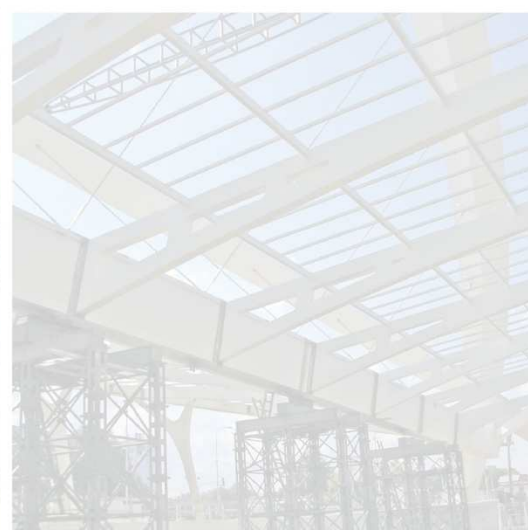
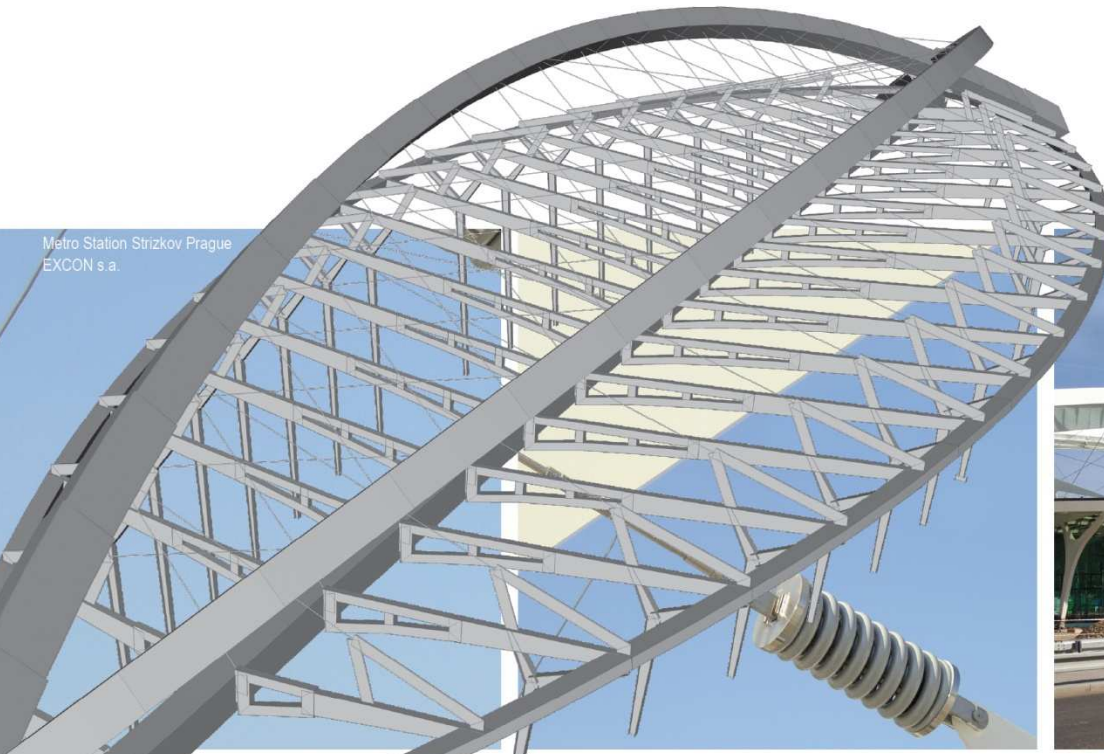


Metro Station Strizkov Prague
EXCON s.a.



PŘEDEM PŘEDPJATÁ MOSTNÍ KONSTRUKCE 1D - MODEL

1. Obsah

1. Obsah	4
2. Popis řešeného příkladu	5
2.1 Popis konstrukce	5
2.2 Zatížení	6
2.2.1 Zatížení stálá	6
2.2.2 Zatížení nahodilá dlouhodobá (v programu modelovaná jako stálá zatížení)	9
2.2.3 Zatížení nahodilá krátkodobá	9
2.3 Postup výpočtu	13
2.3.1 Prostorový model	13
2.3.2 Prutový model	14
3. Modelování	15
3.1 Založení projektu	15
3.2 Průřezy	16
3.3 Zadání geometrie a okrajových podmínek	23
3.3.1 Geometrie	23
3.3.2 Okrajové podmínky	23
3.4 Zatížení	26
3.4.1 Zatěžovací stavy	26
3.4.2 Zadání zatížení	26
3.5 Předpětí	29
3.5.1 Definice čelní desky	29
3.5.2 Šablony kabelů v průřezu	31
3.5.4 Umístění šablony kabelů nosníku	37
3.6 Fáze výstavby	44
3.6.1 Fáze výstavby a provozu konstrukce	44
3.6.2 Vytvoření fází výstavby	44
3.7 Kombinace zatížení a Třídy výsledků	52
4. Výpočet a vyhodnocení výsledků	53
4.1 Výpočet	53
4.2 Reakce	54
4.2 Vnitřní síly	55
5. Posouzení předpjatého betonu dle ČSN EN 1992-1-1	57
5.1 Posouzení předpínací výztuže	59
5.2 Dovolené namáhání betonu	61
5.3 Stanovení únosnosti pomocí interakčního diagramu	65
5.4 Stanovení únosnosti metodou mezních přetvoření	69
6. Posudky dle ČSN EN 1992-1-1 s vlivem betonářské výztuže	73
6.1 Zadání betonářské výztuže	74
6.2 Posudek Omezení trhlin	80
6.2.1 Šířka trhlin	80
6.3 Posudek smykové únosnosti průřezu	81
6.3.1 Posudek smyku podle kapitoly 6.2	82
6.3.2 Posudek smyku podle kapitoly 12.6.3	82
6.4 Posudek hlavních tahů	83
7. Posudky kroucení a napětí mezi betony různého stáří dle ČSN EN 1992-1-1	88
7.1 Posudek únosnosti v kroucení	88
7.2 Posudek napětí mezi betony různého stáří	90

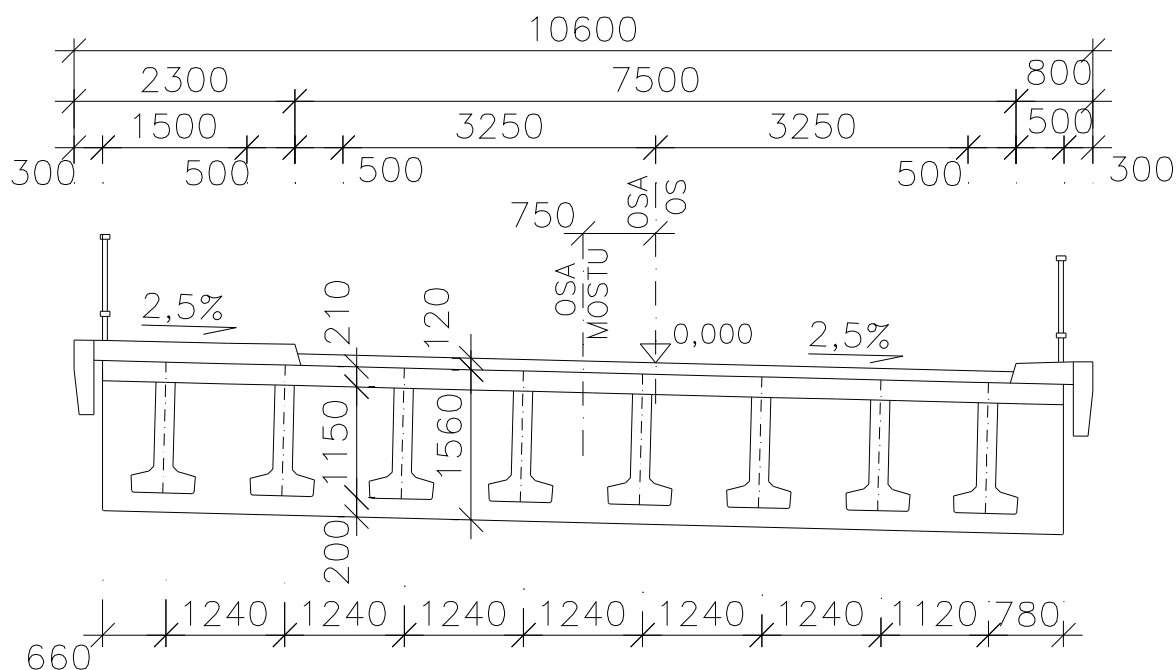
2. Popis řešeného příkladu

2.1 Popis konstrukce

Jedná se o předem předpjatou mostní konstrukci. Most bude převádět komunikaci S7,5 v základním šířkovém uspořádání. Na mostě se nachází jednostranný veřejný chodník šířky 1,5m a nouzový chodník šířky 0,5m.

Statically je most navržen jako prostý nosník. Nosná konstrukce je sestavena z prefabrikovaných podélně předpjatých nosníků typu VSTI 2000 délky 28,3 m a výšky 1,15 m z betonu C45/55, které jsou spřaženy s železobetonovou monolitickou deskou tl. 210 mm a opatřeny koncovým příčnickem z betonu C30/37. Nosníky jsou osazeny v příčném sklonu mostu 2,5%, deska má konstantní výšku. Příčníky šířky 1,28 m přesahují výškově dolní líc nosníků o 20 cm.

Nosníky jsou realizovány jako předem předpjaté prvky vyráběné na dráze o celkové délce 38,0 m. Předpínací lana jsou typu Y1860S7-16,0-A. Některá lana jsou podle potřeby v krajních úsecích nosníku separována.



Obr.1 – Vzorový příčný řez

Hlavní předpoklady řešení:

nosná konstrukce je navržena jako částečně předpjatá
zatížení mostů dle ČSN EN 1991-2.

beton nosné konstrukce: VSTI nosníky C45/55
spřažená deska C30/37

předpínací lana Y1860S7-16,0-A

betonářská ocel 10 505 (R)

2.2 Zatížení

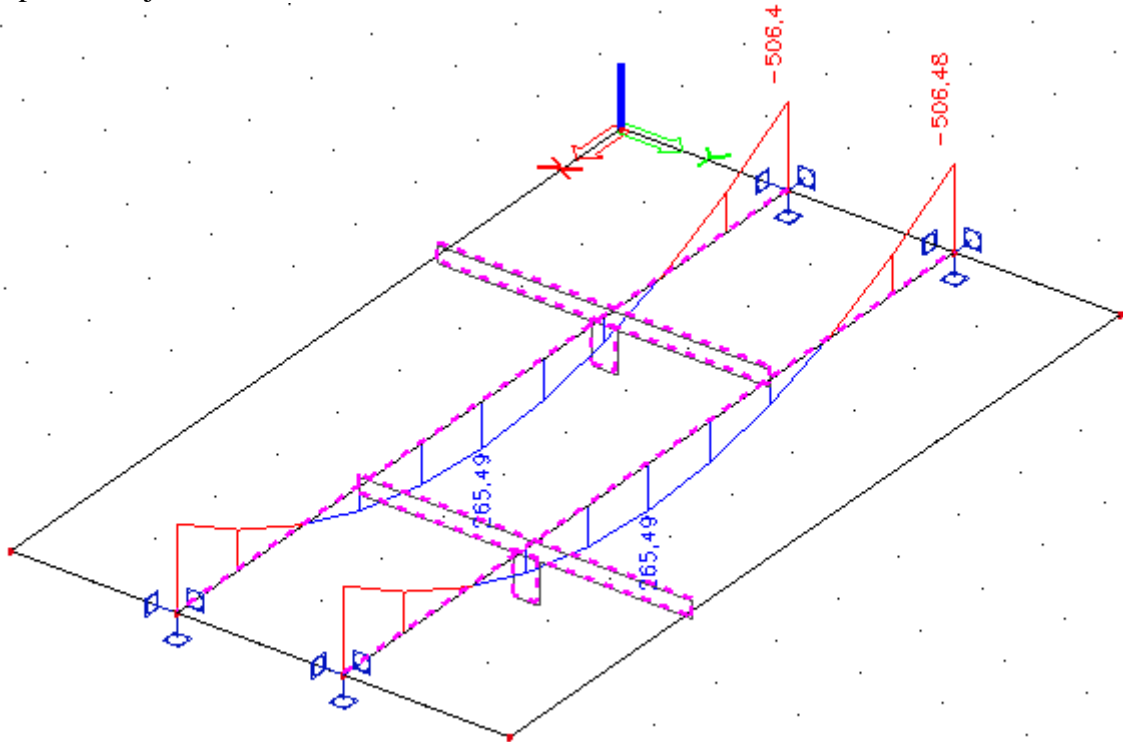
2.2.1 Zatížení stálá

2.2.1.1 Vlastní tíha mostu

Zatížení vlastní tíhou bude spočítáno programem automaticky* na základě průřezových charakteristik a objemové hmotnosti betonu C45/55 – $\gamma_b = 25 \text{ kN/m}^3$.

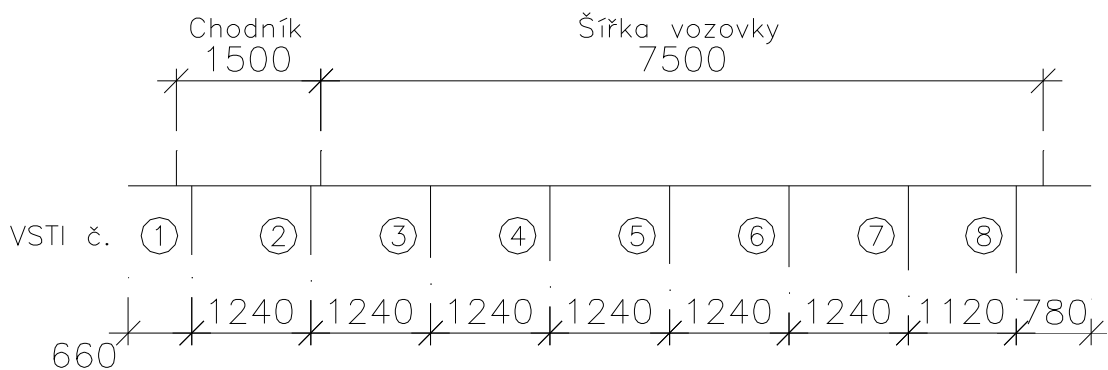
* pozor: na žebra a např. překrývající se efektivní šířku

Popsat co to znamená, že to je jen ukázka modelování žeber na desce. Když jsme to viděl poprvé, tak jsem se v tom snažil vidět ten most



2.2.1.2 Předpětí

Most je předepnut pomocí předem předpjatých kabelů Y1860S7-16,0-A. Na mostě se nachází tři různé typy předepjatých VSTI nosníků.



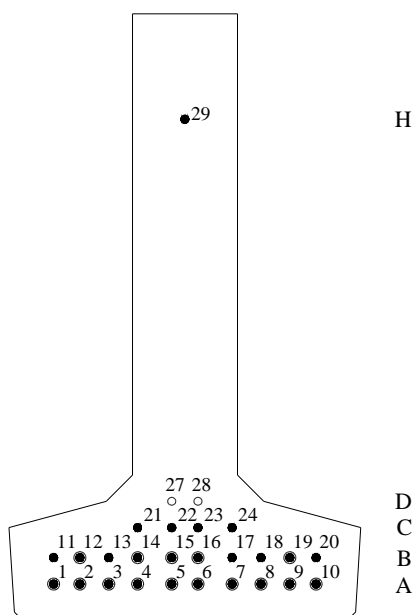
Typ 1 – nosník č. 1

Typ 2 – nosník č. 2 – 7

Typ 3 – nosník č. 8

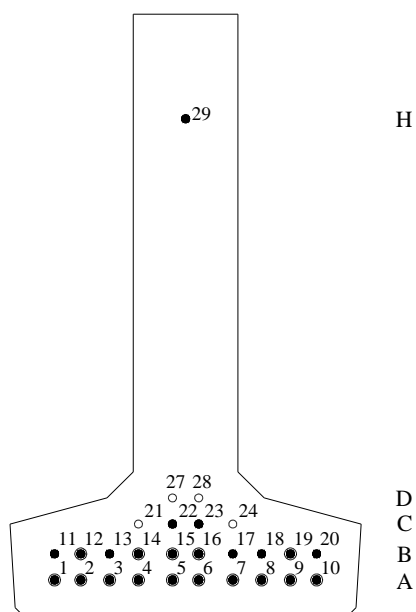
Typ 1

Počet lan/separační délka - L_{sep}		
Řada	Počet lan/separační délka [m]	Celkem lan
H	1/0	1
D	0/0	0
C	4/0	4
B	4/0 + 6/2,0	10
A	4/4,0 + 6/8,0	10



Typ 2

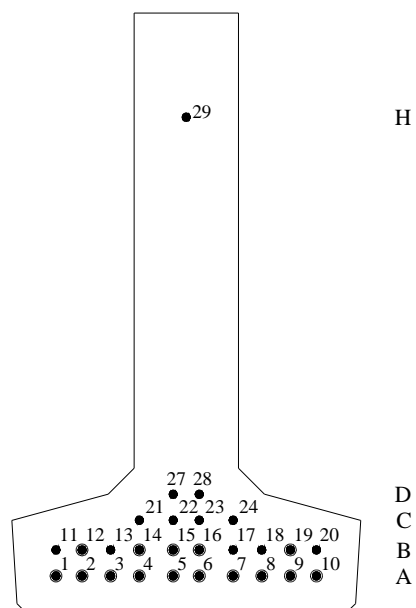
Počet lan/separační délka - L_{sep}		
Řada	Počet lan/separační délka [m]	Celkem lan
H	1/0	1
D	0/0	0
C	2/0	2
B	4/0 + 6/2,0	10
A	4/4,0 + 6/8,0	10



Typ 3

Počet lan/separační délka - L_{sep}

Řada	Počet lan/separační délka [m]	Celkem lan
H	1/0	1
D	2/0	2
C	4/0	4
B	4/0 + 6/2,0	10
A	4/4,0 + 6/9,0	10



2.2.2 Zatížení nahodilá dlouhodobá (v programu modelovaná jako stálá zatížení)

2.2.2.1 Tíha odstranitelných částí a zařízení mostů (vozovka, římsy, svodidla, zábradlí)

Na jeden nosník $g_1 = 3,26 \text{ kN/m}$

2.2.2.2 Zatížení smršťováním a dotvarováním

Je uvažováno podle ČSN EN1992-1-1 – automaticky generováno modulem TDA

2.2.3 Zatížení nahodilá krátkodobá

2.2.3.1 Zatížení silniční dopravou

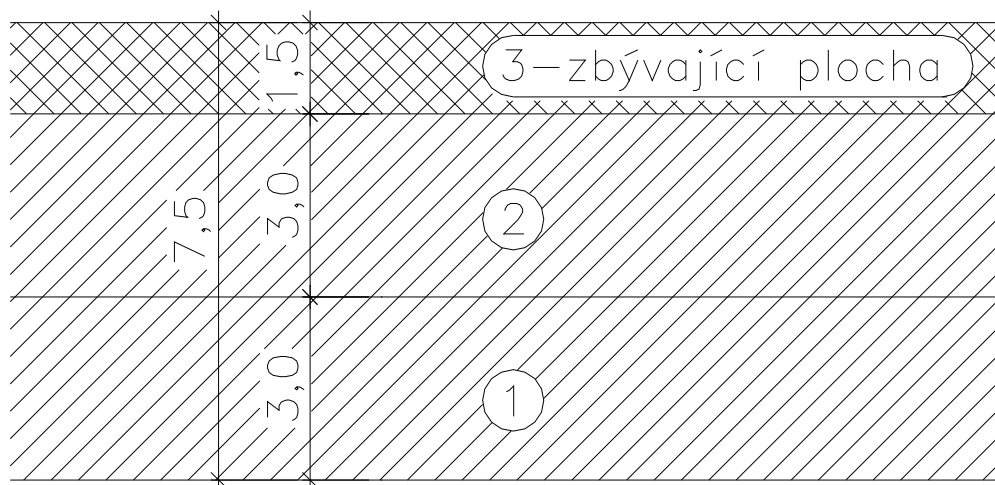
Nahodilé zatížení je uvažováno dle ČSN EN 1991-2 – Zatížení mostů dopravou a zde bylo rozděleno na :

- Zatížení silniční dopravou
- Zatížení chodníků

2.2.3.1.1 Zatížení silniční dopravou

Rozdělení vozovky do zatěžovacích pruhů

Nejprve je nutno rozdělit vozovku do zatěžovacích pruhů dle odstavce 4.2.3. Na této konstrukci je šířka vozovky $w = 7,5\text{m}$. Podle tabulky 4.1 je šířka zatěžovacího pruhu w_1 rovna $3,0\text{m}$ a počet zatěžovacích pruhů roven $n_1 = 2$. Šířka zbývající plochy je pak $7,5 - 2 \times 3 = 1,5\text{m}$.



Modely zatížení

Modely zatížení (Load model – LM) pro svislé zatížení reprezentují následující účinky dopravy:

Model zatížení 1 (Load model 1 – LM1)

Model zatížení 2 (Load model 2 – LM2)

Model zatížení 3 (Load model 3 – LM3)

Model zatížení 4 (Load model 4 – LM4)

A) Model zatížení 1 (Load model 1 – LM1)

Tento model je složen ze dvou dílčích soustav
dvojnáprava – každá náprava o tíze $\alpha_Q * Q_k$
rovnoměrné zatížení - $\alpha_q * q_k$

Charakteristické hodnoty včetně dynamického součinitele jsou převzaty z tabulky 4.2 normy ČSN EN 1991-2.

Tabulka 4.2 – Model zatížení 1 – charakteristické hodnoty

Umístění	Dvojnáprava (TS)	Rovnoměrné zatížení (UDL)
	nápravové síly Q_k [kN]	q_k (nebo q_{rk}) [kN/m ²]
Pruh č. 1	300	9
Pruh č. 2	200	2,5
Pruh č. 3	100	2,5
Ostatní pruhy	0	2,5
Zbývající plocha (q_{rk})	0	2,5

Nutno ještě určit regulační součinitele α , které se stanoví z tabulky národní přílohy NA 2.1. ČSN EN 1991-2

Tabulka NA.2.1 – Hodnoty regulačních součinitelů α pro ČR

skupina pozemních komunikací	α_{Q1}	α_{Q2}	α_{Q3}	α_{q1}	$\alpha_{qi} (i \geq 2)$	α_{qr}
1	0,8	0,8	0,8	0,8	1	1
2	0,8	0,5	0,5	0,5	1	1

Kontaktní plocha kola je 0,4m x 0,4m. Při tloušťce vozovky 120 mm se tyto rozměry zvýší roznosem pod úhlem 45° na horní hranu spřažené desky na rozměr 0,64 x 0,64m = 0,41m². Zatěžovací soustava pro náš most bude potom vypadat takto:

Pruh č. 1

dvojnáprava - $\alpha_Q * Q_k = 0,8 * 300 = 240\text{kN}$ – na plochu kola = > 292,68 kN/m²

rovnoměrné zatížení - $\alpha_q * q_k = 0,8 * 9,0 = 7,2\text{kN/m}^2$

Pruh č. 2

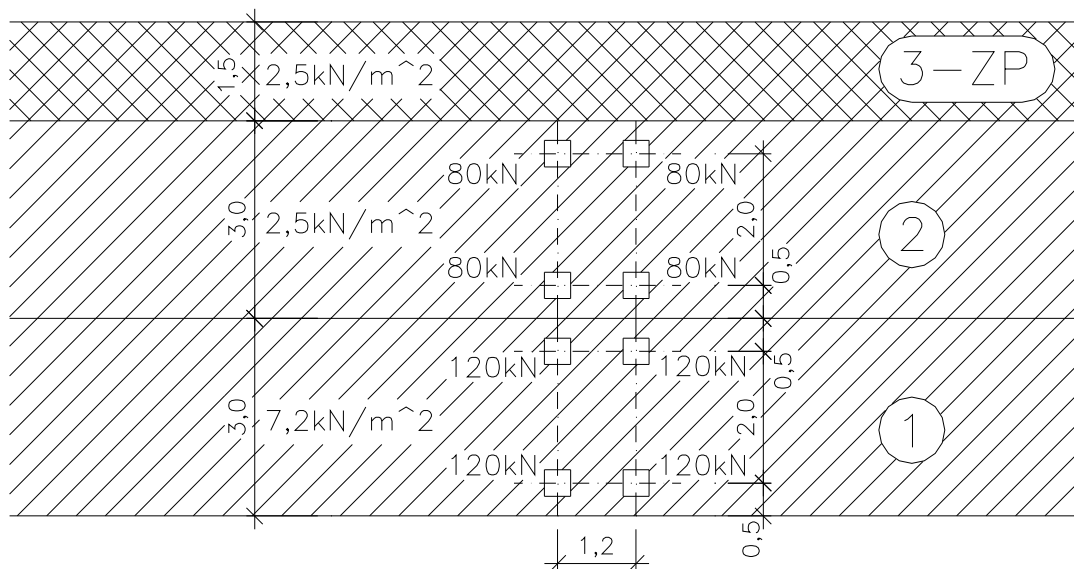
dvojnáprava - $\alpha_Q * Q_k = 0,8 * 200 = 160\text{kN}$ – na plochu kola = > 195,12kN/m²

rovnoměrné zatížení - $\alpha_q * q_k = 1,0 * 2,5 = 2,5\text{kN/m}^2$

Zbývající plocha

dvojnáprava - není

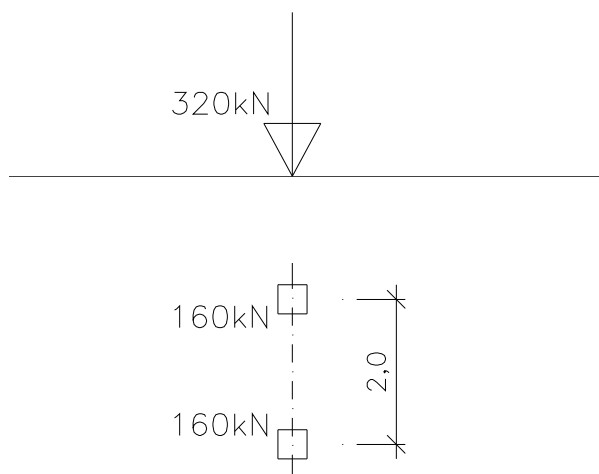
rovnoměrné zatížení - $\alpha_{qr} * q_k = 1,0 * 2,5 = 2,5\text{kN/m}^2$



B) Model zatížení 2 (Load model 2 – LM2)

Představuje jednu nápravovou sílu $\beta_Q \cdot Q_k$, působící kdekoli na vozovce, kde $Q_k = 400\text{kN}$, $\beta_Q = \alpha_{Q1} = 0,8$; lze také použít pouze jedno kolo. Kontaktní plocha kola je $0,35\text{m} \times 0,6\text{m}$. Při tloušťce vozovky 120 mm se tyto rozměry zvýší roznosem pod úhlem 45° na horní hranu spřažené desky na rozměr $0,59 \times 0,84\text{m} = 0,50\text{m}^2$.

Celkově: $\beta_Q \cdot Q_k = 0,8 \cdot 400 = 320\text{kN}$ – na plochu kola $\Rightarrow 322,84\text{kN/m}^2$



C) Model zatížení 3 (Load model 3 – LM3)

Model zatížení 3 se použije pouze tam, kde to stanoví příslušný úřad. Zde LM3 nepoužijeme.

D) Model zatížení 4 (Load model 4 – LM4)

Pokud je potřeba uvažovat zatížení davem lidí, má se toto zatížení uvažovat jako rovnoměrné zatížení (již zahrnující dynamický součinitel) rovné 5 kN/m^2 . Zde nebude rozhodující.

2.2.3.2 Zatížení chodníků

Pro chodníky na mostech pozemních komunikací se má definovat rovnoměrné zatížení $q_{fk} = 5,0 \text{ kN/m}^2$ (dle 5.3.2.1).

Zatížení silniční dopravou (pohyblivé zatížení) bude vyhodnoceno pro pojezd zatěžovacích soustav po konstrukci na prostorovém modelu. Vyhodnocení bude provedeno pro ohybové momenty, posouvající síly, normálové síly, reakce a deformace.

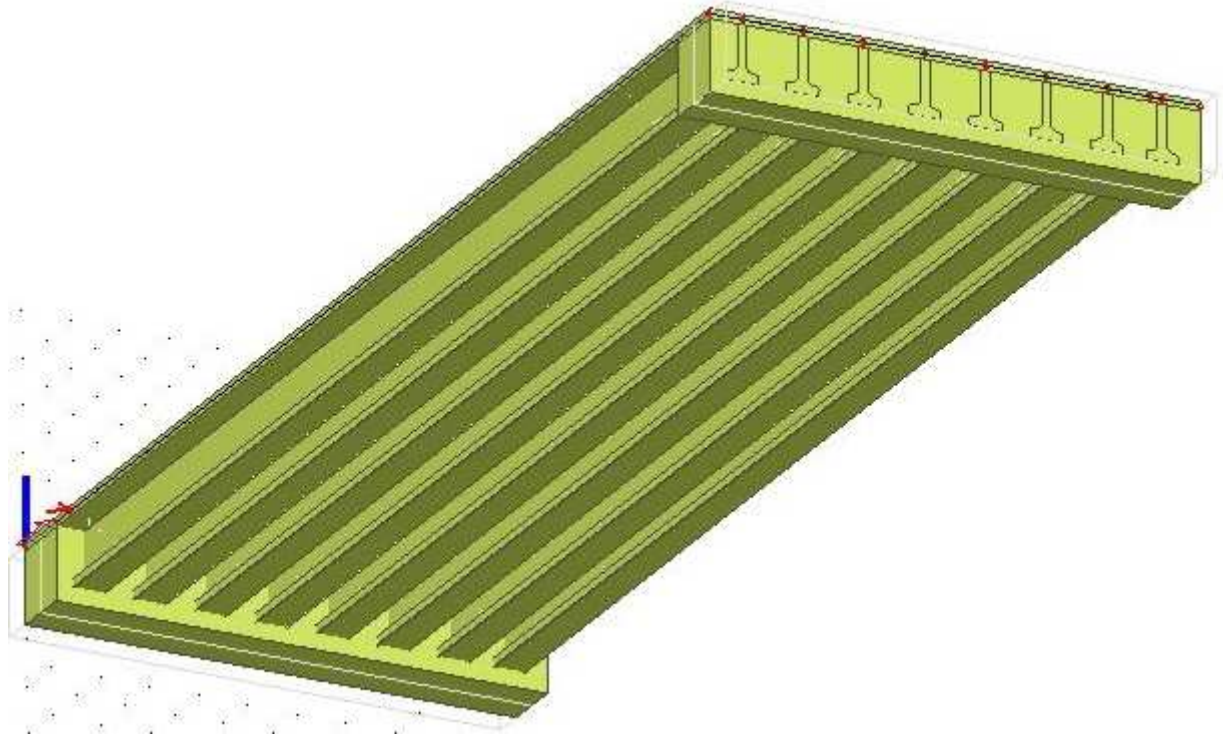
Poznámka: Zatížení teplotou, poklesy podpor, vítr a jiné byly v tomto ukázkovém příkladu pro jednoduchost zanedbány. Mohou však mít významný vliv na únosnost konstrukce.

2.3 Postup výpočtu

Výpočet je proveden na dvou modelech lineárně metodou konečných prvků.

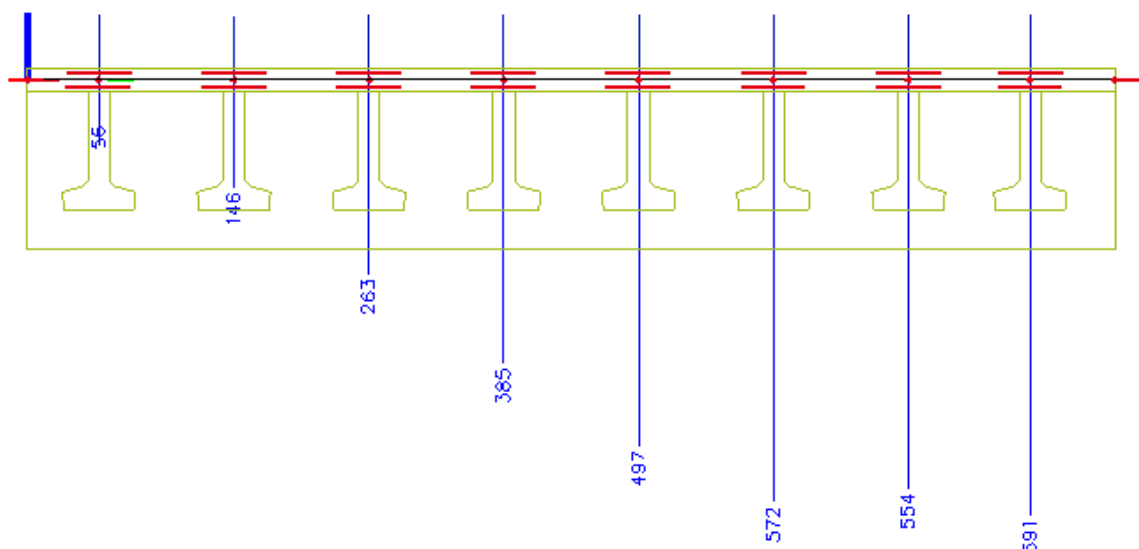
2.3.1 Prostorový model

Pro stanovení účinků pohyblivého zatížení byl vytvořen prostorový deskostěnový model. Tento model byl vytvořen pomocí desek s žebry. Na tomto modelu byly vypočteny čáry příčného roznášení vybraných nosníků. Výpočet čar příčného roznosu ani tvorba modelu zde nejsou podrobně rozepsány. (viz Tutorial¹_VSTI_bridge_2D)



Nosník č.8 – kraj bez chodníku

Lineární výpočet, Extrém : Prut, Systém : Hlavní, Žebro Výběr : Vše Zatěžovací stavy : LC8									Procento pořadnice
Prut	Stav	dx [m]	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	Mx [kNm]	My [kNm]	Mz [kNm]	%
B1	LC8	14,15	-42,4	6,36	0,01	-2,66	55,34	14,61	1,8
B2	LC8	14,15	-49,47	7,82	2,17	-1,9	146,3	16,23	4,8
B3	LC8	14,15	-29,04	5,77	1,31	-4,05	263,77	16,09	8,6
B4	LC8	14,15	-3,1	7,38	22,56	-1,07	385,54	16,52	12,6
B5	LC8	14,15	18,53	6,68	31,8	0,13	497,13	15,71	16,2
B6	LC8	14,15	10,81	3,35	45,71	-2,53	573,03	6,96	18,7
B7	LC8	14,15	-37,13	1,22	24,66	-2,7	554,16	-10,95	18,1
B8	LC8	14,15	-140,64	7,1	3,38	-0,78	591,17	57,18	19,3
SUMA							3066,4		100,0




Z předcházejícího rozboru je zřejmé, že v daném řezu je nejvíce namáhaný nosník č.8, který přebírá téměř 19,3% se zatížení modelem LM1. Moment M_y od tohoto zatížení bude následně vložen do prutového modelu jako nahodilé zatížení.

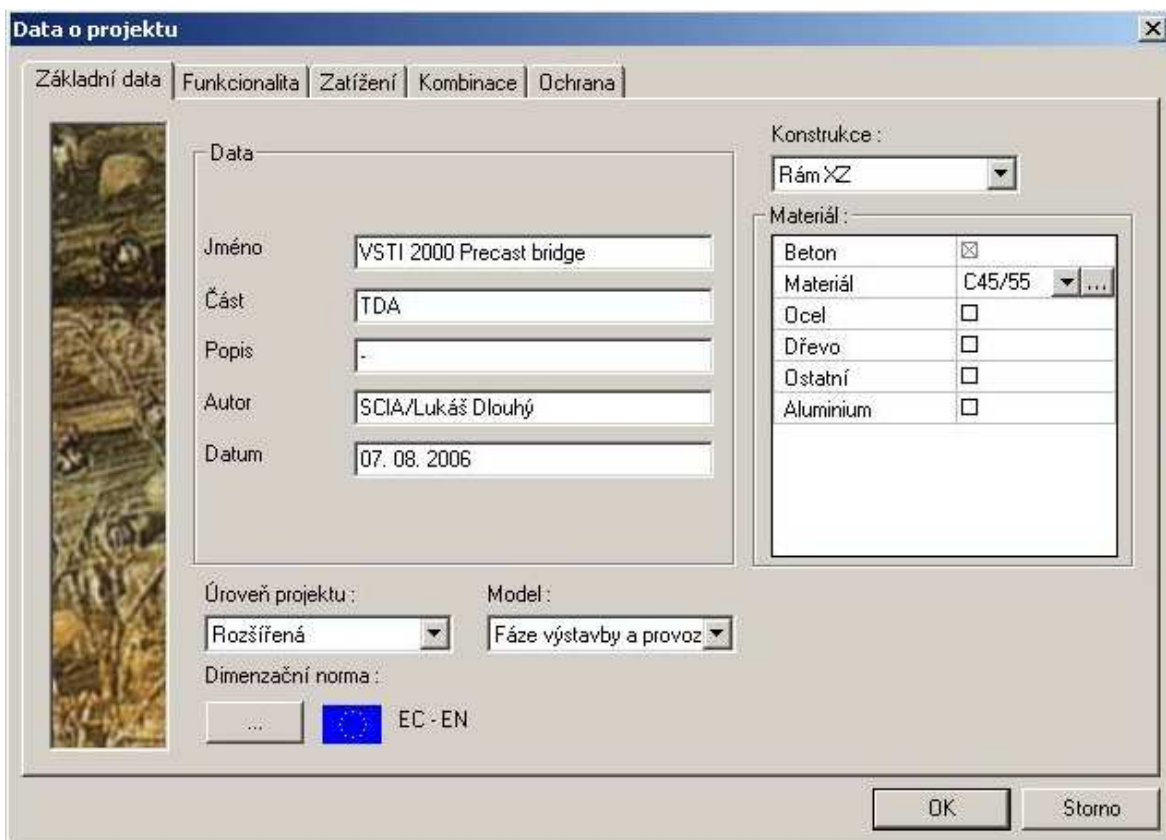
2.3.2 Prutový model

Pro výpočet stálých zatížení a účinků smršťování a dotvarování byl vytvořen prutový model vybraného nosníku (nejvíce namáhaný – nosník č. 8). Výpočet byl proveden časově závislou analýzou s vlivem dotvarování a smršťování betonu, kdy byla zohledněna změna příčného řezu i změna uložení. Funkce dotvarování je použita podle předpisu ČSN EN1992-1-1.

3. Modelování

3.1 Založení projektu

Kliknutím na ikonku **Nový**  se spustí dialog pro zadání základních dat o projektu.



Data o projektu

Základní data | Funkcionalita | Zatížení | Kombinace | Ochrana

Data

Jméno: VSTI 2000 Precast bridge

Část: TDA

Popis: -

Autor: SCIA/Lukáš Dlouhý

Datum: 07. 08. 2006

Konstrukce: Rám XZ

Materiál:

Beton	<input checked="" type="checkbox"/>
Materiál	C45/55
Ocel	<input type="checkbox"/>
Dřevo	<input type="checkbox"/>
Ostatní	<input type="checkbox"/>
Aluminium	<input type="checkbox"/>

Úroveň projektu: Rozšířená

Model: Fáze výstavby a provoz

Dimenzační norma: EC-EN

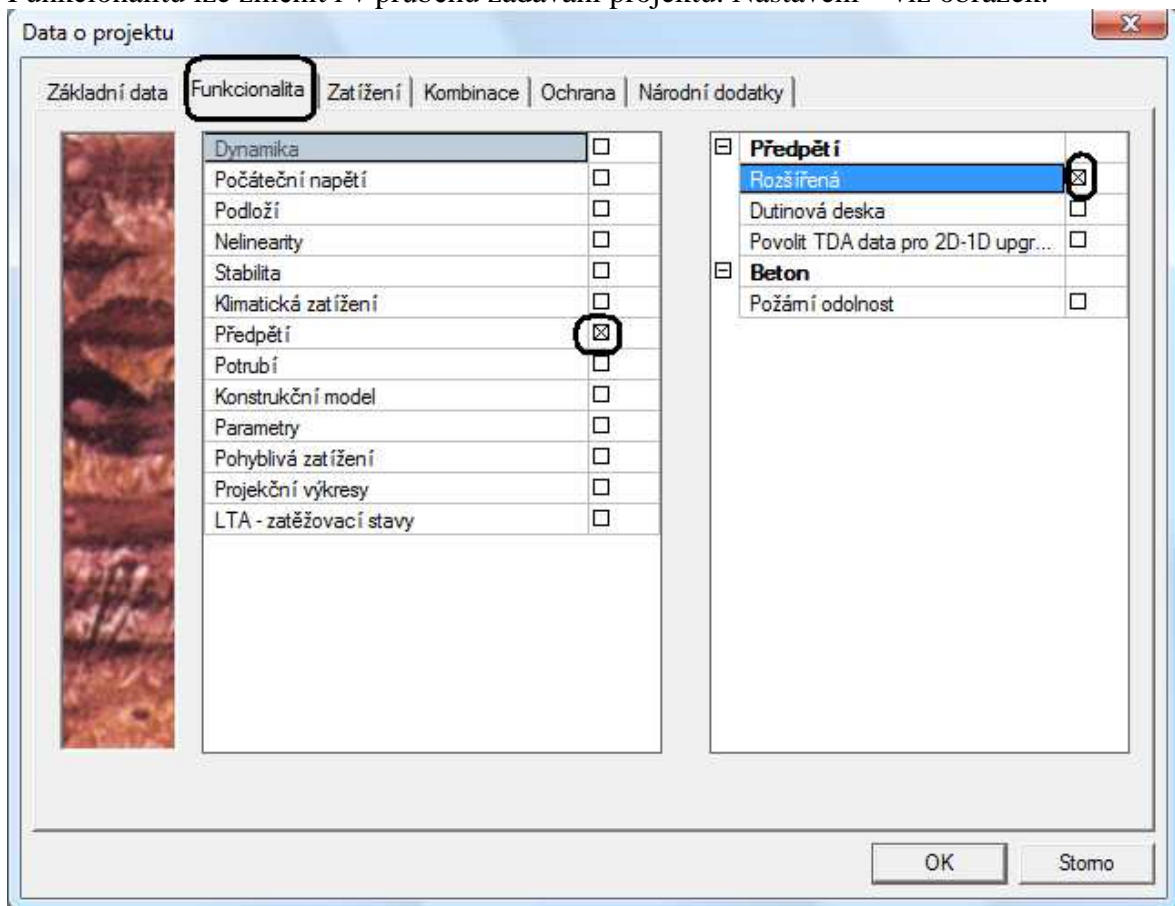
OK Storno

Pro časově závislou analýzu konstrukce je nutné nastavit typ konstrukce na **Rám XZ**. Pro posouzení předpjatého betonu podle Eurokódu nastavíme normu **EC-EN**

Poznámka:


- 1) Pro zobrazení všech dostupných funkcí doporučujeme zvolit **Úroveň projektu > Rozšířená**
- 2) Abychom mohli pracovat s fázemi výstavby, je nutné zvolit v roletě **Model > Fáze výstavby a provozu**.

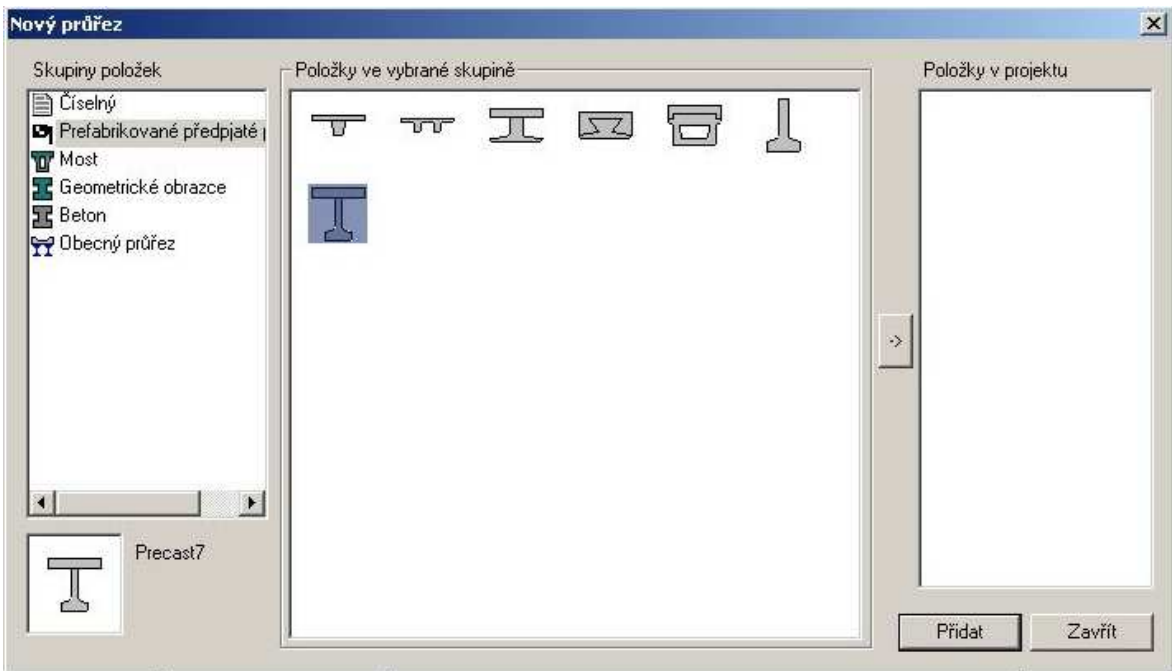
Na kartě **Funkcionalita** lze ovlivnit, které možnosti a volby budou v programu k dispozici. Funkcionalitu lze změnit i v průběhu zadávání projektu. Nastavení – viz obrázek.



Po potvrzení **OK** dojde k založení prázdného projektu.

3.2 Průřezy

Kliknutím na ikonku  se spustí **Správce průřezů**, ve kterém si vytvoříme průřezy, které budeme v modelu používat. Při prvním otevření **Správce průřezů** nebo kliknutím na tlačítko **Nový** se spustí dialog **Nový průřez**.



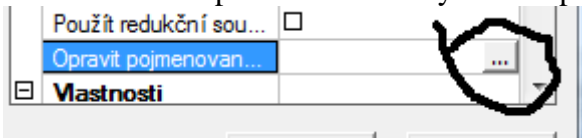
V položce **Prefabrikované předpjaté průřezy** lze zvolit typ průřezu VSTI nosníku se spraženou železobetonovou deskou > **Precast 7**.

Tento typ průřezu je již přednastaven jako fázovaný průřez (obecně je nutno fázovaný průřez zadávat pomocí dialogu **Obecný průřez**, avšak některé prefabrikované průřezy jsou již implicitně přednastaveny jako fázované).

Průřez má následující vlastnosti, které lze v pravé části dialogu editovat.

Jméno	VSTI
Typ	Precast7
Detailní	200, 50, 620, 1...
Parametry	
Materiál	C45/55
Materiál	C30/37
b1 [mm]	200
b2 [mm]	50
b3 [mm]	620
b4 [mm]	10
b5 [mm]	15
b6 [mm]	1240
h1 [mm]	875
h2 [mm]	50
h3 [mm]	50
h4 [mm]	160
h5 [mm]	15
h6 [mm]	210
Obecný	
Použitá barva	Standardní ba
Barva	
Editovatelné vl...	<input checked="" type="checkbox"/>
Editovatelný v...	<input checked="" type="checkbox"/>
Vzpěr y-y	b

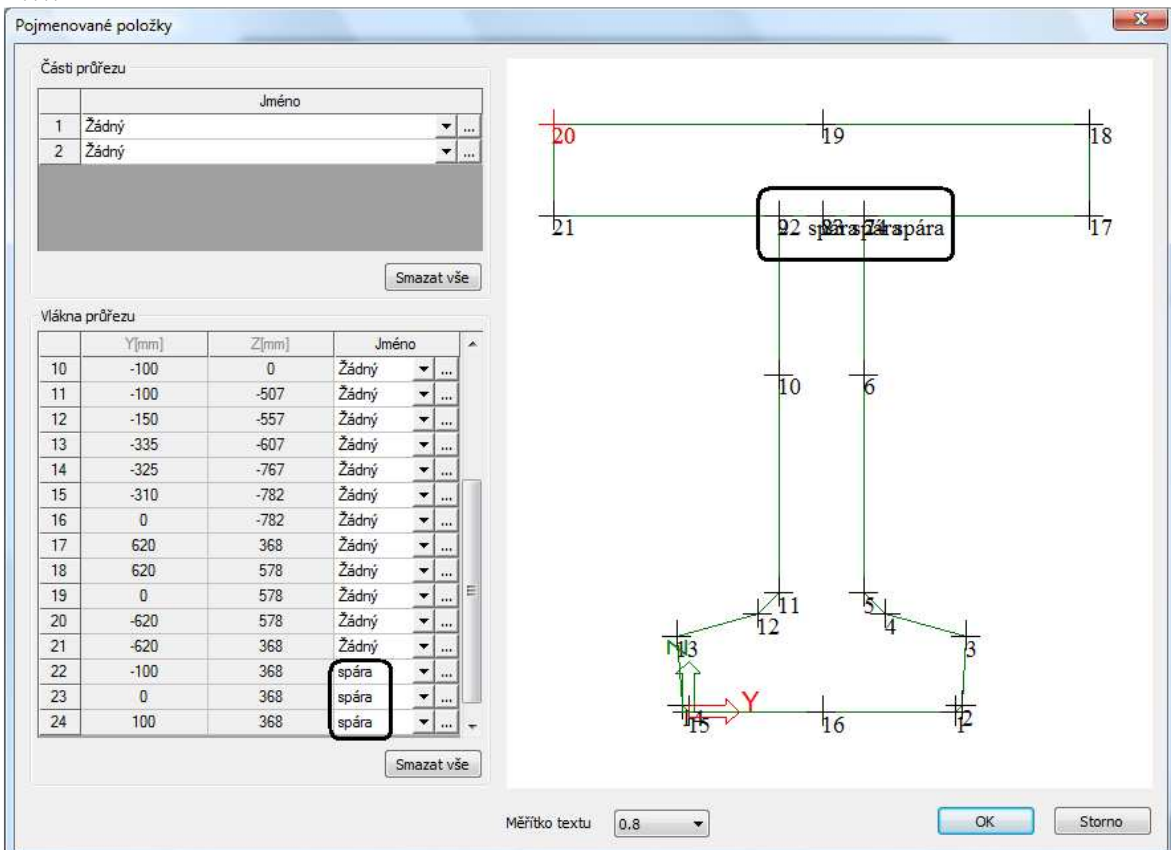
Ve vlastnostech průřezu můžete využít tl. opravit pojmenované položky.



Zobrazí se Vám pojmenovaná položky typu

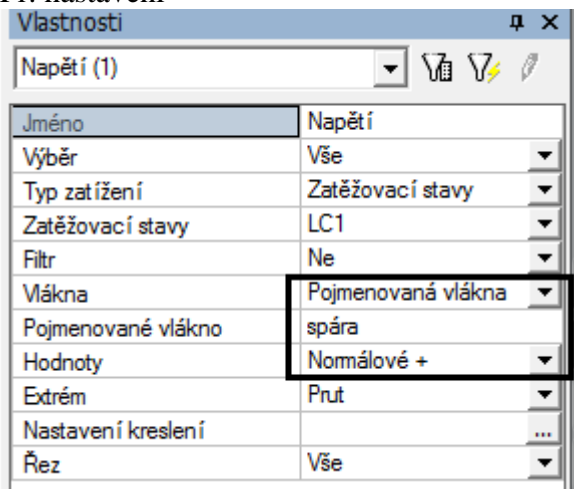
- části průřezu
- vlákna průřezu

Vy si potom můžete tato vlákna a části průřezu pojmenovat např. spára, horní vlákno, fáze 1....



Po provedení výpočtu MKP lze spočítat a zobrazit výsledky např. normálového napětí v pojmenovaných vláknech, dovolených hlavních tahů pro pojmenovanou fázi průřezu. Tyto vlastnosti jsou dostupné v položkách Výsledky a Posudky betonových prvků.

Př. nastavení



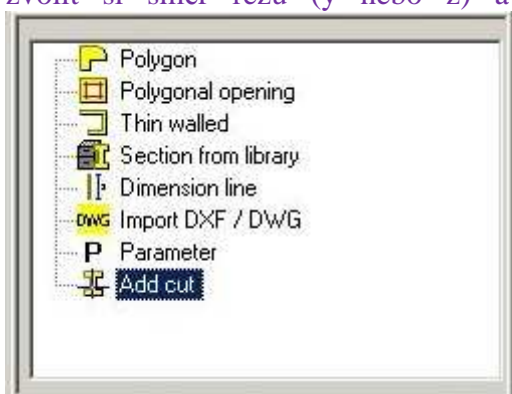
Poznámky k vlastnostem průřezu:

Zadávání pojmenovaných řezů v průřezu

1) U obecného průřezu si uživatel může nastavit řezy přes tlačítko Přidat řez v editoru obecného průřezu v

- bodě
- odsazením od hrany

zvolit si směr řezu (y nebo z) a přiřadit danému řezu pojmenovanou položku.



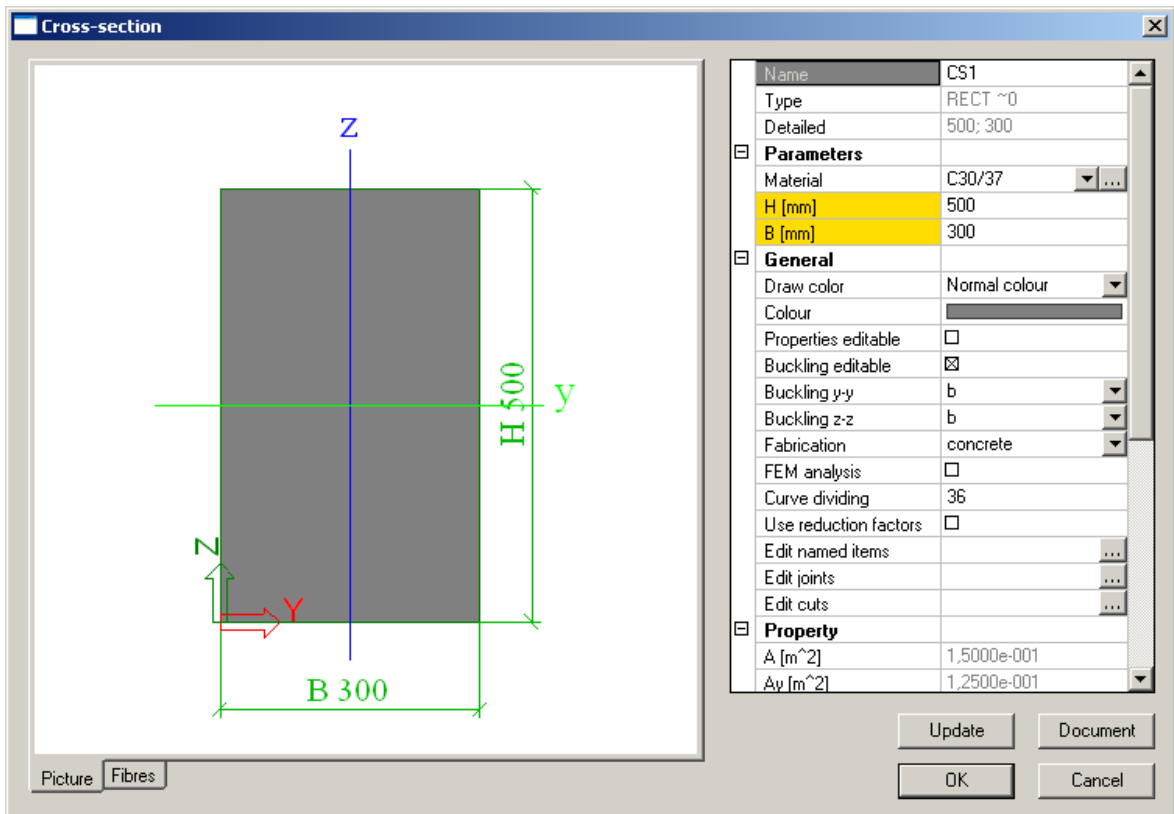
Addition of cut	
Name	CU2
Geometry	
Type	Fibre + offset
Fibre	Point
Offset Y [mm]	Fibre + offset
Offset Z [mm]	0
Cut	
Number of cut	0
Name of cut	None
Cut Y	<input checked="" type="checkbox"/>
Cut Z	<input type="checkbox"/>

Jméno	P5
Souřadnice ...	
Souř. Y [mm]	-300
Souř. Z [mm]	450
Souřadnice ...	
Souř. uy [mm]	-300
Souř. uz [mm]	450
Řezy	
Řez Y	<input checked="" type="checkbox"/>
Řez Z	<input type="checkbox"/>

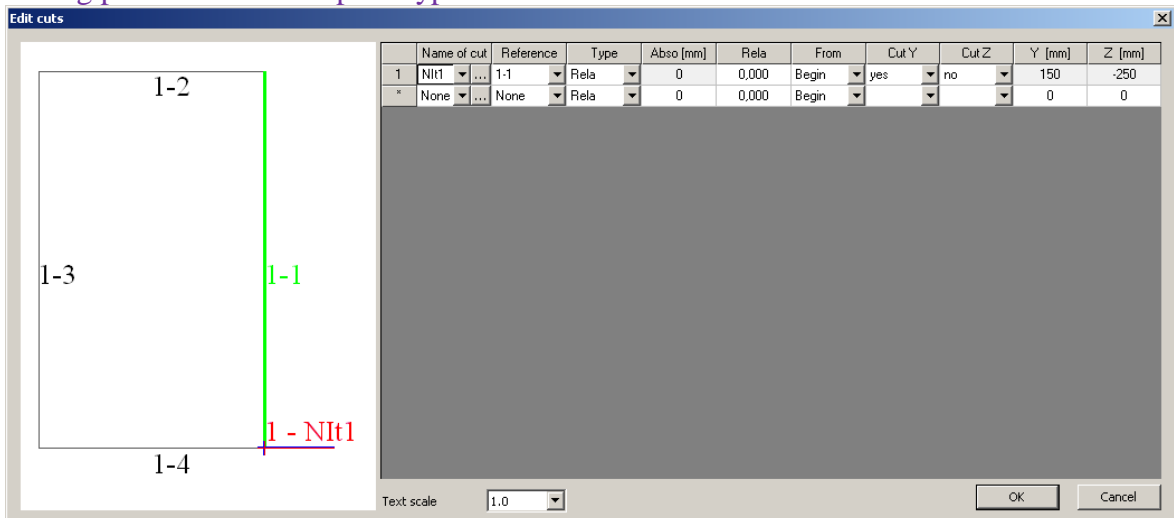


V těchto pojmenovaných řezech si uživatel může vyhodnotit posudek napětí v hlavním tahu.

U databázového průřezu si uživatel může nastavit řezy přes tlačítko Editovat řezy

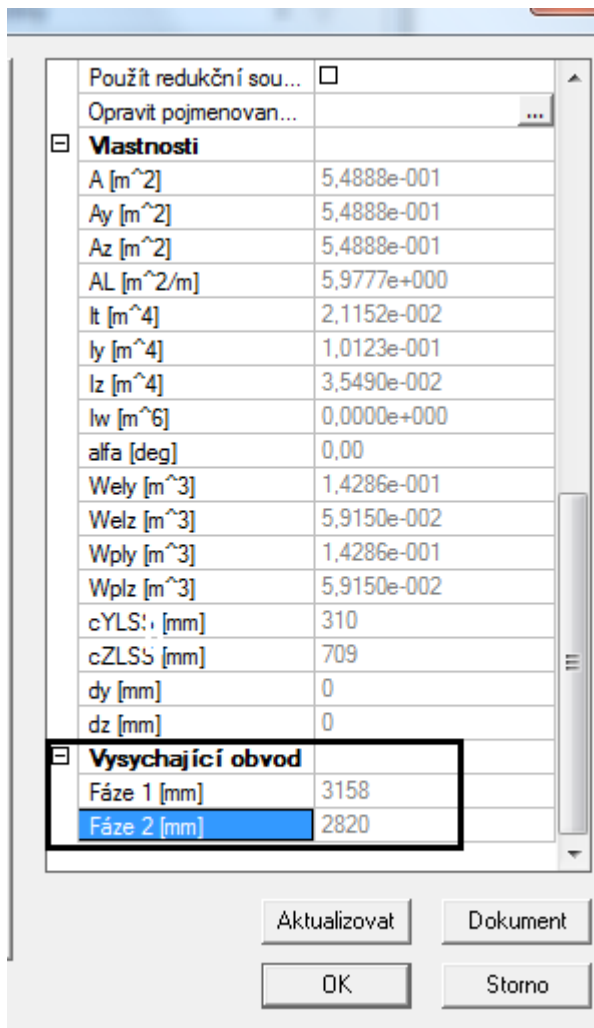


Dialog pro zadávání řezů poté vypadá následovně

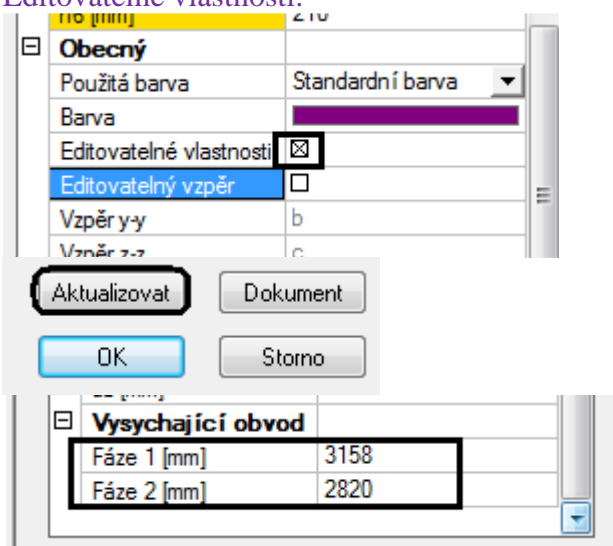


(Pokud zde chceš popsat zadávání řezů, tak bych to popsal pro obecný průřez a pro databázový zvlášť)

2) Ve vlastnostech průřezu lze vidět parametr vysychající obvod. Rozhoduje, jakým způsobem bude konstrukce smršťovat.




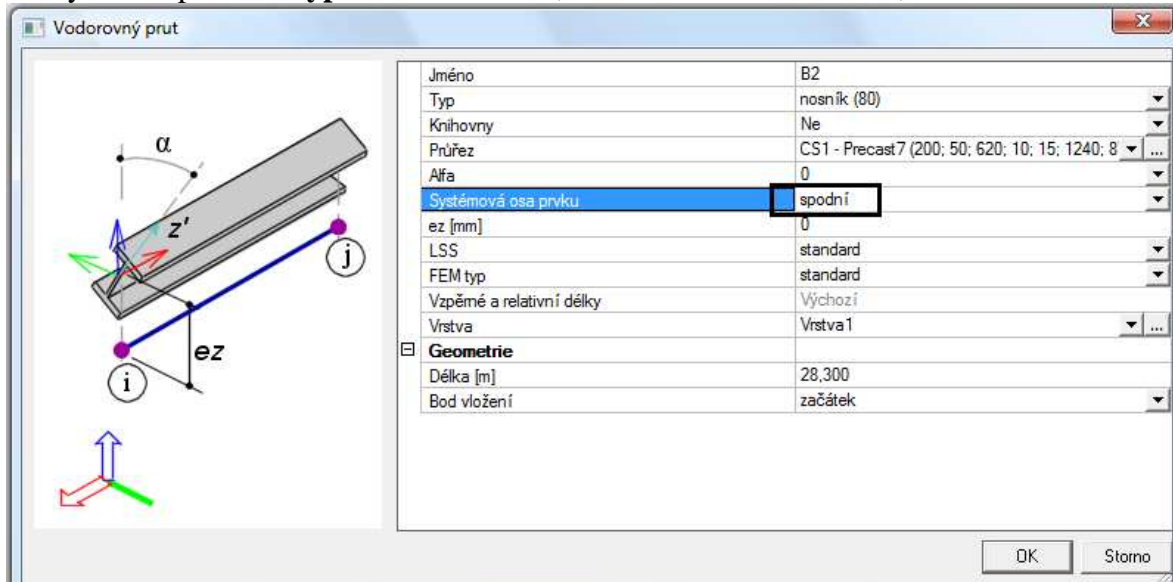
3) Pokud by bylo třeba nějakou položku z vlastností průřezu editovat, použije se přepínač Editovatelné vlastnosti.




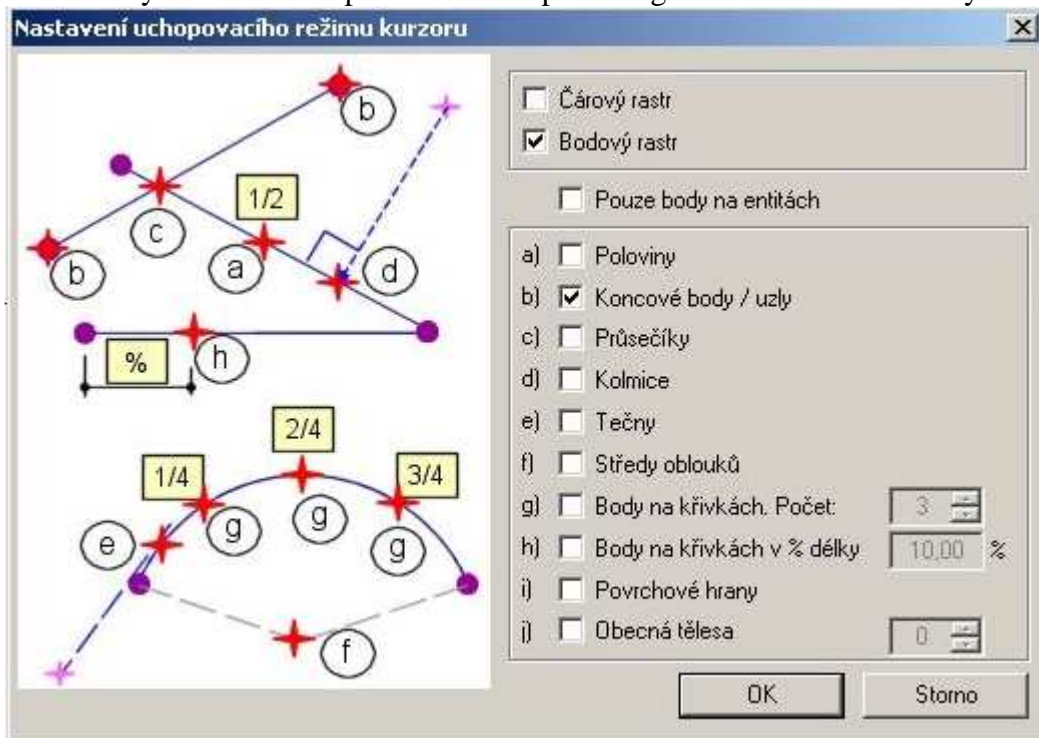
3.3 Zadání geometrie a okrajových podmínek

3.3.1 Geometrie

Geometrii nosníku vytvoříme příkazem **Konstrukce > Vodorovný prut**.  Vodorovný prut
Ve výběrové položce **Typ** zvolíme **Nosník**, zadáme délku nosníku 28,3 m.

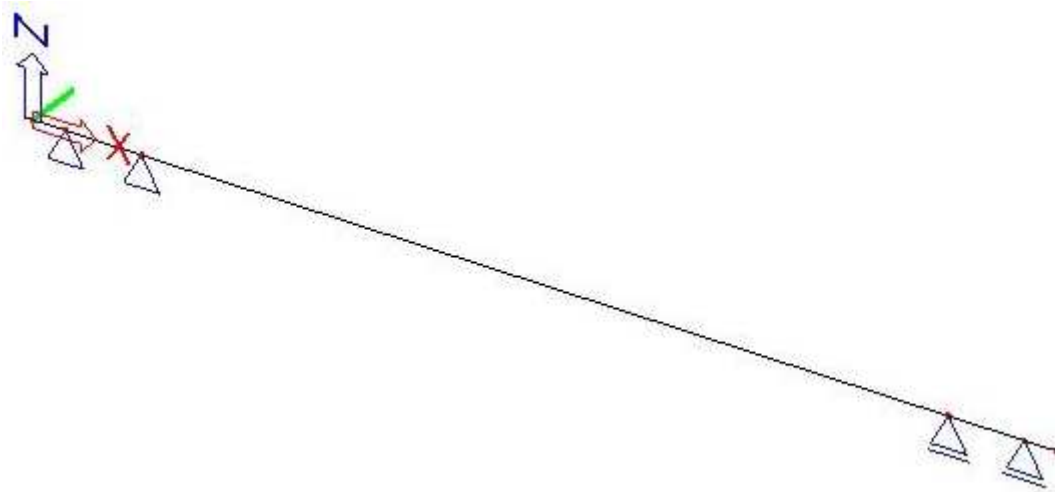



Potvrdíme a určíme počáteční bod nosníku. Pro zadání je vhodné si nastavit uchopovací režim na bodový rastr  a prut umístit do počátku globálního souřadného systému.



3.3.2 Okrajové podmínky



Dále je třeba zadat okrajové podmínky konstrukce, a to jak podepření při výrobě (3,0m od okraje nosníku) tak i skutečné podepření v konstrukci (0,9m od okraje nosníku).

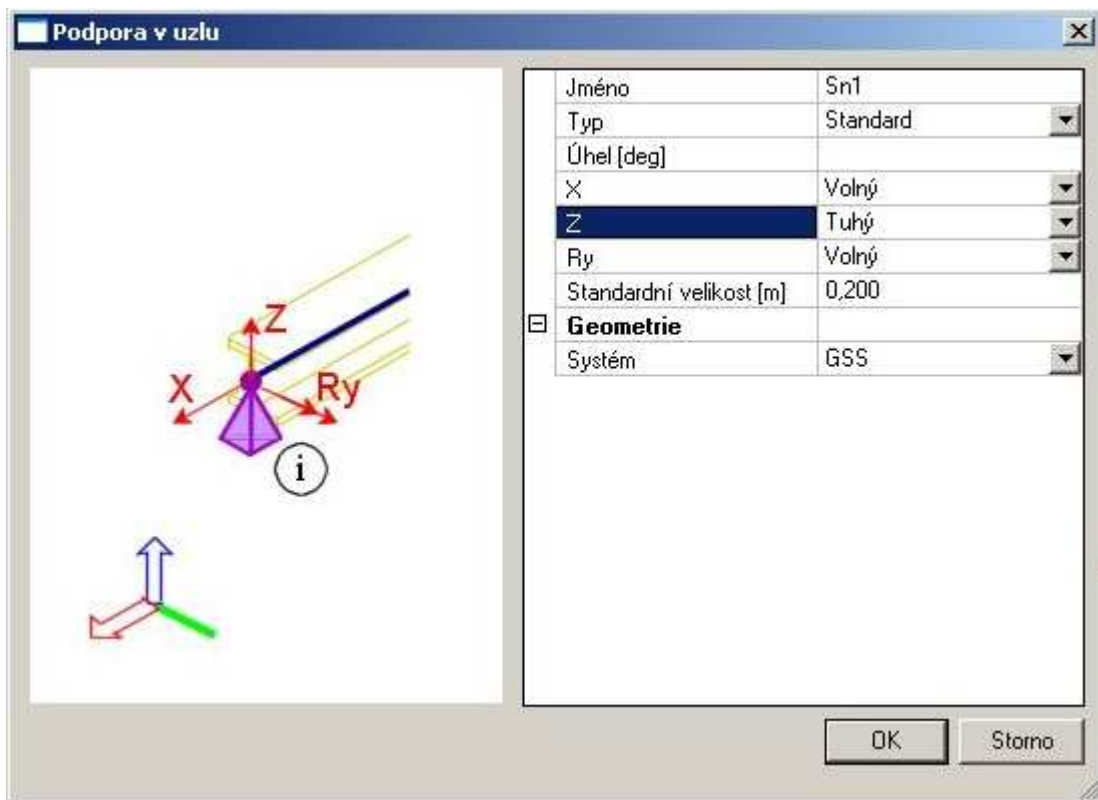


Nejprve však musíme vytvořit uzel, do kterého bude vložena podpora. K tomuto slouží příkaz **Konstrukce > Uzly na prutu**.  Vybereme požadovaný prut a zadáme souřadnicemi v příkazovém řádku polohu daného uzlu. Postupně tedy vložíme uzel na prut do souřadnice 0,9;0, pak 3;0, dále 25,3;0 a nakonec 27,4;0.

Poznámka: Souřadnice se v programu Esa zadávají oddělené středníkem nebo mezerou, desetinné místo se odděluje čárkou, ne tečkou (v české verzi Windows).

Příklad: 7,25;-6,23 nebo 7,25 -6,23

Podpěření lze zadat pomocí **Konstrukce > Podpora - v uzlu** . Zadáme podpory zabraňující posunu v ose Z a na jedné straně nosníku i ve směru osy X. Abychom podpory viděli, je nutné mít stisknutou ikonku **Zobrazit / skrýt podpory** .



3.4 Zatížení

3.4.1 Zatěžovací stavy

V úloze nadefinujeme tyto zatěžovací stavy podle kapitoly 2.3 a naplníme hodnotami takto:

LC1 – Vlastní tíha – zatížení typu vlastní tíha, generována automaticky programem

LC2 – Předpětí – zatížení typu předpětí, popsáno níže v textu, kapitola 3.5

LC3 – Vlastní tíha desky – zatížení typu vlastní tíha, generována automaticky programem

LC4 – Změna uložení – zatěžovací stav typu stálé, tento stav obsahuje fáze výstavby, při které jsou odebrány montážní podpory a definovány finální.

LC5 – Ostatní stálé - zatěžovací stav typu stálé, rovnoměrné spojitě zatížení o velikosti -3,26kN/m

LC6 – Uvedení do provozu - prázdný zatěžovací stav typu stálé zatížení, potřebný pro vytvoření fází výstavby

LC7 – Provoz 100 let – prázdný zatěžovací stav typu stálé zatížení, potřebný pro vytvoření fází výstavby a provozu, předpokládaná životnost konstrukce.

LC8 – Vozidlo – zatěžovací stav typu nahodilé krátkodobé zatížení. Hodnota vnitřní síly se určí s plošného modelu 2D jako maximální hodnota z možných zatížení z kapitoly 2.3.3

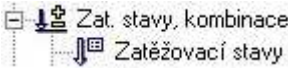
Poznámky k nahodilému dlouhodobému zatížení:

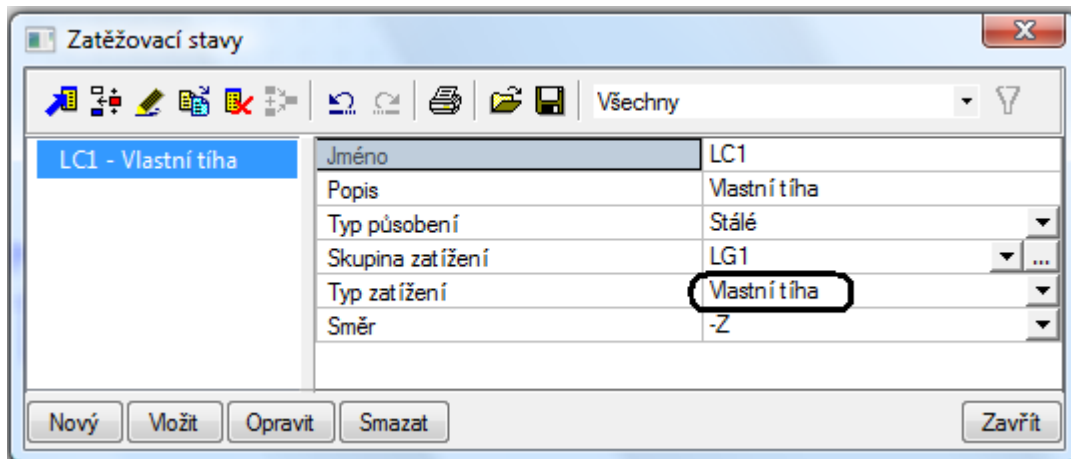
1) je aplikováno po dosažení 28 dní (E28) pevnosti betonu.

2) jen typ dlouhodobé pracuje s modulem TDA

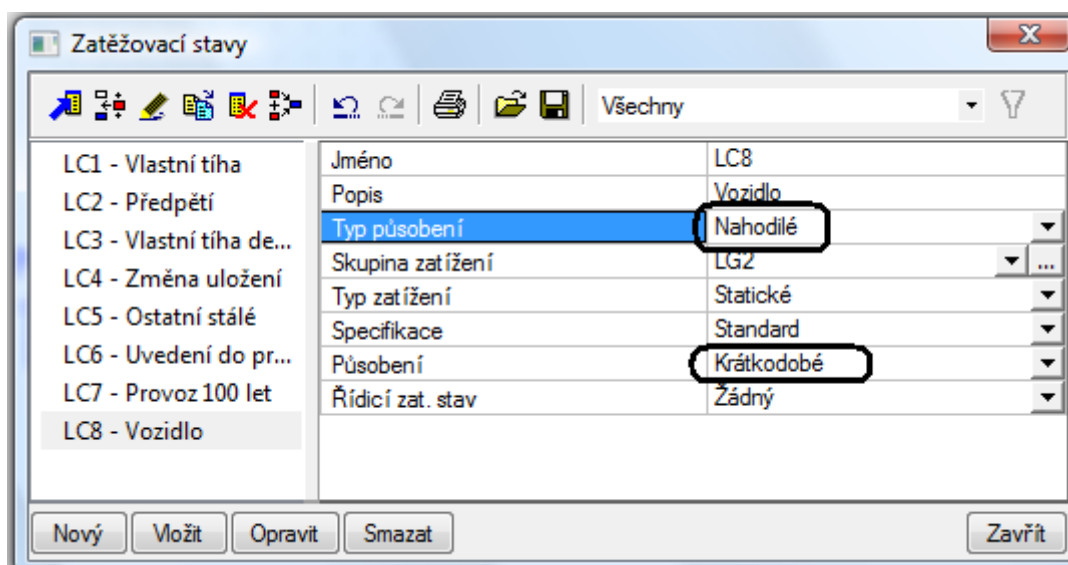
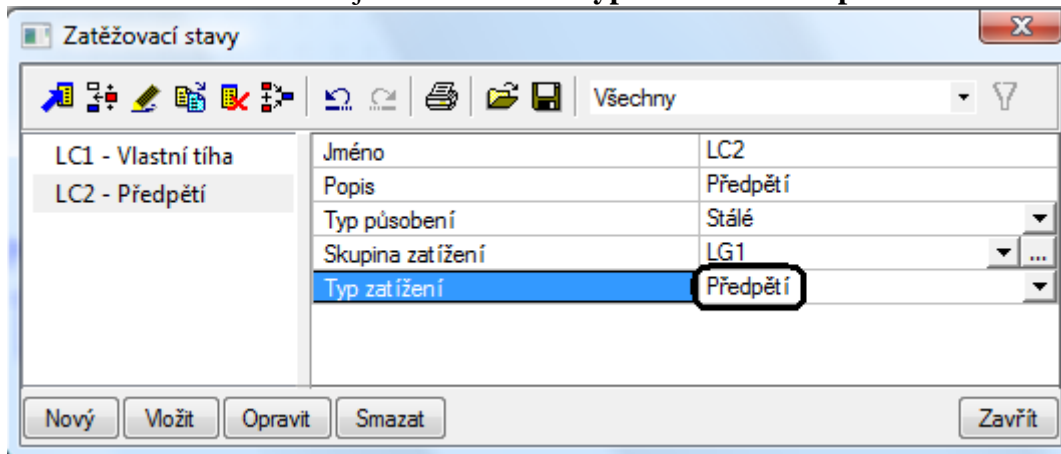
3.4.2 Zadání zatížení

Pro zadání zatížení je nutné si připravit zatěžovací stavy popsané výše, do kterých se zatížení bude zadávat.

Kliknutím na větev  program automaticky zobrazí dialog a založí zatěžovací stav LC1. Pro zatěžovací stav LC1 napíšeme do okna **Popis** název **Vlastní tíha** (bude jen v úrovni skutečně deformovaného průřezu) a Typ působení bude **Stálé** a Typ zatížení **Vlastní tíha**



U zatěžovacího stavu LC2 je nutné nastavit **Typ zatížení – Předpětí**.

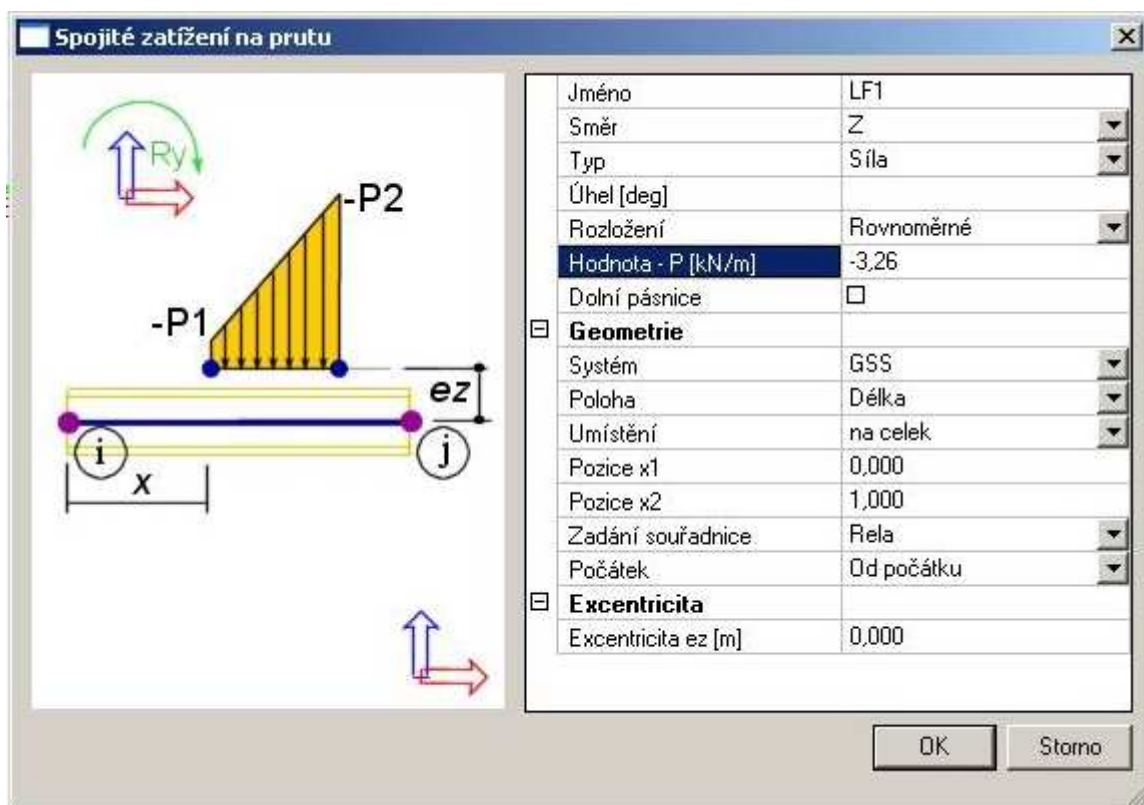


Přehled zatěžovacích stavů:

Zatěžovací stavy

Jméno	Typ působení	Skupina zatížení	Typ zatížení	Specifikace	Působení	Směr	Řídicí zat. stav	Popis
LC1	Stálé	LG1	Vlastní tíha			-Z		Vlastní tíha
LC2	Stálé	LG1	Předpětí					Předpětí
LC3	Stálé	LG1	Vlastní tíha			-Z		Vlastní tíha desky
LC4	Stálé	LG1	Standard					Změna uložení
LC5	Stálé	LG1	Standard					Ostatní stálé
LC6	Stálé	LG1	Standard					Uvedení do provozu
LC7	Stálé	LG1	Standard					Provoz 100 let
LC8	Nahodilé	LG2	Statické	Standard	Krátkodobé		Žádný	Vozidlo

Vlastní zadávání se provádí ve větvi **Zatížení** po výběru příslušného zatěžovacího stavu (LC) a kliknutí na vhodnou větev. Například pro zadání LC5 – Ostatní stálé, použijeme **Spojitě zatížení - na prutu**. Toto zatížení má hodnotu $-3,26\text{kN/m}$ ve směru globální osy Z.



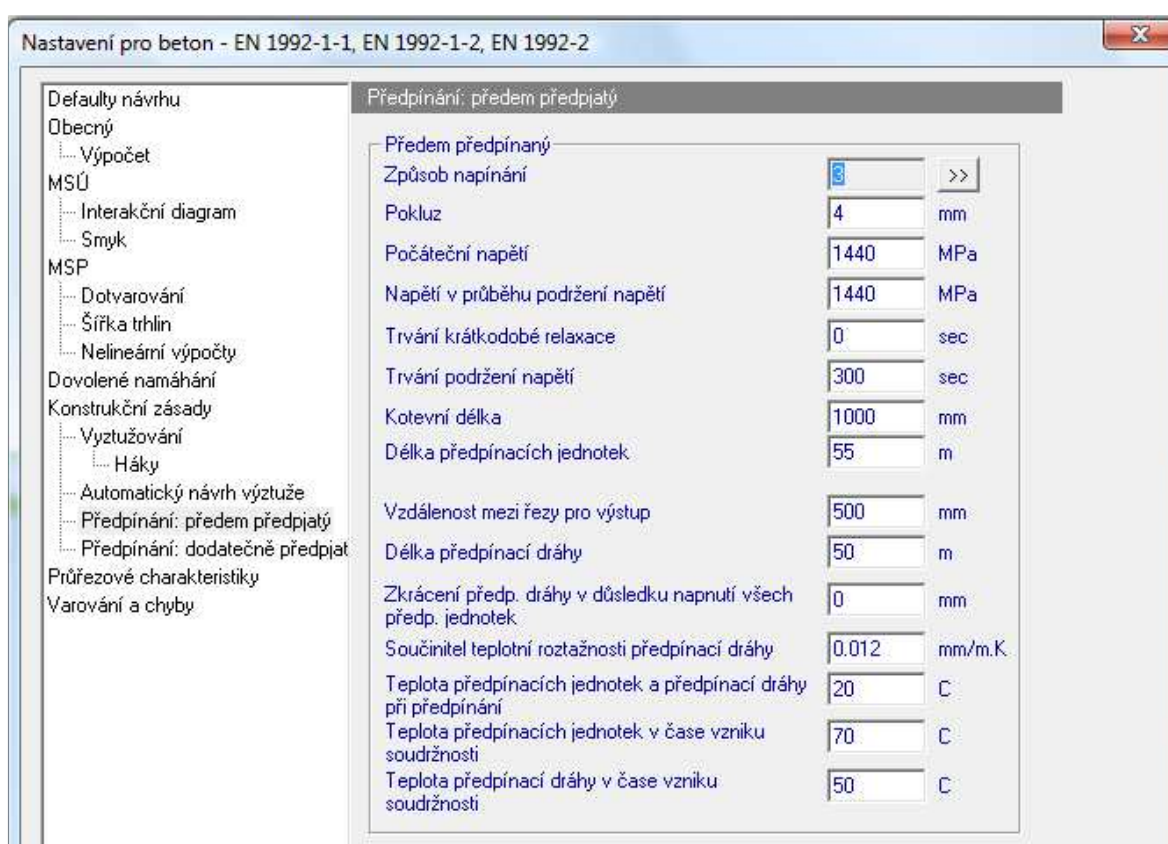
3.5 Předpětí

Předem předpjeté kabely se zadávají pomocí šablon kabelů, přičemž se předpokládá symetrické umístění v nosníku. Znamená to, že se bude definovat pouze jedna (symetrická) polovina kabelu po délce prutu.

Zadání se provádí ve čtyřech krocích:

- Definice čelní desky předpjetého prefabrikátu, tzn. rozmístění otvorů v "čelní desce".
- Zadání šablony kabelů v průřezu, tzn. určení, které otvory v "čelní desce" budou "vyplněny" lanem/drátem/předpínací tyčí.
- Zadání parametrů předpínací dráhy (lze spojit s dalším bodem)
- Umístění šablony kabelů nosníku, což znamená zadání tvaru lan/drátů/tyčí po délce nosníku.

Nastavení vlastností předem předpjetých kabelů se provádí z dialogu **Beton > Nastavení**.



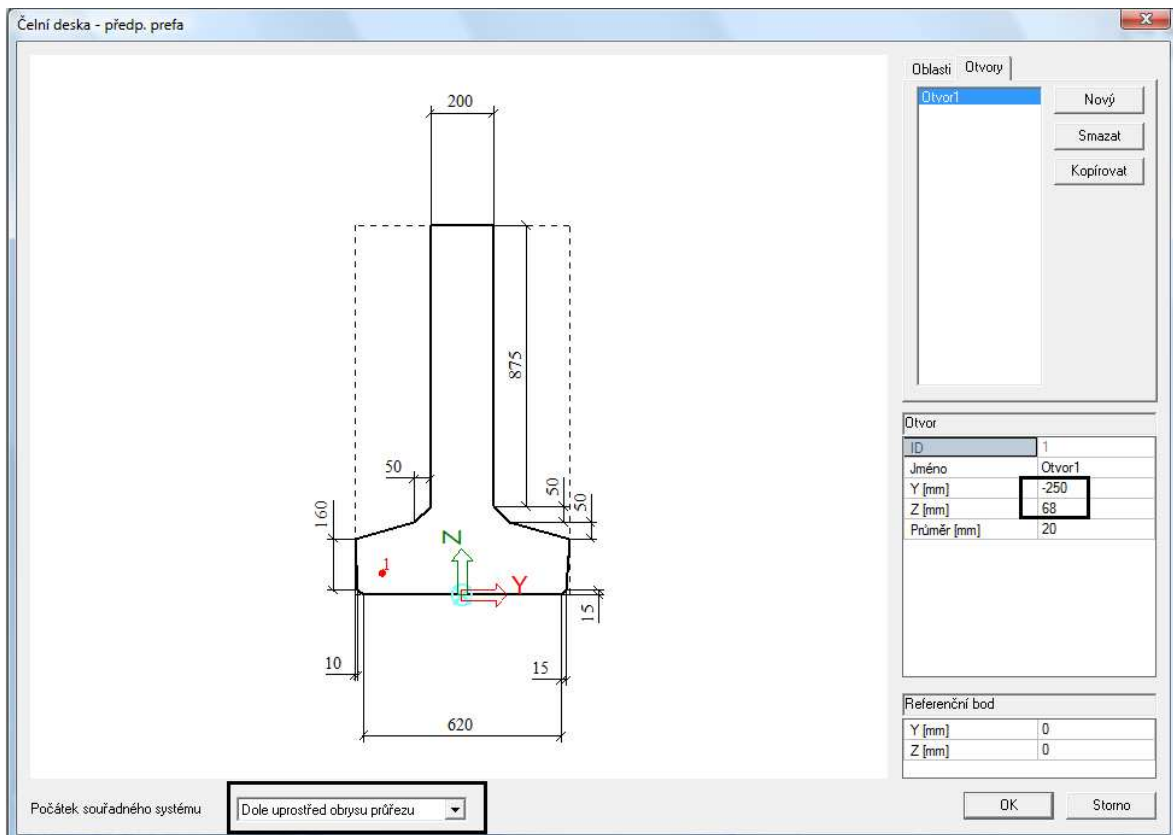
3.5.1 Definice čelní desky

Před vlastní betonáží předem předpjetého prvku se na konec předpínací dráhy instaluje ocelová čelní deska. Tato deska obsahuje otvory, které budou určovat polohu lan v koncových řezech prvku. Rozmístění kabelů v čelní desce se provádí pomocí dialogu

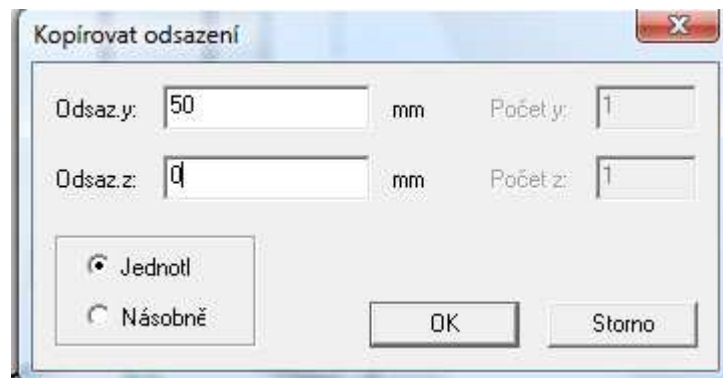
Knihovny > Předpínání > Čelní desky   Předpínání  Čelní desky - předp. prefa Vybereme průřez, pro který se bude vytvářet čelní deska.

Otvory v desce lze definovat individuálně po jednom nebo hromadně v zadaných oblastech (oblast může obsahovat jeden otvor nebo více otvorů). V této úloze bylo zvoleno definování otvorů po jednom. Byl vytvořen první otvor o souřadnicích (Y,Z), (-

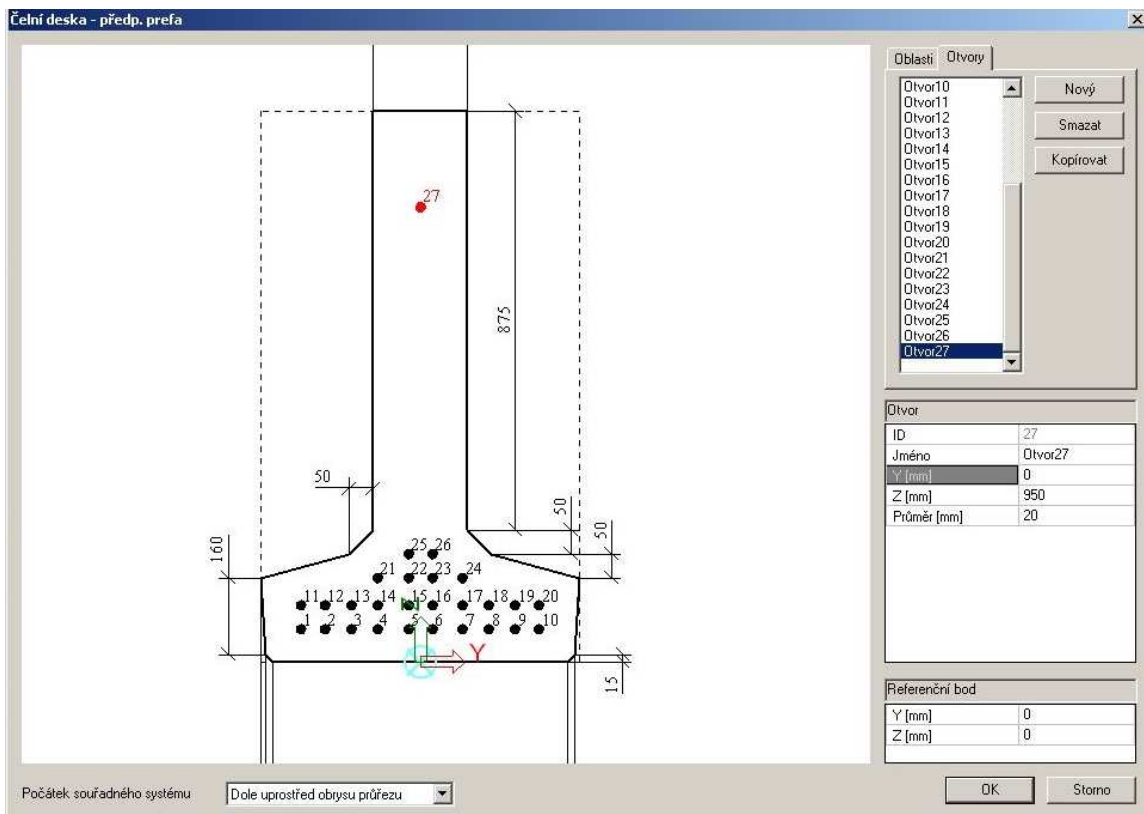
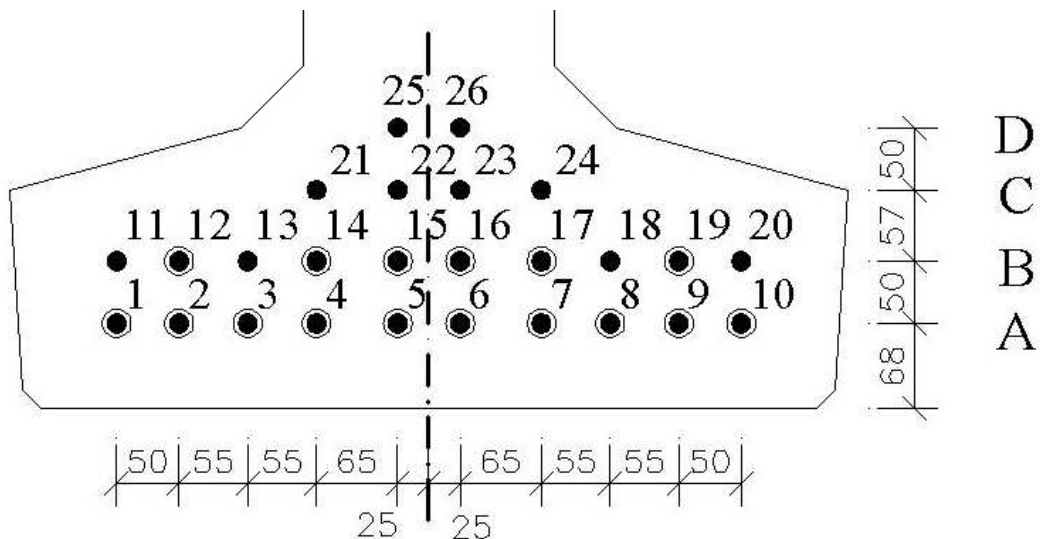
250,68)mm, přičemž počátek souřadného systému byl výhodně zvolen dole uprostřed obrysu průřezu.



Při vytváření těchto otvorů lze využít funkci **Kopírovat**, která urychlí uživateli zadávání, avšak v tomto příkladě jsou vzdálenosti otvorů proměnné. Pro konstantní vzdálenosti lze tuto funkci použít.

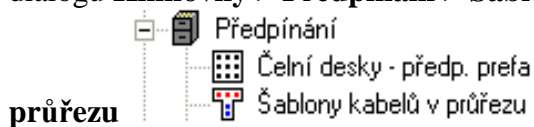


Obdobným způsobem nadefinujeme všech 27 otvorů podle osových vzdáleností otvorů z obrázku. Otvor č.27 má souřadnice k počátku souřadného systému 0;950 mm.

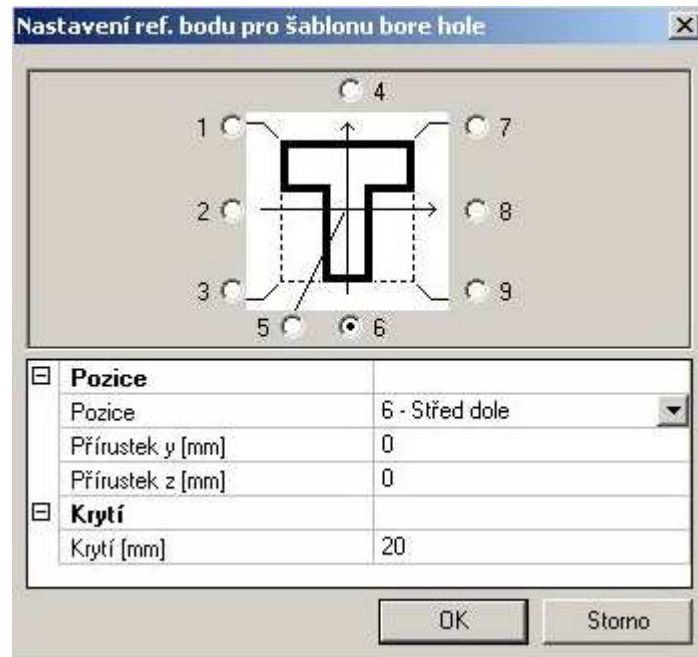


3.5.2 Šablony kabelů v průřezu

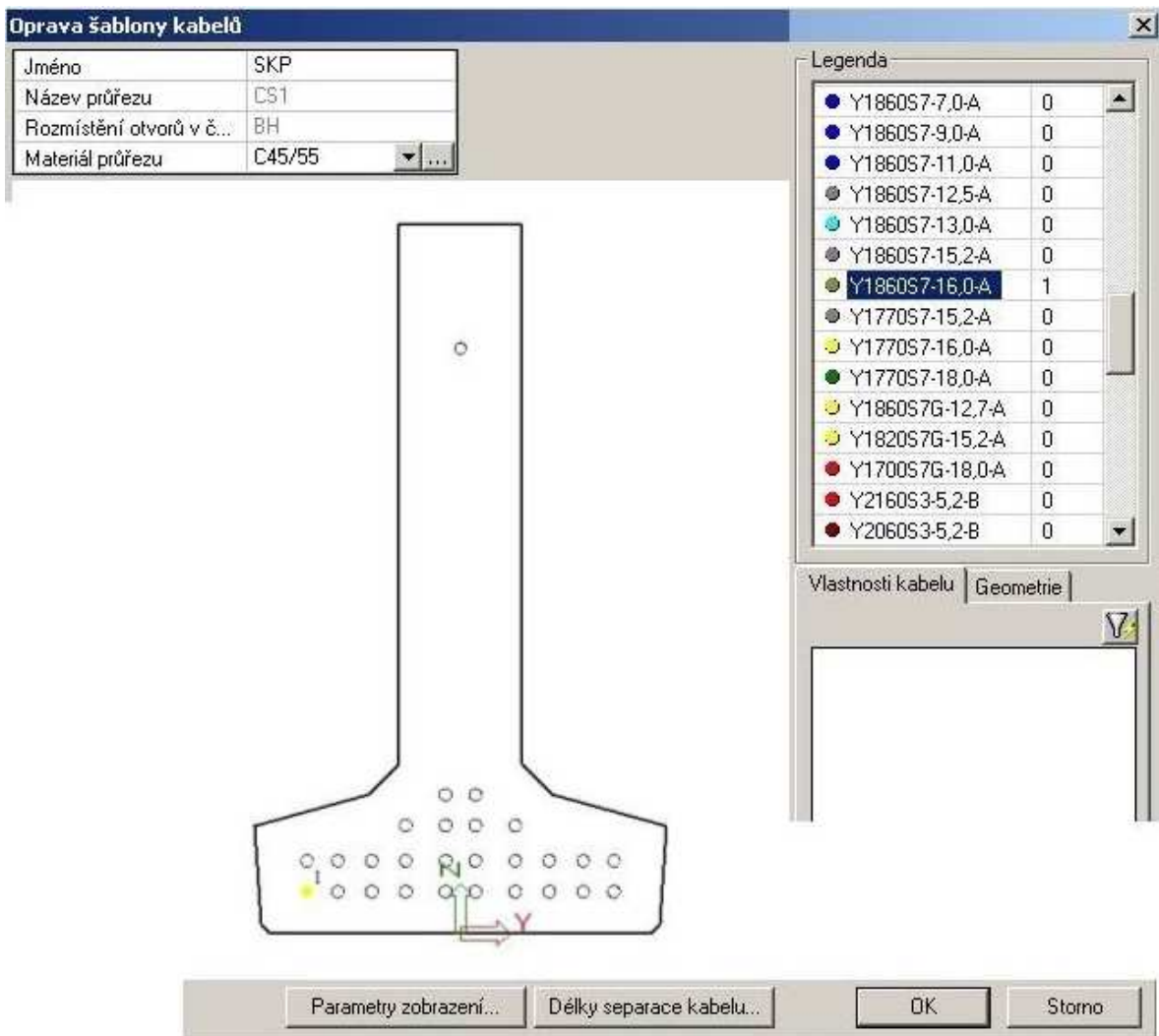
Šablona kabelů v průřezu určuje polohu lan v koncových řezech předpjatého prvku. Nejdříve musí být vytvořena šablona čelní desky (viz. výše) a potom se pro ni může definovat šablona kabelů v průřezu. Nastavení kabelů v čelní desce se provádí pomocí dialogu **Knihovny > Předpínání > Šablony kabelů v**



Nejprve se vybere průřez a následně čelní deska, pro kterou se bude vytvářet šablona kabelů. Poté je nutno zvolit referenční bod polohy šablony kabelů. Umístění tohoto bodu je nutné dobře promyslet (např. při případné změně rozměrů průřezu v budoucnosti). Poloha předpínací výztuže je totiž vztažena k tomuto bodu.



Nyní přiřadíme jednotlivým otvorům odpovídající předpínací kabely. Označíme požadovaný materiál (v našem případě **Y1860S7-16,0-A**) v části **Legenda** a klikneme na otvor, jemuž chceme kabel přiřadit.



Kabel bude mít parametry nastavené v záložce **Beton > Nastavení**. Při výběru otvoru s kabelem se v pravé části tohoto okna zobrazí záložka vlastnosti kabelu, kde lze editovat **Vlastnosti kabelu** nastavené již dříve (**Beton > Nastavení > Předem předpínané**).

Vlastnosti kabelu | Geometrie

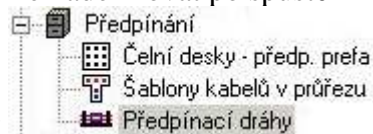
Jméno	Kabel1
ID	1
Skupina	1
Materiál	Y1860S7
Pozice v otv...	Centricky
Fixovaný	<input type="checkbox"/>
Délka separa...	Ne
Pořadí napí...	1
Typ napínání	Type 3
Napětí v prů...	1440,00
Trvání podrž...	300,00
Počáteční n...	1440,00
Pokluz [mm]	4,00
Určit kotevní...	Podle uživate
Kotevní délka...	1,00
Vzdálenost m...	0,500
Hák	Žádný
Pozice	
Y [mm]	-250
Z [mm]	68

Vlastnosti kabelu | Geometrie

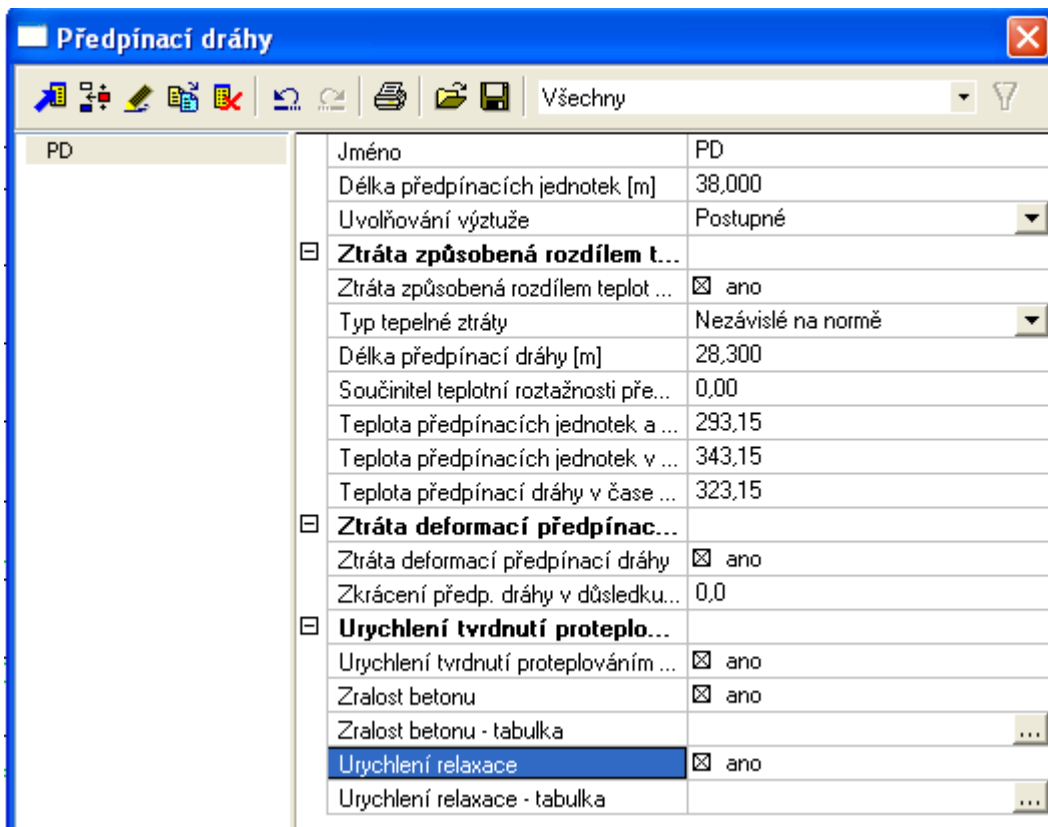
Yp [m]	0,0000e+000
Zp [m]	1,4667e-001
Yp,sep [m]	0,0000e+000
Zp,sep [m]	0,0000e+000
n	27
Ap [m ²]	4,0500e-003
Ac [m ²]	3,1283e-001
Ap,sep [m ²]	0,0000e+000
Y [m]	0,0000e+000
Z [m]	3,7590e-001
Iz [m ⁴]	5,6799e-003
Iy [m ⁴]	3,7618e-002
Iz,c [m ⁴]	5,2344e-003
Iy,c [m ⁴]	3,5871e-002
Wy,horní [m ³]	5,1952e-002
Wy,dolní [m ³]	1,0007e-001

3.5.3 Zadání předpínací dráhy

Předpínací dráhy lze nadefinovat po spuštění z menu **Knihovny > Předpínání >**

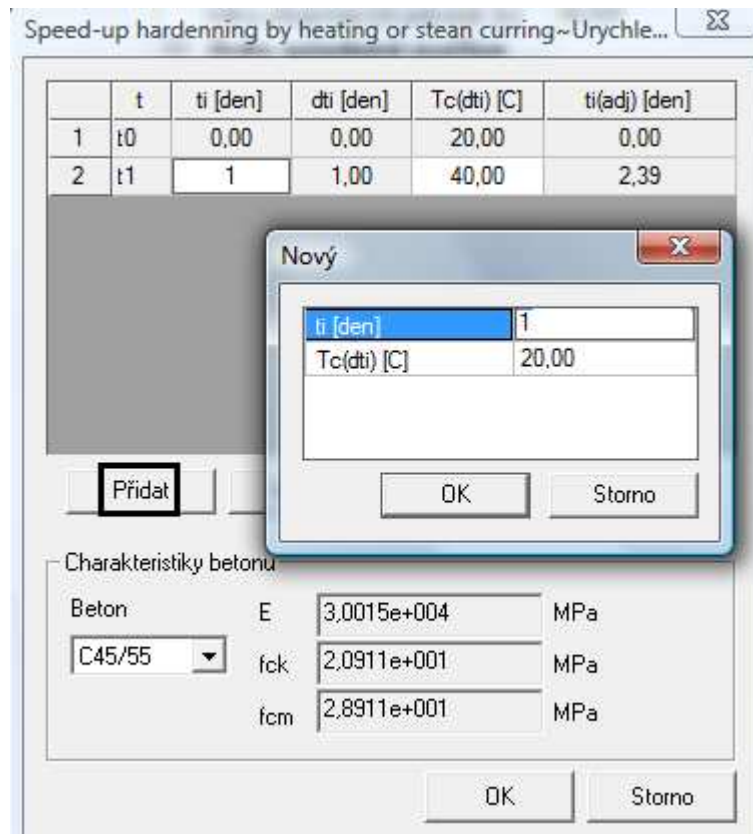


Předpínací dráhy . Poté se nabízí okno s definicí a parametry předpínací dráhy s těmito vlastnostmi.



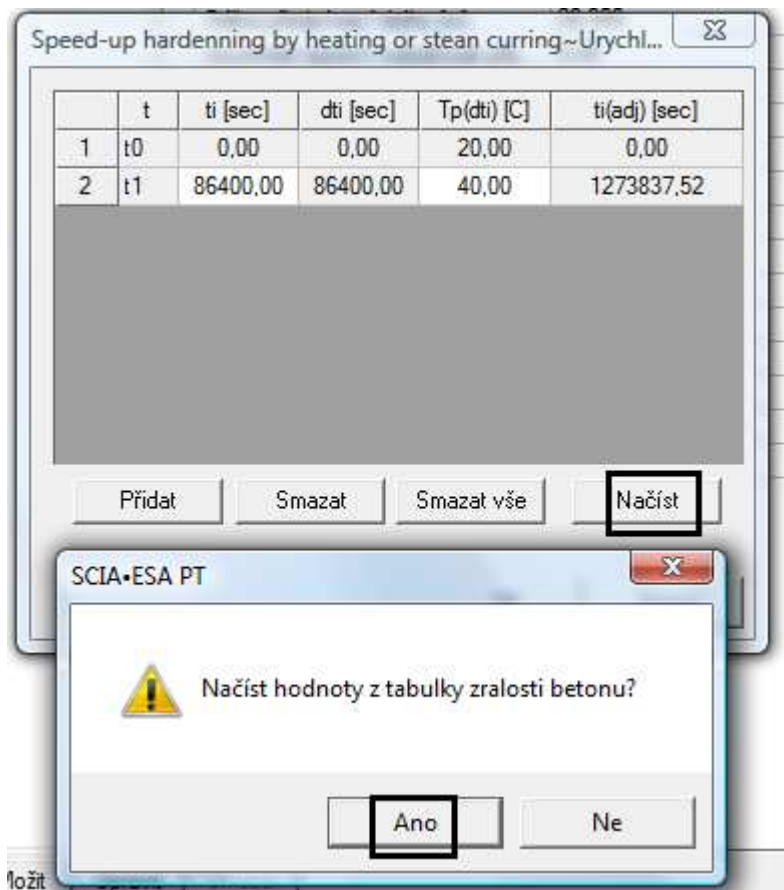
Nadefinujeme délku předpínacích jednotek 38,0 m dle zadání a dále můžeme zvolit zda budeme uvažovat:

- **Ztrátu způsobenou rozdílem teplot předpínacích výztuže a předpínací dráhy** – Pro vybranou normu v nastavení ECEN lze zvolit ze dvou typů výpočtu teplotních ztrát:
 - **Normově nezávislé**
 - Podle kapitoly 10.5.2 ČSN EN 1992-1-1
nutno zadat:
 - Délku předpínací dráhy – dle zadání 28,3m
 - Součinitel teplotní roztažnosti předpínací dráhy – přednastaveno automaticky $1,2 \times 10^{-5}$ m/mK
 - Teplotu předpínacích jednotek a předpínací dráhy při předpínání
 - Teplotu předpínacích jednotek při vzniku soudržnosti
 - Teplotu předpínací dráhy v čase vzniku soudržnosti
- **Ztrátu deformací předpínací dráhy** – zadáním zkrácení předpínací dráhy v důsledku napnutí všech předpínacích jednotek
- **Urychlení tvrdnutí betonu proteplováním nebo propařováním (kapitoly 10.3.1 a 10.3.2 ČSN EN 1992-1-1)**
 - Zralostí betonu – zadávají se časy ve kterých probíhá proteplování o zadané teplotě



Kliknutím na tlačítko **Přidat** přidáme časový interval t_i , ve kterém bude probíhat proteplování o teplotě T_c .

- Urychlení relaxace předpínací výztuže – zadávají se časy, ve kterých probíhá proteplování o zadané teplotě

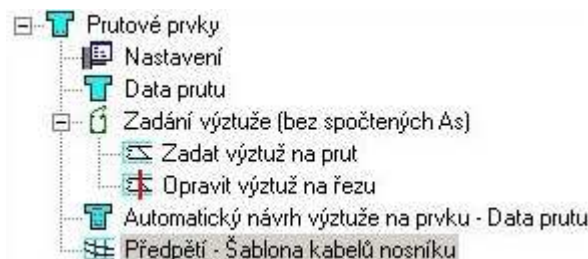


Kliknutím na tlačítko **na Načíst** přidáme časový interval t_i , ve kterém bude probíhat proteplování o teplotě T_p .

3.5.4 Umístění šablony kabelů nosníku

Po zadání šablony kabelů v průřezu (tzn. také po předchozím vytvoření čelní desky), je možné definovat tvar předpínacích kabelů v podélném směru prvku. Tento tvar je definován pomocí šablony kabelů nosníku. To je ve skutečnosti skupina šablon kabelů definovaných v jednotlivých řezech nosníku.

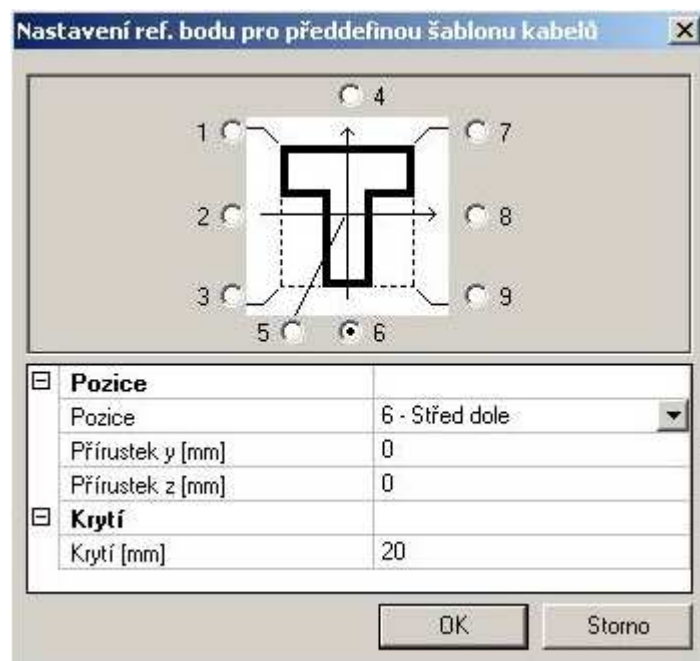
Novou šablonu kabelů nosníku vytvoříme příkazem **Beton > Předpětí-šablona kabelů nosníku**



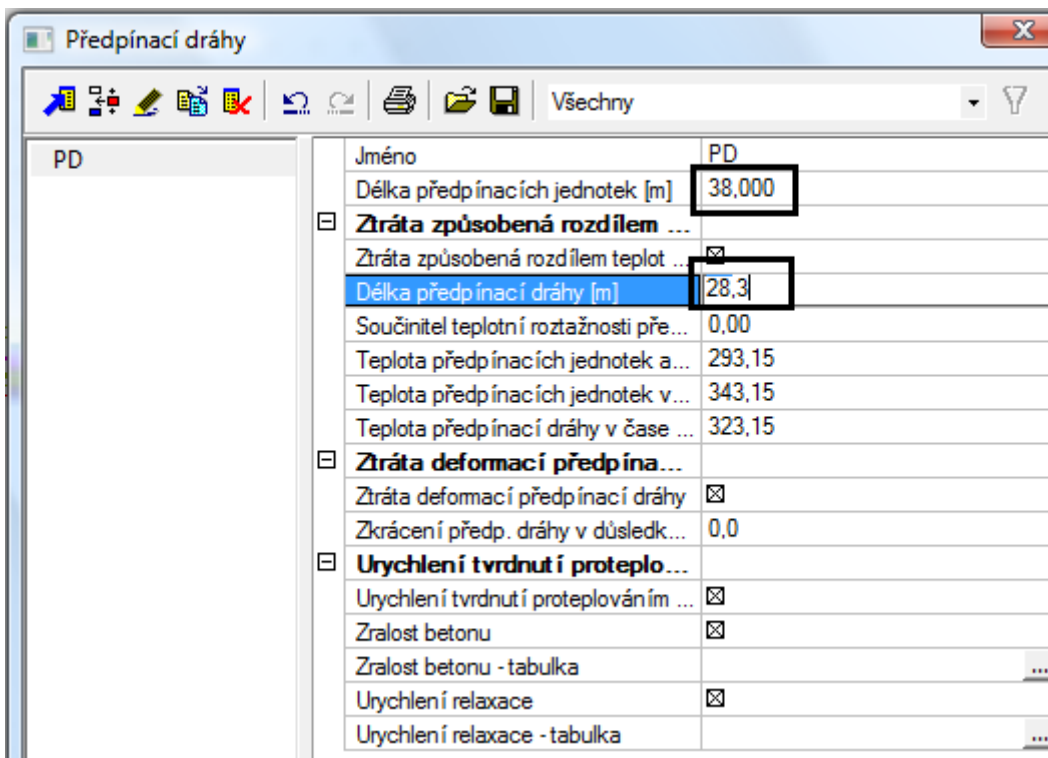
Vybereme prut kterému budeme přiřazovat kabely. Nyní máme možnost vytvořit šablonu kabelů nosníku buď pomocí čelní desky, nebo pomocí šablony kabelů v průřezu, protože nemusí být vždy zcela totožné.



Zde jsme zvolili šablonu kabelů v průřezu, vybrali jsme ze seznamu požadovanou šablonu kabelů v průřezu, a dále určili referenční bod šablony kabelů v průřezu.

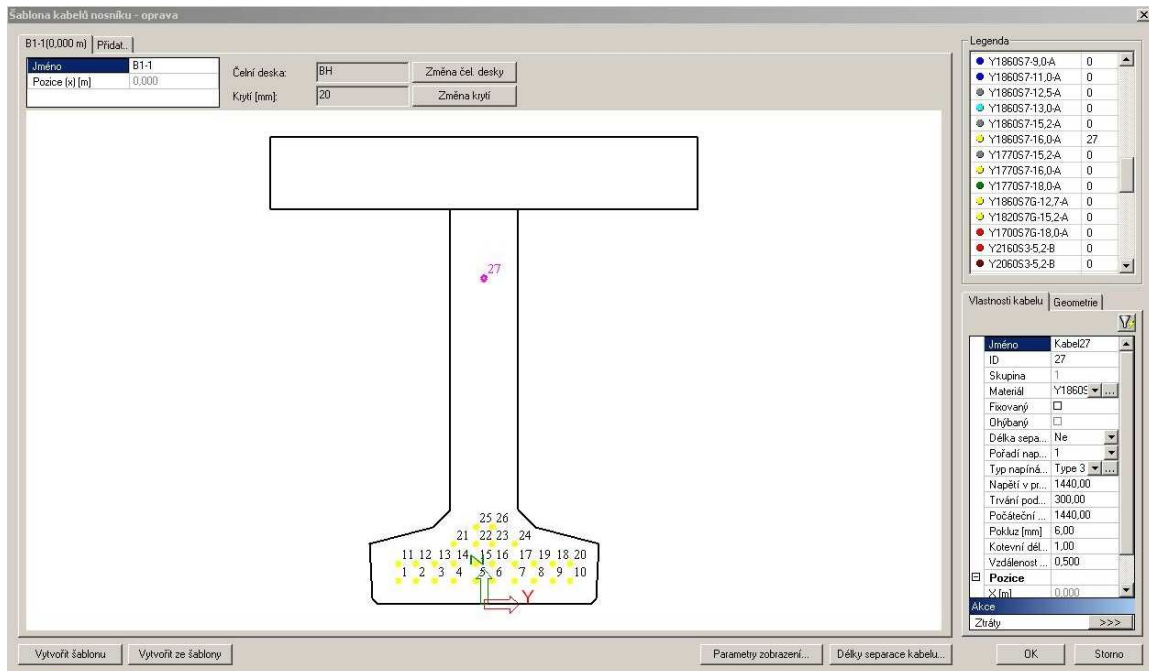


Poté se nabízí okno s definicí a parametry předpínací dráhy již nedefinované dříve, avšak i zde lze tyto vlastnosti měnit.

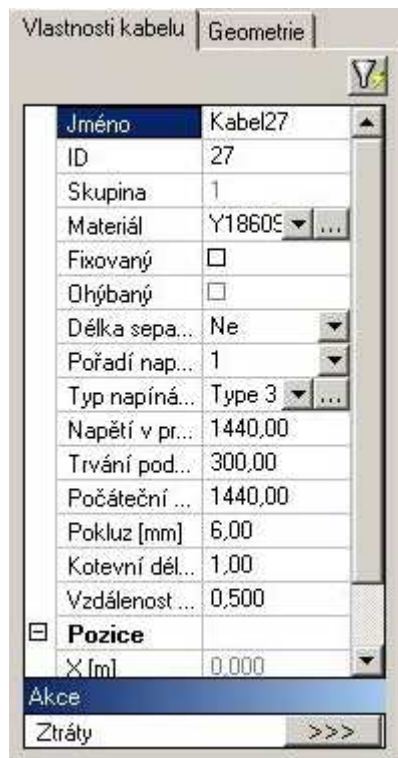


(tento dialog asi není pro ECEN –chybí tam typ tepelné ztráty)

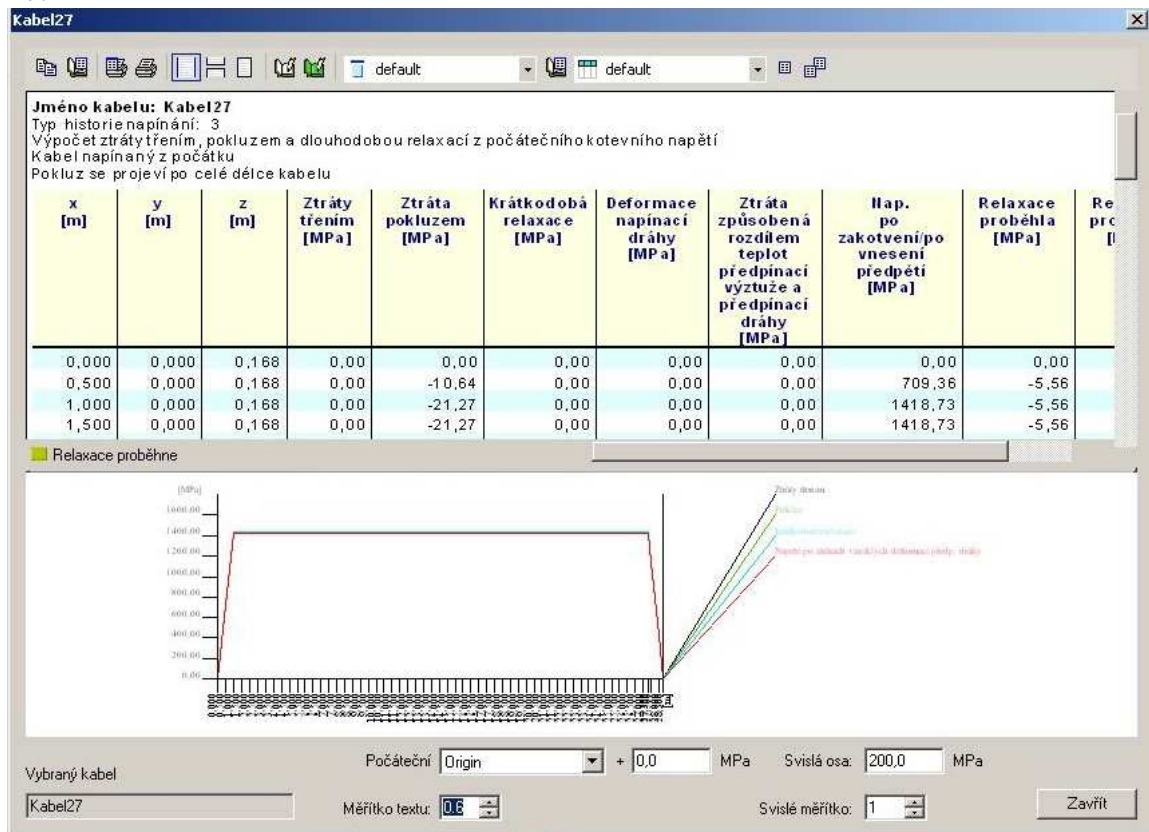
Po výběru předpínací dráhy se již objeví okno šablony kabelů nosníku. V tomto okně jsou již přiřazeny kabely do jednotlivých otvorů v čelní desce.



Po výběru libovolného kabelu se v pravé části zobrazí jeho vlastnosti a také je zde tlačítko pro výpočet ztrát - **Ztráty**.



Po stisknutí tohoto tlačítka se objeví průběh ztrát po délce kabelu, zde pro vybraný kabel č. 27.



V horní části okna jsou vypsány velikosti jednotlivých ztrát v řezech po délce prvku:

- Ztráta třením
- Ztráta pokluzem
- Krátkodobá relaxace
- Deformace předpínací dráhy
- Teplotní ztráta
- Napětí po zakotvení/vnesení předpětí
- Relaxace proběhla
- Relaxace proběhne

Ve spodní části okna je vykreslen průběh jednotlivých ztrát po délce kabelu.

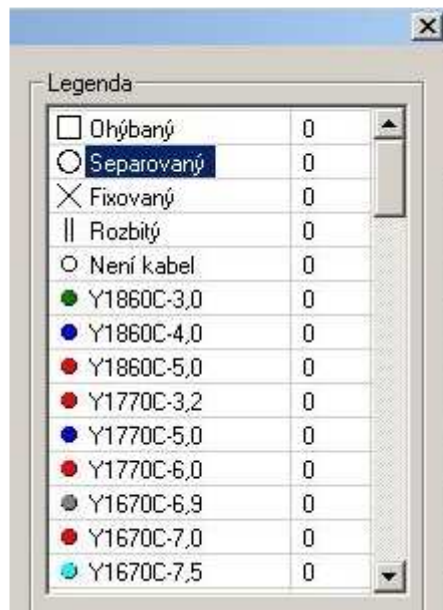
V okně šablony kabelů lze také zadat tzv. separované kabely. Pomocí tlačítka **Délky separace** kabelu nadefinujeme skupiny délek separace kabelů podle zadání v části 2.3.1.2.



Zvolíme tlačítko **Přidat** a nadefinujeme první délku separace L1 9,0m. Obdobně L2 4,0m a L3 2,0m



Nyní je třeba přiřadit separované délky ke správným kabelům. V okně **Legenda** označíme položku **Separovaný** a vybereme příslušný kabel.



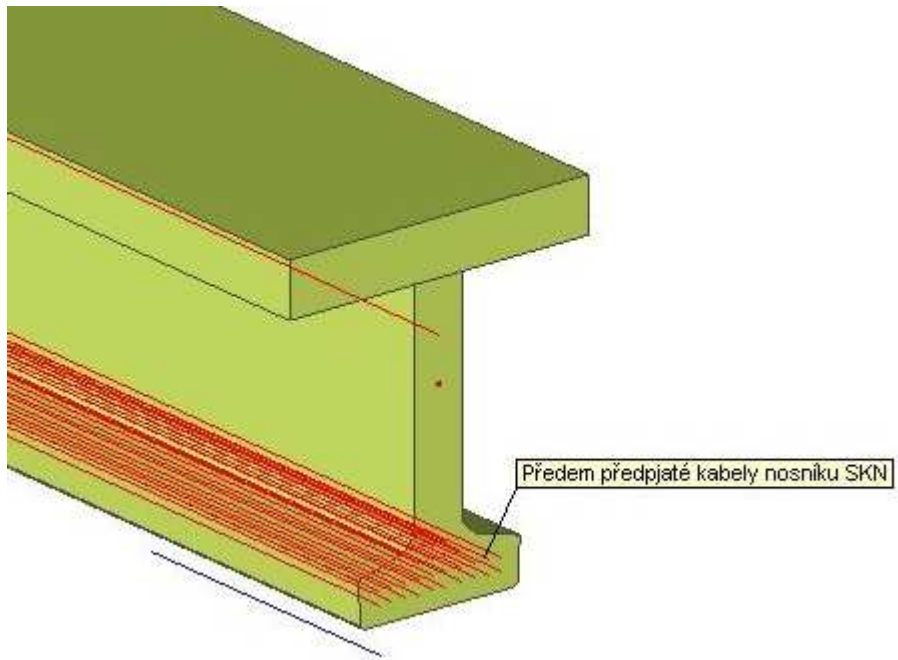
Po vybrání kabelu se objeví na obrazovce okno pro výběr délky separace.



Nadefinujeme separaci kabelů takto:

- L1 – kabel č.2, 4, 5, 6, 7, 9
- L2 – kabel č.1, 3, 8, 10
- L3 – kabel č. 12, 14, 15, 16, 17, 19

V okně šablona kabelů v nosníku – oprava lze pomocí legendy editovat kabely, pomocí záložky **Přidat** je možné přidat nový řez po délce nosníku a v tomto řezu nastavit nové vlastnosti kabelů (např. je možné nastavit ohyb kabelu po délce). Po potvrzení jsou již kabely součástí konstrukce.




3.6 Fáze výstavby

Konstrukce bude stavěna v několika fázích výstavby. Tyto fáze jsou shrnuty v následující tabulce.

3.6.1 Fáze výstavby a provozu konstrukce

Č. fáze	Název fáze	Globální čas fáze [dny]	Nahodilá zatížení
1	Předeptnutí nosníku+vybetonování nosníku + montážní (skladovací) podpory	0	
2	Vybetonování desky + příčnicku	65	
4	Změna uložení umístění na finální podpory	75	
5	Ostatní stálé	100	
6	Uvedení do provozu	140	LM1
7	Životnost – 100 let	36500	LM1

3.6.2 Vytvoření fází výstavby

Pro vytvoření fází výstavby je nutno mít na kartě **Projekt** zvoleno v okně **Model Fáze výstavby a provozu** (viz. kap. 3.1). Kliknutím na  **Fáze výstavby a provozu** založíme fáze výstavby. Pro časově závislou analýzu TDA je nutno zvolit **Typ Časový výpočet** v okně **Nastavení fází výstavby**. Zde lze také nastavit součinitele zatížení pro stálá zatížení, předpětí a nahodilá zatížení. Pro modul TDA lze nastavit další vlastnosti zřejmé z níže uvedeného obrázku.

Nastavení fází výstavby

Typ: Časový výpočet

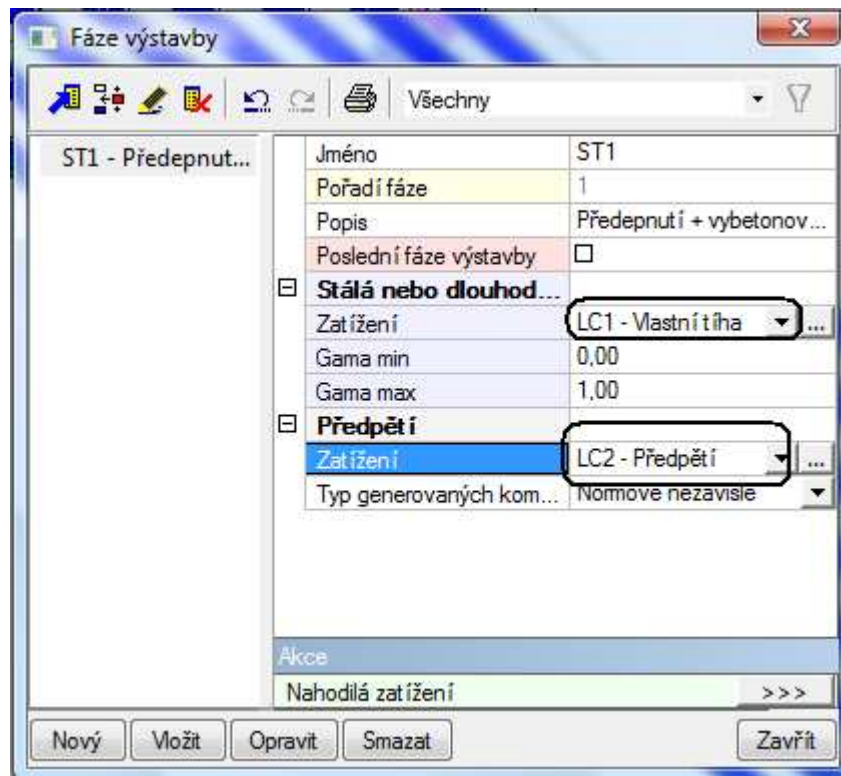
Součinitele zatížení	
Stálá (dlouhodobá) zatížení	
Gama min	0,00
Gama max	1,00
Předpětí	
Gama min	0,00
Gama max	1,00
Dlohodobá složka nahodilého zatížení	
Faktor Psi	0,30
TDA	
Součinitel zatížení pro generované zatěžovací st...	
gama-dotvarování min	1,00
gama-dotvarování max	1,00
Čas - historie	
Počet podintervalů	1,0
Okolní vlhkost [%]	70,00
Automatický výpočet podintervalu	<input type="checkbox"/> ne
Lokální časová osa	
Čas betonáže	-1,00
Délka ošetřování [den]	3,00
Doba ošetřování spřažených částí průřezu [den]	3,00
Liniová podpora (bednění)	<input checked="" type="checkbox"/>
Čas uvolnění posunu ve směru osy X	14,00
Čas uvolnění posunu ve směru osy Z	14,00
Generování výstupního textového souboru	<input type="checkbox"/>
Výsledky	
Jméno gener. kombinace (max)	F{O}-MAX
Jméno generované kombinace (min)	F{O}-MIN
Jméno generovaného zatížení od dotvarování	F{O}-Creep
Jméno gener. provozní kombinace	F{O}-SLS
Jméno gener. normové kombinace	F{O}-{CODE}

OK Storno

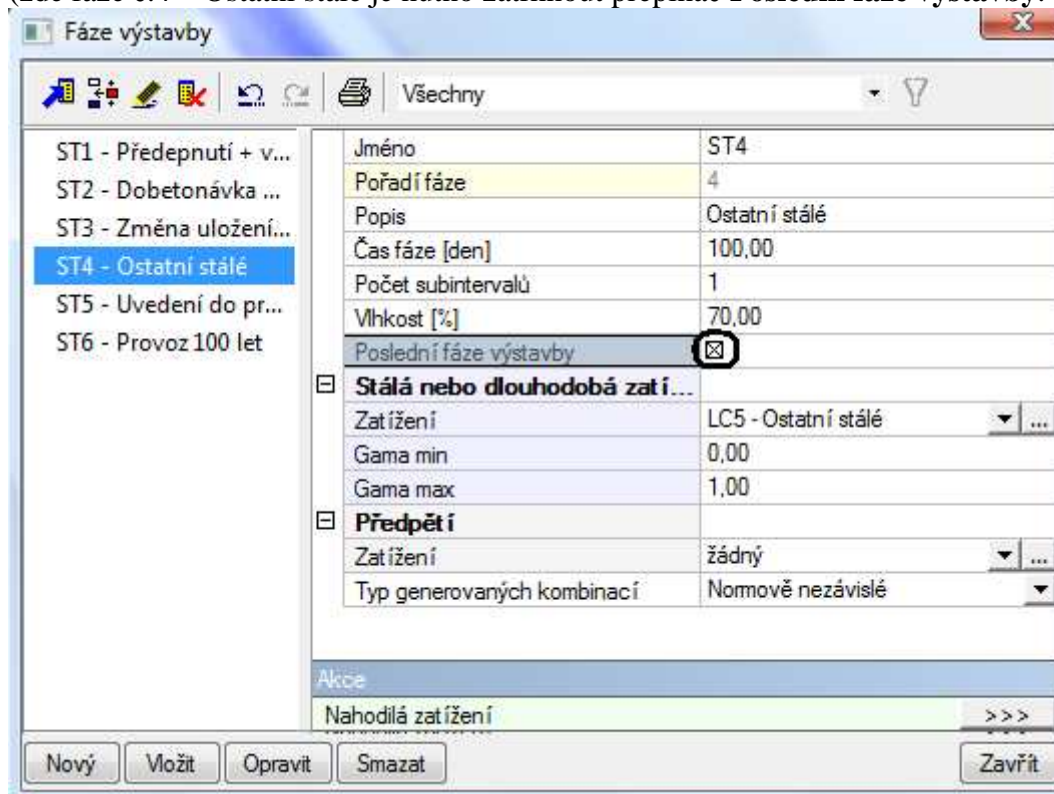
Poznámka:

- V lokální časové ose může být čas betonáže také záporný, v tomto případě není nutné používat liniovou podporu při modelování, výpočet účinků časově závislých vlivů respektuje lokální časovou osu jednotlivých prvků.

Vytvoříme první fázi výstavby – její popis Vybetonování nosníku, čas fáze 0 dní (dle tabulky). K této fázi přiřadíme zatěžovací stav LC1-Vlastní tíha, typu vlastní tíha. V části **Předpětí** přiřadíme zatěžovací stav typu předpětí. V boxu **Nahodilá zatížení** lze přidat k aktuální fázi nahodilé zatížení.

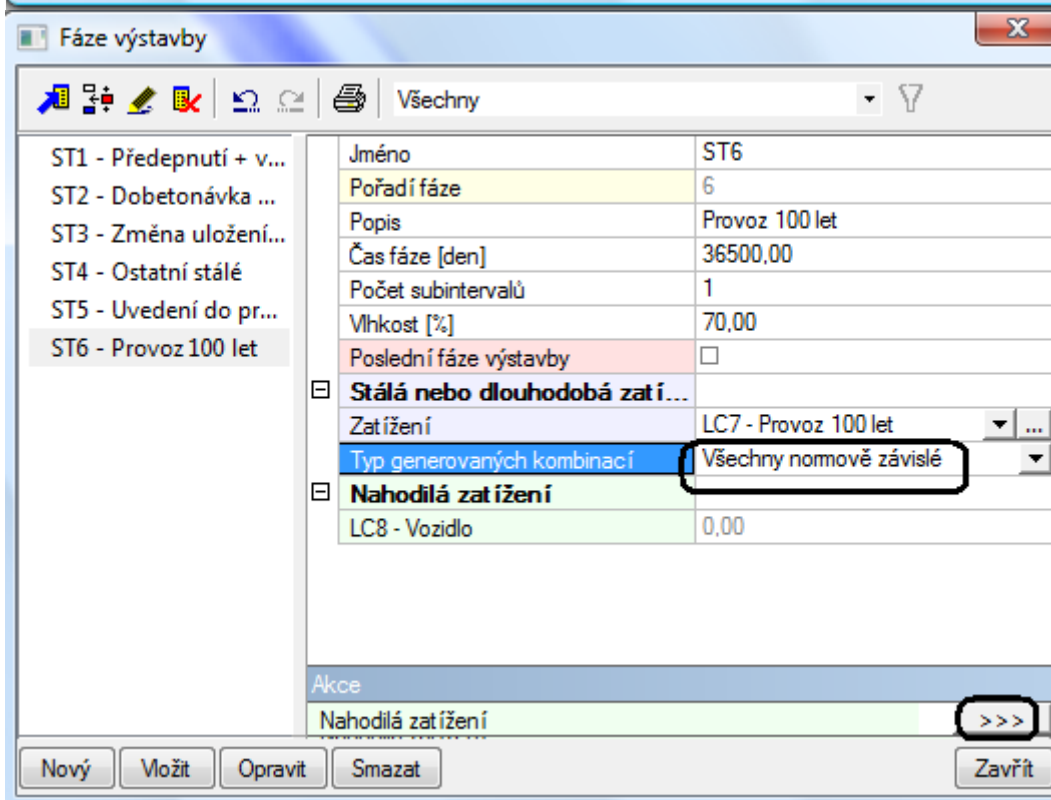
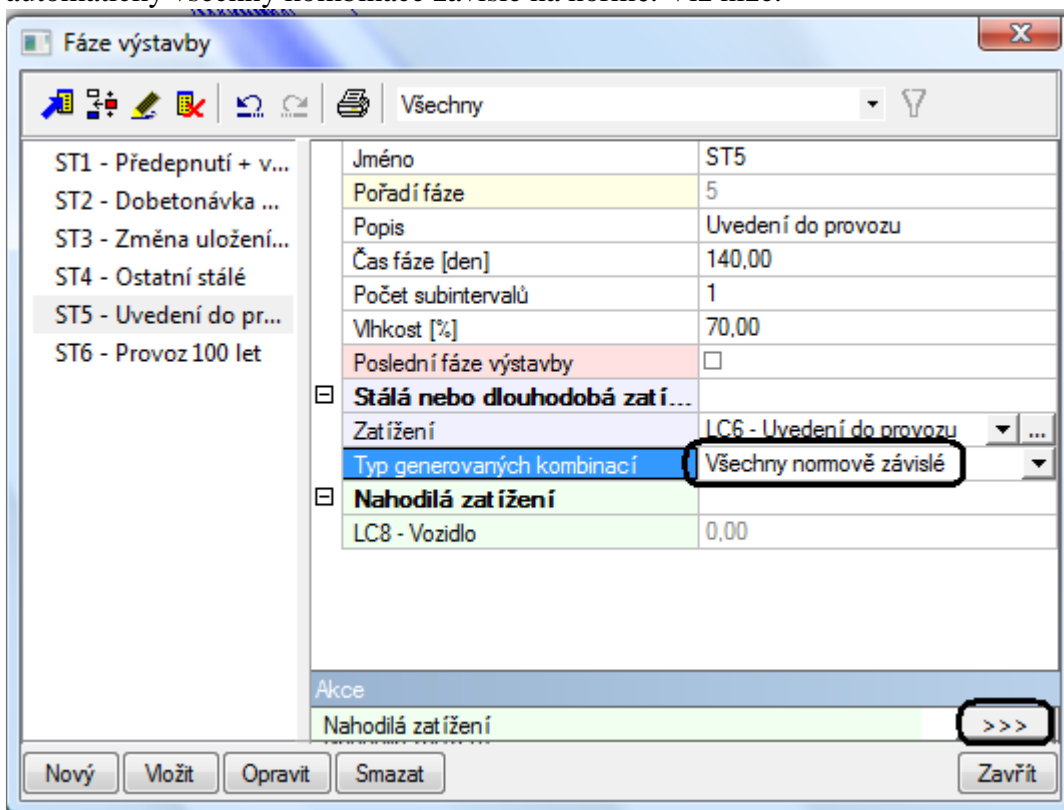


Obdobným způsobem nadefinujeme všechny fáze dle tabulky. V poslední fázi výstavby (zde fáze č.4 – Ostatní stálé je nutno zatrhnout přepínač **Poslední fáze výstavby**).



*Poznámka: Pokud je nahodilá zatížení již jednou aplikováno před **Poslední fází výstavby**, nelze jej aplikovat znovu. Je nutné jej před jeho opětovným použitím v jiné fázi výstavby zkopírovat do nového zatěžovacího stavu. Po **Poslední fázi výstavby** lze nahodilá zatížení opětovně aplikovat v různých provozních fázích.*

Nahodilá zatížení v poslední ve fázích provozu se přidají do výpočtu pomocí tlačítka **Akce** > **Nahodilá zatížení**. Ještě nastavíme, že chceme, aby program generoval automaticky všechny kombinace závislé na normě. Viz níže.



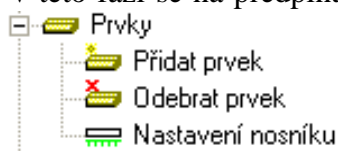
Přehled nadefinovaných fází:

Fáze výstavby								
Jméno	Popis	Čas fáze [den]	Vlhkost [%]	Poslední fáze výstavby	Stálá nebo dlouhodobá zatížení	Předpětí	Typ generovaných kombinací	Nahodilá zatížení
ST1	Předepnutí + vybetonování nosníku + montážní (skladovací) podpory	0,00	70,00	x	LC1 - Vlastní tíha	LC2 - Předpětí	Normově nezávislé	
ST2	Dobetonávka desky	65,00	70,00	x	LC3 - Vlastní tíha desky	žádný	Normově nezávislé	
ST3	Změna uložení umístění na finální podpory	75,00	70,00	x	LC4 - Změna ubožení	žádný	Normově nezávislé	
ST4	Ostatní stálé	100,00	70,00	✓	LC5 - Ostatní stálé	žádný	Normově nezávislé	
ST5	Uvedení do provozu	140,00	70,00	x	LC6 - Uvedení do provozu		Všechny normově závislé	LC8 - Vozidlo
ST6	Provoz 100 let	36500,00	70,00	x	LC7 - Provoz 100 let		Všechny normově závislé	LC8 - Vozidlo

Nyní je třeba v jednotlivých fázích nadefinovat průběh vzniku konstrukce.

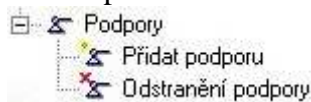
Fáze č.1 – Vybetonování nosníku + předpětí

V této fázi se na předpínací dráze vybetonuje do předem připravené formy nosník. Vznik tohoto nosníku nadefinujeme příkazem **Prvky > Přidat prvek** a vybereme daný prut. Příkazem **Nastavení nosníku** lze editovat způsob betonáže prvku (do bednění nebo bez) a dobu ošetřování betonového prvku.



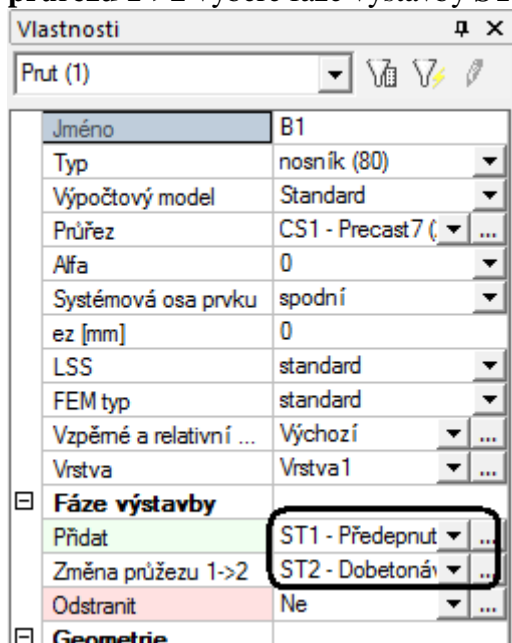
Jméno	LBH
Lokální časová osa	
Čas betonáže [den]	-1,00
Čas ukončení ošetřování [den]	1,00
Líniová podpora (bednění)	<input checked="" type="checkbox"/>
Čas instalace bednění [den]	-1,00
Čas uvolnění posunu ve směru osy X [den]	0,00
Čas uvolnění posunu ve směru osy Z [den]	1,00
Čas uvolnění rotace [den]	1,00

V této první fázi lze také nadefinovat montážní podepření jednotlivých nosníků před osazením na stavbě (obecně definice podpory). Podporu vytvoříme příkazem **Podpory > Přidat podporu** a kliknutím na požadovanou podporu (v této fázi na montážní podporu vzdálenou 3,0m od konců nosníku).



Fáze č.2 – Betonáž desky

V této fázi se na daný nosník vybetonuje sprážená deska. Tato akce se vytvoří vybráním nosníku o fázovaném průřezu a v okně **Vlastnosti** se v části **Fáze výstavby > Změna průřezu 1->2** vybere fáze výstavby **ST2 – Betonáž desky**.



Fáze č. 3 – Změna uložení

Nosník se v této fázi uloží na definitivní podpory na mostě (na ložiska). Dojde přitom ke změně statického systému. Je nutno v modelu odstranit původní podpory vzdálené 3,0m od konců a zadat novou vzdálenou 0,9m. Podpora se odstraní příkazem **Podpory > Odstranění podpory** a kliknutím na příslušnou podporu, nová se vytvoří obdobně jako ve fázi č. 1.

Poznámky:

*Pro umožnění vytváření fází průřezu musí být průřez nadefinován jako fázovaný pomocí funkce **Obecný průřez**, některé průřezy jsou však již v knihovně průřezů přednastaveny jako fázované.*

Poznámka – Grafické zbarvení jednotlivých částí pro přehlednější orientaci.

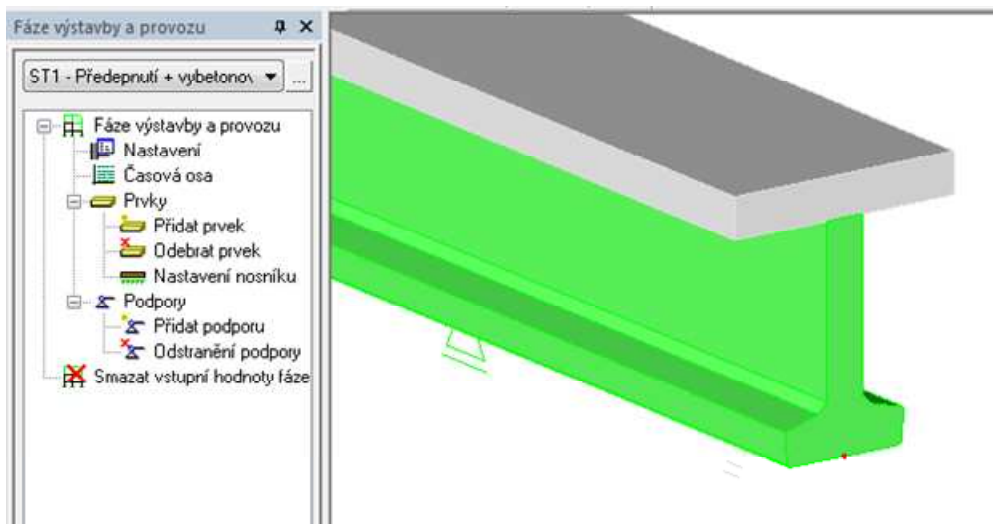
Zelená – části, které v aktuální fázi právě vznikají

Žlutá – části, které vznikly již dříve (před aktuální fází)

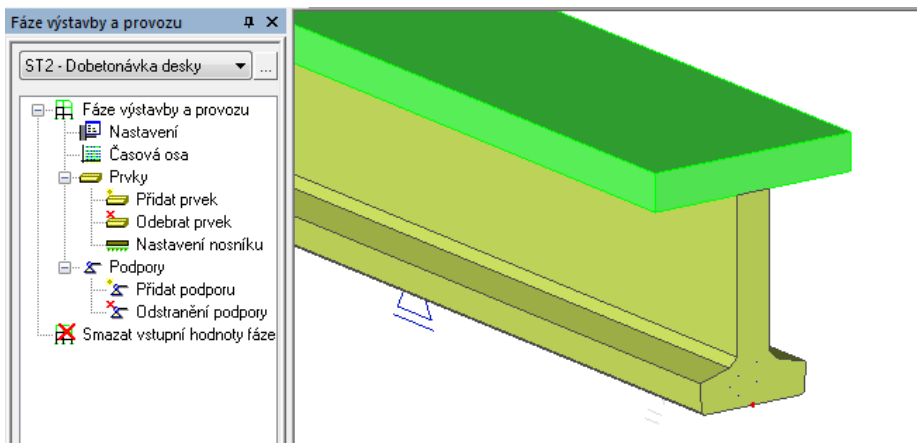
Šedá – části, které ještě nevznikly, nebo již zanikly po (před) aktuální fází

Červená – části, které byly v aktuální fázi odebrány

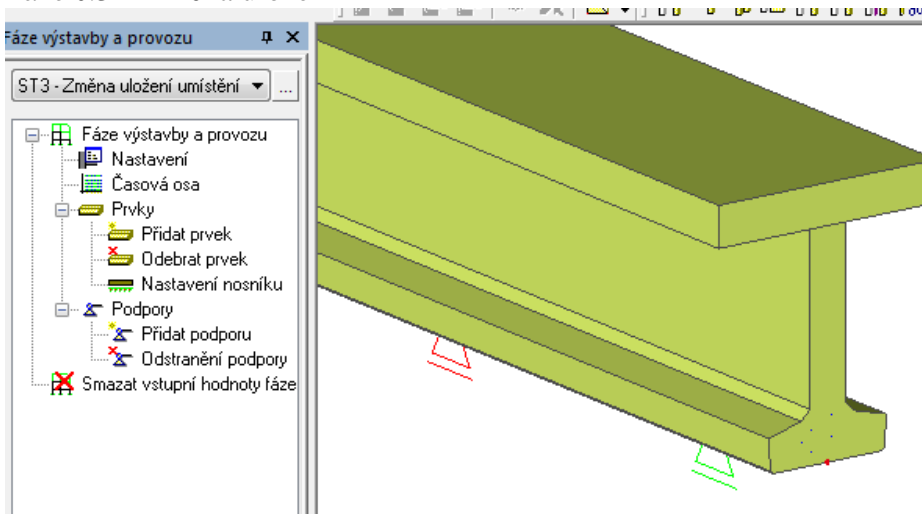
Toto barevné znázornění fází lze zapnout/vypnout v dialogu **Parametry zobrazení** na kartě **Různé**.



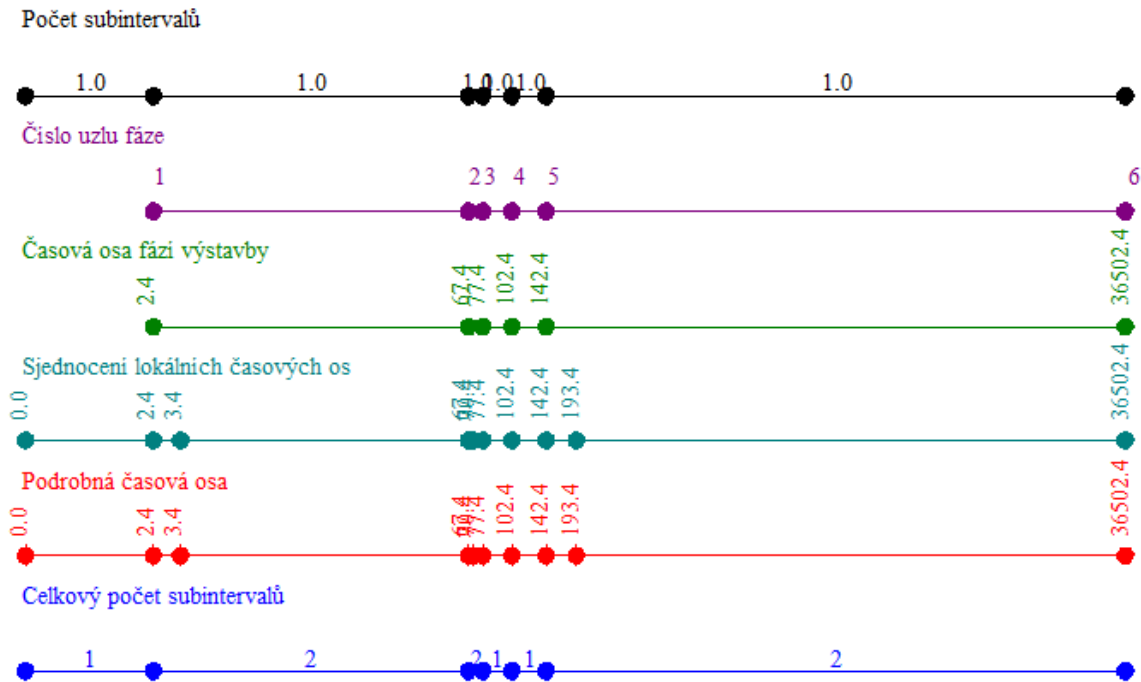
Fáze č.2 – Betonáž desky



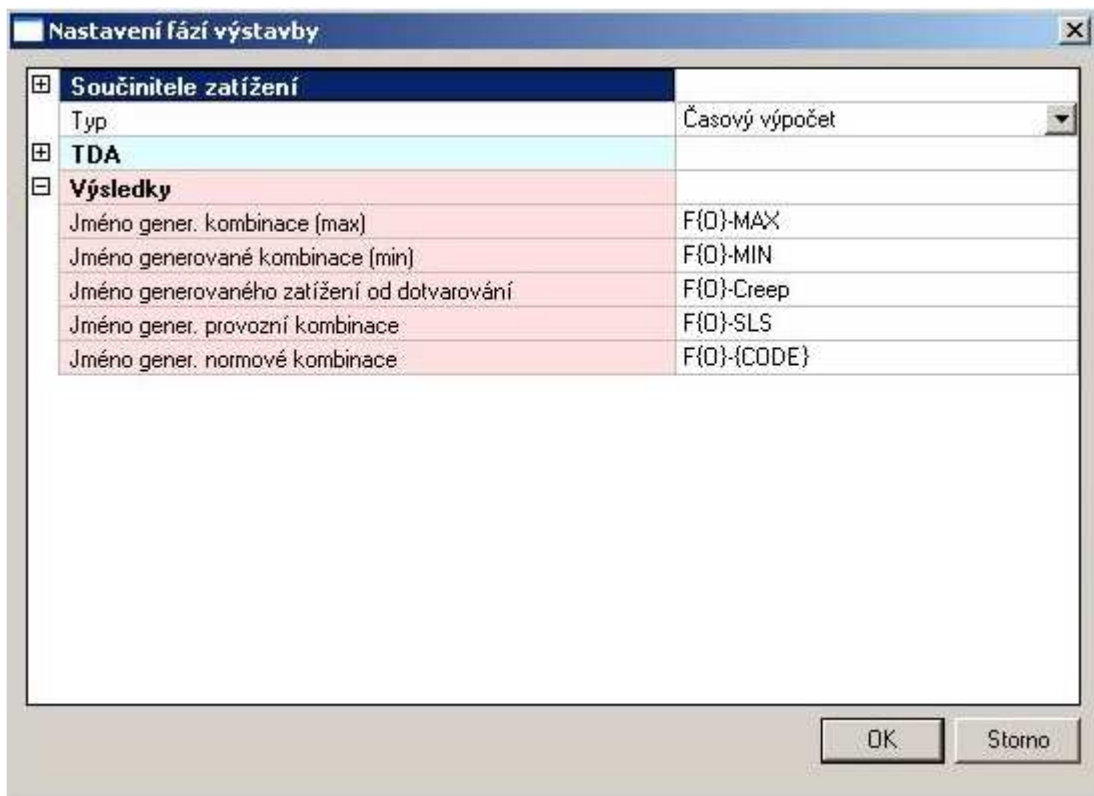
Fáze č.3 – Změna uložení



Časová osa:



Program vygeneruje po výpočtu časově závislé analýzy kombinace zatěžovacích stavů pro mezní stavy únosnosti a použitelnosti pro jednotlivé fáze výstavby. Tyto kombinace také obsahují zatěžovací stavy od dotvarování a smršťování betonu. Názvy generovaných kombinací lze přednastavit v okně **Nastavení pro fáze výstavby > Výsledky**



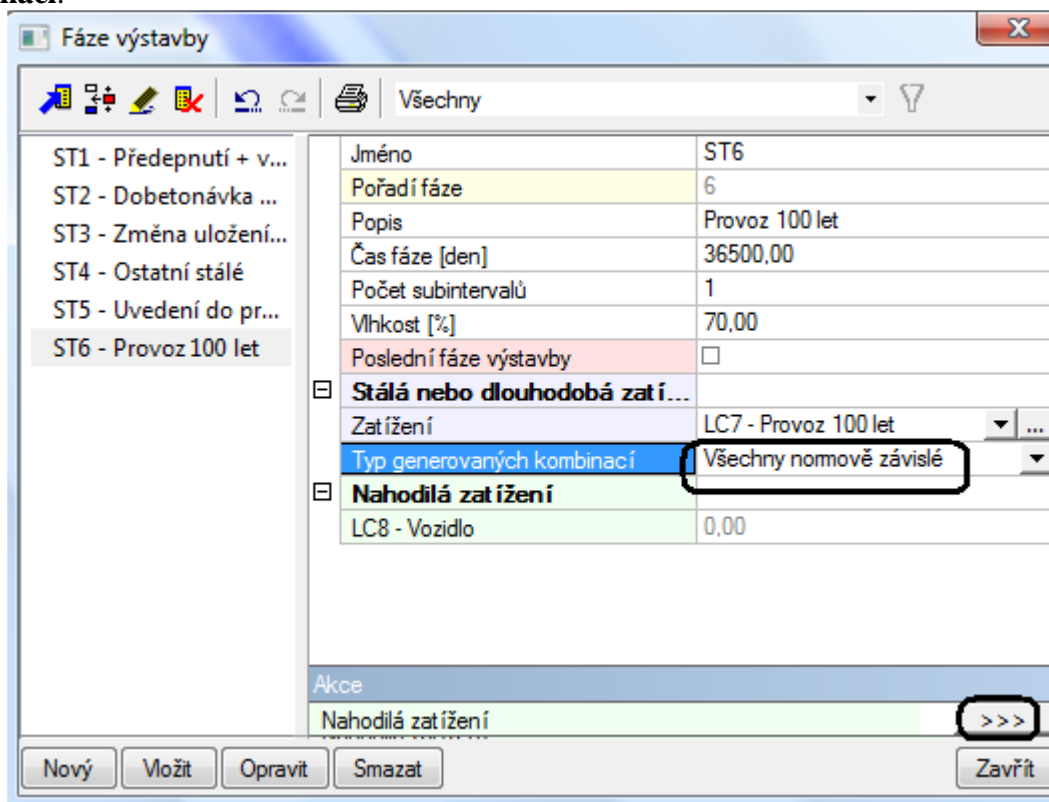
Poznámka:

Před zadáváním fází výstavby musí být předem definovány všechny nosné prvky, předpínací kabely, okrajové podmínky a zatěžovací stavy, které se objeví v konstrukci. S ohledem na skutečný postup výstavby jsou potom všechny prvky, kabely, podpory atd. postupně přidávány do konstrukce.

Po provedení kontrolního výpočtu doporučujeme nastavit počet subintervalů na 10, pro přesnější výpočet výsledků.

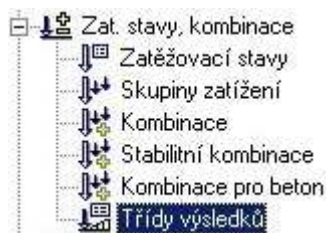
3.7 Kombinace zatížení a Třídy výsledků

Pro komplexní řešení všech posudků dle normy ČSN EN 1992-1-1 je třeba vytvořit charakteristické a návrhové kombinace dle této normy. U fázovaného výpočtu není třeba vytvářet nové kombinace zatížení ze servisu **Kombinace zatížení**. Generování těchto kombinací lze nastavit přímo v dialogu **Fáze výstavby** v roletě **Typ generovaných kombinací**.

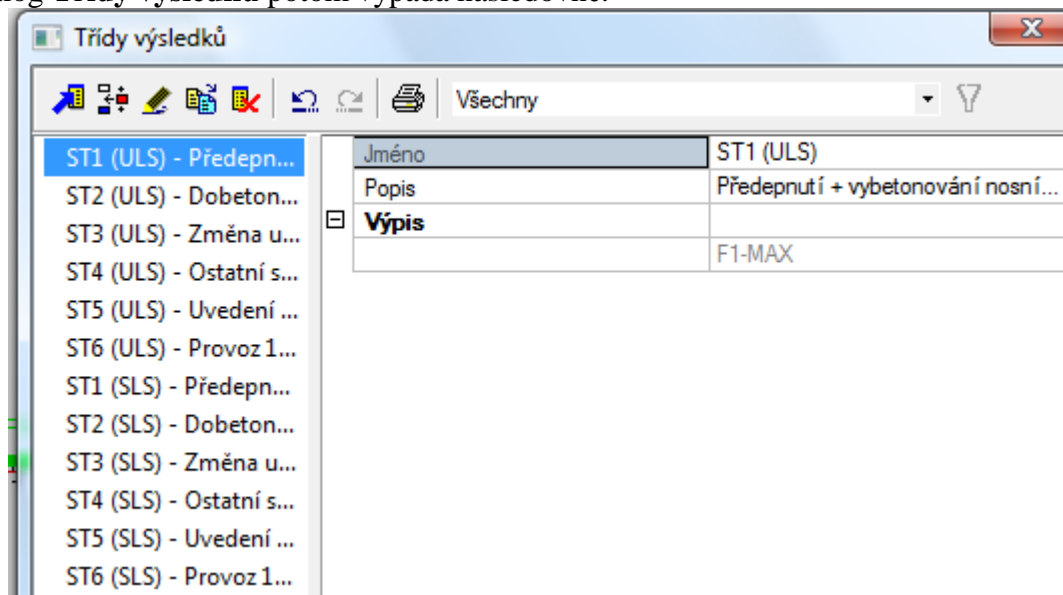


My zde nastavíme možnost **Všechny normově závislé**. Program automaticky vygeneruje požadované kombinace.

Pro lepší práci s kombinacemi při vyhodnocování výsledků a při posudcích je výhodné si roztřídit tyto kombinace. Z automaticky vygenerovaných kombinací program sám vytvoří pro danou fázi třídy výsledku. Budou vytvořeny **Třídy výsledků** pro mezní stav únosnosti a pro mezní stav použitelnosti. Tyto třídy budou automaticky vygenerovány po spuštění fázovaného výpočtu. Po ukončení výpočtu je lze prohlížet a editovat v menu **Zatěžovací stavy a kombinace > Třídy výsledků**



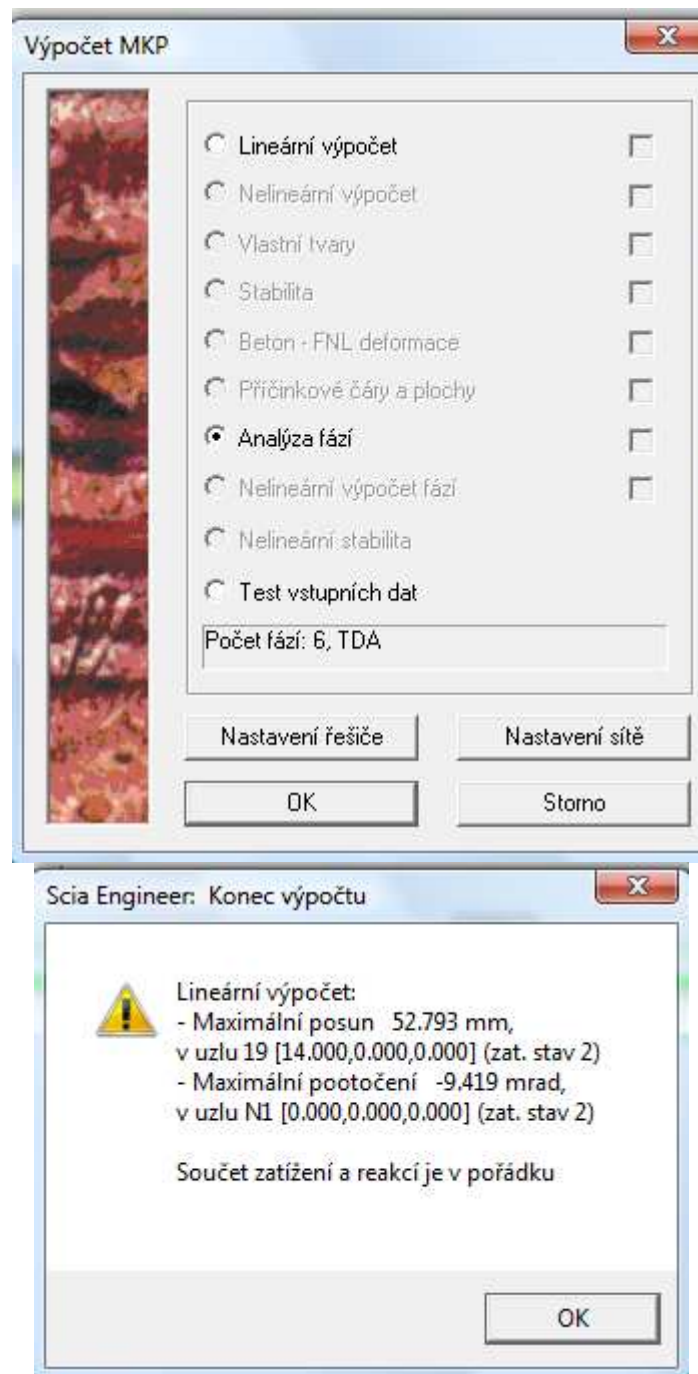
Dialog **Třídy výsledků** potom vypadá následovně.



4. Výpočet a vyhodnocení výsledků

4.1 Výpočet

Výpočet se spouští příkazem stromu **Výpočet, síť > Výpočet** a zvolíme **Analýza fází**.



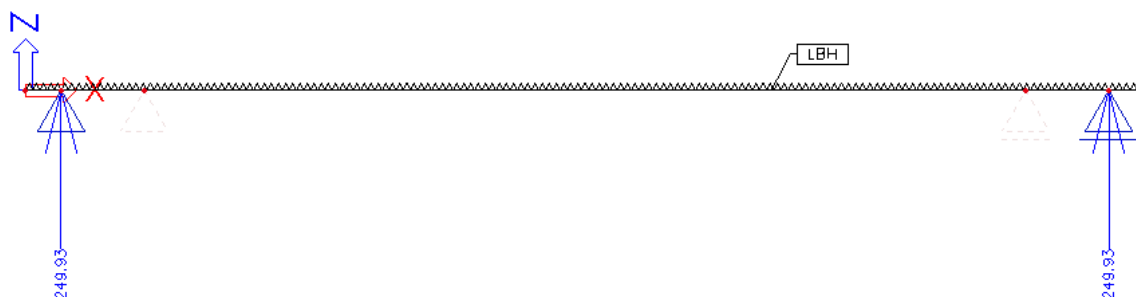
4.2 Reakce

Nejprve můžeme zkontrolovat v jednotlivých kombinacích velikosti reakcí. K zobrazení velikosti reakcí se dostaneme příkazem **Výsledky > Podpory > Reakce**,



v okně vlastností vybereme požadovanou třídu výsledků, kombinaci nebo zatěžovací stav a také složku reakce, pro které se vykreslí její velikost. Například pro třídu č.4 – Ostatní stálé zatížení – ST4(ULS)

Aplikace ostatního stálého zatížení



Tabulka v náhledu potom vypadá následovně

Reakce

Lineární výpočet, Extrém: Globální
Výběr: Vše
Třída: ST4 (ULS)

Podpora	Stav	dx [m]	Rx [kN]	Rz [kN]	My [kNm]
Sn4/N3	F4-MAX/1		-0,02	249,93	0,00
Sn1/N5	F4-MAX/1		0,00	0,00	0,00
Sn3/N6	F4-MAX/1		0,00	249,93	0,00
B1	F4-MAX/1	0,000	0,00	0,00	0,00

4.2 Vnitřní síly

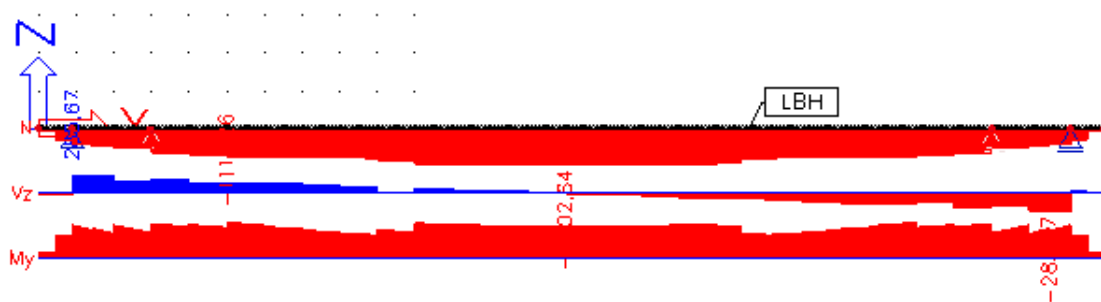
Vnitřní síly od jednotlivých kombinací zatížení lze prohlížet v menu **Výsledky > Nosníky > Vnitřní síly na prutech**.



V okně vlastností se nastaví požadovaná třídu výsledků, kombinaci nebo jen zatěžovací stav pro, který se má vykreslit zvolená složka vnitřních sil.

Vlastnosti	
Vnitřní síly na prutu (1)	
Jméno	Vnitřní síly na prutu
Výběr	Vše
Typ zatížení	Třída
Třída	ST6 (ULS) - Prov
Filtr	Ne
Předpětí	<input type="checkbox"/>
Hodnoty	Více složek
N	<input checked="" type="checkbox"/>
Vz	<input checked="" type="checkbox"/>
My	<input checked="" type="checkbox"/>
Textový výstup	Text
Extrém	Globální
Nastavení kreslení	...
Kreslení	Obrazovka
Řez	Vše

Zde byly vybrány složky vnitřních sil **N**, **V** a **My** pro fázi č. 6 – ST6(ULS) – Životnost 100 let.



Tabulka v náhledu potom vypadá následovně

Vnitřní síly na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Globální, Systém : LSS
 Výběr : Vše
 Třída : ST6 (ULS)

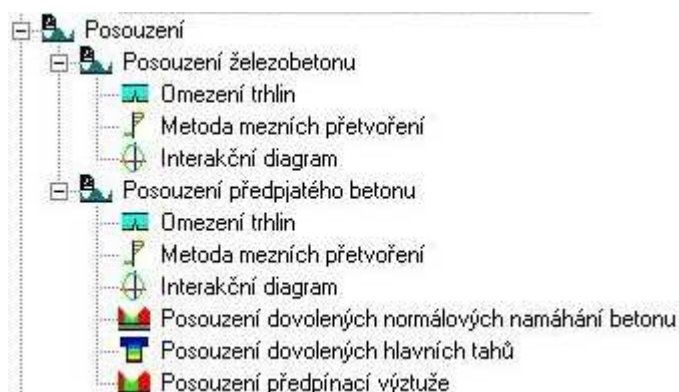
Prut	Stav	dx [m]	N [kN]	Vz [kN]	My [kNm]
B1	F8-EN-MSÚ/2	14,000	-4002,64	-5,01	-980,59
B1	F8-EN-MSÚ/3	27,850	-310,92	22,28	-206,38
B1	F8-EN-MSÚ/3	28,850	-1634,87	-285,67	-866,05
B1	F8-EN-MSÚ/3	0,900	-1629,12	285,67	-1039,53
B1	F8-EN-MSÚ/2	5,000	-3221,49	129,33	-1113,26
B1	F8-EN-MSÚ/2	28,300	-358,57	16,50	-196,22

5. Posouzení předpjatého betonu dle ČSN ČSN EN 1992-1-1

Program **Scia Engineer** umožňuje uživateli následující posouzení předpjatého betonu dle ČSN ČSN EN 1992-1-1:

- Posouzení omezení trhlin
 - Stanovení únosnosti pomocí interakčního diagramu
 - Stanovení únosnosti pomocí metody mezních přetvoření
 - Posouzení dovolených namáhání betonu
 - Posouzení předpínací výztuže
- ;
- Posudek dovolených hlavních tahů

Všechny jmenované posudky se nachází v nabídce **Beton > Posouzení předpjatého betonu**



Před započítáním samotných posudků je vhodné zkontrolovat nastavení vstupních normových hodnot pro posouzení. Tyto hodnoty se nastavují v menu **Beton > Nastavení**

Nastavení pro beton - EN 1992-1-1, EN 1992-1-2

Defaulty návrhu

Obečný

- ↳ Výpočet

MSÚ

- ↳ Interakční diagram
- ↳ Smyk

MSP

- ↳ Dotvarování
- ↳ Šířka trhlín
- ↳ Nelineární výpočty

Dovolené namáhání

Konstrukční zásady

- ↳ Vyztužování
 - ↳ Háky
- ↳ Automatický návrh výztuže
- ↳ Předpínání: předem předpjatý
- ↳ Předpínání: dodatečně předpjatý

Varování a chyby

Dovolené namáhání

Omezení namáhání v průběhu předpínání
Omezení namáhání MSP

Národní příloha

k1 - součinitel pro maximální namáhání v předpínací výztuži v průběhu předpínání	0,8	5.10.2.1(1)
k2 - součinitel pro maximální namáhání v předpínací výztuži v průběhu předpínání	0,9	5.10.2.1(1)
k3 - zvětšený součinitel pro maximální namáhání v předpínací výztuži v průběhu předpínání	0,95	5.10.2.1(2)
k6 - zvětšený součinitel pro maximální tlakové namáhání v předem předpjatém betonu po přenesení předpětí	0,7	5.10.2.2(5)
k7 - součinitel pro maximální namáhání v předpínací výztuži po zakotvení/přenesení předpětí	0,75	5.10.3(2)
k8 - součinitel pro maximální namáhání v předpínací výztuži po zakotvení/přenesení předpětí	0,85	5.10.3(2)

Nastavení výpočtu:

zvýšit dovolené namáhání předpjaté výztuže 5.10.2.1(2)

zvýšit dovolené tlakové namáhání betonu 5.10.2.2(5)

Použít jako dovolené namáhání betonu v tahu pro kombinaci MSP

fctm

fctm,fl

Dovolené tahové namáhání betonu před a po zakotvení sigma_{cc,max} 0 MPa

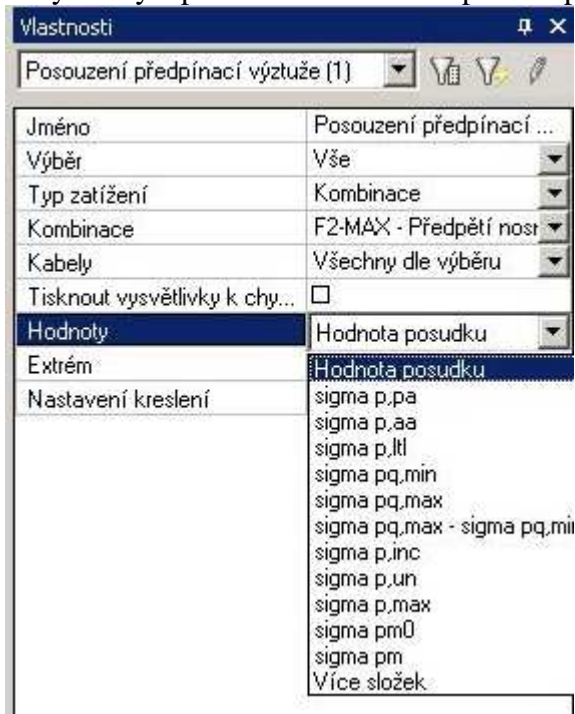
Dovolené tahové namáhání betonu od kvazi-stálé kombinace MSP fct,eff,qp 0 MPa

Filtr dle typu výpočtu

OK
Zrušit

5.1 Posouzení předpínací výztuže

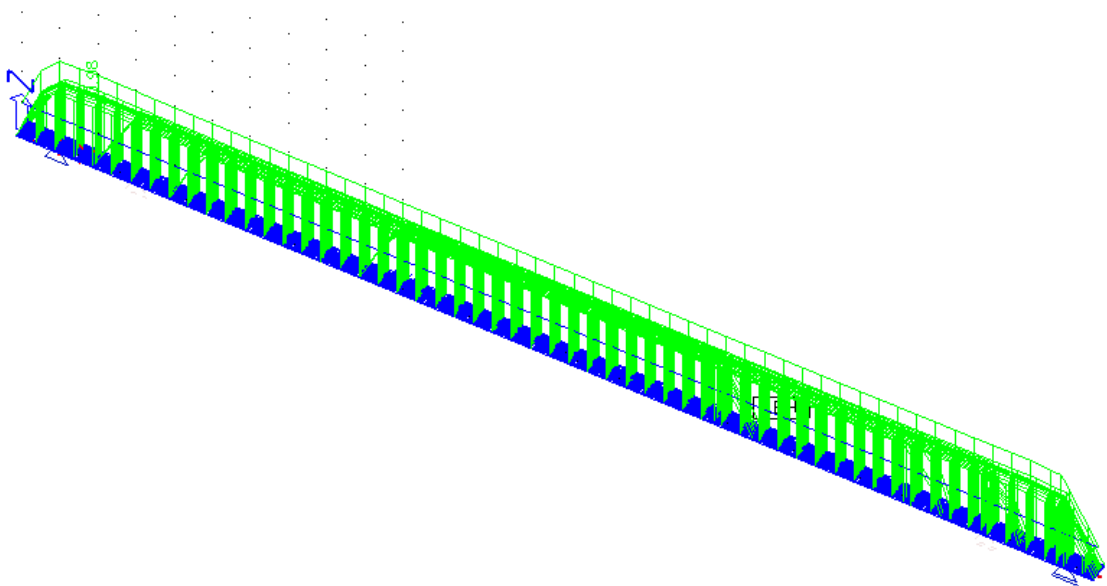
Posouzení spočívá v porovnání vypočteného napětí v předpínací výztuži s dovoleným napětím. Lze posoudit předpínací výztuž v jednotlivých fázích výstavby. V okně **Vlastnosti** vybereme příslušnou fázi výstavby a pro tuto fázi můžeme provést posudek.



Program vykreslí průběh požadované veličiny po délce kabelu dle výběru v řádku **Hodnota**.

Kabel, pro který se výsledek bude vykreslovat, lze zvolit parametrem **Kabel**.

Např. pro třídu ST6(SLS) – Životnost 100let je vidět průběh Hodnoty posudku v předpínací výztuži.



Po stisknutí tlačítka **Náhled** je možno si všechny vypočtené hodnoty přehledně prohlédnout.

Akce	
Obnovit	>>>
Informace o výpočtu	>>>
Nastavení pro beton	>>>
Náhled	>>>

..

Posouzení předpínací výztuže

Lineární výpočet, Extrém : Globální

Výběr : Vše

Kabely: Všechny dle výběru

Třída : ST8 (SLS)

Posudek předpínací výztuže pro vybrané kabely

ŠKN Kabel	d [m]	Stav	σ	σ	σ	σ	σ	Check	Posudek
			[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]	
			σ	σ	σ	σ	σ	Check	
			[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]	
SKN	2,00	F8-EN-MSP char./2	1440,00	1332,64	1114,35	1114,35	1114,35	0,98	OK
Kabel11		ST8	1520,00	1360,00	1395,00	1395,00	1395,00	1,00	

Jednotlivé hodnoty znamenají:

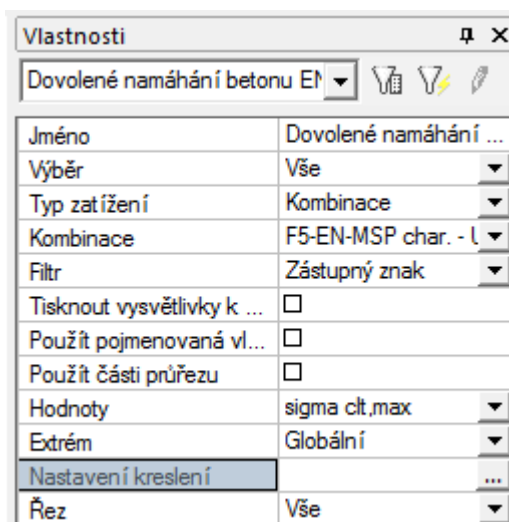
- $\sigma_{p,pa}$ – napětí v předpínací výztuži před ukotvením (během předpínání)
- $\sigma_{p,max}$ – dovolené namáhání předpínací výztuže před ukotvením
- $\sigma_{p,aa}$ – napětí v předpínací výztuži po ukotvení (vnesení předpětí)
- $\sigma_{p,m0}$ – dovolené namáhání předpínací výztuže po ukotvení (vnesení předpětí)
- $\sigma_{pq,min}$ – minimální napětí v předpínací výztuži po zavedení vlastní tíhy, všech stálých a nahodilých zatížení
- σ_{pm} – dovolené namáhání předpínací výztuže od kombinací MSP
- $\sigma_{pq,max}$ – maximální napětí v předpínací výztuži po zavedení vlastní tíhy, všech stálých a nahodilých zatížení
- $\sigma_{p,lt}$ – napětí v předpínací výztuži po dlouhodobých ztrátách

Z **Náhledu** lze pak text okna exportovat do různých programů (HTML, Text, RTF, PDF, XLS) a také do **Dokumentu**. Toto neplatí jen u posudku dovoleného namáhání předpínací výztuže, ale obecně u všech typů posudků, výpočtů a jakýchkoliv tabulek.

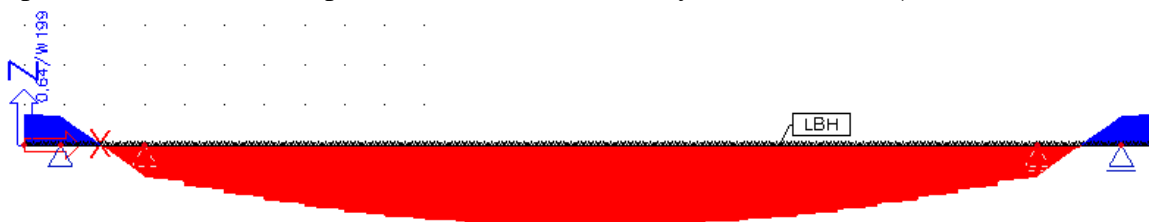
5.2 Dovolené namáhání betonu

Program posuzuje vypočtená normálová napětí (dle teorie pružnosti) s tzv. dovolenými namáháními. Program vypočte a vykreslí průběh požadované veličiny po délce prvku dle výběru v okně **Vlastnosti** v řádku **Hodnota**.

Např. pro kombinaci F5-EN-MSP char.



- průběh maximálního napětí v betonu od dlouhodobých zatížení - $\sigma_{clt,max}$



Tabulka v Náhledu potom vypadá následovně

Dovolené namáhání betonu EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Globální

Výběr : Vše

Kombinace : F5-EN-MSP char.

Posudek předpětí na dovolené namáhání pro vybrané prvky

Prut	d [m]	Stav	Vlákna	$\sigma_{s,acc}^{max}$	$\sigma_{s,cc}^{max}$	$\sigma_{s,acc}^{min}$	$\sigma_{s,cc}^{min}$	$f_{ct,acc}$	$\sigma_{s,acc}^{cp}$	$f_{ct,acc}^{cp}$	Posouzení $_{vpp}$ [-]	Posouzení $_{lim}$ [-]	Posudek W/E
				[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[MPa]				
B1	0,450	F5-EN-MSP char./4 ST5	17	-1,98	-2,06	0,64	-1,98	0,64	0,00	0,00	0,21	1,00	vyhovuje
				0,00	0,00	3,09	0,00	0,00					224,227,199,197

Informace o výpočtu

varování a chyby

pro prvky

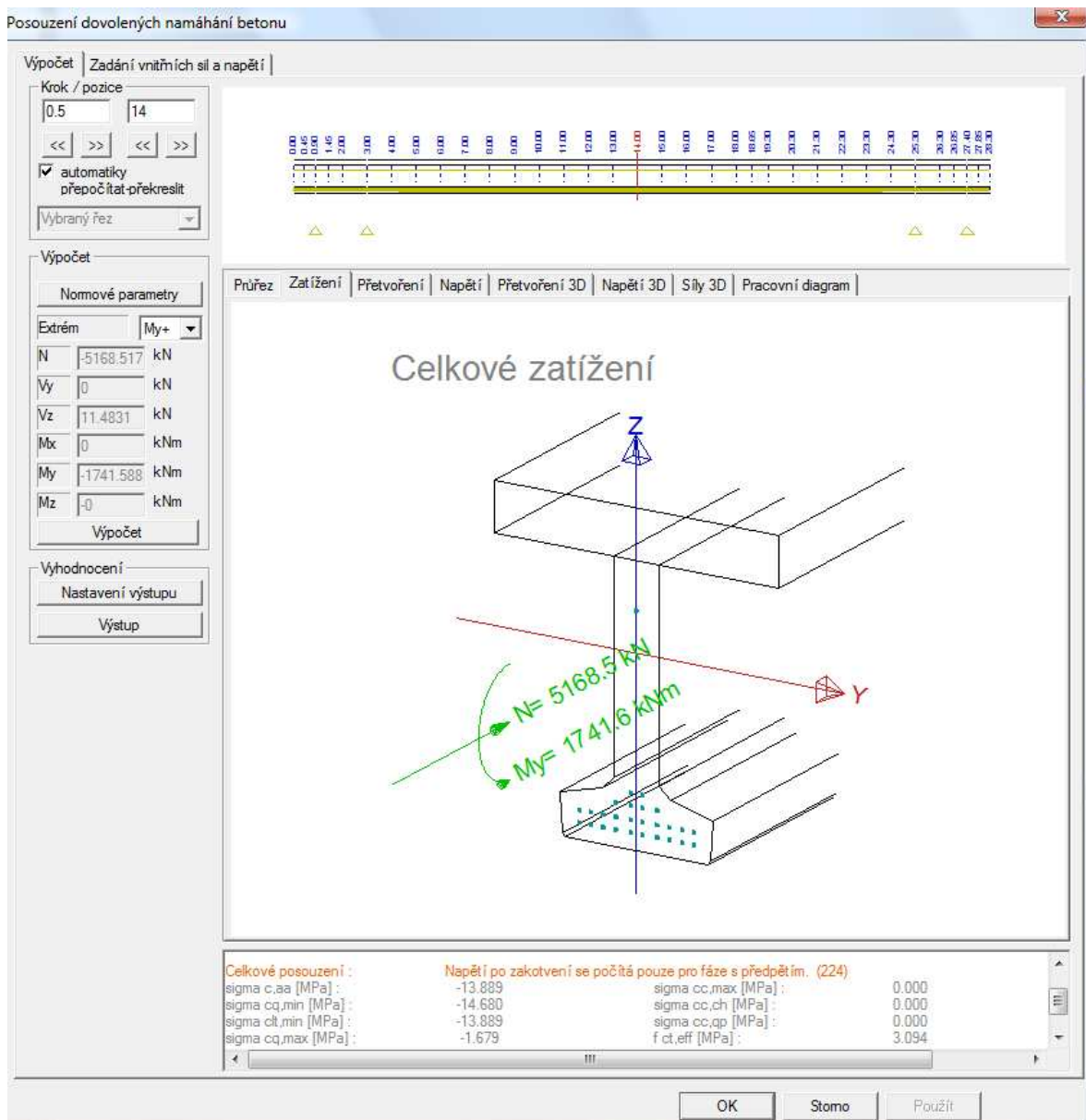
Prut	č.	Typ	Popis
B1	197	Varování	Přirůstek namáhání se počítá pouze pro zatěovací stav
B1	199	Varování	Napětí lze počítat pouze pro kvazi-stálou kombinaci MSP
B1	224	Varování	Napětí po zakotvení se počítá pouze pro fáze s předpětím.
B1	227	Varování	Omezení tlakových namáhání (vyvozené jmenovitou kombinací MSP) je vyžadováno pouze pro konstrukce vystavené třídám prostředí XD, XF a XS

Jednotlivé hodnoty znamenají:

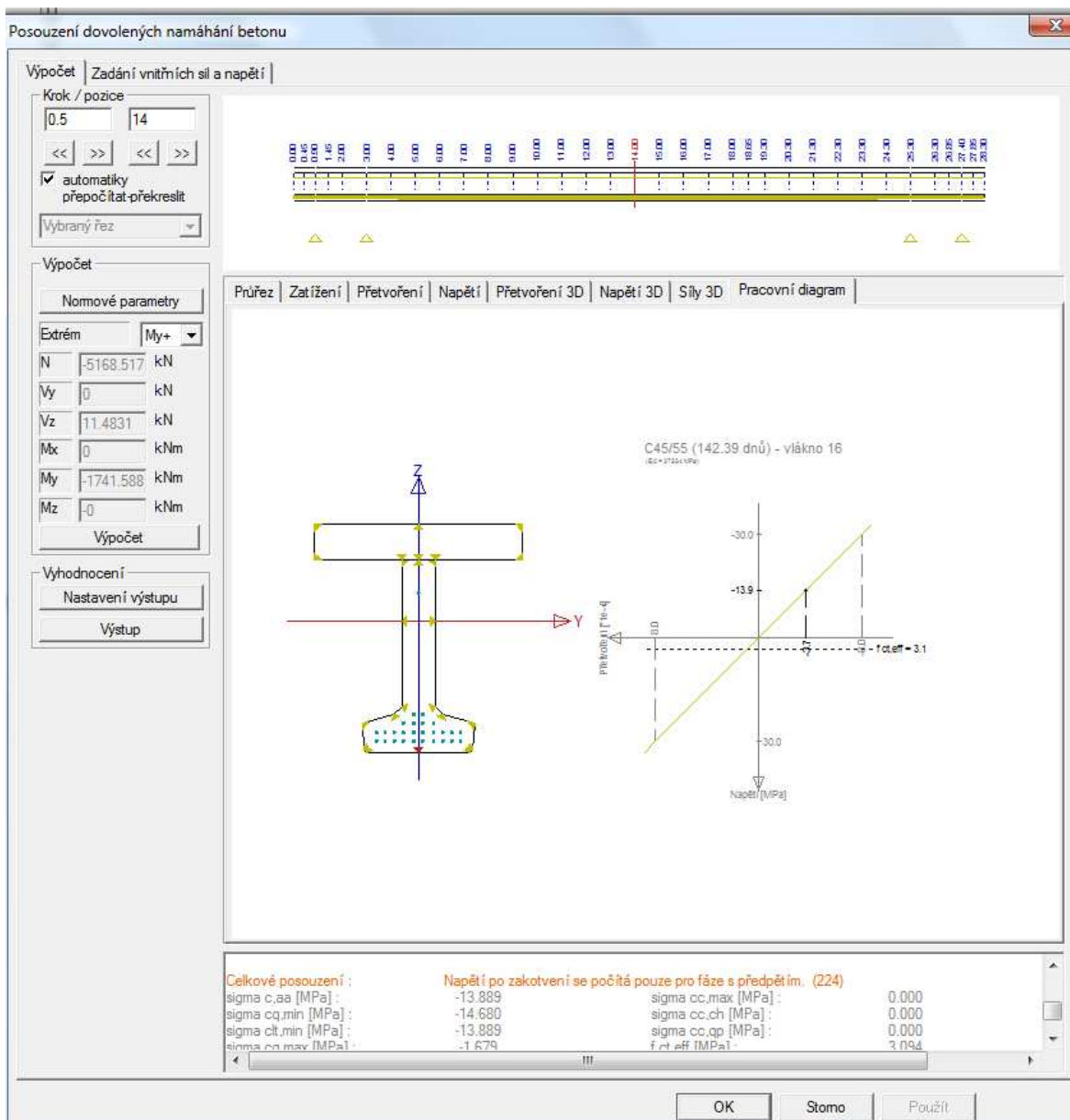
$\sigma_{cc,max}$ – dovolené namáhání v betonu před a po ukotvení (vnesení předpětí)

- $\sigma_{cc,ch}$ – dovolené namáhání v betonu v tlaku podle charakteristické kombinace MSP
- $\sigma_{cc,qp}$ – dovolené namáhání v betonu v tlaku podle kvazistálé kombinace MSP
- $f_{ct,eff}$ – dovolené namáhání betonu v tahu podle kombinace MSP
- $\sigma_{c,aa}$ – napětí v betonu po ukotvení (vnesení předpětí)
- $\sigma_{cq,min}$ – minimální napětí v betonu po vnesení vlastní tíhy, všech stálých a nahodilých zatížení
- $\sigma_{clt,min}$ – minimální napětí v betonu od dlouhodobých zatížení
- $\sigma_{cq,max}$ – maximální napětí v betonu po vnesení vlastní tíhy, všech stálých a nahodilých zatížení
- $\sigma_{clt,max}$ – maximální napětí v betonu od dlouhodobých zatížení
- $\sigma_{c,inc}$ – přírůstek namáhání v betonu

Po stisknutí tlačítka **Posouzení průřezu** je možno získat posudky v jednotlivých řezech prvku. Okno detailního posudku je rozděleno na dvě karty. V první kartě **Výpočet** lze prohlížet vypočtené hodnoty a jejich grafický výstup.



V horním okně je naznačen posuzovaný prvek, na kterém je možno si vybrat posuzovaný řez. Dále je zde několik záložek, ve kterých se přehledně vykreslují hodnoty: průřez, působící zatížení od zvolené kombinace zatížení, napětí a přetvoření prvku, 3D napětí a přetvoření, 3D vnitřní síly a Pracovní diagram betonu viz. níže.



Ve druhé záložce **Zadání vnitřních sil a napětí** lze detailně prohlížet vnitřní síly od jednotlivých zatížení (stálá, nahodilá, předpětí) a napětí spolu s přetvořením v kabelech a v betonu.

Posouzení dovolených namáhání betonu

Výpočet Zadání vnitřních sil a napětí

Počáteční stav - průřez

Fáze	N [kN]	eps0*1e6	My kN/m	rotY*1e6	Mz kN/m	rotZ*1e6
1	-3882.33	0	-187.12	0	0	0
2	-555.8	0	4.15	0	0	0

Počáteční přetvoření výztuže

Index	Jméno	Y [mm]	Z [mm]	Plocha [mm^2]	Eps*1e6

Přetvoření - kabely

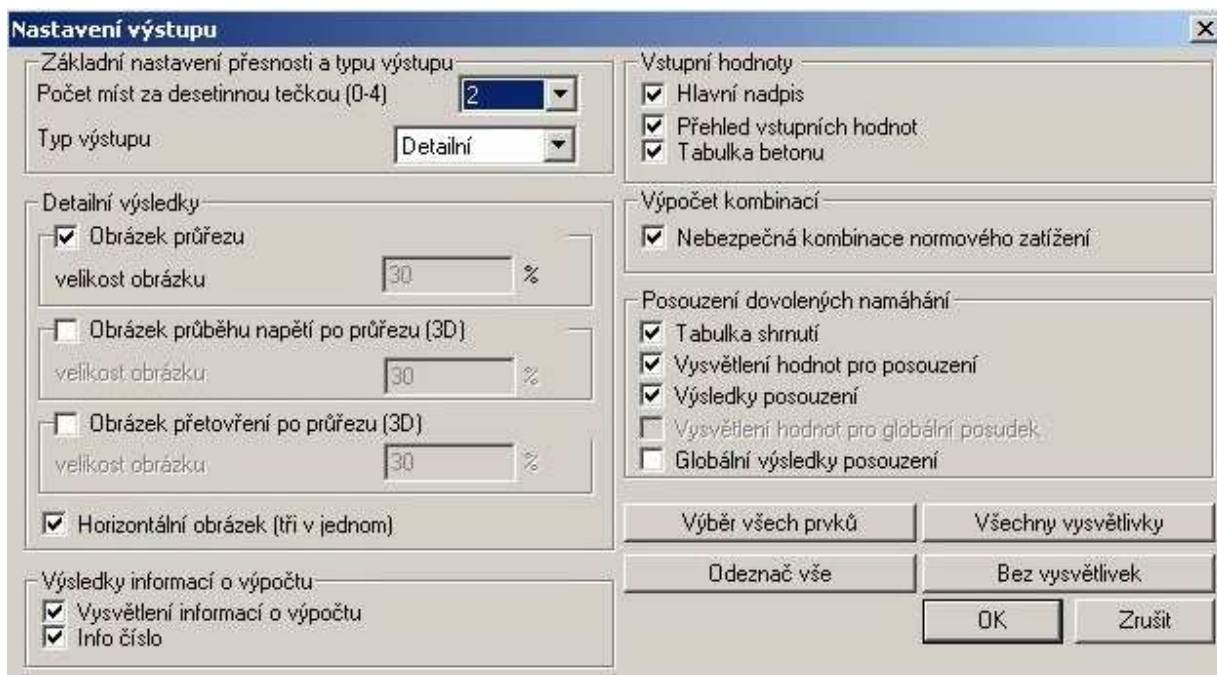
Index	Jméno	Y [mm]	Z [mm]	Plocha [mm^2]	sní po zakot	působené	ení po ztrát	pěti po ztrát
1	SKN-Kab...	-250	-714	150	6545.68	-985.49	5560.2	1084.24
2	SKN-Kab...	-200	-714	150	6545.68	-985.49	5560.2	1084.24
3	SKN-Kab...	-145	-714	150	6545.68	-985.49	5560.2	1084.24
4	SKN-Kab...	-90	-714	150	6545.68	-985.49	5560.2	1084.24
5	SKN-Kab...	-25	-714	150	6545.68	-985.49	5560.2	1084.24

Nastavení vnitřních sil pro výpočet - celkové výslednice

	Celková	Nahodilá	Stálá	Primární	Sekundární	Předpětí	Použitelnostní	MSP-Char,inf	MSP-Char,sup	Cel
N [kN]	0.95	0	0.95	-5169.45	-0.02	-5169.47	-5168.52	-4910.04	-5426.99	-5168.
Vy [kN]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vz [kN]	11.48	0	11.48	0	0	0	11.48	11.48	11.48	11.48
Mx [kN/m]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
My [kN/m]	43.99	0	43.99	-3284.33	1498.75	-1785.57	-1741.59	-1652.31	-1830.87	-1741.
Mz [kN/m]	0	0	0	0	-0	-0	-0	-0	-0	-0

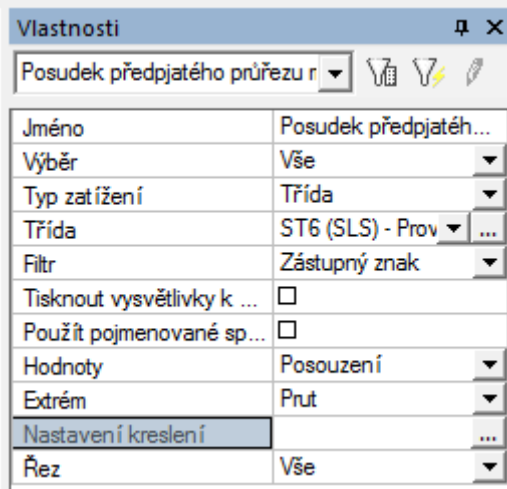
OK Storno Použít

Výsledky výpočtu lze také z tohoto okna vyexportovat do přehledného textového souboru nebo do dokumentu. Tlačítkem **Nastavení výstupu** je možno ovlivnit jaké tabulky a obrázky budou exportovány. Stisknutím **Výstup** se poté vytvoří **Náhled** nebo **Dokument**.

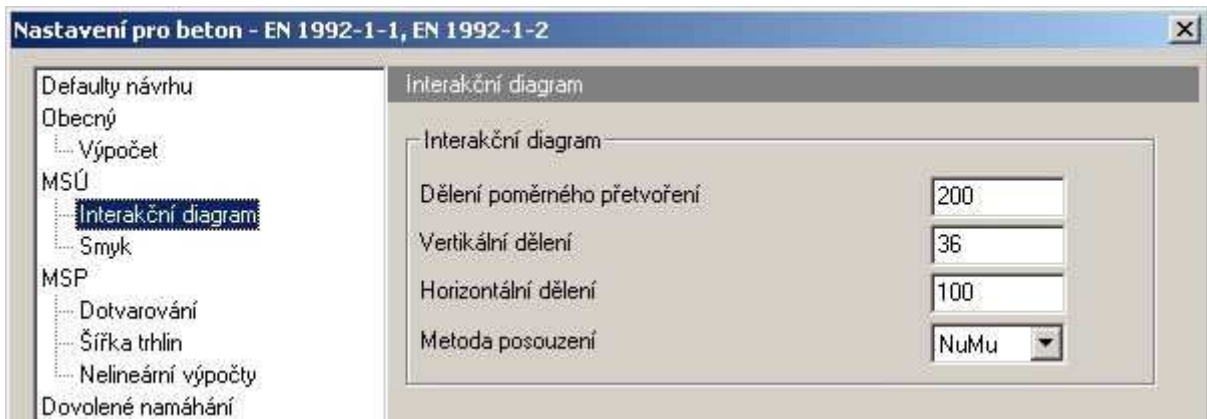


5.3 Stanovení únosnosti pomocí interakčního diagramu

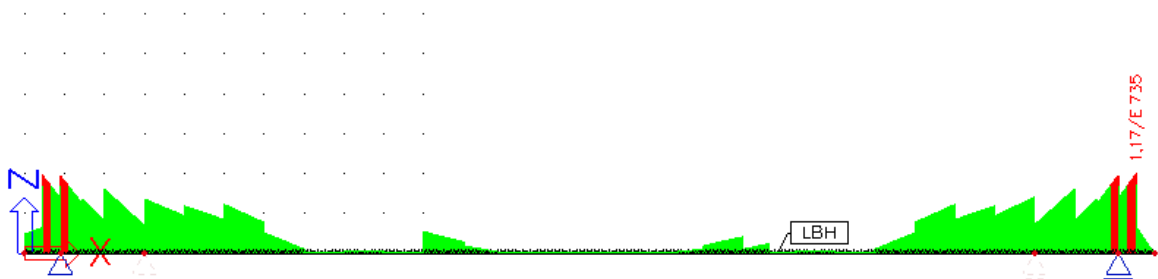
Únosnost průřezu lze stanovit pomocí interakčního diagramu. V okně **Vlastnosti** lze vybrat požadovanou veličinu, podle které bude počítán extrém.



Výpočet interakčního diagramu lze ovlivnit v **Nastavení pro beton > MSÚ > Interakční diagram**, kde se zvolí typ metody posouzení – Nu, Mu, NuMu, Muy, Muz. Zde jsme vybrali metodu **NuMu**.



Např. opět pro třídu ST6(ULS) – Životnost 100let je vidět:
 - průběh hodnoty posudku po délce prvku.



Tabulka v **Náhledu** vypadá následovně

Posudek předpjatého průřezu metodou interakčního diagramu EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Prut

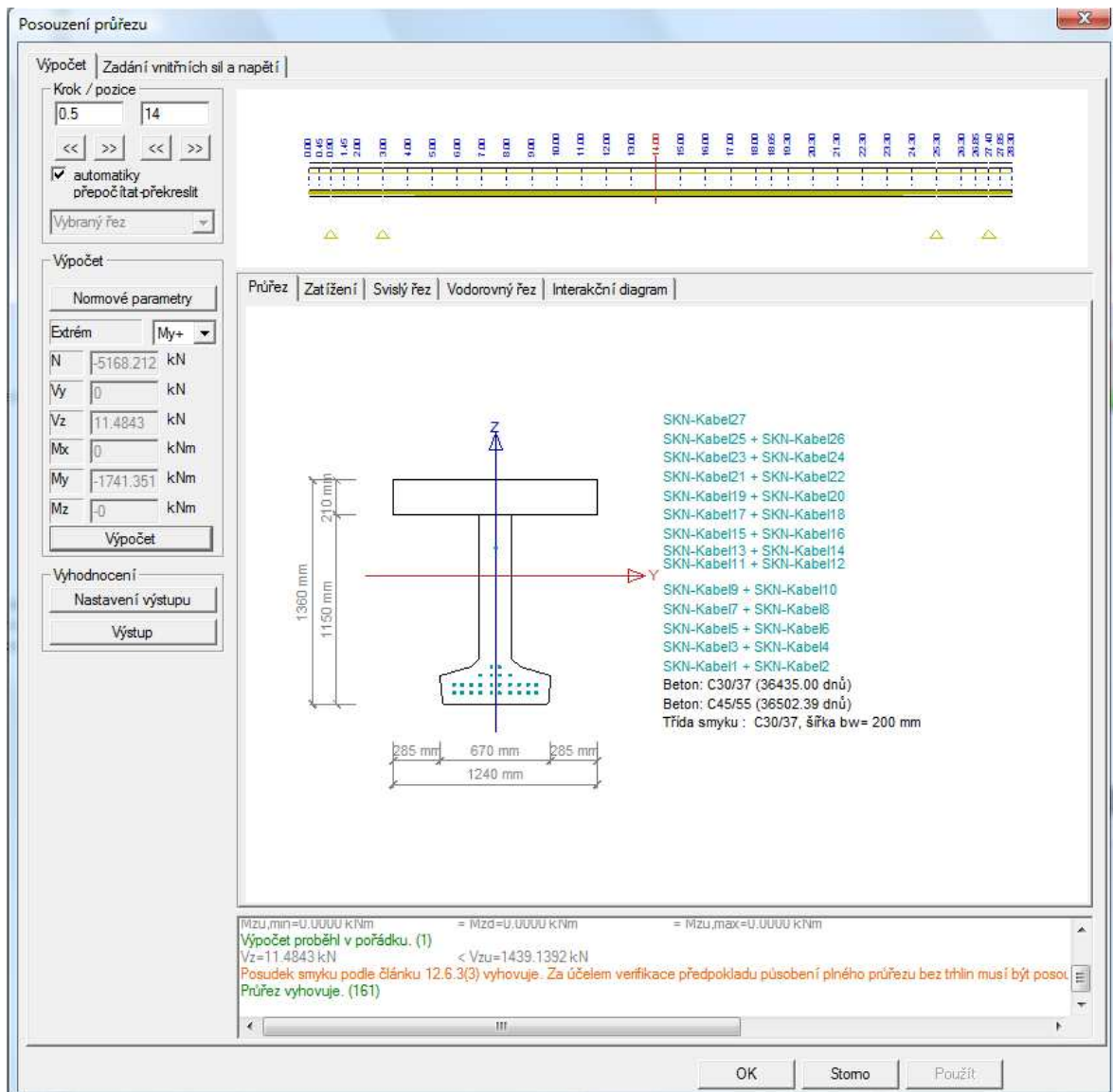
Výběr : Vše

Třída : ST6 (SLS)

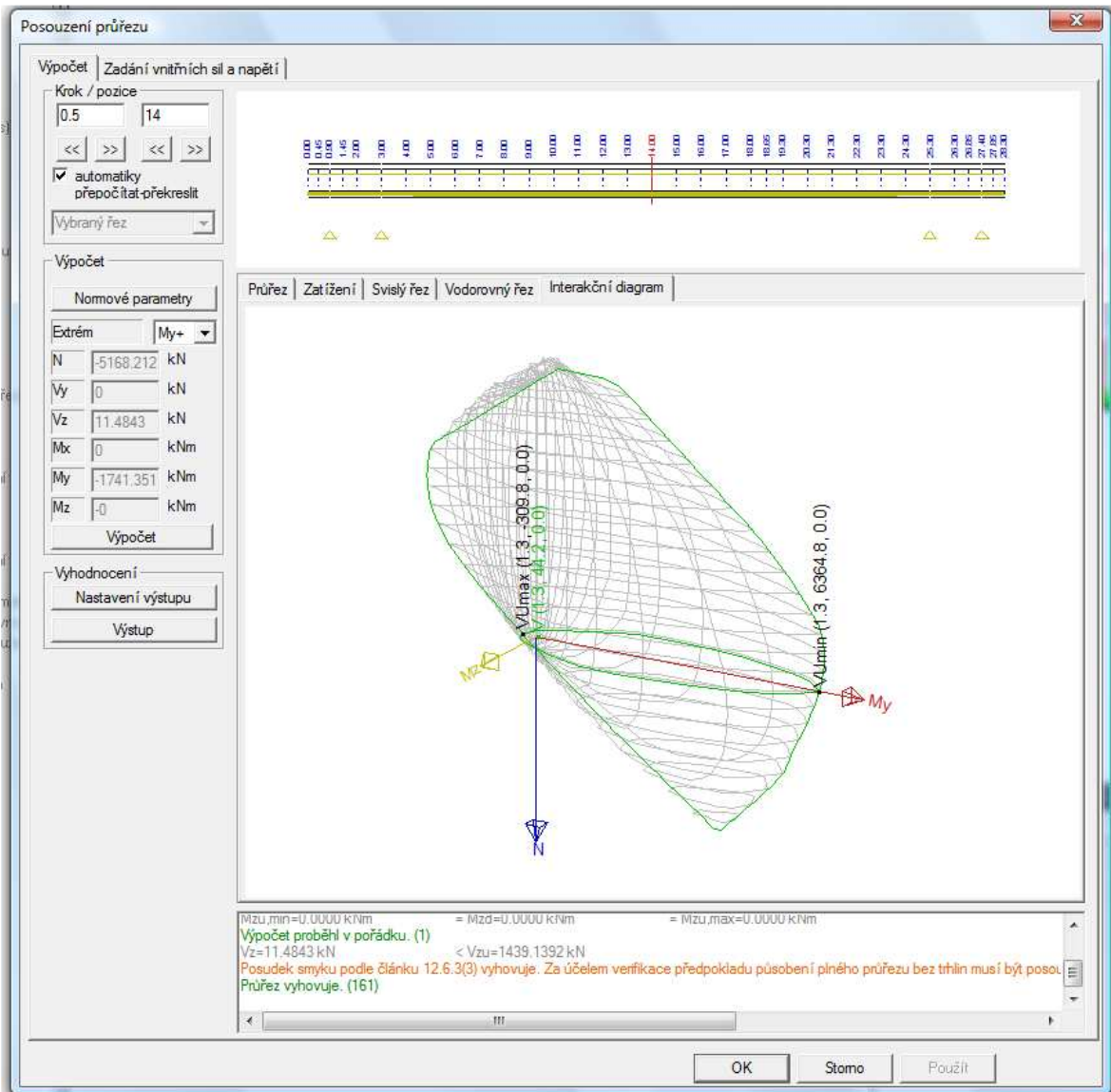
Diagram posudku předpětí v betonu pro vybrané prvky

Prut	d [m]	Stav	Typ posudku	N [kN] N _{sd} [kN]	V [kN] V _{sd} [kN]	M _y [kNm] M _y ^(pr) [kNm]	Posouzení _{typ} [-] Posouzení _{sum} [-]	Posudek W/E
B1	27,850	ST6 (SLS)	Mu	-1483,55 0,61	26,37 26,37	-815,88 -303,22	1,17 1,00	nevyhovuje 735

Po stisknutí tlačítka **Posudek průřezu** je možné získat detailní posudky v jednotlivých řezech prvku. Okno jednotlivého posudku je rozděleno opět na dvě karty (viz. Dovolené namáhání betonu).

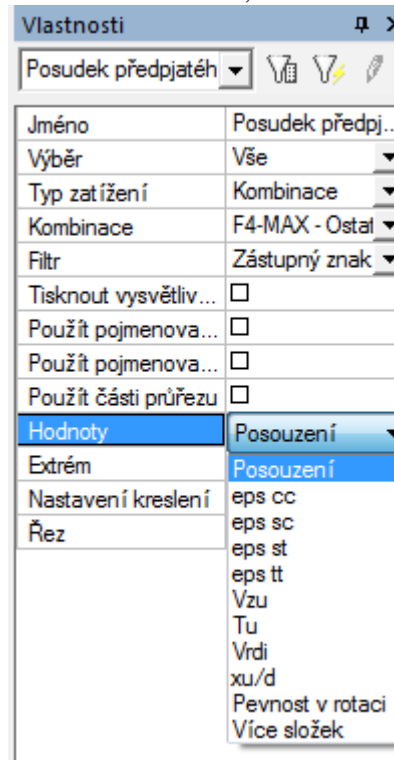


V horním části dialogu je naznačen posuzovaný prvek, na kterém je možné vybrat posuzovaný řez. Dále je zde několik záložek ve kterých se přehledně vykreslují hodnoty: Průřez, působící zatížení od zvolené kombinace zatížení, vertikální, horizontální a prostorový interakční diagram (viz. níže). Obecně platí, jestliže bude výslednice vnějšího zatížení uvnitř tohoto tělesa, prvek vyhovuje na únosnost.



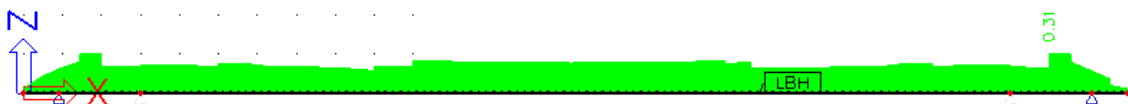
5.4 Stanovení únosnosti metodou mezních přetvoření

Servis **Metoda mezních přetvoření** slouží ke stanovení hodnot přetvoření průřezu od zvoleného zatížení a porovnání s mezními hodnotami pro oba materiály. V okně **Vlastnosti** lze opět vybrat požadovanou veličinu, která bude vypočtena a vykreslena.

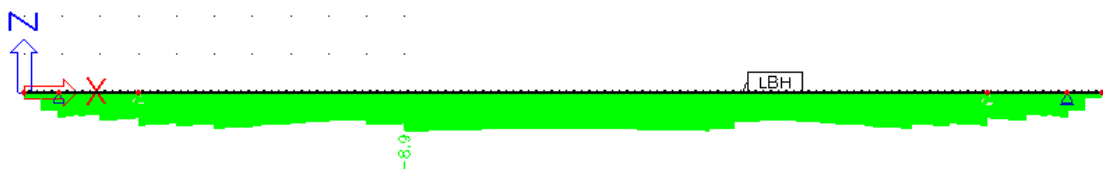


Pro srovnání opět pro kombinaci F4-MAX – Ostatní stálé je vidět:

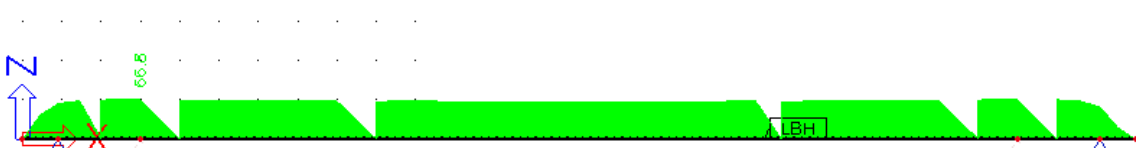
- průběh hodnoty posudku po délce prvku



- průběh tlakového přetvoření v betonu ϵ_{cc}



- průběh tahového přetvoření ve předpínací výztuži ϵ_{tt}



co tyto náhlé poklesy – to bych dal do chybovníku

Tabulka v **Náhledu** vypadá následovně, např. pro přetvoření v betonu

Posudek předjatého průřezu metodou mezních přetvoření EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Prut
 Výběr : Vše
 Kombinace : F4-MAX

Posudek odevzy předpětí v betonu provybrané prvky

Prut	d_s [m]	Stav	Vláčna	N [kN]	V [kN] $V_{z, max}$ [kN]	M_y [kNm]	Posouzení _{typ} [-] Posouzení _{lim} [-]	Posudek WE
B1	26,300	F4-MAX/1	1	-2198,25	-219,48 -219,48	-961,17	0,31 1,00	vyhovuje 161

varování a chyby

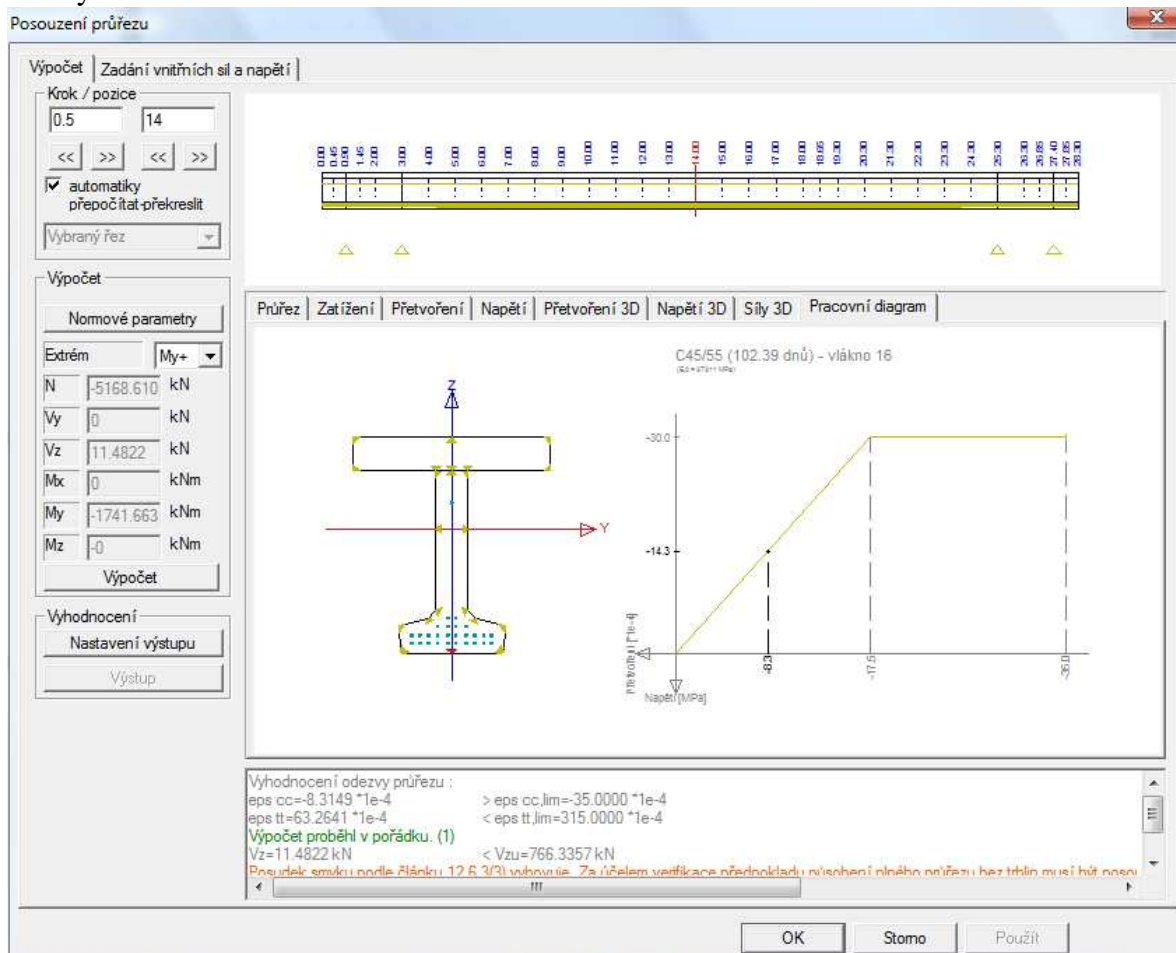
Prut	č.	Typ	Popis
B1	161	Varování	Průřez vyhovuje.
B1	187	Varování	Posudek kroucení není požadován
B1	217	Varování	Posudek smyku podle článku 12.6.3(3) vyhovuje. Za účelem verifikace předpokladu působení plného průřezu bez trhlin musí být posouzení smykové únosnosti doplněno posouzením hlavních napětí v tahu v MSU.
B1	240	Varování	Výpočet smyku vestyčné spáře není požadován
B1	834	Chyba	Neočekávaná hodnota ve vzorci 12.6. Může to být způsobeno tím, že vnitřní síly neodpovídají požadavkům předpínací výztuže nebo rozměrům průřezu

Po stisknutí tlačítka **Posouzení průřezu** je možné získat detailní posudky v jednotlivých řezech prvku. Okno jednotlivého posudku je rozděleno opět na dvě karty (viz. Dovolené namáhání betonu).

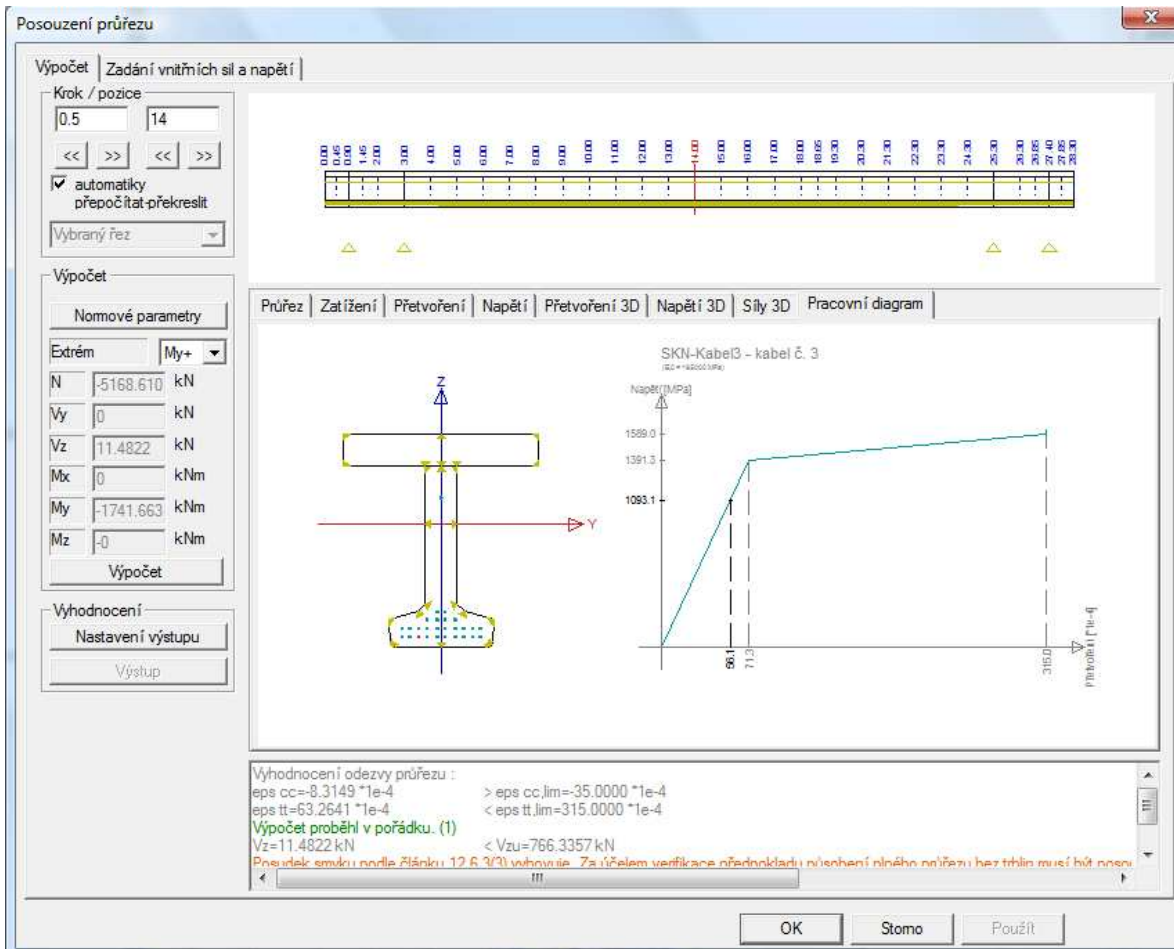
V horní části dialogu je naznačen posuzovaný prvek, na kterém lze vybrat posuzovaný řez. Dále je zde několik záložek, ve kterých se přehledně vykreslují hodnoty: Průřez, působící zatížení od zvolené kombinace zatížení, napětí a přetvoření prvku, 3D napětí a přetvoření, 3D vnitřní síly a Pracovní diagram betonu a oceli. Lze vybrat v průřezu různé

vlákna betonu, předpínací kabely, betonářskou výztuž, pro které program vypočítá a zobrazí pretvoření.

Pro vybrané vlákno betonu:



Pro vybranou předpínací výztuž:



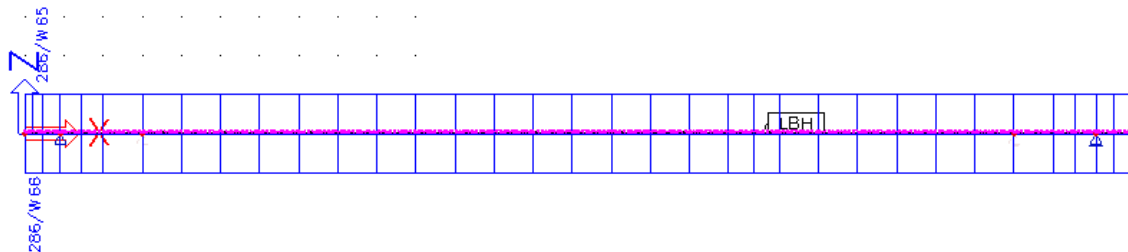
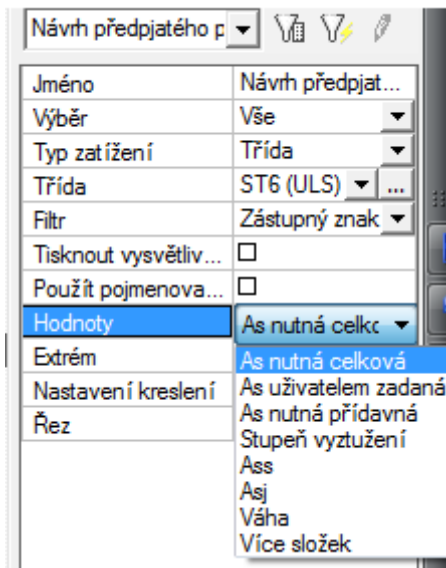
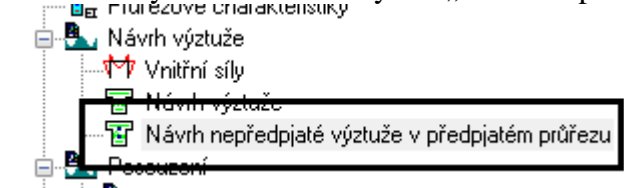
6. Posudky dle ČSN EN 1992-1-1 s vlivem betonářské výztuže

- Posudek Omezení trhlin
 - Šířka trhlin
 - Návrh výztuže vzhledem k vzniku trhlin
 - Výpočet σ_{p0} – dekompresní napětí
- Posudek smykové únosnosti průřezu V_{zu} – jako hodnota posudku na výběr v servisu Metody mezních přetvoření a Interakčního diagramu.

Poznámka: Pro posudky Omezení trhlin a smykové únosnosti průřezu je nutno nadefinovat betonářskou výztuž v průřezu.

6.1 Zadání betonářské výztuže

K návrhu výztuže můžeme využít „návrh nepředpjaté výztuže v předpjatém průřezu“



Návrh předpjatého prutu EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Prut

Výběr : Vše

Třída : ST6 (ULS)

Navržená výztuž při spodní povrchu pro vybrané pruty

Prut	d_s [m]	Stav	N_s [kN]	$M_{s,p}$ [kNm]	$x_{c,s}$ [mm]	d [mm]	$A_{s,req}$ [mm ²]	Výztuž[kg]	W/E
B1	0,000	ST6 (ULS)	-358,37	-198,11	0	0	286	1x20,0(314)	68

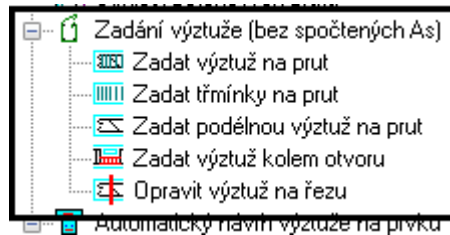
Navržená výztuž při horním povrchu pro vybrané pruty

Prut	d_s [m]	Stav	N_s [kN]	$M_{s,p}$ [kNm]	$x_{c,s}$ [mm]	d [mm]	$A_{s,req}$ [mm ²]	Výztuž[kg]	W/E
B1	0,450	ST6 (ULS)	695,80	337,12	0	0	286	1x20,0(314)	65

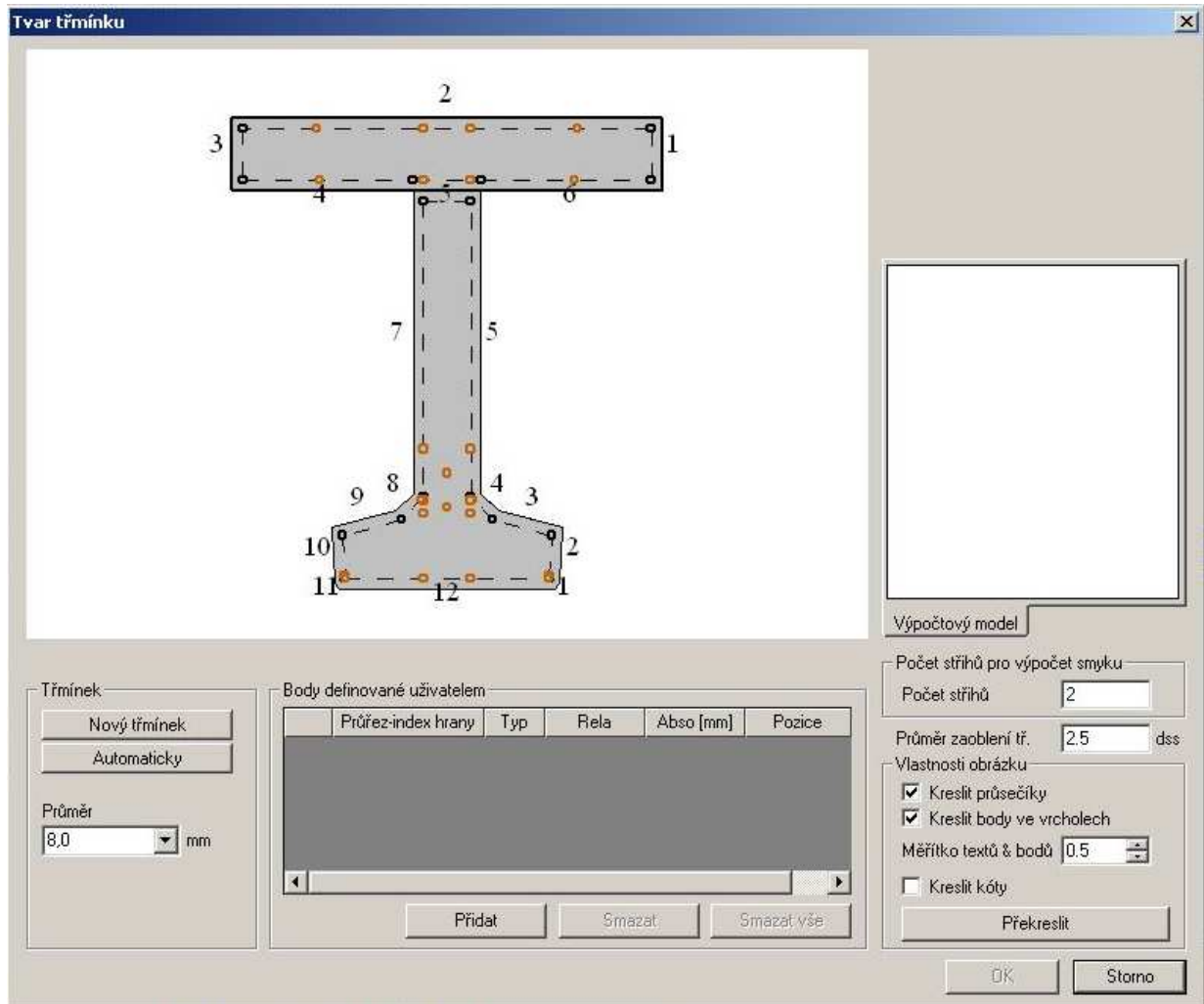
Program nám ukáže, kde a jak je nutno prvek dovyztužit betonářskou výztuží.

Potom musíme zadat skutečnou výztuž.

Betonářskou výztuž zadáme následovně kliknutím na položku **Zadat výztuž na prut** ve stromovém menu **Beton > Zadání výztuže > Zadat výztuž na prut**.

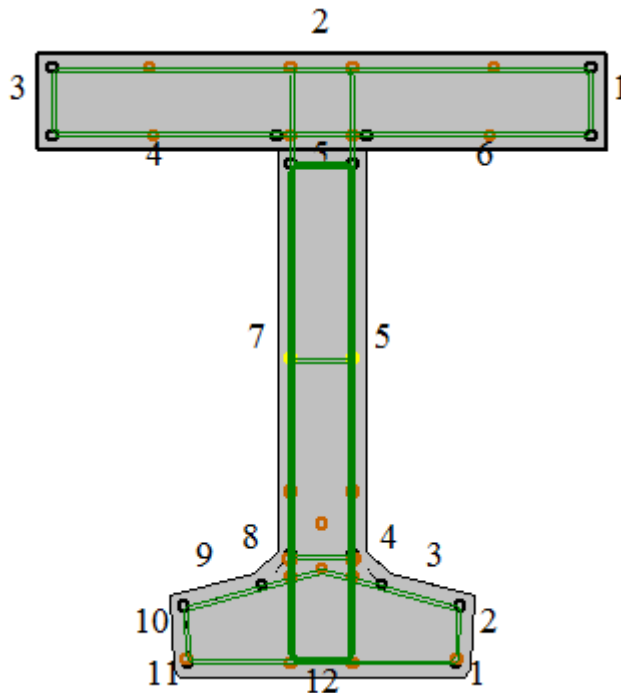


Nejprve je nutno zadat tvar výztuže třmínků a dále podélnou výztuž. V příkazovém řádku budeme následovně tázáni na první bod a další bod, mezi kterými bude betonářská výztuž umístěna. My zde označíme počáteční a koncový bod nosníku. Po označení bodů se automaticky objeví okno **Tvar třmínků**



Po kliknutí na tlačítko **Nový třmínek** můžeme zadat nový třmínek pomocí programem definovaných bodů, nebo tyto body můžeme vytvořit pomocí tlačítka **Přidat** v okně **Body definované uživatelem**. Po stisknutí **Automaticky** program vytvoří třmínek automaticky sám. Průměr třmínku nastavíme v roletě **Průměr**.

Nadefinujeme třmínky dle obrázku



Pro třmínek **S2** nastavíme parametr **Kroucení** – tento třmínek bude posuzován na kroucení

S1	S1
S2	S2
S3	S3
S4	S4
S5	S5

Smazat Smazat vše Smazat Smazat vše

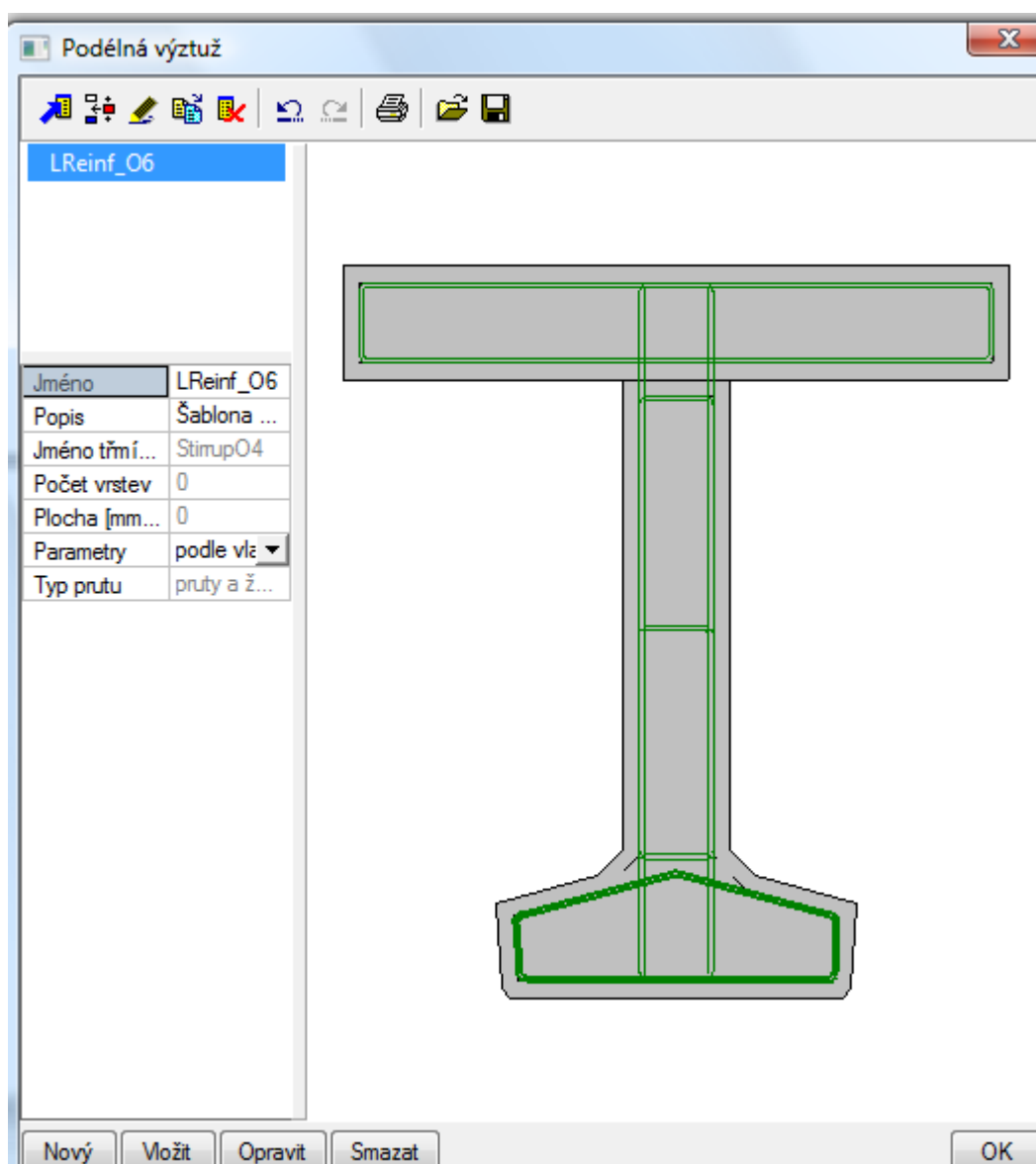
Jméno	S2
Průměr [mm]	8,0
Barva	
Počet vrcholů	4
Fáze	Fáze 2
Uzavřený	<input checked="" type="checkbox"/>
Kroucení	<input checked="" type="checkbox"/>
Smyk ve spáře	<input type="checkbox"/>

Barva	
Počet vrcholů	4
Fáze	Fáze 2
Uzavřený	<input type="checkbox"/>
První hrana	
Typ délky	Rela
Délka	1
Poslední ...	
Typ délky	Rela
Délka	1
Konstruování	<input type="checkbox"/>
Smyk ve sp...	<input checked="" type="checkbox"/>

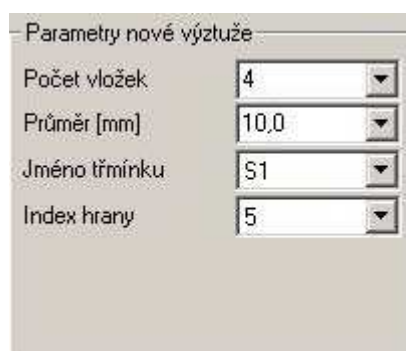
Výpočtový model Výpočtový model

Pro třmínek **S4** nastavíme parametr **Smyk ve spáře** – tento třmínek bude využit při posouzení Smykového **napětí ve spáře**

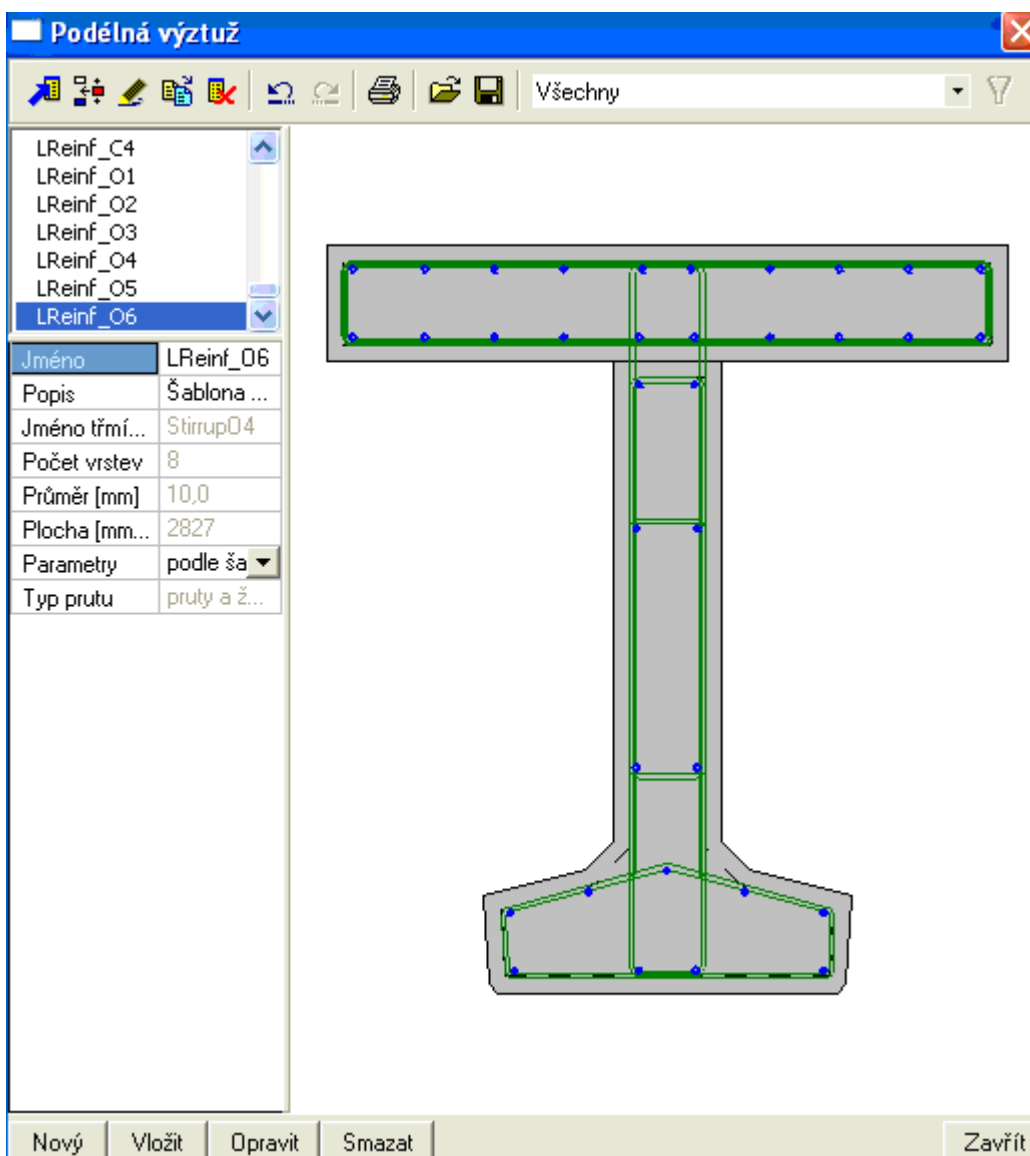
Potvrdíme tlačítkem **OK** a objeví se okno se seznamem nadefinovaných typů třmíneků.



Po potvrzení tlačítkem **OK** automaticky program otevře okno **Podélná výztuž**, kde budeme definovat podélnou výztuž. Pro vytvoření podélné výztuže se nabízí tlačítko **Nová vrstva**, pomocí kterého vytvoříme vrstvu podélné výztuže. Parametry výztuže nové vrstvy nastavíme v části okna **Parametry nové výztuže**.



Je zde možnost ovlivnit počet vložek ve vrstvě, průměr vložky, jméno třmínku ke kterému budou vložky podélné výztuže definovány a také Index hrany třmínku. Tyto indexy jsou viditelné právě pro vybraný třmínek v okně průřezu

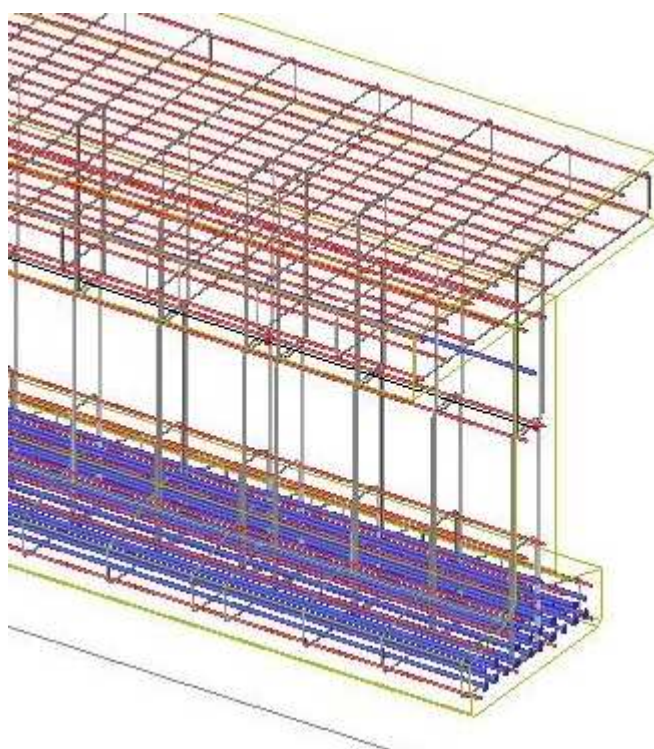


Potvrdíme tlačítkem **OK** a objeví se okno se seznamem nadefinovaných typů podélné výztuže.

Po dalším stisknutí **OK** program automaticky přiřadí výztuž na předem definovaný prvek. Zobrazení výztuže bude poté vypadat takto.



V detailu následovně.



Zobrazení betonářské výztuže lze zapnout/vypnout v menu **Parametry zobrazení > Beton > Beton + výztuž.**

6.2 Posudek Omezení trhlin

Servis posudek **Omezení trhlin** zahrnuje výpočet již dříve popsaných hodnot.



6.2.1 Šířka trhlin

Pro názornost opět pro třídu ST6(SLS) – Životnost 100let. U tohoto vzorového příkladu však trhliny nevzniknou v celé životnosti konstrukce. Proto jen pro názornost, jak vypadá tabulka posudku šířky trhlin.

Posudek předpjatého betonu - trhliny EN 1992-1-1

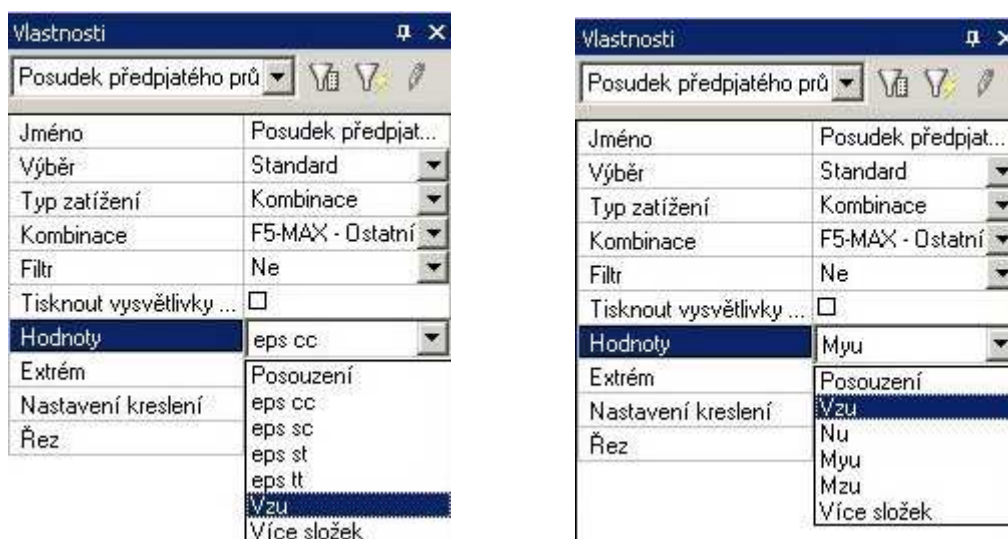
Lineární výpočet, Extrém : Prut
 Výběr : Vše
 Třída : ST6 (SLS)

Výpočet šířky trhlin pro vybrané pruty								
Prut	d_s [m]	Stav	$f_{ct,eff}$ [MPa]	σ_s [MPa]	$A_{c,eff}$ [mm ²]	A_p [mm ²]	σ_p^0 [MPa]	$\Delta\sigma_p$ [MPa]
			$\rho_{p,eff}$ [-]	$s_{r,max}$ [mm]	$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm}$ [1e-4]		w_{lim} [mm]	W/E
B1	0,000	ST6 (SLS)	3,80	14,1	265688	0	0,00	0,00
			6,50e-003	129	0,4		0,300	1,2

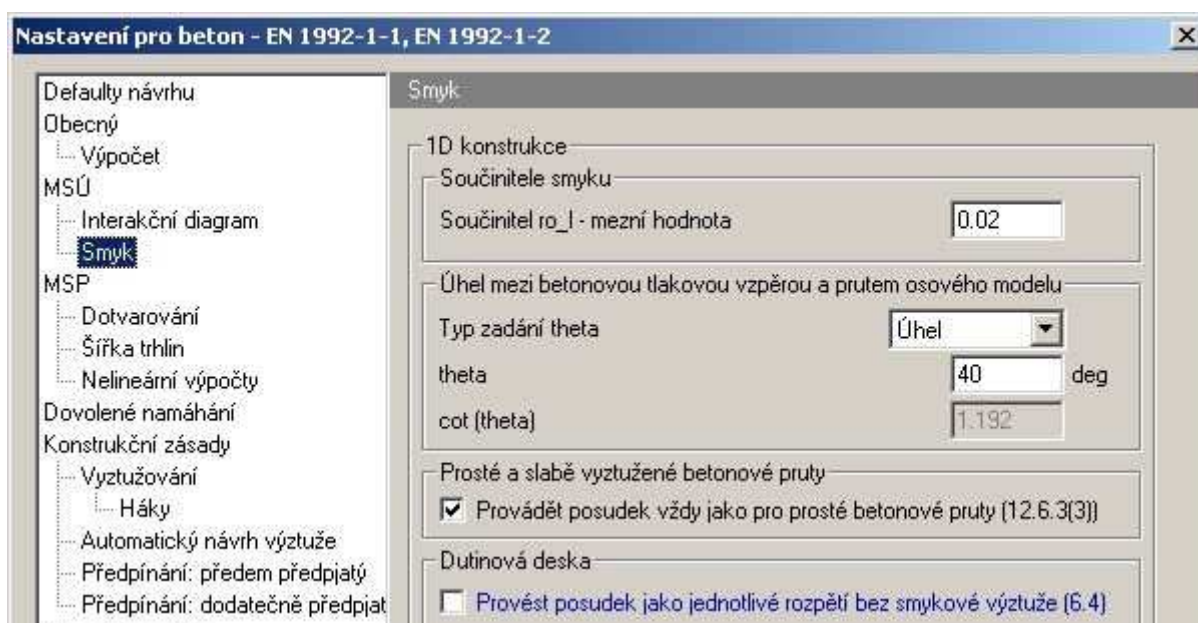
Obdobně lze provést další posudky z této kategorie.

6.3 Posudek smykové únosnosti průřezu

Posudek smykové únosnosti je od verze **SCIA ESA PT 2007** nově přidán k servisu **Metoda mezních přetvoření** a **Interakční diagram**.



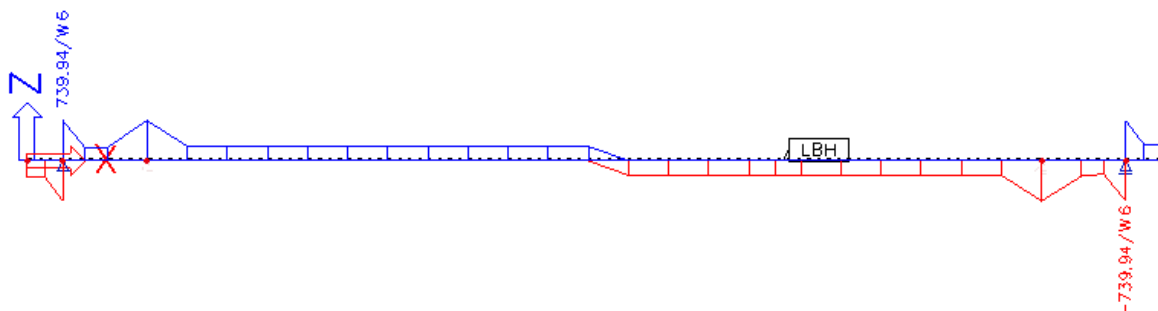
Uživatel má zde možnost zvolit způsob výpočtu smykové únosnosti betonu $V_{Rd,c}$. První možností je výpočet dle kapitoly 6.2 normy ČSN EN 1992-1-1 a druhý způsob podle kapitoly 12.6.3. Toto nastavení se provádí příkazem **Beton > Nastavení > Smyk**



Zatržením této volby se bude počítat únosnost $V_{Rd,c}$ podle kapitoly 12.6.3. Pro porovnání jsou níže uvedeny posudky pro třídu ST6(ULS) podle kapitoly 6.2 a 12.6.3.

6.3.1 Posudek smyku podle kapitoly 6.2

Při posudku podle kapitoly 6.2 se vykresluje průběh $V_{Rd,s}$ a ostatní hodnoty lze prohlížet v okně **Náhledu**



Náhled:

Posudek předpjatého průřezu metodou mezních přetvoření EN 1992-1-1

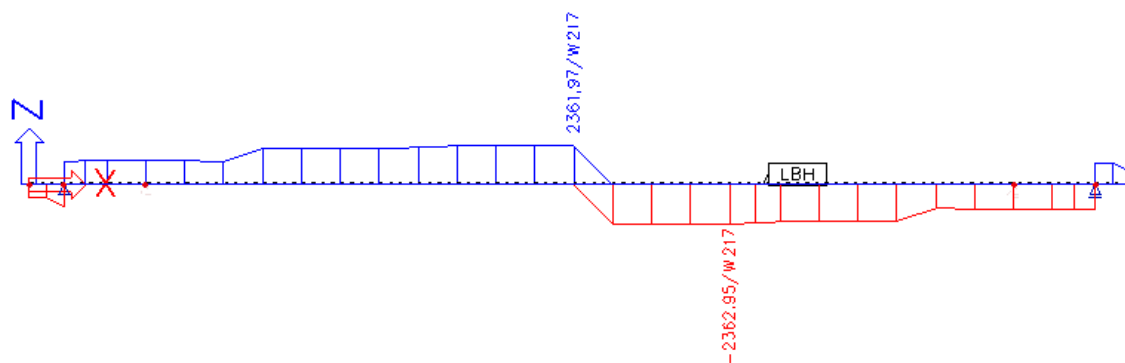
Lineární výpočet, Extrém : Prut
Výběr : Vše
Třída : ST6 (ULS)

Posouzení smykových namáhání pro vybrané pruty

Prut	d_s [m]	Stav	V_{ED} [kN]	vzdál. třminků [mm]	příčná vzdálenost třminků [mm]	$V_{Rd,s}$ [kN]	$V_{Rd,s}^{max}$ [kN]	A_{sv} [mm ² /m]	V_{Rd} [kN]	W/E
B1	27,400	ST6 (ULS)	-225,60	108	72	300,15	1649,87	931	739,94	6
B1	0,900	ST6 (ULS)	209,09	108	72	288,27	1631,34	931	739,94	6

6.3.2 Posudek smyku podle kapitoly 12.6.3

Jak již bylo popsáno výše, je nutné pro tento posudek zatrhnout volbu v **Beton > Nastavení**. Při posudku se vykresluje hodnota $V_{Rd,c}$. Opět pro třídu ST7(ULS).



Náhled:

Posudek předpjatého průřezu metodou mezních přetvoření EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Prut
Výběr : Vše
Třída : ST6 (ULS)

Posouzení smykových namáhání pro vybrané pruty

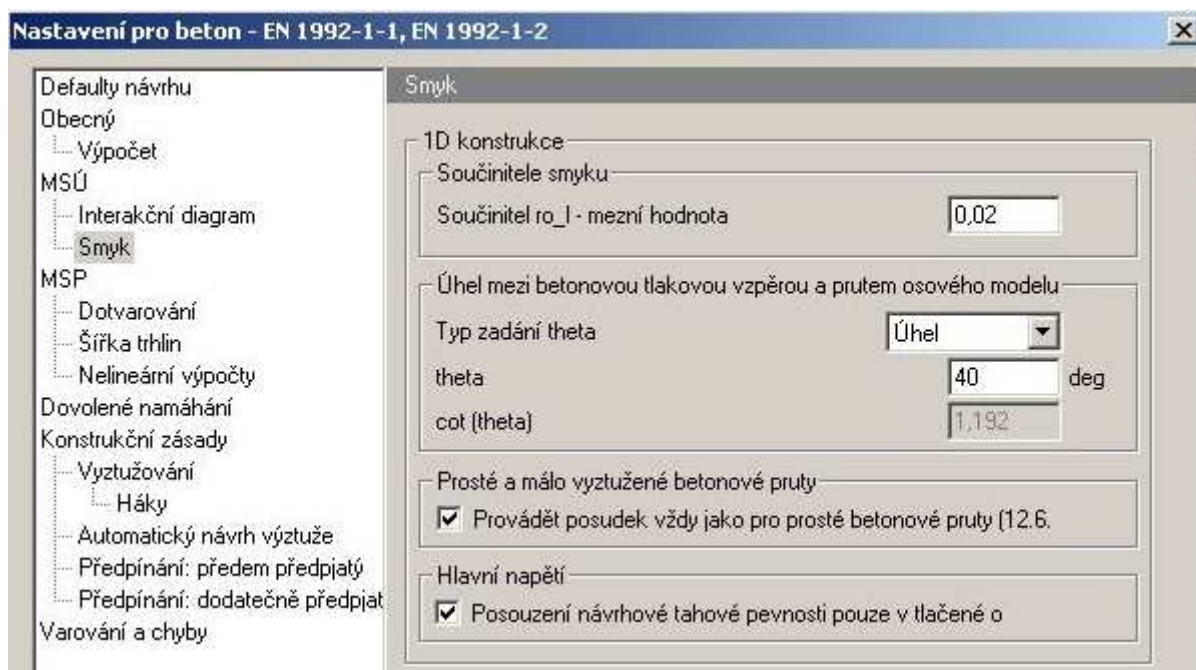
Prut	d_s [m]	Stav	V_{ED} [kN]	vzdál. třminků [mm]	příčná vzdálenost třminků [mm]	$V_{Rd,s}$ [kN]	W/E
B1	18,000	ST6 (ULS)	-59,17	300	72	2362,95	217
B1	14,000	ST6 (ULS)	11,48	300	72	2361,97	217

6.4 Posudek hlavních tahů

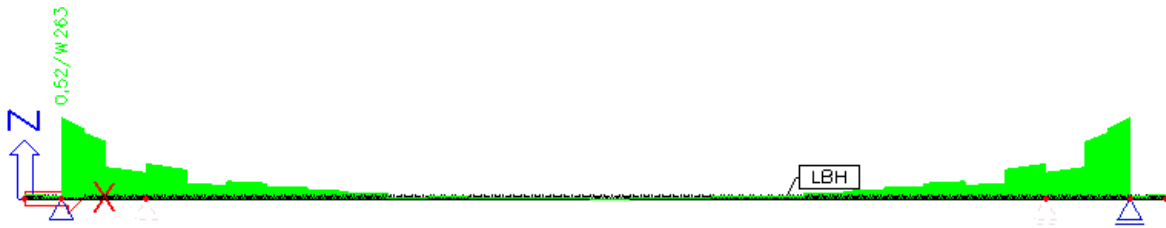
Posudek hlavních tahů byl přidán z důvodu posudku smykové únosnosti podle kapitoly 12.6.3.(3). Betonový prvek lze považovat za nepotrhaný při mezním stavu únosnosti, pokud je celý tlačенý nebo absolutní hodnota hlavního napětí nepřekročí dovolenou hodnotu pevnosti betonu v tahu. V okně **Vlastnosti** lze vybrat několik hodnot pro vykreslení.



Příkazem **Beton > Nastavení > Smyk** lze také ovlivnit, zda bude hlavní napětí posuzováno pouze v tlačенé oblasti nebo také i v tažené oblasti průřezu.



Opět hodnota posudku pro třídu ST6(ULS)



Náhled:

Posudek předpětí na dovolené namáhání EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Prut

Výběr : Vše

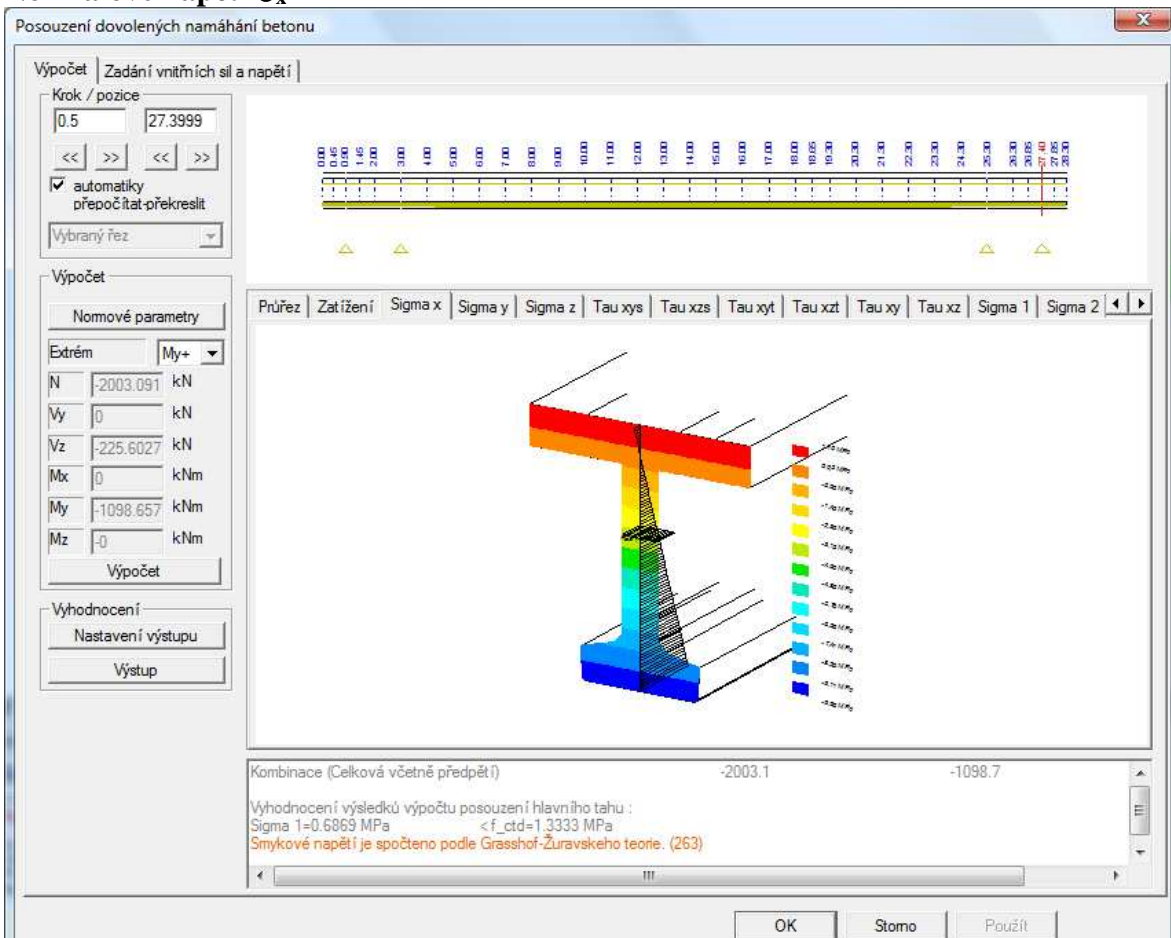
Třída : ST6 (SLS)

Posudek předpětí na dovolené namáhání pro vybrané prvky

Prut	d [m]	Stav	N_{ed} [kN]	V_{ed} V_{ed} [kN]	M_{ed} [kNm]	$M_{y,ed}$ $M_{z,ed}$ [kNm]	Posouzení _{vrp} [-] Posouzení _{lim} [-]	Posudek	W/E
B1	0,900	ST6 (SLS)	-2003,18	0,00 225,80	0,00	-1098,74 0,00	0,52 1,00	vyhovuje	263

Hodnoty hlavních tahů lze také detailně studovat v **Posouzení průřezu**. Znázorněny jsou hodnoty pro řez 27,4m, kde vychází hodnota posudku rovna 0,52.

Normálové napětí σ_x



Smykové napětí τ_{xz}

Posouzení dovolených namáhání betonu

Výpočet | Zadání vnitřních sil a napětí

Krok / pozice

automaticky přepočítat překreslit

Vybraný řez

Výpočet

Nomové parametry

Extrém

N kN
 Vy kN
 Vz kN
 Mx kNm
 My kNm
 Mz kNm

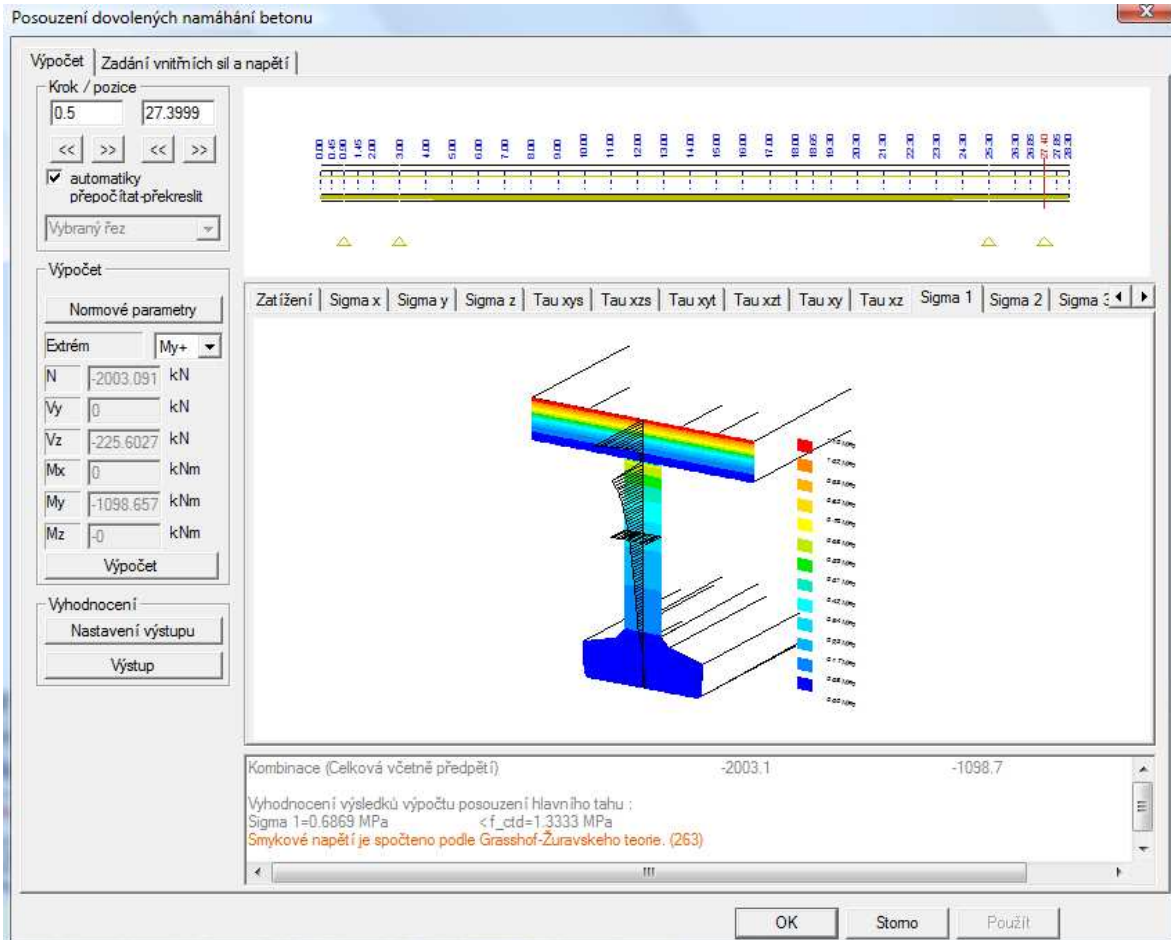
Vyhodnocení

Průřez | Zatížení | Sigma x | Sigma y | Sigma z | Tau xys | Tau xzs | Tau xyt | Tau xzt | Tau xy | Tau xz | Sigma 1 | Sigma 2

Kombinace (Celková včetně předpětí) -2003.1 -1098.7

Vyhodnocení výsledků výpočtu posouzení hlavního tahu :
 Sigma 1=0.6869 MPa < f_ctd=1.3333 MPa
 Smykové napětí je spočteno podle Grasshof-Zuravského teorie. (263)

Hlavní napětí v tahu σ_1

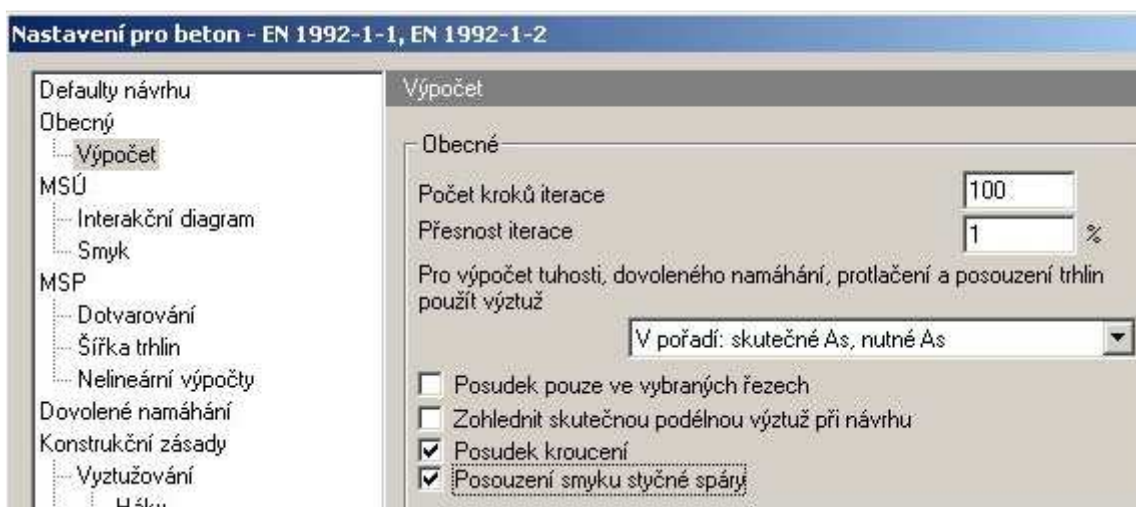


Poznámka: Z předchozích výsledků je zřejmé, že daný prvek nevyhoví na namáhání v hlavním tahu (napětí v hlavním tahu je větší než dovolené napětí v hlavním tahu), proto by bylo nutné upravit rozměry průřezu.

7. Posudky kroucení a napětí mezi betony různého stáří dle ČSN EN 1992-1-1

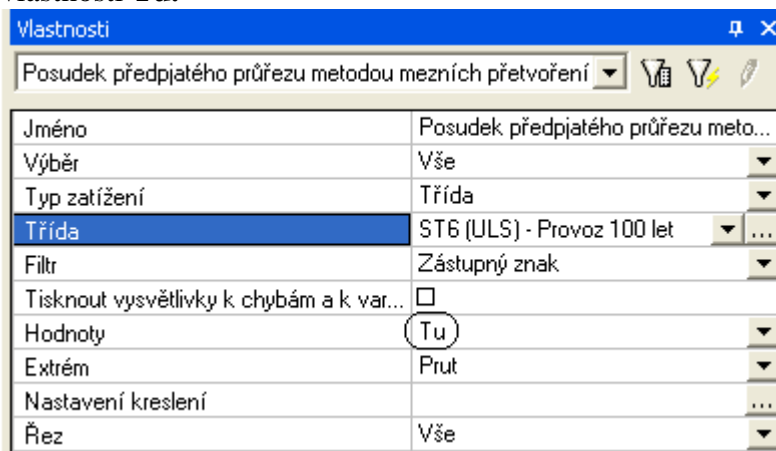
- Posudek únosnosti v kroucení **Tu** – jako hodnota posudku na výběr v servisu Metody mezních přetvoření a Interakčního diagramu.
- Posudek napětí mezi betony různého stáří **vrđi** – jako hodnota posudku na výběr v servisu Metody mezních přetvoření.

Pokud uživatel nechce tyto posudky vždy provádět, lze je vypnout v menu **Nastavení pro beton > Obecný > Výpočet**



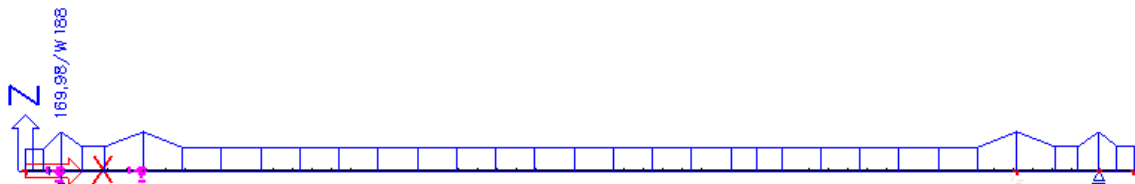
7.1 Posudek únosnosti v kroucení

Posudek únosnosti v kroucení je prováděn podle kapitoly 6.3 normy ČSN EN 1992-1-1. Pro posouzení prvku na kroucení je třeba definovat třmínky na kroucení (popsáno v kapitole). Posouzení únosnosti na kroucení je přístupné v servisu **Posouzení metodou mezních přetvoření** a **Posouzení interakčním diagramem** jako hodnota na výběr v okně vlastností **Tu**.



Vlastnosti	
Posudek předpjatého průřezu metodou interakčního diagrar	
Jméno	Posudek předpjatého průřezu meto...
Výběr	Vše
Typ zatížení	Třída
Třída	ST6 (ULS) - Provoz 100 let
Filtr	Zástupný znak
Tisknout vysvětlivky k chybám a k var...	<input type="checkbox"/>
Hodnoty	Tu
Extrém	Prut
Nastavení kreslení	...
Řez	Vše

My zde máme vytvořen model rovinného rámu XZ, proto působící kroucí momenty nelze získat přímo z analýzy konstrukce. Avšak vzhledem k uspořádání konstrukce lze očekávat, že kroucení nebude rozhodující při posouzení konstrukce. Kroucení by bylo nutné vyšetřovat na modelu prostorového rámu XYZ. Náhled tabulky vypadá následovně.



Posudek předpjatého průřezu metodou mezních přetvoření EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Prut
 Výběr : Vše
 Třída : ST6 (ULS)

Posudek kroucení pro vybrané dílce

Prut	d [m]	Stav	N_d [kN]	V_d [kN]	A_{sv} [mm ² /m]	A_{sl} [mm ²]	$T_{Rd,c}$ [kNm]	$T_{Rd,max}$ [kNm]	$T_{Rd,1}$ [kNm]	W/E
B1	0,900	ST6 (ULS)	-1428,61	-15,89	465	2827	93,04	399,50	169,98	188

7.2 Posudek napětí mezi betony různého stáří

Posudek napětí mezi betony různého stáří je prováděn podle kapitoly 6.2.5 normy ČSN EN 1992-1-1. Tento posudek je funkční pouze na fázovaném průřezu. Je podporován na předem definovaných průřezích z databáze a také na uživatelsky definovaných obecných průřezích s následujícím omezením:

- Spára je generována automaticky z obecného průřezu
- Počet fází je omezen na 3.
- Jedna fáze průřezu může obsahovat pouze jednu část

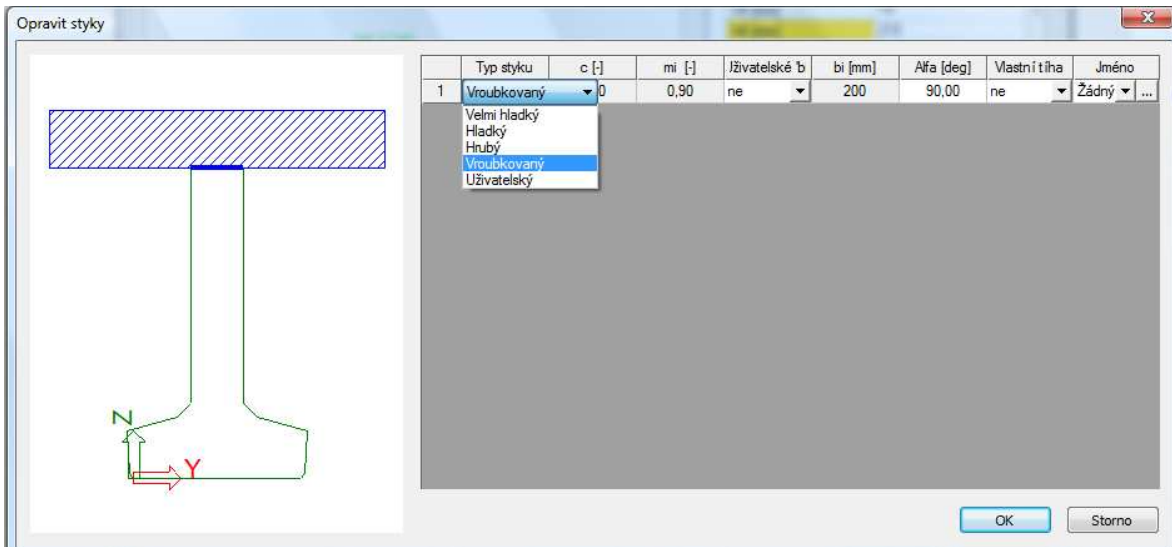
Náš průřez byl již předdefinován v knihovně průřezů jako fázovaný se spárou mezi fázemi.

- tuto spáru si lze prohlédnout přímo v požadovaném průřezu v záložce **Spára**.
- vlastnosti spáry si lze nastavit, když zadáte opravit styky.

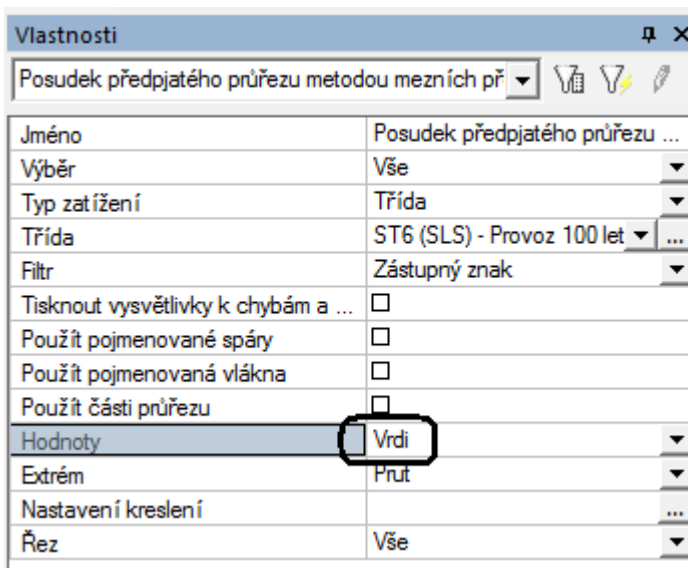
Zde jsou na výběr několik **Typů spár** a jejich parametrů **c** a **μ** . Poslední položka v Nastavení betonu pro smyk ve spáře je **Zohlednit vlastní váhu částí průřezu nad sparou**. Napětí od vlastní tíhy částí průřezu nad sparou pomáhá vzdorujícímu napětí ve spáře (dle vzorce 6.24). Pokud má uživatel průřez s vodorovnou sparou a zadá do programu nevypočtené napětí σ_z např. od svislého předpětí, také toto napětí se přidá na stranu vzdorujících napětí a bude zvyšovat únosnost smyku ve spáře..

Pro výpočet jsme nastavili typ spáry **Vroubkovaný** s parametry **c = 0,5** a **$\mu = 0,9$** . Zvolili jsme výpočet napětí dle vzorce 6.24 z ČSN EN 1992-1-1. Průběh vzdorujícího napětí ve spáře je následovný.

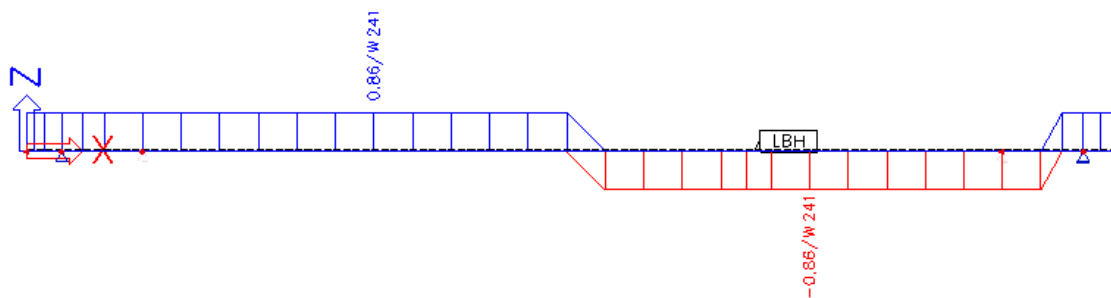
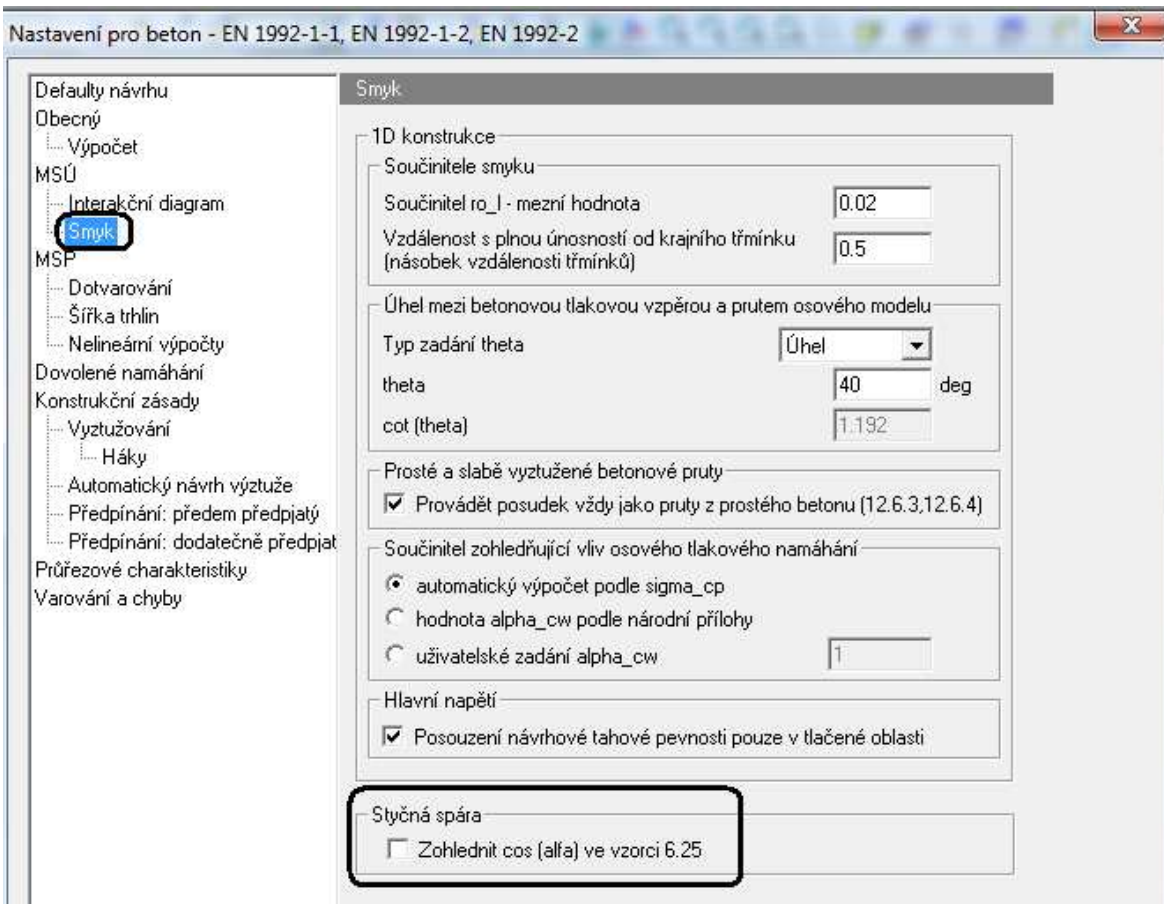
Parameter	Value
h5 [mm]	15
h6 [mm]	210
Obecný	
Použitá barva	Standardní barva
Barva	
Editovatelné vlastnosti	<input type="checkbox"/>
Editovatelný vzpěr	<input checked="" type="checkbox"/>
Vzpěr y-y	b
Vzpěr z-z	c
Výroba	beton
Výpočet FEM	<input checked="" type="checkbox"/>
Velikost sítě [mm]	0
Min. vzdálenost bod...	0
Výpočet fází	<input checked="" type="checkbox"/>
Rozdělení křivky	36
Použit redukční sou...	<input type="checkbox"/>
Opravit pojmenovan...	
Opravit styky	
Opravit řezy	
Vlastnosti	
A [m ²]	5,6558e-001
Ay [m ²]	5,0948e-002
Az [m ²]	2,4736e-001
AL [m ² /m]	6,3577e+000



Posouzení napětí mezi betony různého stáří je přístupný pro železobeton i pro předpjatý beton v servisu Posouzení metodou mezních přetvoření hodnota na výběr v okně vlastností **vrdi**.



Pro výpočet napětí je třeba nejprve nastavit vlastnosti spáry v menu **Nastavení pro beton > Smyk**.



s náhledem v tabulce

Posudek předpjatého průřezu metodou mezních přetvoření EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Prut
 Výběr : Vše
 Třída : ST6 (ULS)

Posudek smyku v konstrukční spáře pro vybrané prvky

Prut	d_s [m]	Stav	V_{Ed} [kN]	c [-]	μ [-]	σ_{cp}^0 [MPa]	v_{Ed} [MPa]	v_{Rd1} [MPa]	A [mm ² /m]	Posouzení [-]	Posudek	WE
B1	20,300	ST6 (ULS)	-99,79	0,50	0,90	0,03	-0,05	0,86	0	0,06	vyhovuje	241
B1	9,000	ST6 (ULS)	99,79	0,50	0,90	0,03	0,05	0,86	0	0,06	vyhovuje	241

Z tabulky je zřejmé, že napětí ve spáře je větší než vzdorující napětí, proto je nutné dodat výztuž procházející spárou. Množství potřebné výztuže lze vyčíst z předcházející tabulky ve sloupci $A_{s,req}$ pro jednotlivý řez po délce prutu.