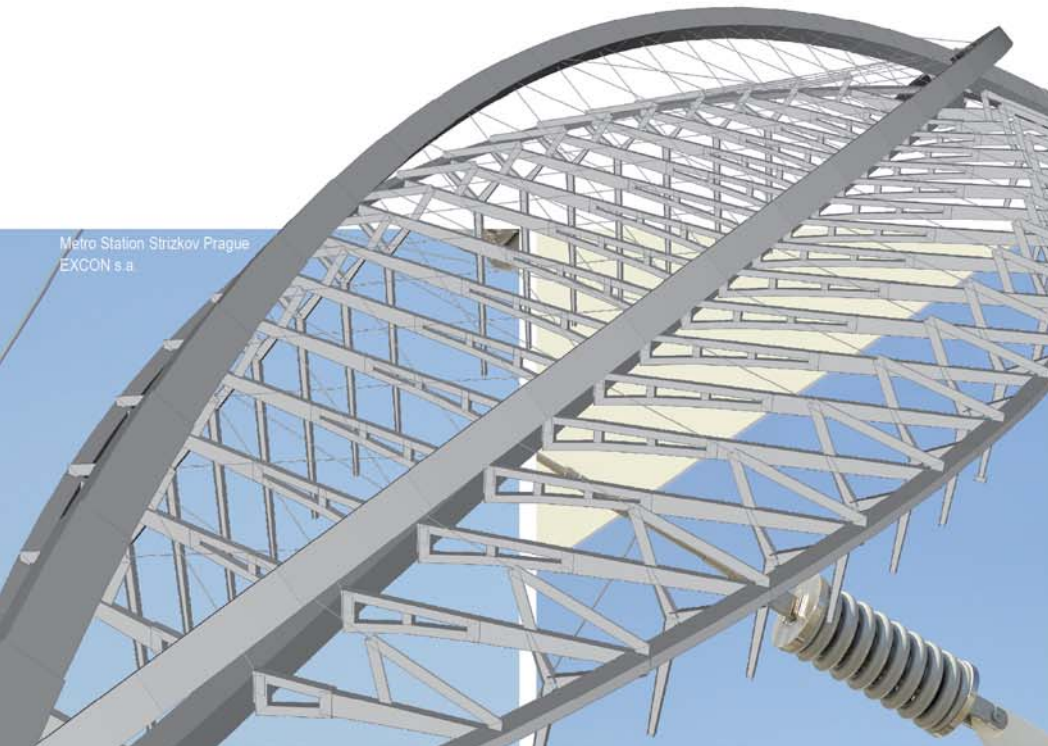


Metro Station Strizkov Prague  
EXCON s.a.



# Výukový manuál

Předem předpjatá mostní  
konstrukce - 2D model

# **PŘEDEM PŘEDPJATÁ MOSTNÍ KONSTRUKCE**

Vydavatel tohoto manuálu si vyhrazuje právo na změny obsahu bez upozornění.

Při tvorbě textů bylo postupováno s velkou péčí, přesto nelze zcela vyloučit možnost vzniku chyb. SCIA CZ, s. r. o. nemůže převzít odpovědnost ani záruku za chybné použití uvedených údajů a z toho vyplývajících důsledků.

Žádná část tohoto dokumentu nesmí být reprodukována po částech ani jako celek ani převáděna do elektronické formy, včetně fotokopírování a snímání, bez výslovného písemného povolení společnosti SCIA CZ, s. r. o.

© Copyright 2008 NEMETSCHEK SCIA Group. Všechna práva vyhrazena.

Tento manuál popisuje na vzorových příkladech principy programu a představuje jeho základní funkce. Manuál je určen především pro začínající uživatele, ovšem i pokročilí v něm mohou najít některé nové „triky“, které mohou zefektivnit jejich práci.

# 1. Obsah

<b>1. Obsah</b> .....	<b>3</b>
<b>2. Popis řešeného příkladu</b> .....	<b>4</b>
<b>2.1 Popis konstrukce</b> .....	<b>4</b>
<b>2.2 Zatížení</b> .....	<b>5</b>
2.2.1 Zatížení stálá .....	5
2.2.2 Zatížení nahodilá dlouhodobá (v programu modelovaná jako stálá zatížení) .....	7
2.2.3 Zatížení nahodilá krátkodobá .....	7
<b>2.3 Postup výpočtu</b> .....	<b>10</b>
<b>3. Modelování</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1 Založení projektu</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2 Průřezy</b> .....	<b>12</b>
<b>3.3 Zadání geometrie a okrajových podmínek</b> .....	<b>15</b>
3.3.1 Geometrie .....	15
3.3.2 Okrajové podmínky .....	25
<b>3.4 Zatížení</b> .....	<b>27</b>
3.4.1 Zatěžovací stavy .....	27
3.4.2 Zadání zatížení .....	28
3.4.3 Zatížení vlaky .....	31
<b>3.5 Předpětí</b> .....	<b>35</b>
3.5.1 Definice čelní desky .....	36
3.5.2 Šablony kabelů v průřezu .....	38
<b>3.6 Fáze výstavby</b> .....	<b>52</b>
3.6.1 Fáze výstavby a provozu konstrukce .....	52
3.6.2 Vytvoření fází výstavby .....	52
<b>4. Výpočet a vyhodnocení výsledků</b> .....	<b>60</b>
<b>4.1 Výpočet</b> .....	<b>60</b>
4.1 Vnitřní síly od nahodilého zatížení .....	61
<b>5. Závěr</b> .....	<b>65</b>

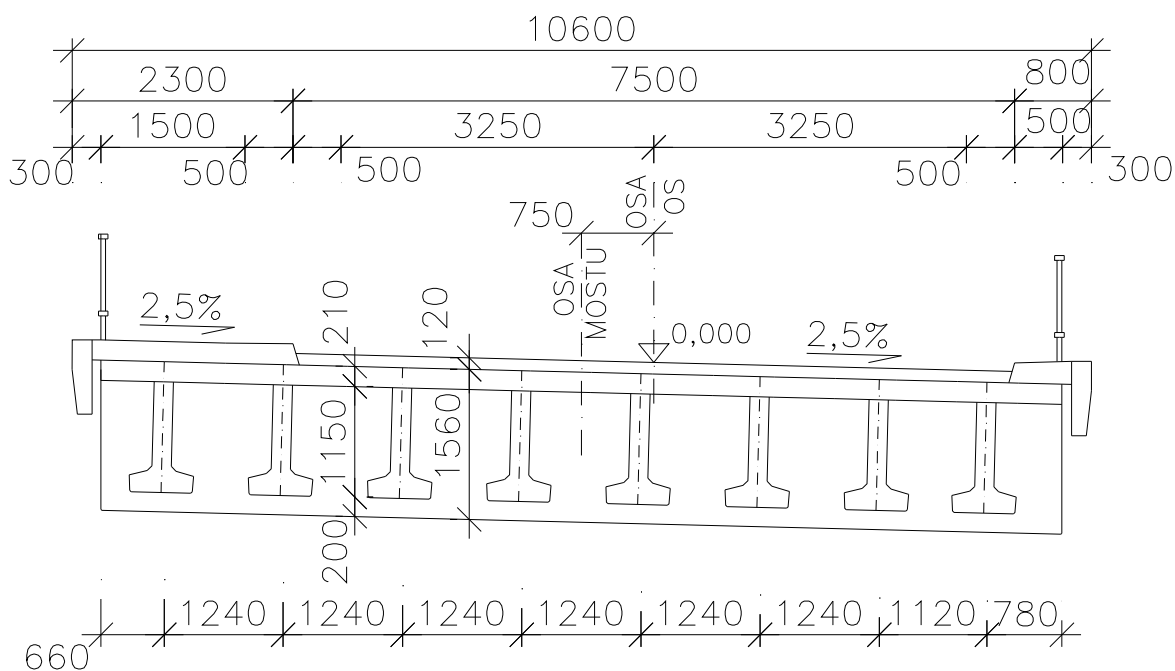
## 2. Popis řešeného příkladu

### 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 1,15m z betonu C45/55, které jsou spřaženy s železobetonovou monolitickou deskou tl. 210mm a opatřeny koncovým příčnickem z betonu C30/37. Nosníky jsou osazeny v příčném sklonu mostu 2,5%, deska má konstantní výšku. Příčníky šířky 1,28m přesahují výškově dolní líc nosníků o 20cm.

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

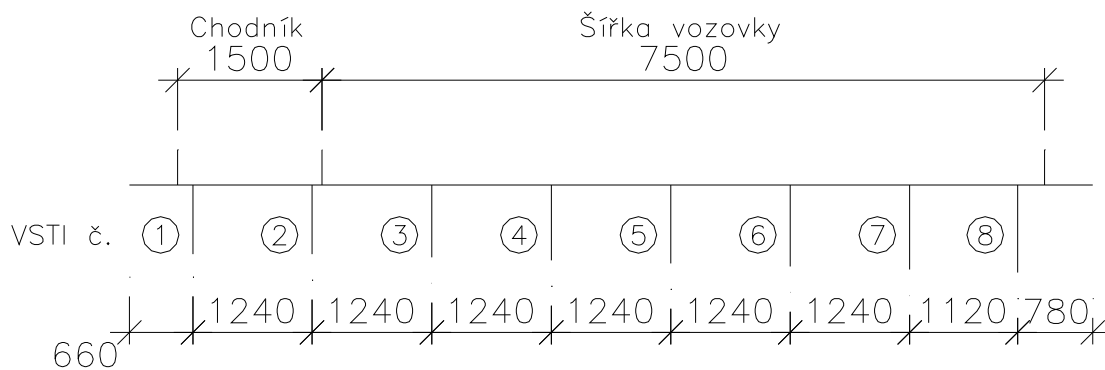
### 2.2.1 Zatížení stálá

#### 2.2.1.1 Vlastní tíha mostu

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

#### 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.



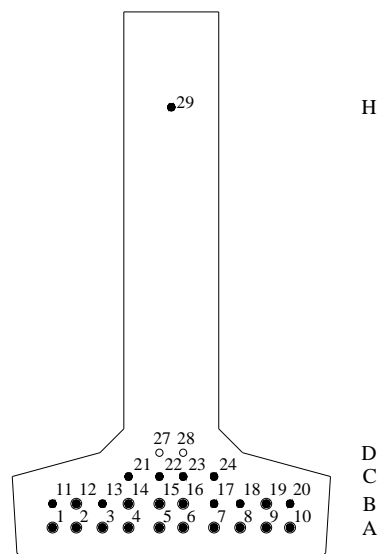
Typ 1 – nosník č. 1

Typ 2 – nosník č. 2 – 7

Typ 3 – nosník č. 8

Typ 1

Počet lan/separační délka -  $L_{sep}$

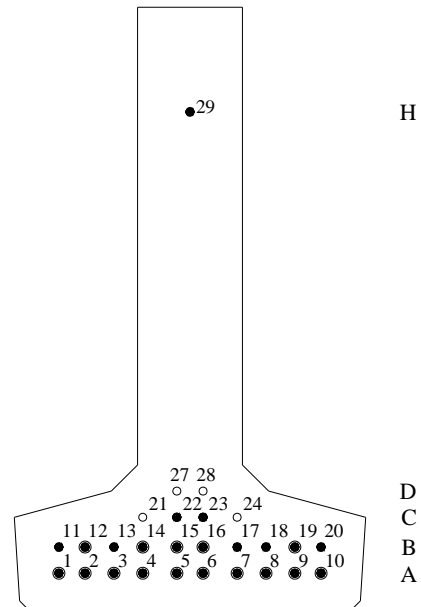


Řada	Počet lan/separační délka [m]	Celkem lan
	1/0	1
D	0/0	0
C	4/0	4
B	4/0 + 6/2,0	10
A	4/4,0 + 6/8,0	10

Typ 2

Počet lan/separační délka -  $L_{sep}$

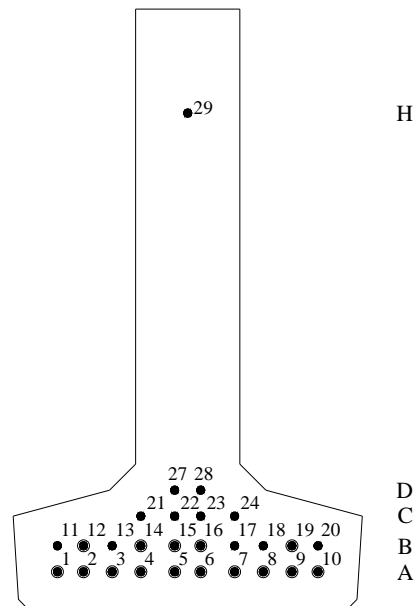
Řada	Počet lan/separační délka [m]	Celkem lan
H	1/0	1
D	0/0	0
C	2/0	2
B	4/0 + 6/2,0	10
A	4/4,0 + 6/8,0	10



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 EC2 – automaticky generováno modulem TDA

## 2.2.3 Zatížení nahodilá krátkodobá

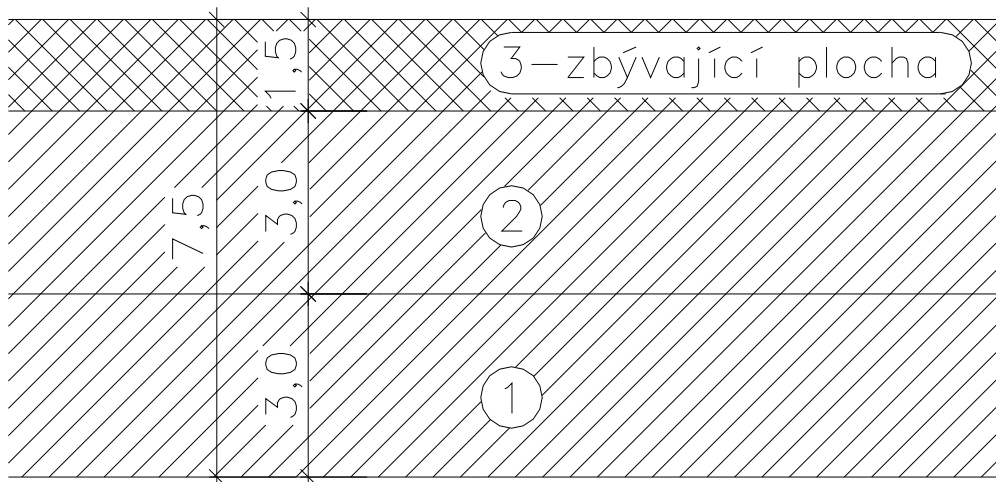
### 2.2.3.1 Zatížení silniční dopravou

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 zbyvajících 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  $\alpha_Q \cdot Q_k$

rovnoměrné zatížení -  $\alpha_q \cdot q_k$

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 <sup>2</sup> ]
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  $\alpha$ , které se stanoví z tabulky národní přílohy NA 2.1. ČSN EN 1991-2

**Tabulka NA.2.1 – Hodnoty regulačních součinitelů  $\alpha$  pro ČR**

skupina pozemních komunikací	$\alpha_{Q1}$	$\alpha_{Q2}$	$\alpha_{Q3}$	$\alpha_{q1}$	$\alpha_{qi} (i \geq 2)$	$\alpha_{qr}$
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 = 0,41m<sup>2</sup>. Zatěžovací soustava pro náš most bude potom vypadat takto:

### Pruh č. 1

dvojnáprava -  $\alpha_Q \cdot Q_k = 0,8 \cdot 300 = 240\text{kN}$  – na plochu kola = > 292,7 kN/m<sup>2</sup>

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

### Pruh č. 2

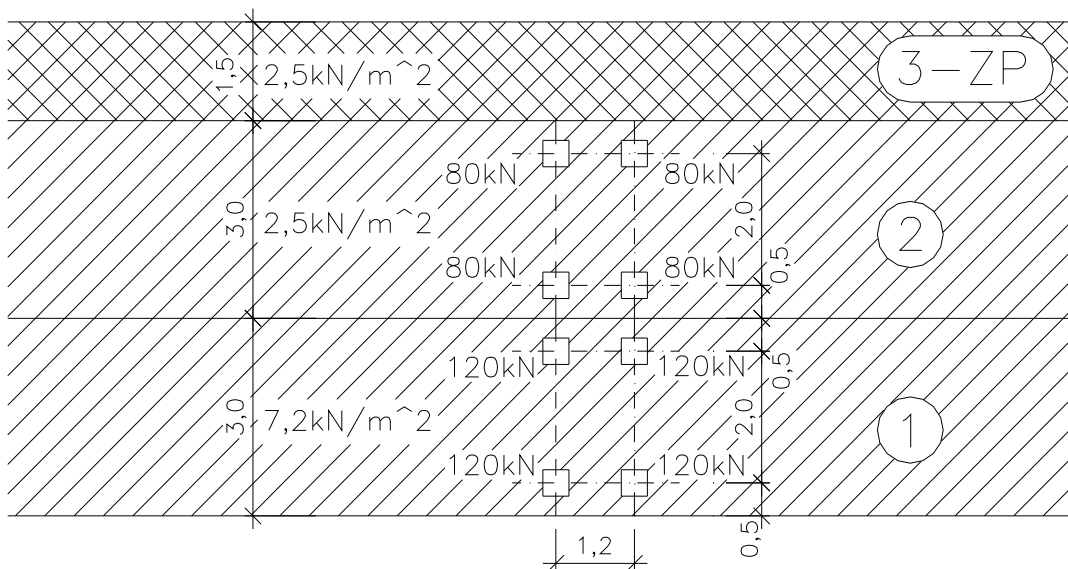
dvojnáprava -  $\alpha_Q \cdot Q_k = 0,8 \cdot 200 = 160\text{kN}$  – na plochu kola = > 195,2 kN/m<sup>2</sup>

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

### Zbývající plocha

dvojnáprava - není

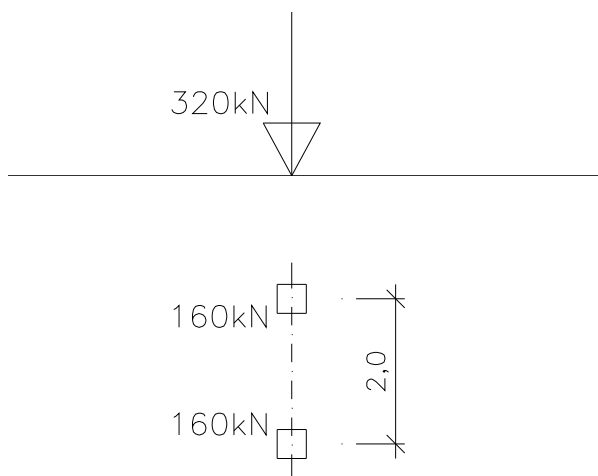
rovnoměrné zatížení -  $\alpha_{qr} \cdot q_k = 1,0 \cdot 2,5 = 2,5\text{kN/m}^2$



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

Představuje jednu nápravovou sílu  $\beta_Q \cdot Q_k$ , působící kdekoliv 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  $45^\circ$  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 =  $> 322,84\text{kN/m}^2$



### 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  $5\text{kN/m}^2$ . 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.*

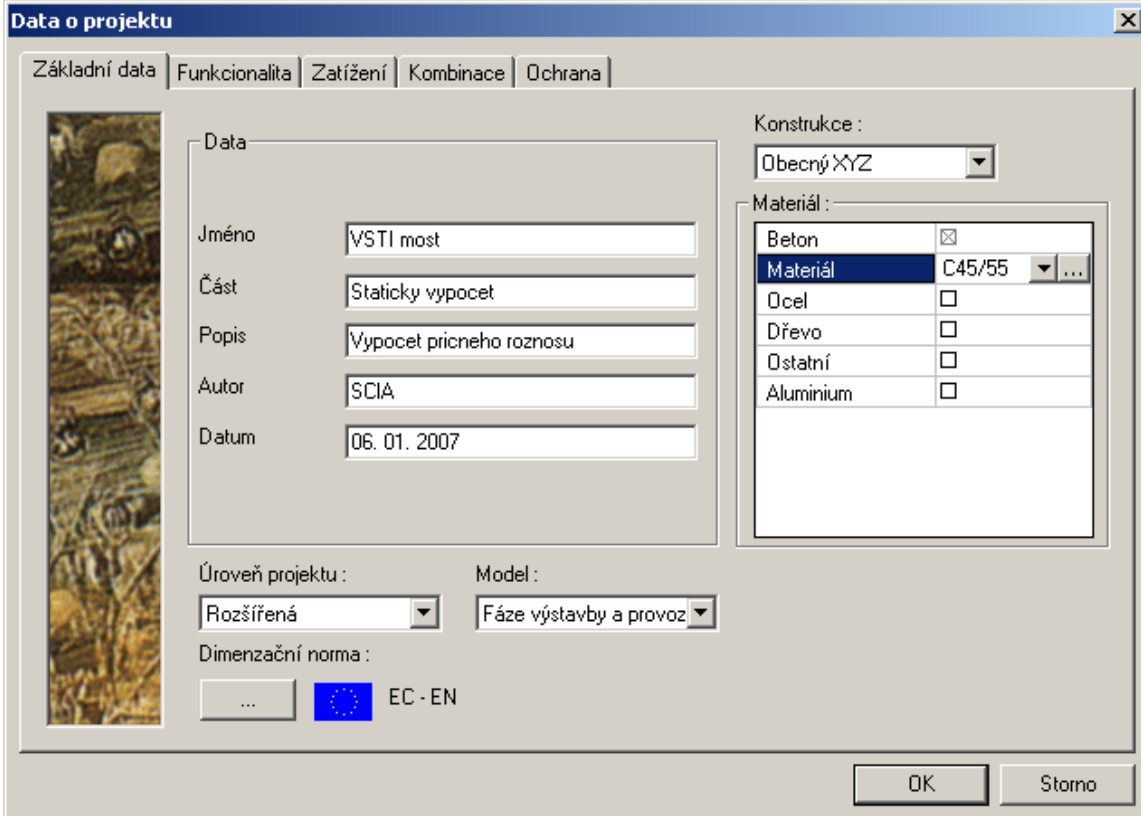
## 2.3 Postup výpočtu

Výpočet je proveden na dvou modelech lineárně metodou konečných prvků. 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. V tomto manuálu je popsána tvorba tohoto modelu a vyhodnocení vnitřních sil od nahodilých zatížení vozidly.

## 3. Modelování

### 3.1 Založení projektu

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




Data	
Jméno	VSTI most
Část	Statically vypočet
Popis	Vypočet pricneho roznosu
Autor	SCIA
Datum	06. 01. 2007

Konstrukce :	
Obecný XYZ	

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

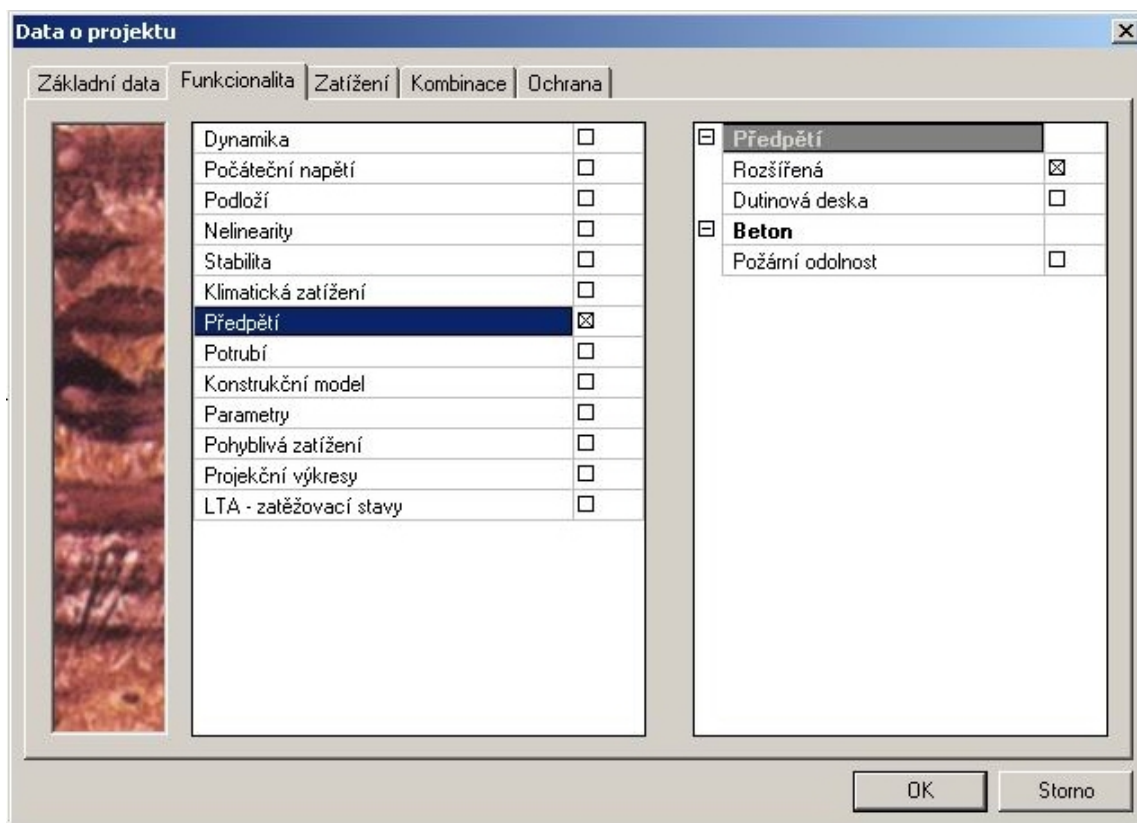
Model : Fáze výstavby a provoz

Dimenzační norma :  EC - EN

Pro tvorbu prostorového modelu zvolíme typ konstrukce **Obecný XYZ**. 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**.

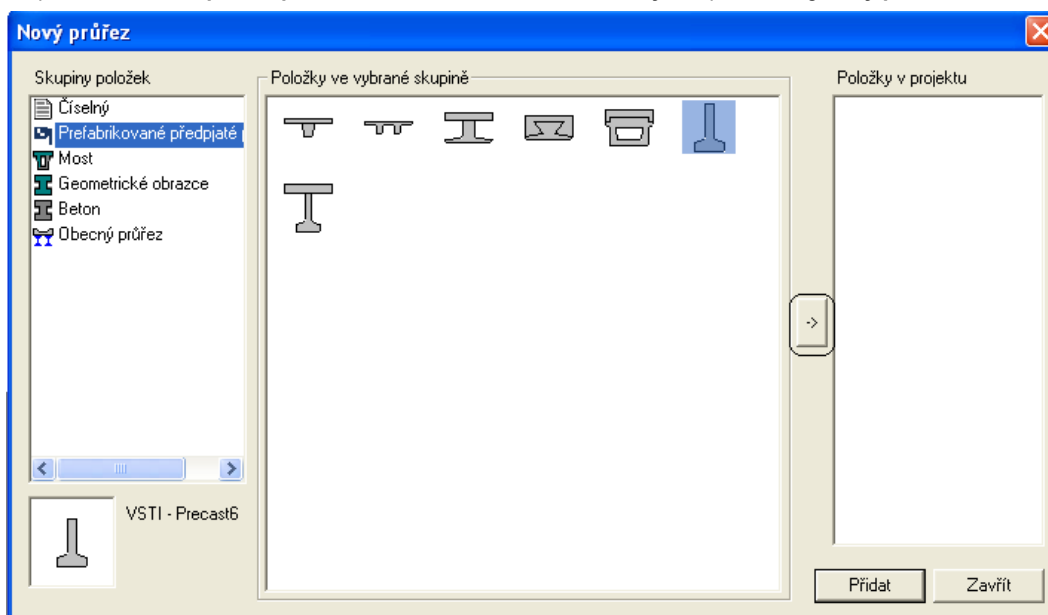
Na kartě **Funkcionalita** lze ovlivnit, které možnosti a volby budou v programu k dispozici. Funkcionalitu lze změnit i v průběhu zadávání projektu. Nastavení – viz obrázek.



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

## 3.2 Průřezy

Kliknutím na ikonu  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 předpjeté průřezy** lze zvolit typ průřezu tyčového prefabrikátu VSTI nosníku se spráženou železobetonovou deskou > **Precast 6**.

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

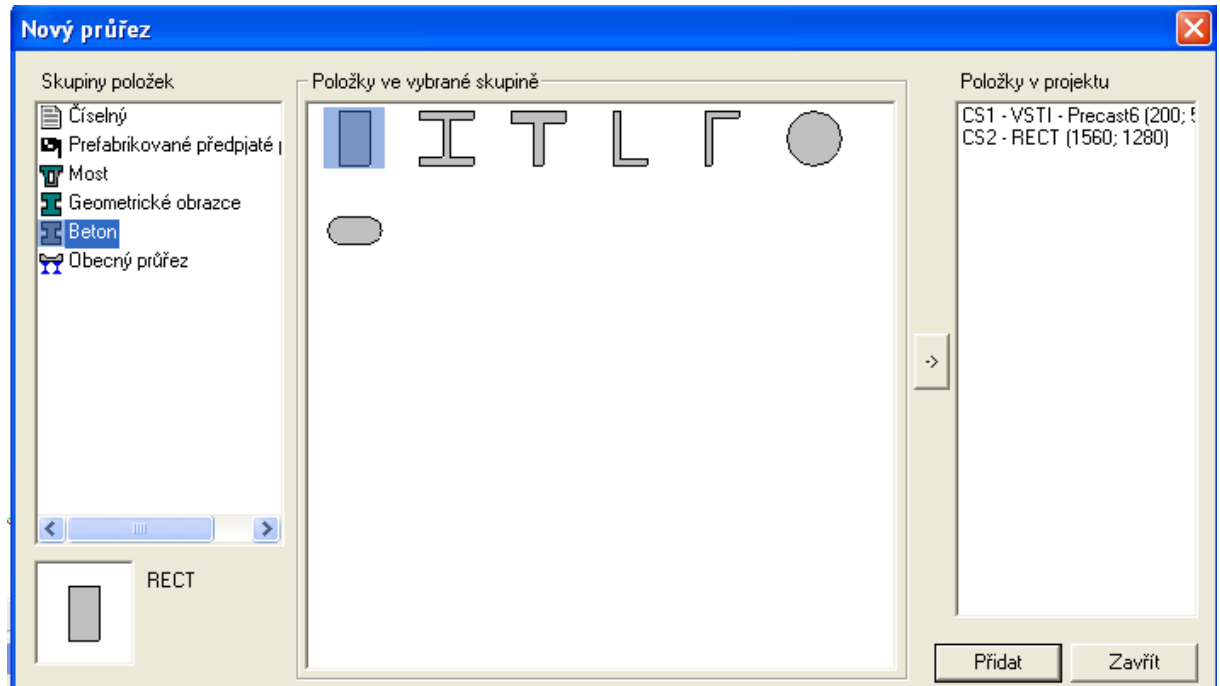
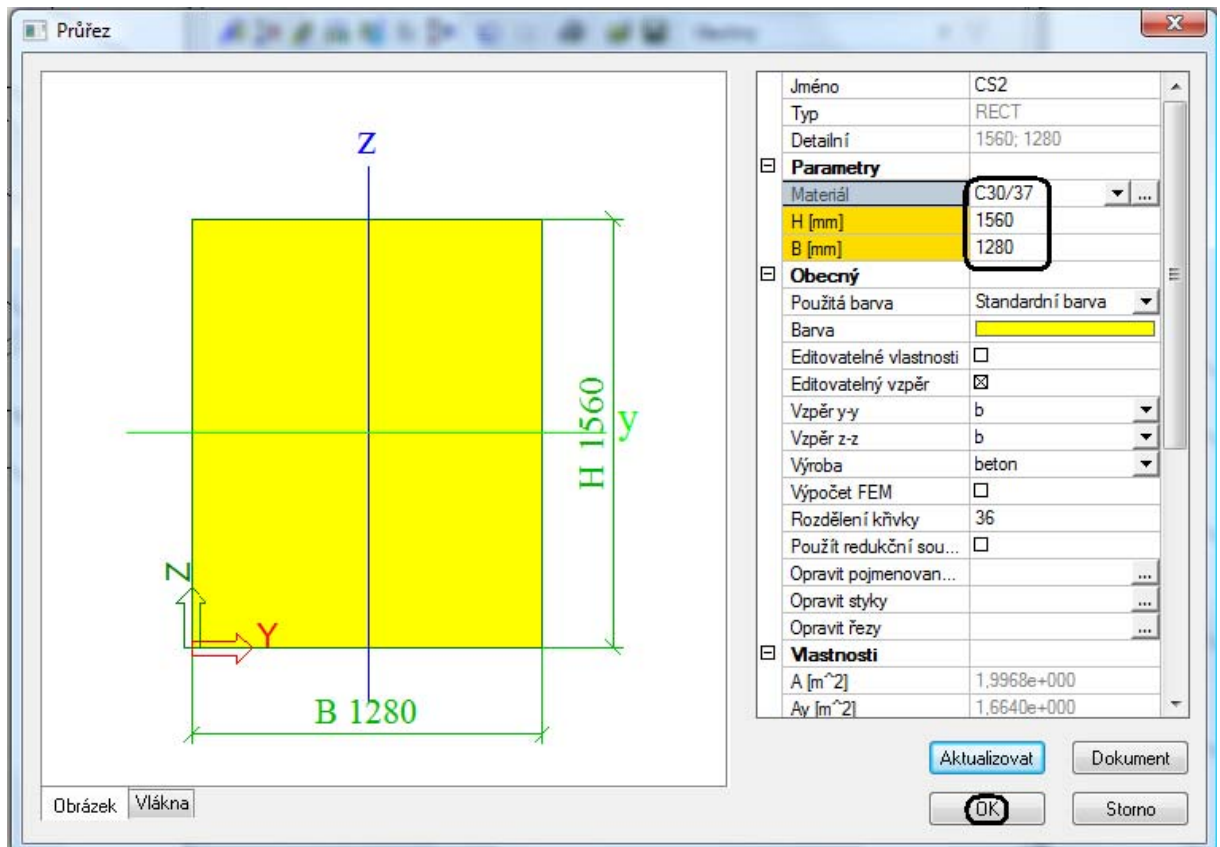
Jméno	CS2
Typ	VSTI - Precast6
Detailní	200; 50; 620; 1...
<b>Parametry</b>	
Materiál	C45/55
b1 [mm]	200
b2 [mm]	50
b3 [mm]	620
b4 [mm]	10
b5 [mm]	15
h1 [mm]	875
h2 [mm]	50
h3 [mm]	50
h4 [mm]	160
h5 [mm]	15
<b>Obecný</b>	
Použitá barva	Standardní ba
Barva	
Editovatelné vl...	<input type="checkbox"/>
Editovatelný v...	<input checked="" type="checkbox"/>
Vzpěr y-y	b
Vzpěr z-z	c
Výroba	beton
Výpočet FEM	<input type="checkbox"/>

Obrázek

Aktualizovat Dokument


OK Storno

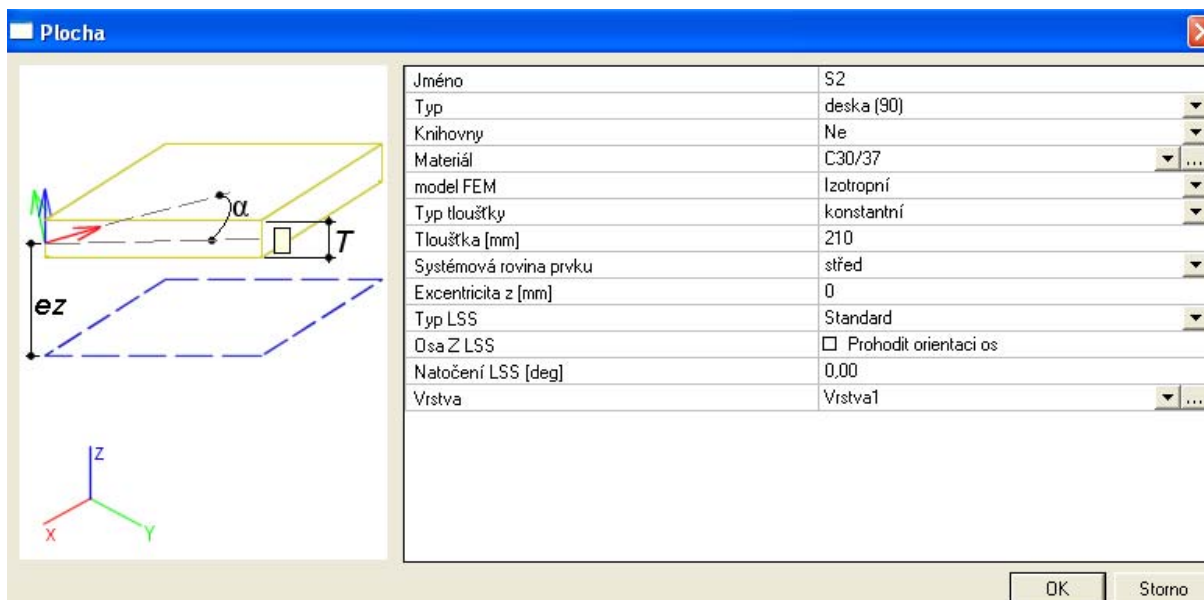
Průřezy krajních příčníků budou obdélníky o rozměrech H=1560mm a B=1280mm. Tento průřez nastavíme v poloze **Beton** > typ **RECT** a nadefinujeme rozměry průřezu.



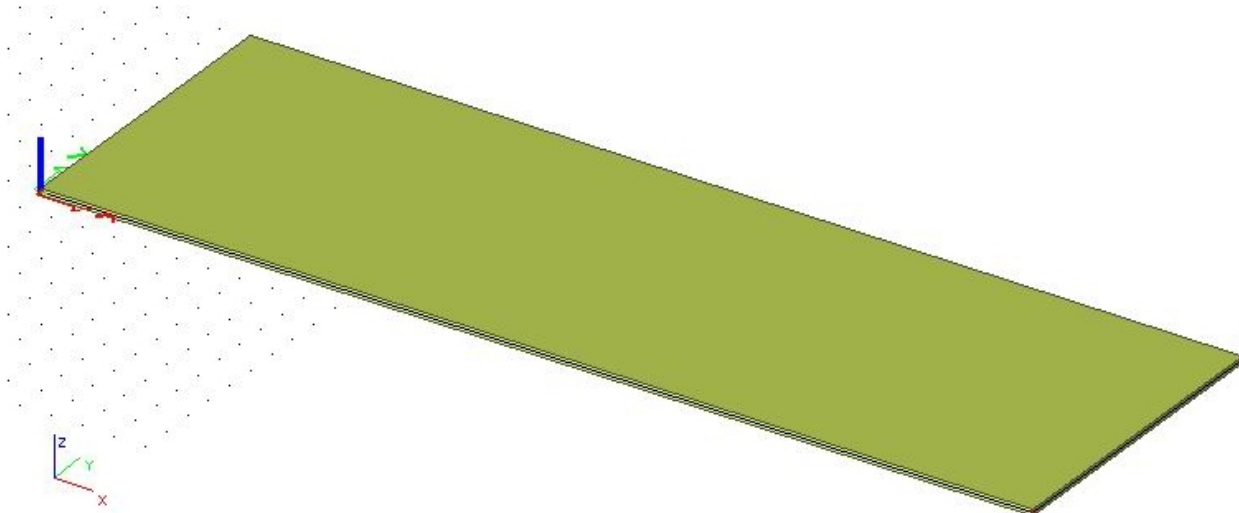
## 3.3 Zadání geometrie a okrajových podmínek

### 3.3.1 Geometrie

Konstrukci budeme modelovat jako desku s žebry. Nejprve namodelujeme spřaženou desku pomocí příkazu **Rovinné plochy**.  **Rovinné plochy** Po spuštění tohoto příkazu se objeví okno s vlastnostmi rovinné plochy. Vlastnosti můžeme přednastavit, nebo dodatečně upravit v okně vlastností.



Typ plochy nastavíme Deska, materiál beton C30/37. Tloušťku desky zvolíme 210 mm. Po potvrzení tohoto dialogu začneme zadávat jednotlivé body desky. První bod umístíme například do počátku souřadného systému 0;0;0. Další bod zadáme z příkazového řádku 28,3;0;0 další bod 28,3;10;0 a poslední bod 0;10;0. Tímto jsme zadali spřaženou desku

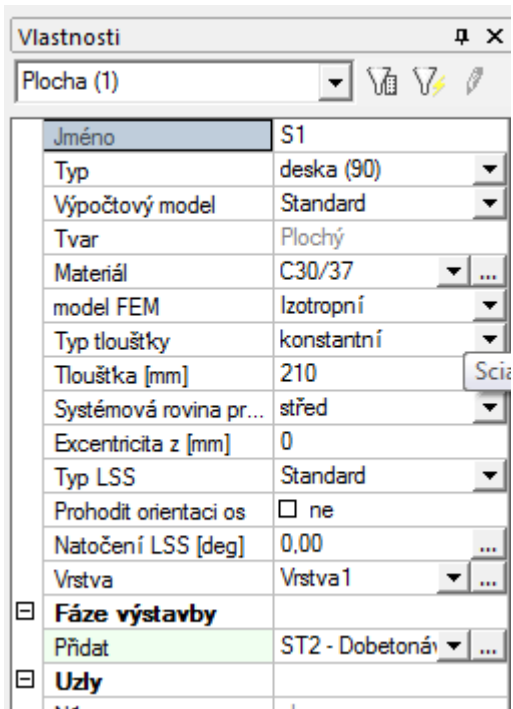


*Poznámka: Souřadnice se v programu Esa zadávají oddělené středníkem nebo mezerou, desetinné místo se odděluje čárkou, ne tečkou (v české verzi Windows).*

*Příklad: 7,25;-6,23 nebo 7,25 -6,23*



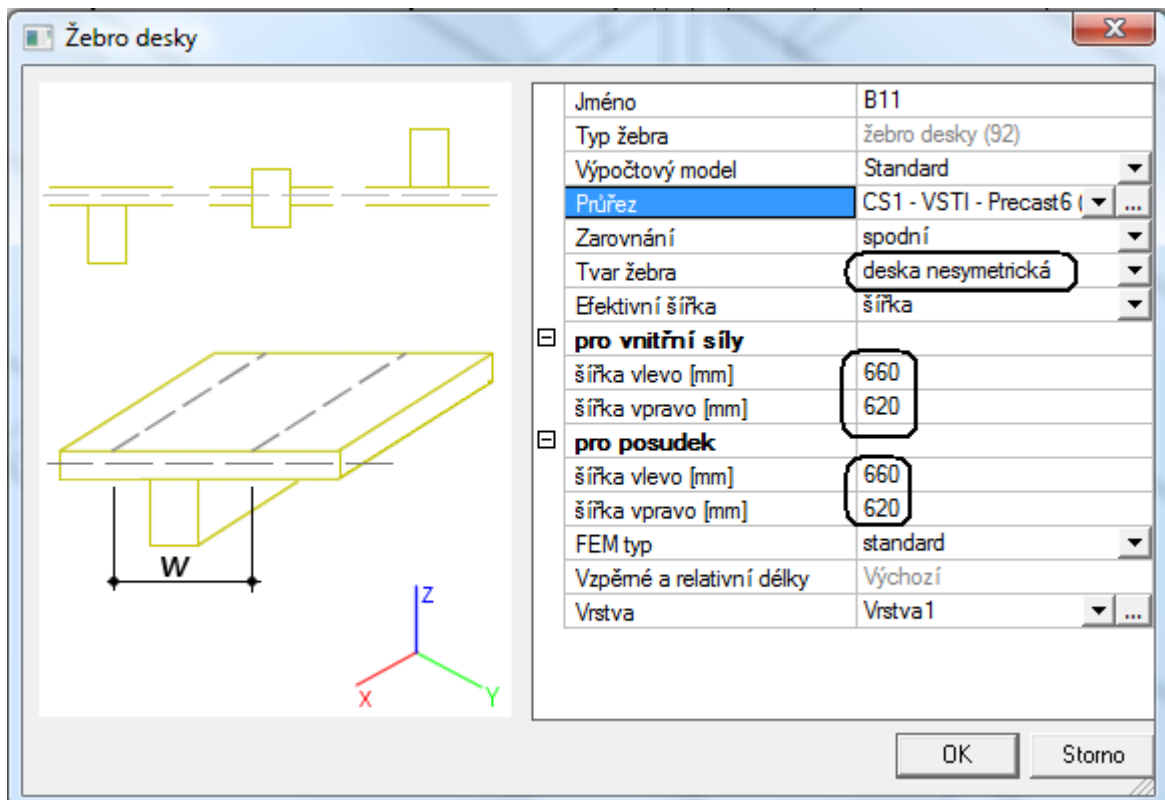
Příklad okna vlastností:



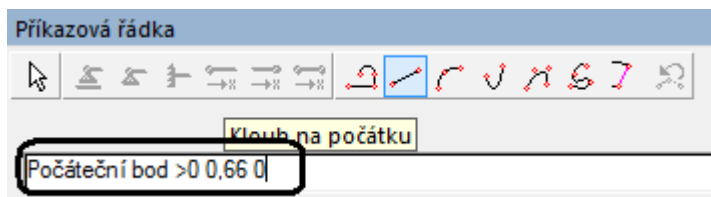
Nyní budeme modelovat tyčové prefabrikáty jako žebra desky. Zvolíme ve stromu položku **Komponenty ploch > Žebro desky**



Po dvojitém stisknutí se otevře dialog nastavení vlastností žebra, kde zvolíme průřez žebra – VSTI nosník, zarovnání - spodní. Pro toto krajní žebro nastavíme nesymetrickou efektivní šířku, vlevo 660 mm pro posudky i pro vnitřní síly a vpravo 620mm.



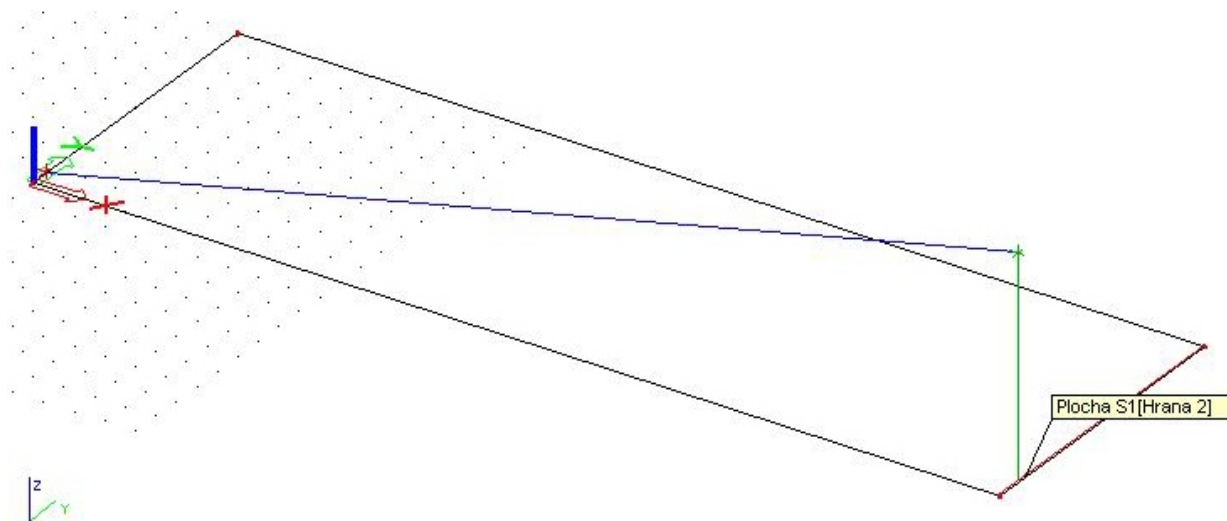
Po potvrzení sledujeme nápovědu v příkazovém řádku. Zadáme tedy počáteční bod prvního žebra souřadnicemi 0 0,66 0.



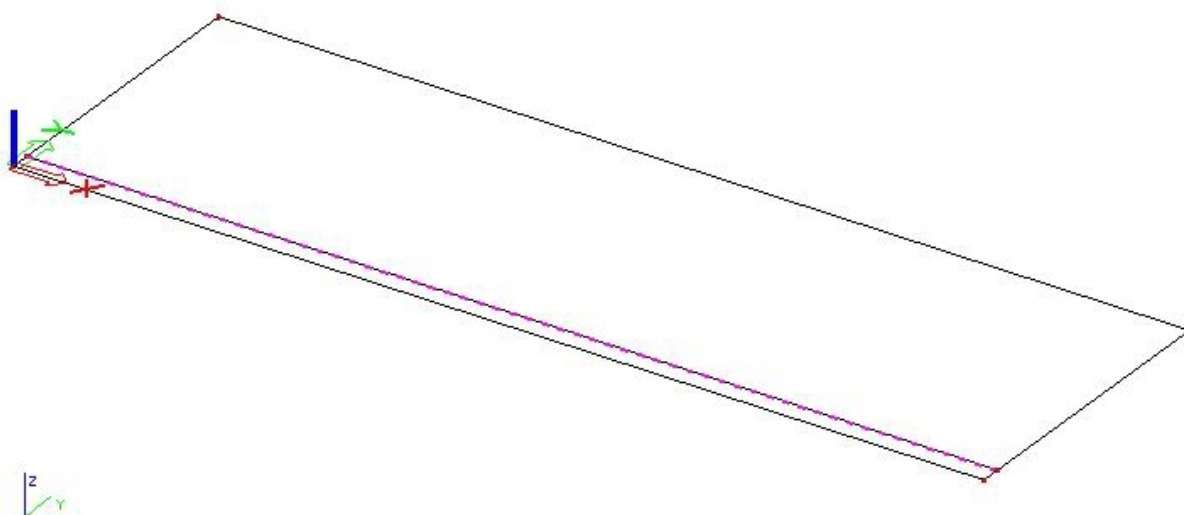
pro zadání koncového bodu žebra využijeme uchopovací režim **Kolmice**



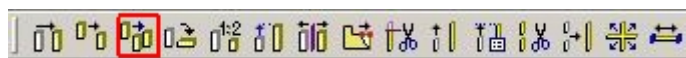
a vybereme hranu S2.



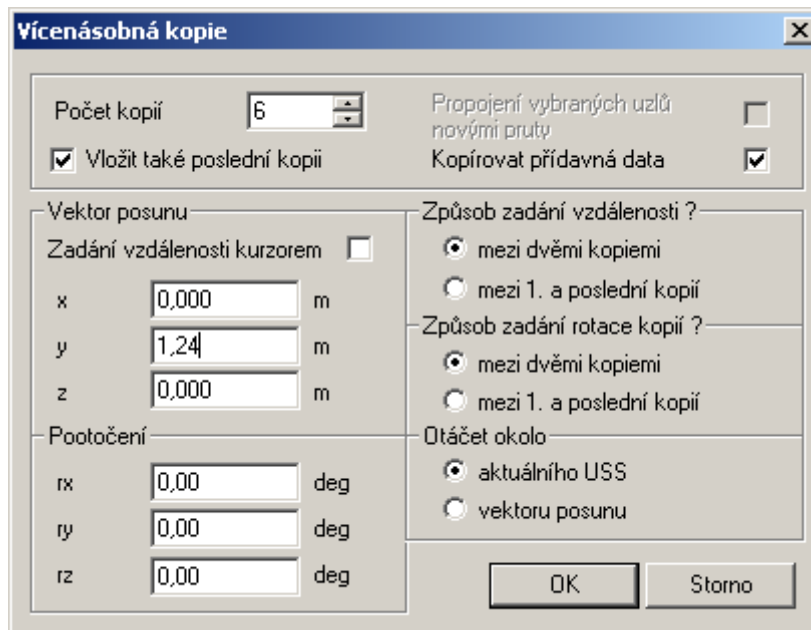
Program automaticky vytvoří první žebro na této desce.



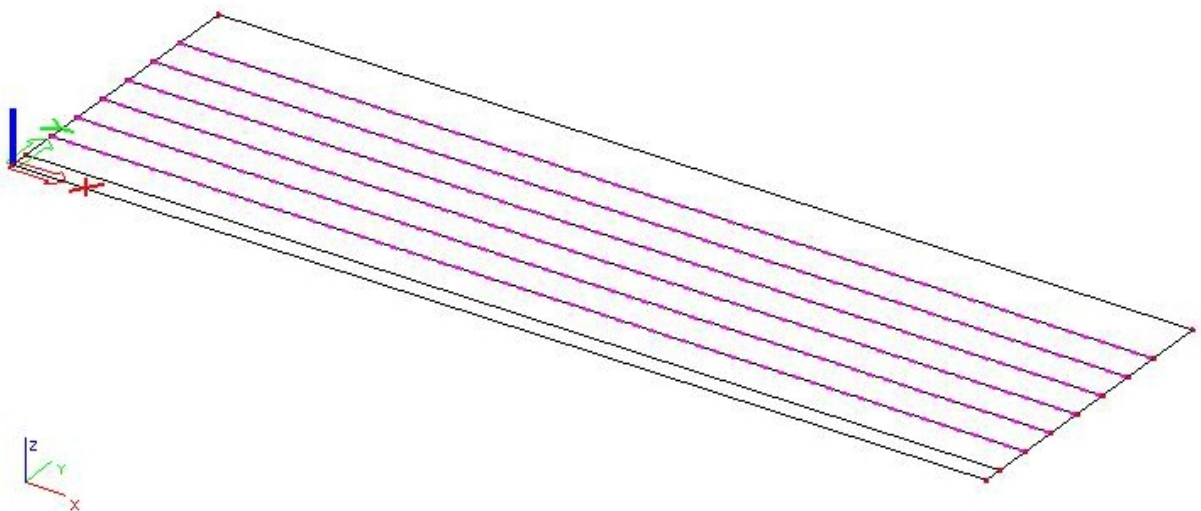
Pro definici dalších žebér vhodně využijeme příkazu **Vícenásobná kopie**

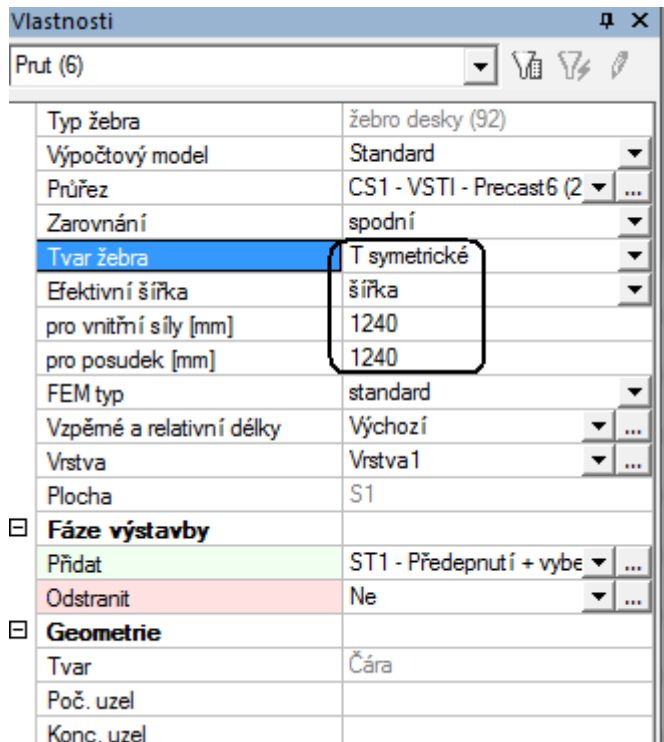


Po stisknutí vybereme požadované žebro a objeví dialog, kde zadáme počet kopií = 6 a vektor posunu vzdálenost  $y=1,24\text{m}$  mezi dvěma kopiemi.

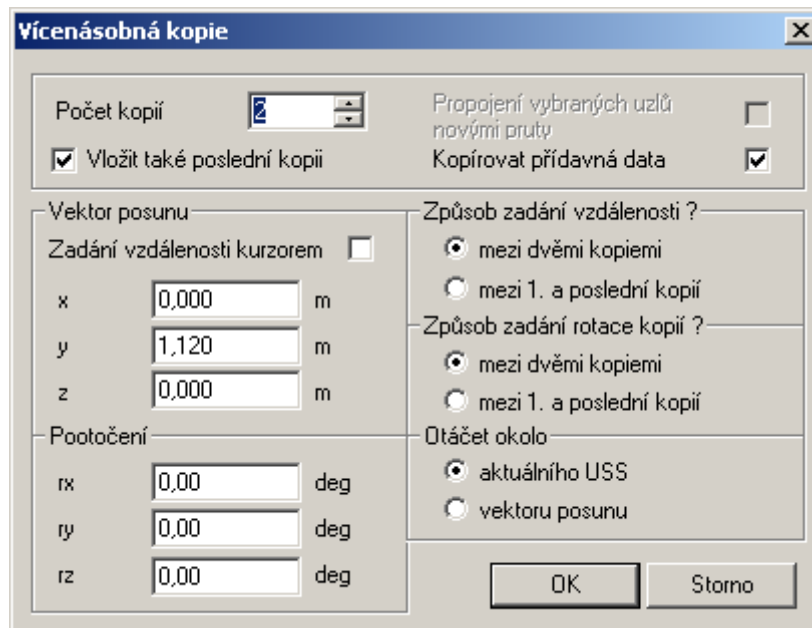


Po stisknutí program vygeneruje žebra, u kterých editujeme efektivní šířku na 1240 mm pro posudky i vnitřní síly.





Poslední krajní žebro má opět jinou vzdálenost mezi sousedním žebrem, proto pro vytvoření tohoto žebra použijeme opět příkazu **Vícenásobná kopie**. Nastavíme počet kopií na 2 a Vektoru posunu  $y=1,12\text{m}$ .



Po stisknutí program vygeneruje poslední žebro. U předposledního a posledního žebra musíme editovat efektivní šířku. Viz obr.

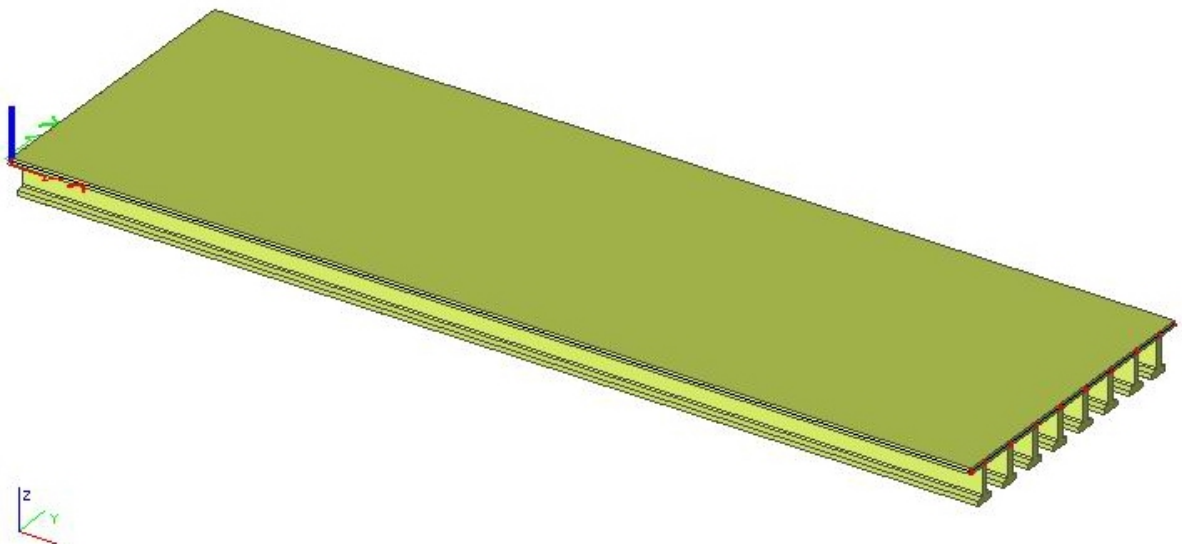
Předposlední:

Vlastnosti	
Prut (1)	
Jméno	B7
Typ žebra	žebro desky (92)
Výpočtový model	Standard
Průřez	CS1 - VSTI - Pre
Zarovnání	spodní
Tvar žebra	deska nesymetrická
Efektivní šířka	šířka
<b>pro vnitřní síly</b>	
šířka vlevo [mm]	620
šířka vpravo [mm]	560
<b>pro posudek</b>	
šířka vlevo [mm]	620
šířka vpravo [mm]	560
FEM typ	standard

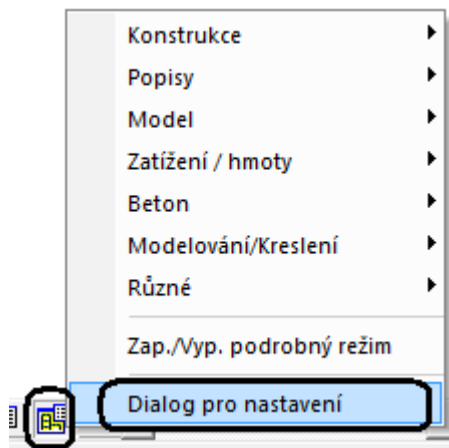
Poslední:

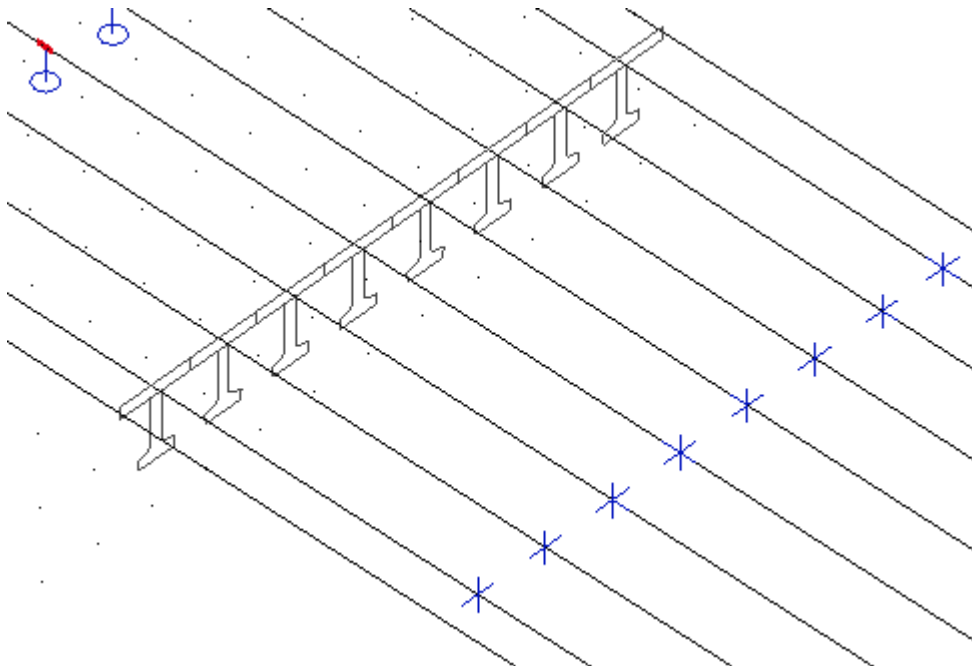
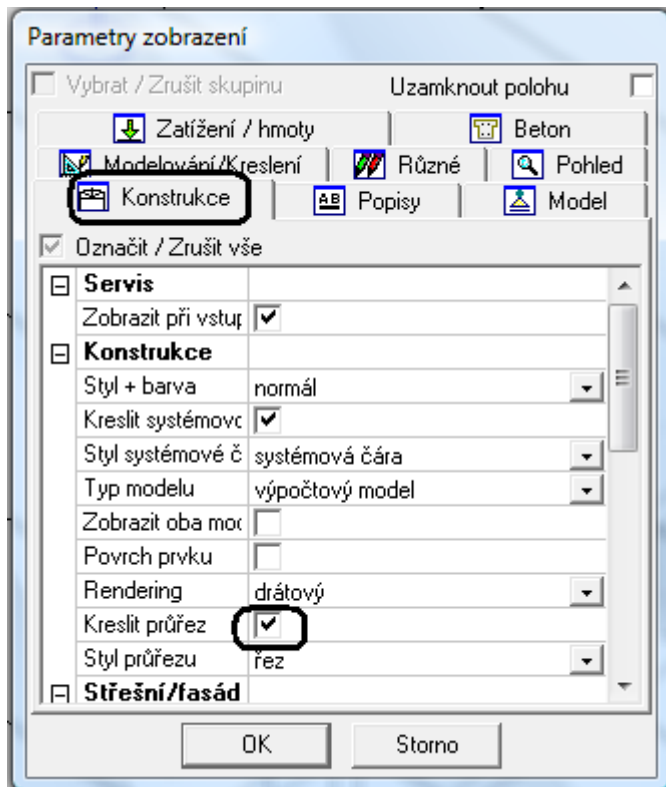
Vlastnosti	
Prut (1)	
Jméno	B8
Typ žebra	žebro desky (92)
Výpočtový model	Standard
Průřez	CS1 - VSTI - Pre
Zarovnání	spodní
Tvar žebra	deska nesymetrická
Efektivní šířka	šířka
<b>pro vnitřní síly</b>	
šířka vlevo [mm]	560
šířka vpravo [mm]	780
<b>pro posudek</b>	
šířka vlevo [mm]	560
šířka vpravo [mm]	780
FEM typ	standard
Vzpěmě a relativní ...	Výchozí

Tímto jsme vytvořili desku se všemi žebry.



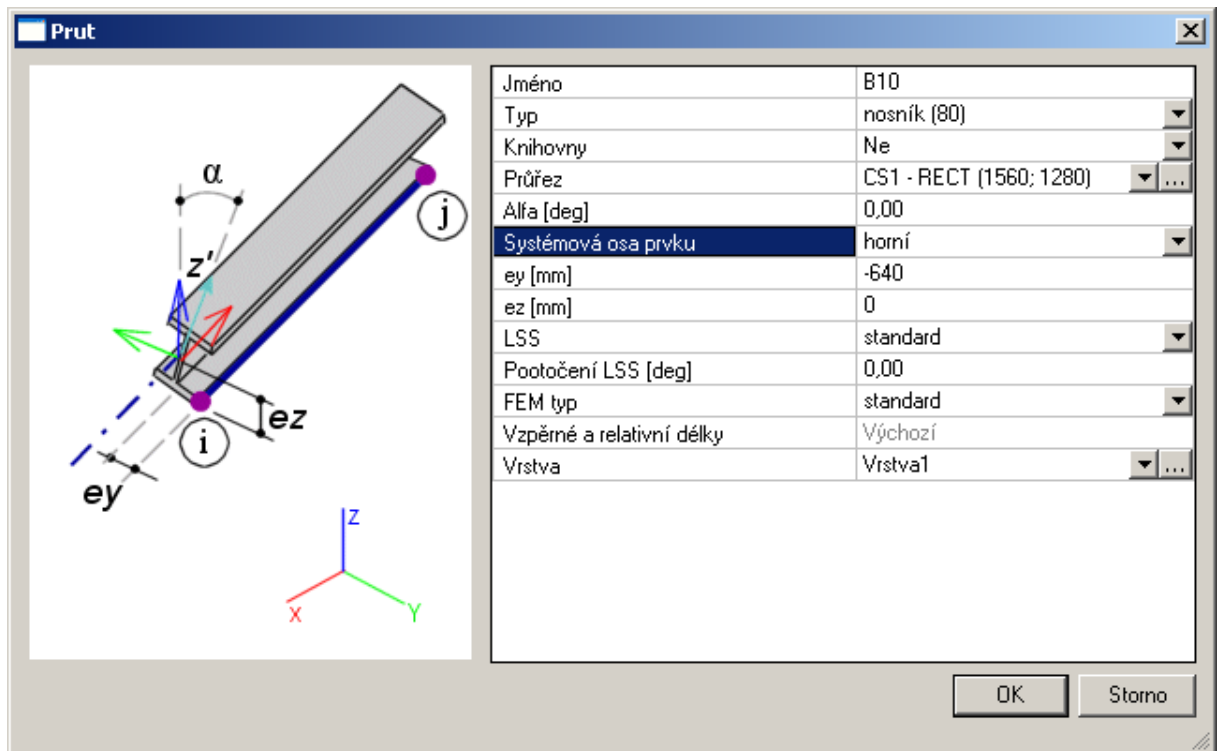
Zkontrolujeme, jestli máme všude dobře zadanou efek. šířku. Zapneme si, že chceme vidět obrysy průřezů. Postup viz níže.



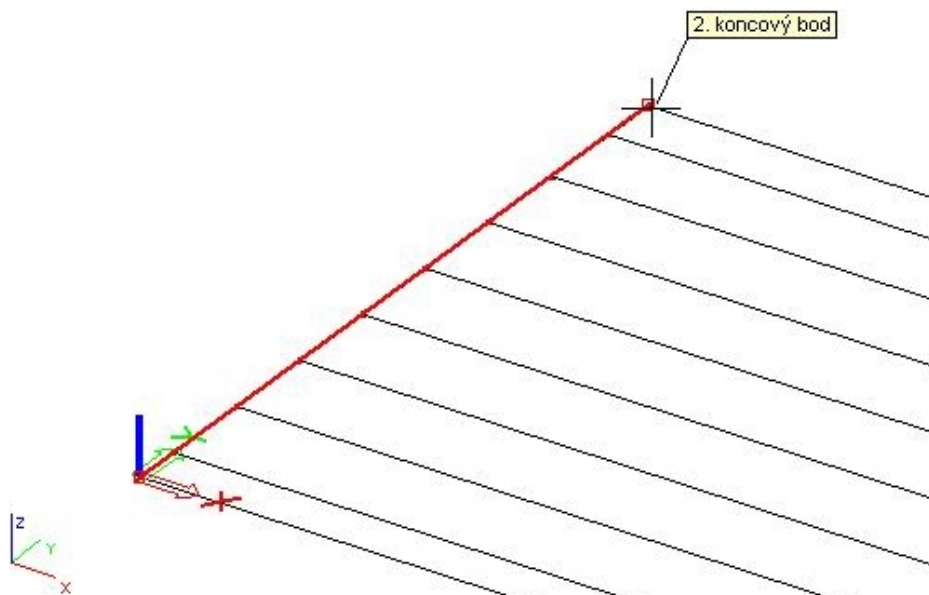


Nyní desku ještě doplníme o krajní příčníky. Ty jsou průřezu obdélníkového již výše definovaného. Zvolíme příkaz **Obecný prut** a vybereme požadovaný průřez obdélník. Pro zarovnání průřezu s deskou zvolíme systémovou osu **Horní**, pro zarovnání s krají nosníku zvolíme excentricitu  $e_y = -640$  mm.

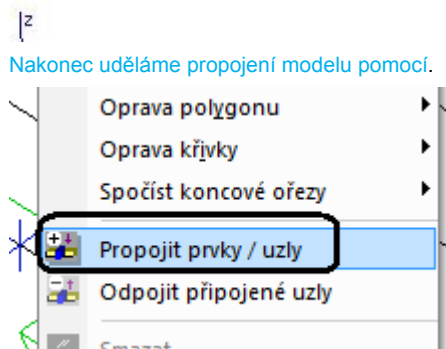
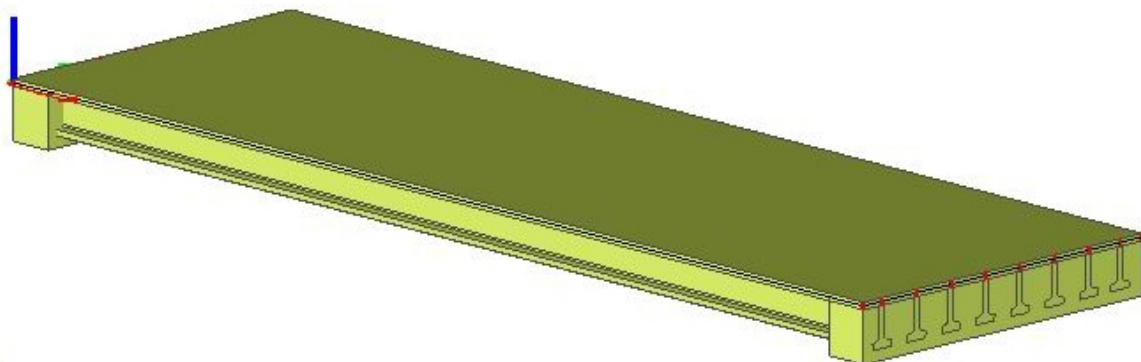




Potvrdíme a zvolíme počáteční bod příčnicku, ten je v počátku souřadného systému a koncový bod příčnicku dle obrázku kliknutím na požadovaný bod.



Obdobně to provedeme na druhé straně mostu, ale excentricita  $e_y$  bude mít zde kladnou hodnotu **640 mm**. Náš model nyní vypadá následovně.



### 3.3.2 Okrajové podmínky

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

Nejprve však musíme vytvořit uzel, do kterého bude vložena podpora. K tomuto slouží příkaz **Konstrukce > Uzly na prutu**.

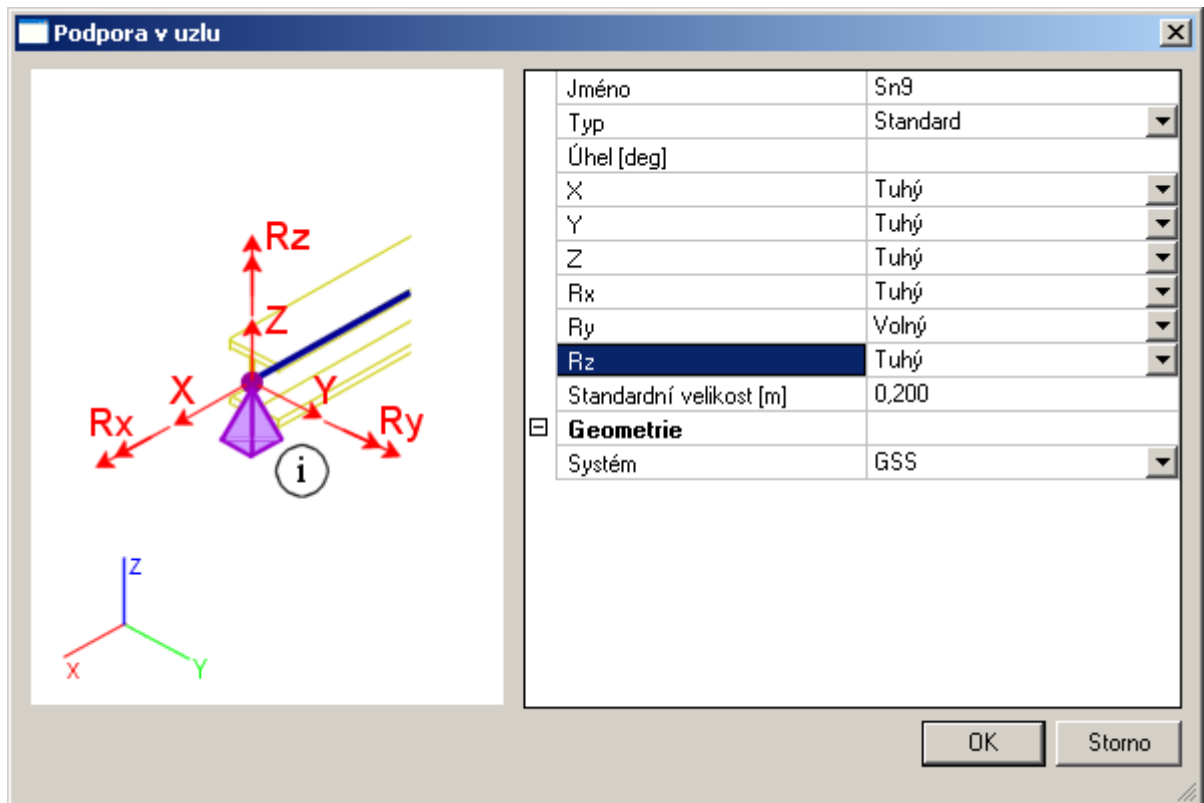
Uzly na prutu. Vybereme všechny pruty a zadáme souřadnicemi v příkazovém řádku polohu daného uzlu.

Zadejte bod >3;0


Postupně tedy vložíme uzly na prut do souřadnice **3;0** a **25,3;0**. Na druhý a sedmý nosník zadáme další uzly **0,9;0**, a **27,4;0**.

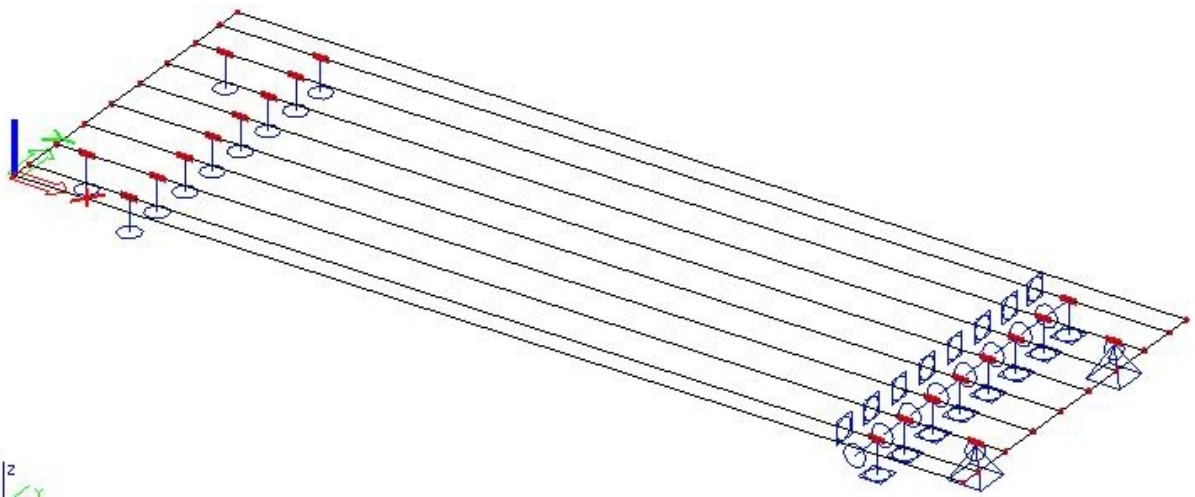
Podpora


Podepření lze zadat pomocí **Konstrukce > Podpora - v uzlu**. Do všech bodů se souřadnicí  $x = 3,0$  m zadáme podporu zabráňující pohybu v ose Z. Do všech bodů se souřadnicí  $x = 25,3$  m zadáme podporu zabráňující posunu v ose X, Y, Z a natočení Rx, a Rz.

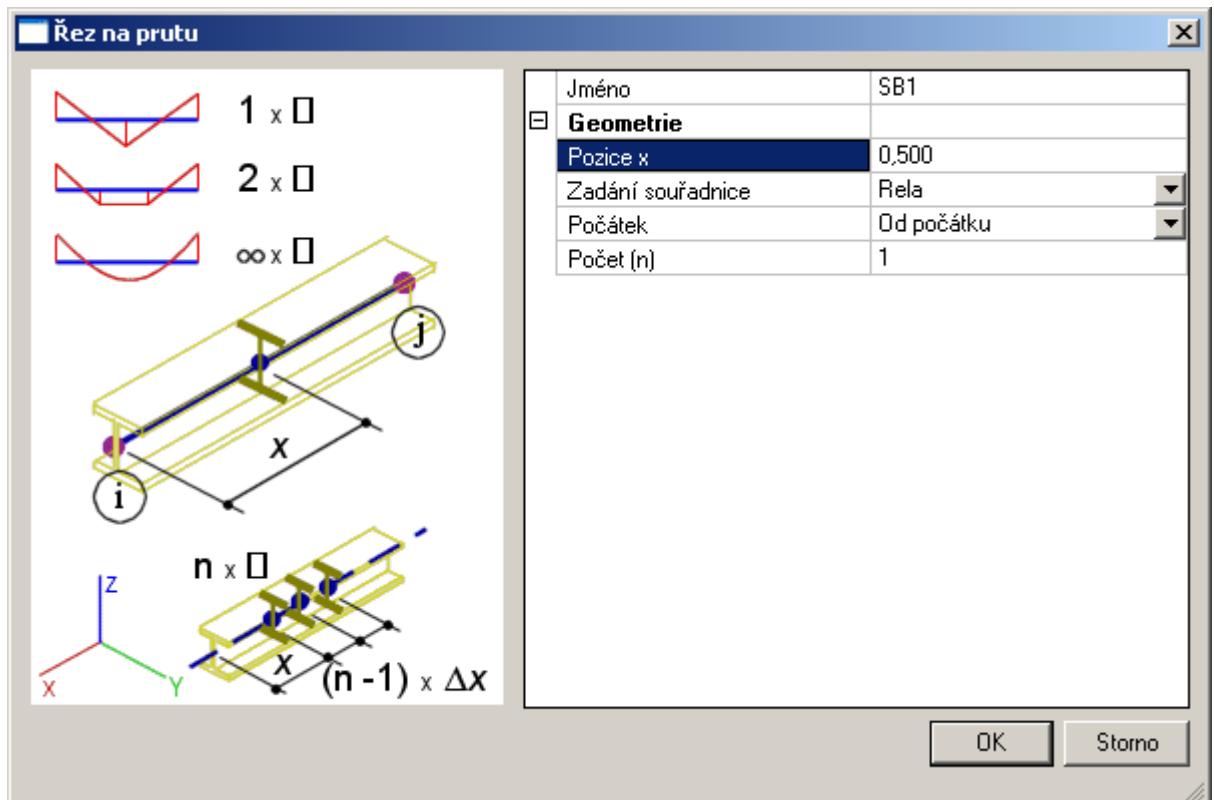


Do obou bodů se souřadnicí  $x = 0,9$  m zadáme podporu zabraňující pohybu v ose Z a do obou bodů se souřadnicí  $x = 27,4$  m zadáme podporu zabraňující posunu v ose X, Y, Z. Abychom podpory viděli, je nutné mít stisknutou ikonku

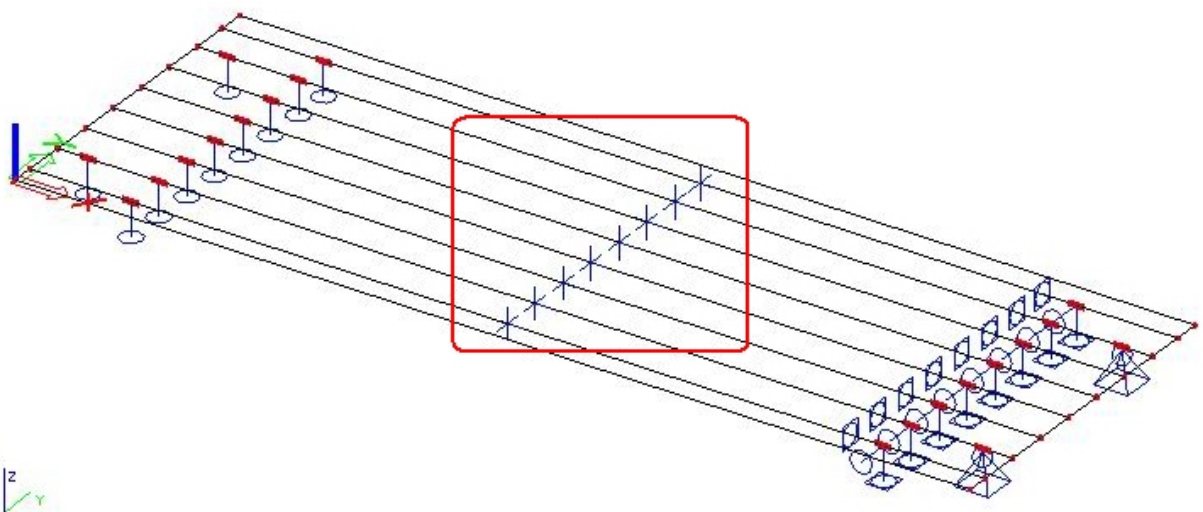
Zobrazit / skrýt podpory 



Nyní máme geometrii konstrukce hotovou. Pro lepší práci s výsledky, kdy budeme vyhodnocovat vnitřní síly v polovině rozpětí nosníku si do polovin zadáme řezy na prutech. Spustím příkaz **Řez na prutu**  a dialogu zadáme relativní pozici 0,5.



Poté vybereme všechny pruty a na těchto prutech se generují uprostřed řezy.



Nyní máme celou konstrukci zadanou a můžeme začít vytvářet zatěžovací stavy a zatížení.

## 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 plošné zatížení o velikosti
  - Vozovka -2,64kN/m<sup>2</sup>

- Chodník (římsa, zábradlí) – 7,88kN/m<sup>2</sup>

**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 – Model LM1** – zatížení nahodilým zatížením dle modelu LM1

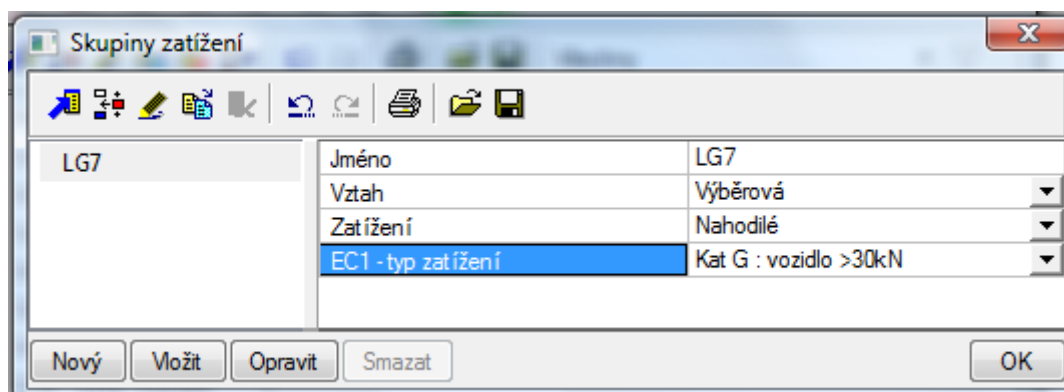
**LC9 – Model LM2** – zatížení nahodilým zatížením dle modelu LM2

**LC10 – Model LM4** – zatížení nahodilým zatížením dle modelu LM4

**LC11 – Zatížení chodníků** – zatížení nahodilým zatížením dle 2.2.3.2.

LC8 – LC10 – zadáme do stejné skupiny zatížení a vztah zadáme výběrová tím zaručíme, že se v kombinacích generovaných programem, se nepotkají ve stejné kombinaci).

LC11 – bude jiná skupina ,než LC8-LC10 a vztah standart.

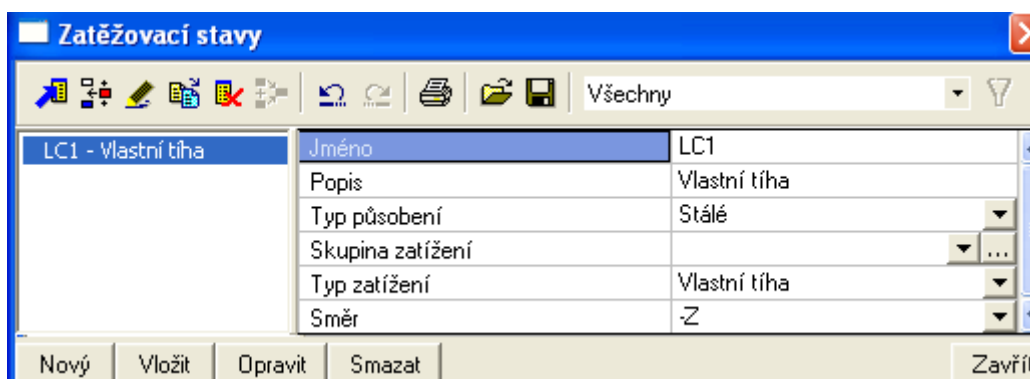


### 3.4.2 Zadání zatížení

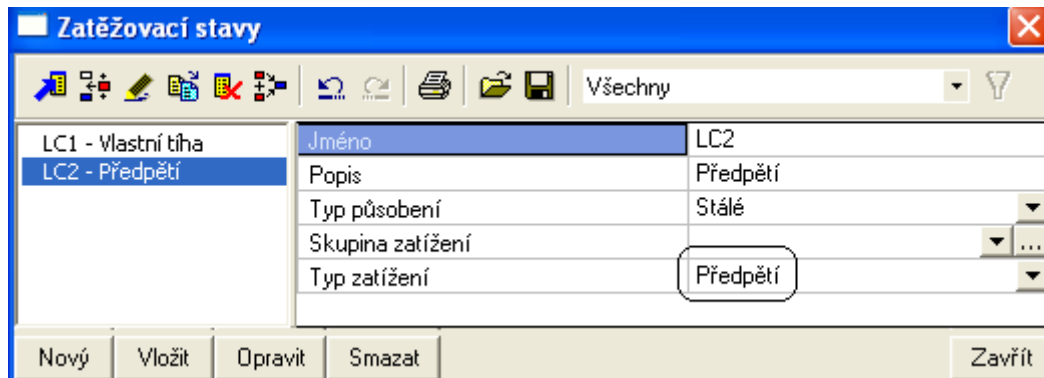
Pro zadání zatížení je nutné si připravit zatěžovací stavy popsané výše, do kterých se zatížení bude zadávat.

Zat. stavy, kombinace

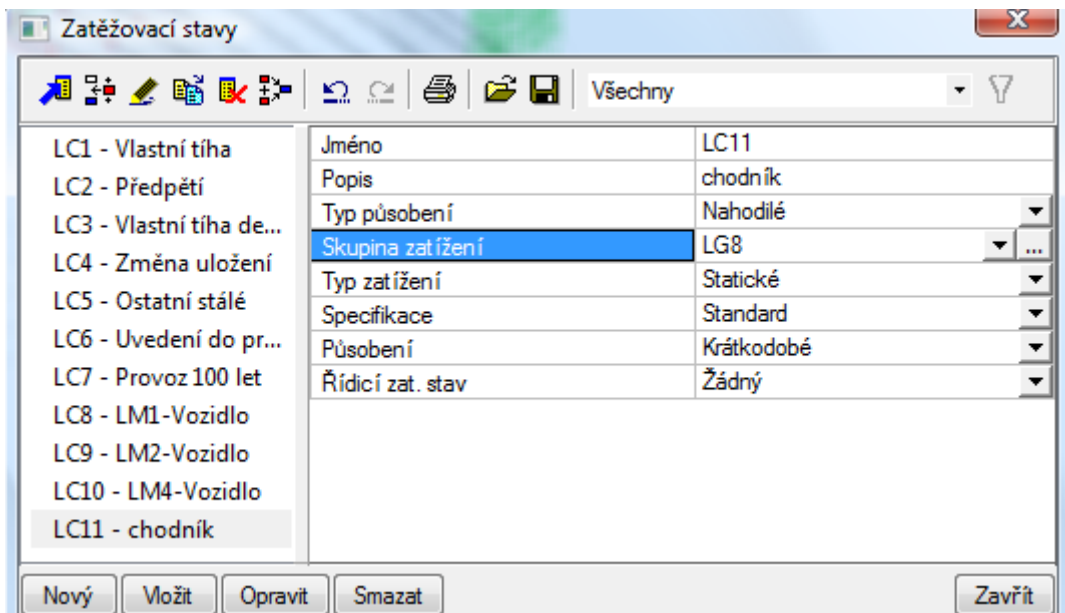
Kliknutím na větev **Zatěžovací stavy** program automaticky zobrazí dialog a založí zatěžovací stav LC1. Pro zatěžovací stav LC1 napíšeme do okna **Popis** název **Vlastní tíha** a Typ působení bude **Stálé** a Typ zatížení **Vlastní tíha**



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




Zatěžovací stav LC3-Vlastní tíha desky + příčniku bude opět typu **Stálé – Vlastní tíha**. LC4 až LC7 jsou zatížení **Stálé**. Pro zatížení dopravou si dále připravíme **Nahodilý krátkodobý zatěžovací stav** L8-LC11. Zadáme následující zatěžovací stavy – viz obrázek.



Náhled

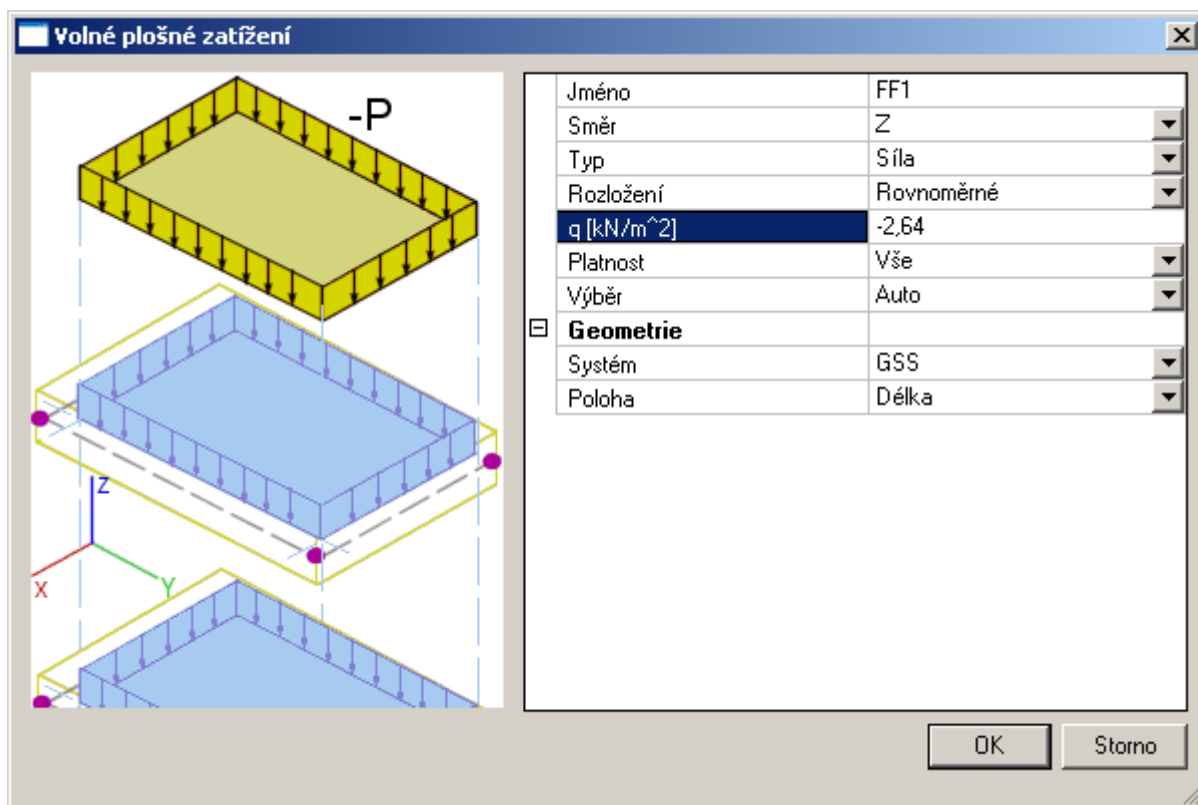
Jméno	Typ působení	Skupina zatížení	Typ zatížení	Specifikace	Působení	Směr	Řídicí zat. stav	Popis
LC1	Stálé	LG1	Vlastní tíha			-Z		Vlastní tíha
LC2	Stálé	LG1	Předpětí					Předpětí
LC4	Stálé	LG1	Standard					Změna uložení
LC3	Stálé	LG1	Vlastní tíha			-Z		Vlastní tíha desky + příčniku
LC5	Stálé	LG1	Standard					Ostatní stálé
LC6	Stálé	LG1	Standard					Uvedení do provozu
LC7	Stálé	LG1	Standard					Provoz 100 let
LC8	Nahodilé	LG7	Statické	Standard	Krátkodobé		Žádný	LM1-Vozidlo
LC9	Nahodilé	LG7	Statické	Standard	Krátkodobé		Žádný	LM2-Vozidlo
LC10	Nahodilé	LG7	Statické	Standard	Krátkodobé		Žádný	LM4-Vozidlo
LC11	Nahodilé	LG8	Statické	Standard	Krátkodobé		Žádný	chodník



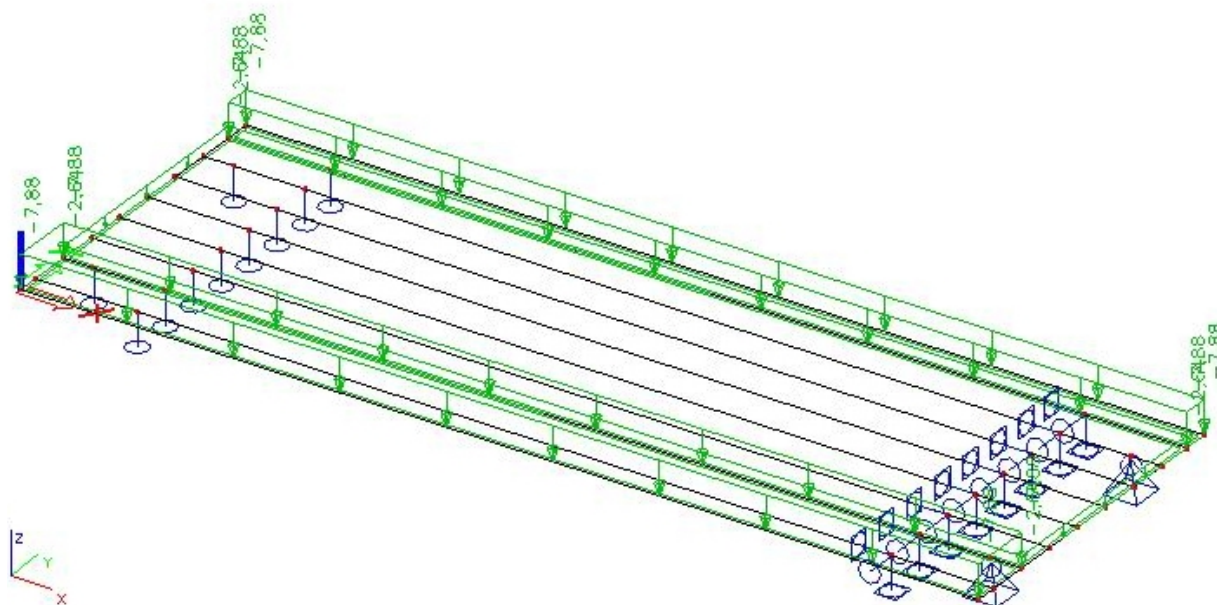
Vlastní zadávání se provádí ve větvi  Zatížení po výběru příslušného zatěžovacího stavu (LC) a kliknutí na

-  Plošné zatížení na ploše
-  volné

vhodnou větev. Například pro zadání LC5 – Ostatní stálé, použijeme. Toto zatížení má hodnotu  $-2,64 \text{ kN/m}^2$  ve směru globální osy Z s platností vše a po potvrzení vybereme plochu mezi druhým a osmým nosníkem.

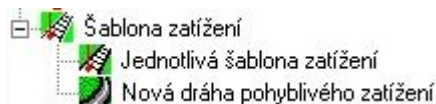


Na zbývající ploše zadáme zatížení o velikosti  $-7,84 \text{ kN/m}^2$



### 3.4.3 Zatížení vlaky

Zatížení v zatěžovacích stavech LC8-LC10 budeme zadávat modulem vlaky. Ve stromě zatížení vybereme položku **Šablona zatížení > Jednotlivá šablona zatížení**



Po spuštění příkazu se otevře dialog, kde zvolíme parametry dle **Modelu LM1** obdélníkové plošné zatížení podle velikosti a zatížení na jednotlivé pneumatiky vozidla.

Jméno	LP1
Popis	Model LM1
Typ	Obdélník
Přidat novou en...	...
Smazat entitu	...
<b>Entita 1 - Ob...</b>	
Směr	Z
Síla [kN/m <sup>2</sup> ]	-195,12
Pozice x1 [m]	-0,320
Pozice y1 [m]	0,440
Pozice x2 [m]	0,320
Pozice y2 [m]	1,080
Opakovat x (n)	2
Delta x [m]	1,200
Opakovat y (n)	2
Delta y [m]	2,000
<b>Entita 2 - Ob...</b>	
Směr	Z

OK Storno



Šablona zatížení

Všechny

LP1

Jméno	LP1
Popis	Model-LM1
Typ	Obdélník
Přidat novou entitu	...
Smazat entitu	...
<b>Entita 1 - Obdélník</b>	
Směr	Z
Síla [kN/m <sup>2</sup> ]	-195,20
Pozice x1 [m]	-0,320
Pozice y1 [m]	0,440
Pozice x2 [m]	0,320
Pozice y2 [m]	1,080
Opakovat x (n)	2
Delta x [m]	1,200
Opakovat y (n)	2
Delta y [m]	2,000
<b>Entita 2 - Obdélník</b>	
Směr	Z
Síla [kN/m <sup>2</sup> ]	-292,70
Pozice x1 [m]	-0,320
Pozice y1 [m]	3,440
Pozice x2 [m]	0,320
Pozice y2 [m]	4,080
Opakovat x (n)	2
Delta x [m]	1,200
Opakovat y (n)	2
Delta y [m]	2,000

Šablona zatížení

0.64 1.36 0.64 1.36 0.64 1.36 0.64

-195.20 -195.20

-292.70 -292.70

0.64 0.64

X

Nový Vložit Opravit Smazat Zavřít



Šablona zatížení

Všechny

LP1	Jméno	LP2
LP2	Popis	Model-LM2
	Typ	Obdélník
	Přidat novou entitu	...
	Smazat entitu	...
	<b>Entita 1 - Obdélník</b>	
	Směr	Z
	Síla [kN/m <sup>2</sup> ]	-323,00
	Pozice x1 [m]	-0,295
	Pozice y1 [m]	0,000
	Pozice x2 [m]	0,295
	Pozice y2 [m]	-0,840
	Opakovat x (n)	1
	Opakovat y (n)	2
	Delta y [m]	-2,000

Šablona zatížení

0.84

1.16

0.84

0.59

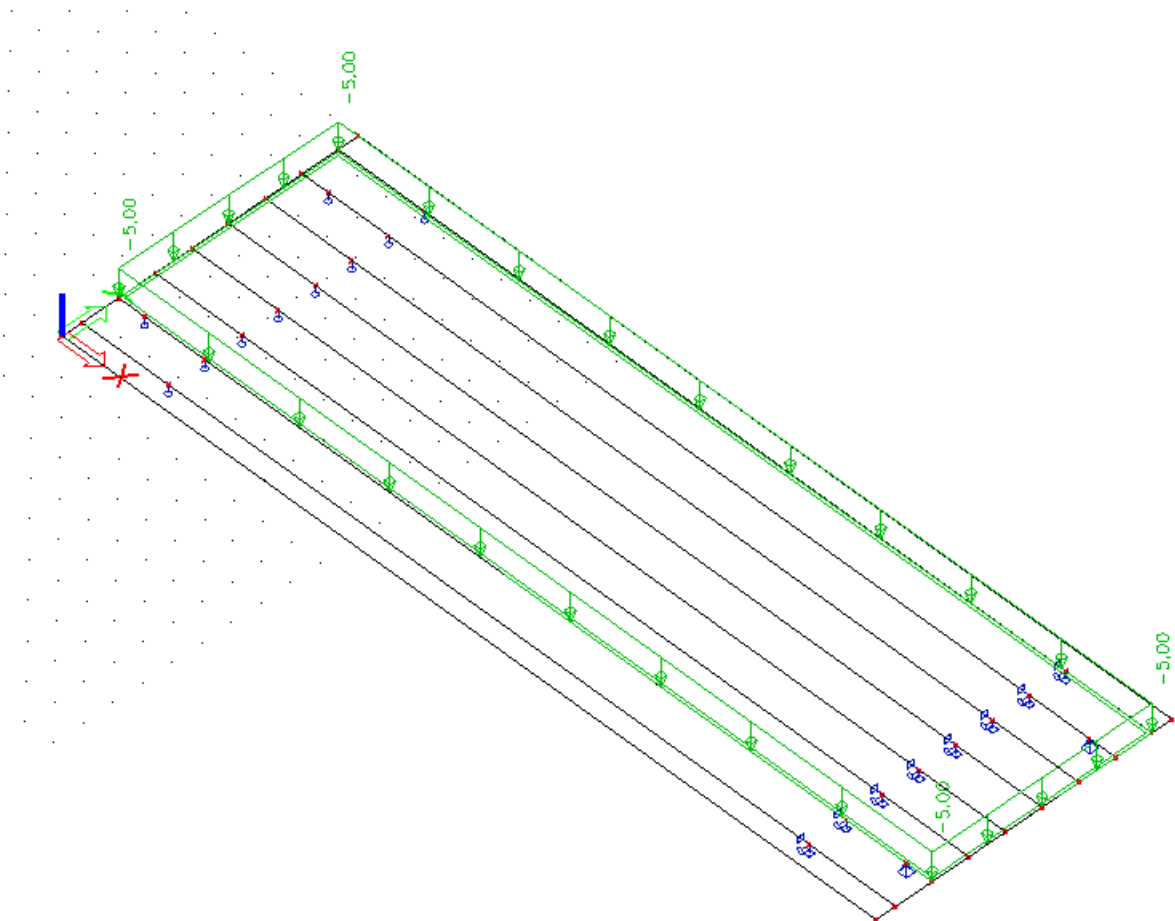
0.59

-323.00

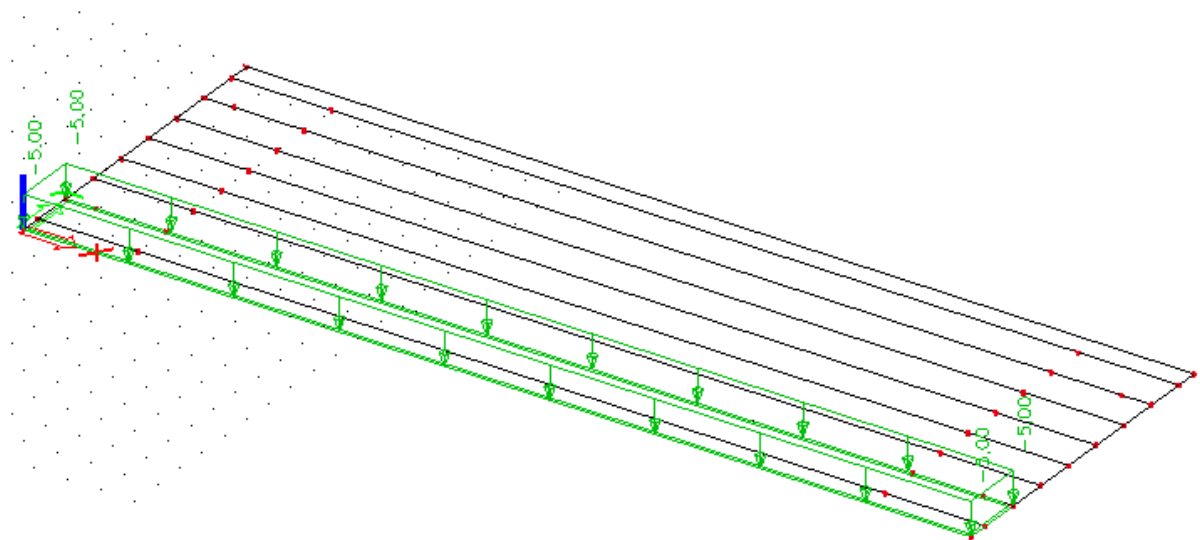
-323.00

Nový Vložit Opravit Smazat Zavřít

LC 10– zadáme pomocí volného plošného zatížení – 5 kN/m<sup>2</sup> na vozovku ( vybereme plochu mezi druhým a osmým nosníkem ).



LC 11 - zadáme pomocí volného plošného zatížení ( $-5 \text{ kN/m}^2$ ). Od začátku desky po druhý nosník.



### 3.5 Předpětí

Předem předpjaté 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 předpjatého 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 předpjatých kabelů se provádí z dialogu **Beton > Nastavení**.

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

Defaulty návrhu

Obecný

  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 předpjat

Průřezové charakteristiky

Varování a chyby

Předpínání: předem předpjatý

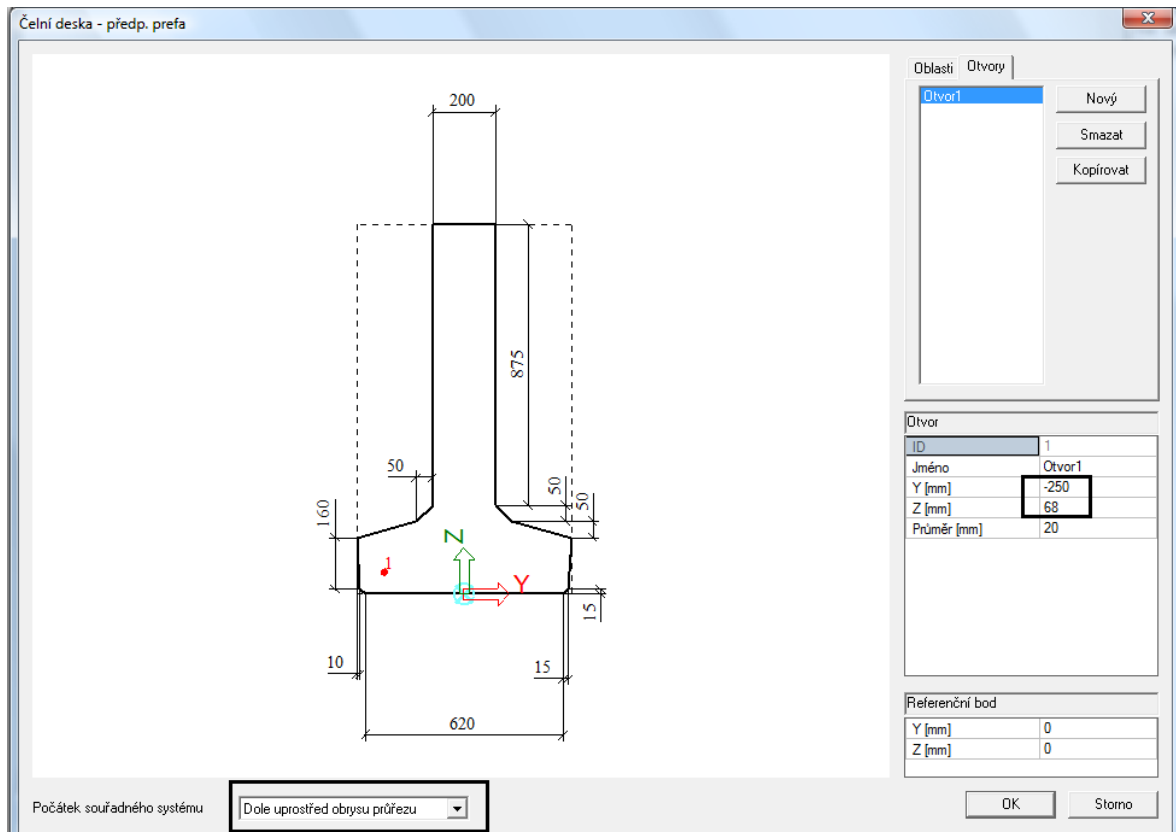
Předem předpínání		
Způsob napínání	3	>>
Pokluz	4	mm
Počáteční napětí	1440	MPa
Napětí v průběhu podržení napětí	1440	MPa
Trvání krátkodobé relaxace	0	sec
Trvání podržení napětí	300	sec
Kotevní délka	1000	mm
Délka předpínacích jednotek	55	m
Vzdálenost mezi řezy pro výstup	500	mm
Délka předpínací dráhy	50	m
Zkrácení předp. dráhy v důsledku napnutí všech předp. jednotek	0	mm
Součinitel teplotní roztažnosti předpínací dráhy	0.012	mm/m.K
Teplota předpínacích jednotek a předpínací dráhy při předpínání	20	C
Teplota předpínacích jednotek v čase vzniku soudržnosti	70	C
Teplota předpínací dráhy v čase vzniku soudržnosti	50	C

### 3.5.1 Definice čelní desky

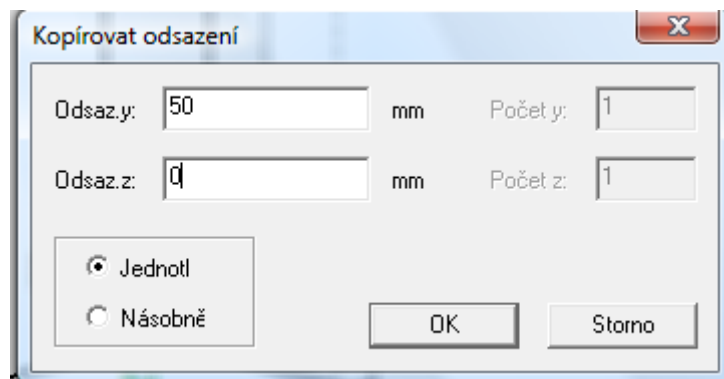
Před vlastní betonáží předem předpjatého prvku se na konec předpínací dráhy instaluje ocelová čelní deska. Tato deska obsahuje otvory, které budou určovat polohu lan v koncových řezech prvku. Rozmístění kabelů v čelní desce se provádí

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

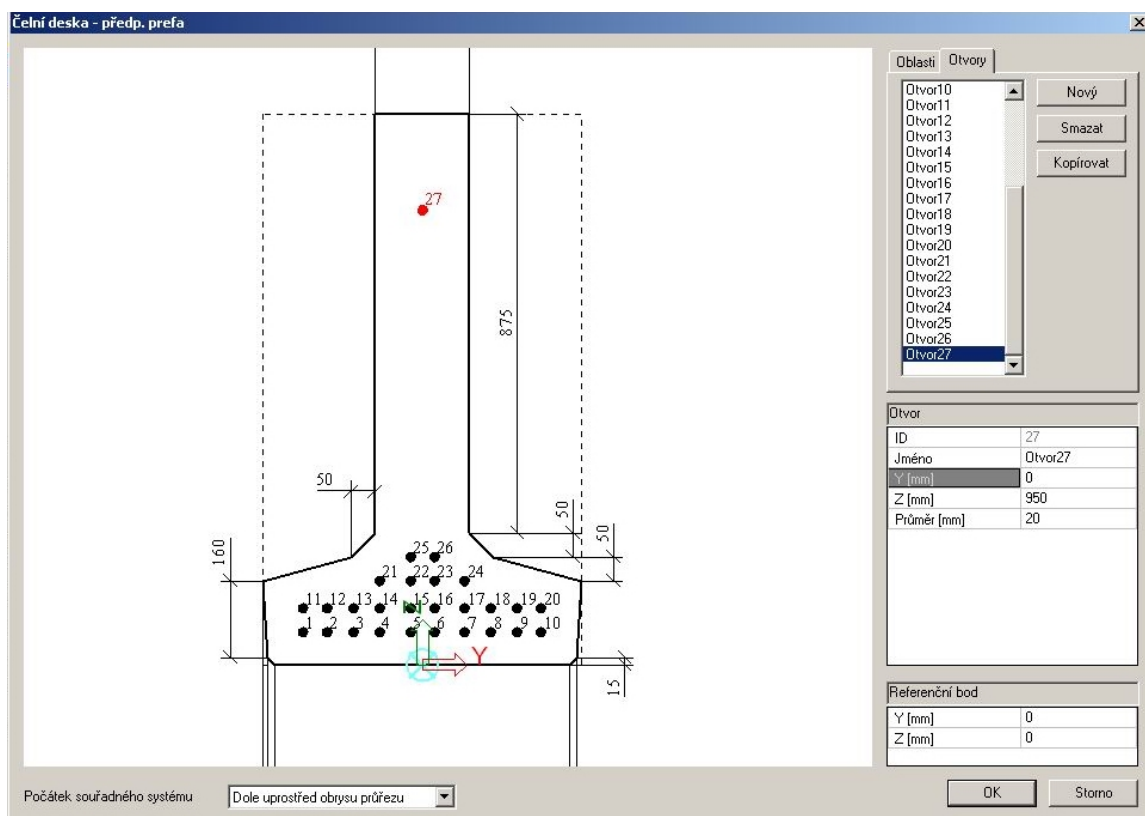
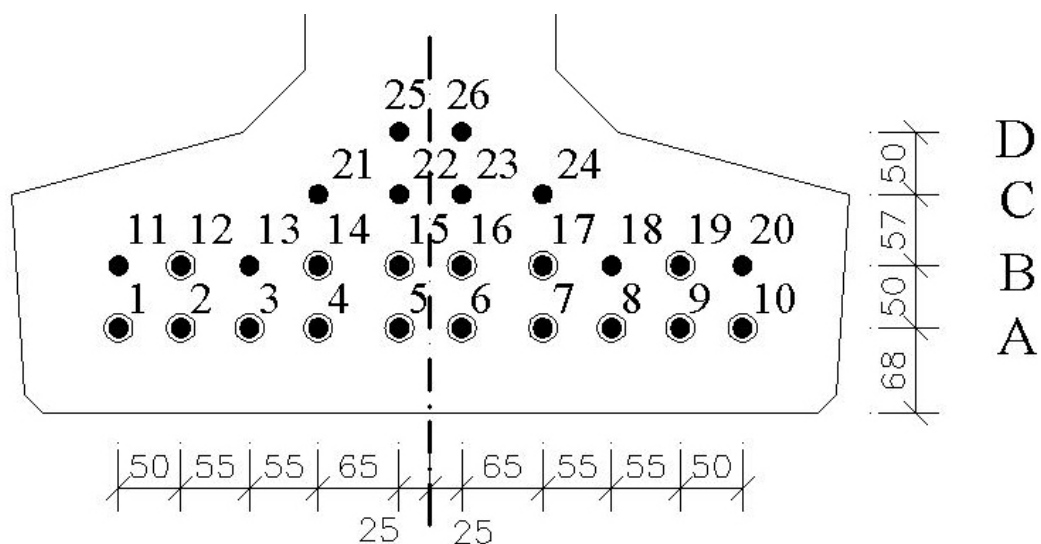
Otvory v desce lze definovat individuálně po jednom nebo hromadně v zadaných oblastech (oblast může obsahovat jeden otvor nebo více otvorů). V této úloze bylo zvoleno definování otvorů po jednom. Byl vytvořen první otvor o souřadnicích (Y,Z), ( -250, 68 ) mm, přičemž počátek souřadného systému byl výhodně 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.

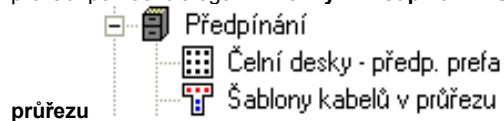


Obdobným způsobem nadefinujeme všech 27 otvorů podle osových vzdáleností otvorů z obrázku. Otvor č.27 má souřadnice k počátku souřadného systému **0;950** mm.

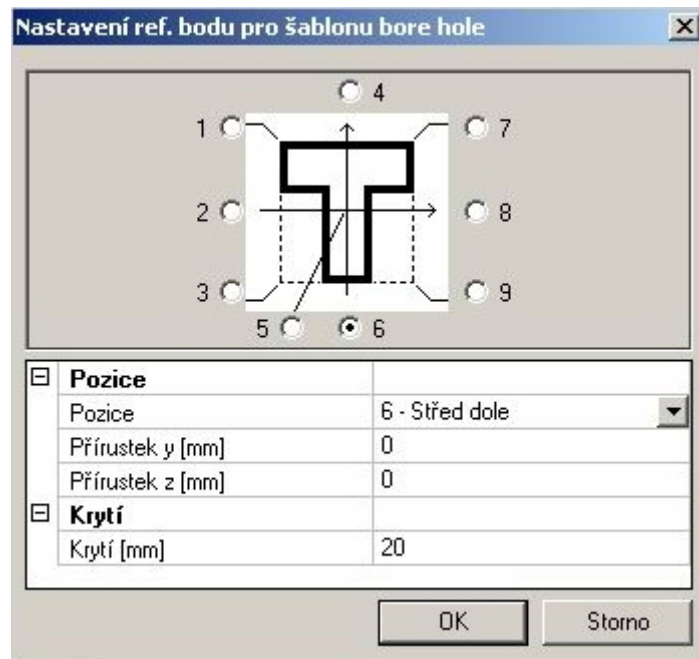


### 3.5.2 Šablony kabelů v průřezu

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**



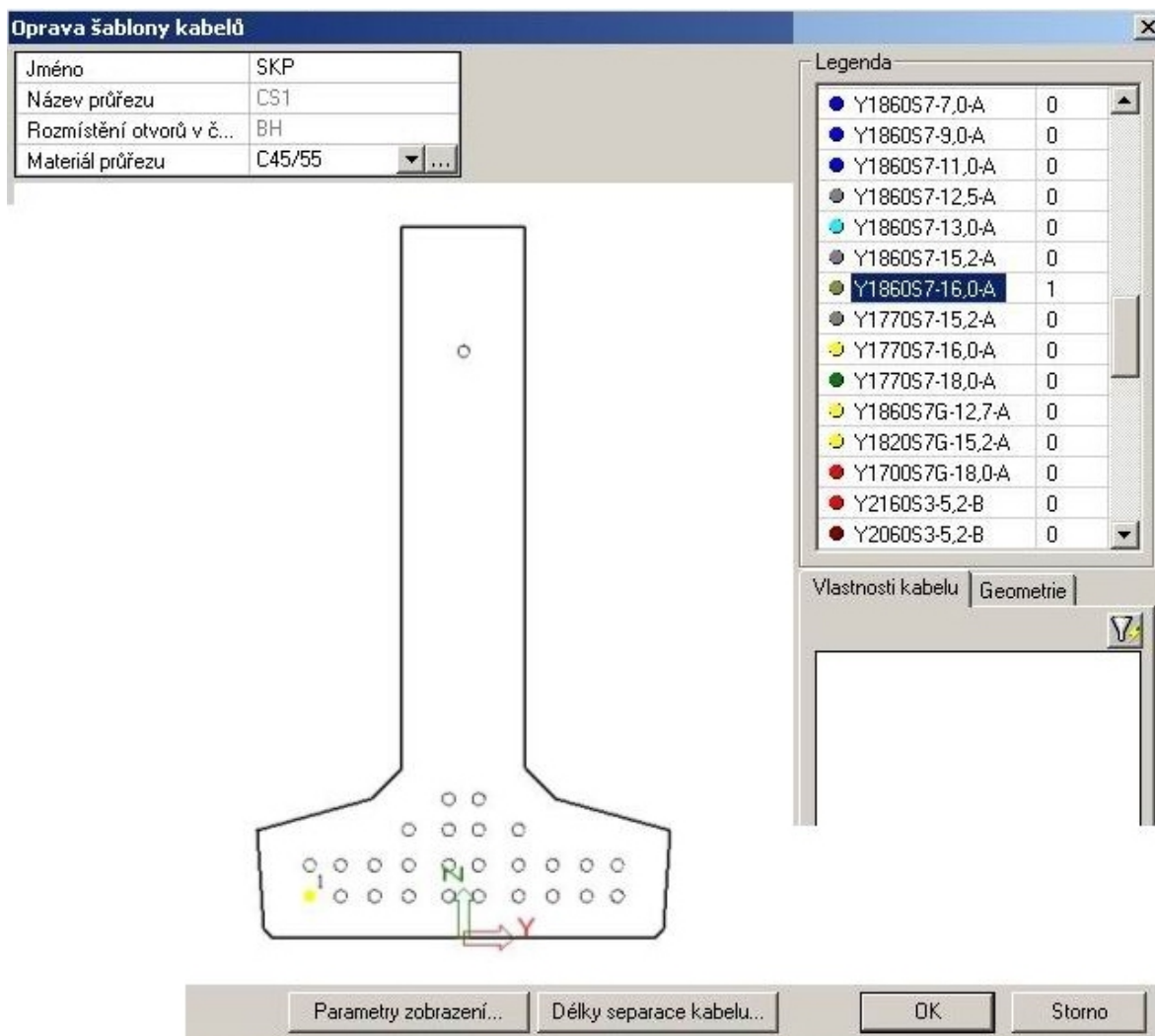
Nejprve se vybere průřez a následně čelní deska, pro kterou se bude vytvářet šablona kabelů. Poté je nutno zvolit referenční bod polohy šablony kabelů. Umístění tohoto bodu je nutné dobře promyslet (např. při případné změně rozměrů průřezu v budoucnosti). Poloha předpínací výztuže je totiž vztažena k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



*Poznámka:* Podle kapitoly 2.2.1.2 nadefinujeme jednu čelní desku a 3 různé šablony kabelů v průřezu pro 3 různé schémata předpětí v nosících.



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 délk...	1,00
Vzdálenost m...	0,500
Hák	Žádný
<b>Pozice</b>	
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 <sup>2</sup> ]	4,0500e-003
Ac [m <sup>2</sup> ]	3,1283e-001
Ap.sep [m <sup>2</sup> ]	0,0000e+000
Y [m]	0,0000e+000
Z [m]	3,7590e-001
Iz [m <sup>4</sup> ]	5,6799e-003
Iy [m <sup>4</sup> ]	3,7618e-002
Iz.c [m <sup>4</sup> ]	5,2344e-003
Iy.c [m <sup>4</sup> ]	3,5871e-002
Wy.horní [m <sup>3</sup> ]	5,1952e-002
Wy.dolní [m <sup>3</sup> ]	1,0007e-001

### 3.5.3 Zadání předpínací dráhy

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

- ☐ Předpínání
  - ☐ Čelní desky - předp. přefa
  - ☐ Šablony kabelů v průřezu
  - ☐ Předpínací dráhy

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

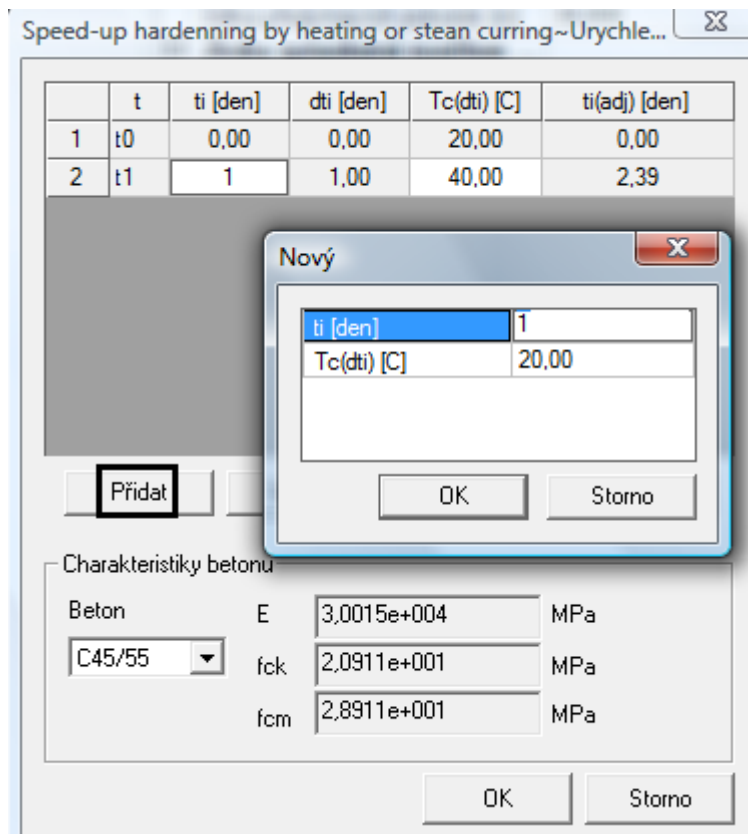
**Předpínací dráhy**

Všechny

PD	Jméno	PD
	Délka předpínacích jednotek [m]	38,000
	Uvolňování výztuže	Postupné
[-]	<b>Ztráta způsobená rozdílem t...</b>	
	Ztráta způsobená rozdílem teplot ...	<input checked="" type="checkbox"/> ano
	Typ tepelné ztráty	Nezávislé na normě
	Délka předpínací dráhy [m]	28,300
	Součinitel teplotní roztažnosti pře...	0,00
	Teplota předpínacích jednotek a ...	293,15
	Teplota předpínacích jednotek v ...	343,15
	Teplota předpínací dráhy v čase ...	323,15
[-]	<b>Ztráta deformací předpínac...</b>	
	Ztráta deformací předpínací dráhy	<input checked="" type="checkbox"/> ano
	Zkrácení předp. dráhy v důsledku...	0,0
[-]	<b>Urychlení tvrdnutí proteplo...</b>	
	Urychlení tvrdnutí proteplováním ...	<input checked="" type="checkbox"/> ano
	Zralost betonu	<input checked="" type="checkbox"/> ano
	Zralost betonu - tabulka	...
	Urychlení relaxace	<input checked="" type="checkbox"/> ano
	Urychlení relaxace - tabulka	...

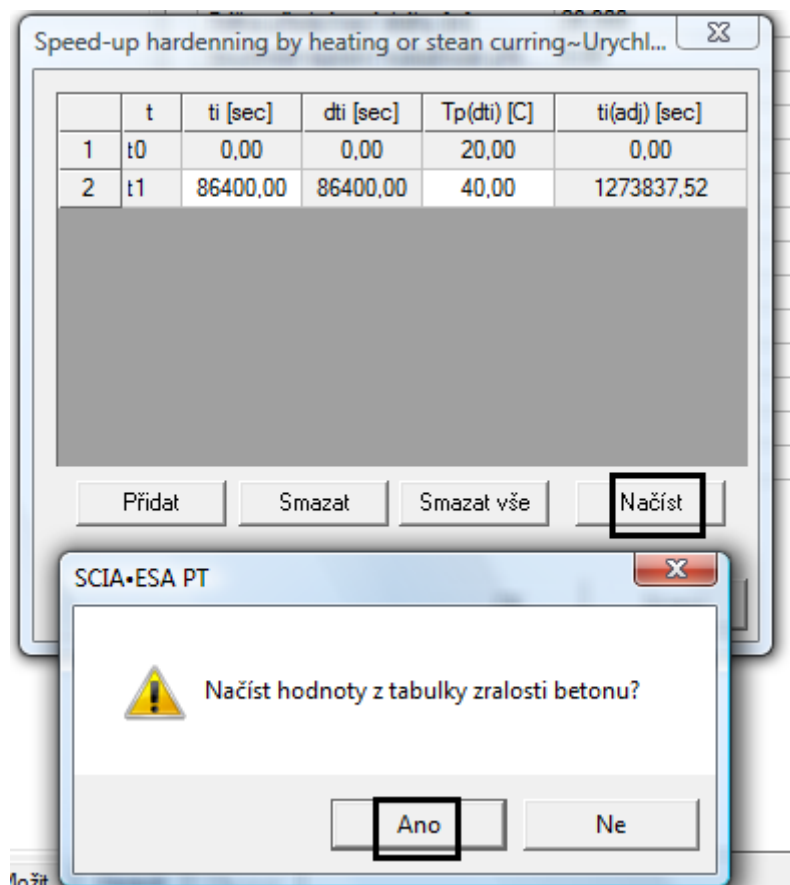
Nadefinujeme délku předpínacích jednotek 38,0m dle zadání a dále můžeme zvolit zda budeme uvažovat:

- **Ztrátu způsobenou rozdílem teplot předpínacích výztuže a předpínací dráhy** – nutno zadat:
  - Délku předpínací dráhy – dle zadání 38,0m
  - 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**
  - Zralostí betonu – zadávají se časy ve kterých probíhá proteplování o zadané teplotě



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

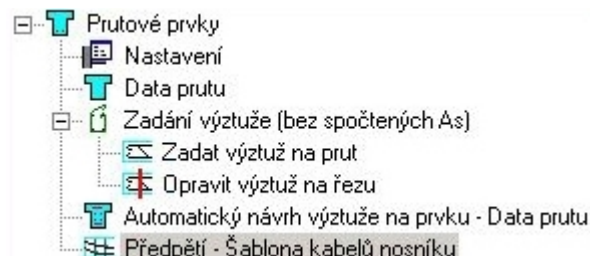
- o Urychlení relaxace předpínací výztuže – zadávají se časy ve kterých probíhá proteplování o zadané teplotě



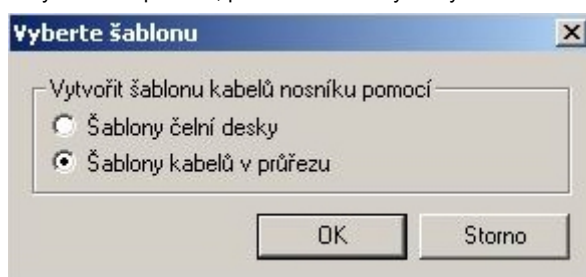
### 3.5.4 Umístění šablony kabelů nosníku

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.

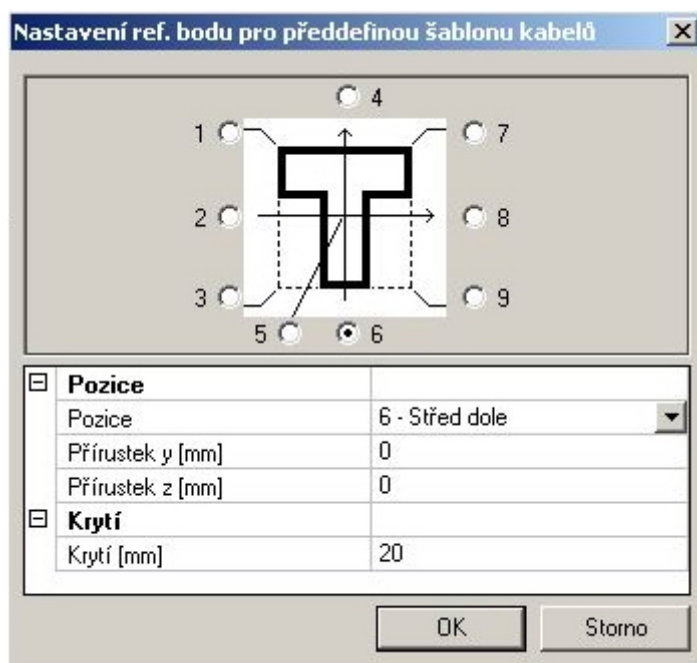
Novou šablonu kabelů nosníku vytvoříme příkazem **Beton > Předpětí-šablona kabelů nosníku**



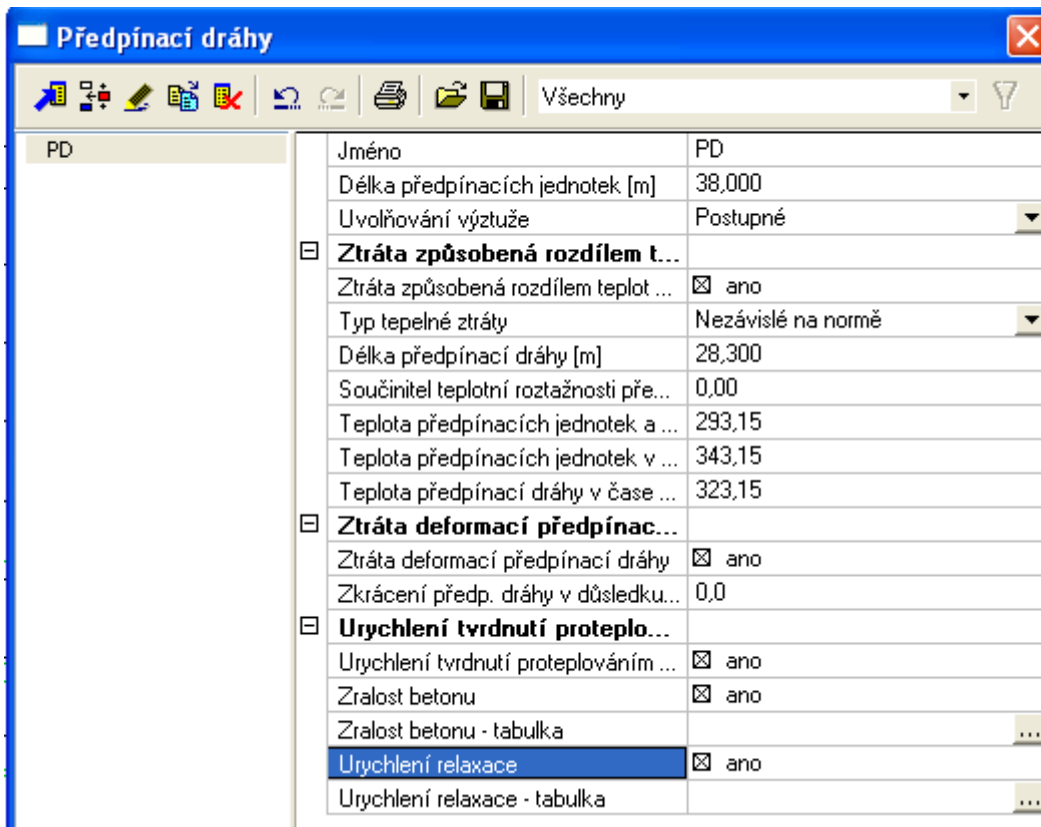
Vybereme prut kterému budeme přiřazovat kabely. Nyní máme možnost vytvořit šablonu kabelů nosníku buď pomocí čelní desky, nebo pomocí šablony kabelů v průřezu, protože nemusí být vždy zcela totožné.



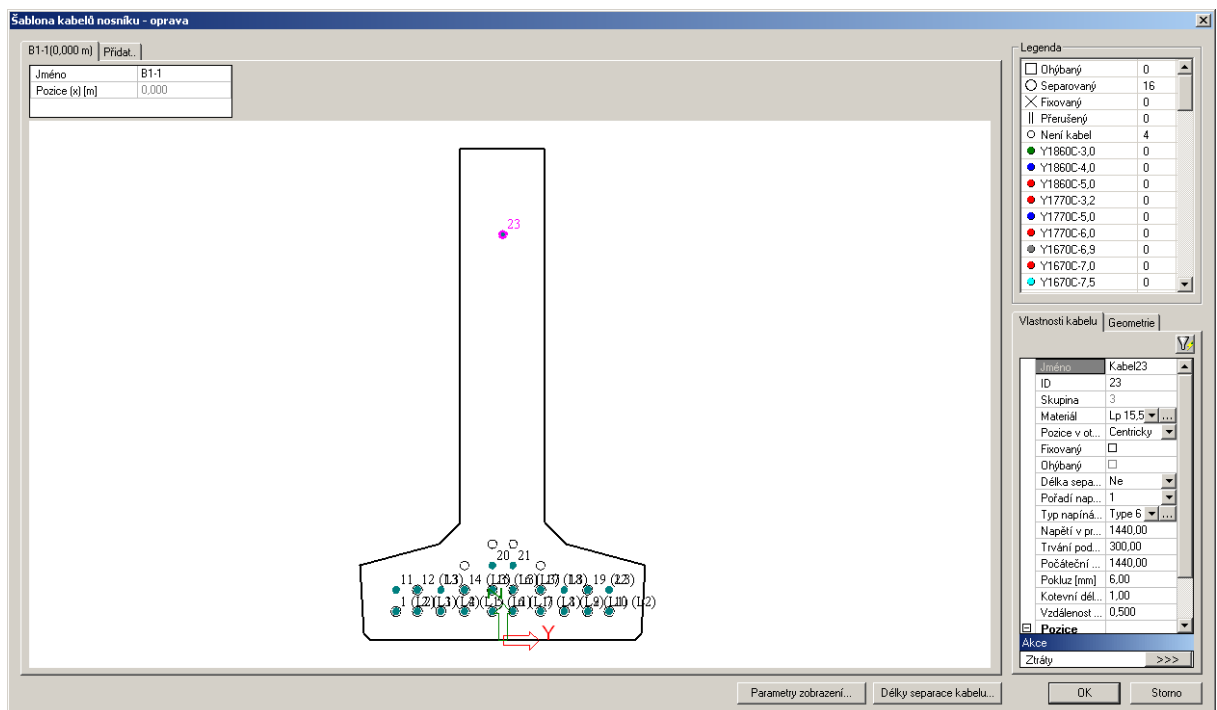
Zde jsme zvolili šablonu kabelů v průřezu, vybrali jsme ze seznamu požadovanou šablonu kabelů v průřezu, a dále určíli referenční bod šablony kabelů v průřezu.



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



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

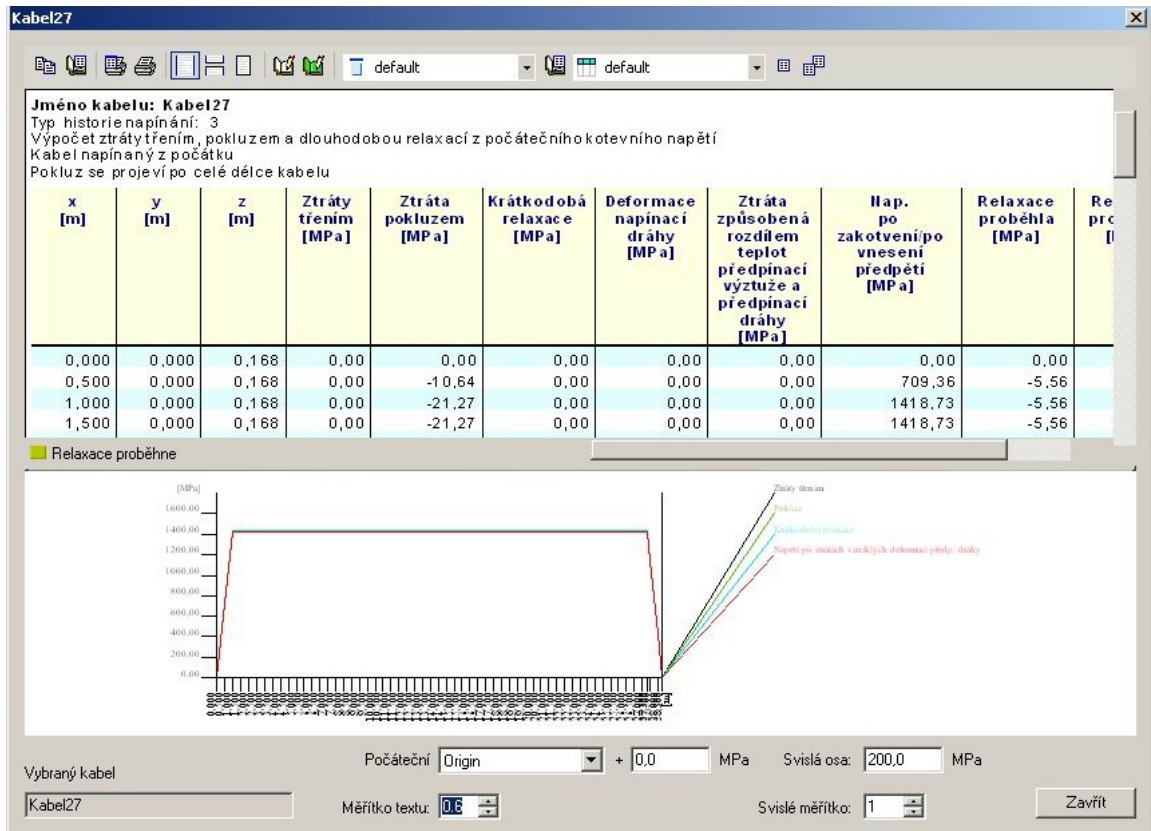


Po výběru libovolného kabelu se v pravé části zobrazí jeho vlastnosti a také je zde tlačítko pro výpočet ztrát - **Ztráty**.

Vlastnosti kabelu Geometrie

Jméno	Kabel27
ID	27
Skupina	1
Materiál	Y1860E ...
Fixovaný	<input type="checkbox"/>
Ohýbaný	<input type="checkbox"/>
Délka sepa...	Ne
Pořadí nap...	1
Typ napíná...	Type 3 ...
Napětí v pr...	1440,00
Trvání pod...	300,00
Počáteční ...	1440,00
Pokluz [mm]	6,00
Kotevní dél...	1,00
Vzdálenost ...	0,500
<b>Pozice</b>	
X [m]	0,000
<b>Akce</b>	
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
- 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.

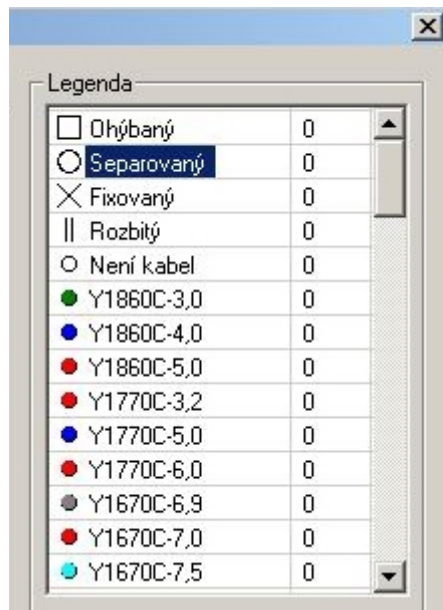
	Jméno	Délka [m]
--	-------	-----------

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

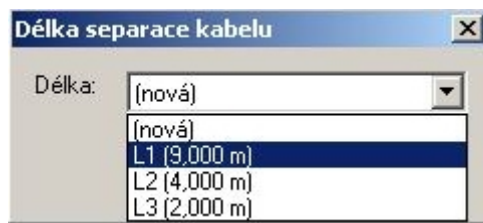
	Jméno	Délka [m]
1	L1	9,0
2	L2	4,0
3	L3	2,0

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.

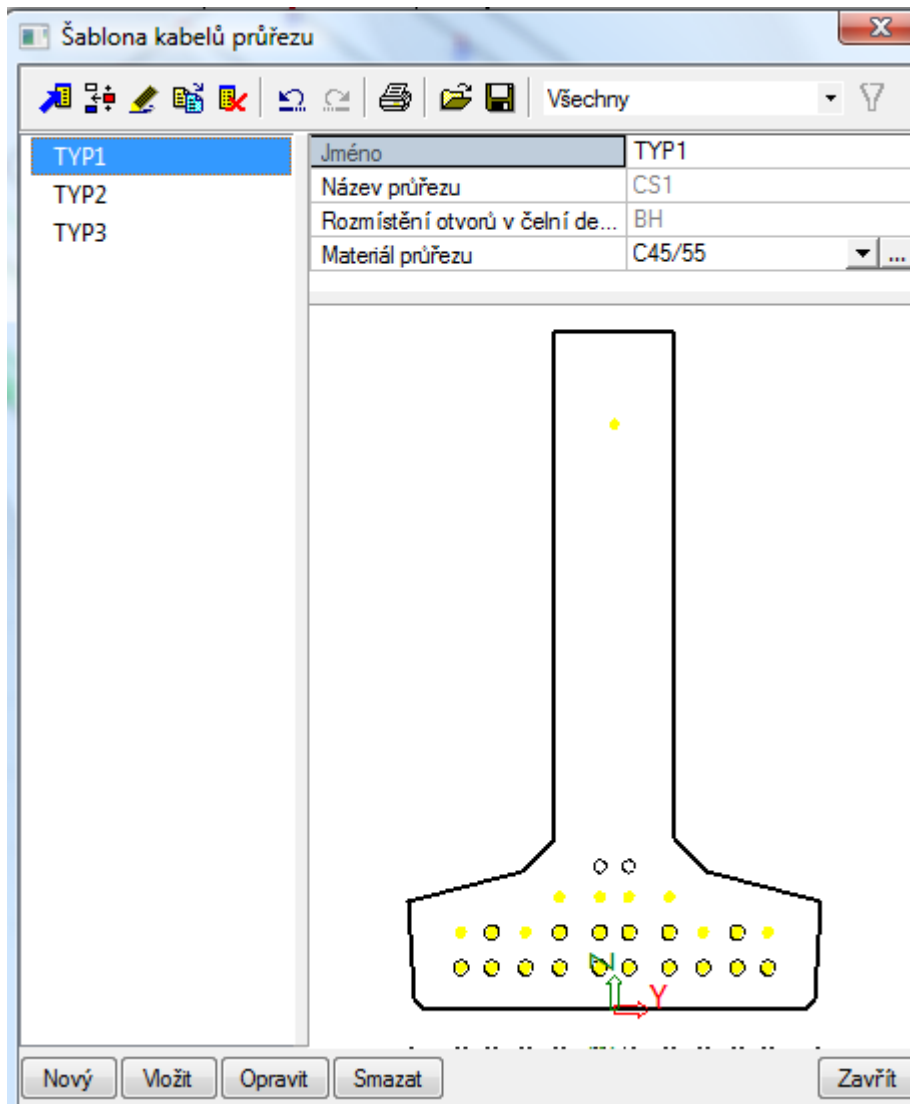


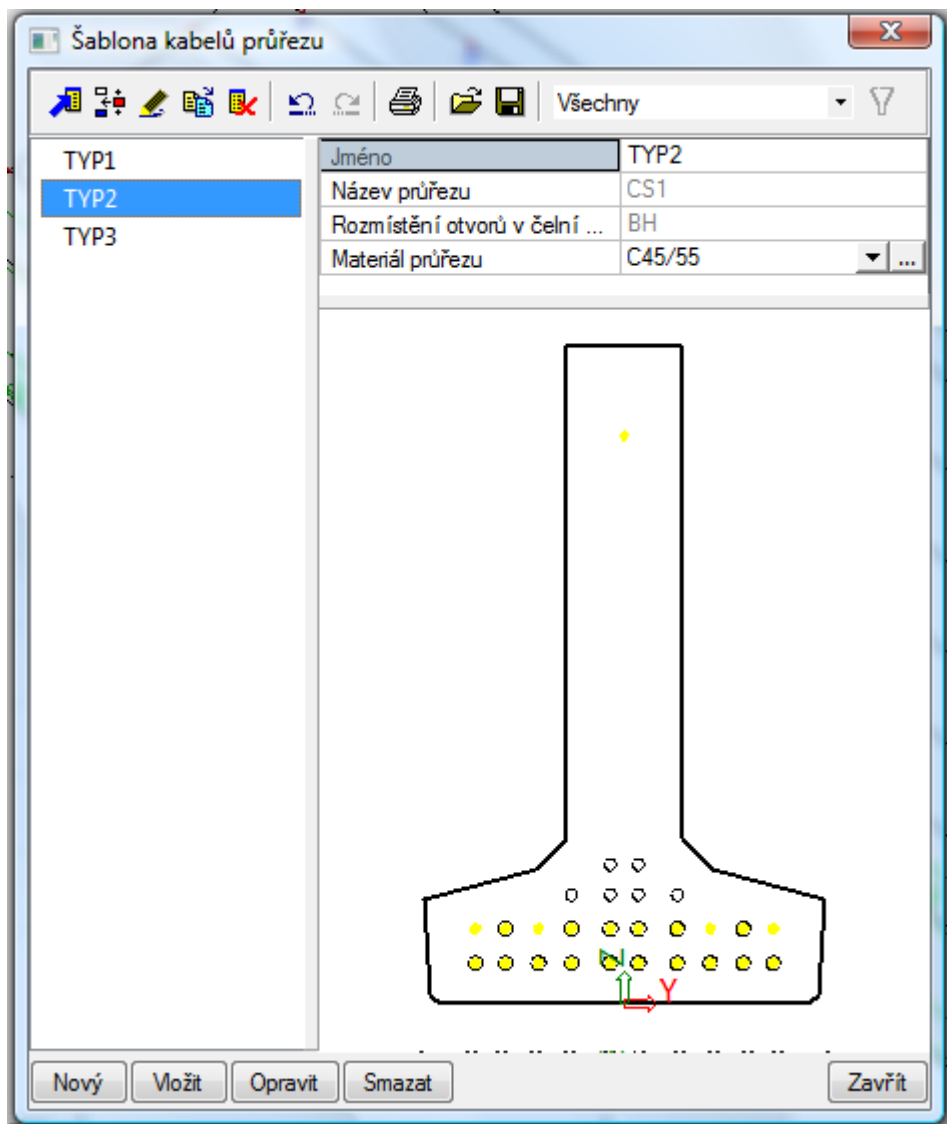
Nadefinujeme separaci kabelů takto:

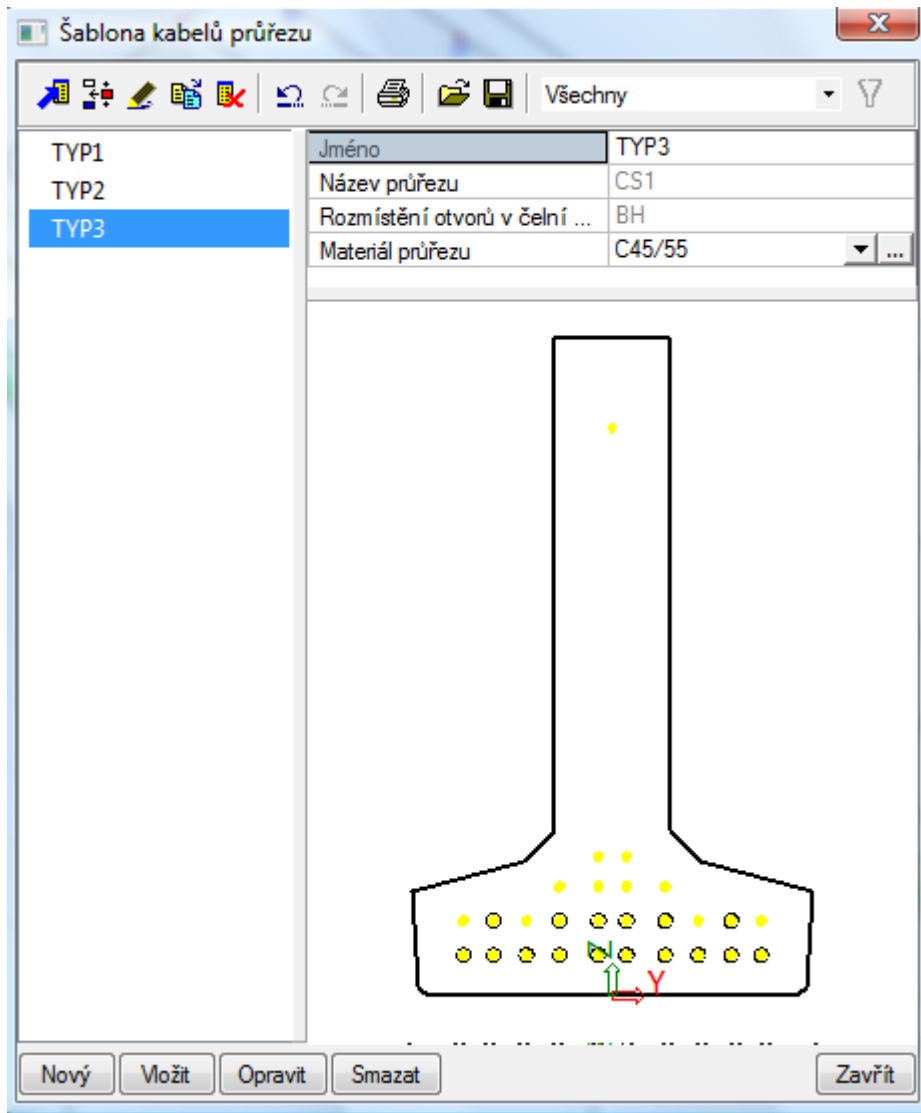
- L1 – kabel č.2, 4, 5, 6, 7, 9
- L2 – kabel č.1, 3, 8, 10
- L3 – kabel č. 12, 14, 15, 16, 17, 19

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.

Tímto způsobem jsme namodelovaly šablonu kabelů průřezu typu 3. Zbývající dvě šablony vytvoříme např. kopírováním a změnou vlastností. Vlastnosti přiřadíme dle 2.1.2.2.







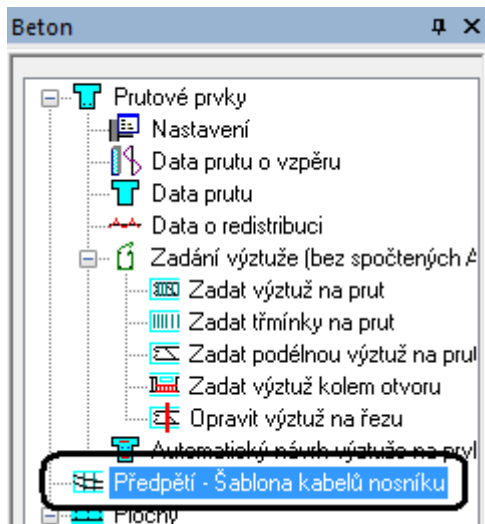
Jednotlivé typy přiřadíme prutům:

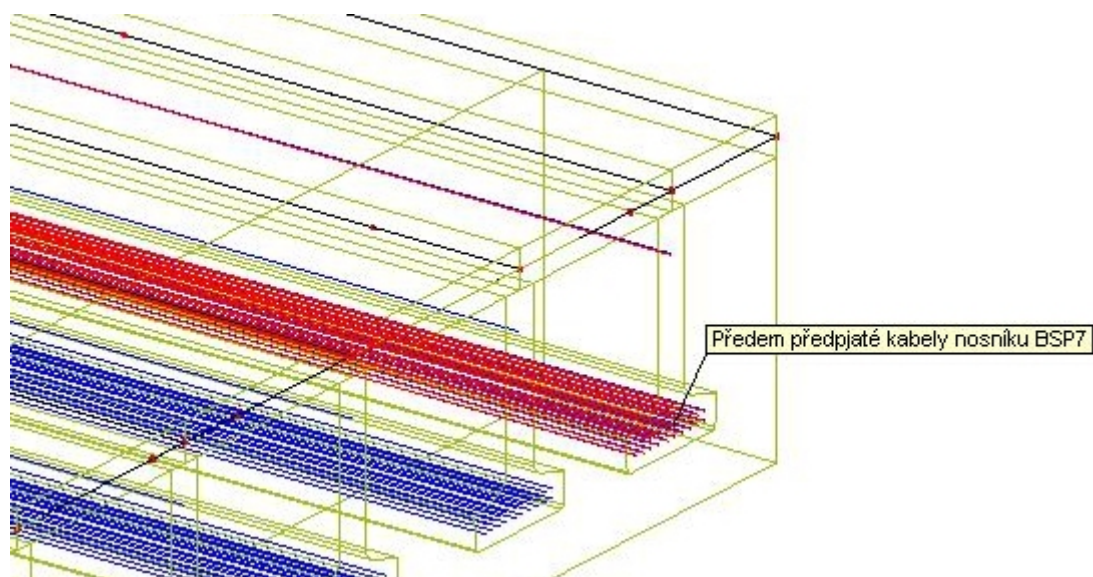
Typ 1 – nosník č. 1

Typ 2 – nosník č. 2 – 7

Typ 3 – nosník č. 8

Pomocí:






## 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	Nahodilá zatížení
1	Předepnutí nosníku+vybetonování nosníku + montážní (skladovací) podpory	
2	Vybetonování desky + příčnicku	
4	Změna uložení umístění na finalní podpory	
5	Ostatní stálé	
6	Uvedení do provozu	LM1
7	Životnot – 100 let	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. **Tento model není však typu rám XZ, proto zde neuplatníme účinky od reologických změn betonu v závislosti na čase.** Zde lze také nastavit součinitele zatížení pro stálá zatížení, předpětí a nahodilá zatížení.

Nastavení fází výstavby

Typ: Standard

<b>Součinitele zatížení</b>	
<b>Stálá (dlouhodobá) zatížení</b>	
Gama min	0,00
Gama max	1,00
<b>Předpětí</b>	
Gama min	0,00
Gama max	1,00
<b>Dlouhodobá složka nahodilého zatížení</b>	
Faktor Psi	0,30
<b>Výsledky</b>	
Jméno gener. kombinace (max)	F{O}-MAX
Jméno generované kombinace (min)	F{O}-MIN
Jméno gener. provozní kombinace	F{O}-SLS
Jméno gener. nomové kombinace	F{O}-{CODE}

OK Storno

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

Fáze výstavby

Všechny

ST1 - Předepnut...	Jméno	ST1
	Pořadí fáze	1
	Popis	Předepnutí + vybetonov...
	Poslední fáze výstavby	<input type="checkbox"/>
	<b>Stálá nebo dlouhod...</b>	
	Zatížení	LC1 - Vlastní tíha
	Gama min	0,00
	Gama max	1,00
	<b>Předpětí</b>	
	Zatížení	LC2 - Předpětí
	Typ generovaných kom...	Nomově nezávisle

Akce

Nahodilá zatížení >>>

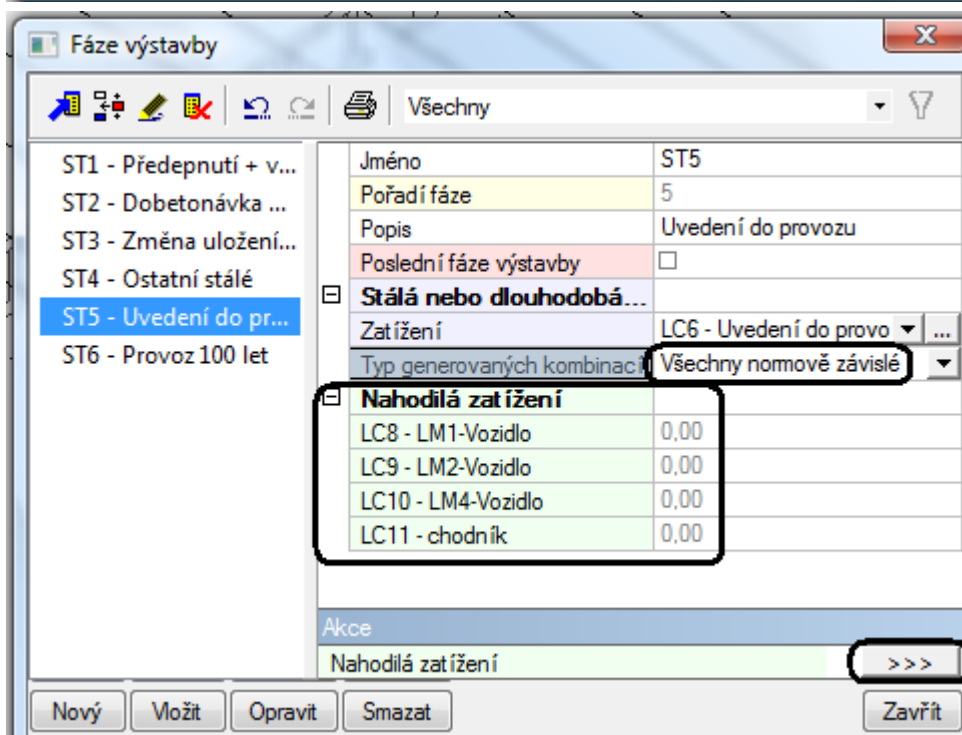
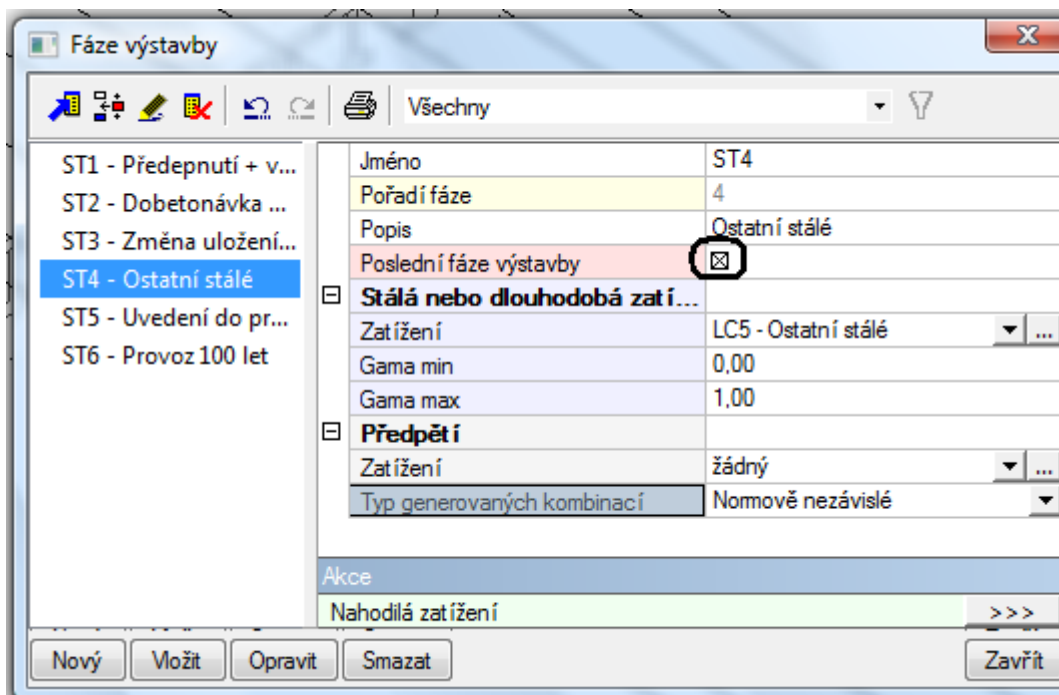
Nový Vložit Opravit Smazat Zavřít

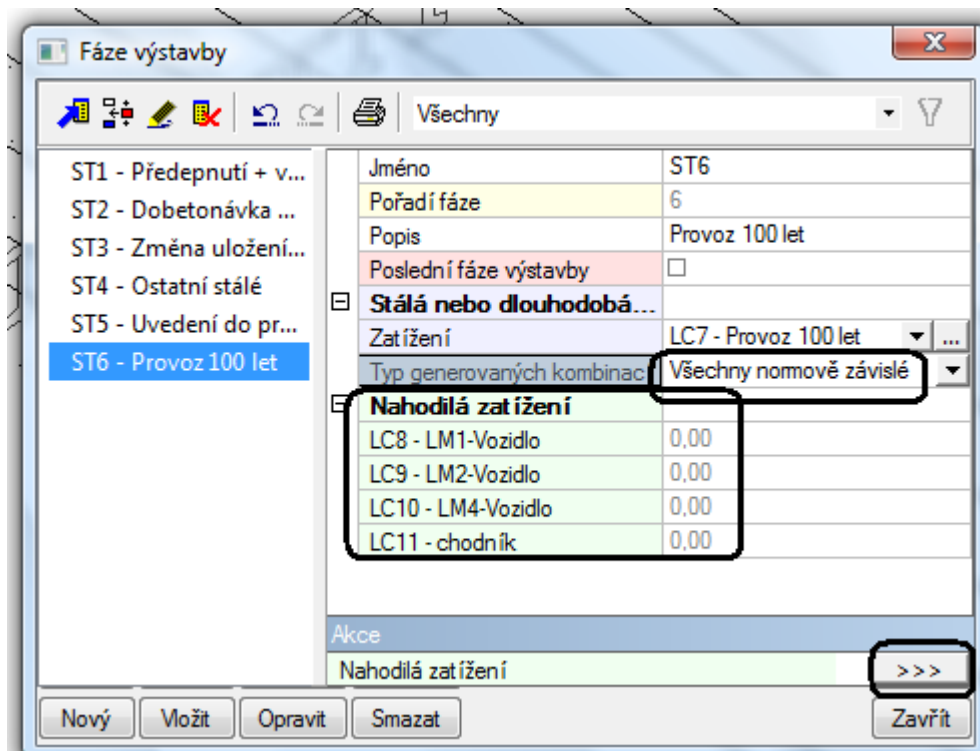
Obdobným způsobem nadefinujeme všechny fáze dle tabulky. V poslední fázi výstavby (zde fáze č.4 – Ostatní stálé, je nutno zatrhnout checkbox **Poslední fáze výstavby**.

Typ generovaných kombinací nastavíme u všech fází **Všechny normově závislé**.

*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**





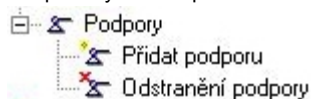
Nyní je třeba v jednotlivých fázích definovat průběh vzniku konstrukce.

#### **Fáze č.1 – Vybetonování nosníku**

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.



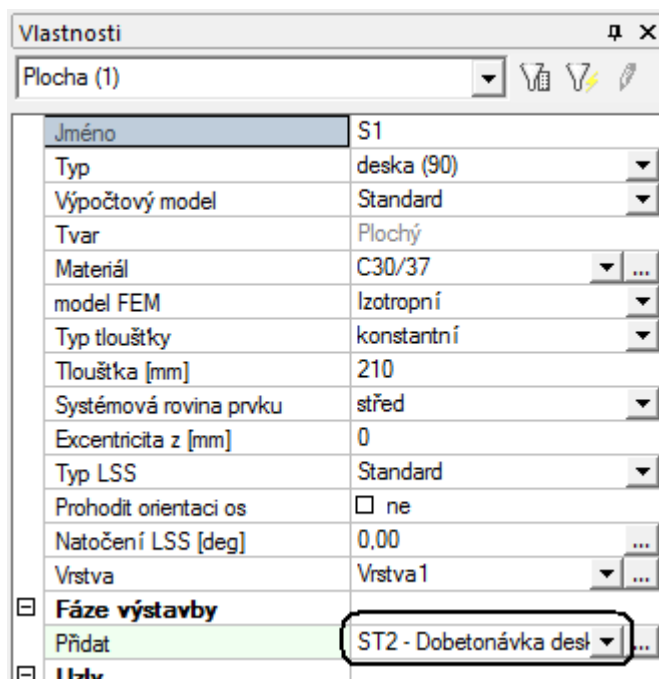
Podporu vytvoříme příkazem **Podpory > Přidat podporu** a kliknutím na požadovanou podporu (v této fázi na montážní podporu vzdálenou 3,0 m od konců nosníku).



#### **Fáze č.2 – Betonáž desky**

V této fázi se na daný nosník vybetonuje spřažená deska. Tato akce se vytvoří vybráním desky a v okně **Vlastností** se v části **Fáze výstavby > Přidat** vybere fáze výstavby **ST2 – Dobetonávka desky**. V této fázi také vzniknou krajní příčnický, které vytvoříme příkazem **Přidat prvek**.





### **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 3,0 m od konců a zadat novou vzdálenou 0,9 m. Podpora se odstraní příkazem **Podpory > Odstranění podpory** a kliknutím na příslušnou podporu, nová se vytvoří obdobně jako ve **fázi č. 1**.

Poznámka – Grafické zbarvení jednotlivých částí pro přehlednější orientaci.

**Zelená** – části, které v aktuální fázi právě vznikají

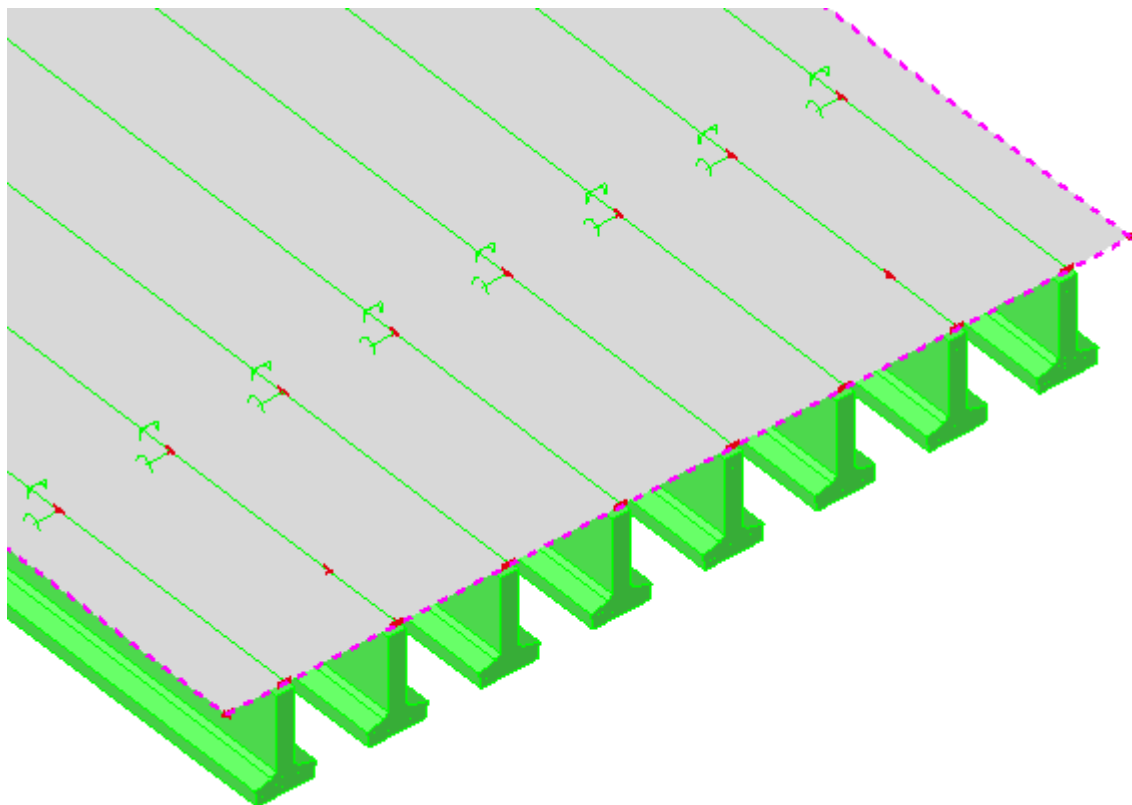
**Žlutá** – části, které vznikly již dříve (před aktuální fází)

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

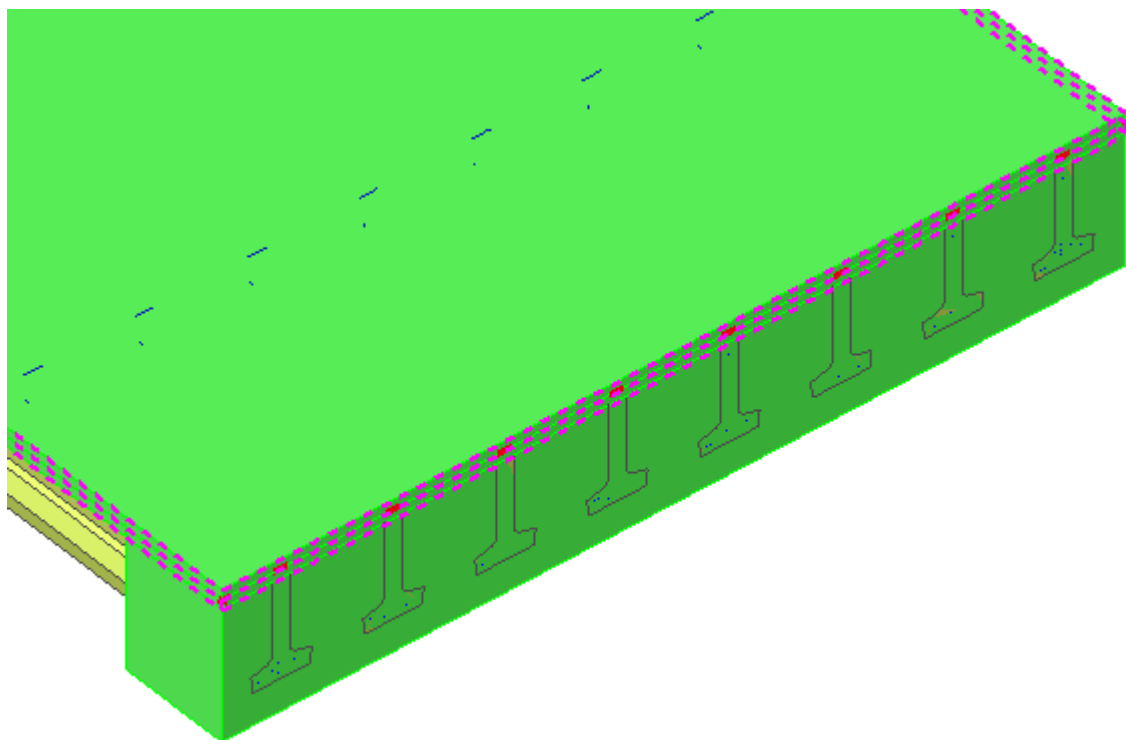
**Červená** – části, které byly v aktuální fázi odebrány

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

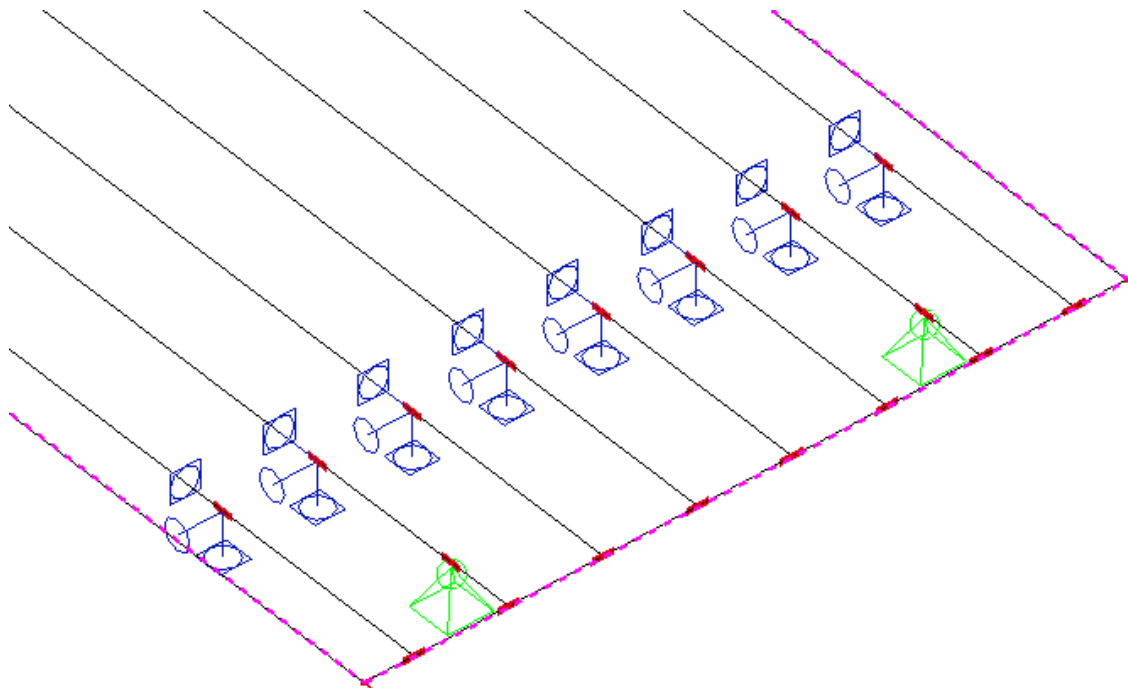
Fáze č.1 – Vybetonování nosníku + předpětí



Fáze č.2 – Betonáž desky + příčníků



Fáze č.3 – Změna uložení



Program vygeneruje po výpočtu fází výstavby kombinace zatěžovacích stavů pro mezní stavy únosnosti a použitelnosti pro jednotlivé fáze výstavby dle EC-EN. Názvy generovaných kombinací lze přednastavit v okně **Nastavení pro fáze výstavby > Výsledky**

**Nastavení fází výstavby**

Typ	Standard
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Součinitele zatížení</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Stálá (dlouhodobá) zatížení</b>	
Gama min	0,00
Gama max	1,00
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Předpětí</b>	
Gama min	0,00
Gama max	1,00
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Dlouhodobá složka nahodilého zatížení</b>	
Faktor Psi	0,30
<input checked="" type="checkbox"/> <b>Výsledky</b>	
Jméno gener. kombinace (max)	F{O}-MAX
Jméno generované kombinace (min)	F{O}-MIN
Jméno gener. provozní kombinace	F{O}-SLS
Jméno gener. normové kombinace	F{O}-{CODE}

OK Storno

*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.*

Kontrola fází:

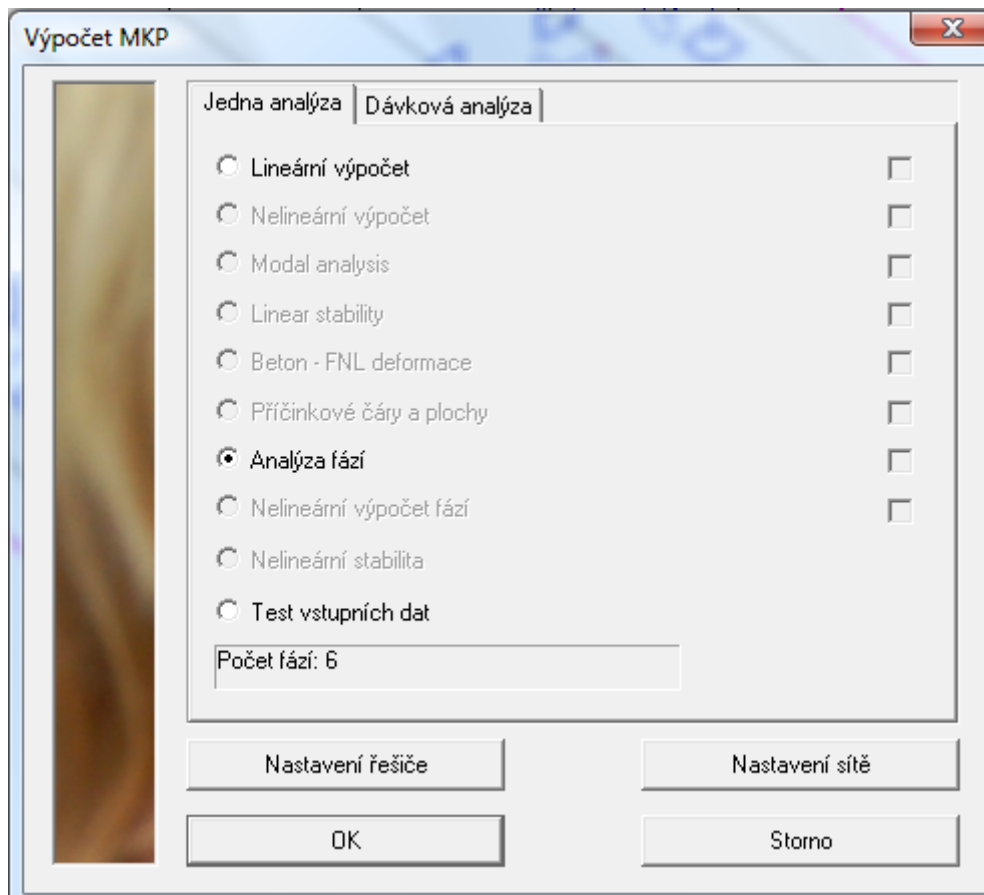
### Fáze výstavby

Jméno	Popis	Poslední fáze výstavby	Stálá nebo dlouhodobá zatížení	Předpětí	Typ generovaných kombinací	Nahodilá zatížení	Stálá nebo dlouhodobá zatížení	Pořadí fáze
ST1	Předepnutí + vybetonování nosníku + montážní (skladovací) podpory	x	LC1 - Vlastní tíha	LC2 - Předpětí	Normově nezávislé		LC1 - Vlastní tíha	1
ST2	Dobetonávka desky+příčníků	x	LC3 - Vlastní tíha desky + příčniku LC4 - Změna uložení	žádný	Normově nezávislé		LC3 - Vlastní tíha desky + příčniku LC4 - Změna uložení	2
ST3	Změna uložení umístění na funální podpory	x	LC5 - Ostatní stálé	žádný	Normově nezávislé		LC5 - Ostatní stálé	3
ST4	Ostatní stálé	✓	LC6 - Uvedení do provozu	žádný	Normově nezávislé		LC6 - Uvedení do provozu	4
ST5	Uvedení do provozu	x	LC7 - Provoz 100 let		Všechny normově závislé	LC8 - LM1-Vozidlo LC9 - LM2-Vozidlo LC10 - LM4-Vozidlo LC11 - chodník	LC7 - Provoz 100 let	5
ST6	Provoz 100 let	x			Všechny normově závislé	LC8 - LM1-Vozidlo LC9 - LM2-Vozidlo LC10 - LM4-Vozidlo LC11 - chodník		6

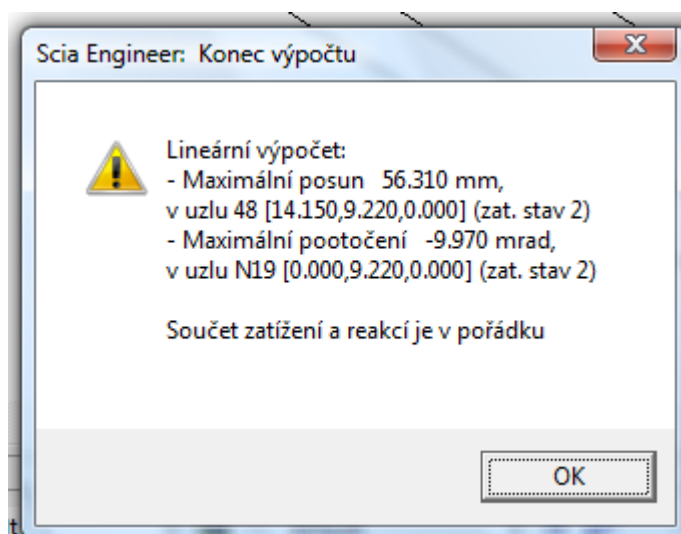
## 4. Výpočet a vyhodnocení výsledků

### 4.1 Výpočet

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

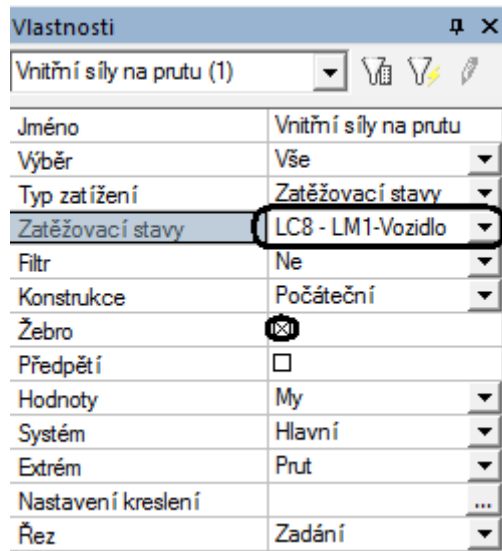


Program výpočet ukončí následující hláškou



## 4.1 Vnitřní síly od nahodilého zatížení

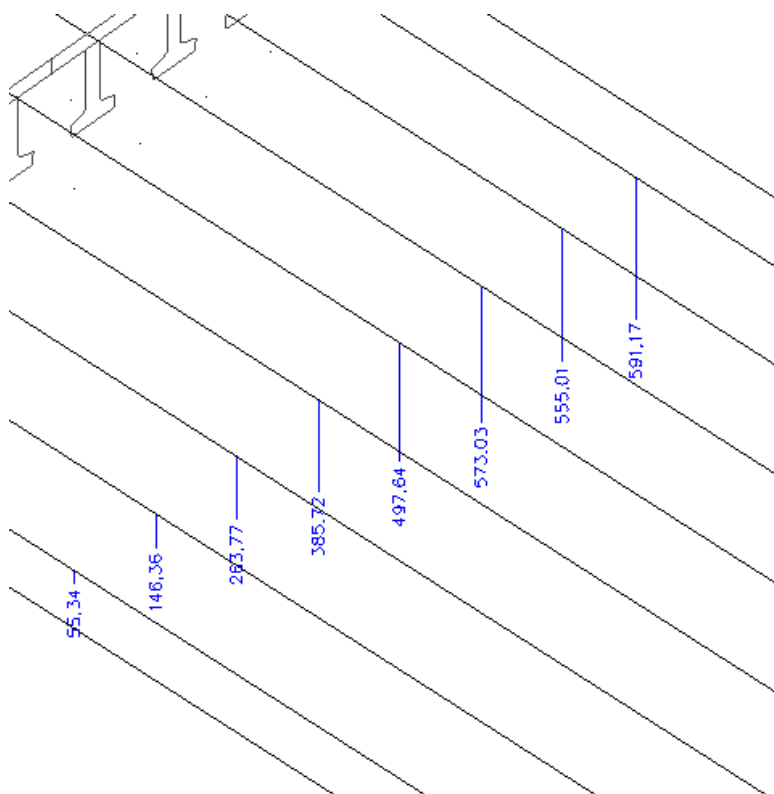
Nyní budeme vyhodnocovat vnitřní síly od nahodilého zatížení na krajním nosníku. Vnitřní síly od jednotlivých zatížení lze prohlížet v menu **Výsledky > Nosníky > Vnitřní síly na prutech**. V okně vlastností se nastaví požadovaná třída výsledků, kombinace nebo jen zatěžovací stav pro, který se má vykreslit zvolená složka vnitřních sil. Zde byla vybrána složka vnitřních sil **My** pro LC8, LC9, LC10. Jelikož jsme modelovali desku s žebry, musíme ve výsledcích zatrhnout volbu **žebro**, abychom dostali vnitřní síly na žebrech a pro výpočet vnitřních sil vzhledem k předpínacím kabelům taky volbu **předpětí**.



Pro přehlednější zobrazení zadáme v položce **Řez** volbu **Zadání**. Budou se vykreslovat vnitřní síly jen v námi předem zvolených řezech.

### LC8 – Model LM1

Na následujícím obrázku jsou vidět velikosti jednotlivých momentů od zatížení LM1 při postavení v extrémní poloze vůči krajnímu nosníku.



Vlastnosti

Vnitřní síly na prutu (1)

Jméno	Vnitřní síly na prutu
Výběr	Vše
Typ zatížení	Zatěžovací stavy
Zatěžovací stavy	LC8 - LM1-Vozidlo
Filtr	Ne
Konstrukce	Počáteční
Žebro	<input checked="" type="checkbox"/>
Předpětí	<input type="checkbox"/>
Hodnoty	My
Systém	Hlavní
Extrém	Prut
Nastavení kreslení	...
Řez	Zadání

## Vnitřní síly na prutu

Lineární výpočet, Extrém : Prut, Systém : Hlavní, Žebro

Výběr : Vše

Zatěžovací stavy : LC8

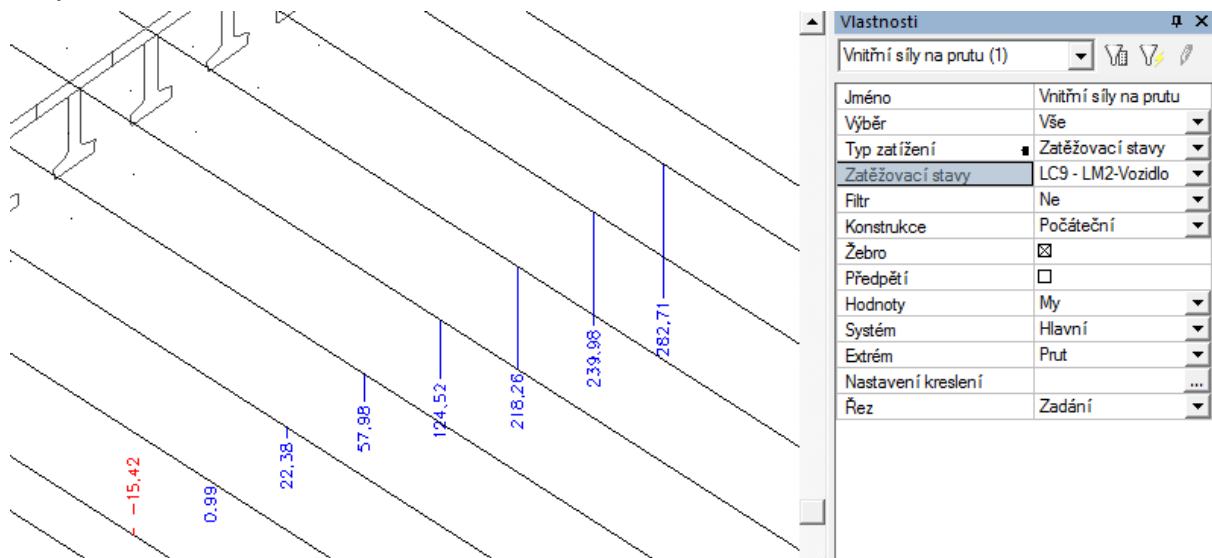
Procento  
pořadnice

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



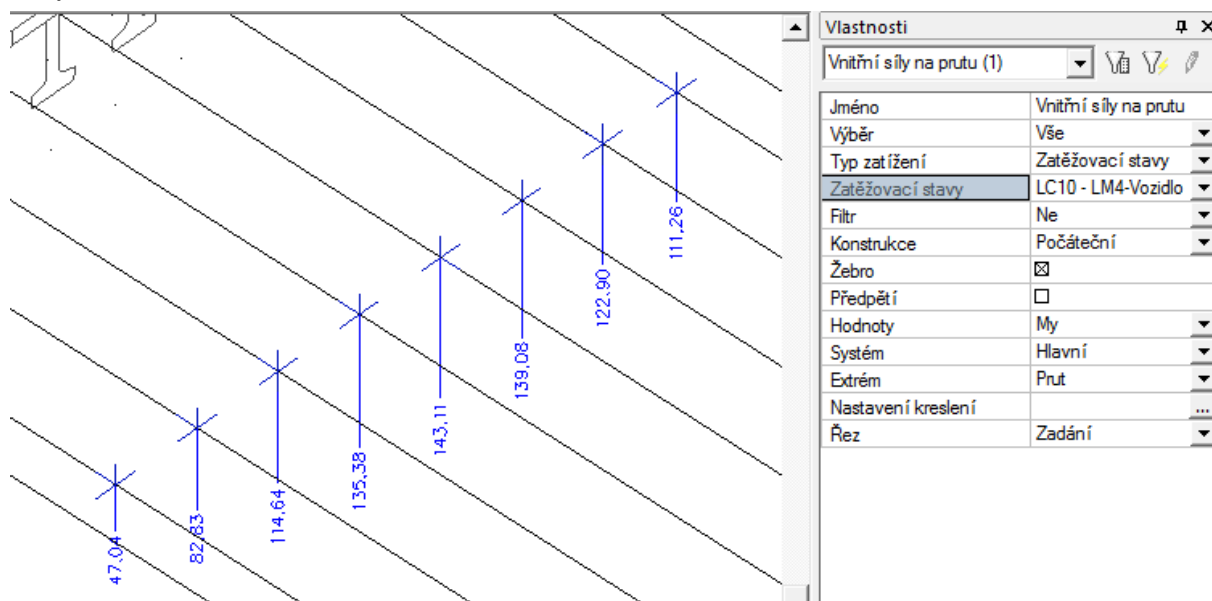
### LC9 – Model LM2

Na následujícím obrázku jsou vidět velikosti jednotlivých momentů od zatížení LM2 při postavení v extrémní poloze vůči krajnímu nosníku.



### LC10 – Model LM4

Na následujícím obrázku jsou vidět velikosti jednotlivých momentů od zatížení LM4 při postavení v extrémní poloze vůči krajnímu nosníku



## 5. Závěr

Z předešlých výsledků je vidět, že největší účinek na krajní nosník je od zatížení modelem LM1 **My=591 kNm**, proto procentuální hodnotu z tohoto zatížení (19,3% z LM1) aplikujeme na prutový model v podobě nahodilého zatížení.