlhký

Objemová tíha : $\gamma = 19,00$ kN/m³
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 36,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00$ kPa
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,25$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 95,00$ MPa
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00$ kN/m³
 Typ zeminy : nesoudržná
 Modul horiz.stlačitelnosti : $n_h = 11,00$ MN/m³

sklalní podloží

Objemová tíha : $\gamma = 22,00$ kN/m³
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 23,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 100,00$ kPa
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,30$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 500,00$ MPa
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 22,00$ kN/m³
 Typ zeminy : soudržná

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 0,90 \text{ m}$
 Délka $l = 4,00 \text{ m}$

Spočtené průřezové charakteristiky

Plocha $A = 6,36\text{E-}01 \text{ m}^2$
 Moment setrvačnosti $I = 3,22\text{E-}02 \text{ m}^4$

Umístění

Vysazení $h = 0,00 \text{ m}$
 Hloubka upraveného terénu $h_z = 0,00 \text{ m}$

Typ technologie: Vrtané piloty
 Modul reakce podloží uvažován podle ČSN 731004.

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$
 Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-2.

Beton : C 30/37

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 30,00 \text{ MPa}$
 Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,90 \text{ MPa}$
 Modul pružnosti $E_{cm} = 33000,00 \text{ MPa}$
 Modul pružnosti ve smyku $G = 13750,00 \text{ MPa}$




Ocel podélná : B500

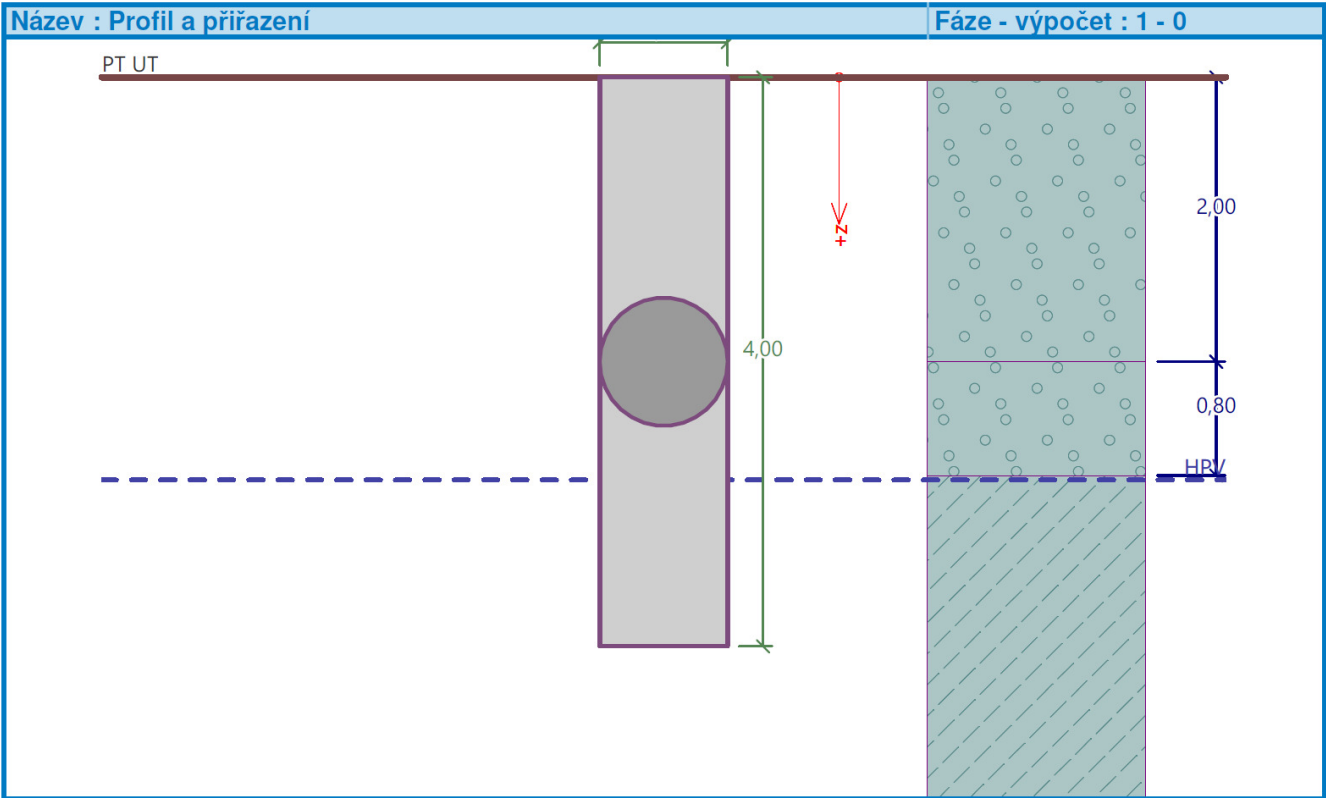
Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Ocel příčná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00 \text{ MPa}$

Geologický profil a přiřazení zemín

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	2,00	0,00 .. 2,00	šterk slabě zahliněný, ulehlý, suchý	
2	0,80	2,00 .. 2,80	šterk slabě zahliněný, ulehlý, vlhký	
3	-	2,80 .. ∞	sklalní podloží	



Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		MSÚ-minN	Návrhové	59,00	-100,00	200,00	143,00	147,00
2	Ano		MSÚ-maxN	Návrhové	1053,00	-48,00	-436,00	-188,00	88,00
3	Ano		MSÚ-minHy	Návrhové	207,00	112,00	341,00	198,00	-151,00
4	Ano		MSÚ-maxHy	Návrhové	67,00	-107,00	363,00	207,00	151,00
5	Ano		MSÚ-maxHx	Návrhové	908,00	-26,00	982,00	433,00	46,00
6	Ano		MSÚ-minHx	Návrhové	657,00	-26,00	-860,00	-383,00	51,00
7	Ano		MSÚ-maxMy	Návrhové	888,00	-17,00	992,00	424,00	30,00
8	Ano		MSÚ-minMy	Návrhové	659,00	-38,00	-873,00	-376,00	68,00
9	Ano		MSÚ-maxMx	Návrhové	554,00	115,00	118,00	110,00	-151,00
10	Ano		MSÚ-minMx	Návrhové	415,00	-110,00	140,00	119,00	150,00
11	Ano		CHAR-minN	Užitné	120,00	-25,00	10,00	2,00	53,00
12	Ano		CHAR-maxN	Užitné	840,00	-36,00	-366,00	-153,00	65,00
13	Ano		CHAR-minHy	Užitné	210,00	89,00	231,00	140,00	-119,00
14	Ano		CHAR-maxHy	Užitné	130,00	-84,00	227,00	139,00	118,00
15	Ano		CHAR-maxHx	Užitné	727,00	-18,00	756,00	327,00	32,00
16	Ano		CHAR-minHx	Užitné	536,00	-20,00	-665,00	-291,00	40,00
17	Ano		CHAR-maxMy	Užitné	713,00	-12,00	762,00	321,00	22,00
18	Ano		CHAR-minMy	Užitné	537,00	-28,00	-674,00	-286,00	51,00
19	Ano		CHAR-maxMx	Užitné	467,00	90,00	66,00	75,00	-118,00
20	Ano		CHAR-minMx	Užitné	387,00	-86,00	62,00	74,00	118,00

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 2,83 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení
Typ výpočtu : výpočet pro odvozené podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá
Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Součinitel únosnosti $N_c = 18,05$
Součinitel únosnosti $N_d = 8,66$
Součinitel únosnosti $N_b = 4,88$
Součinitel únosnosti $K_1 = 1,00$
Výpočtová únosnost na patě piloty $R_{bd} = 3002,16 \text{ kPa}$
Plocha příčného řezu piloty $A_p = 6,36E-01 \text{ m}^2$

Únosnost na plášti piloty:
Zkrácení účinné délky piloty $L_p = 0,95 \text{ m}$

Hloubka [m]	Mocnost [m]	φ_d [°]	c_{ud} [kPa]	γ [kN/m ³]	γR_2 [-]	f_s [kPa]	R_{si} [kN]
2,00	2,00	36,00	0,00	19,00	1,00	8,46	43,49
2,80	0,80	36,00	0,00	19,00	1,00	20,30	41,75
2,83	0,03	23,00	100,00	22,00	1,00	114,68	8,84
3,05	0,22	23,00	100,00	12,00	1,00	115,13	65,42

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení tlačené piloty:

Nejnepříznivější zatěžovací stav číslo 2. (MSÚ-maxN)

Únosnost piloty na plášti $R_s = 159,50 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 1736,26 \text{ kN}$

Únosnost piloty $R_c = 1895,76 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla $V_d = 1053,00 \text{ kN}$

$R_c = 1895,76 \text{ kN} > 1053,00 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_s [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	2,00	2,00	15,28	91,00	48,00
2	2,00	2,80	0,80	20,39	91,00	48,00
3	2,80	4,00	1,20	41,05	131,00	94,00

Uvažovat zatížení : užité

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25,0$ mm
Regresní součinitel $e = 2840,00$
Regresní součinitel $f = 1298,00$

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty $R_{sy} = 556,78$ kN
Velikost napětí na patě při R_{sy} $q_0 = 2547,95$ kPa
Průměrné plášťové tření $q_s = 70,33$ kPa
Průměrný sečnový modul deformace $E_s = 24,03$ MPa
Součinitel přenosu zatížení do paty $\beta = 0,67$

Příčinkové součinitele sedání :
Základní - závislý na poměru l/d $l_0 = 0,22$
Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,00$
Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Body zatěžovací křivky

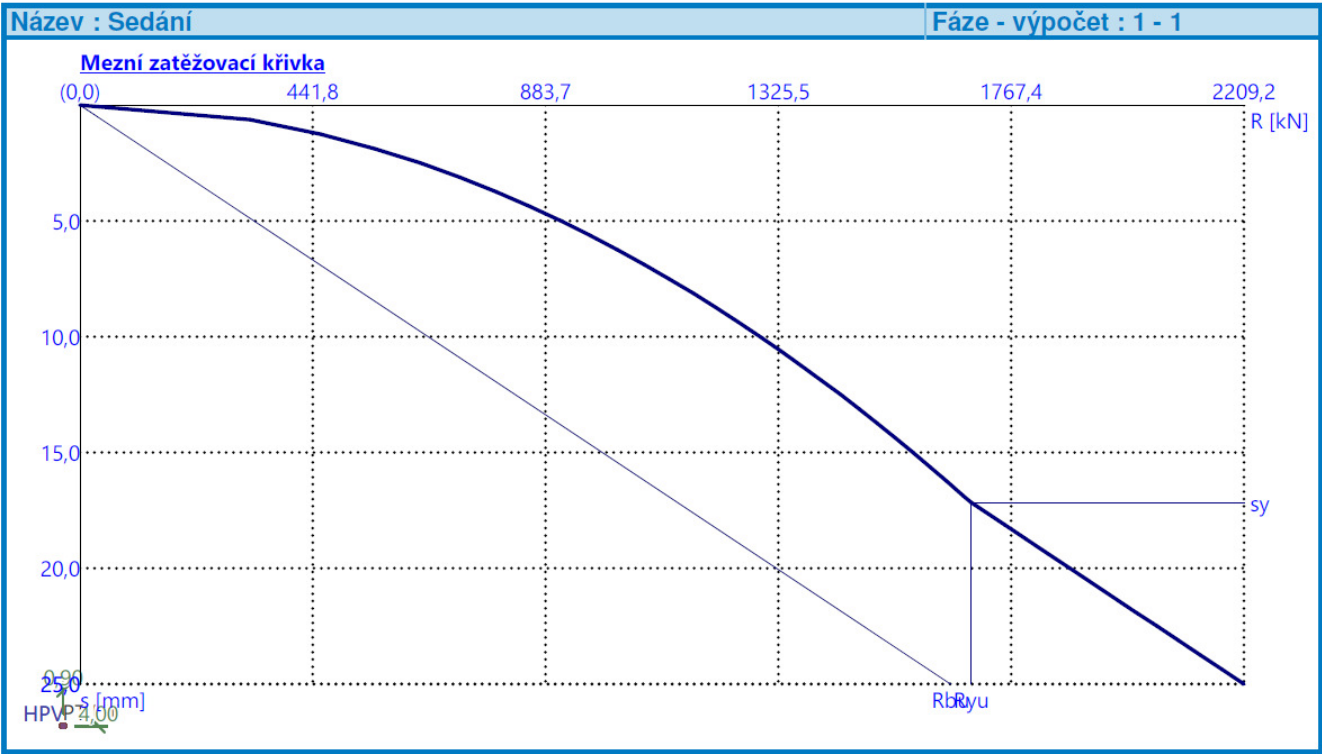
Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00
2,5	645,48
5,0	912,85
7,5	1118,01
10,0	1290,96
12,5	1443,34
15,0	1581,10
17,5	1713,48
20,0	1878,72
22,5	2043,96
25,0	2209,21

Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace plášť.tření $R_{yu} = 1691,43$ kN
Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 17,2$ mm

Únosnosti odpovídající sednutí 25,0 mm :
Únosnost paty $R_{bu} = 1652,43$ kN
Celková únosnost $R_c = 2209,21$ kN

Pro zatížení $Q = 840,00$ kN je sednutí piloty 4,2 mm



Posouzení čís. 2

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_s [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	2,00	2,00	15,28	91,00	48,00
2	2,00	2,80	0,80	20,39	91,00	48,00
3	2,80	4,00	1,20	57,20	169,00	139,00

Uvažovat zatížení : užité
 Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$
 Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25,0$ mm
 Regresní součinitel $e = 2840,00$
 Regresní součinitel $f = 1298,00$

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty $R_{sy} = 618,71$ kN
 Velikost napětí na patě při R_{sy} $q_0 = 2547,95$ kPa
 Průměrné plášťové tření $q_s = 78,15$ kPa
 Průměrný sečnový modul deformace $E_s = 28,88$ MPa
 Součinitel přenosu zatížení do paty $\beta = 0,65$

Příčinkové součinitele sedání :
 Základní - závislý na poměru l/d $I_0 = 0,22$
 Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,01$
 Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Body zatěžovací křivky

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
2,5	717,00
5,0	1014,00
7,5	1241,89
10,0	1434,01
12,5	1603,27
15,0	1757,16
17,5	1946,90
20,0	2136,64
22,5	2326,38
25,0	2516,12

Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace plášt.tření $R_{yu} = 1753,37 \text{ kN}$
 Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 15,0 \text{ mm}$

Únosnosti odpovídající sednutí 25,0 mm :
 Únosnost paty $R_{bu} = 1897,41 \text{ kN}$
 Celková únosnost $R_c = 2516,12 \text{ kN}$

Pro zatížení $Q = 840,00 \text{ kN}$ je sednutí piloty 3,4 mm



Posouzení čís. 1

Vstupní data pro výpočet vodorovné únosnosti piloty

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.
 Vodorovná únosnost posouzena ve směru maximálního účinku zatížení.

Průběhy vnitřních sil a deformace piloty

Průběh deformací a vnitřních sil po pilotě - maximální hodnoty:

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
0.00	0.00	6.08	2.10	1.50	386.38	873.83
0.18	3.60	5.75	2.13	25.66	384.70	805.77
0.22	4.40	5.68	2.13	31.01	383.88	790.70
0.38	7.60	5.49	2.15	51.05	379.07	730.93
0.40	8.00	5.47	2.15	53.41	378.30	723.54
0.42	8.40	5.45	2.15	55.73	377.49	716.17
0.58	11.60	5.26	2.16	73.04	369.79	657.75
0.60	12.00	5.23	2.17	75.05	368.67	650.53
0.62	12.40	5.21	2.17	77.02	367.53	643.32
0.78	15.60	5.00	2.17	91.53	357.25	586.48
0.80	16.00	4.97	2.18	93.19	355.83	579.48
0.82	16.40	4.94	2.18	94.80	354.38	572.50
0.98	19.60	4.72	2.19	106.47	341.87	517.66
1.00	20.00	4.69	2.19	107.76	340.19	510.93
1.02	20.40	4.66	2.19	109.02	338.49	504.23
1.18	23.60	4.42	2.21	117.81	324.12	451.76
1.20	24.00	4.39	2.21	118.75	322.24	445.35
1.22	24.40	4.36	2.21	119.65	320.33	438.97
1.38	27.60	4.10	2.22	125.55	305.19	389.18
1.40	28.00	4.07	2.22	126.12	303.34	383.12
1.42	28.40	4.04	2.22	126.66	301.47	377.09
1.58	31.60	3.77	2.23	130.83	286.17	330.21
1.60	32.00	3.74	2.23	131.32	284.21	324.52
1.62	32.40	3.71	2.23	131.78	282.25	318.87
1.78	35.60	3.43	2.23	134.26	266.33	275.06
1.80	36.00	3.40	2.23	134.42	264.33	269.76
1.82	36.40	3.36	2.23	134.54	262.31	264.50
1.98	39.60	3.08	2.23	134.31	246.19	223.85
2.00	40.00	3.05	2.23	107.91	244.17	218.95
2.00	24.44	3.05	2.23	107.91	244.17	218.95
2.02	24.69	3.01	2.23	81.83	242.97	214.08
2.18	26.64	2.72	2.22	80.01	233.39	175.97
2.20	26.89	2.69	2.22	79.69	232.21	171.32
2.22	27.13	2.65	2.22	79.35	231.03	166.68
2.38	29.09	2.36	2.21	75.85	221.81	130.46
2.40	29.33	2.32	2.21	75.32	220.69	126.04
2.42	29.58	2.29	2.21	74.76	219.57	121.63
2.58	31.53	1.99	2.20	69.59	210.94	101.22
2.60	31.78	1.96	2.20	68.85	209.91	101.23
2.62	32.02	1.92	2.20	68.09	208.88	101.22
2.78	33.98	1.62	2.19	61.27	201.10	100.57
2.80	34.22	1.59	2.18	356.51	200.19	100.41
2.80	370.37	1.59	2.18	356.51	200.19	100.41
2.82	370.37	1.55	2.18	637.90	190.45	100.17
2.98	370.37	1.25	2.17	517.84	120.35	93.24
3.00	370.37	1.21	2.17	502.82	112.56	91.83

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
3.02	370.37	1.18	2.17	487.80	104.99	90.31
3.18	370.37	0.88	2.16	367.71	109.08	75.14
3.20	370.37	0.84	2.16	352.70	111.72	72.95
3.22	370.37	0.81	2.15	337.70	114.09	70.70
3.38	370.37	0.53	2.15	225.03	123.49	51.51
3.40	370.37	0.50	2.15	211.68	123.47	49.04
3.42	370.37	0.47	2.14	198.32	123.21	46.57
3.58	370.37	0.38	2.14	126.47	111.63	27.55
3.60	370.37	0.42	2.14	138.95	108.97	25.35
3.62	370.37	0.46	2.14	151.42	106.06	23.20
3.78	370.37	0.78	2.14	251.13	73.12	8.63
3.80	370.37	0.82	2.14	263.59	67.81	7.22
3.82	370.37	0.86	2.14	276.05	62.23	5.92
3.98	370.37	1.18	2.14	375.68	7.98	0.08
4.00	370.37	1.22	2.14	388.14	0.00	0.00

Průběh deformací a vnitřních sil po pilotě - minimální hodnoty:

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
0.00	0.00	-7.49	-1.82	-1.22	-435.44	-992.15
0.18	3.60	-7.13	-1.84	-20.71	-433.61	-915.84
0.22	4.40	-7.05	-1.84	-24.99	-432.72	-898.94
0.38	7.60	-6.72	-1.85	-41.75	-427.49	-831.77
0.40	8.00	-6.68	-1.85	-43.77	-426.65	-823.44
0.42	8.40	-6.63	-1.85	-45.77	-425.77	-815.12
0.58	11.60	-6.30	-1.86	-60.99	-417.38	-749.20
0.60	12.00	-6.25	-1.86	-62.79	-416.17	-741.05
0.62	12.40	-6.21	-1.86	-64.58	-414.92	-732.92
0.78	15.60	-5.87	-1.86	-77.97	-403.70	-668.74
0.80	16.00	-5.82	-1.86	-79.53	-402.16	-660.84
0.82	16.40	-5.78	-1.86	-81.07	-400.58	-652.96
0.98	19.60	-5.43	-1.86	-92.45	-386.91	-591.00
1.00	20.00	-5.39	-1.86	-93.76	-385.08	-583.39
1.02	20.40	-5.34	-1.86	-95.03	-383.22	-575.82
1.18	23.60	-4.99	-1.85	-104.25	-367.50	-516.49
1.20	24.00	-4.95	-1.85	-105.28	-365.43	-509.24
1.22	24.40	-4.90	-1.85	-106.27	-363.35	-502.02
1.38	27.60	-4.55	-1.84	-113.21	-346.12	-445.66
1.40	28.00	-4.50	-1.84	-113.94	-343.91	-438.79
1.42	28.40	-4.46	-1.84	-114.65	-341.69	-431.97
1.58	31.60	-4.14	-1.83	-119.21	-323.78	-378.84
1.60	32.00	-4.10	-1.83	-119.64	-321.65	-372.39
1.62	32.40	-4.07	-1.83	-120.05	-319.50	-365.98
1.78	35.60	-3.77	-1.82	-122.17	-302.08	-316.26
1.80	36.00	-3.73	-1.82	-122.29	-299.88	-310.24
1.82	36.40	-3.70	-1.81	-122.39	-297.68	-304.27
1.98	39.60	-3.39	-1.80	-122.03	-280.00	-258.06
2.00	40.00	-3.35	-1.80	-98.03	-277.80	-252.48

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
2.00	24.44	-3.35	-1.80	-98.03	-277.80	-252.48
2.02	24.69	-3.31	-1.80	-74.33	-276.45	-246.94
2.18	26.64	-3.00	-1.80	-72.58	-265.79	-203.56
2.20	26.89	-2.96	-1.81	-72.27	-264.47	-198.26
2.22	27.13	-2.92	-1.81	-71.95	-263.16	-192.98
2.38	29.09	-2.61	-1.83	-68.66	-252.88	-151.70
2.40	29.33	-2.57	-1.83	-68.17	-251.63	-146.66
2.42	29.58	-2.53	-1.83	-67.65	-250.39	-141.64
2.58	31.53	-2.21	-1.85	-62.84	-240.76	-102.36
2.60	31.78	-2.17	-1.85	-62.16	-239.61	-97.55
2.62	32.02	-2.13	-1.85	-61.45	-238.46	-92.77
2.78	33.98	-1.80	-1.85	-55.14	-229.76	-90.06
2.80	34.22	-1.76	-1.85	-320.69	-228.73	-89.78
2.80	370.37	-1.76	-1.85	-320.69	-228.73	-89.78
2.82	370.37	-1.72	-1.86	-573.57	-217.83	-89.43
2.98	370.37	-1.40	-1.86	-463.57	-139.27	-82.47
3.00	370.37	-1.36	-1.86	-449.81	-130.53	-81.14
3.02	370.37	-1.32	-1.86	-436.06	-122.03	-79.73
3.18	370.37	-0.99	-1.85	-326.09	-97.77	-65.91
3.20	370.37	-0.95	-1.85	-312.35	-99.89	-63.93
3.22	370.37	-0.91	-1.85	-298.61	-101.78	-61.91
3.38	370.37	-0.61	-1.85	-197.29	-108.80	-44.87
3.40	370.37	-0.57	-1.85	-185.23	-108.66	-42.70
3.42	370.37	-0.54	-1.85	-173.18	-108.29	-40.53
3.58	370.37	-0.34	-1.85	-140.74	-97.28	-23.89
3.60	370.37	-0.38	-1.85	-155.41	-94.89	-21.97
3.62	370.37	-0.41	-1.85	-170.08	-92.27	-20.10
3.78	370.37	-0.68	-1.85	-287.93	-63.29	-7.46
3.80	370.37	-0.71	-1.85	-302.73	-58.66	-6.24
3.82	370.37	-0.75	-1.85	-317.53	-53.80	-5.11
3.98	370.37	-1.01	-1.85	-435.90	-6.87	-0.07
4.00	370.37	-1.05	-1.85	-450.70	-0.00	-0.00

Maximální vnitřní síly a deformace:

Max.deformace piloty = 7,5 mm
 Max.posouvající síla = 435,44 kN
 Maximální moment = 992,15 kNm

Posouzení na tlak a ohyb

Vyztužení - 10 ks profil 32,0 mm; krytí 128,0 mm
 Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota
 Stupeň vyztužení $\rho = 1,264 \% > 0,393 \% = \rho_{\min}$
 Zatížení : $N_{Ed} = -888,00$ kN (tlak) ; $M_{Ed} = 992,15$ kNm
 Únosnost : $N_{Rd} = -1100,89$ kN; $M_{Rd} = 1230,00$ kNm

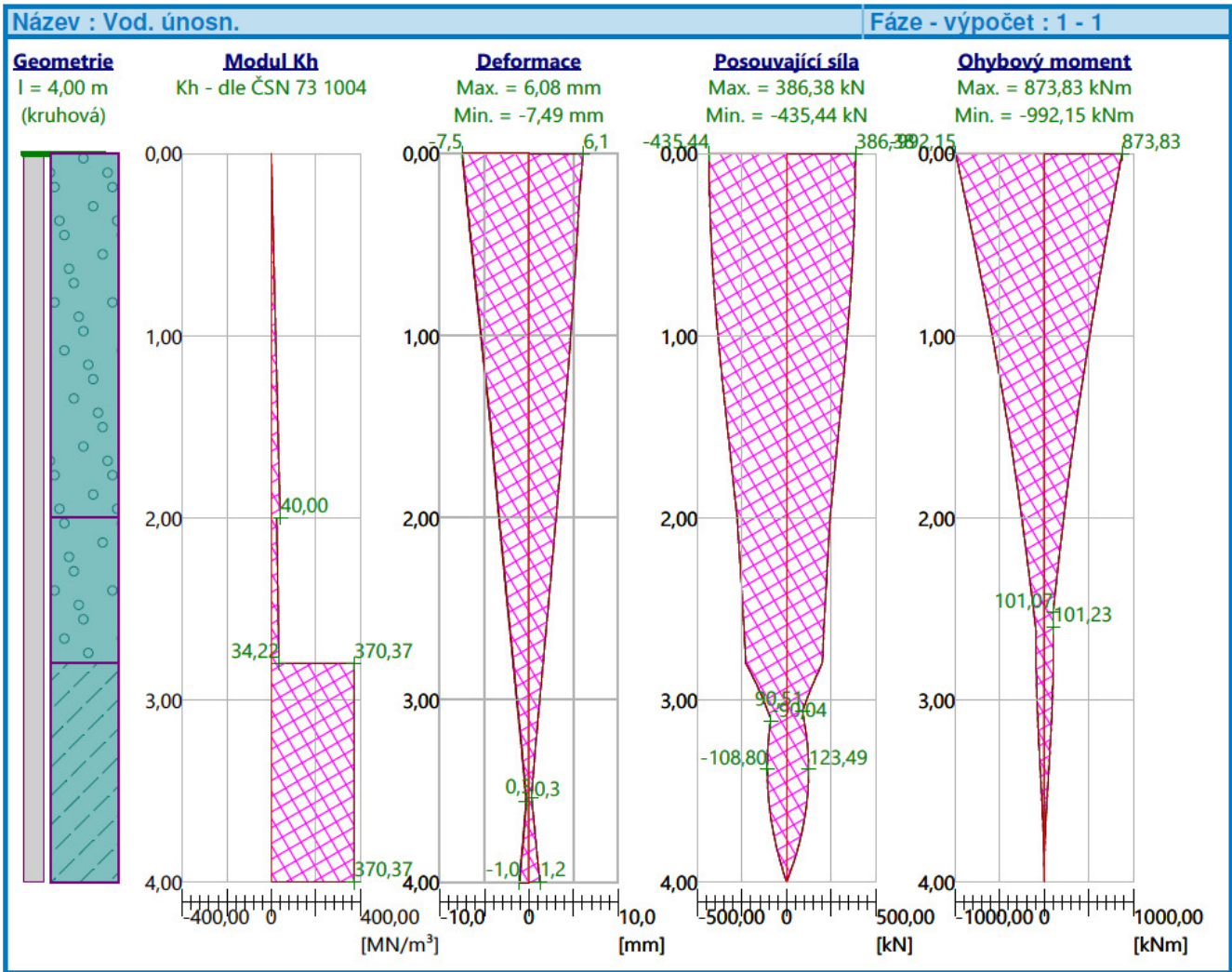
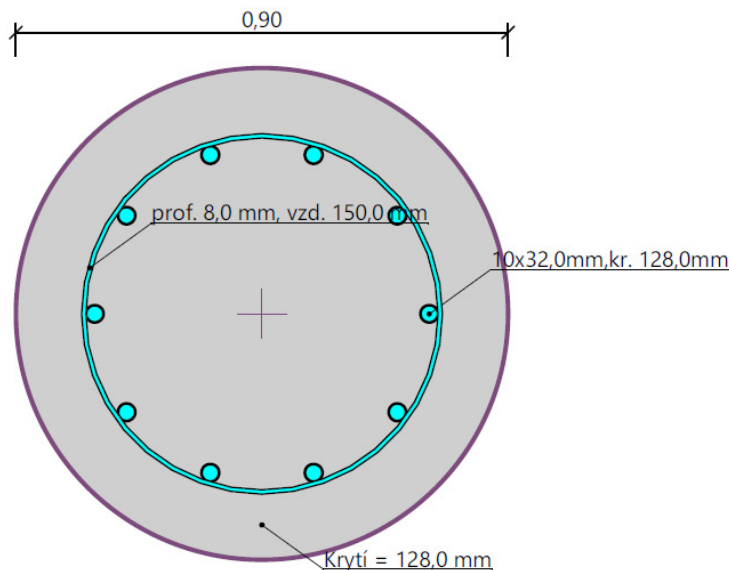
Navržená výztuž piloty VYHOVUJE

Posouzení na smyk

Smyková výztuž - 2 ks profil 8,0 mm; vzdálenost 150,0 mm
 $A_{sw} = 670,2$ mm²
 Posouvající síla na mezi únosnosti: $V_{Rd} = 472,06$ kN $> 435,44$ kN = V_{Ed}

Průřez VYHOVUJE.

Schéma vyztužení



5.2.1.2 Vrtaná sonda V-2

Vstupní data

Projekt

Akce : II/352 Nížkov – most ev. č. 352-007
 Část : Pilotové založení
 Popis : vrtaná sonda V-2
 Vypracoval : Ing. Petr Šedivý
 Datum : 06.09.2019

Nastavení

(zadané pro aktuální úlohu)

Materiály a normy

Betonové konstrukce : EN 1992-2
 Součinitele EN 1992-2 : uživatelské
 Článek 3.1.6 : $\alpha_{cc} = 0,90$
 Ocelové konstrukce : EN 1993-1-1 (EC3)
 Dílčí součinitel únosnosti ocelového průřezu : $\gamma_{M0} = 1,00$
 Dřevěné konstrukce : EN 1995-1-1 (EC5)
 Dílčí součinitel vlastností dřeva : $\gamma_M = 1,30$
 Součinitel vlivu zatížení a vlhkosti (dřevo) : $k_{mod} = 0,50$
 Součinitel šířky průřezu ve smyku (dřevo) : $k_{cr} = 0,67$




Piloty

Výpočet pro odvozené podmínky : ČSN 73 1002
 Zatěžovací křivka : nelineární (Masopust)
 Vodorovná únosnost : pružný poloprostor
 Metodika posouzení : výpočet podle EN 1997
 Návrhový přístup : 2 - redukce zatížení a odporu




Součinitele redukce zatížení (F)			
Trvalá návrhová situace			
		Nepříznivé	Příznivé
Stálé zatížení :	$\gamma_G =$	1,35 [-]	1,00 [-]

Součinitele redukce odporu (R)			
Trvalá návrhová situace			
Součinitel redukce odporu na plášti :	$\gamma_s =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce odporu na patě :	$\gamma_b =$	1,10 [-]	
Součinitel redukce únosnosti tažené piloty :	$\gamma_{st} =$	1,15 [-]	




Základní parametry zemin

Číslo	Název	Vzorek	φ_{ef} [°]	c_{ef} [kPa]	γ [kN/m ³]	ν [-]
1	šterk slabě zahliněný, ulehlý, suchý		36,00	0,00	19,00	0,25
2	šterk slabě zahliněný, ulehlý, vlhký		36,00	0,00	19,00	0,25
3	sklalní podloží		23,00	100,00	22,00	0,30

Pro výpočet tlaku v klidu jsou všechny zeminy zadány jako nesoudržné.

Číslo	Název	Vzorek	E_{oed} [MPa]	E_{def} [MPa]	γ_{sat} [kN/m ³]	γ_s [kN/m ³]	n [-]
1	šterk slabě zahliněný, ulehlý, suchý		-	95,00	19,00	-	-
2	šterk slabě zahliněný, ulehlý, vlhký		-	95,00	19,00	-	-
3	sklalní podloží		-	500,00	22,00	-	-

Parametry zemin pro výpočet modulu reakce podloží

Číslo	Název	Vzorek	Typ zeminy	n_h [MN/m ³]
1	šterk slabě zahliněný, ulehlý, suchý		nesoudržná	18,00
2	šterk slabě zahliněný, ulehlý, vlhký		nesoudržná	11,00
3	sklalní podloží		soudržná	-

Parametry zemin

šterk slabě zahliněný, ulehlý, suchý

Objemová tíha : $\gamma = 19,00$ kN/m³
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 36,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00$ kPa
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,25$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 95,00$ MPa
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00$ kN/m³
 Typ zeminy : nesoudržná
 Modul horiz.stlačitelnosti : $n_h = 18,00$ MN/m³

šterk slabě zahliněný, ulehlý, vlhký

Objemová tíha : $\gamma = 19,00$ kN/m³
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 36,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 0,00$ kPa
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,25$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 95,00$ MPa
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 19,00$ kN/m³
 Typ zeminy : nesoudržná
 Modul horiz.stlačitelnosti : $n_h = 11,00$ MN/m³

sklalní podloží

Objemová tíha : $\gamma = 22,00$ kN/m³
 Úhel vnitřního tření : $\varphi_{ef} = 23,00^\circ$
 Soudržnost zeminy : $c_{ef} = 100,00$ kPa
 Poissonovo číslo : $\nu = 0,30$
 Modul přetvárnosti : $E_{def} = 500,00$ MPa
 Obj.tíha sat.zeminy : $\gamma_{sat} = 22,00$ kN/m³
 Typ zeminy : soudržná

Geometrie

Profil piloty: kruhová

Rozměry

Průměr $d = 0,90$ m
Délka $l = 4,00$ m

Spočtené průřezové charakteristiky

Plocha $A = 6,36E-01$ m²
Moment setrvačnosti $I = 3,22E-02$ m⁴

Umístění

Vysazení $h = 0,00$ m
Hloubka upraveného terénu $h_z = 0,00$ m

Typ technologie: Vrtané piloty
Modul reakce podloží uvažován podle ČSN 731004.

Materiál konstrukce

Objemová tíha $\gamma = 23,00$ kN/m³
Výpočet betonových konstrukcí proveden podle normy EN 1992-2.

Beton : C 30/37

Válcová pevnost v tlaku	$f_{ck} = 30,00$ MPa
Pevnost v tahu	$f_{ctm} = 2,90$ MPa
Modul pružnosti	$E_{cm} = 33000,00$ MPa
Modul pružnosti ve smyku	$G = 13750,00$ MPa




Ocel podélná : B500

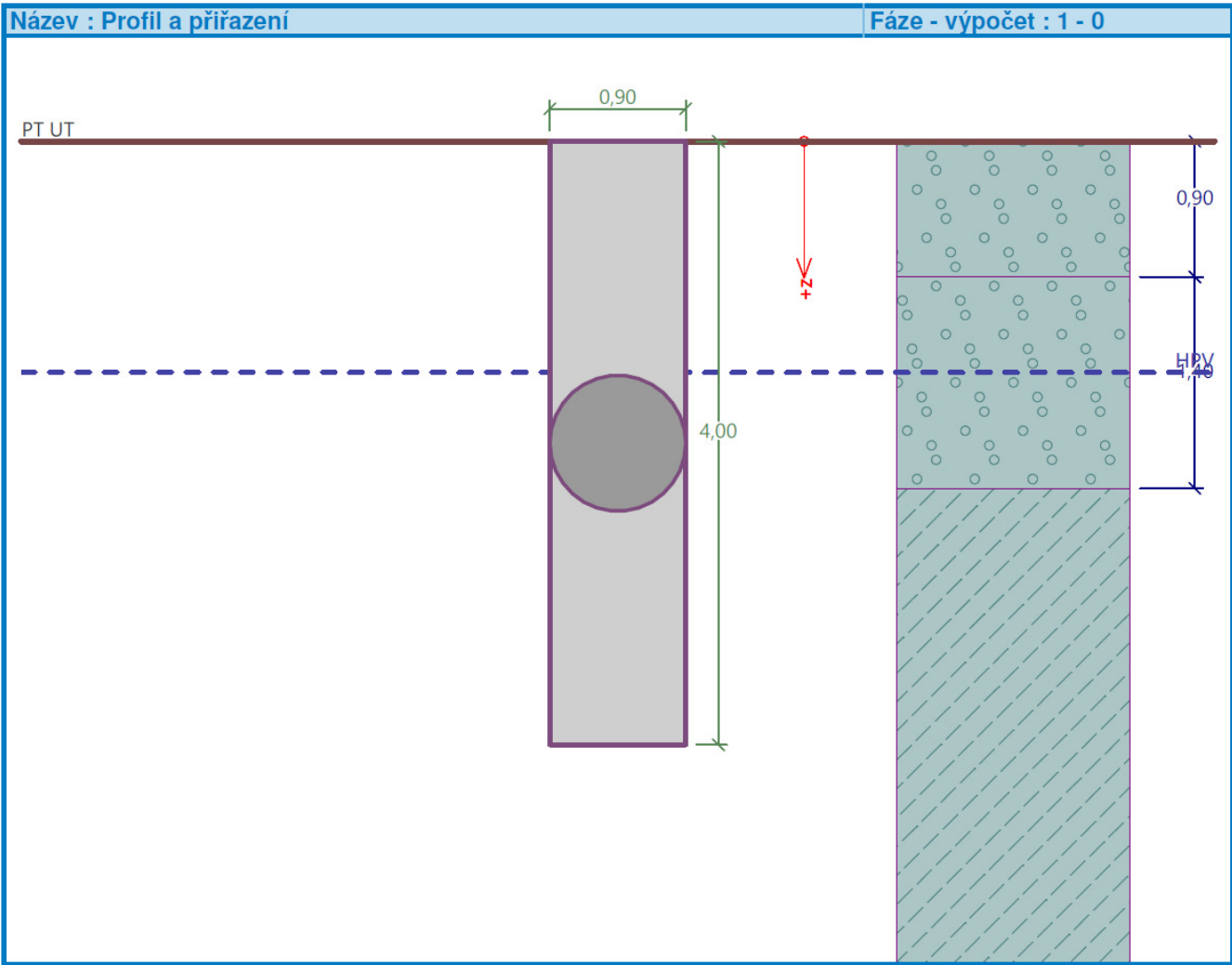
Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa

Ocel příčná: B500

Mez kluzu $f_{yk} = 500,00$ MPa

Geologický profil a přiřazení zemin

Číslo	Mocnost vrstvy t [m]	Hloubka z [m]	Přiřazená zemina	Vzorek
1	0,90	0,00 .. 0,90	šterk slabě zahliněný, ulehlý, suchý	
2	1,40	0,90 .. 2,30	šterk slabě zahliněný, ulehlý, vlhký	
3	-	2,30 .. ∞	skladní podloží	



Zatížení

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
1	Ano		MSÚ-minN	Návrhové	59,00	-100,00	200,00	143,00	147,00
2	Ano		MSÚ-maxN	Návrhové	1053,00	-48,00	-436,00	-188,00	88,00
3	Ano		MSÚ-minHy	Návrhové	207,00	112,00	341,00	198,00	-151,00
4	Ano		MSÚ-maxHy	Návrhové	67,00	-107,00	363,00	207,00	151,00
5	Ano		MSÚ-maxHx	Návrhové	908,00	-26,00	982,00	433,00	46,00
6	Ano		MSÚ-minHx	Návrhové	657,00	-26,00	-860,00	-383,00	51,00
7	Ano		MSÚ-maxMy	Návrhové	888,00	-17,00	992,00	424,00	30,00
8	Ano		MSÚ-minMy	Návrhové	659,00	-38,00	-873,00	-376,00	68,00
9	Ano		MSÚ-maxMx	Návrhové	554,00	115,00	118,00	110,00	-151,00
10	Ano		MSÚ-minMx	Návrhové	415,00	-110,00	140,00	119,00	150,00
11	Ano		CHAR-minN	Užitné	120,00	-25,00	10,00	2,00	53,00
12	Ano		CHAR-maxN	Užitné	840,00	-36,00	-366,00	-153,00	65,00
13	Ano		CHAR-minHy	Užitné	210,00	89,00	231,00	140,00	-119,00
14	Ano		CHAR-maxHy	Užitné	130,00	-84,00	227,00	139,00	118,00
15	Ano		CHAR-maxHx	Užitné	727,00	-18,00	756,00	327,00	32,00
16	Ano		CHAR-minHx	Užitné	536,00	-20,00	-665,00	-291,00	40,00

Číslo	Zatížení		Název	Typ	N [kN]	M _x [kNm]	M _y [kNm]	H _x [kN]	H _y [kN]
	nové	změna							
17	Ano		CHAR-maxMy	Užitné	713,00	-12,00	762,00	321,00	22,00
18	Ano		CHAR-minMy	Užitné	537,00	-28,00	-674,00	-286,00	51,00
19	Ano		CHAR-maxMx	Užitné	467,00	90,00	66,00	75,00	-118,00
20	Ano		CHAR-minMx	Užitné	387,00	-86,00	62,00	74,00	118,00

Hladina podzemní vody

Hladina podzemní vody je v hloubce 1,53 m od původního terénu.

Celkové nastavení výpočtu

Výpočet svislé únosnosti : analytické řešení

Typ výpočtu : výpočet pro odvozené podmínky

Nastavení výpočtu fáze

Návrhová situace : trvalá

Metodika posouzení : bez redukce vstupních dat

Posouzení čís. 1

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - mezivýsledky

Výpočet únosnosti v patě:

Součinitel únosnosti $N_c = 18,05$

Součinitel únosnosti $N_d = 8,66$

Součinitel únosnosti $N_b = 4,88$

Součinitel únosnosti $K_1 = 1,00$

Výpočtová únosnost na patě piloty $R_{bd} = 2863,63 \text{ kPa}$

Plocha příčného řezu piloty $A_p = 6,36E-01 \text{ m}^2$

Únosnost na plášti piloty:

Zkrácení účinné délky piloty $L_p = 0,95 \text{ m}$

Hloubka [m]	Mocnost [m]	φ_d [°]	c_{ud} [kPa]	γ [kN/m ³]	γR_2 [-]	f_s [kPa]	R_{si} [kN]
0,90	0,90	36,00	0,00	19,00	1,00	3,81	8,81
1,53	0,63	36,00	0,00	19,00	1,00	10,28	16,64
2,30	0,77	36,00	0,00	9,00	1,00	14,49	28,67
3,05	0,75	23,00	100,00	12,00	1,00	111,11	214,50

Posouzení svislé únosnosti piloty podle teorie MS - výsledky

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepríznivějších zatěžovacích stavů.

Posouzení tlačené piloty:

Nejnepríznivější zatěžovací stav číslo 2. (MSÚ-maxN)

Únosnost piloty na plášti $R_s = 268,62 \text{ kN}$

Únosnost piloty v patě $R_b = 1656,15 \text{ kN}$

Únosnost piloty $R_c = 1924,77 \text{ kN}$

Extrémní svislá síla $V_d = 1053,00 \text{ kN}$

$R_c = 1924,77 \text{ kN} > 1053,00 \text{ kN} = V_d$

Svislá únosnost piloty VYHOVUJE

Posouzení čís. 1

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_s [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	0,90	0,90	15,28	91,00	48,00
2	0,90	2,30	1,40	15,84	91,00	48,00
3	2,30	4,00	1,70	39,42	131,00	94,00

Uvažovat zatížení : užité

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25,0$ mm

Regresní součinitel $e = 2840,00$

Regresní součinitel $f = 1298,00$

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty $R_{sy} = 523,84$ kN
 Velikost napětí na patě při R_{sy} $q_0 = 2547,95$ kPa
 Průměrné plášťové tření $q_s = 66,17$ kPa
 Průměrný sečnový modul deformace $E_s = 25,74$ MPa
 Součinitel přenosu zatížení do paty $\beta = 0,68$

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $l_0 = 0,22$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,01$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Body zatěžovací křivky

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00
2,5	660,25
5,0	933,74
7,5	1143,59
10,0	1320,50
12,5	1476,37
15,0	1617,28
17,5	1782,63
20,0	1962,46
22,5	2142,28
25,0	2322,11

Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

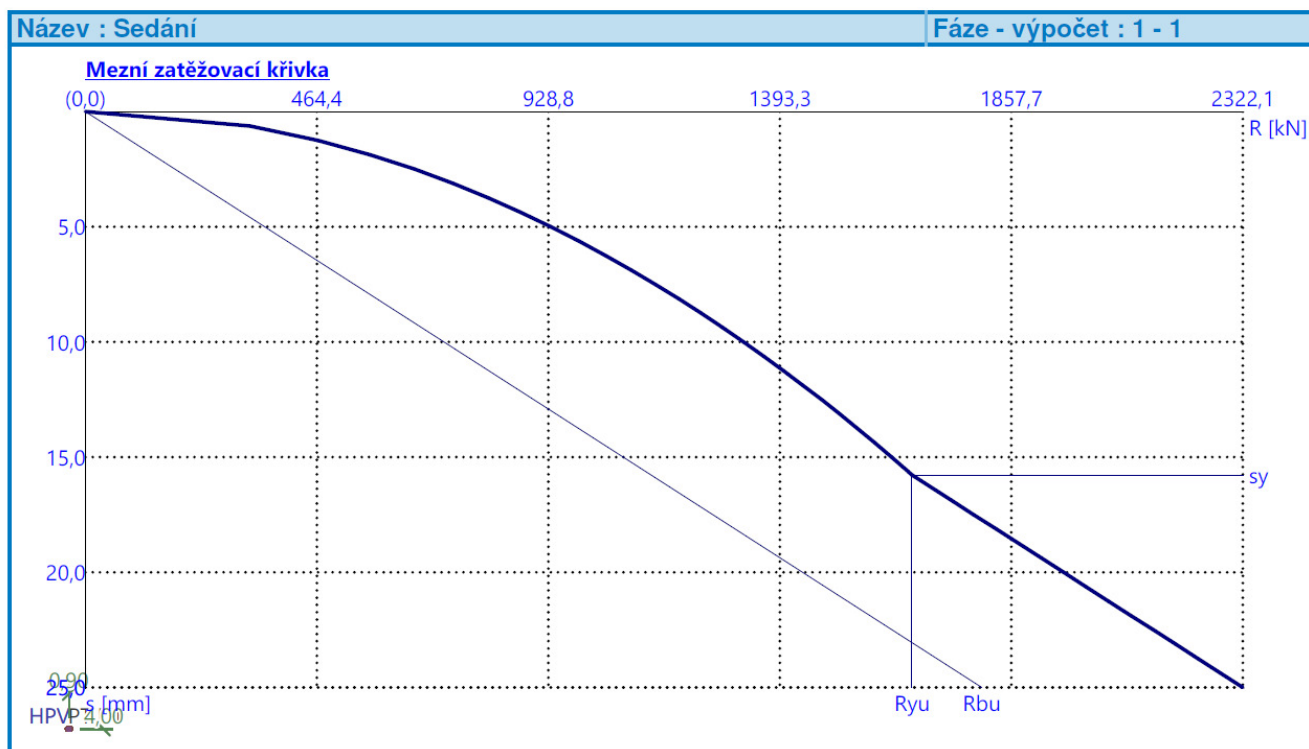
Zatížení na mezi mobilizace plášť.tření $R_{yu} = 1658,50$ kN
 Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 15,8$ mm

Únosnosti odpovídající sednutí 25,0 mm :

Únosnost paty $R_{bu} = 1798,27$ kN

Celková únosnost $R_c = 2322,11$ kN

Pro zatížení $Q = 840,00$ kN je sednutí piloty 4,1 mm



Posouzení čís. 2

Výpočet zatěžovací křivky piloty - vstupní data

Vrstva číslo	Počátek [m]	Konec [m]	Mocnost [m]	E_s [MPa]	Součinitel a	Součinitel b
1	0,00	0,90	0,90	15,28	91,00	48,00
2	0,90	2,30	1,40	15,84	91,00	48,00
3	2,30	4,00	1,70	55,05	169,00	139,00

Uvažovat zatížení : užité

Součinitel vlivu ochrany dřívku $m_2 = 1,00$

Limitní sedání piloty $s_{lim} = 25,0$ mm

Regresní součinitel $e = 2840,00$

Regresní součinitel $f = 1298,00$

Výpočet zatěžovací křivky piloty - mezivýsledky

Mezní síla na plášti piloty $R_{sy} = 608,44$ kN
 Velikost napětí na patě při R_{sy} $q_0 = 2547,95$ kPa
 Průměrné plášťové tření $q_s = 76,85$ kPa
 Průměrný sečnový modul deformace $E_s = 32,38$ MPa
 Součinitel přenosu zatížení do paty $\beta = 0,65$

Příčinkové součinitele sedání :

Základní - závislý na poměru l/d $I_0 = 0,22$

Součinitel vlivu tuhosti piloty $R_k = 1,02$

Součinitel vlivu nestlačitelné vrstvy $R_h = 1,00$

Body zatěžovací křivky

Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
0,0	0,00

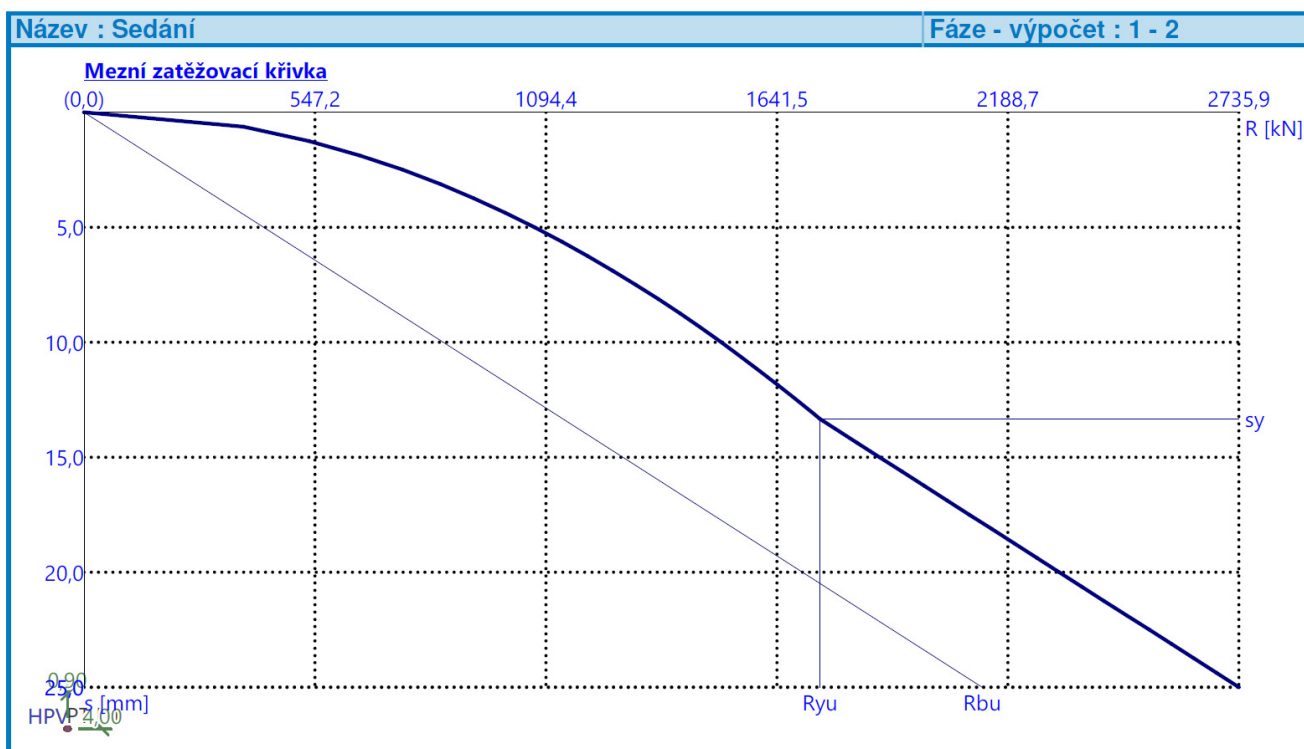
Sednutí [mm]	Zatížení [kN]
2,5	754,78
5,0	1067,42
7,5	1307,32
10,0	1509,56
12,5	1687,74
15,0	1884,92
17,5	2097,67
20,0	2310,42
22,5	2523,16
25,0	2735,91

Výpočet zatěžovací křivky piloty - výsledky

Zatížení na mezi mobilizace pláště.tření $R_{yu} = 1743,09$ kN
 Velikost sedání odpovídající síle R_{yu} $s_y = 13,3$ mm

Únosnosti odpovídající sednutí 25,0 mm :
 Únosnost paty $R_{bu} = 2127,47$ kN
 Celková únosnost $R_c = 2735,91$ kN

Pro zatížení $Q = 840,00$ kN je sednutí piloty 3,1 mm



Posouzení čís. 1

Vstupní data pro výpočet vodorovné únosnosti piloty

Výpočet proveden s automatickým výběrem nejnepříznivějších zatěžovacích stavů.
 Vodorovná únosnost posouzena ve směru maximálního účinku zatížení.

Průběhy vnitřních sil a deformace piloty

Průběh deformací a vnitřních sil po pilotě - maximální hodnoty:

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
0.00	0.00	5.11	1.85	1.22	386.38	873.83
0.18	3.60	4.81	1.88	20.83	385.16	805.74
0.22	4.40	4.75	1.88	25.15	384.56	790.65
0.38	7.60	4.49	1.90	41.30	381.04	730.69
0.40	8.00	4.45	1.90	43.19	380.47	723.27
0.42	8.40	4.42	1.90	45.05	379.88	715.85
0.58	11.60	4.16	1.91	58.84	374.23	656.93
0.60	12.00	4.12	1.92	60.43	373.42	649.62
0.62	12.40	4.09	1.92	61.99	372.57	642.32
0.78	15.60	3.82	1.92	73.37	365.02	584.53
0.80	16.00	3.79	1.92	74.65	363.98	577.38
0.82	16.40	3.76	1.92	75.91	362.92	570.25
0.98	11.98	3.49	1.93	51.83	355.58	513.82
1.00	12.22	3.46	1.93	52.43	354.83	506.83
1.02	12.47	3.43	1.93	53.01	354.07	499.86
1.18	14.42	3.23	1.92	56.93	347.64	444.53
1.20	14.67	3.21	1.92	57.33	346.80	437.68
1.22	14.91	3.18	1.92	57.72	345.94	430.85
1.38	16.87	2.99	1.92	60.11	338.89	376.70
1.40	17.11	2.96	1.92	60.33	337.98	370.00
1.42	17.36	2.94	1.92	60.52	337.06	363.32
1.58	19.31	2.73	1.92	61.40	329.58	310.44
1.60	19.56	2.70	1.92	61.42	328.63	303.91
1.62	19.80	2.68	1.92	61.43	327.68	297.39
1.78	21.76	2.46	1.92	60.81	320.00	245.85
1.80	22.00	2.44	1.92	60.64	319.12	239.48
1.82	22.24	2.41	1.92	60.46	318.25	233.13
1.98	24.20	2.19	1.91	58.36	311.30	182.95
2.00	24.44	2.16	1.91	58.02	310.44	176.76
2.02	24.69	2.13	1.91	57.70	309.58	170.58
2.18	26.64	1.90	1.89	55.77	302.79	149.23
2.20	26.89	1.88	1.89	55.46	301.96	151.01
2.22	27.13	1.85	1.89	55.13	301.14	152.78
2.38	370.37	1.62	1.87	661.01	256.80	164.76
2.40	370.37	1.59	1.87	649.53	246.96	165.53
2.42	370.37	1.56	1.87	638.05	237.43	166.11
2.58	370.37	1.33	1.85	546.01	167.07	164.39
2.60	370.37	1.30	1.84	534.50	159.01	163.45
2.62	370.37	1.28	1.84	522.98	151.11	162.37
2.78	370.37	1.05	1.82	430.92	105.99	149.17
2.80	370.37	1.02	1.82	419.43	111.01	147.03
2.82	370.37	0.99	1.82	407.93	115.79	144.78
2.98	370.37	0.76	1.80	316.12	145.84	123.76
3.00	370.37	0.73	1.80	304.67	148.56	120.83
3.02	370.37	0.70	1.79	293.22	151.07	117.84
3.18	370.37	0.49	1.78	204.57	163.03	92.54

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
3.20	370.37	0.46	1.78	194.56	163.54	89.27
3.22	370.37	0.44	1.78	184.59	163.82	86.00
3.38	370.37	0.25	1.77	104.87	157.99	60.06
3.40	370.37	0.28	1.76	94.92	156.24	56.92
3.42	370.37	0.31	1.76	104.85	154.28	53.81
3.58	370.37	0.58	1.76	189.01	130.48	30.84
3.60	370.37	0.61	1.76	199.51	126.50	28.27
3.62	370.37	0.65	1.76	210.00	122.29	25.78
3.78	370.37	0.92	1.75	293.89	80.61	9.36
3.80	370.37	0.95	1.75	304.36	74.40	7.81
3.82	370.37	0.98	1.75	314.84	67.96	6.39
3.98	370.37	1.25	1.75	398.64	8.44	0.08
4.00	370.37	1.28	1.75	409.11	0.00	0.00

Průběh deformací a vnitřních sil po pilotě - minimální hodnoty:

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
0.00	0.00	-6.09	-1.62	-1.02	-435.44	-992.15
0.18	3.60	-5.79	-1.63	-17.33	-434.12	-915.81
0.22	4.40	-5.72	-1.64	-20.89	-433.48	-898.89
0.38	7.60	-5.43	-1.65	-34.09	-429.68	-831.51
0.40	8.00	-5.40	-1.65	-35.62	-429.07	-823.13
0.42	8.40	-5.36	-1.65	-37.13	-428.43	-814.76
0.58	11.60	-5.07	-1.65	-48.21	-422.33	-748.28
0.60	12.00	-5.04	-1.65	-49.47	-421.44	-740.04
0.62	12.40	-5.00	-1.65	-50.71	-420.53	-731.80
0.78	15.60	-4.70	-1.66	-59.66	-412.36	-666.56
0.80	16.00	-4.67	-1.66	-60.66	-411.23	-658.49
0.82	16.40	-4.63	-1.66	-61.64	-410.08	-650.44
0.98	11.98	-4.33	-1.65	-41.84	-402.11	-586.71
1.00	12.22	-4.29	-1.65	-42.29	-401.29	-578.81
1.02	12.47	-4.25	-1.65	-42.73	-400.47	-570.93
1.18	14.42	-3.95	-1.65	-46.61	-393.47	-508.41
1.20	14.67	-3.91	-1.65	-47.05	-392.56	-500.67
1.22	14.91	-3.87	-1.65	-47.48	-391.63	-492.94
1.38	16.87	-3.56	-1.64	-50.39	-383.94	-431.73
1.40	17.11	-3.53	-1.64	-50.69	-382.95	-424.15
1.42	17.36	-3.49	-1.63	-50.98	-381.95	-416.59
1.58	19.31	-3.18	-1.62	-52.73	-373.79	-356.78
1.60	19.56	-3.14	-1.62	-52.88	-372.75	-349.39
1.62	19.80	-3.10	-1.62	-53.02	-371.71	-342.01
1.78	21.76	-2.79	-1.60	-53.58	-363.31	-283.68
1.80	22.00	-2.76	-1.60	-53.58	-362.26	-276.48
1.82	22.24	-2.72	-1.60	-53.56	-361.22	-269.29
1.98	24.20	-2.41	-1.58	-52.92	-352.93	-212.47
2.00	24.44	-2.37	-1.58	-52.77	-351.91	-205.45
2.02	24.69	-2.34	-1.58	-52.60	-350.88	-198.45
2.18	26.64	-2.09	-1.56	-50.75	-342.82	-143.13

Vzdál. [m]	Modul k [MN/m ³]	Deformace [mm]	Pootoč. [mRad]	Napětí [kPa]	Pos.síla [kN]	Moment [kNm]
2.20	26.89	-2.06	-1.56	-50.45	-341.83	-136.88
2.22	27.13	-2.03	-1.55	-50.14	-340.85	-138.22
2.38	370.37	-1.78	-1.53	-599.80	-291.78	-147.13
2.40	370.37	-1.75	-1.53	-589.19	-280.96	-147.63
2.42	370.37	-1.72	-1.53	-578.58	-270.35	-147.97
2.58	370.37	-1.47	-1.50	-493.60	-191.91	-145.32
2.60	370.37	-1.44	-1.50	-482.97	-182.91	-144.38
2.62	370.37	-1.41	-1.50	-472.35	-174.09	-143.32
2.78	370.37	-1.16	-1.48	-387.44	-110.05	-130.96
2.80	370.37	-1.13	-1.48	-376.84	-102.86	-128.99
2.82	370.37	-1.10	-1.47	-366.24	-104.69	-126.93
2.98	370.37	-0.85	-1.46	-281.64	-129.55	-108.03
3.00	370.37	-0.82	-1.45	-271.08	-131.78	-105.41
3.02	370.37	-0.79	-1.45	-260.53	-133.82	-102.76
3.18	370.37	-0.55	-1.44	-180.13	-143.17	-80.43
3.20	370.37	-0.53	-1.44	-170.94	-143.47	-77.57
3.22	370.37	-0.50	-1.43	-161.89	-143.59	-74.70
3.38	370.37	-0.28	-1.43	-91.64	-137.62	-52.04
3.40	370.37	-0.26	-1.42	-104.00	-136.02	-49.30
3.42	370.37	-0.28	-1.42	-116.36	-134.22	-46.60
3.58	370.37	-0.51	-1.42	-215.00	-113.06	-26.65
3.60	370.37	-0.54	-1.42	-227.42	-109.56	-24.43
3.62	370.37	-0.57	-1.42	-239.83	-105.88	-22.27
3.78	370.37	-0.79	-1.41	-339.01	-69.60	-8.07
3.80	370.37	-0.82	-1.41	-351.40	-64.21	-6.74
3.82	370.37	-0.85	-1.41	-363.78	-58.64	-5.51
3.98	370.37	-1.08	-1.41	-462.87	-7.27	-0.07
4.00	370.37	-1.10	-1.41	-475.25	-0.00	-0.00

Maximální vnitřní síly a deformace:

Max.deformace piloty = 6,1 mm
 Max.posouvající síla = 435,44 kN
 Maximální moment = 992,15 kNm

Posouzení na tlak a ohyb

Vyztužení - 10 ks profil 32,0 mm; krytí 128,0 mm
 Typ konstrukce (stupně vyztužení) : pilota
 Stupeň vyztužení $\rho = 1,264 \% > 0,393 \% = \rho_{min}$
 Zatížení : $N_{Ed} = -888,00$ kN (tlak) ; $M_{Ed} = 992,15$ kNm
 Únosnost : $N_{Rd} = -1100,89$ kN; $M_{Rd} = 1230,00$ kNm

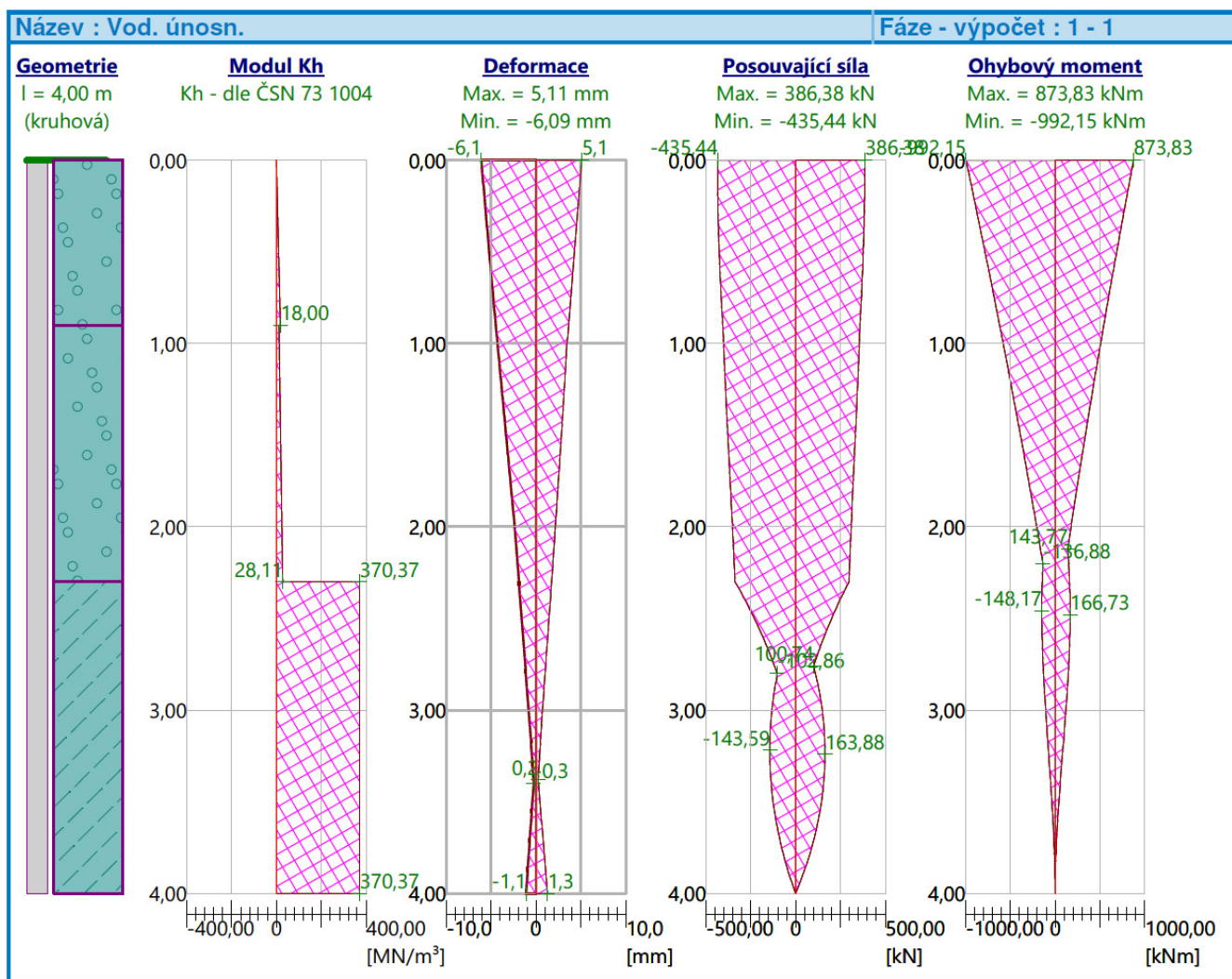
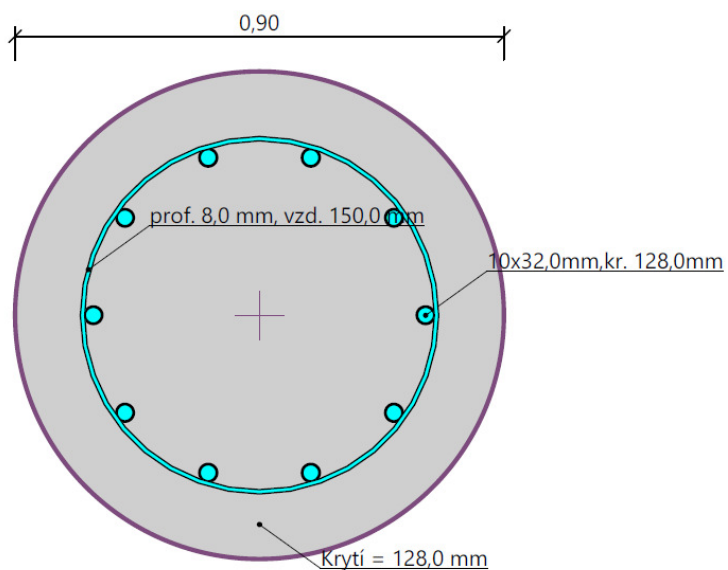
Navržená výztuž piloty VYHOVUJE

Posouzení na smyk

Smyková výztuž - 2 ks profil 8,0 mm; vzdálenost 150,0 mm
 $A_{sw} = 670,2$ mm²
 Posouvající síla na mezi únosnosti: $V_{Rd} = 472,06$ kN $> 435,44$ kN = V_{Ed}

Průřez VYHOVUJE.

Schéma vyztužení

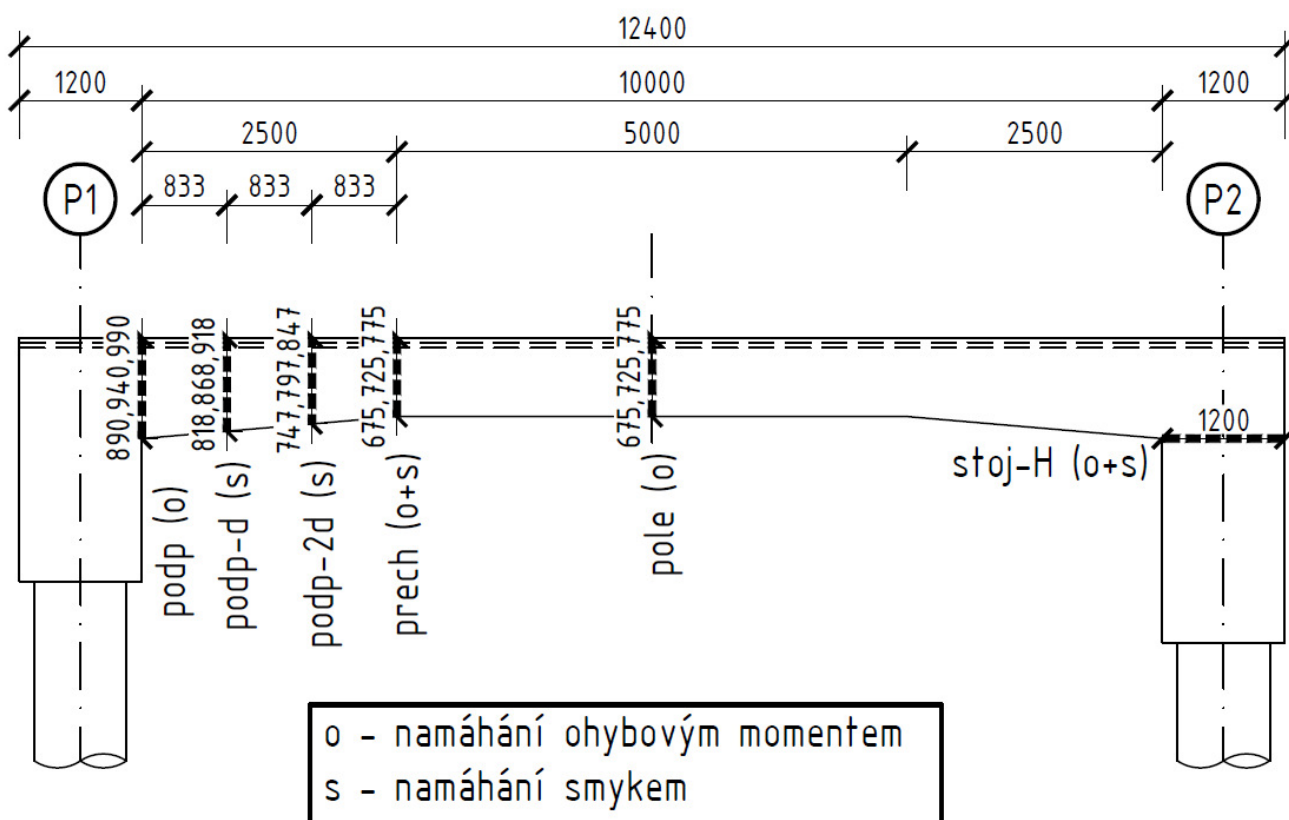


6 Rámová konstrukce mostu

6.1 Předpoklady pro návrh a posouzení

Rámová konstrukce mostu byla posouzena na namáhání ohybovým momentem a na namáhání smykem, vše podle ČSN EN 1992.

Rámová konstrukce byla posouzena v následujících nejvíce namáhaných řezech (pro přehlednost jsou vykresleny pouze řezy na polovině mostu, vzhledem k nesymetrii mostu – různá výška rámových stojek – byly ve výpočtu uvažovány řezy na obou polovinách mosty – u podpěry P1 i u podpěry P2):



obr. 7 Řezy pro posouzení

6.2 Podélná výztuž rámové konstrukce mostu

6.2.1 Navržená výztuž

V jednotlivých průřezích rozhodujících pro výpočet byla navržena podélná výztuž a určeny maximální ohybové momenty, které jsou takto vyztužené průřezy schopné přenést v jednotlivých mezních stavech. Poté bylo ověřeno, zda jsou tyto maximální momenty větší než vnitřní síly získané z deskového modelu. Přehled posuzovaných průřezů a výztuž navržená v nich jsou uvedeny v následující tabulce.

Řez			pole-dol	pole-dol	pole-dol	podp-hor	podp-hor	podp-hor	podp-dol	podp-dol	podp-dol
Průřez	beton	[-]	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
	b	[mm]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	h	[mm]	675	725	775	890	940	990	890	940	990
	c	[mm]	75	75	75	75	75	75	75	75	75
	d ₁	[mm]	89	89	89	87.5	87.5	87.5	85	85	85
Výztuž	d	[mm]	586	636	686	802.5	852.5	902.5	805	855	905
	Ø	[mm]	28	28	28	25	25	25	20	20	20
	s	[mm]	150	150	150	150	150	150	150	150	150
	n	[ks]	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667
Výztuž	A _s	[mm ²]	4105	4105	4105	3272	3272	3272	2094	2094	2094

Řez			prech-hor	prech-hor	prech-hor	prech-dol	prech-dol	prech-dol	stoj-H-out	stoj-H-in
Průřez	beton	[-]	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
	b	[mm]	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	h	[mm]	675	725	775	675	725	775	1200	1200
	c	[mm]	75	75	75	75	75	75	75	75
	d ₁	[mm]	84	84	84	87.5	87.5	87.5	87.5	85
Výztuž	d	[mm]	591	641	691	587.5	637.5	687.5	1112.5	1115
	Ø	[mm]	18	18	18	25	25	25	25	20
	s	[mm]	150	150	150	150	150	150	150	150
	n	[ks]	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667
Výztuž	A _s	[mm ²]	1696	1696	1696	3272	3272	3272	3272	2094

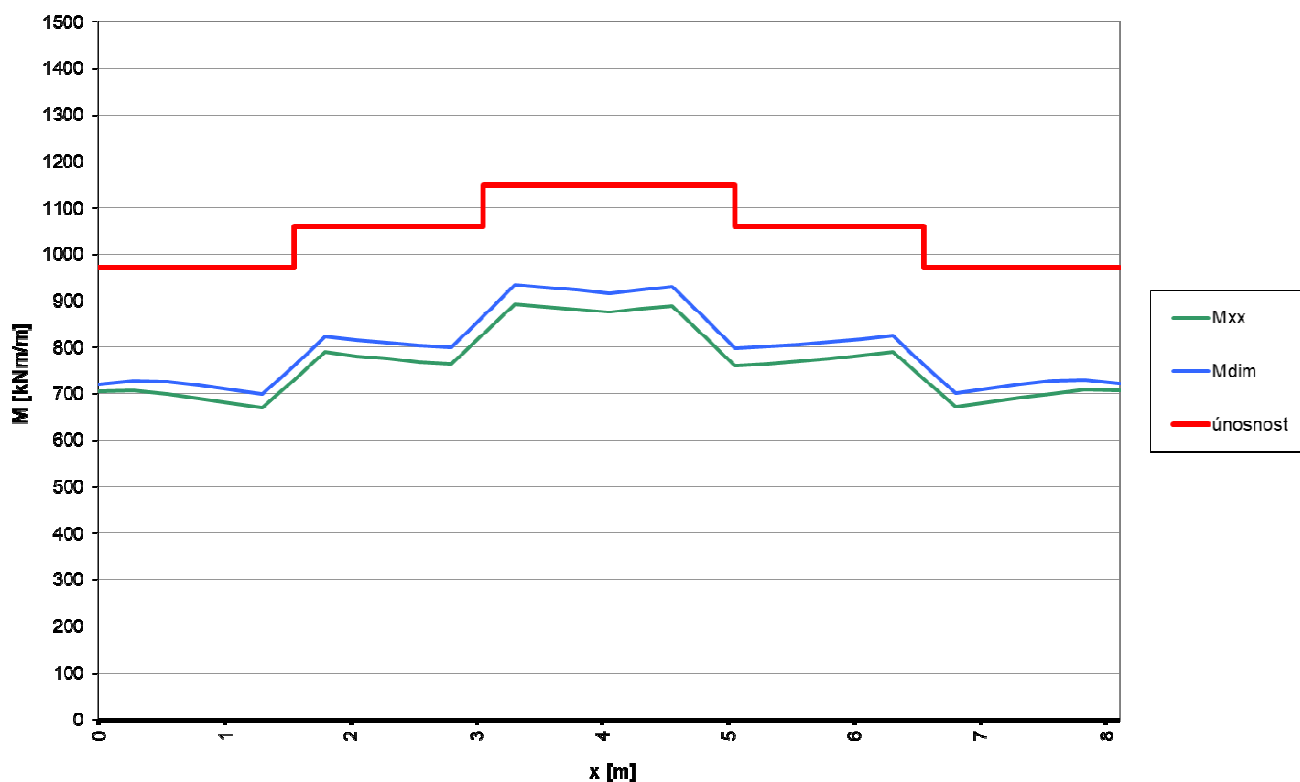
6.2.2 Mezní stav únosnosti - návrhová kombinace

6.2.2.1 Výpočet maximálních ohybových momentů

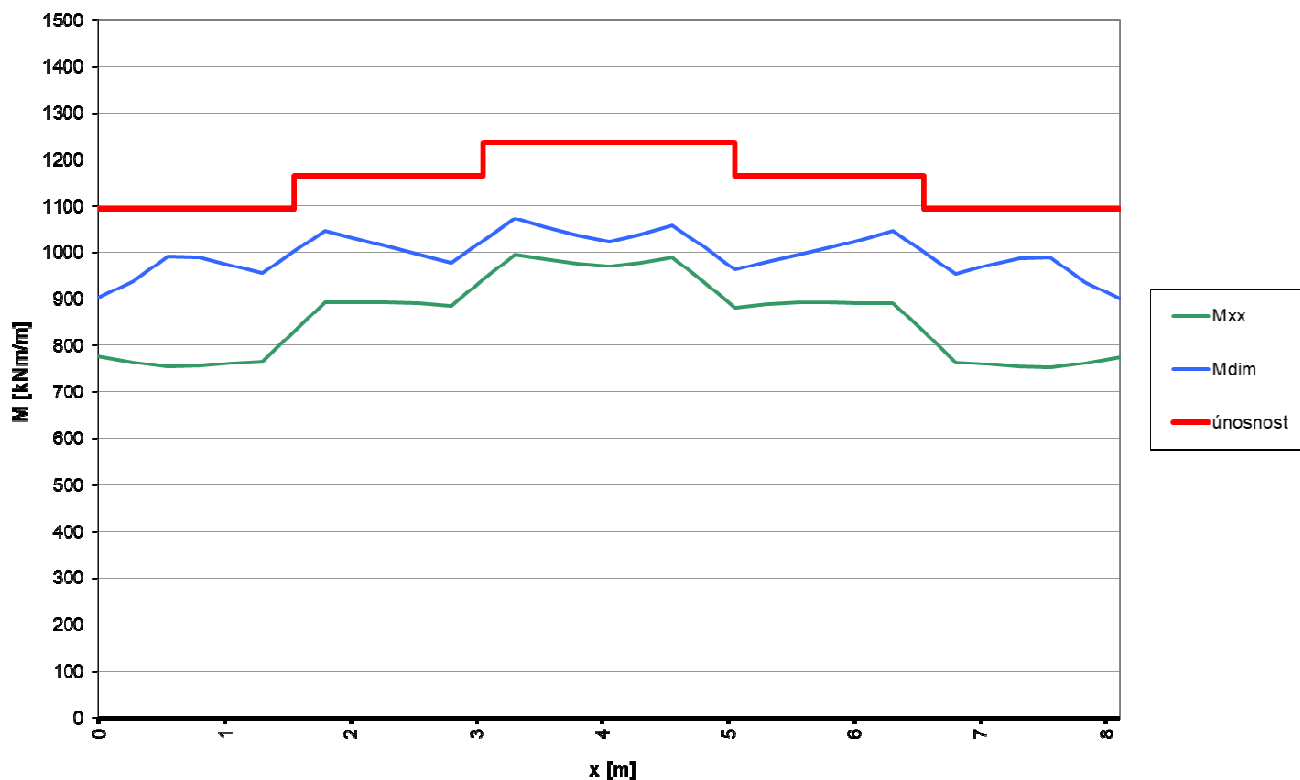
Řez		pole-dol	pole-dol	pole-dol	podp-hor	podp-hor	podp-hor	podp-dol	podp-dol	podp-dol
Zatížení		MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ
Zatížení										
N _{Ed}	kN	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M _{Ed}	kNm	970	1059	1149	1094	1165	1236	713	759	804
Geometrie										
b _w	mm	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
h	mm	675	725	775	890	940	990	890	940	990
Materiály a součinitele										
beton		C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
f _{ck}	MPa	35	35	35	35	35	35	35	35	35
α _{cc}	-	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
f _{yk}	MPa	500	500	500	500	500	500	500	500	500
γ _c		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
γ _s		1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
f _{cd}	MPa	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
f _{yd}	MPa	435	435	435	435	435	435	435	435	435
λ	-	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
η	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
β	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ε _{cu3}	-	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Předpínací a betonářská výztuž										
A _s	mm ²	4105	4105	4105	3272	3272	3272	2094	2094	2094
d _s	mm	586	636	686	803	853	903	805	855	905
Ohybová únosnost										
x	mm	106	106	106	85	85	85	54	54	54
ε _s	‰	15.8	17.5	19.1	29.7	31.7	33.8	48.5	51.7	54.9
kontrola ε _s		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
M _{Rd}	kNm	970	1059	1149	1094	1165	1236	713	759	804
M _{Ed} ≤ M _{Rd}		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
M _E /M _{Rd}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Řez		prech-hor	prech-hor	prech-hor	prech-dol	prech-dol	prech-dol	stoj-H-out	stoj-H-in
Zatížení		MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ
Zatížení									
N _{Ed}	kN	0	0	0	0	0	0	0	0
M _{Ed}	kNm	423	460	497	788	859	930	1535	996
Geometrie									
b _w	mm	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
h	mm	675	725	775	675	725	775	1200	1200
Materiály a součinitele									
beton		C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
f _{ck}	MPa	35	35	35	35	35	35	35	35
α _{cc}	-	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
f _{yk}	MPa	500	500	500	500	500	500	500	500
γ _c		1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
γ _s		1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
f _{cd}	MPa	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
f _{yd}	MPa	435	435	435	435	435	435	435	435
λ	-	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
η	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
β	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ε _{cu3}	-	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50	3.50
Předpínací a betonářská výztuž									
A _s	mm ²	1696	1696	1696	3272	3272	3272	3272	2094
d _s	mm	591	641	691	588	638	688	1113	1115
Ohybová únosnost									
x	mm	44	44	44	85	85	85	85	54
ε _s	‰	43.6	47.6	51.6	20.8	22.8	24.9	42.5	68.5
kontrola ε _s		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
M _{Rd}	kNm	423	460	497	788	859	930	1535	996
M _{Ed} ≤ M _{Rd}		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
M _E /M _{Rd}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

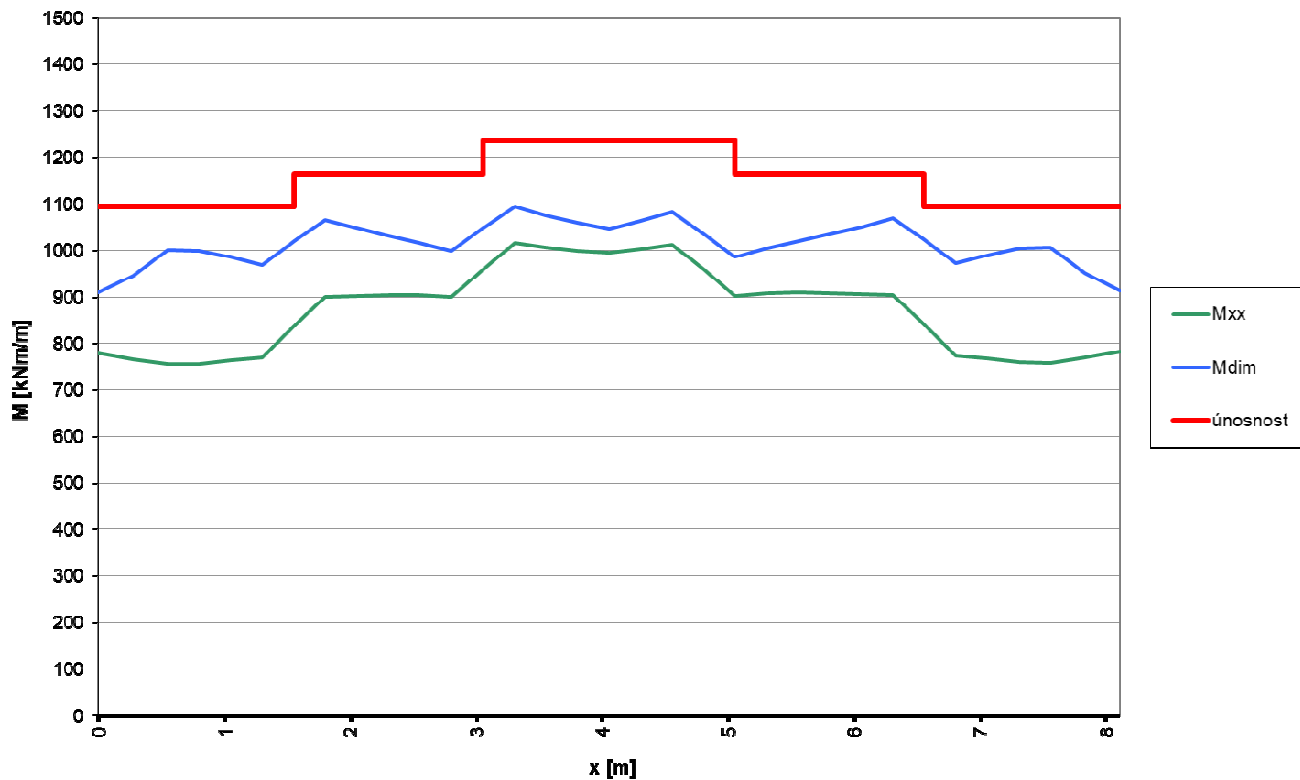
6.2.2.2 Vykrytí ohybových momentů



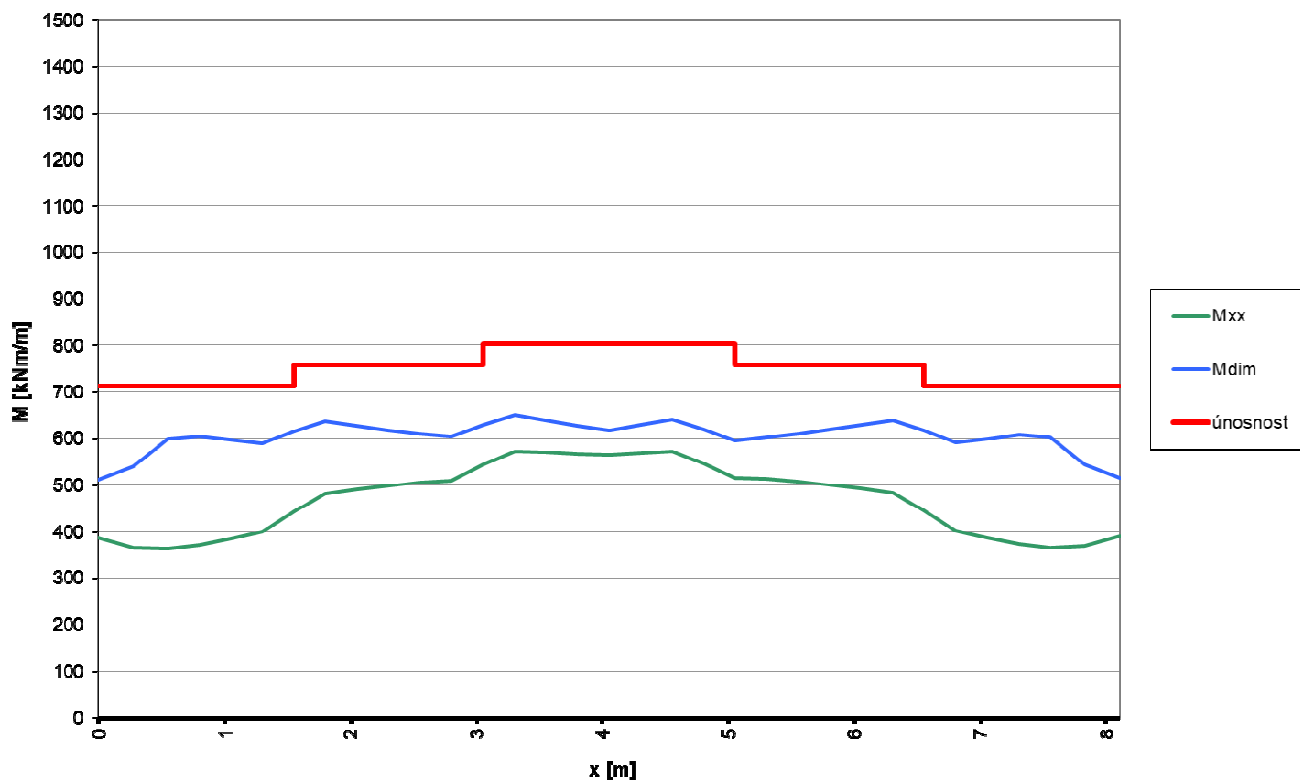
obr. 8 Vykrytí ohybových momentů – řez pole – dolní výztuž



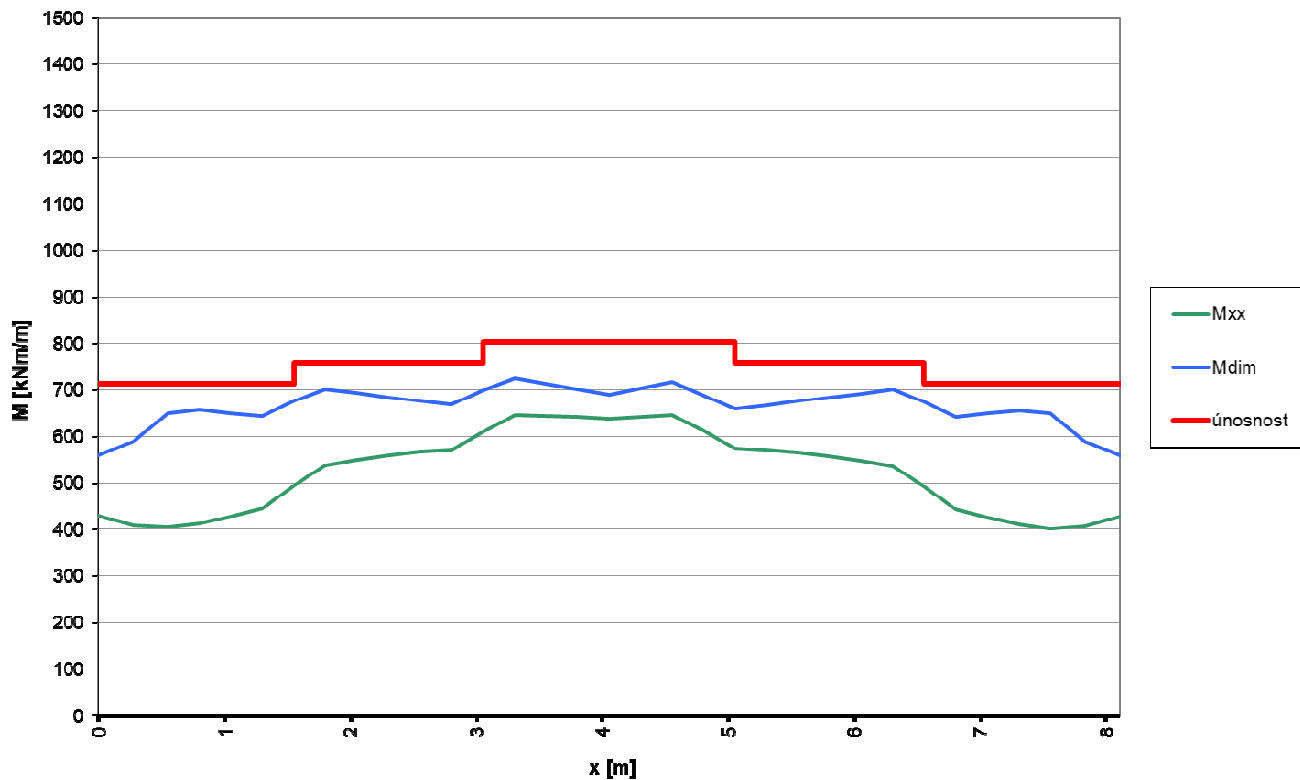
obr. 9 Vykrytí ohybových momentů – řez podp – P1 – horní výztuž



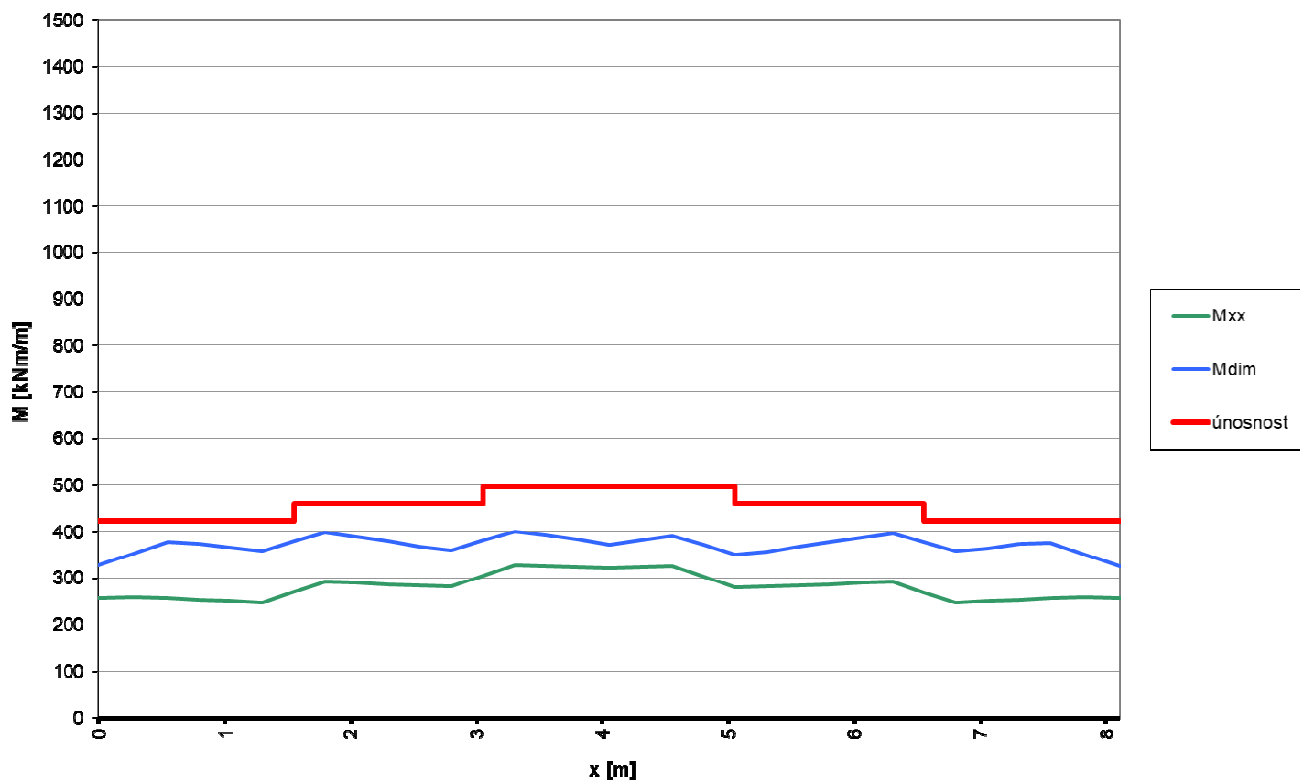
obr. 10 Vykrytí ohybových momentů – řez podp – P2 – horní výztuž



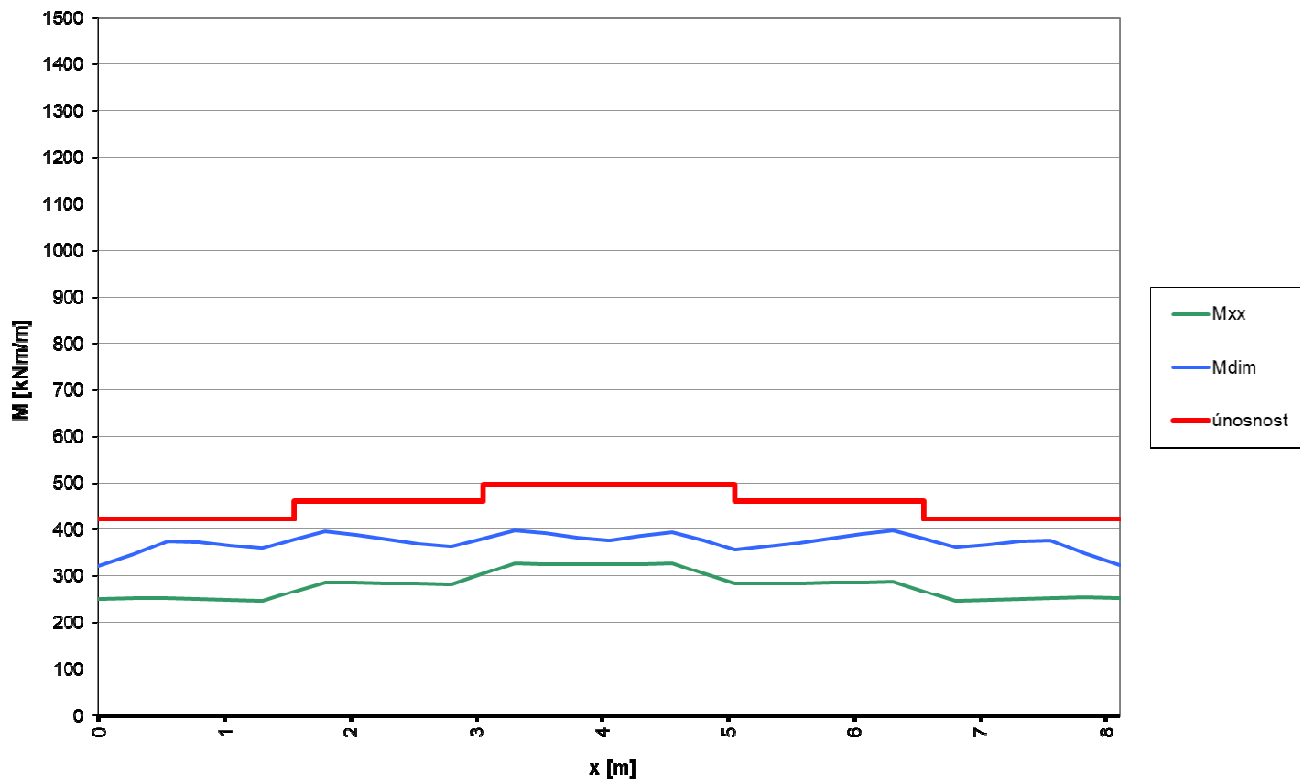
obr. 11 Vykrytí ohybových momentů – řez podp – P1 – dolní výztuž



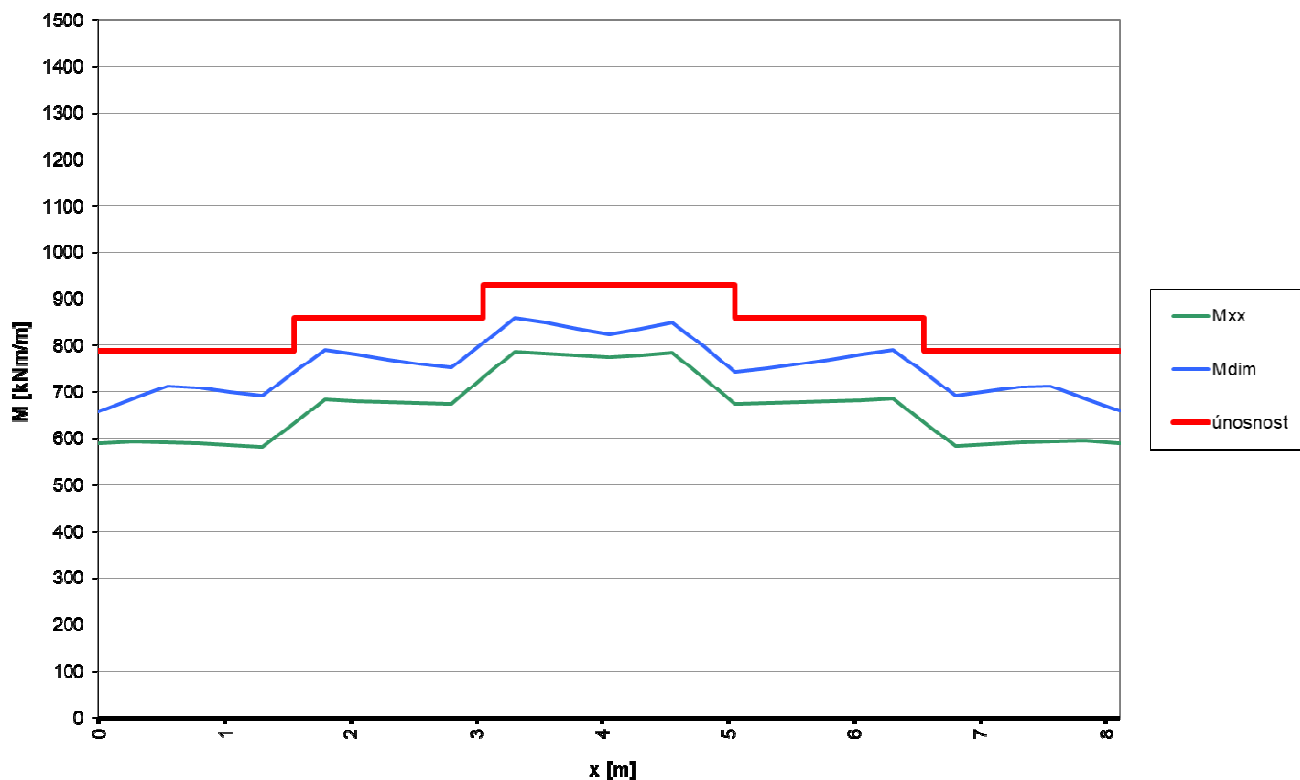
obr. 12 Vykrytí ohybových momentů – řez podp – P2 – dolní výztuž



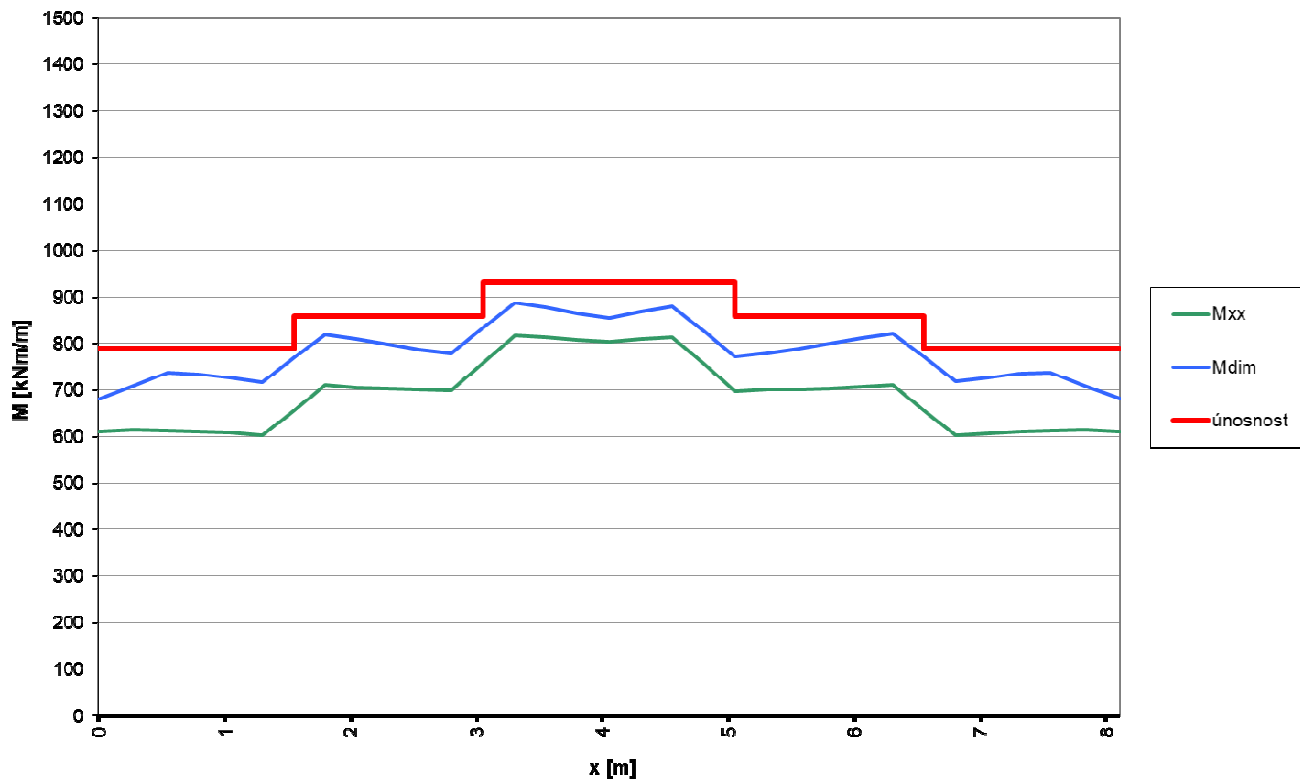
obr. 13 Vykrytí ohybových momentů – řez prech – P1 – horní výztuž



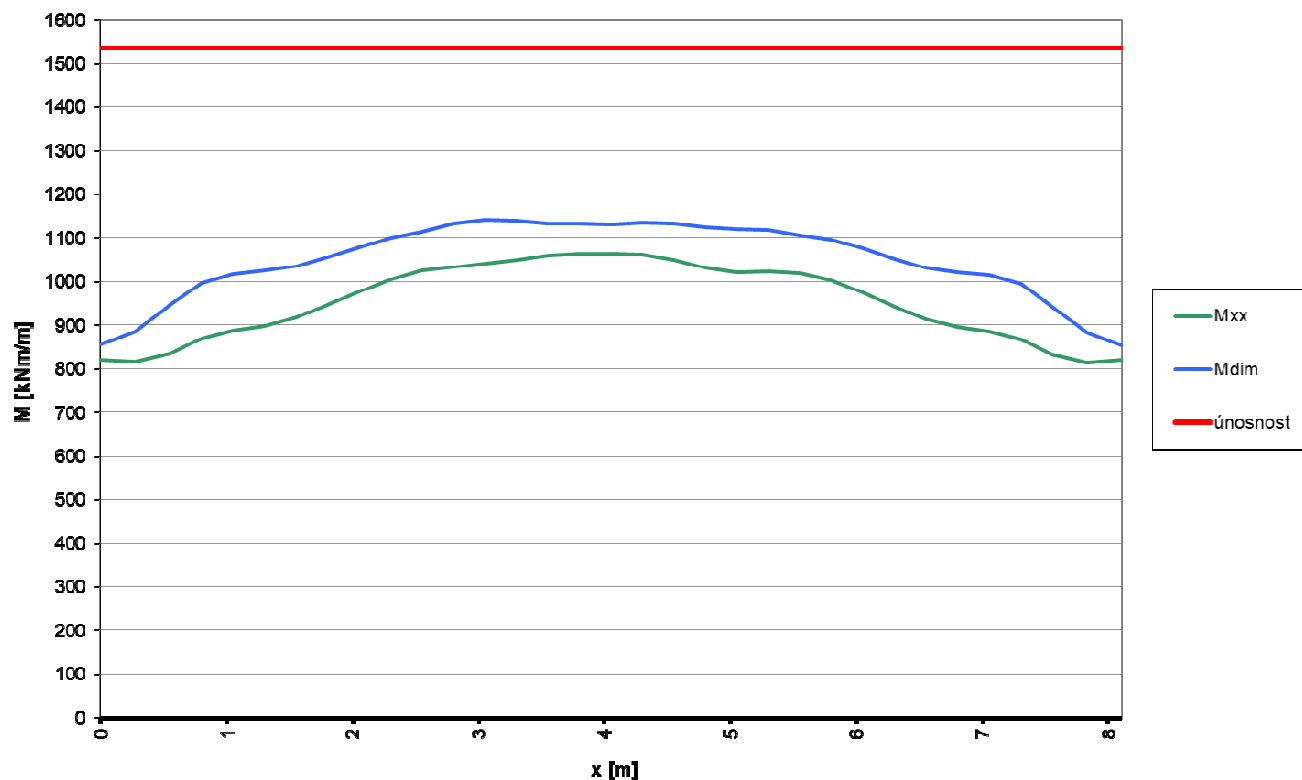
obr. 14 Vykrytí ohybových momentů – řez prech – P2 – horní výztuž



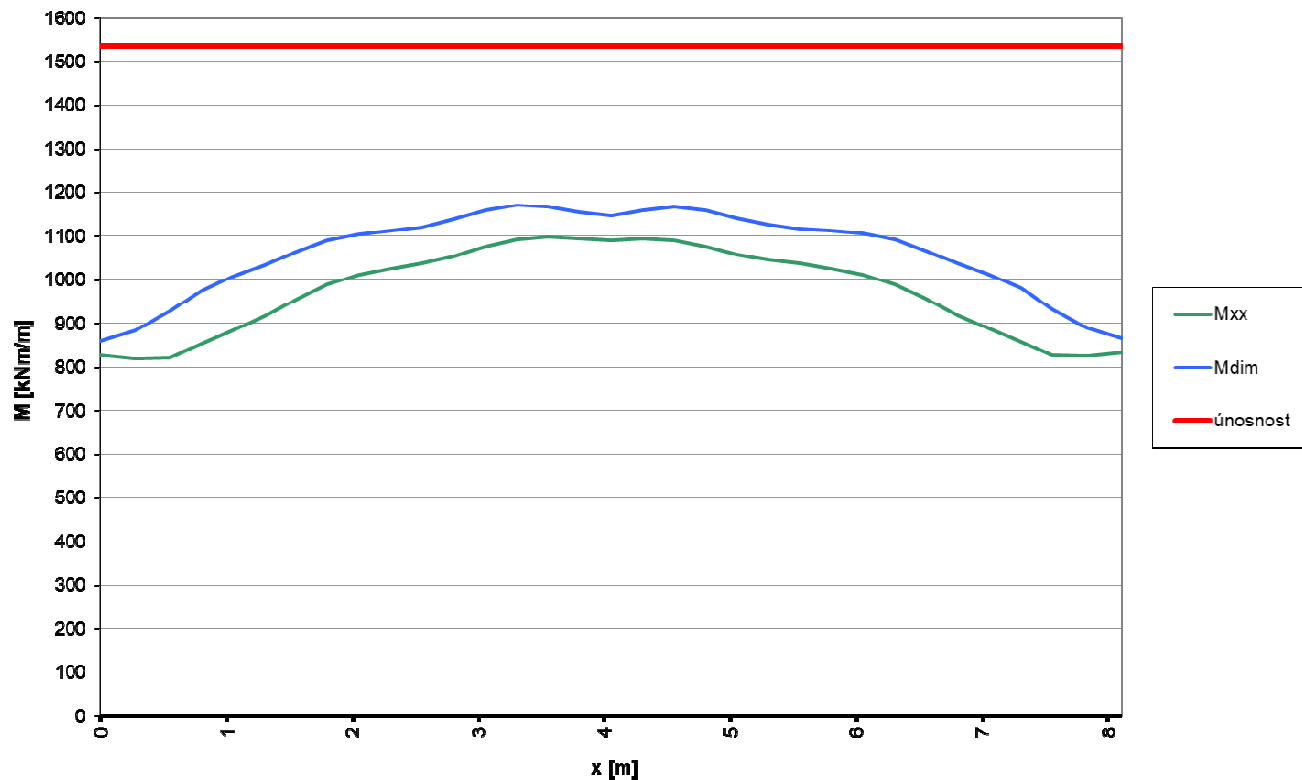
obr. 15 Vykrytí ohybových momentů – řez prech – P1 – dolní výztuž



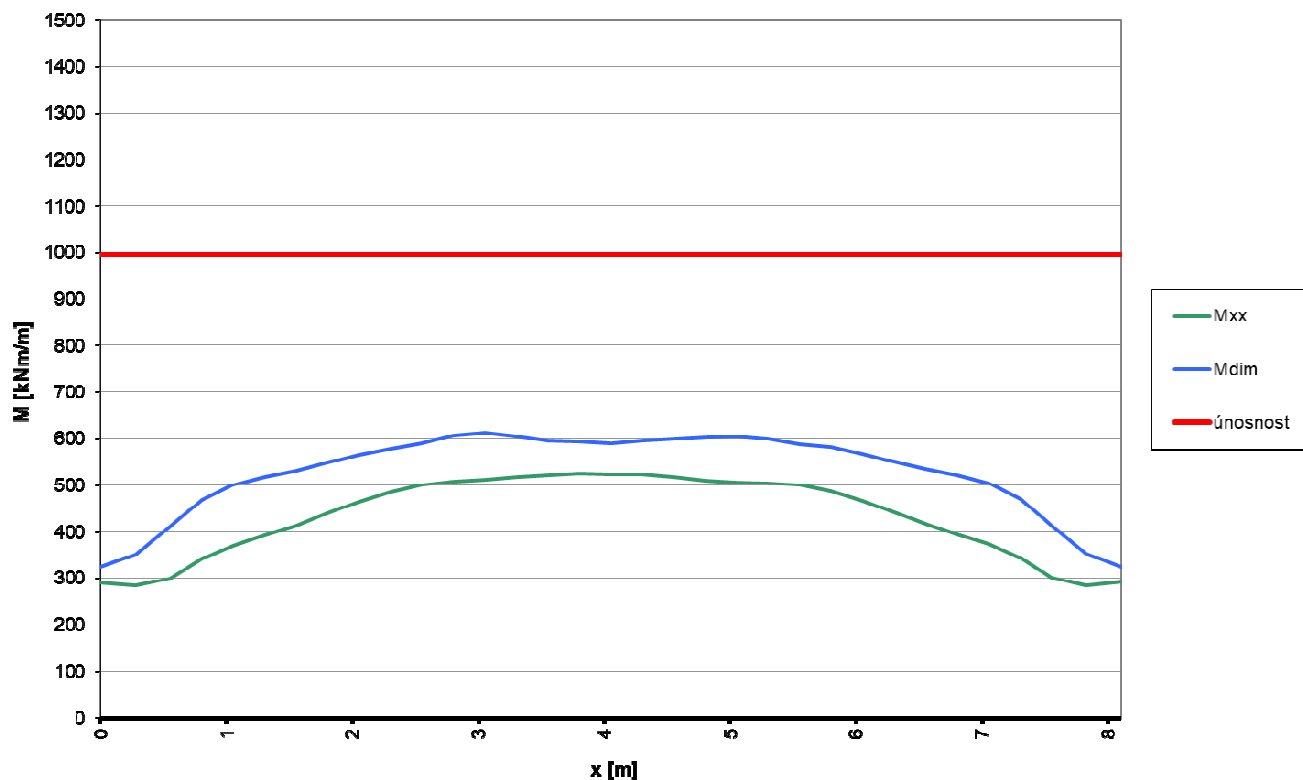
obr. 16 Vykrytí ohybových momentů – řez prech – P2 – dolní výztuž



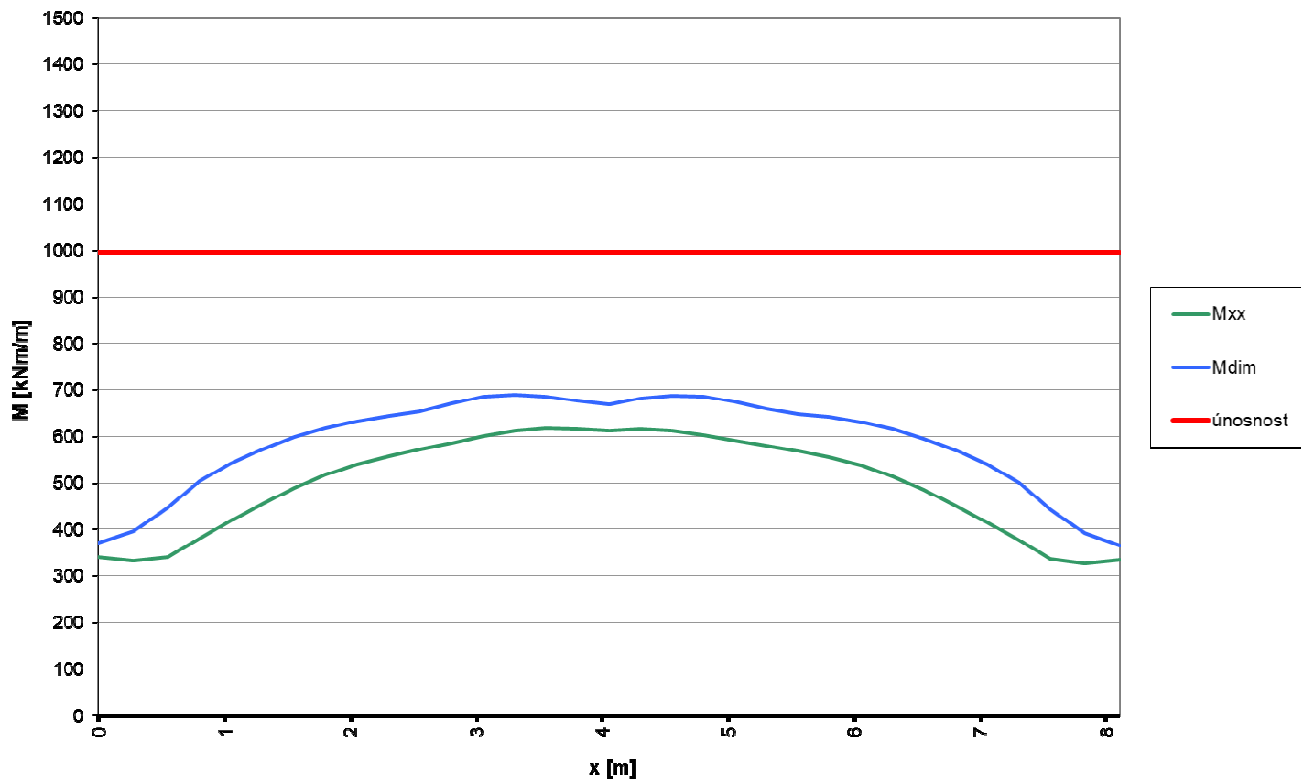
obr. 17 Vykrytí ohybových momentů – řez stoj-H – P1 – vnější výztuž



obr. 18 Vykrytí ohybových momentů – řez stoj-H – P2 – vnější výztuž



obr. 19 Vykrytí ohybových momentů – řez stoj-H – P1 – vnitřní výztuž



obr. 20 Vykrytí ohybových momentů – řez stoj-H – P2 – vnitřní výztuž

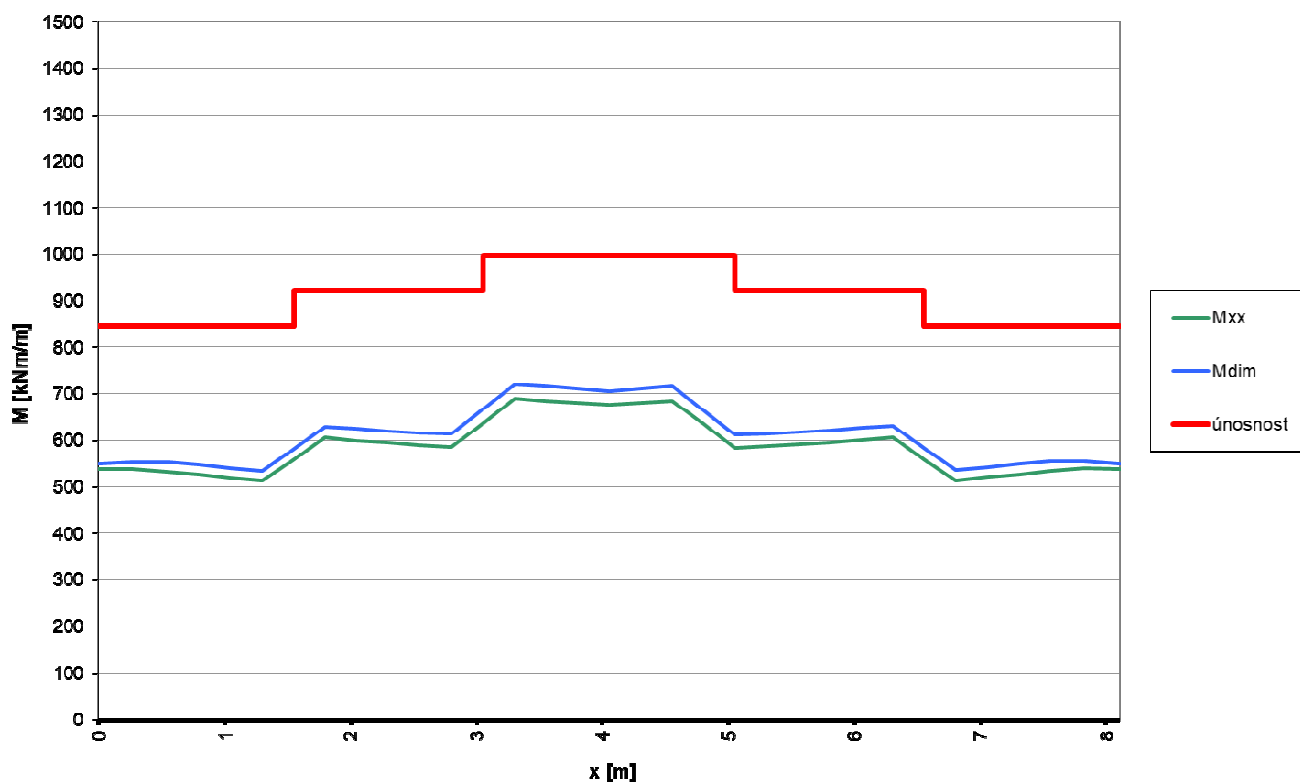
6.2.3 Mezní stav použitelnosti - omezení napětí - charakteristická kombinace

6.2.3.1 Výpočet maximálních ohybových momentů

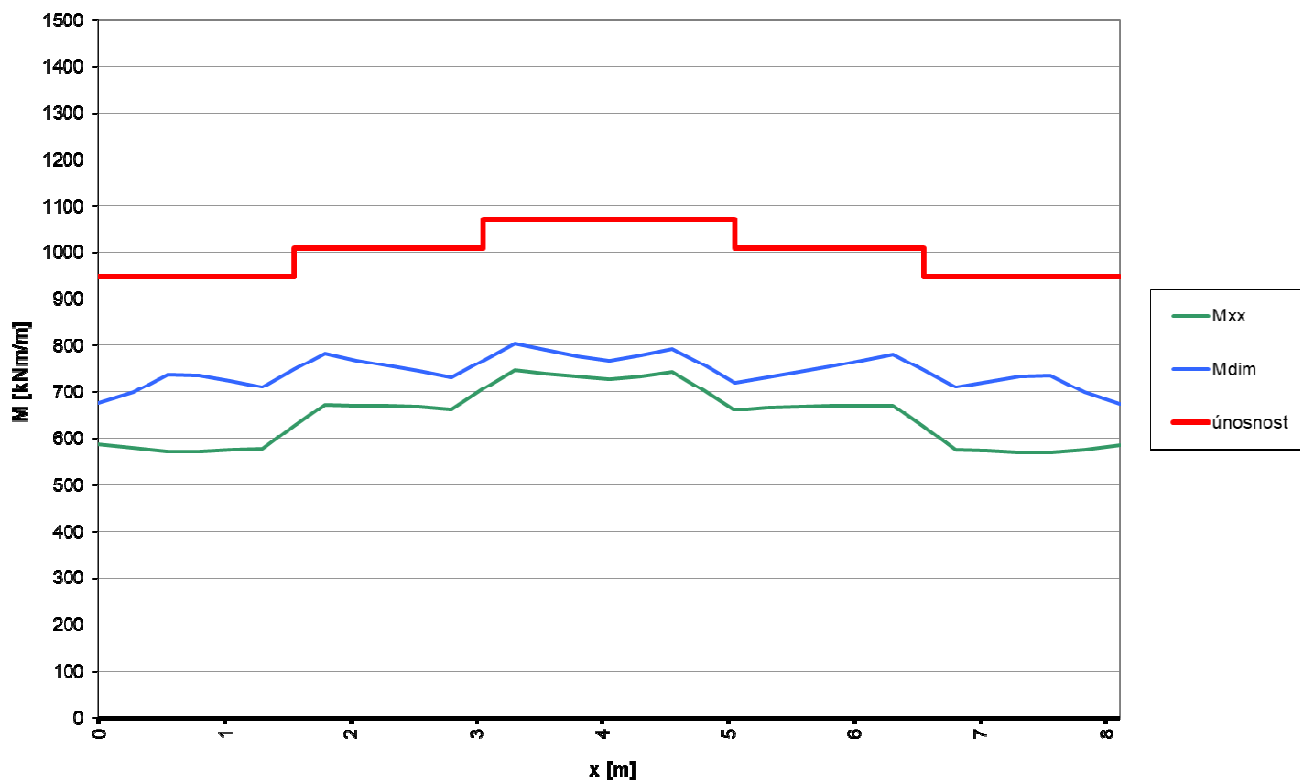
Řez		pole-dol	pole-dol	pole-dol	podp-hor	podp-hor	podp-hor	podp-dol	podp-dol	podp-dol
Zatížení		Char	Char	Char	Char	Char	Char	Char	Char	Char
Zatížení										
M_{Ed}	kNm	845	921	998	948	1009	1071	620	660	700
Geometrie										
b	mm	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
h	mm	675	675	675	890	890	890	890	890	890
W_h	m ³	0.0759	0.0759	0.0759	0.1320	0.1320	0.1320	0.1320	0.1320	0.1320
W_d	m ³	0.0759	0.0759	0.0759	0.1320	0.1320	0.1320	0.1320	0.1320	0.1320
Materiály a součinitele										
Beton		C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
Výztuž		B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B
f_{ck}	MPa	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
f_{ctm}	MPa	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
f_{yk}	MPa	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
E_{cm}	GPa	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0
E_{c,eff}	GPa	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
E_s	GPa	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
α_e	-	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Napětí v průřezu bez trhliny										
σ_h	MPa	-11.128	-12.131	-13.136	-7.178	-7.645	-8.114	-4.695	-4.997	-5.301
σ_d	MPa	11.128	12.131	13.136	7.178	7.645	8.114	4.695	4.997	5.301
f_{ctm}	MPa	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
max(σ_h, σ_d) ≥ f_{ctm}		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Napětí v průřezu s trhlinou v tažené části										
d'_{s,t}	mm	89	89	89	88	88	88	85	85	85
d_{s,t}	mm	586	636	686	803	853	903	805	855	905
A_s	mm ²	4105	4105	4105	3272	3272	3272	2094	2094	2094
d'_{s,c}	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_{s,c}	mm ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
x	mm	214.0	225.0	235.5	235.9	244.3	252.6	195.7	202.5	209.1
I_i	mm	1.2E+10	1.4E+10	1.7E+10	2.0E+10	2.3E+10	2.6E+10	1.4E+10	1.6E+10	1.8E+10
σ_{c,c}	MPa	15.3	14.6	13.9	11.1	10.7	10.4	8.6	8.3	8.0
σ_{s,t}	MPa	400	400	400	400	400	400	400	400	400
σ_{s,c}	MPa	0	0	0	0	0	0	0	0	0
k₁f_{ck}	MPa	21	21	21	21	21	21	21	21	21
k₃f_{yk}	MPa	400	400	400	400	400	400	400	400	400
σ_{c,c} ≤ k₁f_{ck}; σ_{s,t} ≤ k₃f_{yk}		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
max σ/k*f		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Řez		prech-hor	prech-hor	prech-hor	prech-dol	prech-dol	prech-dol	stoj-H-out	stoj-H-in
Zatížení		Char	Char	Char	Char	Char	Char	Char	Char
Zatížení									
M_{Ed}	kNm	367	399	432	683	745	806	1332	868
Geometrie									
b	mm	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
h	mm	675	675	675	675	675	675	1200	1200
W_h	m ³	0.0759	0.0759	0.0759	0.0759	0.0759	0.0759	0.2400	0.2400
W_d	m ³	0.0759	0.0759	0.0759	0.0759	0.0759	0.0759	0.2400	0.2400
Materiály a součinitele									
Beton		C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
Výztuž		B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B
f_{ck}	MPa	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
f_{ctm}	MPa	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
f_{yk}	MPa	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
E_{cm}	GPa	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0
E_{c,eff}	GPa	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
E_s	GPa	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
α_e	-	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Napětí v průřezu bez trhliny									
σ_h	MPa	-4.835	-5.261	-5.687	-9.001	-9.806	-10.614	-5.550	-3.619
σ_d	MPa	4.835	5.261	5.687	9.001	9.806	10.614	5.550	3.619
f_{ctm}	MPa	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
max(σ_h, σ_d) ≥ f_{ctm}		ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
Napětí v průřezu s trhlinou v tažené části									
d'_{s,t}	mm	84	84	84	88	88	88	88	85
d_{s,t}	mm	591	641	691	588	638	688	1113	1115
A_s	mm ²	1696	1696	1696	3272	3272	3272	3272	2094
d'_{s,c}	mm	0	0	0	0	0	0	0	0
A_{s,c}	mm ²	0	0	0	0	0	0	0	0
x	mm	149.8	157.0	163.8	196.0	205.9	215.3	285.0	235.1
I_i	mm	6.1E+09	7.3E+09	8.5E+09	1.0E+10	1.2E+10	1.4E+10	4.1E+10	2.9E+10
σ_{c,c}	MPa	9.1	8.6	8.3	13.4	12.7	12.2	9.2	7.1
σ_{s,t}	MPa	400	400	400	400	400	400	400	400
σ_{s,c}	MPa	0	0	0	0	0	0	0	0
k₁f_{ck}	MPa	21	21	21	21	21	21	21	21
k₃f_{yk}	MPa	400	400	400	400	400	400	400	400
σ_{c,c} ≤ k₁f_{ck}; σ_{s,t} ≤ k₃f_{yk}		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
max σ/k*f		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

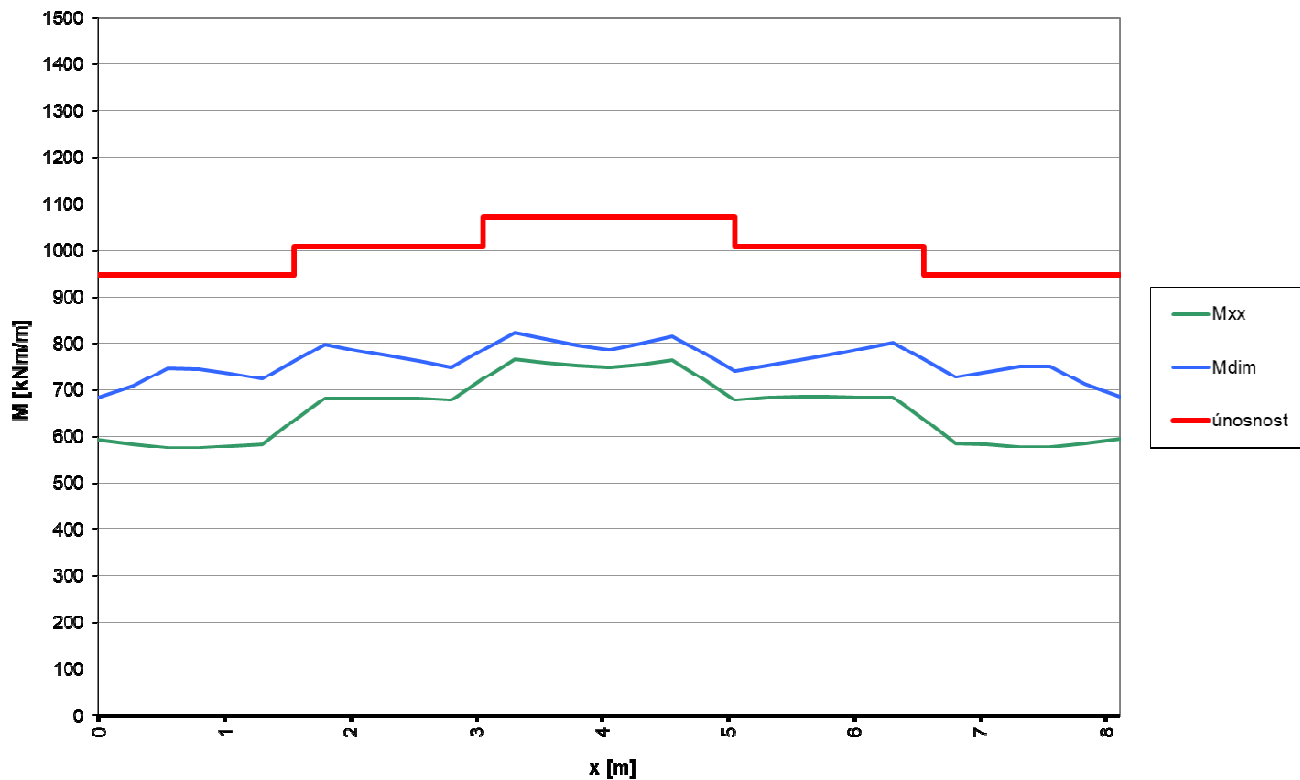
6.2.3.2 Vykrytí ohybových momentů



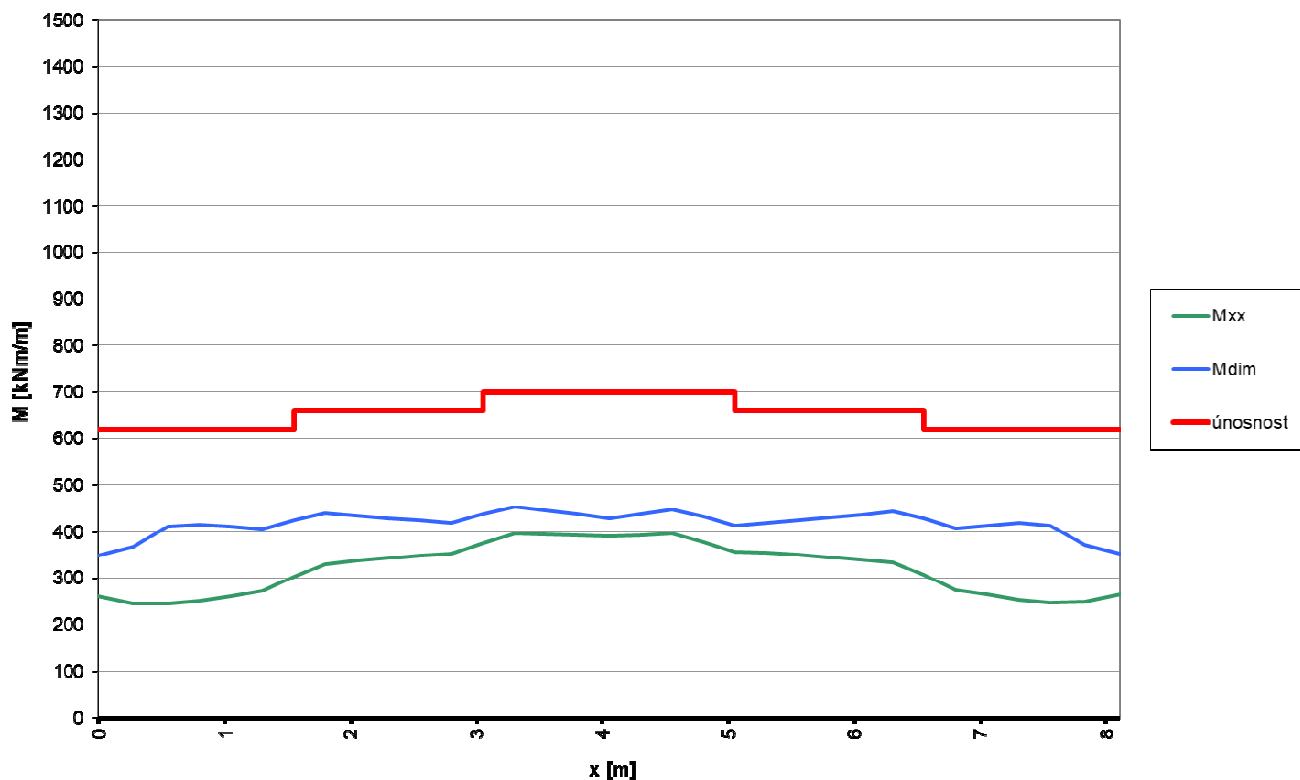
obr. 21 Vykrytí ohybových momentů – řez pole – dolní výztuž



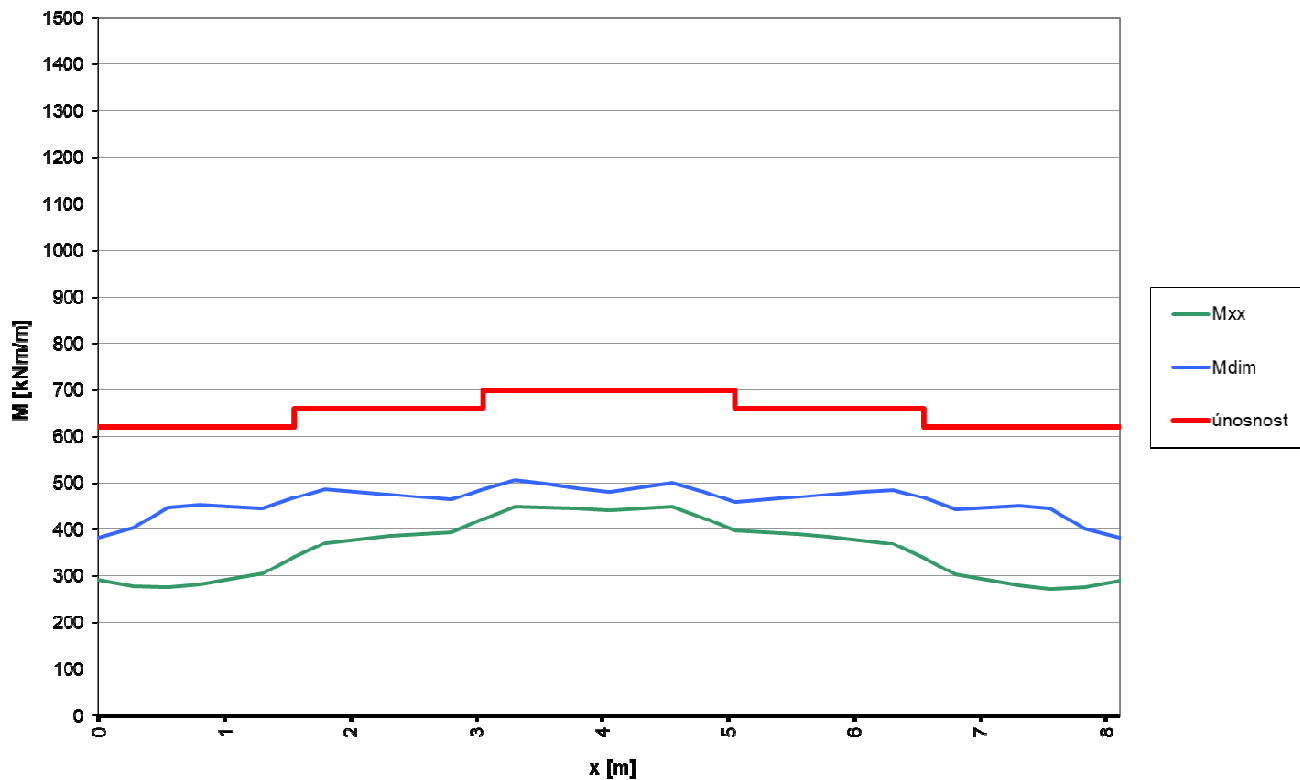
obr. 22 Vykrytí ohybových momentů – řez podp – P1 – horní výztuž



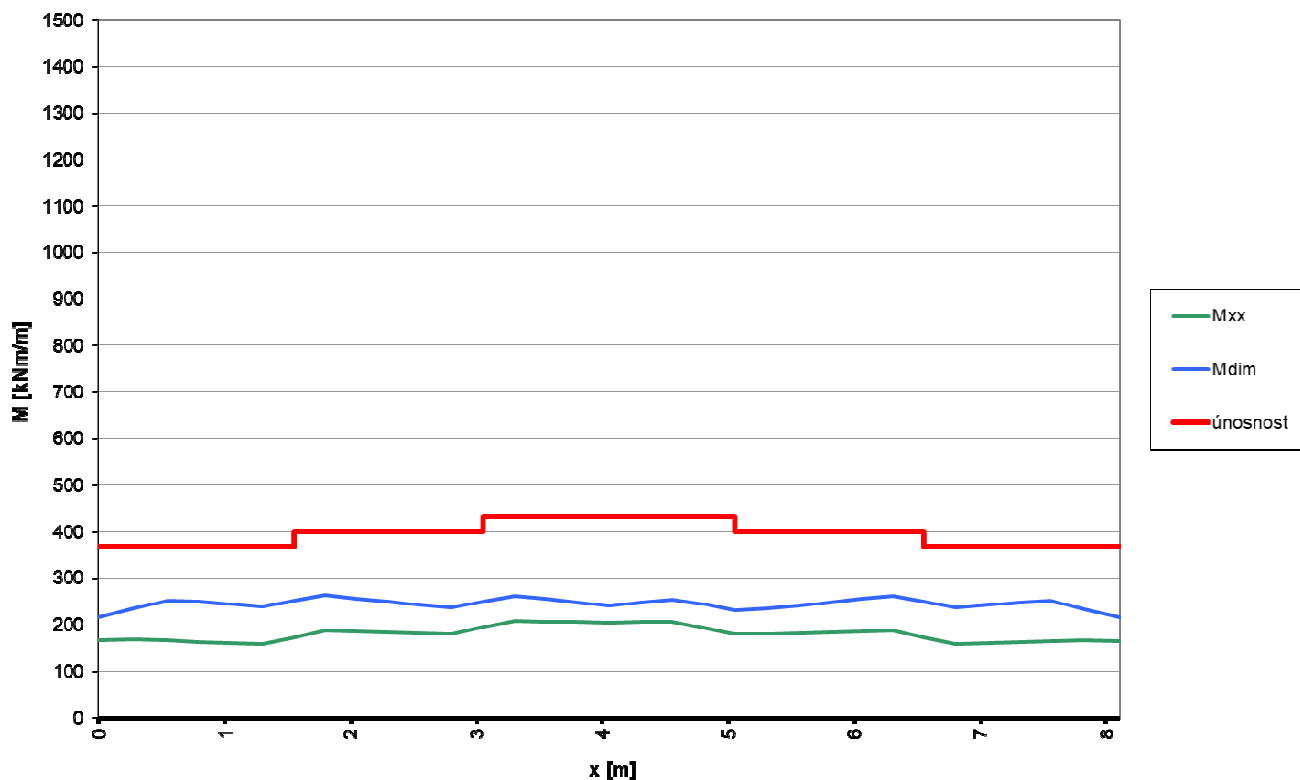
obr. 23 Vykrytí ohybových momentů – řez podp – P2 – horní výztuž



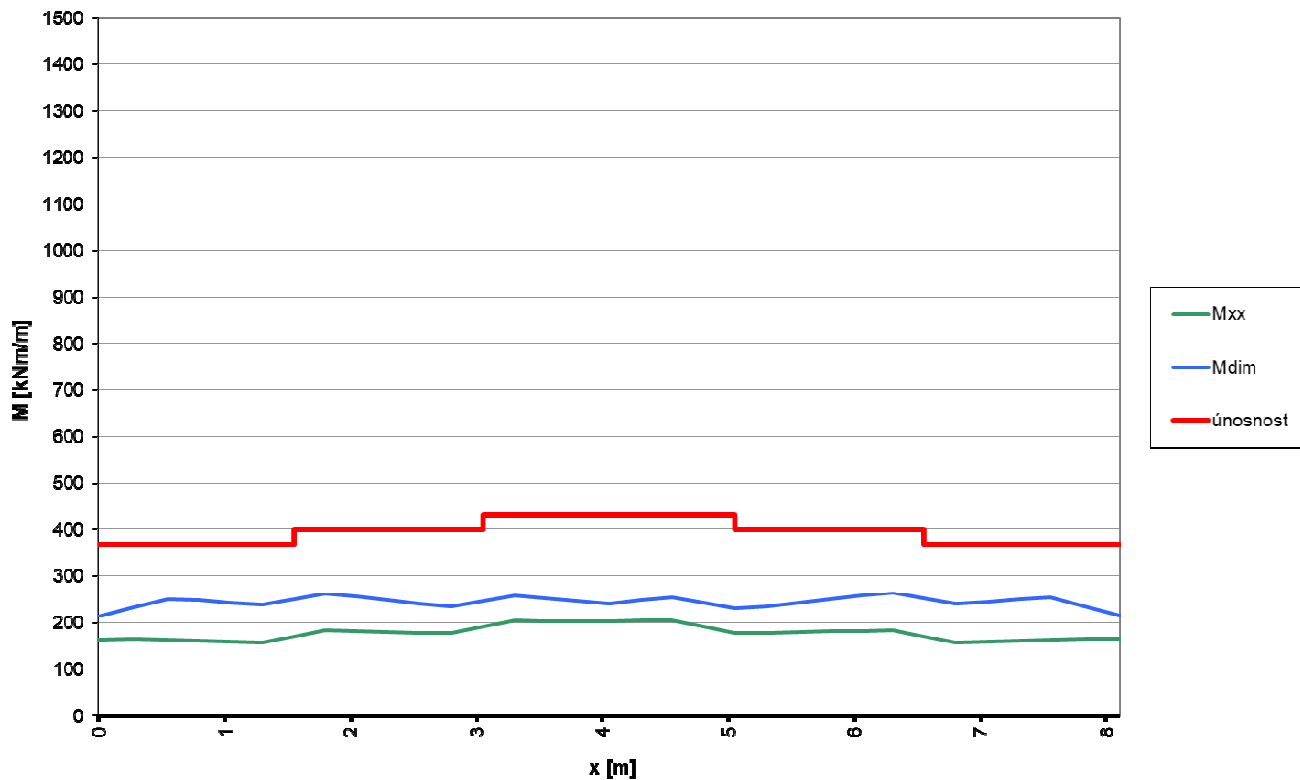
obr. 24 Vykrytí ohybových momentů – řez podp – P1 – dolní výztuž



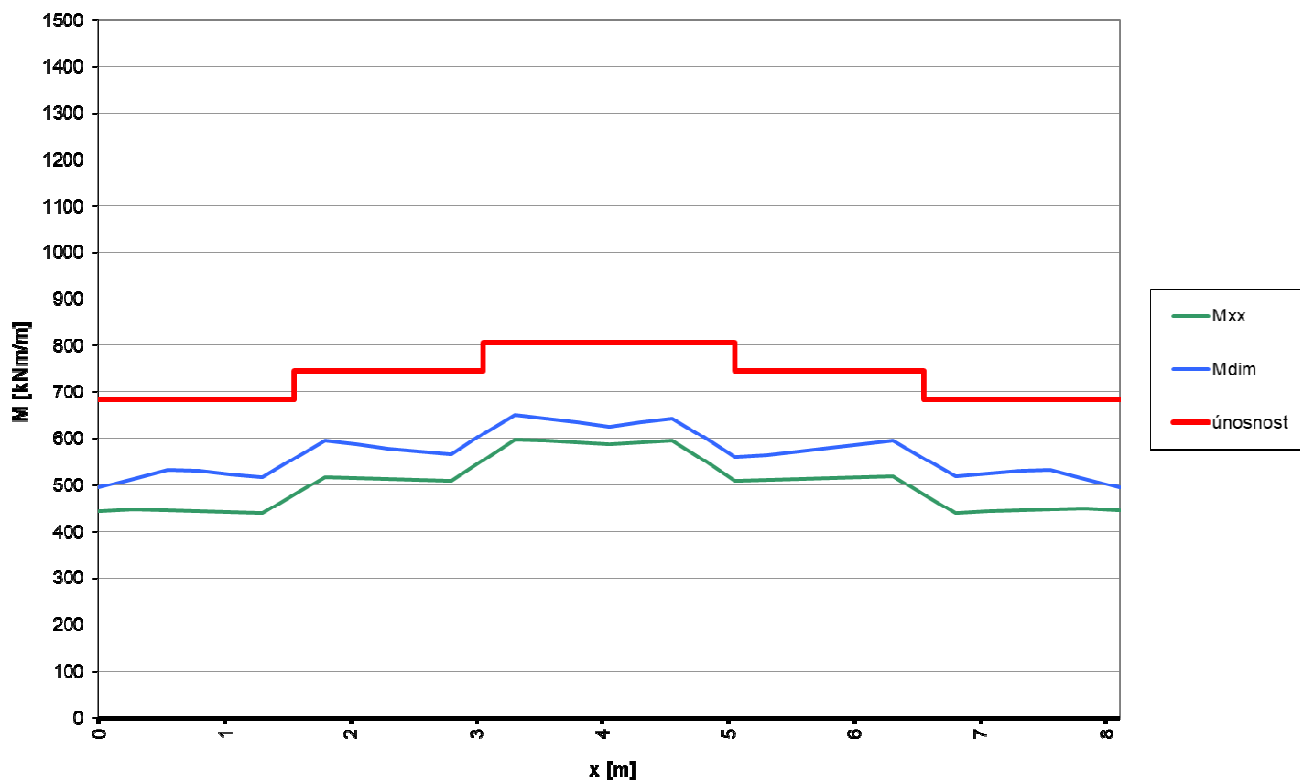
obr. 25 Vykrytí ohybových momentů – řez podp – P2 – dolní výztuž



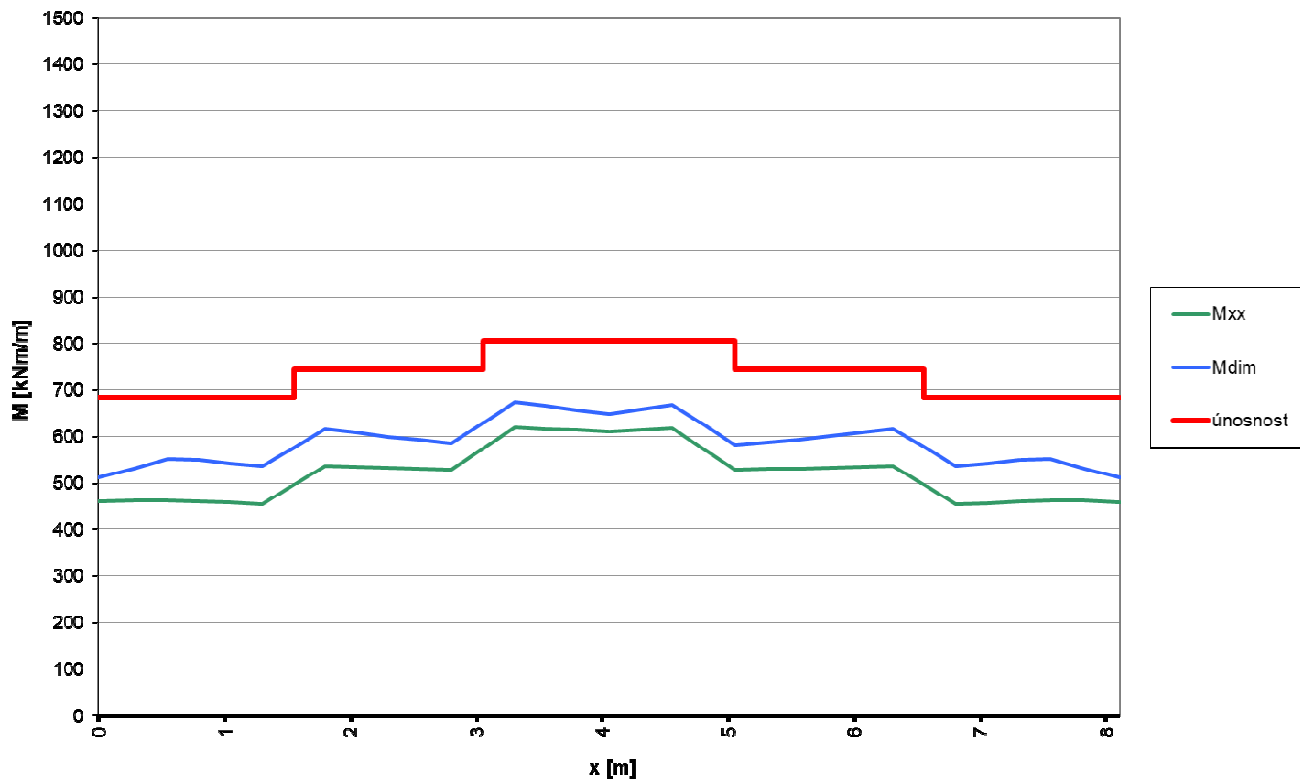
obr. 26 Vykrytí ohybových momentů – řez proch – P1 – horní výztuž



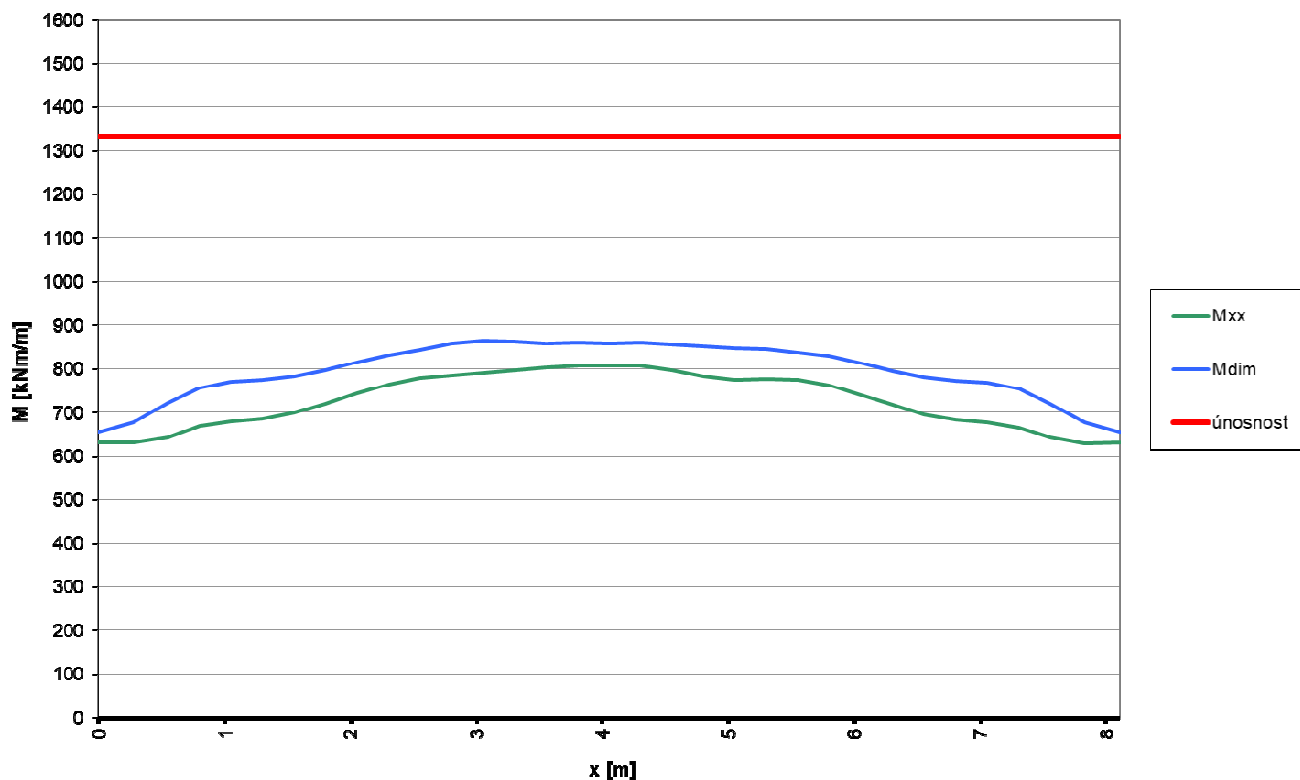
obr. 27 Vykrytí ohybových momentů – řez proch – P2 – horní výztuž



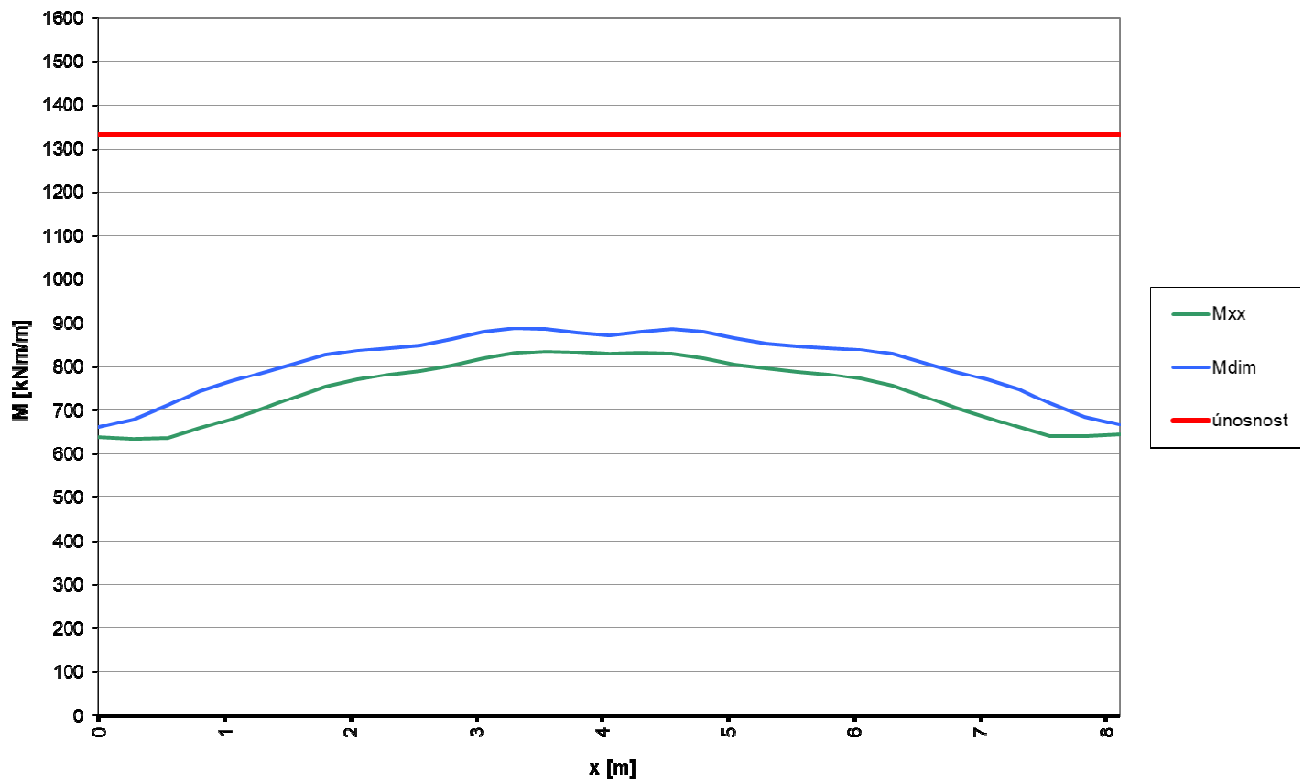
obr. 28 Vykrytí ohybových momentů – řez prech – P1 – dolní výztuž



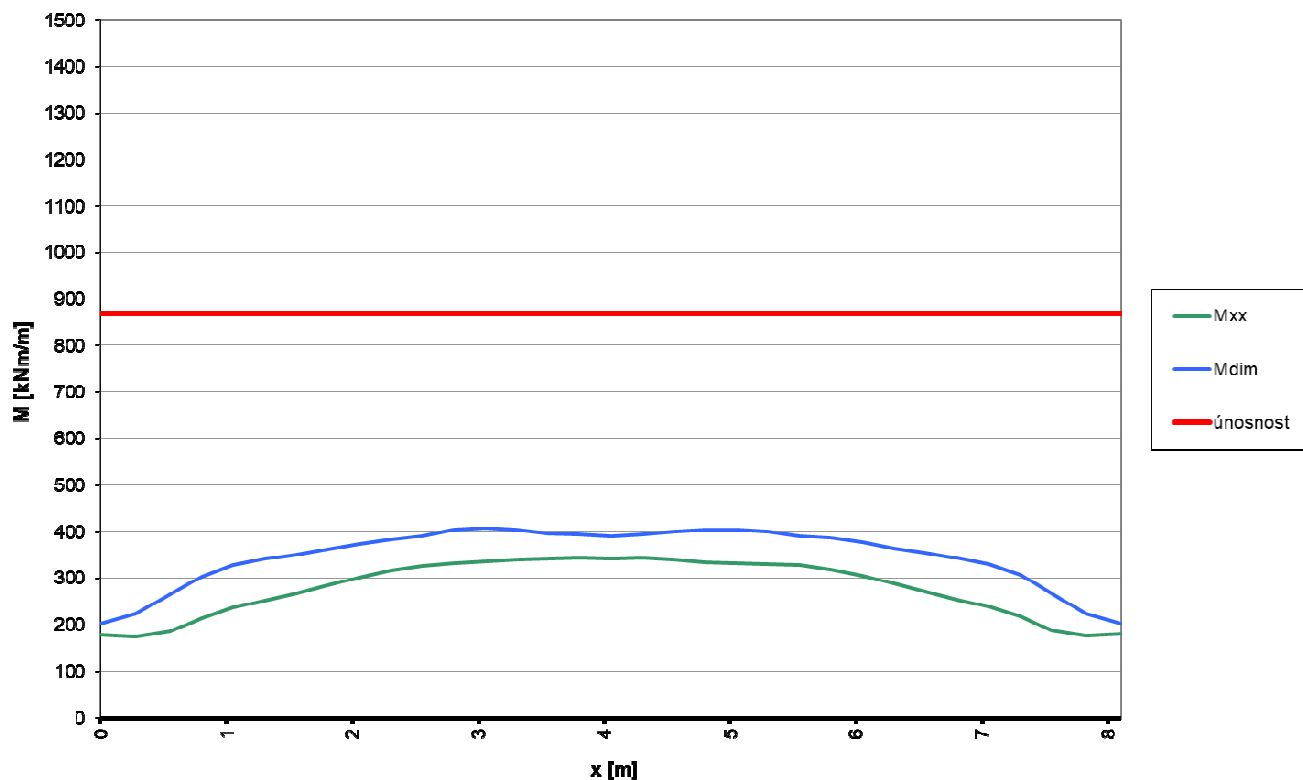
obr. 29 Vykrytí ohybových momentů – řez prech – P2 – dolní výztuž



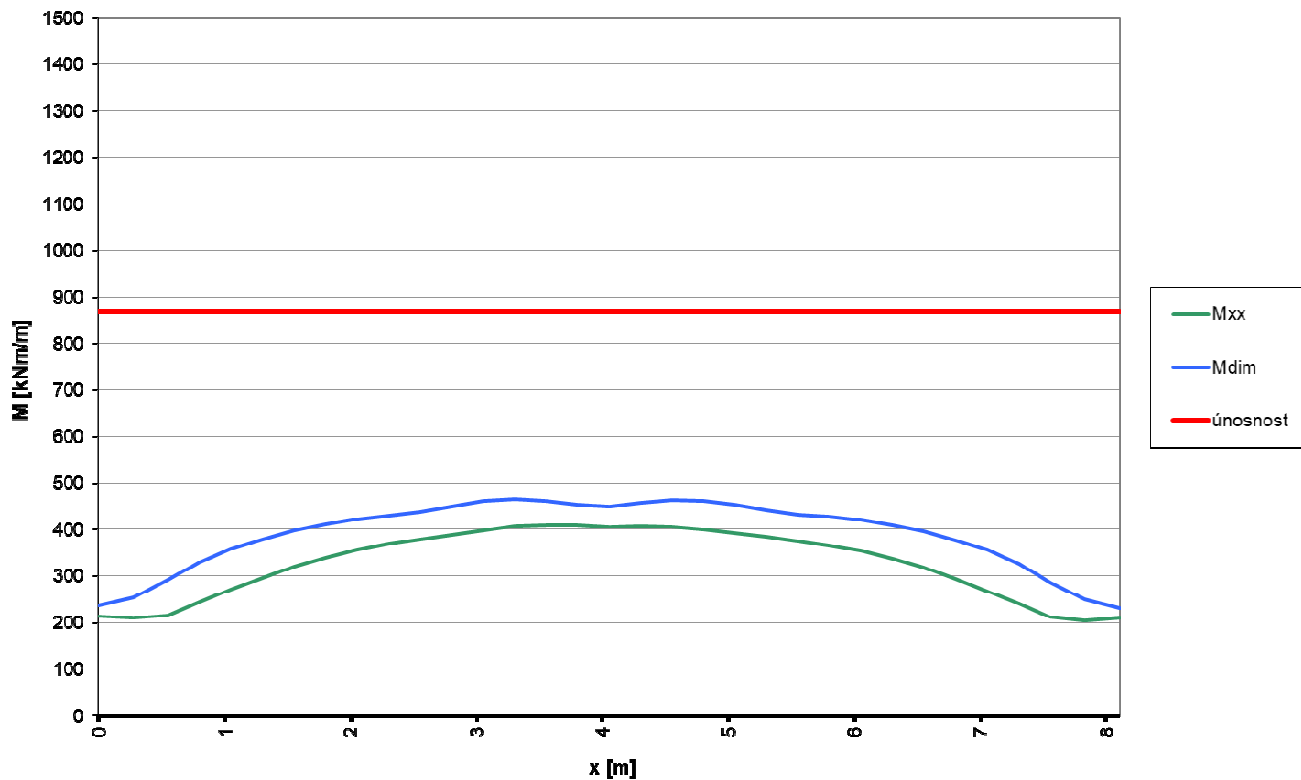
obr. 30 Vykrytí ohybových momentů – řez stoj-H – P1 – vnější výztuž



obr. 31 Vykrytí ohybových momentů – řez stoj-H – P2 – vnější výztuž



obr. 32 Vykrytí ohybových momentů – řez stoj-H – P1 – vnitřní výztuž



obr. 33 Vykrytí ohybových momentů – řez stoj-H – P2 – vnitřní výztuž

6.2.4 Mezní stav použitelnosti - omezení trhlin - kvazistálá kombinace

6.2.4.1 Výpočet maximálních ohybových momentů

Napětí v průřezu s trhlinou

Řez		pole-dol	pole-dol	pole-dol	podp-hor	podp-hor	podp-hor	podp-dol	podp-dol	podp-dol
Zatížení		Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz
Zatížení										
M_{Ed}	kNm	398	429	460	389	414	439	221	235	249
Geometrie										
b	mm	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
h	mm	675	725	775	890	940	990	890	940	990
W_h	m ³	0.0759	0.0876	0.1001	0.1320	0.1473	0.1634	0.1320	0.1473	0.1634
W_d	m ³	0.0759	0.0876	0.1001	0.1320	0.1473	0.1634	0.1320	0.1473	0.1634
Materiály a součinitele										
Beton		C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
Výztuž		B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B
f_{ck}	MPa	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
f_{ctm}	MPa	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
f_{yk}	MPa	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
E_{cm}	GPa	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0
$E_{c,eff}$	GPa	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
E_s	GPa	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
α_e	-	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Napětí v průřezu bez trhliny										
σ_h	MPa	-5.243	-4.893	-4.594	-2.948	-2.809	-2.687	-1.673	-1.597	-1.527
σ_d	MPa	5.243	4.893	4.594	2.948	2.809	2.687	1.673	1.597	1.527
f_{ctm}	MPa	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
$\max(\sigma_h, \sigma_d) \geq f_{ctm}$		ANO	ANO	ANO	NE	NE	NE	NE	NE	NE
Napětí v průřezu s trhlinou v tažené části										
$d'_{s,t}$	mm	89	89	89	88	88	88	85	85	85
$d_{s,t}$	mm	586	636	686	803	853	903	805	855	905
A_s	mm ²	4105	4105	4105	3272	3272	3272	2094	2094	2094
$d'_{s,c}$	mm	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$A_{s,c}$	mm ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
x	mm	214	225	236	236	244	253	196	202	209
l_i	mm	1.2E+10	1.4E+10	1.7E+10	2.0E+10	2.3E+10	2.6E+10	1.4E+10	1.6E+10	1.8E+10
$\sigma_{c,c}$	MPa	7.2	6.8	6.4	4.6	4.4	4.2	3.1	2.9	2.9
$\sigma_{s,t}$	MPa	188.4	186.1	184.4	164.3	163.9	163.9	142.6	142.6	142.6
$\sigma_{s,c}$	MPa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

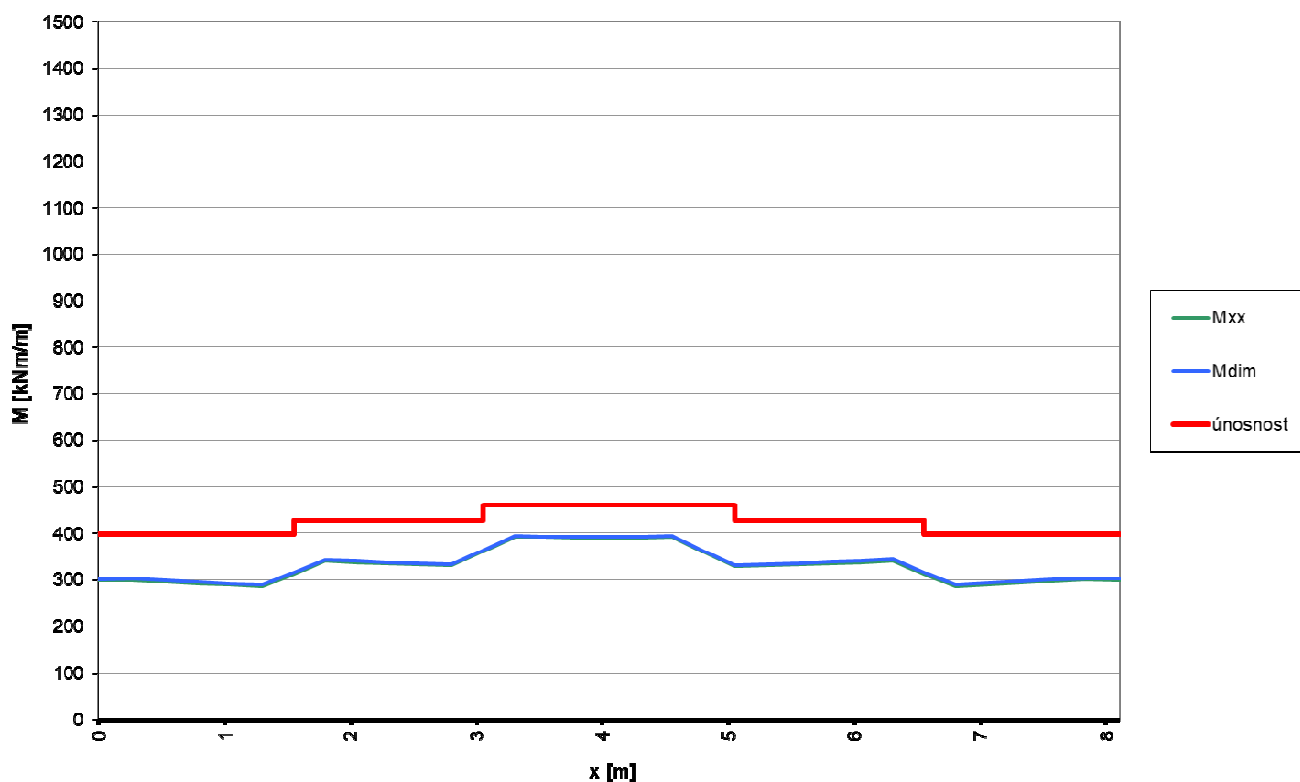
Řez		prech-hor	prech-hor	prech-hor	prech-dol	prech-dol	prech-dol	stoj-H-out	stoj-H-in
Zatížení		Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz
Zatížení									
M_{Ed}	kNm	140	143	147	327	354	368	546	310
Geometrie									
b	mm	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
h	mm	675	725	775	675	725	775	1200	1200
W_h	m ³	0.0759	0.0876	0.1001	0.0759	0.0876	0.1001	0.2400	0.2400
W_d	m ³	0.0759	0.0876	0.1001	0.0759	0.0876	0.1001	0.2400	0.2400
Materiály a součinitele									
Beton		C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
Výztuž		B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B
f_{ck}	MPa	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0	35.0
f_{ctm}	MPa	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
f_{yk}	MPa	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0	500.0
E_{cm}	GPa	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0	34.0
E_{c,eff}	GPa	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3	13.3
E_s	GPa	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
α_e	-	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
Napětí v průřezu bez trhliny									
σ_h	MPa	-1.838	-1.637	-1.467	-4.303	-4.046	-3.678	-2.274	-1.290
σ_d	MPa	1.838	1.637	1.467	4.303	4.046	3.678	2.274	1.290
f_{ctm}	MPa	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
max(σ_h, σ_d) ≥ f_{ctm}		NE	NE	NE	ANO	ANO	ANO	NE	NE
Napětí v průřezu s trhlinou v tažené části									
d'_{s,t}	mm	84	84	84	88	88	88	88	85
d_{s,t}	mm	591	641	691	588	638	688	1113	1115
A_s	mm ²	1696	1696	1696	3272	3272	3272	3272	2094
d'_{s,c}	mm	0	0	0	0	0	0	0	0
A_{s,c}	mm ²	0	0	0	0	0	0	0	0
x	mm	150	157	164	196	206	215	285	235
I_i	mm	6.1E+09	7.3E+09	8.5E+09	1.0E+10	1.2E+10	1.4E+10	4.1E+10	2.9E+10
σ_{c,c}	MPa	3.4	3.1	2.8	6.4	6.1	5.6	3.8	2.5
σ_{s,t}	MPa	152.1	143.6	136.0	191.2	190.4	182.7	163.9	142.6
σ_{s,c}	MPa	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Výpočet šířky trhlín

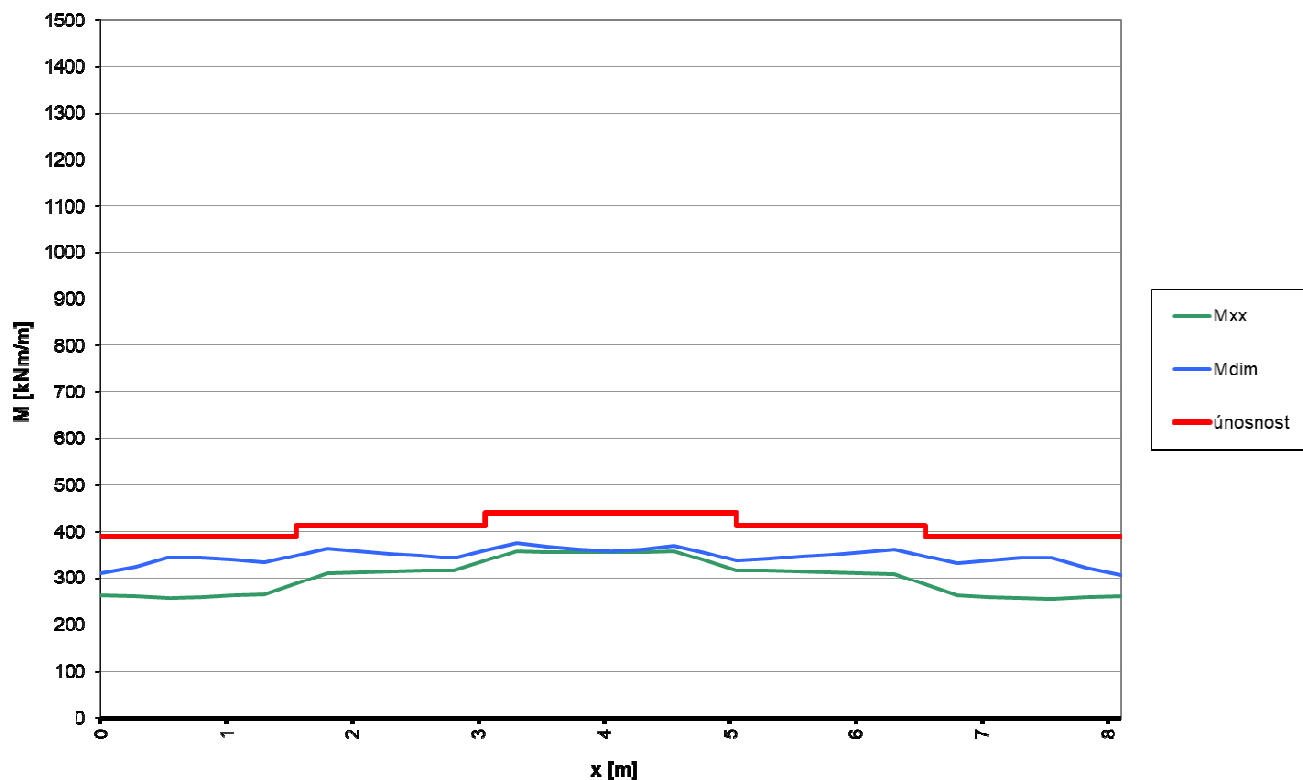
Řez		pole-dol	pole-dol	pole-dol	podp-hor	podp-hor	podp-hor	podp-dol	podp-dol	podp-dol
Kombinace		Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz
Materiály										
třída betonu		C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
E_{cm}	MPa	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000
$E_{c,eff}$	MPa	13333	13333	13333	13333	13333	13333	13333	13333	13333
$f_{ctm} = f_{ct,eff}$	MPa	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
třída výztuže		B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B
E_s	MPa	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000
α_e	-	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88
Betonářská výztuž										
\emptyset	mm	28	28	28	25	25	25	20	20	20
n_s	ks	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667
d'	mm	75	75	75	75	75	75	75	75	75
d	mm	586	636	686	803	853	903	805	855	905
A_s	mm ²	4105	4105	4105	3272	3272	3272	2094	2094	2094
σ_s	MPa	188	186	184	164	164	164	143	143	143
Předpínací výztuž										
A_p	mm ²	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Průřezové charakteristiky										
h	mm	675	725	775	890	940	990	890	940	990
x	mm	214.0	225.0	235.5	235.9	244.3	252.6	195.7	202.5	209.1
$h-x$	mm	461	500	539	654	696	737	694	738	781
$h_{c,eff}$	mm	154	167	180	218	219	219	213	213	213
b	mm	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
$A_{c,eff}$	mm ²	153657	166673	179823	218047	218750	218750	212500	212500	212500
Maximální vzdálenost trhlín										
k_1	-	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
k_2	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
k_3	-	1.635	1.635	1.635	1.635	1.635	1.635	1.635	1.635	1.635
k_4	-	0.425	0.425	0.425	0.425	0.425	0.425	0.425	0.425	0.425
$\rho_{p,eff}$	-	0.027	0.025	0.023	0.015	0.015	0.015	0.010	0.010	0.010
$s_{r,max}$	mm	301	316	331	406	407	407	468	468	468
Šířka trhlín										
k_t	-	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
$\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_{cm}$	-	6.65E-04	6.33E-04	6.04E-04	4.93E-04	4.92E-04	4.92E-04	4.28E-04	4.28E-04	4.28E-04
w_k	mm	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
$w_{k,max}$	mm	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
$w_k < w_{k,max}$		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
$w_k / w_{k,max}$		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

Řez		prech-hor	prech-hor	prech-hor	prech-dol	prech-dol	prech-dol	stoj-H-out	stoj-H-in
Kombinace		Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz	Kvaz
Materiály									
třída betonu		C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
E_{cm}	MPa	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000	34000
$E_{c,eff}$	MPa	13333	13333	13333	13333	13333	13333	13333	13333
$f_{ctm} = f_{ct,eff}$	MPa	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20	3.20
třída výztuže		B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B
E_s	MPa	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000	200000
α_e	-	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88	5.88
Betonářská výztuž									
\emptyset	mm	18	18	18	25	25	25	25	20
n_s	ks	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667
d'	mm	75	75	75	75	75	75	75	75
d	mm	591	641	691	588	638	688	1113	1115
A_s	mm ²	1696	1696	1696	3272	3272	3272	3272	2094
σ_s	MPa	152	144	136	191	190	183	164	143
Předpínací výztuž									
A_p	mm ²	0	0	0	0	0	0	0	0
Průřezové charakteristiky									
h	mm	675	725	775	675	725	775	1200	1200
x	mm	149.8	157.0	163.8	196.0	205.9	215.3	285.0	235.1
$h-x$	mm	525	568	611	479	519	560	915	965
$h_{c,eff}$	mm	175	189	204	160	173	187	219	213
b	mm	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
$A_{c,eff}$	mm ²	175053	189348	203733	159653	173048	186564	218750	212500
Maximální vzdálenost trhlín									
k_1	-	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
k_2	-	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
k_3	-	1.635	1.635	1.635	1.635	1.635	1.635	1.635	1.635
k_4	-	0.425	0.425	0.425	0.425	0.425	0.425	0.425	0.425
$\rho_{p,eff}$	-	0.010	0.009	0.008	0.020	0.019	0.018	0.015	0.010
$s_{r,max}$	mm	438	464	490	330	347	365	407	468
Šířka trhlín									
k_t	-	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
$\epsilon_{sm} \cdot \epsilon_{cm}$	-	4.56E-04	4.31E-04	4.08E-04	6.06E-04	5.76E-04	5.48E-04	4.92E-04	4.28E-04
w_k	mm	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
$w_{k,max}$	mm	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
$w_k < w_{k,max}$		ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
$w_k / w_{k,max}$		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

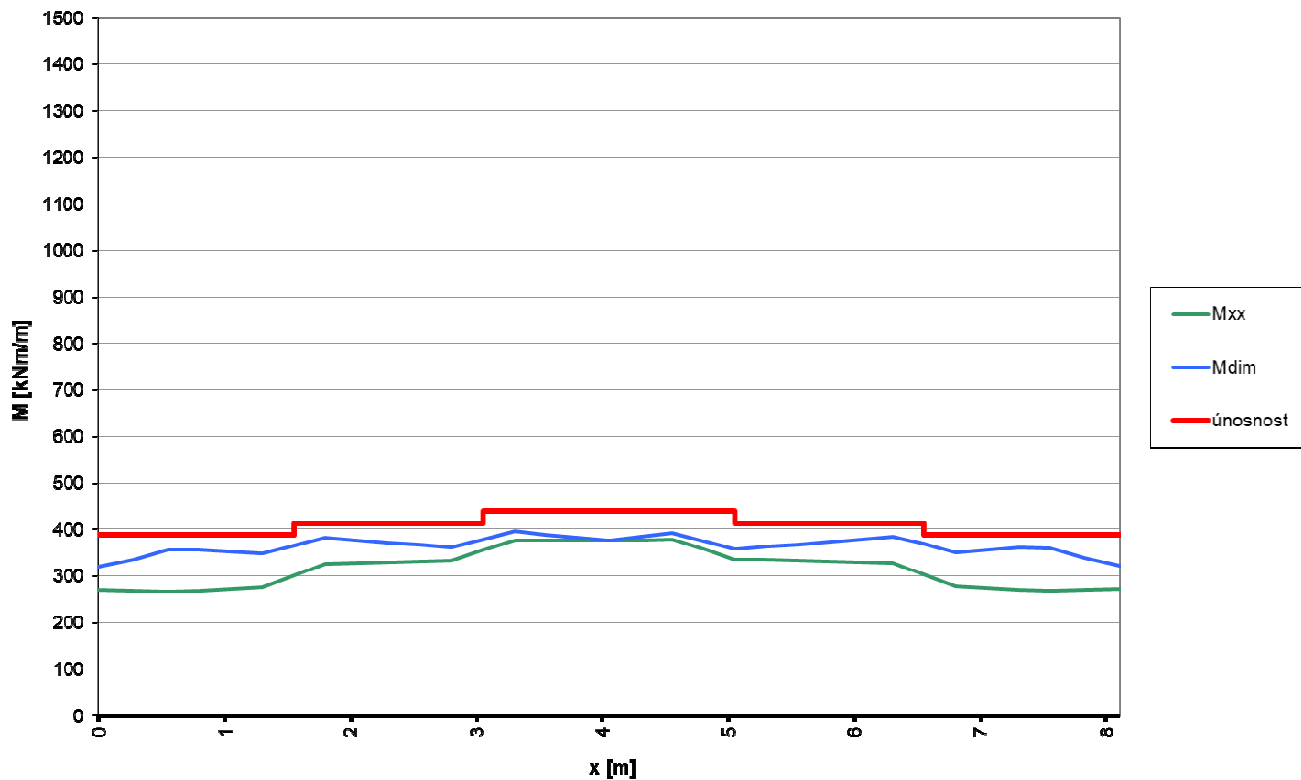
6.2.4.2 Vykrytí ohybových momentů



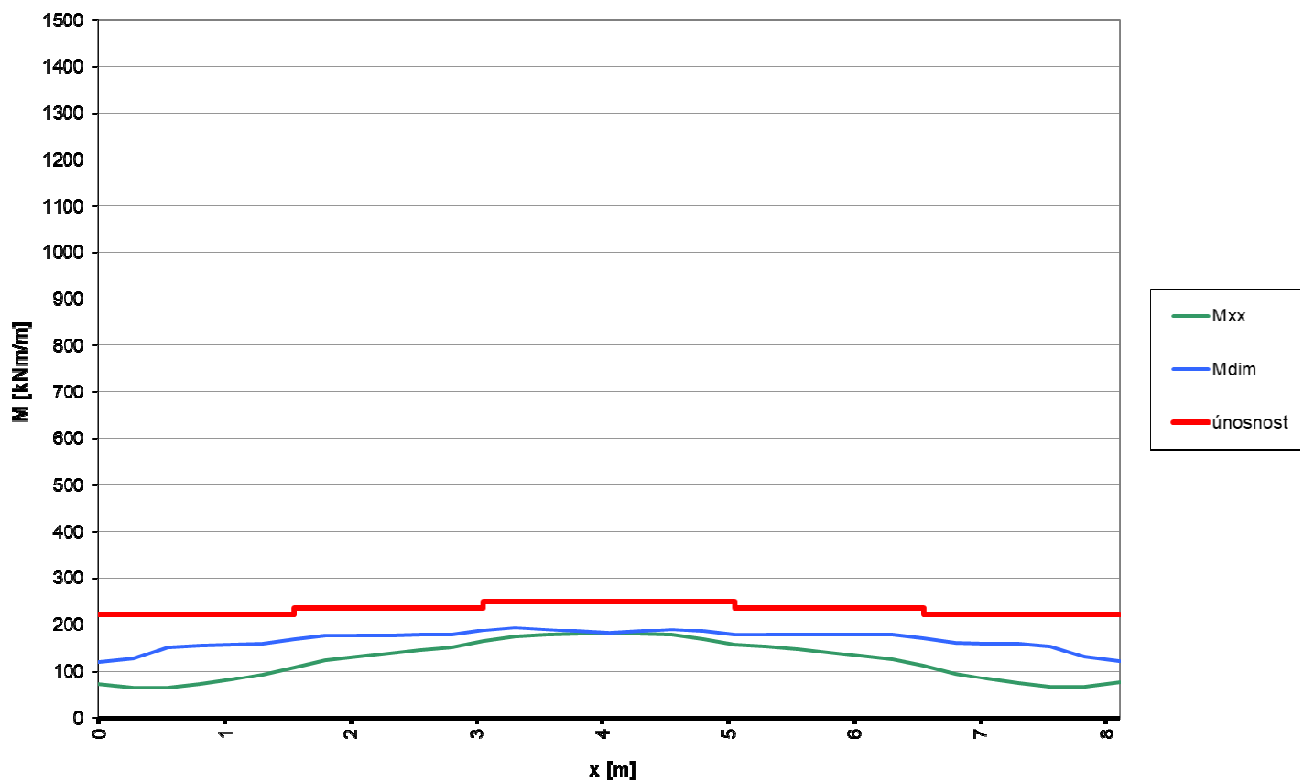
obr. 34 Vykrytí ohybových momentů – řez pole – dolní výztuž



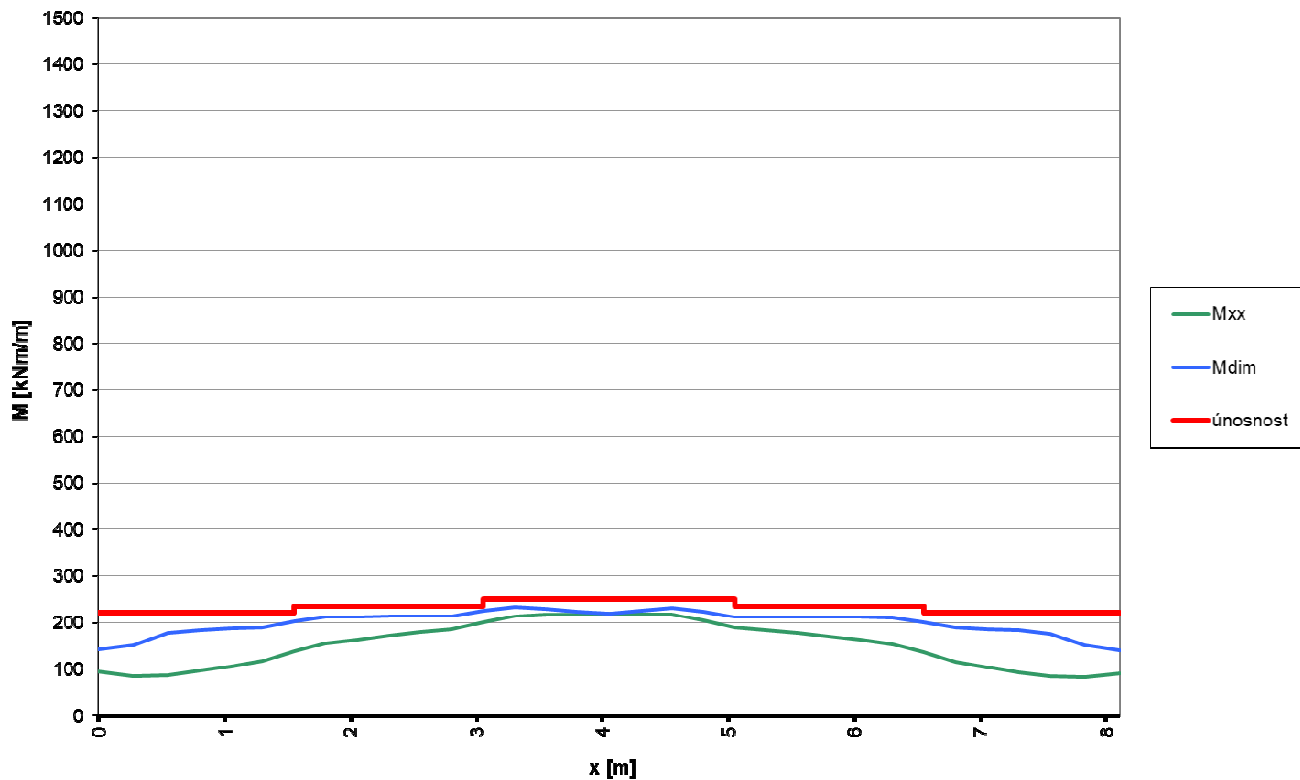
obr. 35 Vykrytí ohybových momentů – řez podp – P1 – horní výztuž



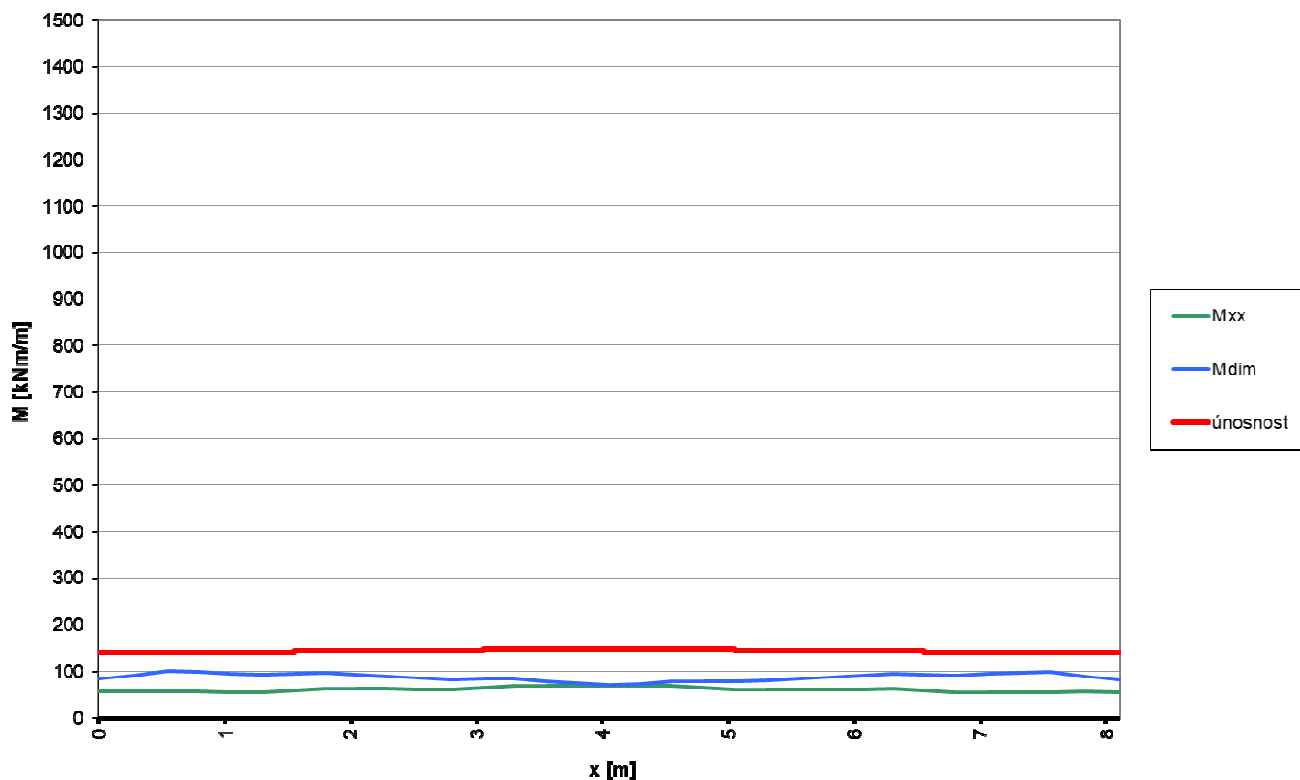
obr. 36 Vykrytí ohybových momentů – řez podp – P2 – horní výztuž



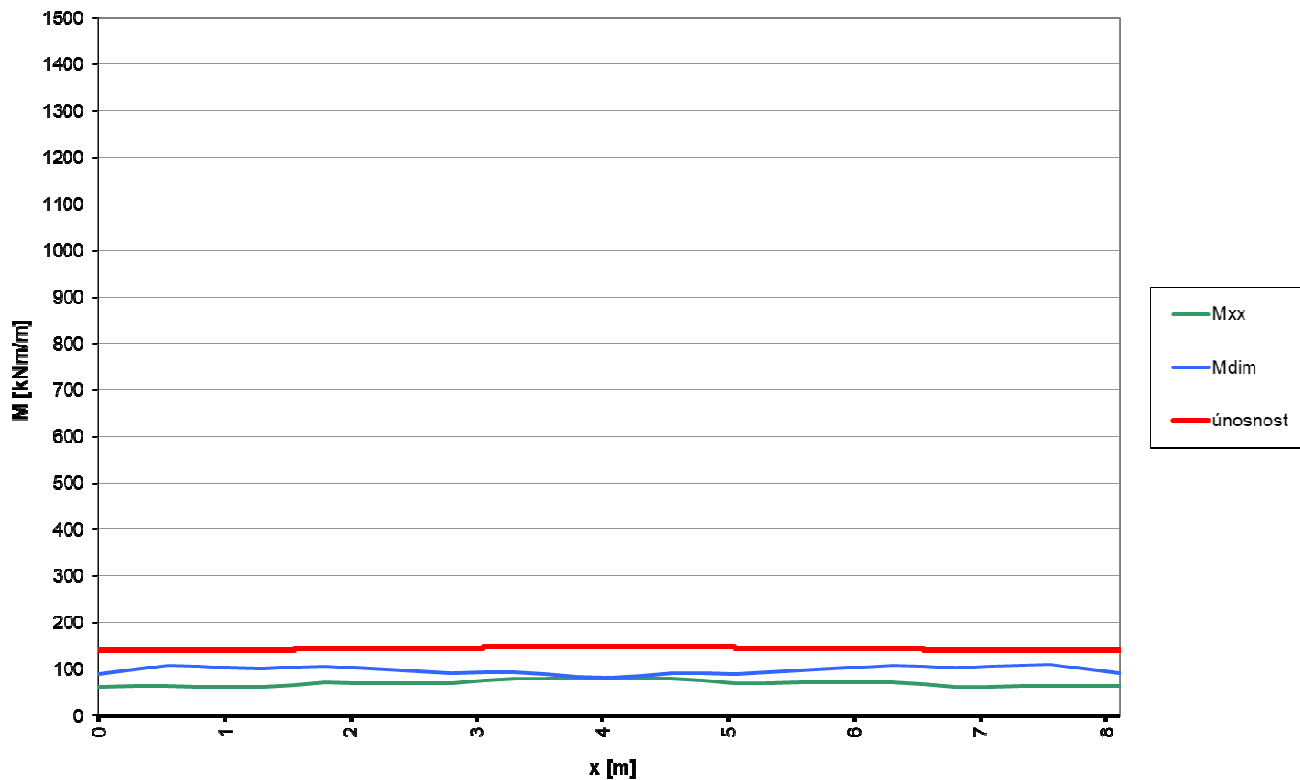
obr. 37 Vykrytí ohybových momentů – řez podp – P1 – dolní výztuž



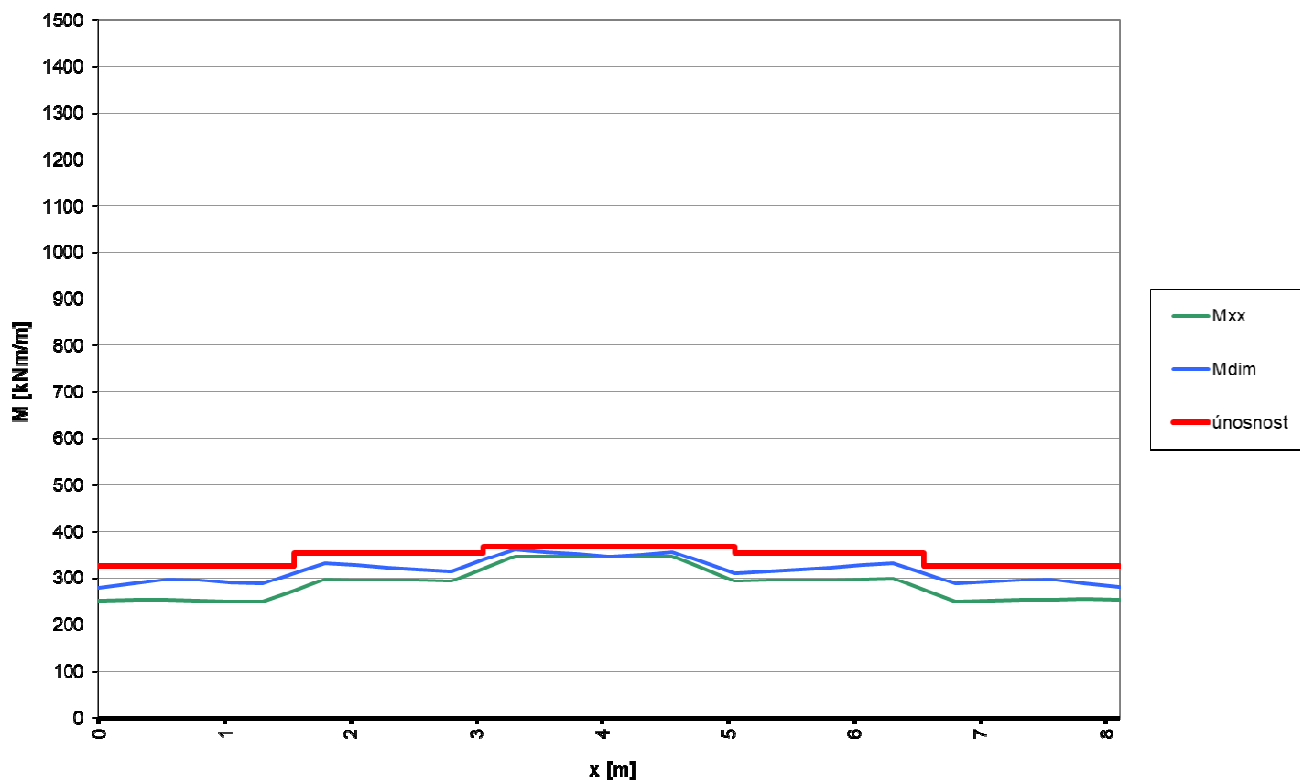
obr. 38 Vykrytí ohybových momentů – řez podp – P2 – dolní výztuž



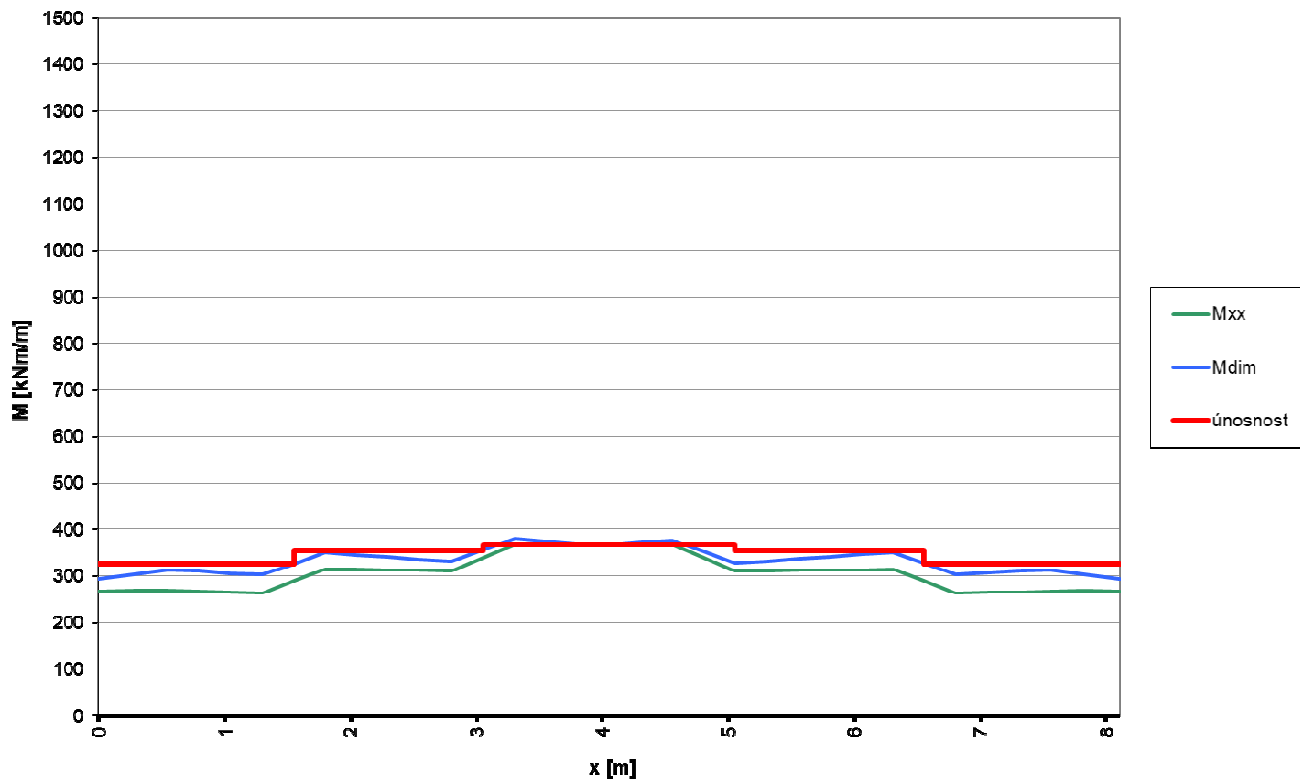
obr. 39 Vykrytí ohybových momentů – řez prech – P1 – horní výztuž



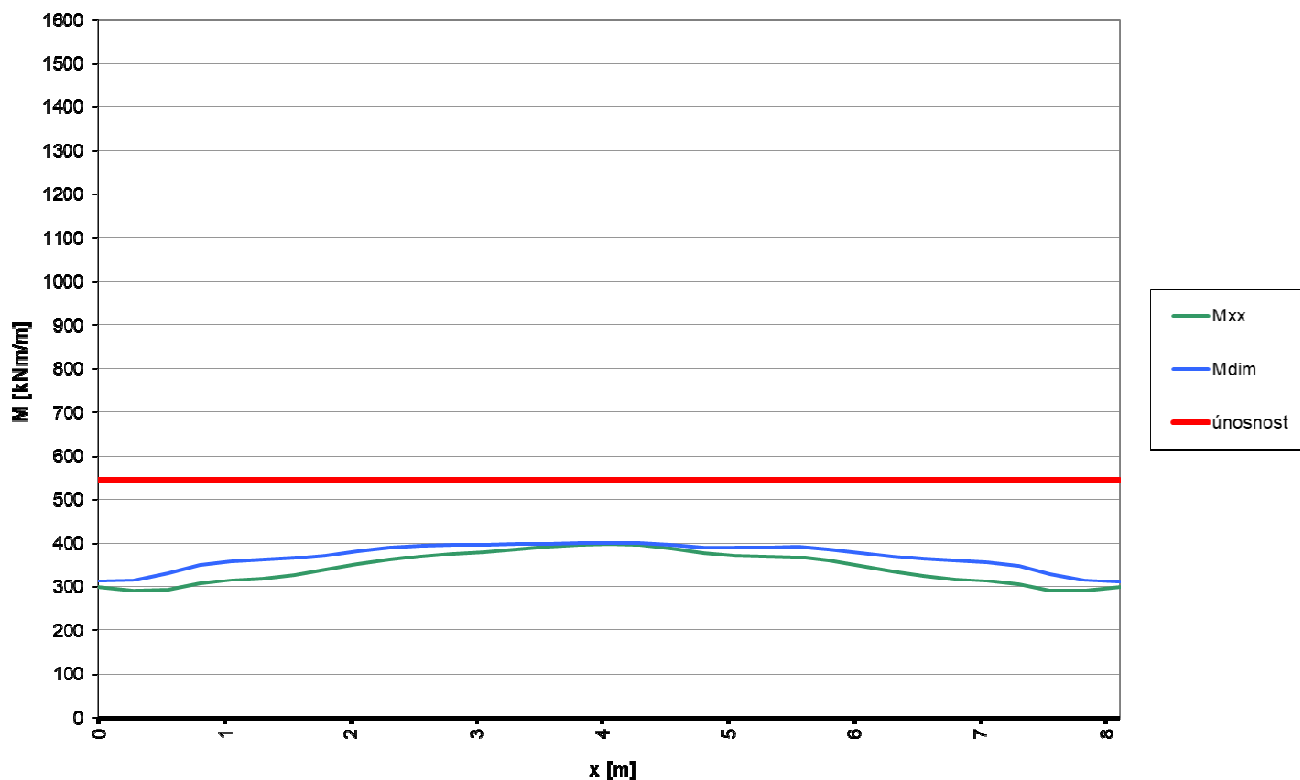
obr. 40 Vykrytí ohybových momentů – řez prech – P2 – horní výztuž



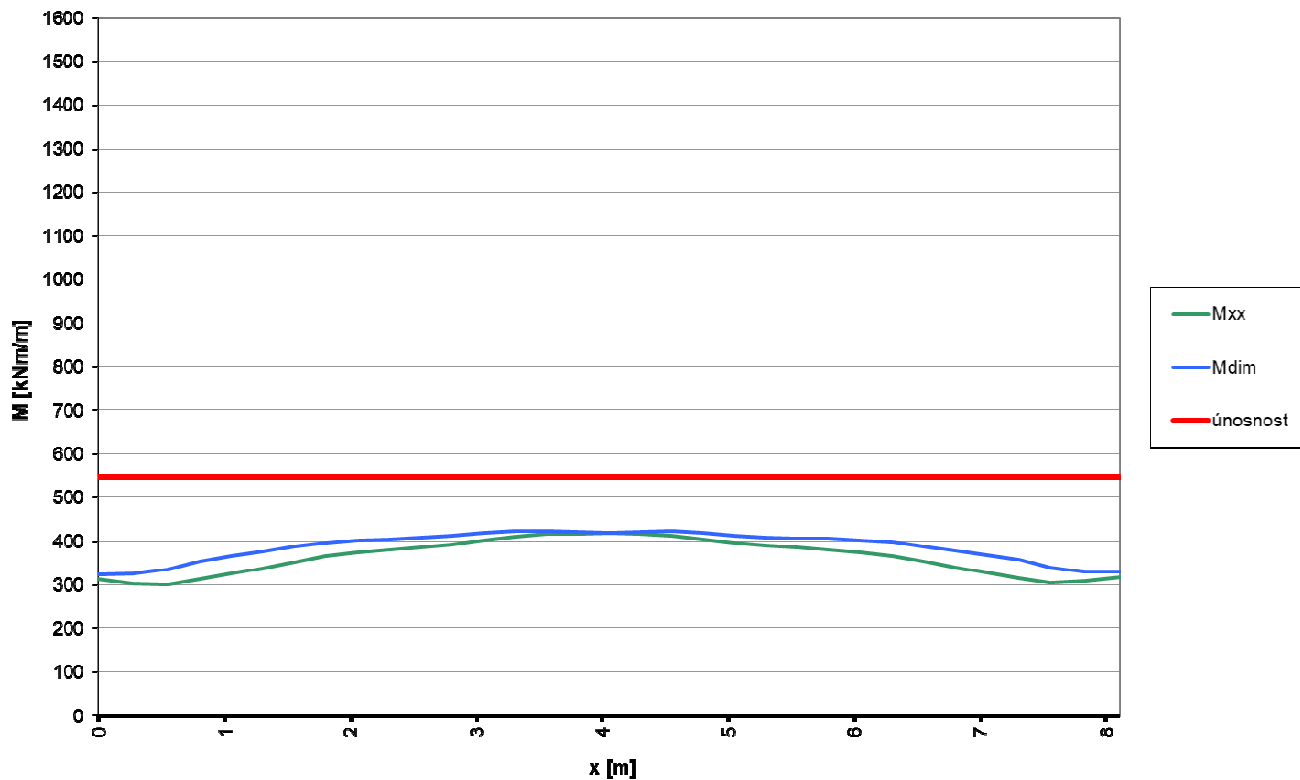
obr. 41 Vykrytí ohybových momentů – řez proch – P1 – dolní výztuž



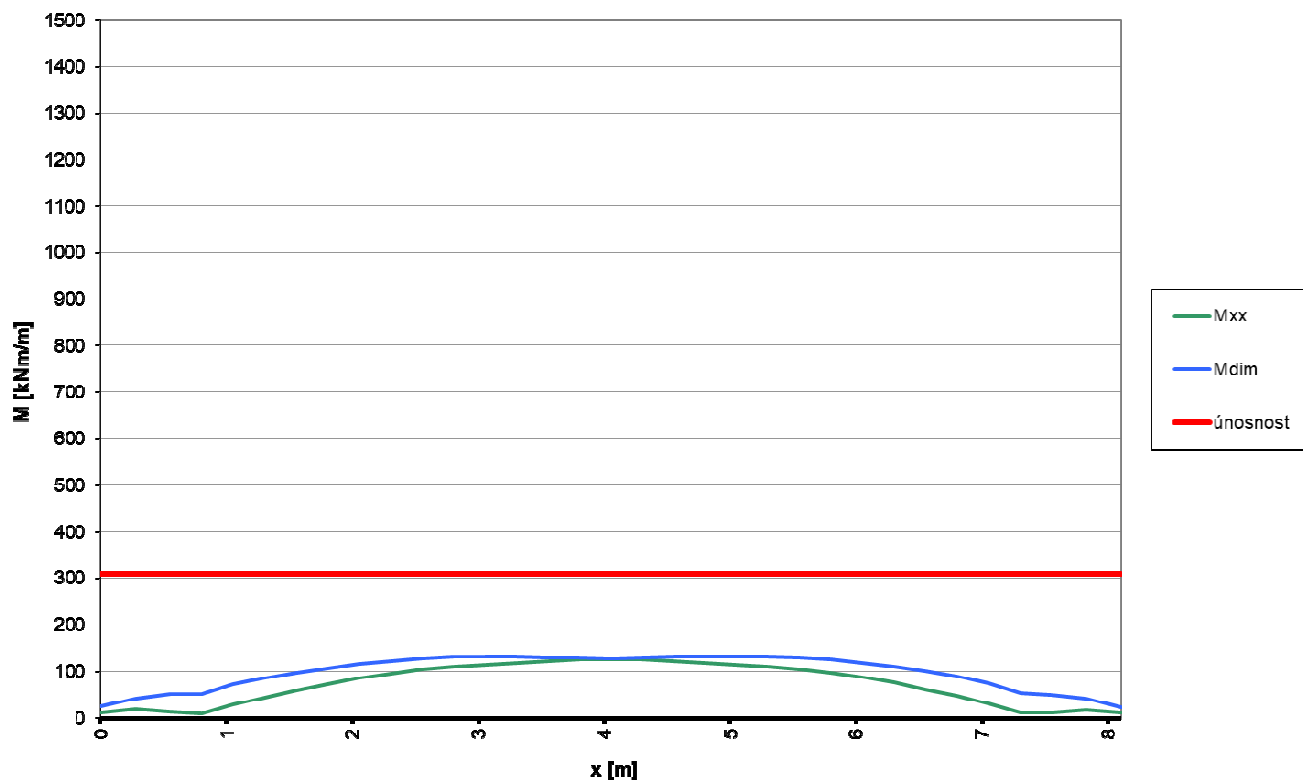
obr. 42 Vykrytí ohybových momentů – řez proch – P2 – dolní výztuž



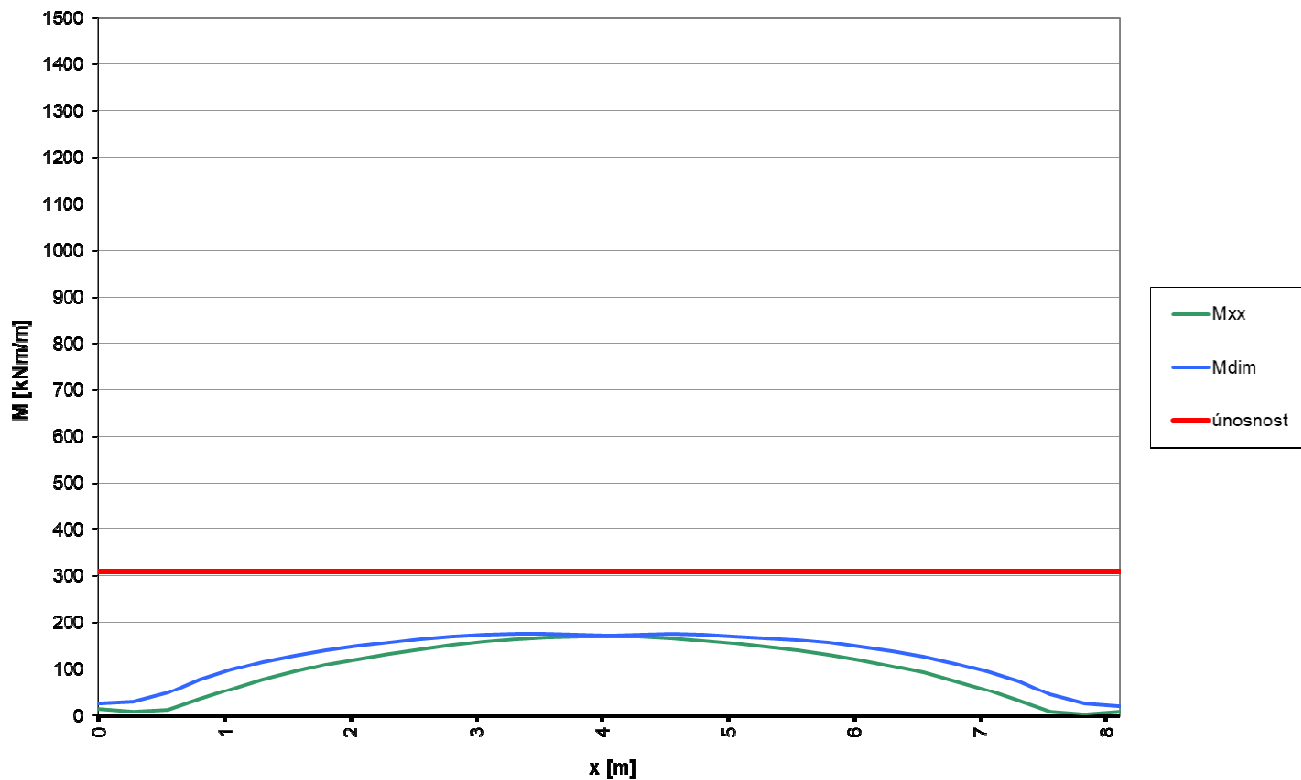
obr. 43 Vykrytí ohybových momentů – řez stoj-H – P1 – vnější výztuž



obr. 44 Vykrytí ohybových momentů – řez stoj-H – P2 – vnější výztuž



obr. 45 Vykrytí ohybových momentů – řez stoj-H – P1 – vnitřní výztuž



obr. 46 Vykrytí ohybových momentů – řez stoj-H – P2 – vnitřní výztuž

6.3 Posouzení rámové konstrukce mostu na smyk

6.3.1 Navržená výztuž

V průřezích rozhodujících pro výpočet smyku byla vypočítána únosnost bez smykové výztuže a porovnána s maximálními smykovými silami získanými z deskového modelu. Vzhledem k tomu, že tato smyková únosnost bez smykové výztuže u některých průřezů není dostatečná - průřezy **podp-d** a **podp-2d**, byla v těchto průřezích navržena smyková výztuž – spony Ø10/150x300 mm.

6.3.2 Výpočet smykové únosnosti

6.3.2.1 Průřezy bez smykové výztuže

Vyztužení průřezů podélnou výztuží pro účely posouzení bez smykové výztuže bylo uvažováno Ø25/150 mm.

Řez		podp-d	podp-d	podp-d	podp-2d	podp-2d	podp-2d
Zatížení		MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ
Zatížení							
V _{Ed}	kN	334	345	356	318	329	341
Geometrie							
b _w	m	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
h	m	0.818	0.868	0.918	0.747	0.797	0.847
d	m	0.731	0.781	0.831	0.659	0.709	0.759
Materiály a součinitele							
beton		C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
f _{ck}	MPa	35	35	35	35	35	35
γ _c	-	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
α _{cc}	-	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
f _{cd}	MPa	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
v = 0,6*(1-f _{ck} /250)	-	0.516	0.516	0.516	0.516	0.516	0.516
Smyková únosnost průřezu							
V _{Ed,V}	kN	334	345	356	318	329	341
C _{Rd,c}		0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
k		1.52	1.51	1.49	1.55	1.53	1.51
A _{sl}	m ²	3.27E-03	3.27E-03	3.27E-03	3.27E-03	3.27E-03	3.27E-03
ρ _l		0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.004
k ₁		0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
σ _{cp}	MPa	0	0	0	0	0	0
v _{min}		0.39	0.38	0.38	0.40	0.39	0.39
V _{Rd,c,min}	kN	284	299	313	264	278	293
V _{Rd,c}	kN	334	345	356	318	329	341
0,5b _w dv _{fcd}	kN	3960	4231	4501	3571	3842	4113
V _{Ed} ≤ min(V _{Rd,c} , 0,5b _w dv _{fcd})		OK	OK	OK	OK	OK	OK
V _{Ed} / min(V _{Rd,c} , 0,5b _w dv _{fcd})		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

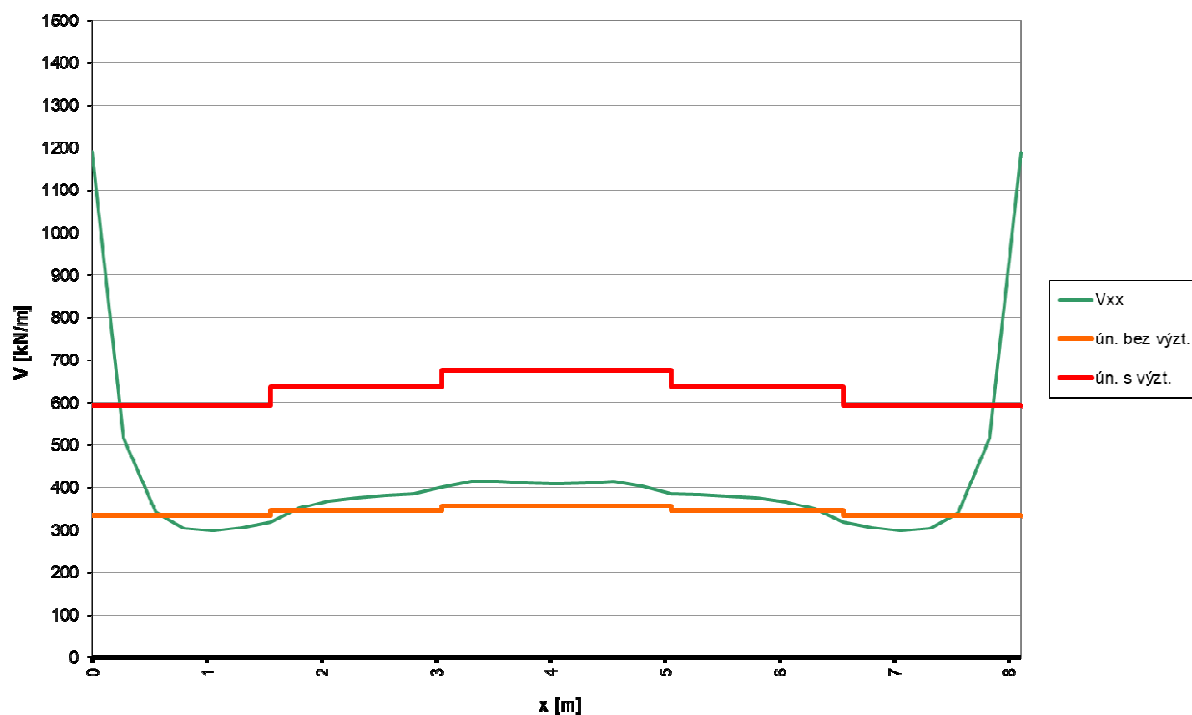
Řez		podp-2d	podp-2d	podp-2d	stoj-H
Zatížení		MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ
Zatížení					
V_{Ed}	kN	300	313	324	414
Geometrie					
b_w	m	1.000	1.000	1.000	1.000
h	m	0.675	0.725	0.775	1.200
d	m	0.588	0.638	0.688	1.113
Materiály a součinitele					
beton		C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
f_{ck}	MPa	35	35	35	35
γ_c	-	1.5	1.5	1.5	1.5
α_{cc}	-	0.90	0.90	0.90	0.90
f_{cd}	MPa	21.0	21.0	21.0	21.0
$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250)$	-	0.516	0.516	0.516	0.516
Smyková únosnost průřezu					
$V_{Ed,V}$	kN	300	313	324	414
$C_{Rd,c}$		0.12	0.12	0.12	0.12
k		1.58	1.56	1.54	1.42
A_{sl}	m ²	3.27E-03	3.27E-03	3.27E-03	3.27E-03
ρ_l		0.006	0.005	0.005	0.003
k_1		0.15	0.15	0.15	0.15
σ_{cp}	MPa	0	0	0	0
v_{min}		0.41	0.40	0.40	0.35
$V_{Rd,c,min}$	kN	242	257	272	391
$V_{Rd,c}$	kN	300	313	324	414
$0,5b_w d v_{f_{cd}}$	kN	3183	3454	3725	6028
$V_{Ed} \leq \min(V_{Rd,c}; 0,5b_w d v_{f_{cd}})$		OK	OK	OK	OK
$V_{Ed} / \min(V_{Rd,c}; 0,5b_w d v_{f_{cd}})$		1.000	1.000	1.000	1.000

6.3.2.2 Průřezy se smykovou výztuží

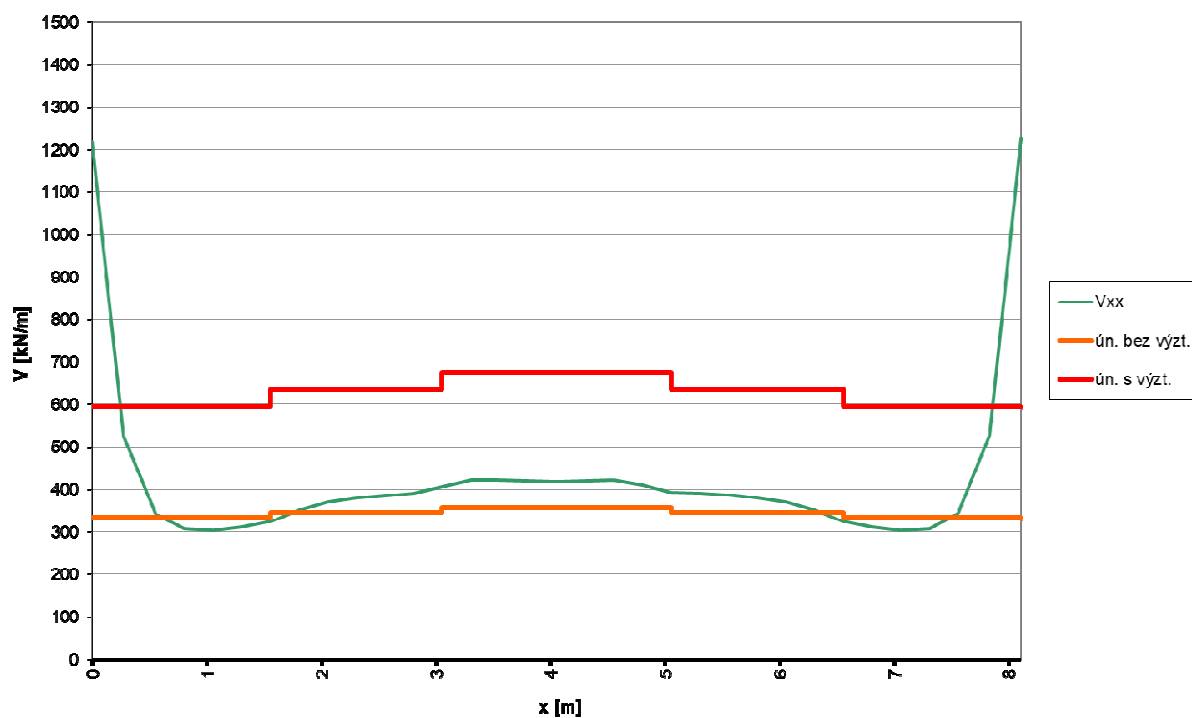
Rez		podp-d	podp-d	podp-d	podp-2d	podp-2d	podp-2d
Zatížení		MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ	MSÚ
Zatížení							
V _{Ed}	kN	594	635	676	536	577	617
Geometrie							
b _w	m	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
h	m	0.818	0.868	0.918	0.747	0.797	0.847
d	m	0.731	0.781	0.831	0.659	0.709	0.759
z	m	0.658	0.703	0.748	0.593	0.638	0.683
Materiály a součinitele							
beton		C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
f _{ck}	MPa	35	35	35	35	35	35
γ _c	-	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
α _{cc}	-	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
f _{cd}	MPa	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0	21.0
v = 0,6*(1-f _{ck} /250)	-	0.516	0.516	0.516	0.516	0.516	0.516
α _{cw}	-	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
ocel		B500B	B500B	B500B	B500B	B500B	B500B
f _{yk}	MPa	500	500	500	500	500	500
γ _s	-	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
f _{yd} =f _{ywd}	MPa	434.8	434.8	434.8	434.8	434.8	434.8
Únosnost tlakové diagonály							
θ	°	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0	40.0
cot θ	-	1.192	1.192	1.192	1.192	1.192	1.192
V _{Rd,max}	kN	3510	3750	3990	3165	3406	3646
Využití		0.17	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
Vyhovuje?		OK	OK	OK	OK	OK	OK
Výztuž na smyk							
α	°	90	90	90	90	90	90
d	mm	10	10	10	10	10	10
n	-	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
A _{sw,V}	mm ²	262	262	262	262	262	262
s	m	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
Posouzení smykové výztuže							
V _{Ed,V}	kN	594	635	676	536	577	617
V _{Rd,V}	kN	594	635	676	536	577	617
Vyhovuje?		OK	OK	OK	OK	OK	OK
V _{Ed} /V _{Rd}		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

6.3.3 Vykrytí smykových sil

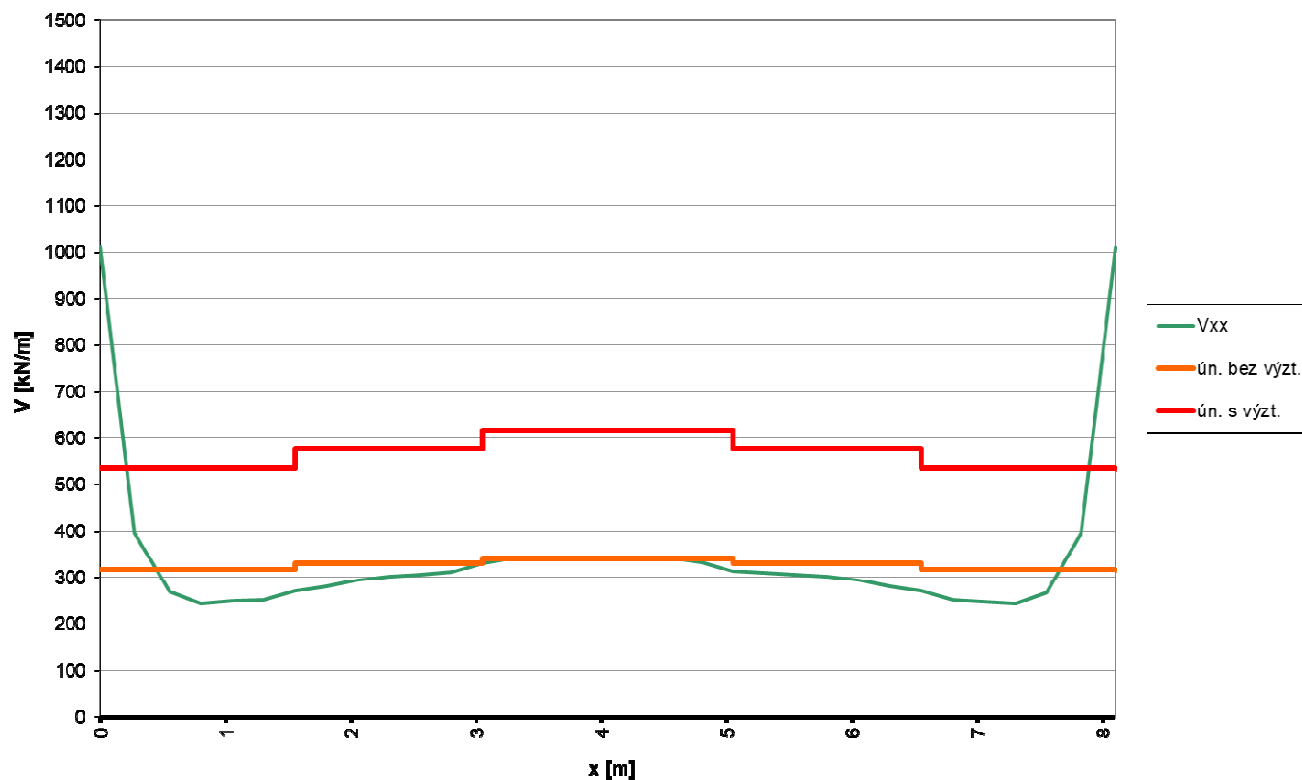
Špičky posouvajících sil vznikající na okrajích konstrukce jsou ve vykrytí smykových sil zanedbány – jedná se diskontinuity vzniklé způsobem modelování konstrukce.



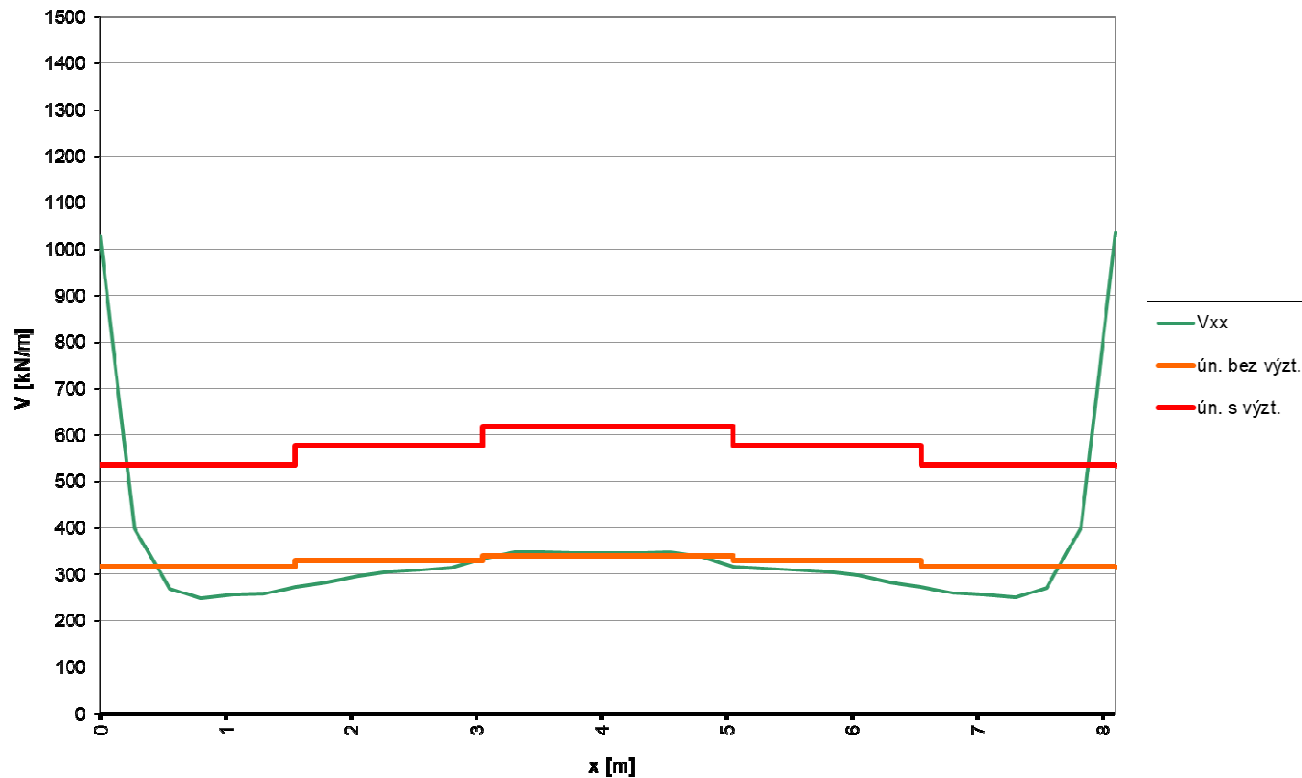
obr. 47 Vykrytí smykových sil – řez podp-d – P1



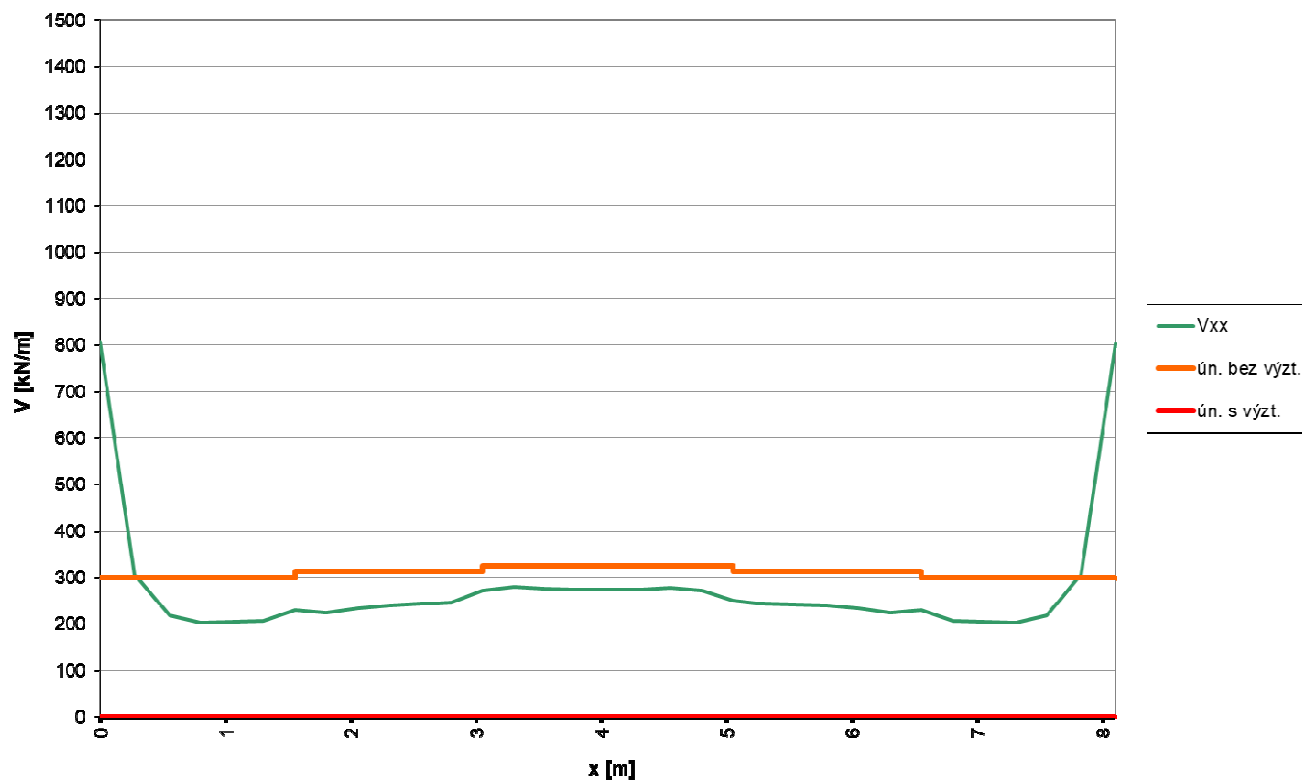
obr. 48 Vykrytí smykových sil – řez podp-d – P2



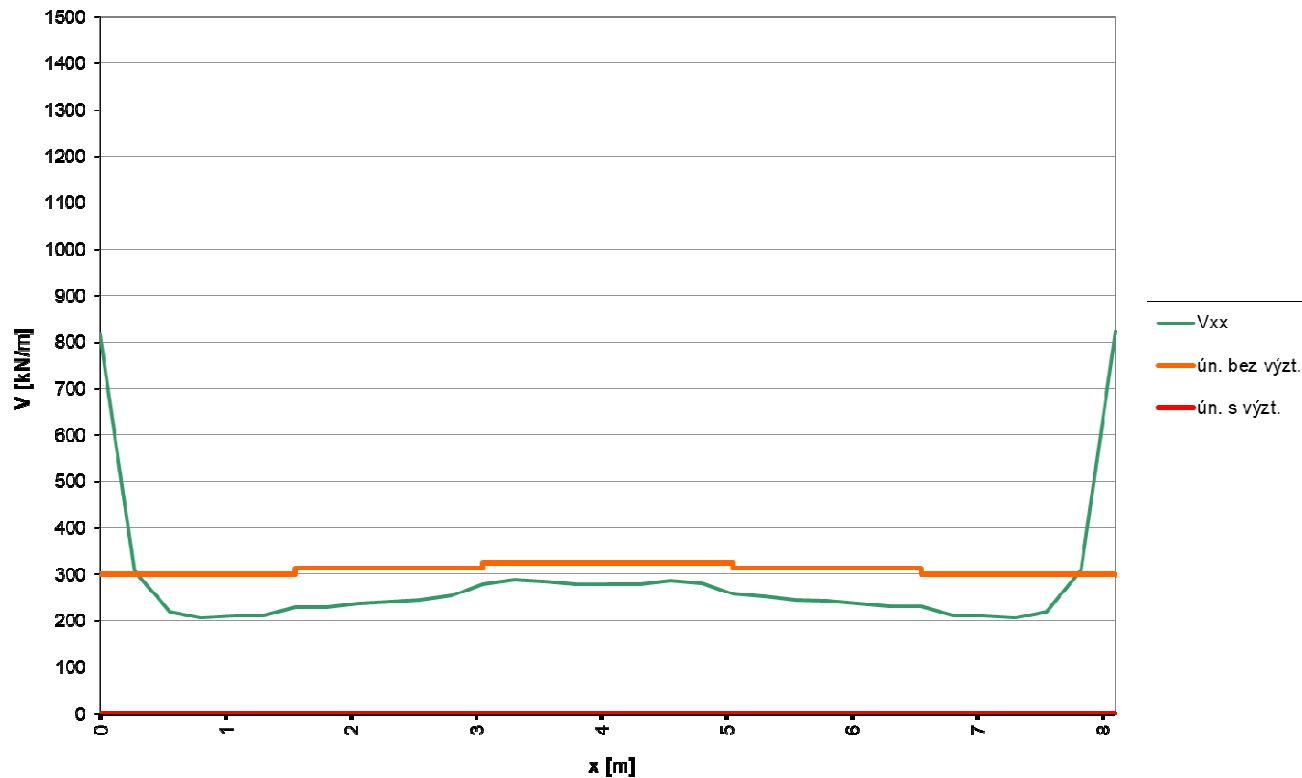
obr. 49 Vykrytí smykových sil – řez podp-2d – P1



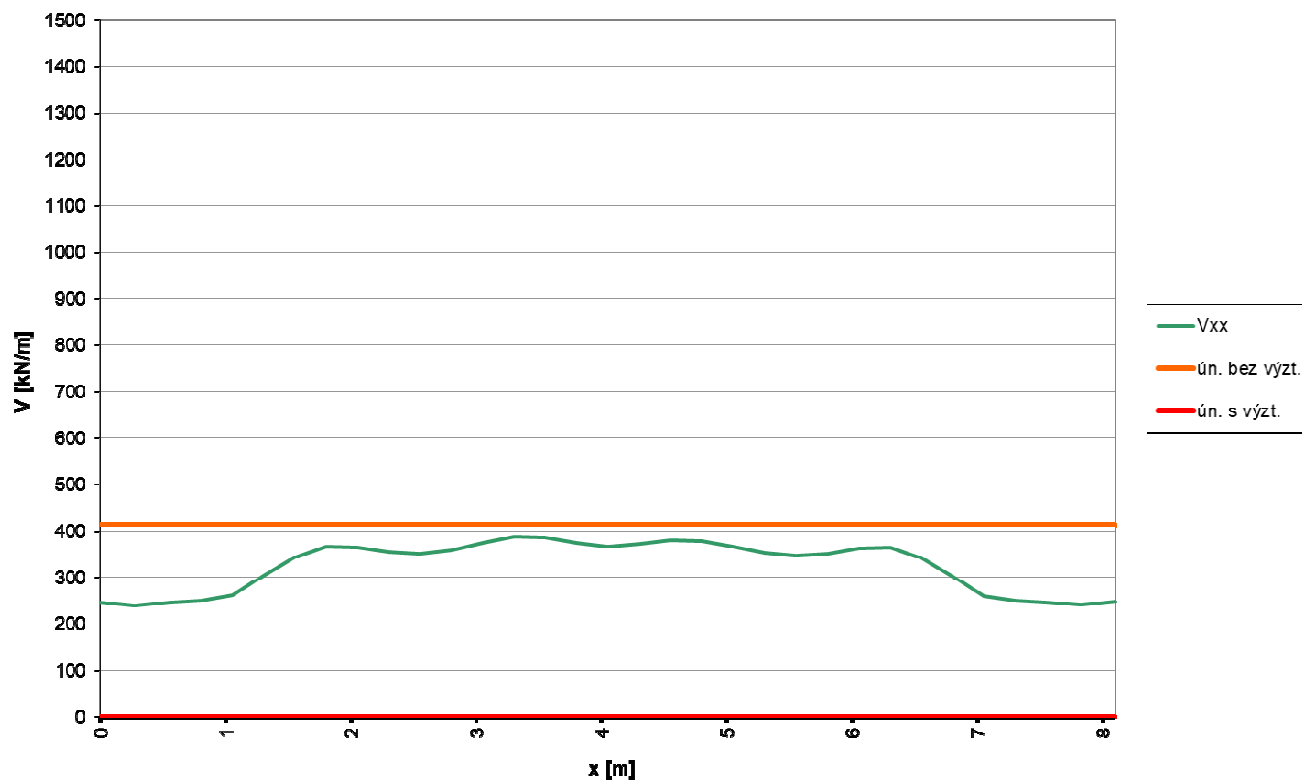
obr. 50 Vykrytí smykových sil – řez podp-2d – P2



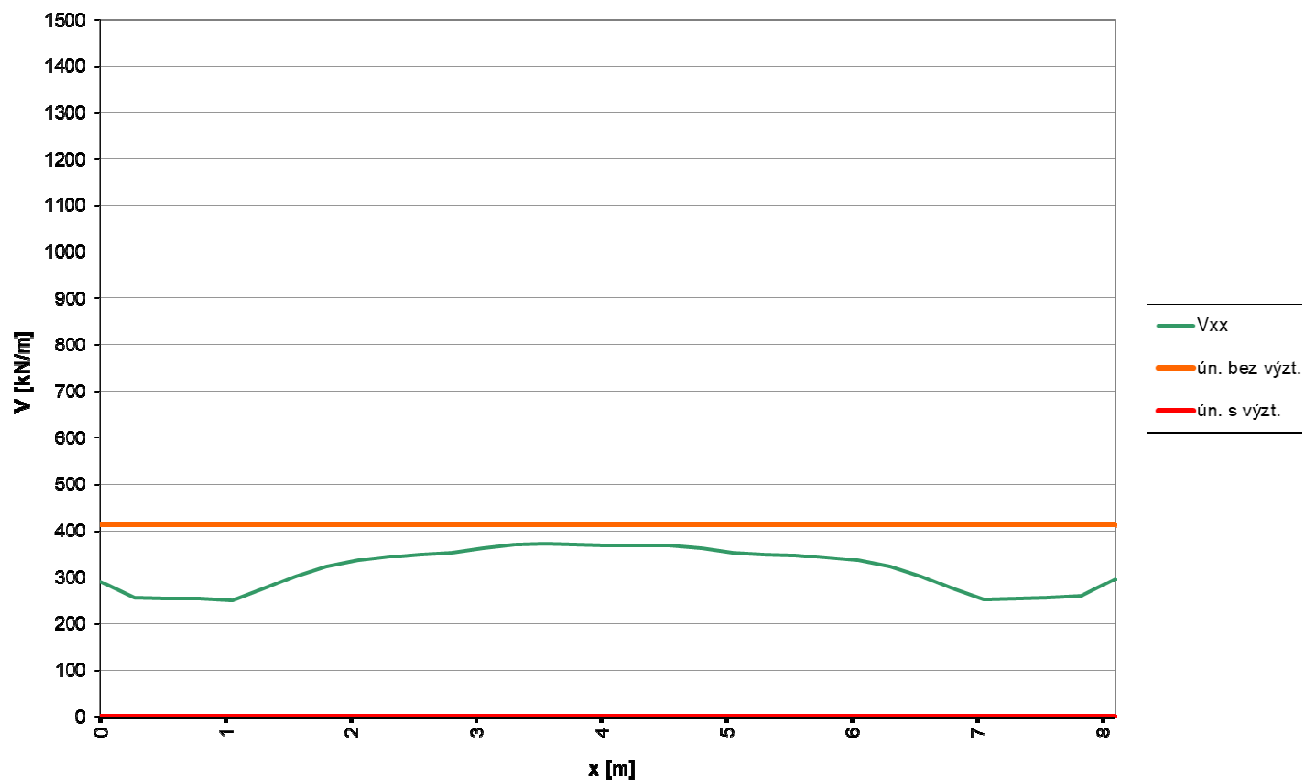
obr. 51 Vykrytí smykových sil – řez proch – P1



obr. 52 Vykrytí smykových sil – řez proch – P2



obr. 53 Vykrytí smykových sil – řez stoj-H – P1



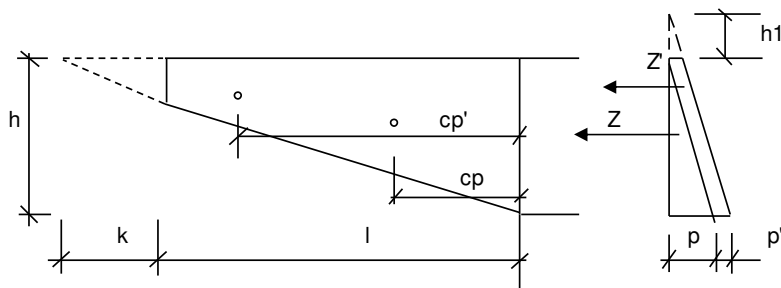
obr. 54 Vykrytí smykových sil – řez stoj-H – P2

7 Křídla

Křídla mostu byla posouzena na namáhání ohybovým momentem a na namáhání smykem, vše podle ČSN EN 1992. Křídla byla posouzena v nejvíce namáhaném řezu - vetknutí do rámové stojky.

7.1 Vstupní hodnoty

7.1.1 Geometrie a zatížení



Vstupní data:

		P1-L	P2-L	
výška křídla	$h=$	1.900	2.170	m
délka křídla	$l=$	2.500	3.000	m
tloušťka křídla	$d=$	0.600	0.600	m
doplň. dl. křídla	$k=$	1.818	1.752	m
výška useknuté části		0.800	0.800	m
objem. tíha násypu	$\gamma=$	21.0	21.0	kN/m ³
svislá síla LM1	$2 \cdot \alpha_Q Q_k=$	600	600	kN
roznášecí šířka	$a=$	3.00	3.00	m
roznášecí délka	$b=$	4.50	4.50	m
svislá síla UDL	$\alpha_Q q_k=$	9.0	9.0	kN/m ²

7.1.2 Vnitřní síly

Součinitele:

$Y_{G, sup}=$	1.35	ψ_0 pro TS =	0.75
$Y_Q=$	1.5	ψ_0 pro UDL =	0.4
$\xi=$	0.85	$\psi_2=$	0

Výpočet:

		P1-L	P2-L	
Zemní tlak	$\varphi=$	30.00	30.00	°
	$Ka = \tan^2(45^\circ - \varphi/2) =$	0.33	0.33	
	$p = Ka \cdot \gamma \cdot h =$	13.30	15.19	kN/m ²
	$Z = 0.5 \cdot (l+k) \cdot h \cdot p/3 =$	18.2	26.1	kN
	$cp = (l+k)/4 =$	1.08	1.19	m
	$Mg = Z \cdot cp =$	19.6	31.0	kNm
vozidlo TS	$p' = Ka \cdot LM1 / (a \cdot b) =$	14.81	14.81	kN/m ²
	$Z' = l \cdot (h1+h2) / 2 \cdot p' =$	50.0	66.0	kN
	$cp' =$	1.08	1.27	m
	$Mq = Z' \cdot cp' =$	54.0	83.8	kNm
rovnomměrné UDL	$p' = Ka \cdot \alpha_Q q_k =$	3.00	3.00	kN/m ²
	$Z' = l \cdot (h1+h2) / 2 \cdot p' =$	12.3	15.5	kN
	$cp' = (l+k)/3 =$	1.08	1.27	m
	$Mq = Z' \cdot cp' =$	13.3	19.6	kNm

Statický výpočet

Ohybové momenty [kNm]	P1-L	P2-L
6.10a	95	148
6.10b	123	191
návrhová max	123	191
charakteristická	87	134
kvazistálá	20	31
Posouvající síly [kN]	P1-L	P2-L
6.10a	88	119
6.10b	114	152
návrhová max	114	152
charakteristická	80	108
kvazistálá	18	26

7.1.3 Posuzované průřezy

Posuzovaný průřez		P1-L	P2-L	
kotevní délka	$l_{kot} =$	530	530	mm
šířka průřezu	$b =$	1500	1800	mm
výška průřezu	$h =$	600	600	mm
beton	třída	C35/45	C35/45	
navržená výztuž	$\varnothing =$	16	16	mm
rozteč	$s =$	150	150	mm
počet prutů	$n =$	10	12	mm
plocha výztuže	$A_s =$	2011	2413	mm ²
plocha výztuže na 1 m	$A_{s,1m} =$	1340	1340	mm ²
	$d'_s =$	80	80	mm
účinná výška výztuže	$d_s =$	520	520	mm

7.2 Posouzení

7.2.1 Posouzení na ohyb - mezní stav únosnosti - návrhová kombinace

Řez		P1-L	P2-L
Zatížení		MSÚ	MSÚ
Zatížení			
N_{Ed}	kN	0	0
M_{Ed}	kNm	123	191
Geometrie			
b_w	mm	1500	1800
h	mm	600	600
Materiály a součinitele			
beton		C35/45	C35/45
f_{ck}	MPa	35	35
α_{cc}	-	0.90	0.90
f_{yk}	MPa	500	500
γ_c		1.5	1.5
γ_s		1.15	1.15
f_{cd}	MPa	21.0	21.0
f_{yd}	MPa	435	435
λ	-	0.8	0.8
η	-	1.00	1.00
β	-	1.00	1.00
ε_{cu3}	-	3.50	3.50
Předpínací a betonářská výztuž			
A_s	mm ²	2011	2413
d_s	mm	520	520
Ohybová únosnost			
x	mm	35	35
ε_s	‰	49.0	49.0
kontrola ε_s		OK	OK
M_{Rd}	kNm	442	531
M_{Ed} ≤ M_{Rd}		OK	OK
M_E/M_{Rd}		0.279	0.359

Průřez křídel a výztuž navržená v nich vyhoví při posouzení na ohyb v mezním stavu únosnosti při návrhové kombinaci.

7.2.2 Posouzení na ohyb - omezení napětí - charakteristická kombinace

Řez		P1-L	P2-L
Zatížení		CHAR	CHAR
Zatížení			
M_{Ed}	kNm	87	134
Geometrie			
b	mm	1500	1800
h	mm	600	600
W_h	m ³	0.0900	0.1080
W_d	m ³	0.0900	0.1080
Materiály a součinitele			
Beton		C35/45	C35/45
Výztuž		B500B	B500B
f_{ck}	MPa	35.0	35.0
f_{ctm}	MPa	3.2	3.2
f_{yk}	MPa	500.0	500.0
E_{cm}	GPa	34.0	34.0
E_{c,eff}	GPa	13.3	13.3
E_s	GPa	200.0	200.0
α_e	-	15.0	15.0
Napětí v průřezu bez trhliny			
σ_h	MPa	-0.966	-1.245
σ_d	MPa	0.966	1.245
f_{ctm}	MPa	3.2	3.2
max(σ_h, σ_d) ≥ f_{ctm}		NE	NE
Napětí v průřezu s trhlinou v tažené části			
d'_{s,t}	mm	80	80
d_{s,t}	mm	520	520
A_s	mm ²	2011	2413
d'_{s,c}	mm	0	0
A_{s,c}	mm ²	0	0
x	mm	125.9	125.9
l_i	mm	5.7E+09	6.8E+09
σ_{c,c}	MPa	1.9	2.5
σ_{s,t}	MPa	90.5	116.6
σ_{s,c}	MPa	0.0	0.0
k₁f_{ck}	MPa	21	21
k₃f_{yk}	MPa	400	400
σ_{c,c} ≤ k₁f_{ck}; σ_{s,t} ≤ k₃f_{yk}		OK	OK
max σ/k*f		0.226	0.291

Průřez křídel a výztuž navržená v nich vyhoví při posouzení na ohyb v mezním stavu použitelnosti – omezení napětí při charakteristické kombinaci.

7.2.3 Posouzení na ohyb - mezní stav použitelnosti - omezení trhlin - kvazistálá kombinace

Napětí v průřezu s trhlinou

Rez		P1-L	P2-L
Zatížení		KVAZ	KVAZ
Zatížení			
M _{Ed}	kNm	20	31
Geometrie			
b	mm	1500	1800
h	mm	600	600
W _h	m ³	0.0900	0.1080
W _d	m ³	0.0900	0.1080
Materiály a součinitele			
Beton		C35/45	C35/45
Výztuž		B500B	B500B
f _{ck}	MPa	35.0	35.0
f _{ctm}	MPa	3.2	3.2
f _{yk}	MPa	500.0	500.0
E _{cm}	GPa	34.0	34.0
E _{c,eff}	GPa	13.3	13.3
E _s	GPa	200.0	200.0
α _e	-	15.0	15.0
Napětí v průřezu bez trhliny			
σ _h	MPa	-0.218	-0.287
σ _d	MPa	0.218	0.287
f _{ctm}	MPa	3.2	3.2
max(σ _h , σ _d) ≥ f _{ctm}		NE	NE
Napětí v průřezu s trhlinou v tažené části			
d' _{s,t}	mm	80	80
d _{s,t}	mm	520	520
A _s	mm ²	2011	2413
d' _{s,c}	mm	0	0
A _{s,c}	mm ²	0	0
x	mm	126	126
I _i	mm	5.7E+09	6.8E+09
σ _{c,c}	MPa	0.4	0.6
σ _{s,t}	MPa	20.4	26.9
σ _{s,c}	MPa	0.0	0.0
k ₁ f _{ck}	MPa	21	21
k ₃ f _{yk}	MPa	400	400
σ _{c,c} ≤ k ₁ f _{ck} ; σ _{s,t} ≤ k ₃ f _{yk}		OK	OK
max σ/k*f		0.051	0.067

Výpočet šířky trhlin

Rez		P1-L	P2-L
Kombinace		KVAZ	KVAZ
Materiály			
třída betonu		C35/45	C35/45
E_{cm}	MPa	34000	34000
$E_{c,eff}$	MPa	13333	13333
$f_{ctm} = f_{ct,eff}$	MPa	3.20	3.20
třída výztuže		B500B	B500B
E_s	MPa	200000	200000
α_e	-	5.88	5.88
Betonářská výztuž			
\emptyset	mm	16	16
n_s	ks	10	12
d'	mm	72	72
d	mm	520	520
A_s	mm ²	2011	2413
σ_s	MPa	20	27
Předpínací výztuž			
A_p	mm ²	0	0
Průřezové charakteristiky			
h	mm	600	600
x	mm	126	126
$h-x$	mm	474	474
$h_{c,eff}$	mm	158	158
b	mm	1500	1800
$A_{c,eff}$	mm ²	237055	284466
Maximální vzdálenost trhlin			
k_1	-	0.8	0.8
k_2	-	0.5	0.5
k_3	-	1.680	1.680
k_4	-	0.425	0.425
$\rho_{p,eff}$	-	0.008	0.008
$s_{r,max}$	mm	442	442
Šířka trhlin			
k_t	-	0.4	0.4
$\epsilon_{sm}-\epsilon_{cm}$	-	6.13E-05	8.07E-05
w_k	mm	0.027	0.036
$w_{k,max}$	mm	0.200	0.200
$w_k < w_{k,max}$		OK	OK
$w_k / w_{k,max}$		0.135	0.178

Průřez křídel a výztuž navržená v nich vyhoví při posouzení na ohyb v mezním stavu použitelnosti – omezení trhlin při kvazistálé kombinaci.

7.2.4 Posouzení na smyk - průřezy bez smykové výztuže

Rez		P1-L	P2-L
Zatížení		MSU	MSU
Zatížení			
V_{Ed}	kN	114	152
Geometrie			
b_w	m	1.500	1.800
h	m	0.600	0.600
d	m	0.520	0.520
Materiály a součinitele			
beton		C35/45	C35/45
f_{ck}	MPa	35	35
γ_c	-	1.5	1.5
α_{cc}	-	0.90	0.90
f_{cd}	MPa	21.0	21.0
$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck}/250)$	-	0.516	0.516
Smyková únosnost průřezu			
$V_{Ed,V}$	kN	114	152
$C_{Rd,c}$		0.12	0.12
k		1.62	1.62
A_{sl}	m ²	2.01E-03	2.41E-03
ρ_l		0.003	0.003
k_1		0.15	0.15
σ_{cp}	MPa	0	0
V_{min}		0.43	0.43
$V_{Rd,c,min}$	kN	333	400
$V_{Rd,c}$	kN	333	400
$0,5b_w d v_{fd}$	kN	4226	5071
$V_{Ed} \leq \min(V_{Rd,c}; 0,5b_w d v_{fd})$		OK	OK
$V_{Ed} / \min(V_{Rd,c}; 0,5b_w d v_{fd})$		0.343	0.381

Průřez křídel vyhoví při posouzení na smyk – posouzení bez smykové výztuže.

8.2 Posouzení konstrukčních zásad

8.2.1 Piloty

$$A_c = \pi \cdot 0,9^2 / 4 = 0,6362 \text{ m}^2$$

$$A_s = 10 \cdot 8,04 = 80,4 \text{ cm}^2 > A_{s,\min} = 25 \text{ cm}^2 \quad \dots \text{OK}$$

8.2.2 Rámová konstrukce mostu

Řez		pole-dol	pole-dol	pole-dol	podp-hor	podp-hor	podp-hor	podp-dol	podp-dol	podp-dol
Průřez										
b_t	mm	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
h	mm	675	725	775	890	940	990	890	940	990
Materiály a součinitele										
beton		C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
f_{ck}	MPa	35	35	35	35	35	35	35	35	35
f_{ctm}	MPa	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
f_{yk}	MPa	500	500	500	500	500	500	500	500	500
Nosná výztuž										
$\emptyset_{s,t}$	mm	28	28	28	25	25	25	20	20	20
$n_{s,t}$	ks	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667
$A_{s,t}$	mm ²	4105	4105	4105	3272	3272	3272	2094	2094	2094
d_1	mm	89	89	89	88	88	88	85	85	85
d	mm	586	636	686	803	853	903	805	855	905
$\emptyset_{s,c}$	mm				20	20	20	25	25	25
$n_{s,c}$	ks				6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667
$A_{s,c}$	mm ²				2094	2094	2094	3272	3272	3272
d_2	mm				85	85	85	88	88	88
Minimální a maximální plocha nosné výztuže dle ČSN EN 1992-1-1, čl. 9.2.1.1										
$A_{s,t}$	mm ²	4105	4105	4105	3272	3272	3272	2094	2094	2094
$A_{s,t,\min}$	mm ²	975	1058	1142	1335	1419	1502	1340	1423	1506
$A_{s,c+t,\max}$	mm ²	4105	4105	4105	5367	5367	5367	5367	5367	5367
$A_{s,c+t,\max}$	mm ²	27000	29000	31000	35600	37600	39600	35600	37600	39600
$A_{s,\min} \leq A_s \leq A_{s,\max}$		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Smyková výztuž										
α	°				90	90	90	90	90	90
d	mm				10	10	10	10	10	10
n	-				3.33	3.33	3.33	3.33	3.33	3.33
$A_{sw,V}$	mm ²				263	263	263	263	263	263
s	mm				150	150	150	150	150	150
Minimální stupeň smykového vyztužení dle ČSN EN 1992-1-1, čl. 9.2.2										
b_w	mm				1000	1000	1000	1000	1000	1000
ρ_w	-				0.001756	0.001756	0.001756	0.001756	0.001756	0.001756
$\rho_{w,\min}$	-				0.000947	0.000947	0.000947	0.000947	0.000947	0.000947
$\rho_w \geq \rho_{w,\min}$					OK	OK	OK	OK	OK	OK

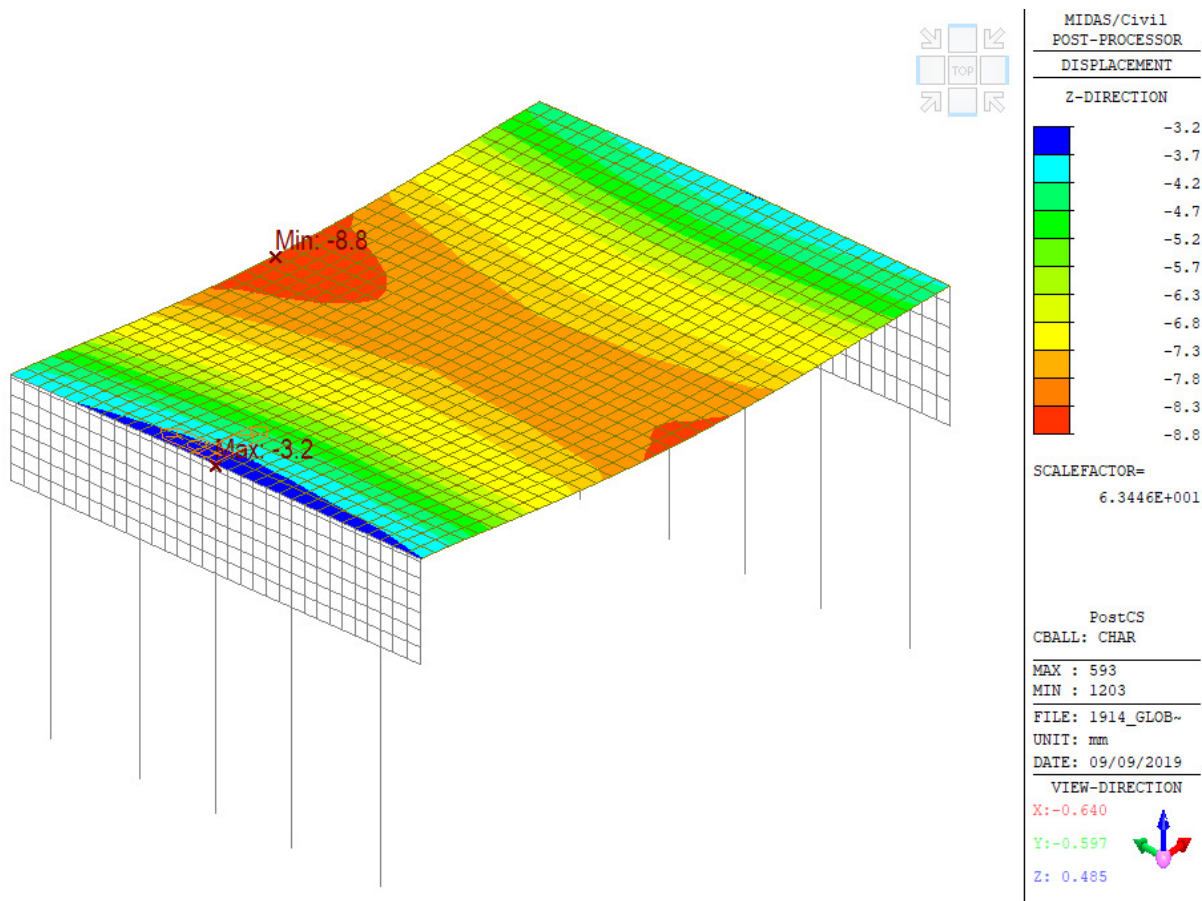
Řez		prech-hor	prech-hor	prech-hor	prech-dol	prech-dol	prech-dol	stoj-H-out	stoj-H-in
Průřez									
b_t	mm	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
h	mm	675	725	775	675	725	775	1200	1200
Materiály a součinitele									
beton		C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45	C35/45
f_{ck}	MPa	35	35	35	35	35	35	35	35
f_{ctm}	MPa	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
f_{yk}	MPa	500	500	500	500	500	500	500	500
Nosná výztuž									
$\emptyset_{s,t}$	mm	18	18	18	25	25	25	25	20
$n_{s,t}$	ks	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667
$A_{s,t}$	mm ²	1696	1696	1696	3272	3272	3272	3272	2094
d_1	mm	84	84	84	88	88	88	88	85
d	mm	591	641	691	588	638	688	1113	1115
$\emptyset_{s,c}$	mm	25	25	25	18	18	18	20	25
$n_{s,c}$	ks	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667	6.667
$A_{s,c}$	mm ²	3272	3272	3272	1696	1696	1696	2094	3272
d_2	mm	88	88	88	84	84	84	85	88
Minimální a maximální plocha nosné výztuže dle ČSN EN 1992-1-1, čl. 9.2.1.1									
$A_{s,t}$	mm ²	1696	1696	1696	3272	3272	3272	3272	2094
$A_{s,t,min}$	mm ²	983	1067	1150	978	1061	1144	1851	1855
$A_{s,c+t,max}$	mm ²	4969	4969	4969	4969	4969	4969	5367	5367
$A_{s,c+t,max}$	mm ²	27000	29000	31000	27000	29000	31000	48000	48000
$A_{s,min} \leq A_s \leq A_{s,max}$		OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK

8.2.3 Křídla

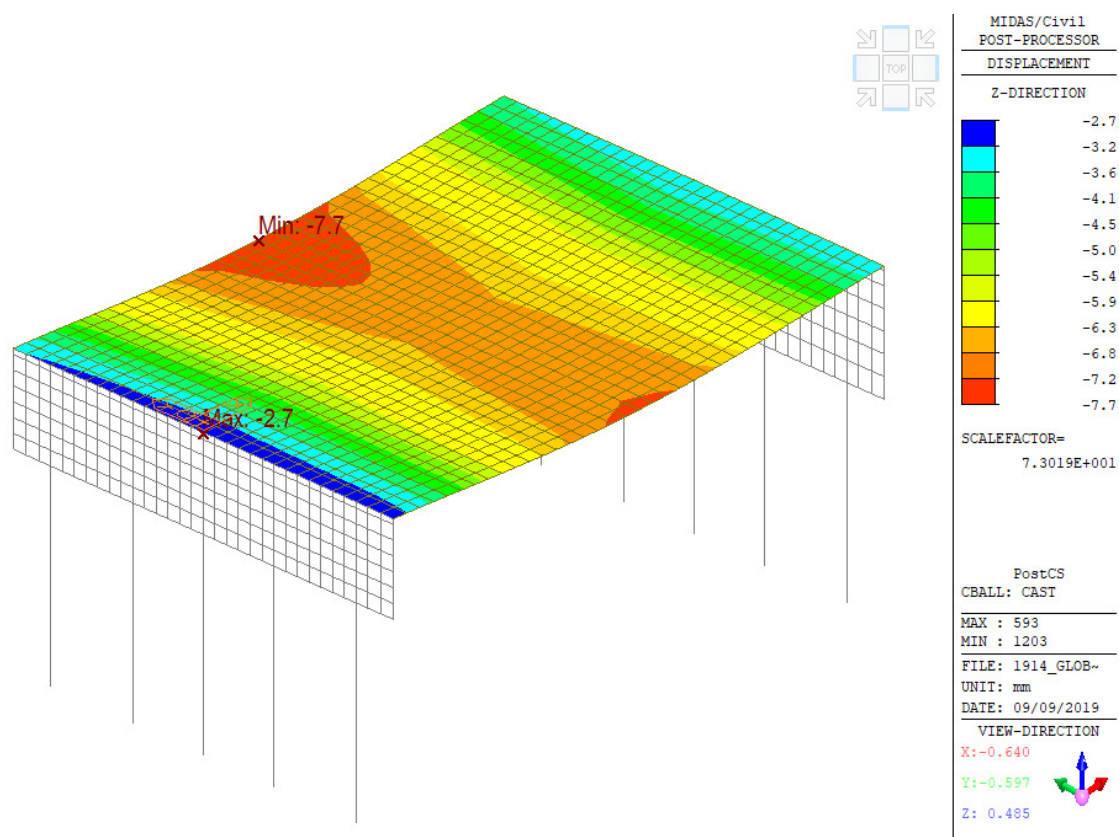
Řez		P1-L	P2-L
Průřez			
b_t	mm	1500	1800
h	mm	600	600
Materiály a součinitele			
beton		C35/45	C35/45
f_{ck}	MPa	35	35
f_{ctm}	MPa	3.2	3.2
f_{yk}	MPa	500	500
Nosná výztuž			
$\emptyset_{s,t}$	mm	16	16
$n_{s,t}$	ks	10	12
$A_{s,t}$	mm ²	2011	2413
d_1	mm	80	80
d	mm	520	520
$\emptyset_{s,c}$	mm	12	12
$n_{s,c}$	ks	10	12
$A_{s,c}$	mm ²	1131	1357
d_2	mm	70	70
Minimální a maximální plocha nosné výztuže			
$A_{s,t}$	mm ²	2011	2413
$A_{s,t,min}$	mm ²	1298	1558
$A_{s,c+t,max}$	mm ²	3142	3770
$A_{s,c+t,max}$	mm ²	36000	43200
$A_{s,min} \leq A_s \leq A_{s,max}$		OK	OK

9 Deformace konstrukce

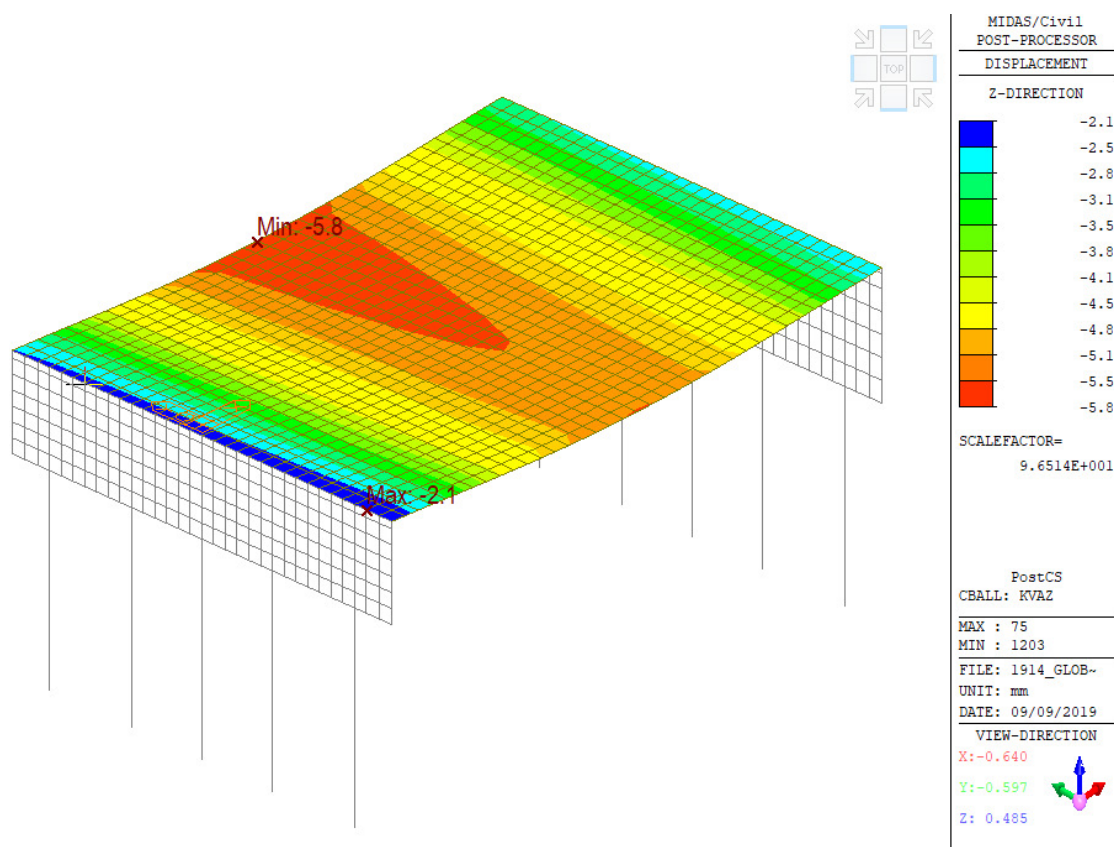
Na následujících obrázcích jsou zobrazeny svislé deformace rámové příčle vzaté z deskového výpočetního modelu v programu MIDAS/Civil od charakteristické, časté a kvazistálé kombinace zatížení. Deformace zahrnují deformaci pilot vycházející z jejich tuhosti zadané do modelu. Model neuvažuje změnu tuhostí průřezů s ohledem na vznik trhlin v železobetonových prvcích (uvažuje nepotrhaný průřez).



obr. 57 Deformace konstrukce – charakteristická kombinace



obr. 58 Deformace konstrukce - častá kombinace



obr. 59 Deformace konstrukce – kvazistálá kombinace

10 Závěr

Statickým výpočtem byly navrženy a ověřeny všechny rozhodující prvky mostu (piloty, rámová konstrukce mostu – stojky a příčel, křídla).

Na základě výsledků statického výpočtu konstatujeme, že navržená konstrukce mostu vyhovuje všem platným citovaným normám a předpisům.

V Mostě, srpen 2019

Ing. Petr Šedivý