

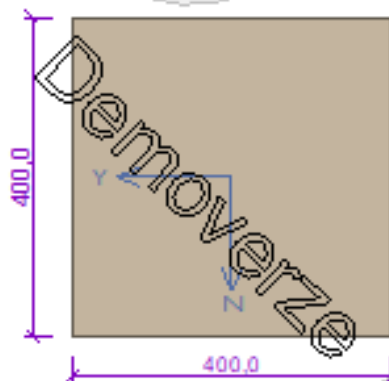
1 Vazník 1 - x = 0 m

1.1 Vstupní data

Typ prvku: nosník

Prostředí: XC1

Průřez



Materiály

Beton: C 30/37

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 30,0$ MPa

Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,9$ MPa

Modul pružnosti $E_{cm} = 33000$ MPa

Ocel podélná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa

Modul pružnosti $E_s = 200000$ MPa

Ocel příčná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa

Modul pružnosti $E_s = 200000$ MPa

Vnitřní síly - základní návrhová (MSÚ)

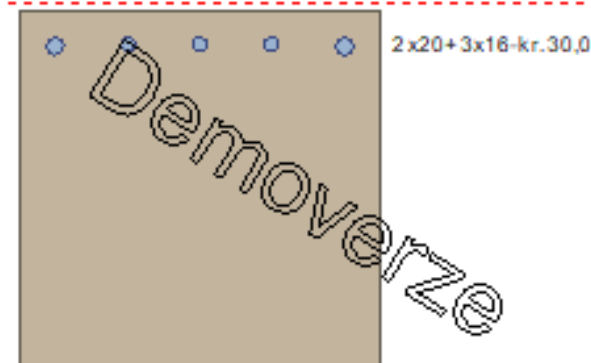
č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	-212,03	-169,81	121,30	1,000

Vnitřní síly - charakteristická (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 2	-152,62	-122,15	1,000

Podélná výztuž

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
2	20	30,0	horní výztuž
3	16	30,0	horní výztuž



S tlačnou výztuží není počítáno.

Smyková výztuž

Obvodové třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm

Spony, vnitřní třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm; Střihy: 1

Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(20; 10; 10) = 20$ mm

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 20 + 10 = 30 \text{ mm}$$

1.2 Výsledky

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 167 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 200 \text{ mm}$; $z_t = 207,2 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 2,32 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$; $I_z = 2,25 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = -8,84 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^3$

1: **Zat. případ 1** - základní návrhová

$N = -212,03 \text{ kN}$; $M_y = -169,81 \text{ kNm}$; $V_z = 121,30 \text{ kN}$

Podrobné posouzení TLAK A OHYB: Zat. případ 1

Výpočet minimální excentricity

$e_0 = \max(h / 30; 0,02) = \max(0,4 / 30; 0,02) = \max(0,0133; 0,02) = 0,02 \text{ m}$

$M_{0Edy} = \min(M_y; -(e_0 \times |N_{Ed}|)) = \min(-169,8; -(0,02 \times |-212|)) = \min(-169,8; -4,241) = -169,8 \text{ kNm}$

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$\rho_{s,t} = A_{s,t} / (b_t \times d) = 1\,232 / (400 \times 361) = 0,00853$

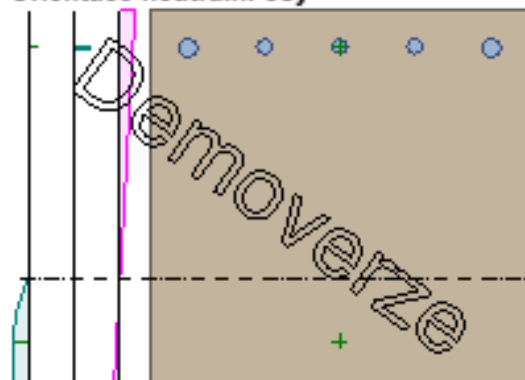
$\rho_s = A_s / A_c = 1\,232 / 160 \cdot 10^3 = 0,0077$

$\rho_{s,min} = \max(0,26 \times f_{ctm} / f_{yk}; 0,0013) = \max(0,26 \times 2,9 / 500; 0,0013) = \max(0,00151; 0,0013) = 0,00151$

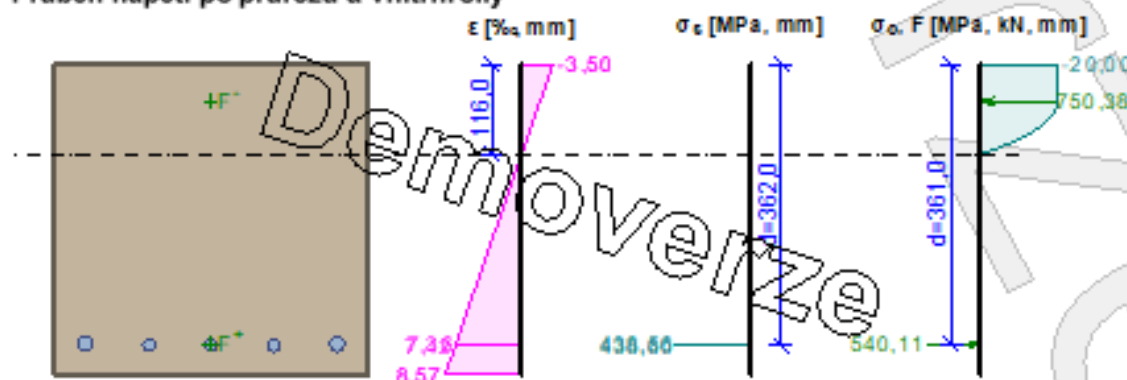
$\rho_{s,t} = 0,00853 \geq \rho_{s,min} = 0,00151 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

$\rho_s = 0,0077 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Orientace neutrální osy



Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vlákních průřezu

Nejmenší deformace v betonu: $-3,50 \text{ ‰}$

Největší deformace v betonu: 8,57 ‰
Nejmenší deformace ve výztuži: 7,36 ‰
Největší deformace ve výztuži: 7,42 ‰
Směr neutrálné osy: 180,00 °
Výška tlačené části průřezu: $x = 116,0$ mm
Efektivní výška průřezu: $d = 362,0$ mm

$\xi = 0,32 \leq \xi_{\max} = 0,58 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

$N_{Ed} = -212,03$ kN $\leq N_{Rd} = -3200,00$ kN

$M_{Edy} = -169,81 \leq M_{Rdy} = -200,94$ kNm

Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 84,5 %

Podrobné posouzení SMYK: Zat. případ 1

Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$\rho_w = A_{sw} / b_w / s + A_{sw} / b_w / s = 50,27 / 400 / 150 + 100,5 / 400 / 150 = 0,00251$

$\rho_{w,\min} = 80 \times \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 80 \times \sqrt{30} / 500 = 0,000876$

$\rho_{w,\min} = 0,000876 \leq \rho_w = 0,00251 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost třminků $s_{l,\max} = 270,7$ mm $\geq 150,0$ mm \Rightarrow **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost větví třminků $s_{t,\max} = 270,7$ mm $\geq 174,0$ mm \Rightarrow **Vyhovuje**

Použití model náhradní příhradoviny

Sklon tlačené diagonály : $\theta = 29,74$ °

Únosnost betonu

$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C = 0,18 / 1,5 = 0,12$

$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 361)}; 2) = \min(1,744; 2) = 1,744$

$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(1\,232 / (400 \times 361); 0,02) = \min(0,00853; 0,02) = 0,00853$

$v_{\min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,744^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,442$ MPa

$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-(-212) / 160 \cdot 10^3; 0,2 \times 20) = \min(1,325; 4) = 1,325$ MPa

$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{100 \times \rho_l \times f_{ck}}; v_{\min}) + k_t \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 1,744 \times \sqrt[3]{100 \times 0,00853 \times 30}; 0,442) + 0,15 \times 1,325) \times 400 \times 361 = 117,8$ kN

Únosnost smykové výztuže

$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta + A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta = 50,27 / 150 \times 312,6 \times 434,8 \times 1,75 + 100,5 / 150 \times 312,6 \times 434,8 \times 1,75 = 239,1$ kN

Únosnost tlakové diagonály

$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$

$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 400 \times 312,6 \times 0,528 \times 20 / (1,75 + 0,571) = 568,7$ kN

Výsledná únosnost

$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(117,8; \min(568,7; 239,1)) = \max(117,8; 239,1) = 239,1$ kN

$V_{Ed} = 121,3$ kN $\leq V_{Rd} = 239,1$ kN \Rightarrow **Vyhovuje**

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje

Využití: 50,7 %

2: Zat. případ 2 - charakteristická

$N = -152,62$ kN; $M_y = -122,15$ kNm

Podrobné posouzení - Omezení napětí: Zat. případ 2

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 167 \cdot 10^3$ mm²

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 200$ mm; $z_t = 207,2$ mm

Moment setrvačnosti:

$I_y = 2,32 \cdot 10^9$ mm⁴; $I_z = 2,25 \cdot 10^9$ mm⁴

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = -8,84 \cdot 10^6$ mm³; $S_{z,s} = 0$ mm³

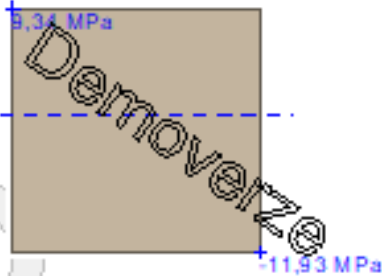
Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$N = -152,6 \text{ kN}$; $M_y = -123,2 \text{ kNm}$

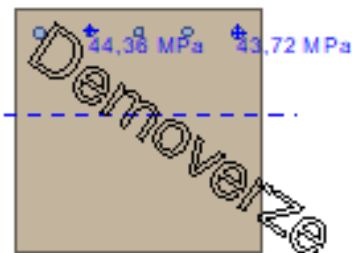
Deformace v průřezu



Napětí v betonu



Napětí ve výztuži



Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha: $A = 54.272 \text{ mm}^2$

Pořadí těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 200 \text{ mm}$; $z_t = 100,1 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 642 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $I_z = 737 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

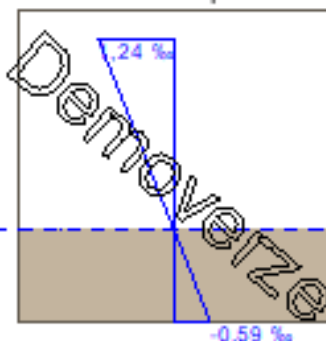
Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 123 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$

Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$N = -152,6 \text{ kN}$; $M_y = -106,9 \text{ kNm}$

Deformace v průřezu



Napětí v betonu



Napětí ve výztuži



Maximální tlakové napětí v betonu

$\sigma_c = 19,47 \text{ MPa}$

Prostředí: XC1 \Rightarrow Posouzení napětí betonu v tlaku není potřeba

Maximální tahové napětí v betonu $\sigma_{c,max} = 9,34 \text{ MPa}$

Maximální tlakové napětí ve výztuži $\sigma_{s,min} = -245,10 \text{ MPa}$ (výztuž je tažená)

Maximální tahové napětí ve výztuži $\sigma_{s,max} = 247,11 \text{ MPa}$

Omezení tahového napětí ve výztuži $k_3 \times f_{yk} = 400,00 \text{ MPa}$

Výška tlačené části průřezu $h = 117,0 \text{ mm}$

Využití průřezu: 61,8 %

Posouzení průřezu na mezní stav omezení napětí Vyhovuje

Posouzení min. a max. stupně výztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$\rho_{s,t} = 0,00853 \geq \rho_{s,min} = 0,00151 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

$\rho_s = 0,0077 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Posouzení vzdáleností vložek

Vzdálenosti mezi vložkami vyhovují.

Stupeň výztužení smykovou výztuží

$\rho_{w,min} = 0,000876 \leq \rho_w = 0,00251 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost třmínek $s_{l,max} = 270,7 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost větví třmínek $s_{t,max} = 270,7 \text{ mm} \geq 174,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} [kN]	N_{Rd} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Rdy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	V_{Rdz} [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	Zat. případ 1	-212,03	-3200,00	-169,81	-200,94	121,30	239,08	84,5	Vyhovuje

Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 84,5 %

Posouzení mezního stavu použitelnosti

Mezní stav omezení napětí

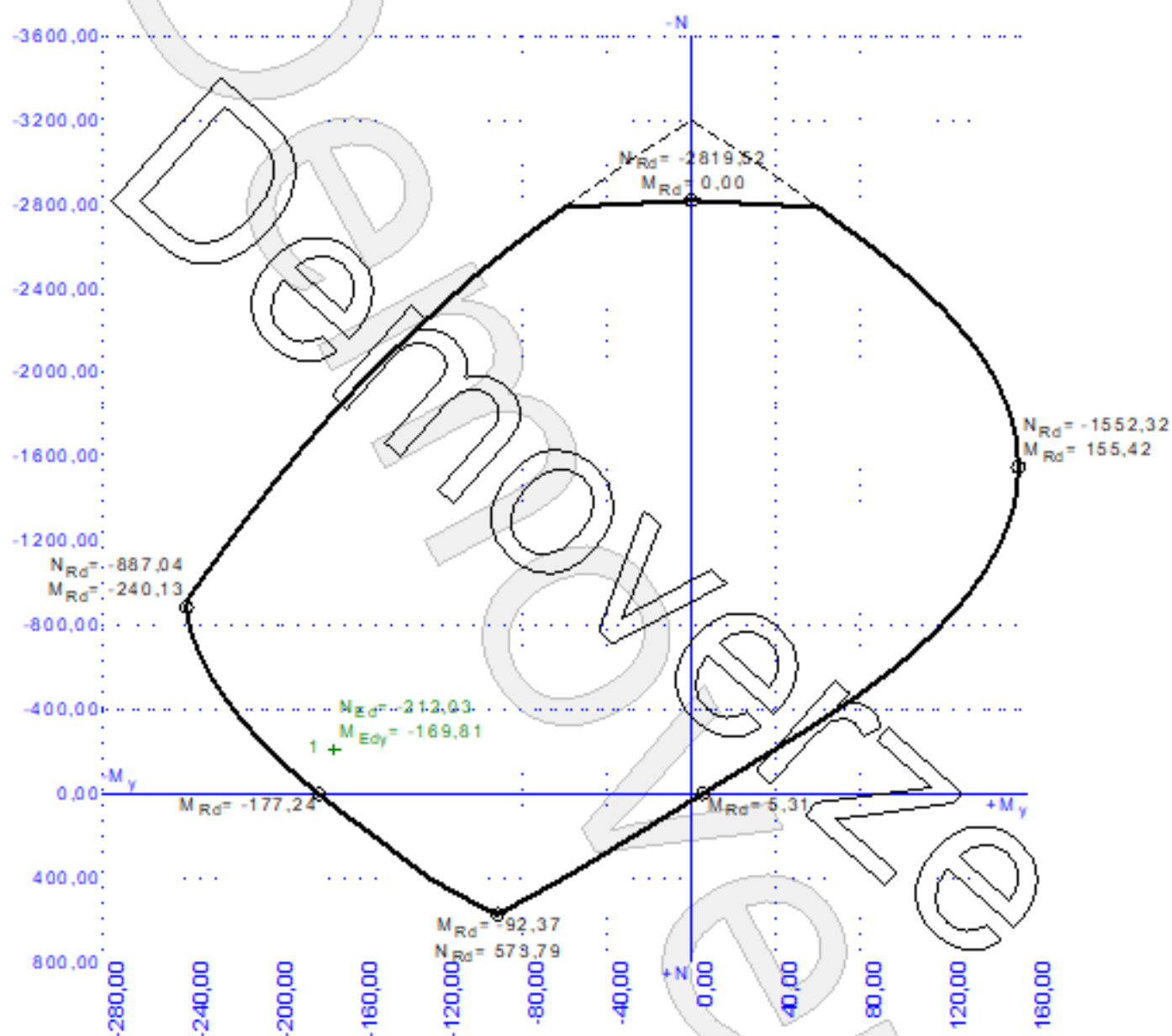
č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	Využití [%]	Posouzení
1	Zat. případ 2	-152,62	-122,15	19,47	247,11	-245,10	61,8	Vyhovuje
Limitní hodnoty $k_3 \times f_{yk}$					400,00			

Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 61,8 %

Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

Využití: 84,5 %

Interakční diagram



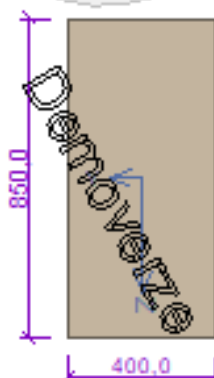
2 Vazník 1 - x = 6 m

2.1 Vstupní data

Typ prvku: nosník

Prostředí: XC1

Průřez



Materiály

Beton: C 30/37

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 30,0$ MPa

Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,9$ MPa

Modul pružnosti $E_{cm} = 33000$ MPa

Ocel podélná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa

Modul pružnosti $E_s = 200000$ MPa

Ocel příčná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa

Modul pružnosti $E_s = 200000$ MPa

Vnitřní síly - základní návrhová (MSU)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	-121,03	173,10	0,00	1,000

Vnitřní síly - charakteristická (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 2	-152,62	124,66	1,000

Podélná výztuž

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
4	14	38,0	dolní výztuž



S tlačnou výztuží není počítáno.

Smyková výztuž

Obvodové třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm

Spony, vnitřní třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm; Střihy: 1

Minimální krytí

38,0 mm (uživ.)

2.2 Výsledky

Ideální průřez

Poměr tuhostí výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 344,10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 200 \text{ mm}$; $z_t = 420,9 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 21,0 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$; $I_z = 4,58 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 2,54 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^3$

1: **Zat. případ 1** - základní návrhová

$N = -121,03 \text{ kN}$; $M_y = 173,10 \text{ kNm}$; $V_z = 0,00 \text{ kN}$

Podrobné posouzení TLAK A OHYB: Zat. případ 1

Výpočet minimální excentricity

$e_0 = \max(h / 30; 0,02) = \max(0,85 / 30; 0,02) = \max(0,0283; 0,02) = 0,0283 \text{ m}$

$M_{0Edy} = \max(M_y; e_0 \times |N_{Ed}|) = \max(173,1; 0,0283 \times |-121|) = \max(173,1; 3,429) = 173,1 \text{ kNm}$

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$\rho_{s,t} = A_{s,t} / (b_t \times d) = 615,8 / (400 \times 805) = 0,00191$

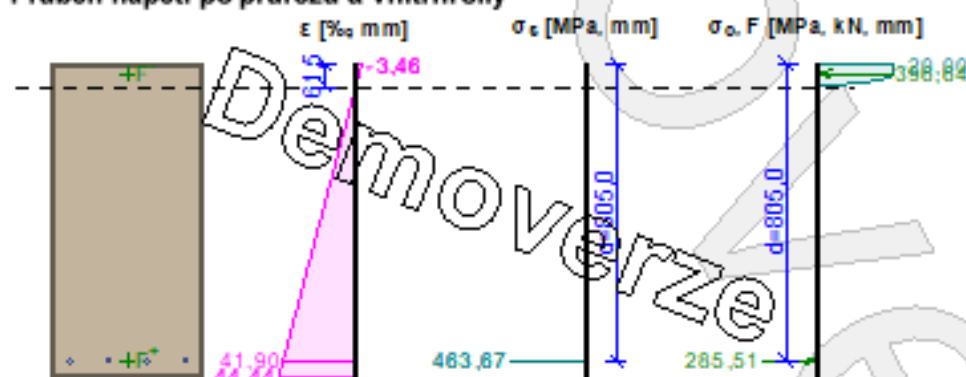
$\rho_s = A_s / A_c = 615,8 / 340 \cdot 10^3 = 0,00181$

$\rho_{s,\min} = \max(0,26 \times f_{ctm} / f_{yk}; 0,0013) = \max(0,26 \times 2,9 / 500; 0,0013) = \max(0,00151; 0,0013) = 0,00151$

$\rho_{s,t} = 0,00191 \geq \rho_{s,\min} = 0,00151 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

$\rho_s = 0,00181 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

Nejmenší deformace v betonu: -3,46 ‰

Největší deformace v betonu: 44,44 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: 41,90 ‰

Největší deformace ve výztuži: 41,90 ‰

Směr neutrálné osy: 0,00 °

Výška tlačené části průřezu: $x = 61,5 \text{ mm}$

Efektivní výška průřezu: $d = 805,0 \text{ mm}$

$\xi = 0,08 \leq \xi_{\max} = 0,58 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

$N_{Ed} = -121,03 \text{ kN} \leq N_{Rd} = -6800,00 \text{ kN}$

$M_{Edy} = 173,10 \leq M_{Rdy} = 270,27 \text{ kNm}$

Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 64,0 %

Podrobné posouzení SMYK: Zat. případ 1

Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$\rho_w = A_{sw} / b_w / s + A_{sw} / b_w / s = 50,27 / 400 / 150 + 100,5 / 400 / 150 = 0,00251$

$\rho_{w,\min} = 80 \times \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 80 \times \sqrt{30} / 500 = 0,000876$

$\rho_{w,\min} = 0,000876 \leq \rho_w = 0,00251 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost třmínek $s_{l,\max} = 400,0 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost větví třmínek $s_{t,\max} = 600,0 \text{ mm} \geq 166,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Průřez není namáhán smykem.

2: **Zat. případ 2** - charakteristická

$N = -152,62 \text{ kN}$; $M_y = 124,66 \text{ kNm}$

Podrobné posouzení - Omezení napětí: Zat. případ 2

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 344 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 200 \text{ mm}$; $z_t = 420,9 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 21,0 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$; $I_z = 4,58 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 2,54 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^3$

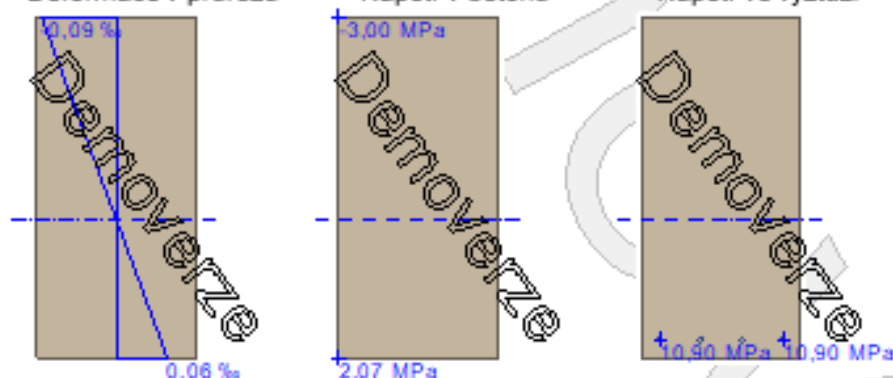
Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$N = -152,6 \text{ kN}$; $M_y = 125,3 \text{ kNm}$

Deformace v průřezu

Napětí v betonu

Napětí ve výztuži



Maximální tlakové napětí v betonu $\sigma_c = 3,00 \text{ MPa}$

Prostředí: XC1 \Rightarrow Posouzení napětí betonu v tlaku není potřeba

Maximální tahové napětí v betonu $\sigma_{c,\max} = 2,07 \text{ MPa}$

Maximální tlakové napětí ve výztuži $\sigma_{s,\min} = -10,90 \text{ MPa}$ (výztuž je tažená)

Maximální tahové napětí ve výztuži $\sigma_{s,\max} = 10,90 \text{ MPa}$

Omezení tahového napětí ve výztuži $k_3 \times f_{yk} = 400,00 \text{ MPa}$

Výška tlačené části průřezu $h = 503,6 \text{ mm}$

Využití průřezu: 2,7 %

Posouzení průřezu na mezní stav omezení napětí Vyhovuje

Posouzení min. a max. stupně výztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$\rho_{s,t} = 0,00191 \geq \rho_{s,\min} = 0,00151 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

$\rho_s = 0,00181 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Posouzení vzdáleností vložek

Vzdálenosti mezi vložkami vyhovují.

Stupeň výztužení smykovou výztuží

$\rho_{w,\min} = 0,000876 \leq \rho_w = 0,00251 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost třmínek $s_{l,\max} = 400,0 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost větví třmínek $s_{t,\max} = 600,0 \text{ mm} \geq 166,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} [kN]	N_{Rd} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Rdy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	V_{Rdz} [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	Zat. případ 1	-121,03	-6800,00	173,10	270,27	0,00	0,00	64,0	Vyhovuje

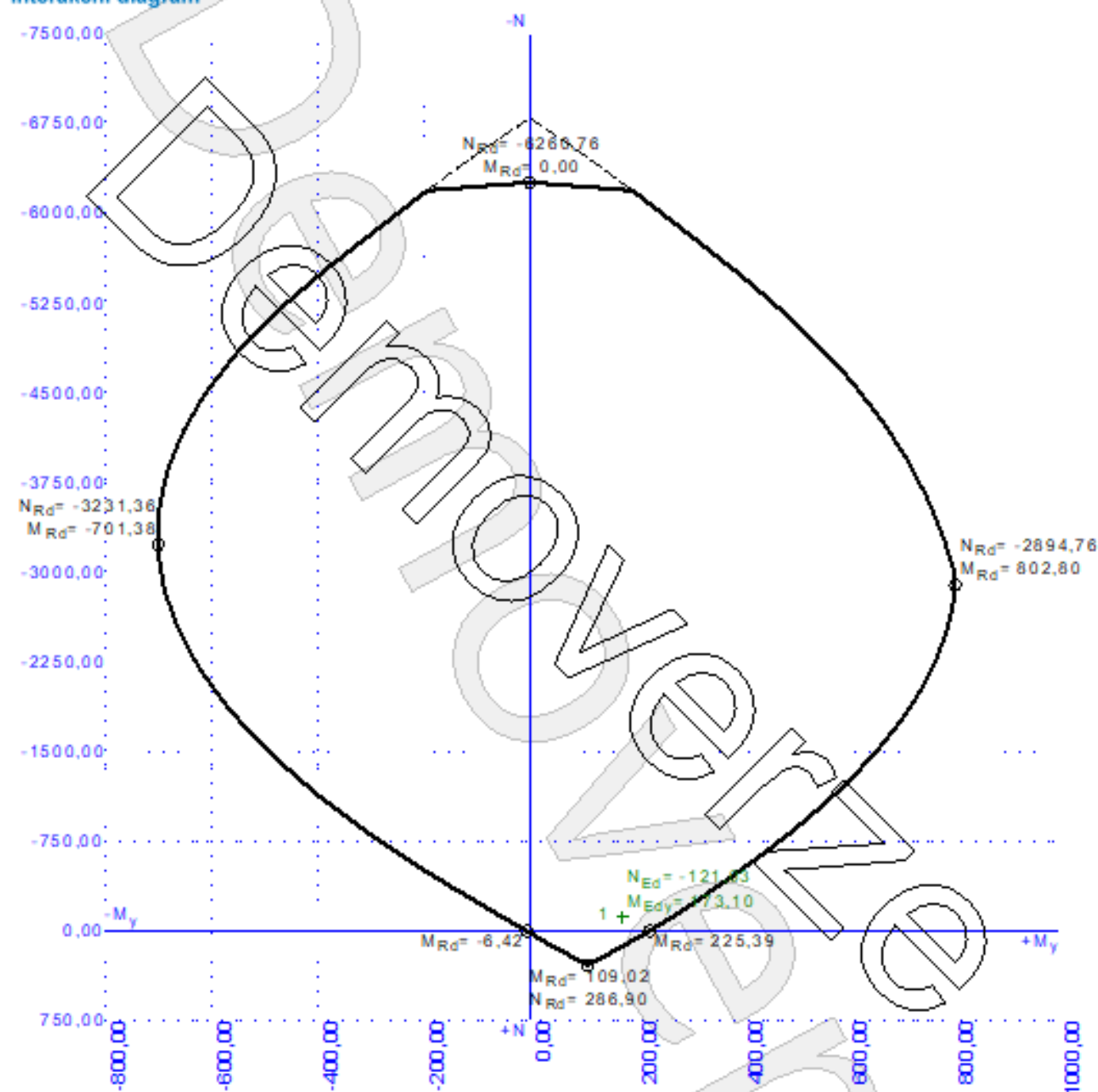
Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 64,0 %**Posouzení mezního stavu použitelnosti****Mezní stav omezení napětí**

č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	Využití [%]	Posouzení
1	Zat. případ 2	-152,62	124,66	3,00	10,90	-10,90	2,7	Vyhovuje
Limitní hodnoty $k_3 \times f_{yk}$					400,00			

Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 2,7 %**Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE**

Využití: 64,0 %

Interakční diagram



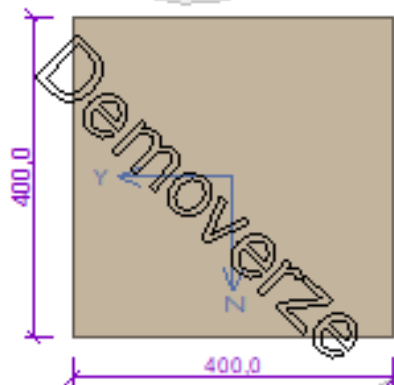
3 Vazník 1 - x = 0 m - započítaná tlačená výztuž

3.1 Vstupní data

Typ prvku: nosník

Prostředí: XC1

Průřez



Materiály

Beton: C 30/37

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 30,0$ MPa

Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,9$ MPa

Modul pružnosti $E_{cm} = 33000$ MPa

Ocel podélná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa

Modul pružnosti $E_s = 200000$ MPa

Ocel příčná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa

Modul pružnosti $E_s = 200000$ MPa

Vnitřní síly - základní návrhová (MSÚ)

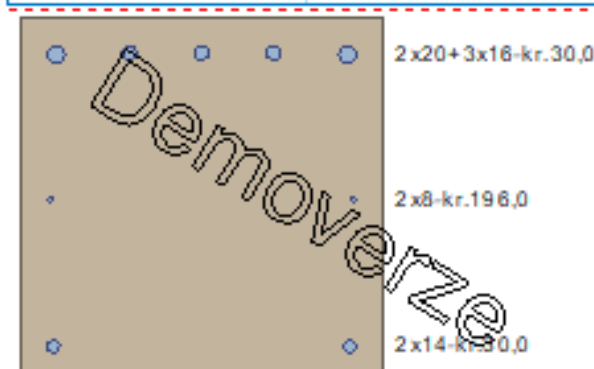
č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	-212,03	-169,81	121,30	1,000

Vnitřní síly - charakteristická (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 2	-152,62	-122,15	1,000

Podélná výztuž

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
2	20	30,0	horní výztuž
3	16	30,0	horní výztuž
2	8	196,0	horní výztuž
2	14	30,0	dolní výztuž



S tlačnou výztuží je počítáno.

Smyková výztuž

Obvodové třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm

Spony, vnitřní třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm; Střihy: 1

Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{\min} = \max(c_{\min, b}; c_{\min, dur}; 10) = \max(20; 10; 10) = 20 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 20 + 10 = 30 \text{ mm}$$

3.2 Výsledky

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_s = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 170,103 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 200 \text{ mm}$; $z_t = 205,3 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 2,37 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$; $I_z = 2,31 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = -8,66 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$

1: **Zat. případ 1** - základní návrhová

$N = -212,03 \text{ kN}$; $M_y = -169,81 \text{ kNm}$; $V_z = 121,30 \text{ kN}$

Podrobné posouzení TLAK A OHYB: Zat. případ 1

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$$\rho_{s,t} = A_{s,t} / (b_t \times d) = 1\,232 / (400 \times 361) = 0,00853$$

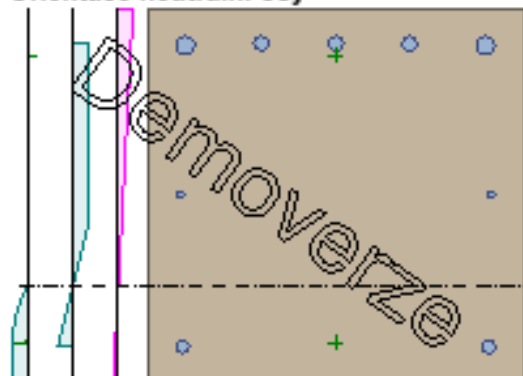
$$\rho_s = A_s / A_c = 1\,640 / 160,103 = 0,0102$$

$$\rho_{s,\min} = \max(0,26 \times f_{ctm} / f_{yk}; 0,0013) = \max(0,26 \times 2,9 / 500; 0,0013) = \max(0,00151; 0,0013) = 0,00151$$

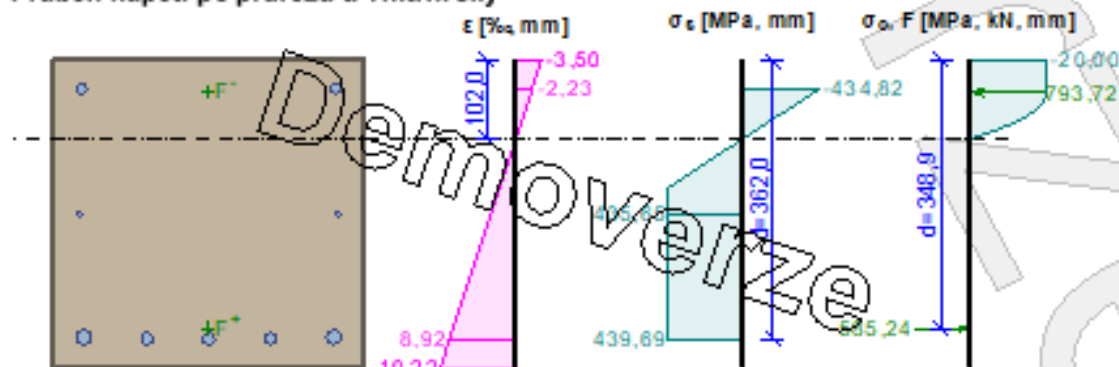
$$\rho_{s,t} = 0,00853 \geq \rho_{s,\min} = 0,00151 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0102 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Orientace neutrální osy



Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰

Největší deformace v betonu: 10,22 ‰
 Nejmenší deformace ve výztuži: -2,23 ‰
 Největší deformace ve výztuži: 8,92 ‰
 Směr neutrálné osy: 180,00 °
 Výška tlačené části průřezu: $x = 102,0$ mm
 Efektivní výška průřezu: $d = 362,0$ mm

$\xi = 0,28 \leq \xi_{\max} = 0,58 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

$N_{Ed} = -212,03$ kN $\leq N_{Rd} = -3855,96$ kN

$M_{Edy} = -169,81 \leq M_{Rdy} = -213,19$ kNm

Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 80,0 %

Podrobné posouzení SMYK: Zat. případ 1

Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$\rho_w = A_{sw} / b_w / s + A_{sw} / b_w / s = 50,27 / 400 / 150 + 100,5 / 400 / 150 = 0,00251$

$\rho_{w,\min} = 80 \times \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 80 \times \sqrt{30} / 500 = 0,000876$

$\rho_{w,\min} = 0,000876 \leq \rho_w = 0,00251 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost třmíneků $s_{l,\max} = 270,7$ mm $\geq 150,0$ mm \Rightarrow **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost větví třmíneků $s_{t,\max} = 270,7$ mm $\geq 174,0$ mm \Rightarrow **Vyhovuje**

Použití model náhradní příhradoviny

Sklon tlačené diagonály : $\theta = 29,74$ °

Únosnost betonu

$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$

$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 361)}; 2) = \min(1,744; 2) = 1,744$

$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(1232 / (400 \times 361); 0,02) = \min(0,00853; 0,02) = 0,00853$

$v_{\min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,744^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,442$ MPa

$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-(-212) / 160 \cdot 10^3; 0,2 \times 20) = \min(1,325; 4) = 1,325$ MPa

$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times 3 \sqrt{(100 \times \rho_l \times f_{ck})}; v_{\min}) + k_t \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 1,744 \times 3 \sqrt{(100 \times 0,00853 \times 30)}; 0,442) + 0,15 \times 1,325) \times 400 \times 361 = 117,8$ kN

Únosnost smykové výztuže

$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta + A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta = 50,27 / 150 \times 319,1 \times 434,8 \times 1,75 + 100,5 / 150 \times 319,1 \times 434,8 \times 1,75 = 244,1$ kN

Únosnost tlakové diagonály

$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$

$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 400 \times 319,1 \times 0,528 \times 20 / (1,75 + 0,571) = 580,6$ kN

Výsledná únosnost

$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(117,8; \min(580,6; 244,1)) = \max(117,8; 244,1) = 244,1$ kN

$V_{Ed} = 121,3$ kN $\leq V_{Rd} = 244,1$ kN \Rightarrow **Vyhovuje**

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje

Využití: 49,7 %

2: Zat. případ 2 - charakteristická

$N = -152,62$ kN; $M_y = -122,15$ kNm

Podrobné posouzení - Omezení napětí: Zat. případ 2

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 170 \cdot 10^3$ mm²

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 200$ mm; $z_t = 205,3$ mm

Moment setrvačnosti:

$I_y = 2,37 \cdot 10^9$ mm⁴; $I_z = 2,31 \cdot 10^9$ mm⁴

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

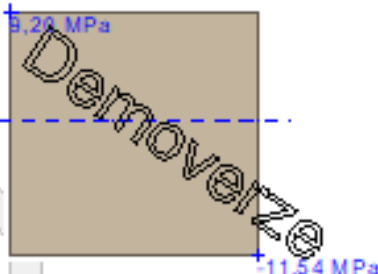
$S_{y,s} = -8,66 \cdot 10^6$ mm³; $S_{z,s} = 0$ mm³

Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

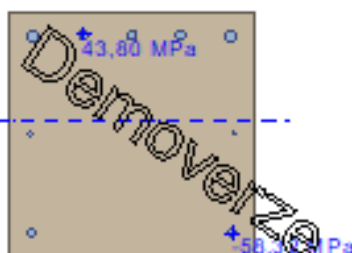
$N = -152,6 \text{ kN}$; $M_y = -123 \text{ kNm}$
Deformace v průřezu



Napětí v betonu



Napětí ve výztuži



Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha: $A = 56\,192 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 200 \text{ mm}$; $z_t = 98,93 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 656 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $I_z = 796 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 166 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$

Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$N = -152,6 \text{ kN}$; $M_y = -106,7 \text{ kNm}$

Deformace v průřezu



Napětí v betonu



Napětí ve výztuži



Maximální tlakové napětí v betonu

$\sigma_c = 18,82 \text{ MPa}$

Prostředí: XC1 \Rightarrow Posouzení napětí betonu v tlaku není potřeba

Maximální tahové napětí v betonu

$\sigma_{c,max} = 9,20 \text{ MPa}$

Maximální tlakové napětí ve výztuži

$\sigma_{s,min} = 77,56 \text{ MPa}$

Maximální tahové napětí ve výztuži

$\sigma_{s,max} = 243,07 \text{ MPa}$

Omezení tahového napětí ve výztuži

$k_3 \times f_{yk} = 400,00 \text{ MPa}$

Výška tlačené části průřezu

$h = 115,6 \text{ mm}$

Využití průřezu: 60,8 %

Posouzení průřezu na mezní stav omezení napětí Vyhovuje

Posouzení min. a max. stupně výztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$\rho_{s,t} = 0,00853 \geq \rho_{s,min} = 0,00151 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

$\rho_s = 0,0102 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Posouzení vzdálenosti vložek

Vzdálenosti mezi vložkami vyhovují.

Stupeň výztužení smykovou výztuží

$\rho_{w,min} = 0,000876 \leq \rho_w = 0,00251 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost třminků $s_{l,max} = 270,7 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost větví třminků $s_{t,max} = 270,7 \text{ mm} \geq 174,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} [kN]	N_{Rd} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Rdy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	V_{Rdz} [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	Zat. případ 1	-212,03	-3855,96	-169,81	-213,19	121,30	244,09	80,0	Vyhovuje

Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 80,0 %

Posouzení mezního stavu použitelnosti

Mezní stav omezení napětí

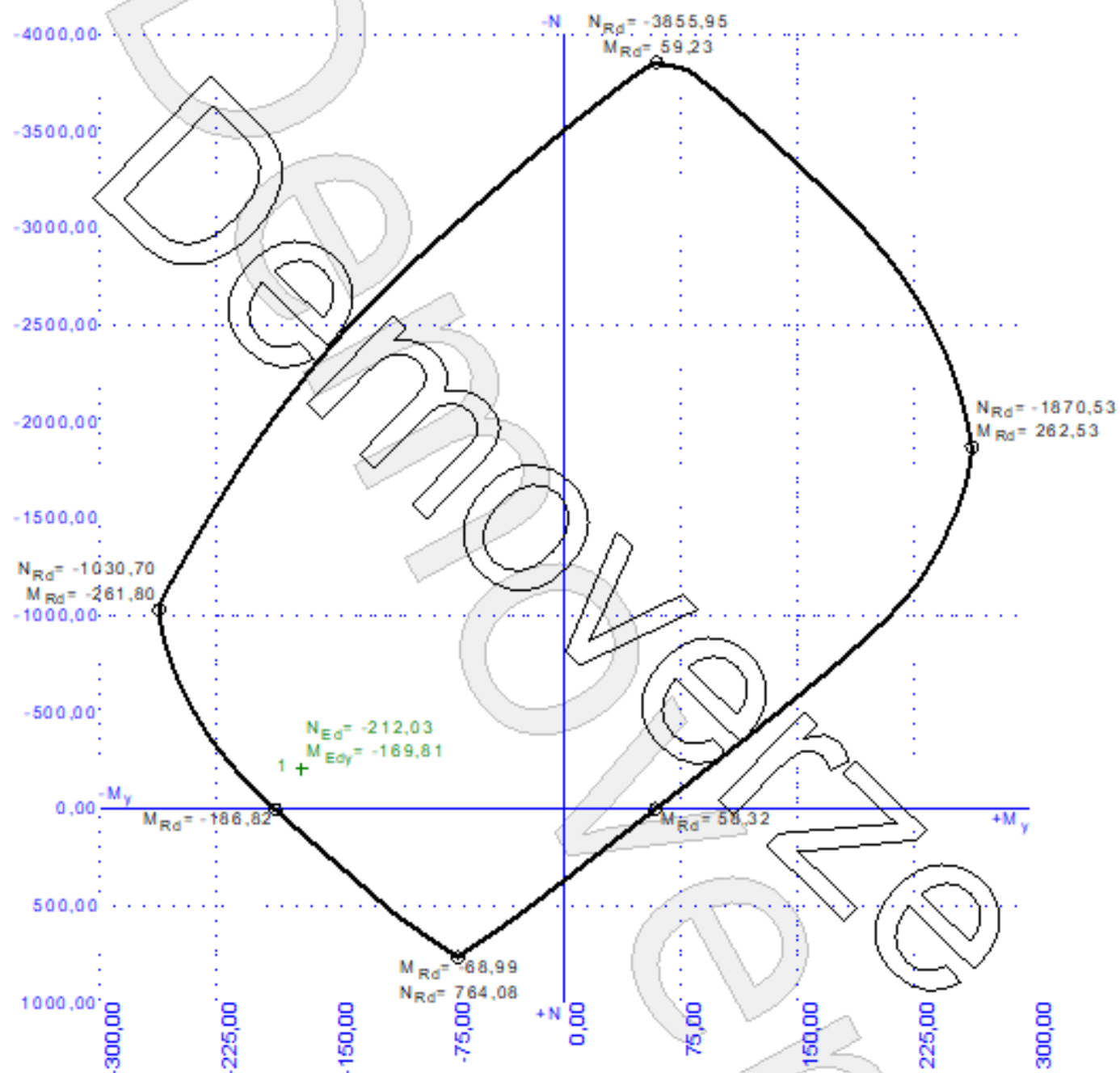
č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	Využití [%]	Posouzení
1	Zat. případ 2	-152,62	-122,15	18,82	243,07	77,56	60,8	Vyhovuje
Limitní hodnoty $k_3 \times f_{yk}$					400,00			

Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 60,8 %

Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

Využití: 80,0 %

Interakční diagram

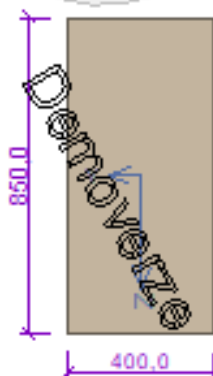


4 Vazník 1 - x = 6 m - započítaná tlačená výztuž

4.1 Vstupní data

Typ prvku: nosník
Prostředí: XC1

Průřez



Materiály

Beton: C 30/37

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 30,0$ MPa
Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,9$ MPa
Modul pružnosti $E_{cm} = 33000$ MPa

Ocel podélná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa
Modul pružnosti $E_s = 200000$ MPa

Ocel příčná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa
Modul pružnosti $E_s = 200000$ MPa

Vnitřní síly - základní návrhová (MSÚ)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	-121,03	173,10	0,00	1,000

Vnitřní síly - charakteristická (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 2	-152,62	124,66	1,000

Podélná výztuž

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
2	20	30,0	horní výztuž
2	8	421,0	horní výztuž
2	8	232,5	horní výztuž
3	14	30,0	dolní výztuž
2	8	232,5	dolní výztuž

○	○	2x20-kr.30,0
○	○	2x8-kr.232,5
○	○	2x8-kr.421,0
○	○	2x8-kr.232,5
○	○	3x14-kr.30,0

S tlačnou výztuží je počítáno.

Smyková výztuž

Obvodové třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm

Spony, vnitřní třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm; Střihy: 1

Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{\min} = \max(c_{\min, b}; c_{\min, \text{dur}}; 10) = \max(20; 10; 10) = 20 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 20 + 10 = 30 \text{ mm}$$

4.2 Výsledky

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_g = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 348,10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$$y_t = 200 \text{ mm}; z_t = 426,1 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = 21,5 \cdot 10^9 \text{ mm}^4; I_z = 4,73 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = -1,52 \cdot 10^6 \text{ mm}^3; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^3$$

1. Zat. případ 1 - základní návrhová

$$N = -121,03 \text{ kN}; M_y = 173,10 \text{ kNm}; V_z = 0,00 \text{ kN}$$

Podrobné posouzení TLAK A OHYB: Zat. případ 1

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$$\rho_{s,t} = A_{s,t} / (b_t \times d) = 562,3 / (400 \times 777,3) = 0,00181$$

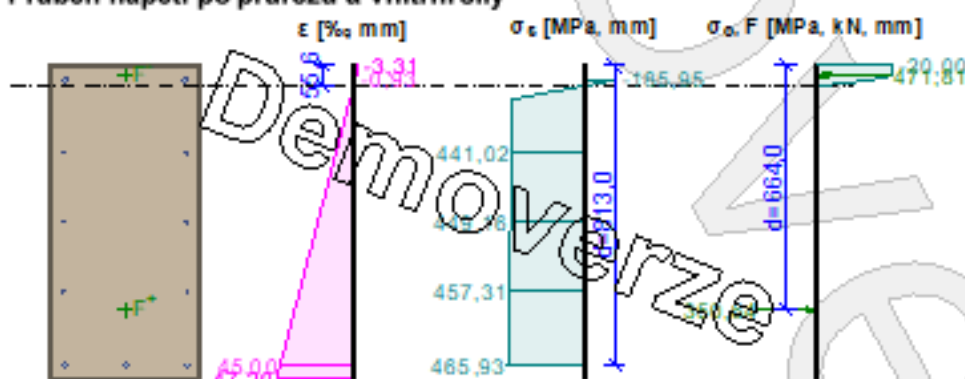
$$\rho_s = A_s / A_c = 1392 / 340,10^3 = 0,00409$$

$$\rho_{s,\min} = \max(0,26 \times f_{ctm} / f_{yk}; 0,0013) = \max(0,26 \times 2,9 / 500; 0,0013) = \max(0,00151; 0,0013) = 0,00151$$

$$\rho_{s,t} = 0,00181 \geq \rho_{s,\min} = 0,00151 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,00409 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

Nejmenší deformace v betonu: -3,31 ‰

Největší deformace v betonu: 47,20 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: -0,93 ‰

Největší deformace ve výztuži: 45,00 ‰

Směr neutrálné osy: 0,00 °

Výška tlačené části průřezu: $x = 55,6 \text{ mm}$

Efektivní výška průřezu: $d = 813,0 \text{ mm}$

$$\xi = 0,07 \leq \xi_{\max} = 0,58 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$N_{Ed} = -121,03 \text{ kN} \leq N_{Rd} = -7356,69 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = 173,10 \leq M_{Rdy} = 271,40 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 63,7 %

Podrobné posouzení SMYK: Zat. případ 1

Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$$\rho_w = A_{sw} / b_w / s + A_{sw} / b_w / s = 50,27 / 400 / 150 + 100,5 / 400 / 150 = 0,00251$$

$$\rho_{w,min} = 80 \times \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 80 \times \sqrt{30} / 500 = 0,000876$$

$$\rho_{w,min} = 0,000876 \leq \rho_w = 0,00251 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínek} \quad s_{l,max} = 400,0 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost větví třmínek} \quad s_{t,max} = 587,2 \text{ mm} \geq 174,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Průřez není namáhán smykem.

2: Zat. případ 2 - charakteristická

$$N = -152,62 \text{ kN}; M_y = 124,66 \text{ kNm}$$

Podrobné posouzení - Omezení napětí; Zat. případ 2

Ideální průřez

$$\text{Poměr tuhosti výztuže a betonu: } \alpha_e = 6,061$$

$$\text{Průřezová plocha: } A = 348,10^3 \text{ mm}^2$$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$$y_t = 200 \text{ mm}; z_t = 426,1 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = 21,5 \cdot 10^9 \text{ mm}^4; I_z = 4,73 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

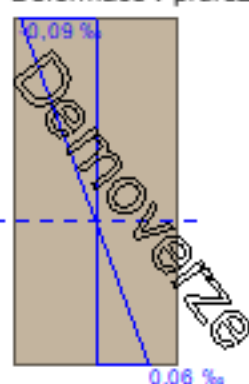
Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = -1,52 \cdot 10^6 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$

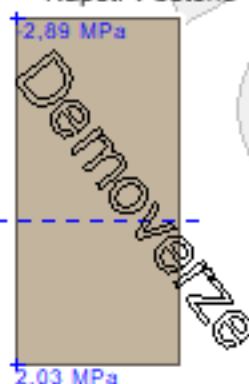
Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$$N = -152,6 \text{ kN}; M_y = 124,5 \text{ kNm}$$

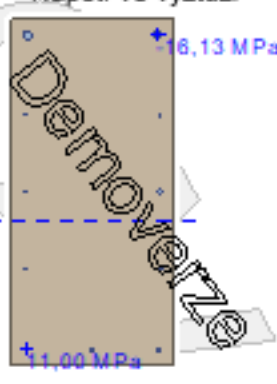
Deformace v průřezu



Napětí v betonu



Napětí ve výztuži



$$\text{Maximální tlakové napětí v betonu} \quad \sigma_c = 2,89 \text{ MPa}$$

Prostředí: XC1 \Rightarrow Posouzení napětí betonu v tlaku není potřeba

$$\text{Maximální tahové napětí v betonu} \quad \sigma_{c,max} = 2,03 \text{ MPa}$$

$$\text{Maximální tlakové napětí ve výztuži} \quad \sigma_{s,min} = 16,13 \text{ MPa}$$

$$\text{Maximální tahové napětí ve výztuži} \quad \sigma_{s,max} = 11,00 \text{ MPa}$$

$$\text{Omezení tahového napětí ve výztuži} \quad k_3 \times f_{yk} = 400,00 \text{ MPa}$$

$$\text{Výška tlačené části průřezu} \quad h = 499,6 \text{ mm}$$

Využití průřezu: 2,8 %

Posouzení průřezu na mezní stav omezení napětí Vyhovuje

Posouzení min. a max. stupně výztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$$\rho_{s,t} = 0,00181 \geq \rho_{s,min} = 0,00151 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,00409 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení vzdálenosti vložek

Vzdálenosti mezi vložkami vyhovují.

Stupeň výztužení smykovou výztuží

$$\rho_{w,min} = 0,000876 \leq \rho_w = 0,00251 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínek} \quad s_{l,max} = 400,0 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost větví třmínek} \quad s_{t,max} = 587,2 \text{ mm} \geq 174,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} [kN]	N_{Rd} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Rdy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	V_{Rdz} [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	Zat. případ 1	-121,03	-7356,69	173,10	271,40	0,00	0,00	63,7	Vyhovuje

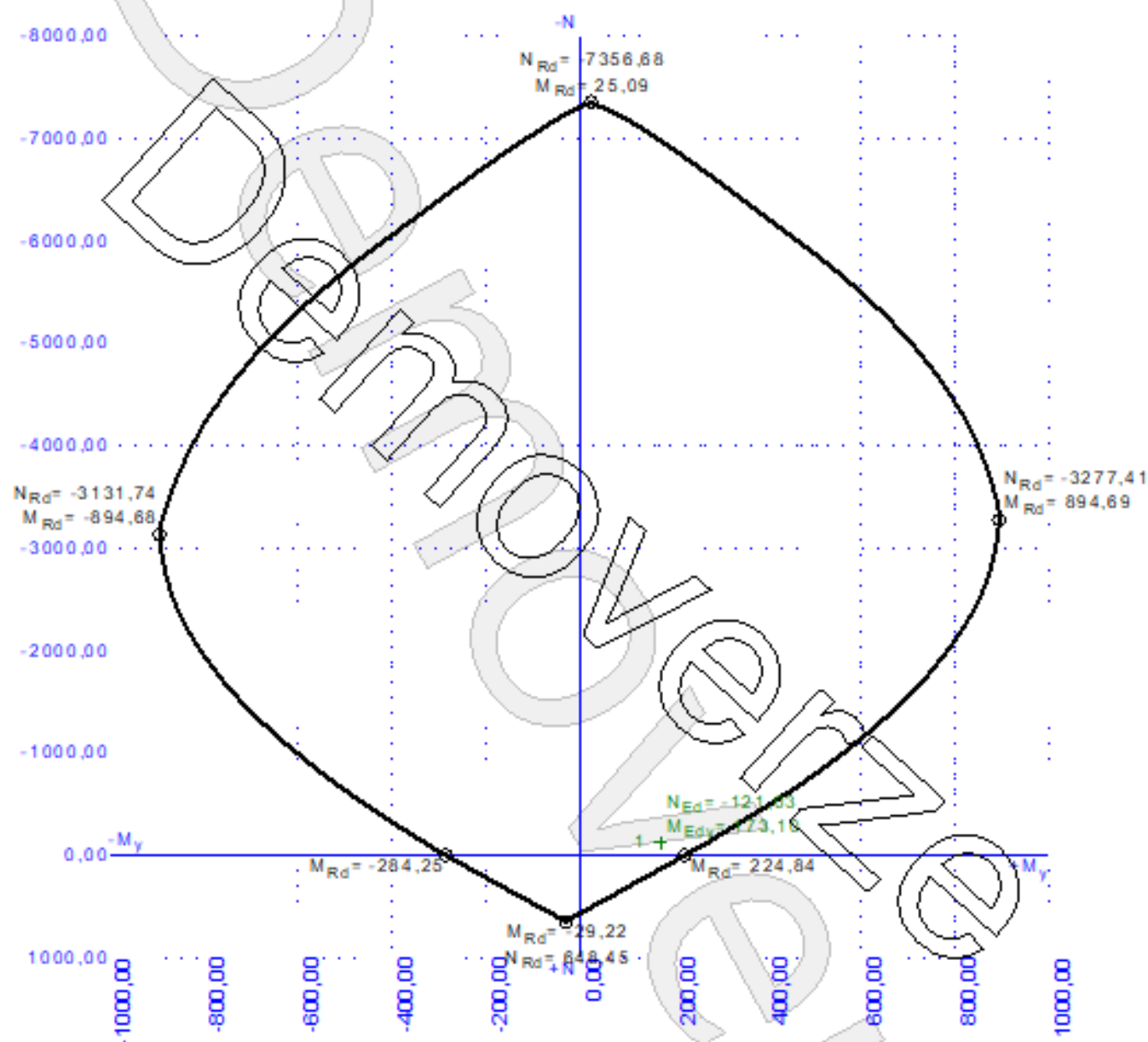
Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 63,7 %**Posouzení mezního stavu použitelnosti****Mezní stav omezení napětí**

č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	Využití [%]	Posouzení
1	Zat. případ 2	-152,62	124,66	2,89	11,00	16,13	2,8	Vyhovuje
Limitní hodnoty $k_3 \times f_{yk}$					400,00			

Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 2,8 %**Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE**

Využití: 63,7 %

Interakční diagram

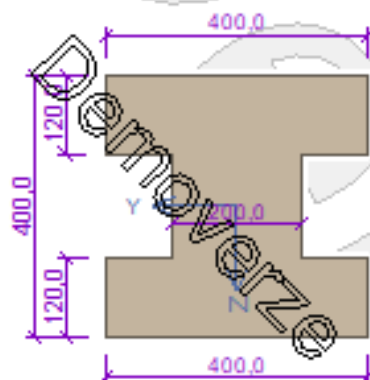


5 Vazník 2 - x = 0 m

5.1 Vstupní data

Typ prvku: nosník
Prostředí: XC1

Průřez



Materiály

Beton: C 30/37

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 30,0$ MPa

Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,9$ MPa

Modul pružnosti $E_{cm} = 33000$ MPa

Ocel podélná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa

Modul pružnosti $E_s = 200000$ MPa

Ocel příčná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa

Modul pružnosti $E_s = 200000$ MPa

Vnitřní síly - základní návrhová (MSÚ)

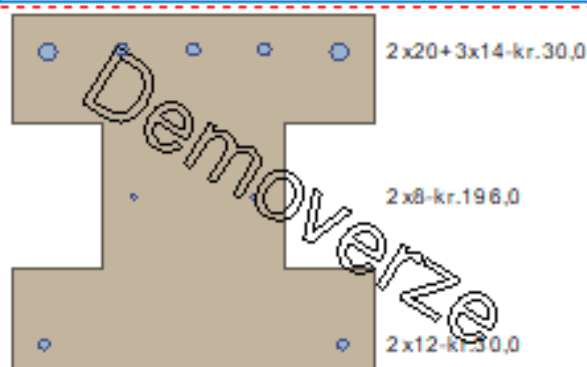
č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	-152,68	-153,14	106,80	1,000

Vnitřní síly - charakteristická (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 2	-109,38	-109,68	1,000

Podélná výztuž

Počet	Profil [mm]	Kryti [mm]	Umístění
2	20	30,0	horní výztuž
2	8	196,0	horní výztuž
3	14	30,0	horní výztuž
2	12	30,0	dolní výztuž



S tlačnou výztuží je počítáno.

Smyková výztuž

Obvodové třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm

Spony, vnitřní třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm; Střihy: 1

Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{\min} = \max(c_{\min, b}; c_{\min, \text{dur}}; 10) = \max(20; 10; 10) = 20 \text{ mm}$$

$$c_{\text{nom}} = c_{\min} + \Delta c_{\text{dev}} = 20 + 10 = 30 \text{ mm}$$

5.2 Výsledky

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 137,10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$$y_t = 200 \text{ mm}; z_t = 206,2 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = 2,27 \cdot 10^9 \text{ mm}^4; I_z = 1,54 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = -8,72 \cdot 10^6 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$

1. **Zat. případ 1** - základní návrhová

$$N = -152,68 \text{ kN}; M_y = -153,14 \text{ kNm}; V_z = 106,80 \text{ kN}$$

Podrobné posouzení TLAK A OHYB: Zat. případ 1

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$$\rho_{s,t} = A_{s,t} / (b_t \times d) = 1090 / (296,8 \times 361,3) = 0,0102$$

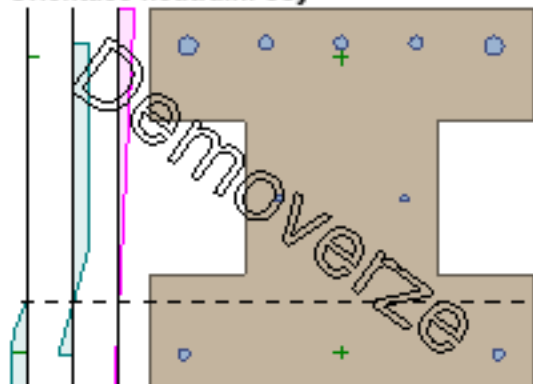
$$\rho_s = A_s / A_c = 1417 / 128 \cdot 10^3 = 0,0111$$

$$\rho_{s,\min} = \max(0,26 \times f_{ctm} / f_{yk}; 0,0013) = \max(0,26 \times 2,9 / 500; 0,0013) = \max(0,00151; 0,0013) = 0,00151$$

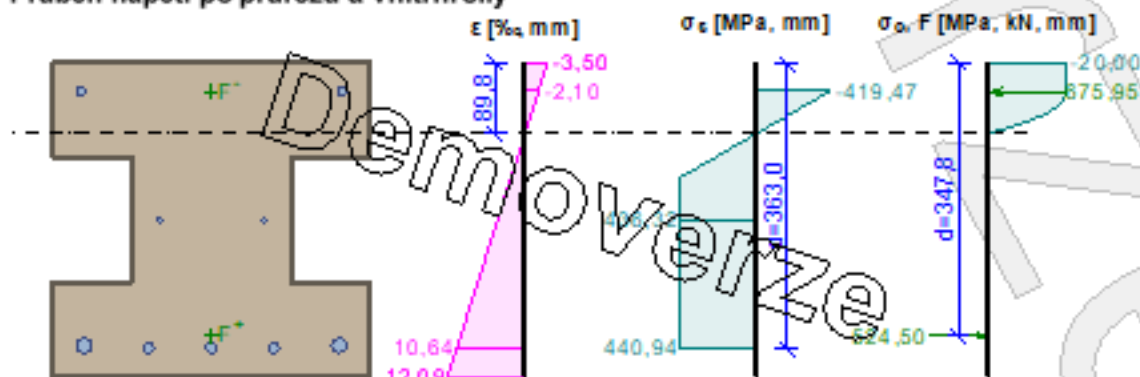
$$\rho_{s,t} = 0,0102 \geq \rho_{s,\min} = 0,00151 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0111 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Orientace neutrální osy



Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰

Největší deformace v betonu: 12,09 ‰
Nejmenší deformace ve výztuži: -2,10 ‰
Největší deformace ve výztuži: 10,64 ‰
Směr neutrálné osy: 180,00 °
Výška tlačené části průřezu: $x = 89,8$ mm
Efektivní výška průřezu: $d = 363,0$ mm

$\xi = 0,25 \leq \xi_{s,max} = 0,58 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

$N_{Ed} = -152,68$ kN $\leq N_{Rd} = -3126,74$ kN

$M_{Edy} = -153,14 \leq M_{Rdy} = -187,65$ kNm

Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 81,9 %

Podrobné posouzení SMYK: Zat. případ 1

Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$\rho_w = A_{sw} / b_w / s + A_{sw} / b_w / s = 50,27 / 200 / 150 + 100,5 / 200 / 150 = 0,00503$

$\rho_{w,min} = 80 \times \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 80 \times \sqrt{30} / 500 = 0,000876$

$\rho_{w,min} = 0,000876 \leq \rho_w = 0,00503 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost třmínků $s_{t,max} = 271,0$ mm $\geq 150,0$ mm \Rightarrow **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost větví třmínků $s_{t,max} = 271,0$ mm $\geq 74,0$ mm \Rightarrow **Vyhovuje**

Použit model náhradní příhradoviny

Sklon tlačené diagonály : $\theta = 29,74$ °

Únosnost betonu

$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$

$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 361,3)}; 2) = \min(1,744; 2) = 1,744$

$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(1090 / (200 \times 361,3); 0,02) = \min(0,0151; 0,02) = 0,0151$

$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,744^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,442$ MPa

$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-(-152,7) / 128,10^3; 0,2 \times 20) = \min(1,193; 4) = 1,193$ MPa

$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{100 \times \rho_l \times f_{ck}}; v_{min}) + k_t \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 1,744 \times \sqrt[3]{100 \times 0,0151 \times 30}; 0,442) + 0,15 \times 1,193) \times 200 \times 361,3 = 66,82$ kN

Únosnost smykové výztuže

$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta + A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta = 50,27 / 150 \times 323,9 \times 434,8 \times 1,75 + 100,5 / 150 \times 323,9 \times 434,8 \times 1,75 = 247,8$ kN

Únosnost tlakové diagonály

$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$

$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 200 \times 323,9 \times 0,528 \times 20 / (1,75 + 0,571) = 294,7$ kN

Výsledná únosnost

$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(66,82; \min(294,7; 247,8)) = \max(66,82; 247,8) = 247,8$ kN

$V_{Ed} = 106,8$ kN $\leq V_{Rd} = 247,8$ kN \Rightarrow **Vyhovuje**

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje

Využití: 43,1 %

2: Zat. případ 2 - charakteristická

$N = -109,38$ kN; $M_y = -109,68$ kNm

Podrobné posouzení - Omezení napětí: Zat. případ 2

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 137,10^3$ mm²

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 200$ mm; $z_t = 206,2$ mm

Moment setrvačnosti:

$I_y = 2,27,10^9$ mm⁴; $I_z = 1,54,10^9$ mm⁴

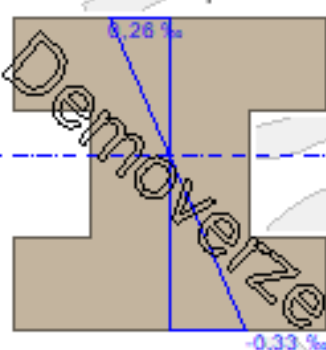
Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = -8,72,10^6$ mm³; $S_{z,s} = 0$ mm³

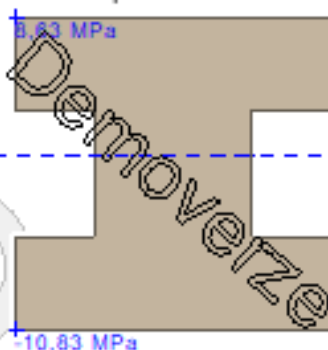
Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$N = -109,4 \text{ kN}$; $M_y = -110,4 \text{ kNm}$

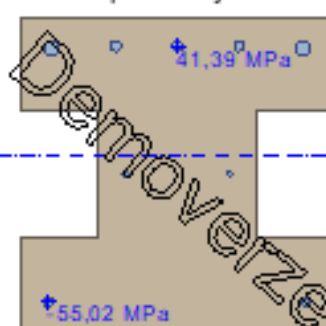
Deformace v průřezu



Napětí v betonu



Napětí ve výztuži



Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha: $A = 51\,846 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 200 \text{ mm}$; $z_t = 94,46 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 595 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $I_z = 725 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

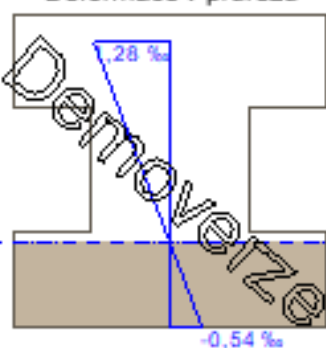
Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 150 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$

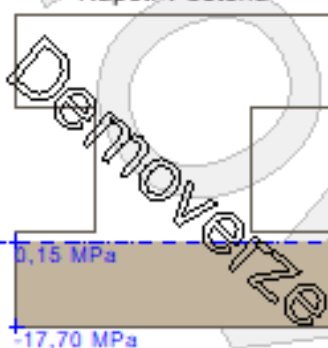
Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$N = -109,4 \text{ kN}$; $M_y = -98,14 \text{ kNm}$

Deformace v průřezu



Napětí v betonu



Napětí ve výztuži



Maximální tlakové napětí v betonu

$$\sigma_c = 17,70 \text{ MPa}$$

Prostředí: XC1 \Rightarrow Posouzení napětí betonu v tlaku není potřeba

Maximální tahové napětí v betonu $\sigma_{c,max} = 8,63 \text{ MPa}$

Maximální tlakové napětí ve výztuži $\sigma_{s,min} = 71,27 \text{ MPa}$

Maximální tahové napětí ve výztuži $\sigma_{s,max} = 255,86 \text{ MPa}$

Omezení tahového napětí ve výztuži $k_3 \times f_{yk} = 400,00 \text{ MPa}$

Výška tlačené části průřezu $h = 107,2 \text{ mm}$

Využití průřezu: 64,0 %

Posouzení průřezu na mezní stav omezení napětí Vyhovuje

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$\rho_{s,t} = 0,0102 \geq \rho_{s,min} = 0,00151 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

$\rho_s = 0,0111 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Posouzení vzdálenosti vložek

Vzdálenosti mezi vložkami vyhovují.

Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$\rho_{w,min} = 0,000876 \leq \rho_w = 0,00503 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost třmínek $s_{l,max} = 271,0 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost větví třmínek $s_{t,max} = 271,0 \text{ mm} \geq 74,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} [kN]	N_{Rd} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Rdy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	V_{Rdz} [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	Zat. případ 1	-152,68	-3126,74	-153,14	-187,65	106,80	247,77	81,9	Vyhovuje

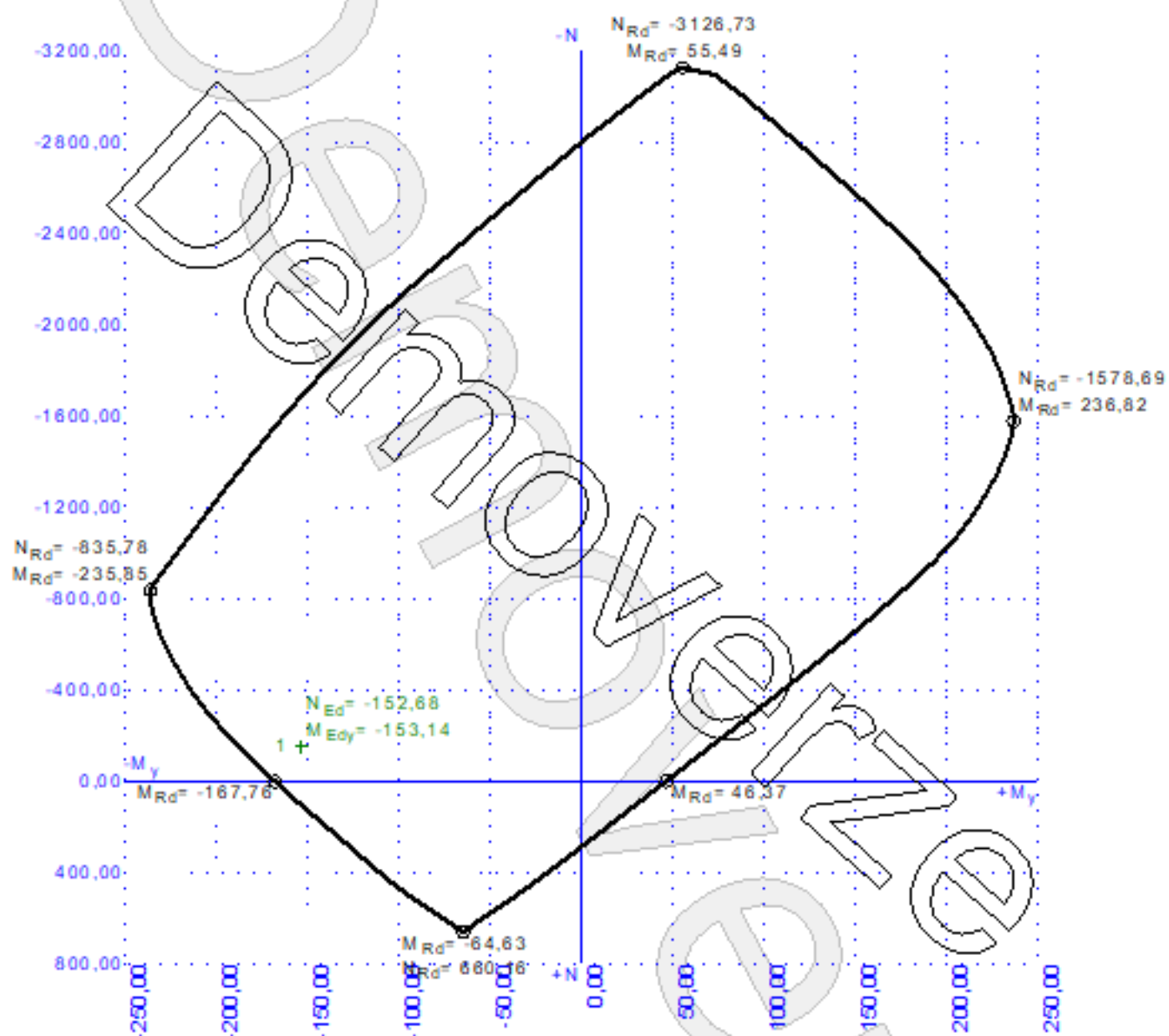
Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 81,9 %**Posouzení mezního stavu použitelnosti****Mezní stav omezení napětí**

č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	Využití [%]	Posouzení
1	Zat. případ 2	-109,38	-109,68	17,70	255,86	71,27	64,0	Vyhovuje
Limitní hodnoty $k_3 \times f_{yk}$					400,00			

Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 64,0 %**Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE**

Využití: 81,9 %

Interakční diagram

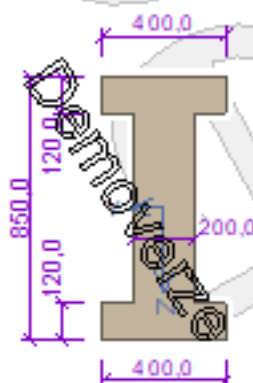


6 Vazník 2 - x = 6 m

6.1 Vstupní data

Typ prvku: nosník
Prostředí: XC1

Průřez



Materiály

Beton: C 30/37

Válcová pevnost v tlaku $f_{ck} = 30,0$ MPa

Pevnost v tahu $f_{ctm} = 2,9$ MPa

Modul pružnosti $E_{cm} = 33000$ MPa

Ocel podélná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa

Modul pružnosti $E_s = 200000$ MPa

Ocel příčná: B500B

Mez kluzu $f_{yk} = 500,0$ MPa

Modul pružnosti $E_s = 200000$ MPa

Vnitřní síly - základní návrhová (MSÚ)

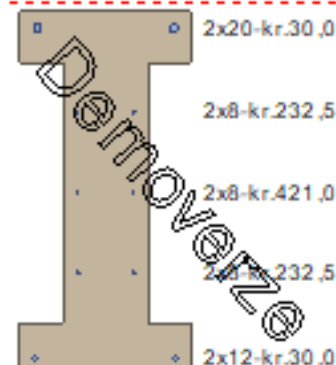
č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 1	-152,68	147,17	0,00	1,000

Vnitřní síly - charakteristická (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	QP koef. [-]
1	Zat. případ 2	-109,38	105,46	1,000

Podélná výztuž

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
2	20	30,0	horní výztuž
2	8	421,0	horní výztuž
2	8	232,5	horní výztuž
2	12	30,0	dolní výztuž
2	8	232,5	dolní výztuž



S tlačnou výztuží je počítáno.

Smyková výztuž

Obvodové třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm

Spony, vnitřní třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm; Střihy: 1

Minimální krytí

30,0 mm (uživ.)

6.2 Výsledky

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 225 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního-rohu obálky průřezu):

$y_t = 200 \text{ mm}$; $z_t = 429,1 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 17,5 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$; $I_z = 1,83 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = -4,79 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^3$

1: **Zat. případ 1** - základní návrhová

$N = -152,68 \text{ kN}$; $M_y = 147,17 \text{ kNm}$; $V_z = 0,00 \text{ kN}$

Podrobné posouzení TLAK A OHYB: Zat. případ 1

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$\rho_{s,t} = A_{s,t} / (b_t \times d) = 326,7 / (247,4 \times 752,3) = 0,00176$

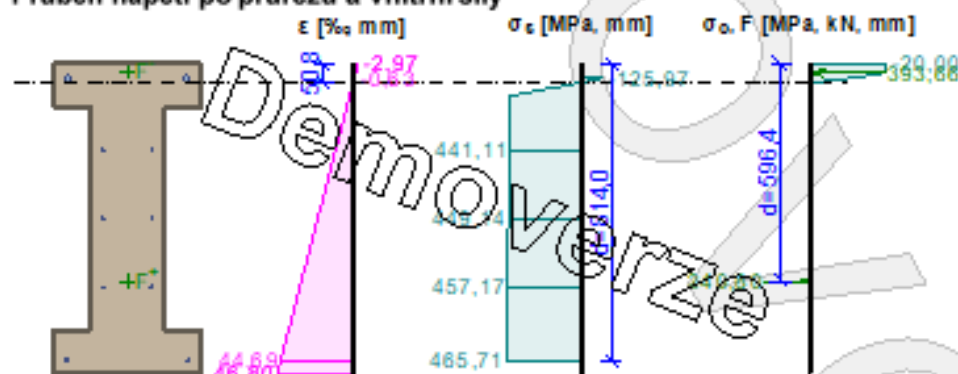
$\rho_s = A_s / A_c = 1\,156 / 218 \cdot 10^3 = 0,0053$

$\rho_{s,\min} = \max(0,26 \times f_{ctm} / f_{yk}; 0,0013) = \max(0,26 \times 2,9 / 500; 0,0013) = \max(0,00151; 0,0013) = 0,00151$

$\rho_{s,t} = 0,00176 \geq \rho_{s,\min} = 0,00151 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

$\rho_s = 0,0053 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

Nejmenší deformace v betonu: -2,97 ‰

Největší deformace v betonu: 46,80 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: -0,63 ‰

Největší deformace ve výztuži: 44,69 ‰

Směr neutrálné osy: 0,00 °

Výška tlačené části průřezu: $x = 50,8 \text{ mm}$

Efektivní výška průřezu: $d = 814,0 \text{ mm}$

$\xi = 0,06 \leq \xi_{\max} = 0,58 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

$N_{Ed} = -152,68 \text{ kN} \leq N_{Rd} = -4822,44 \text{ kN}$

$M_{Edy} = 147,17 \leq M_{Rdy} = 198,78 \text{ kNm}$

Posouzení průřezu na tlak a ohyb **Vyhovuje**

Využití: 73,8 %

Podrobné posouzení SMYK: Zat. případ 1

Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$\rho_w = A_{sw} / b_w / s + A_{sw} / b_w / s = 50,27 / 200 / 150 + 100,5 / 200 / 150 = 0,00503$

$\rho_{w,\min} = 80 \times \sqrt{f_{ck}} / f_{yk} = 80 \times \sqrt{30} / 500 = 0,000876$

$\rho_{w,\min} = 0,000876 \leq \rho_w = 0,00503 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost třmínek $s_{l,max} = 400,0 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost větví třmínek $s_{t,max} = 587,2 \text{ mm} \geq 74,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Průřez není namáhán smykem.

2: **Zat. případ 2** - charakteristická
 $N = -109,38 \text{ kN}$; $M_y = 105,46 \text{ kNm}$

Podrobné posouzení - Omezení napětí: Zat. případ 2

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 225 \cdot 10^3 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 200 \text{ mm}$; $z_t = 429,1 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 17,5 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$; $I_z = 1,83 \cdot 10^9 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = -4,79 \cdot 10^6 \text{ mm}^3$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^3$

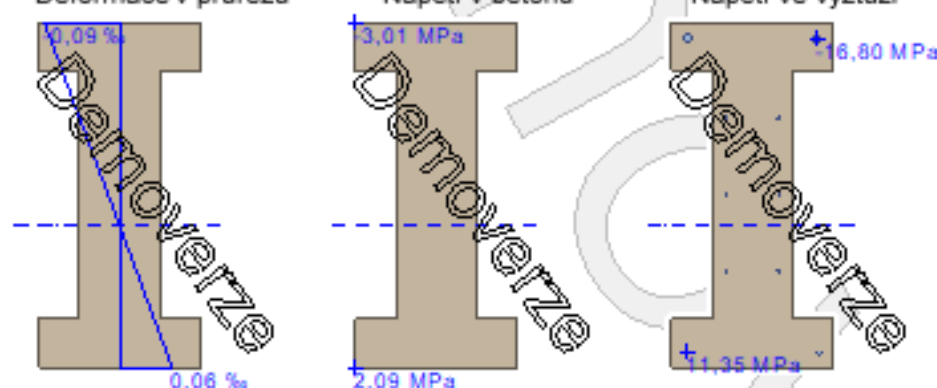
Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$N = -109,4 \text{ kN}$; $M_y = 105 \text{ kNm}$

Deformace v průřezu

Napětí v betonu

Napětí ve výztuži



Maximální tlakové napětí v betonu $\sigma_c = 3,01 \text{ MPa}$

Prostředí: XC1 \Rightarrow Posouzení napětí betonu v tlaku není potřeba

Maximální tahové napětí v betonu $\sigma_{c,max} = 2,09 \text{ MPa}$

Maximální tlakové napětí ve výztuži $\sigma_{s,min} = 16,80 \text{ MPa}$

Maximální tahové napětí ve výztuži $\sigma_{s,max} = 11,35 \text{ MPa}$

Omezení tahového napětí ve výztuži $k_3 \times f_{yk} = 400,00 \text{ MPa}$

Výška tlačené části průřezu $h = 501,9 \text{ mm}$

Využití průřezu: 2,8 %

Posouzení průřezu na mezní stav omezení napětí Vyhovuje

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Nosník (tažená výztuž - minimum, celková výztuž - maximum):

$\rho_{s,t} = 0,00176 \geq \rho_{s,min} = 0,00151 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

$\rho_s = 0,0053 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Posouzení vzdáleností vložek

Vzdálenosti mezi vložkami vyhovují.

Stupeň vyztužení smykovou výztuží

$\rho_{w,min} = 0,000876 \leq \rho_w = 0,00503 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost třmínek $s_{l,max} = 400,0 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Maximální vzdálenost větví třmínek $s_{t,max} = 587,2 \text{ mm} \geq 74,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} [kN]	N_{Rd} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Rdy} [kNm]	V_{Edz} [kN]	V_{Rdz} [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	Zat. případ 1	-152,68	-4822,44	147,17	198,78	0,00	0,00	73,8	Vyhovuje

Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 73,8 %

Posouzení mezního stavu použitelnosti

Mezní stav omezení napětí

č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	Využití [%]	Posouzení
1	Zat. případ 2	-109,38	105,46	3,01	11,35	16,80	2,8	Vyhovuje
Limitní hodnoty $k_3 \times f_{yk}$					400,00			

Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 2,8 %

Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE

Využití: 73,8 %

Interakční diagram

