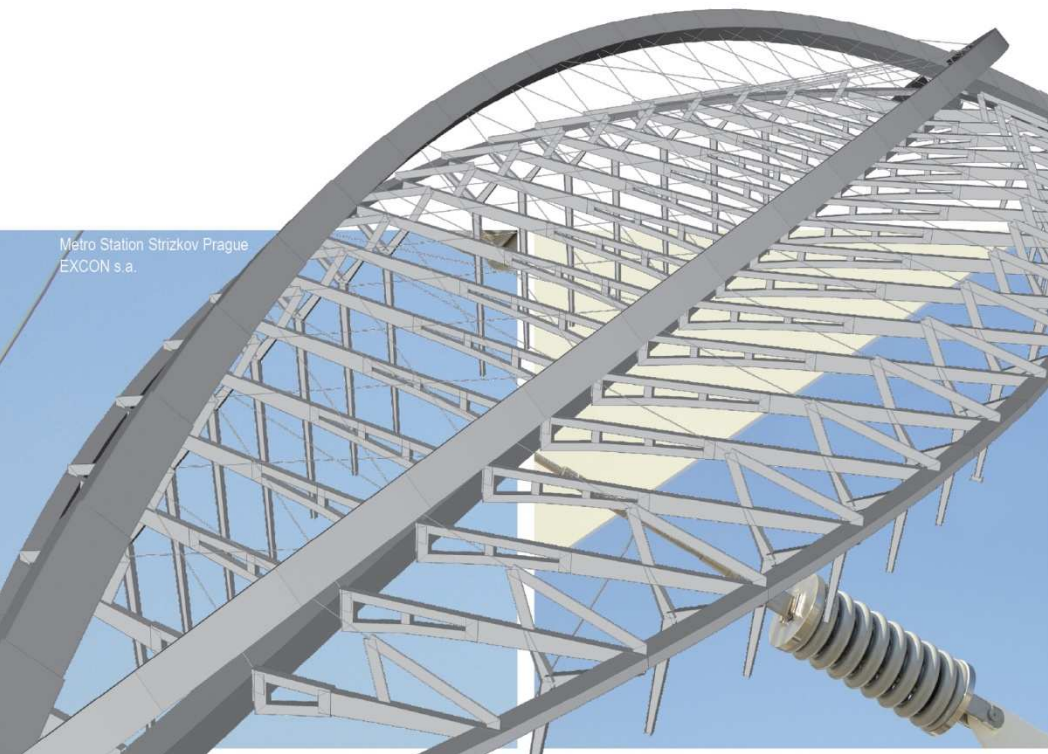
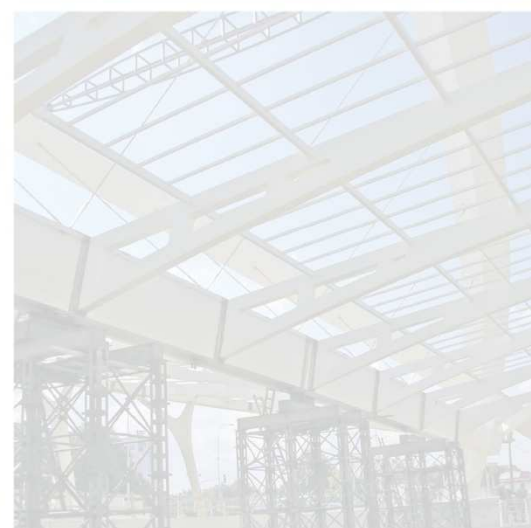


Metro Station Strizkov Prague
EXCON s.a.



Školení

Předpjatý beton, fáze výstavby,
posudky betonových konstrukcí



Všechny informace uvedené v tomto dokumentu mohou být změněny bez předchozího upozornění. Žádnou část tohoto dokumentu není dovoleno reprodukovat, uložit do databáze nebo systému pro načítání ani publikovat, a to v žádné podobě a žádným způsobem, elektronicky, mechanicky, tiskem, fotografickou cestou, na mikrofilmu ani jinými prostředky bez předchozího písemného souhlasu vydavatele. Firma Scia nezodpovídá za žádné přímé ani nepřímé škody vzniklé v důsledku nepřesností v dokumentaci nebo software.

© Copyright 2011 Scia Group nv. Všechna práva vyhrazena.

Translated from English original by: Jiří Podval (email: j.podval@scia.cz)

Obsah

1	Dodatečně předpjatý most – školící tutorial	5
	1.1 Nastavení projektu.....	5
	1.2 Národní dodatek	6
2	Model.....	9
	2.1 Konstrukce	9
	2.1.1 Průřezy.....	9
	2.1.2 Nosníky	12
	2.1.3 Podpory.....	14
	2.1.4 Předpětí.....	14
	2.2 Zatížení.....	23
	2.2.1 Zatěžovací stavy	23
	2.2.2 Zatížení	23
3	Fáze výstavby	26
	3.1 Nastavení nosníku pro fáze výstavby.....	31
	3.2 Automatický výpočet subintervalů	33
4	Pohyblivá zatížení	35
	4.1 Příprava pohyblivých zatížení v SEn	36
	4.1.1 Skupina zatížení	36
	4.1.2 Dopravní pruh	36
	4.1.3 Jednotková zatížení.....	37
	4.1.4 Databáze zatěžovacích soustav	37
	4.2 Nastavení pro generované zatěžovací stavy	38
	4.3 Definice fází výstavby	39
	4.4 Vyhodnocení pohyblivých zatížení - obálky	42
5	Knihovna pojmenovaných položek.....	43
	5.1 Pojmenovaná vlákna	43
	5.2 Pojmenované části průřezu.....	45
	5.3 Pojmenované řezy	46
	5.3.1 Pro obecný průřez.....	46
	5.3.2 Pro katalogové průřezy	47
	5.4 Pojmenované spáry.....	48
6	Analýza.....	50
	6.1 Lineární výpočet	50
	6.2 Analýza fází (TDA EN 1992-1-1).....	50
	6.3 Analýza fází (TDA EN 1992-2)	51
7	Posudek předpjatého betonu podle EN 1992-1-1	53
	7.1 Nastavení betonu	53
	7.1.1 Posudek ve vybraných řezech.....	54
	7.1.2 Plocha betonu oslabená betonářskou výztuží	55
	7.1.3 Plocha betonu oslabená předpjatou výztuží	55
	7.1.4 Varování a chyby	56
	7.2 Posudek konstrukce, posudek prvku	56
	7.2.1 Posudek konstrukce.....	56
	7.2.2 Posudek prvku	58
	7.2.3 Posudek v pojmenovaných položkách.....	59
	7.2.4 Průřezové charakteristiky.....	59
	7.2.5 Nepočítané vnitřní síly	61
	7.3 MSP – posudky betonu	63
	7.3.1 Omezení trhlin.....	63
	7.3.2 Posouzení dovolených namáhání.....	63

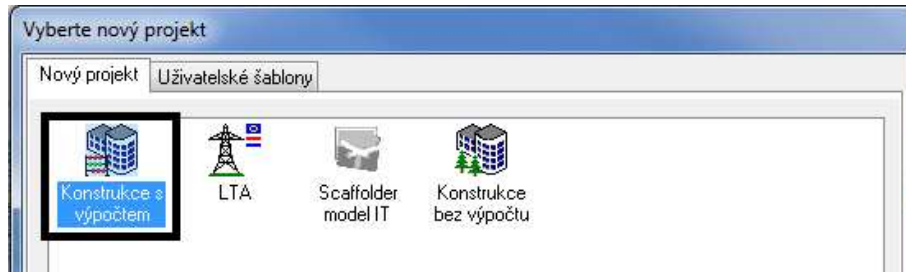
7.3.3	Posudek předpínací výztuže.....	67
7.4	MPÚ – posouzení předpjatého betonu	69
7.4.1	Metoda mezních přetvoření	69
7.4.2	Interakční diagram	70
7.4.3	Posouzení smyku.....	73
7.4.4	Posouzení kroucení	74
7.4.5	Posouzení dovolených hlavních tahů	75
8	Literatura.....	79

1 Dodatečně předpjatý most – školící tutorial

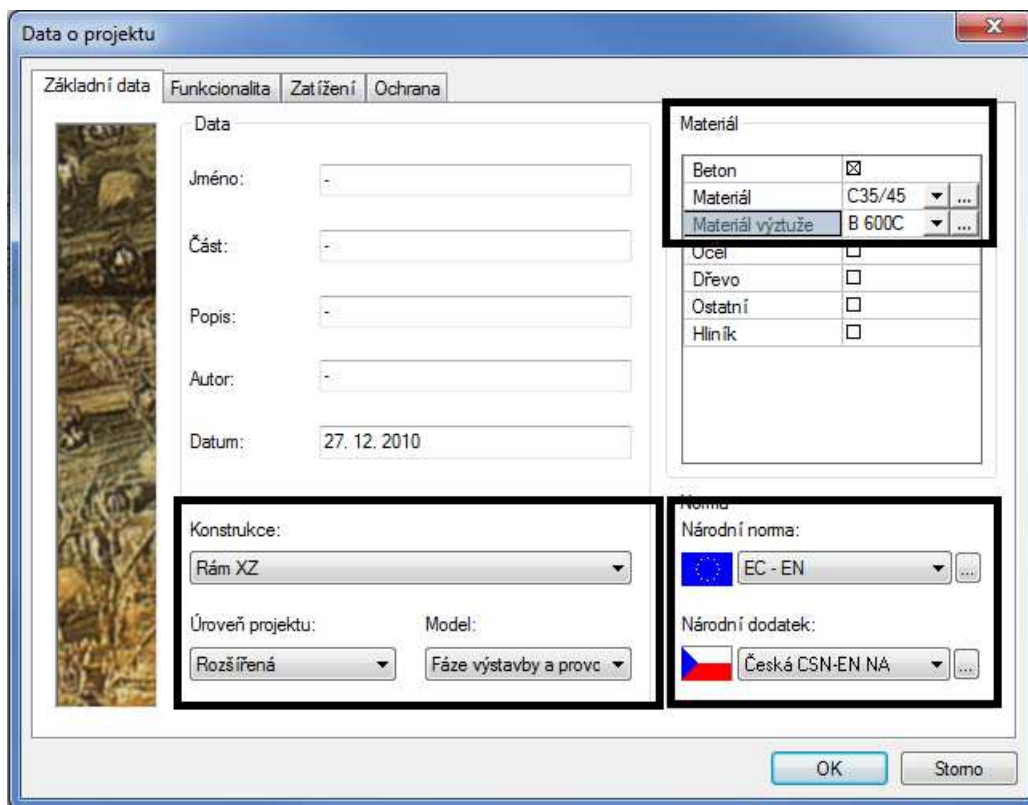
Tento dokument popisuje typický dodatečně předpínaný betonový most stavěný po jednotlivých fázích. Zatížení dopravou je převzato z EN1991-2 s hledem na EN1990/A1. Normové posudky jsou prováděny podle EN1992-1-1.

1.1 Nastavení projektu

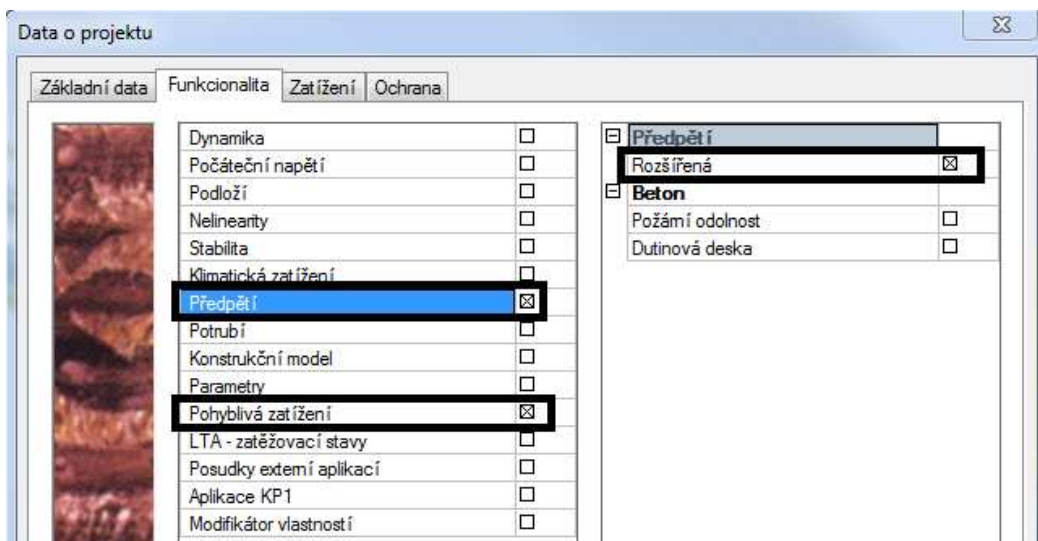
Nový projekt je vytvořen pomocí tlačítka **Nový** a výběrem **Konstrukce s výpočtem**.



Nastavení projektu je nutné specifikovat v **Datech o projektu**. Pro časově závislou analýzu (TDA) je třeba vybrat typ konstrukce **Rám XZ**, jedině tento typ by měl být analyzován pomocí TDA! Měl by být vybrán také alespoň jeden materiál – zvolíme **beton**. Pokud je vybrán beton jako jeden z materiálů, automaticky se objeví i položka pro zadání výztuže (nepředpínací). Doporučujeme používat Úroveň projektu - **Rozšířená**. V nabídce pro model je třeba vybrat možnost **Fáze výstavby a provozu**, když chceme počítat konstrukci stavěnou po etapách. Normu projektu nastavíme na **EC-EN**. Každá země pak má k dispozici svou národní přílohu.



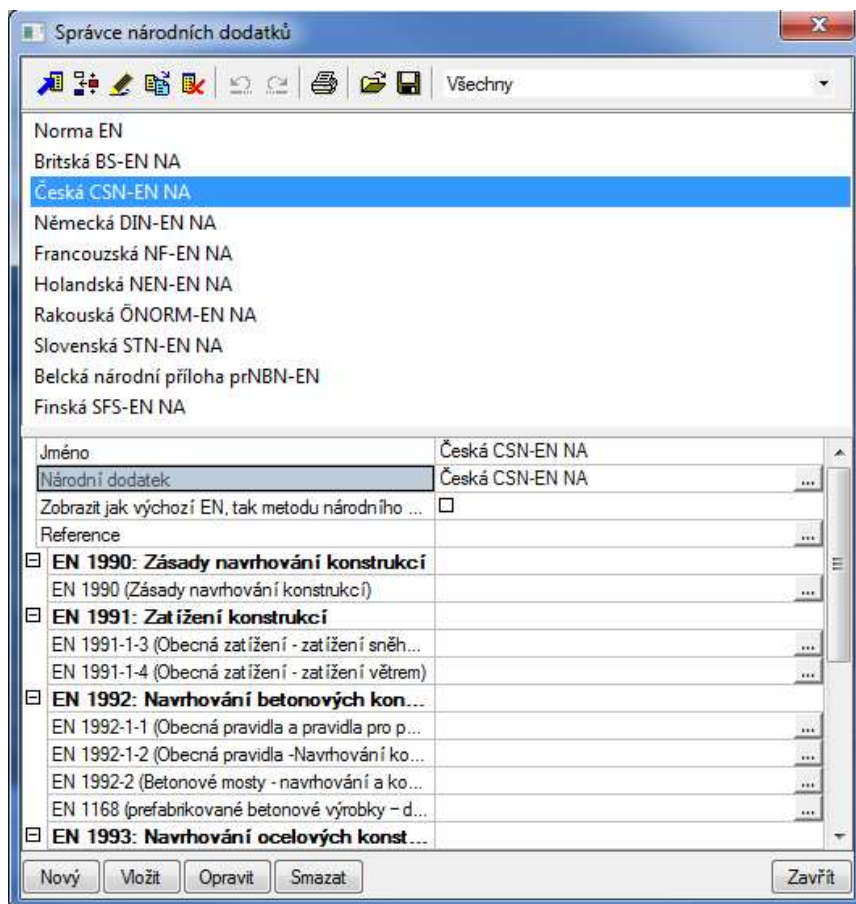
Mezi funkcionalitami je třeba zaškrtnout **Předpětí**, tím se objeví vpravo nová podkapitola, kde je vhodné zaškrtnout i rozšířenou nabídku. Pro analýzu s použitím pohyblivých zatížení musíme mít aktivovanu a příslušnou funkcionalitu **Pohyblivá zatížení**.



1.2 Národní dodatek

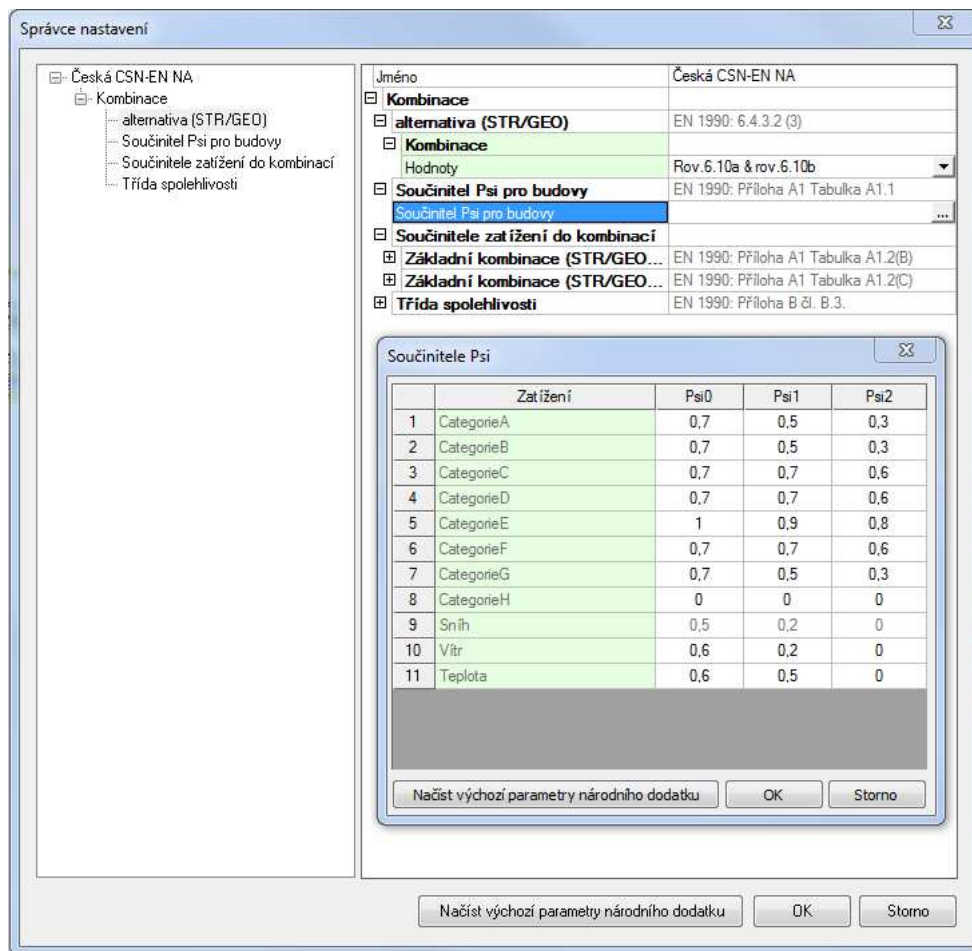
Jako základní normu pro výpočet a posudky jsme zvolili **EC-EN**. Každá země má k eurokódu svůj národní dodatek, ten lze nastavit hned pod výběrem normy. Od verze 2010.1 jsou všechny potřebné dodatky implementovány do programu a uživateli stačí si vybrat příslušnou zemi bez nutnosti ručně zadávat veškeré hodnoty specifikované tím kterým státem.

Pokud uživatel otevře správce nastavení, může definovat několik dalších národních příloh, klidně svých vlastních. Sada národních dodatků se chová jako knihovna, tzn. může být ukládána, načítána, posílána atd.

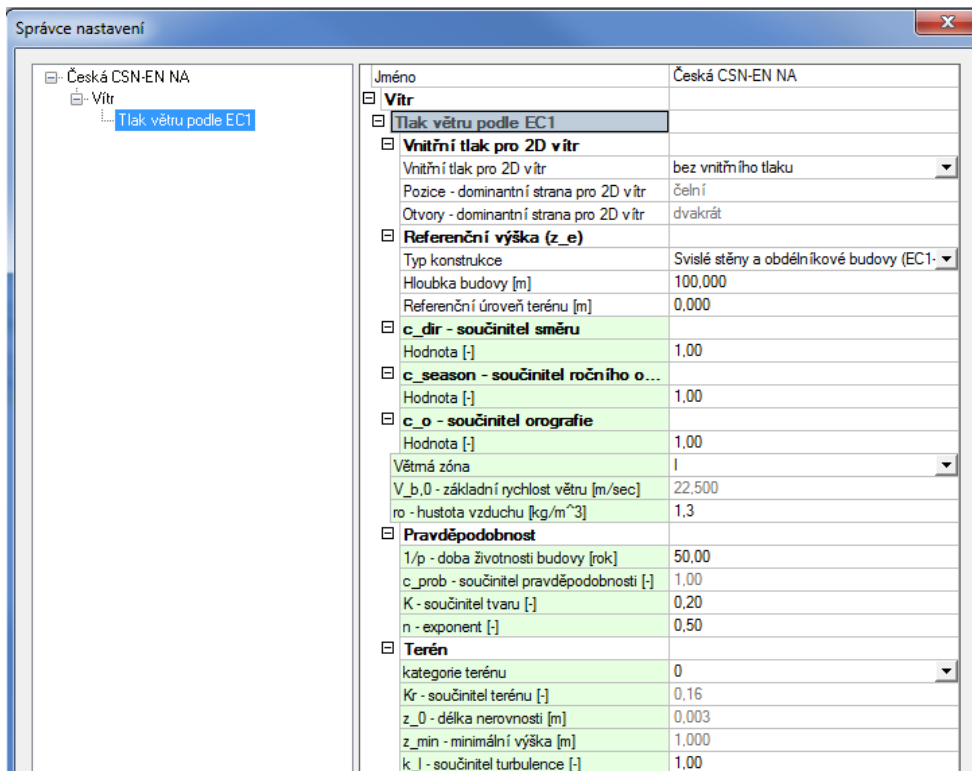


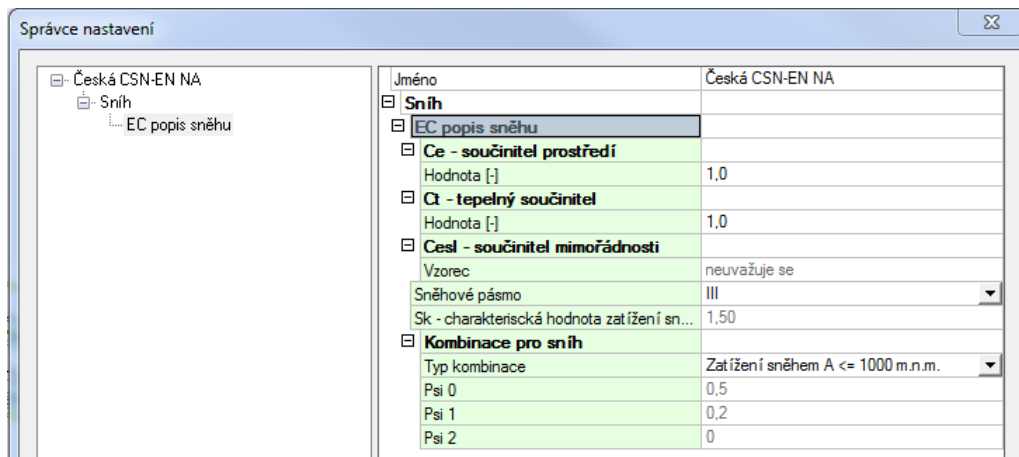
Každý národní dodatek má své vlastní hodnoty určitých parametrů. Tyto hodnoty lze případně měnit. Hodnoty jsou rozděleny do jednotlivých kapitol podle příslušné části normy. Na následujících obrázcích jsou ukázány nejdůležitější eurokódy:

- Národní aplikační dokument pro EN1990 – Základy navrhování konstrukcí

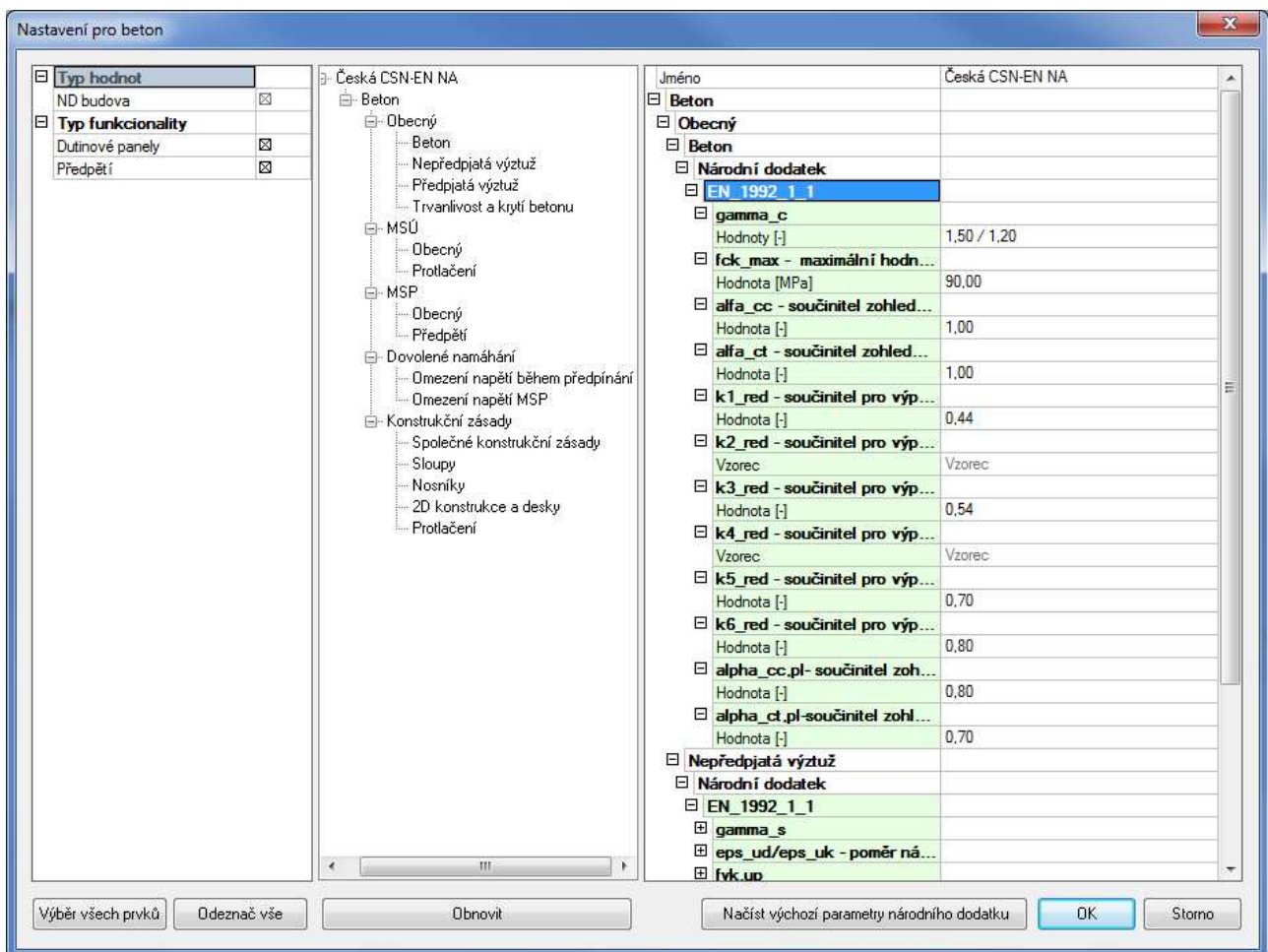


- Národní aplikační dokument pro EN1991 – Zatížení konstrukcí





- Národní aplikační dokument pro EN1992 – Navrhování betonových konstrukcí

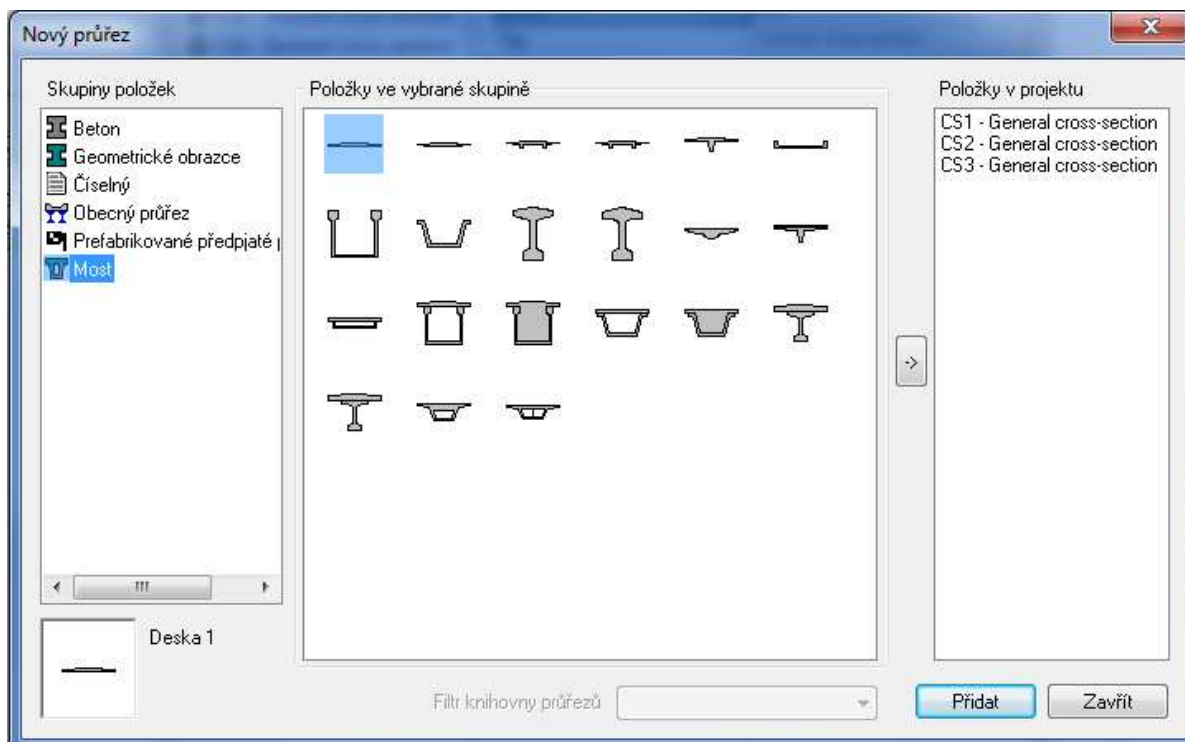


2 Model

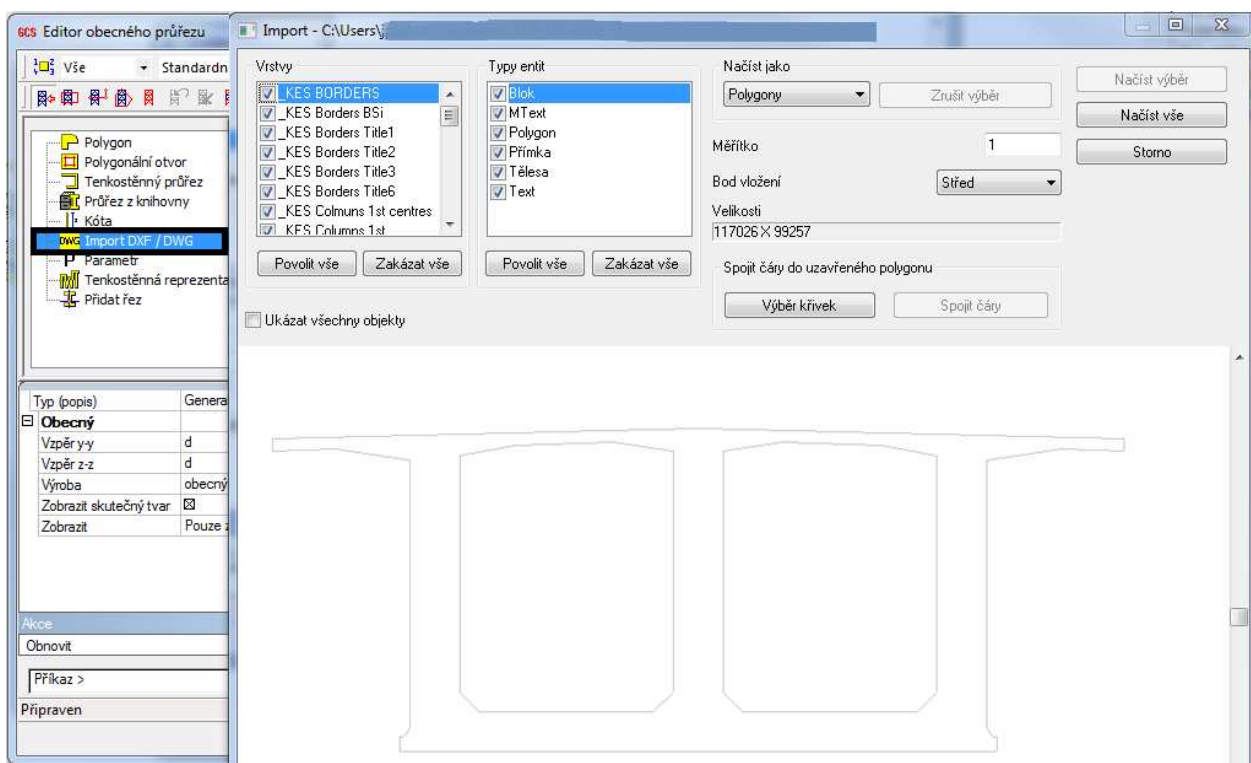
2.1 Konstrukce

2.1.1 Průřezy

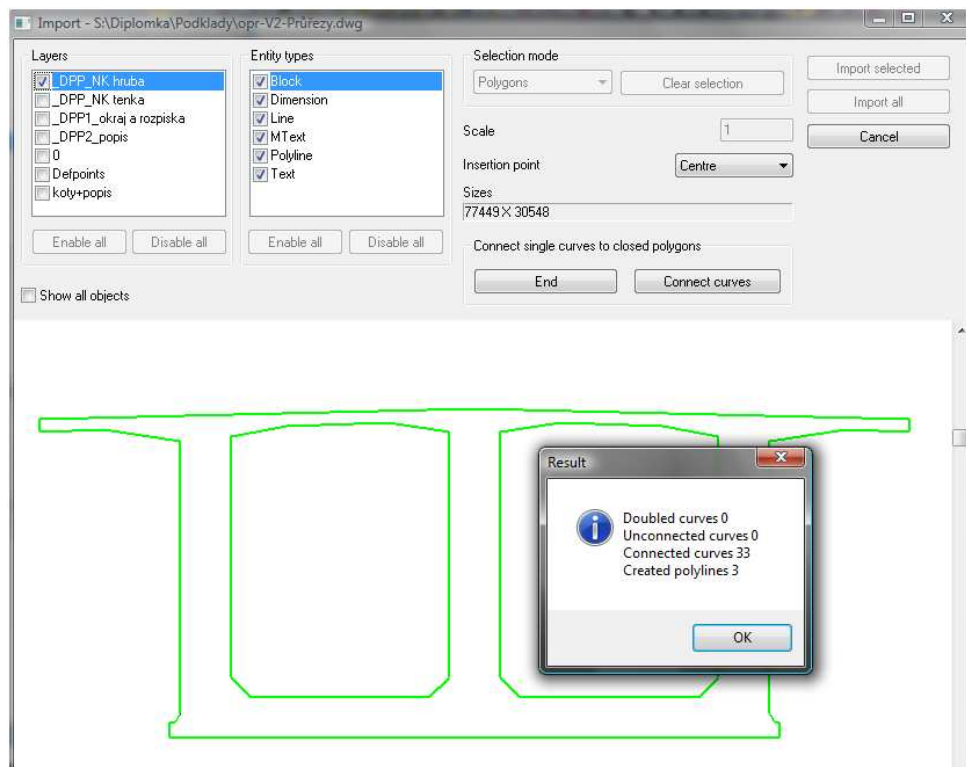
Konstrukci zadáváme pomocí standardních postupů programu Scia Engineer (SEn). Průřezy jsou definovány v knihovně průřezů pomocí tlačítka **Nový**. Knihovna obsahuje několik předdefinovaných tvarů pro **Prefabrikované** průřezy a **Mostní** profily.



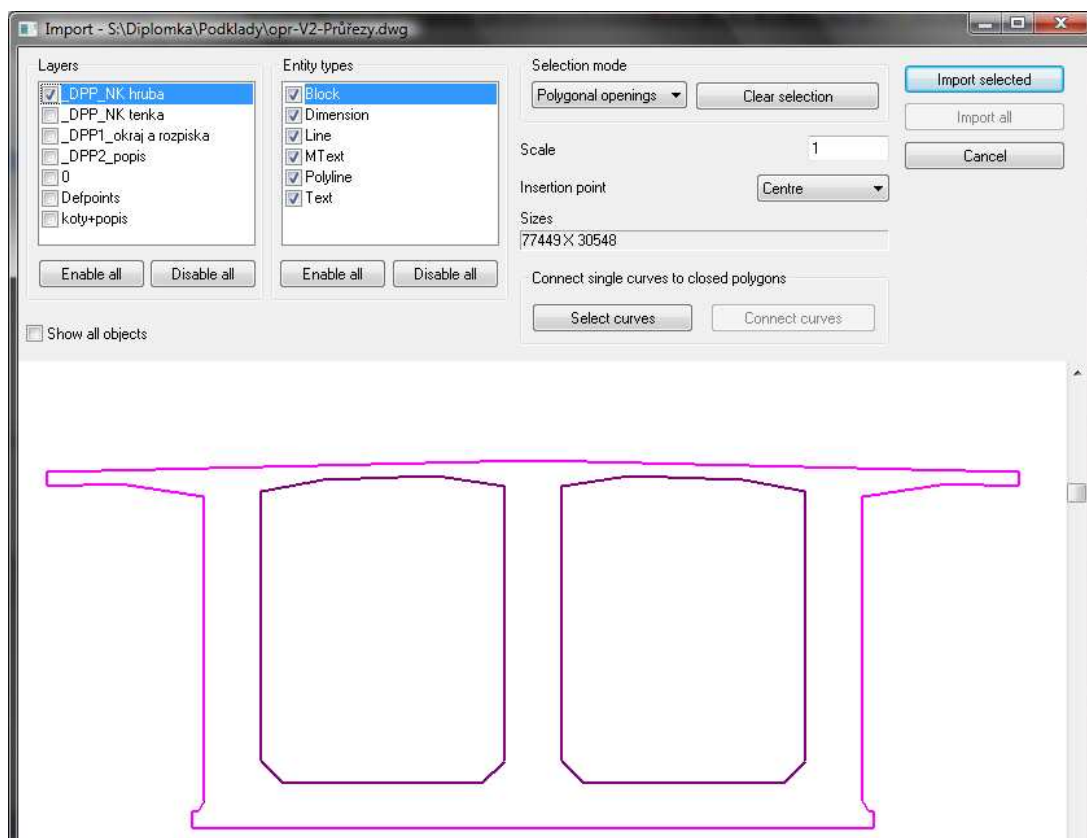
Obecný průřez umožňuje uživateli vytvářet úplně nové a odlišné průřezy. Jejich tvar určujeme pomocí polygonů přímo v programu nebo načtením DWG nebo DXF formátu.

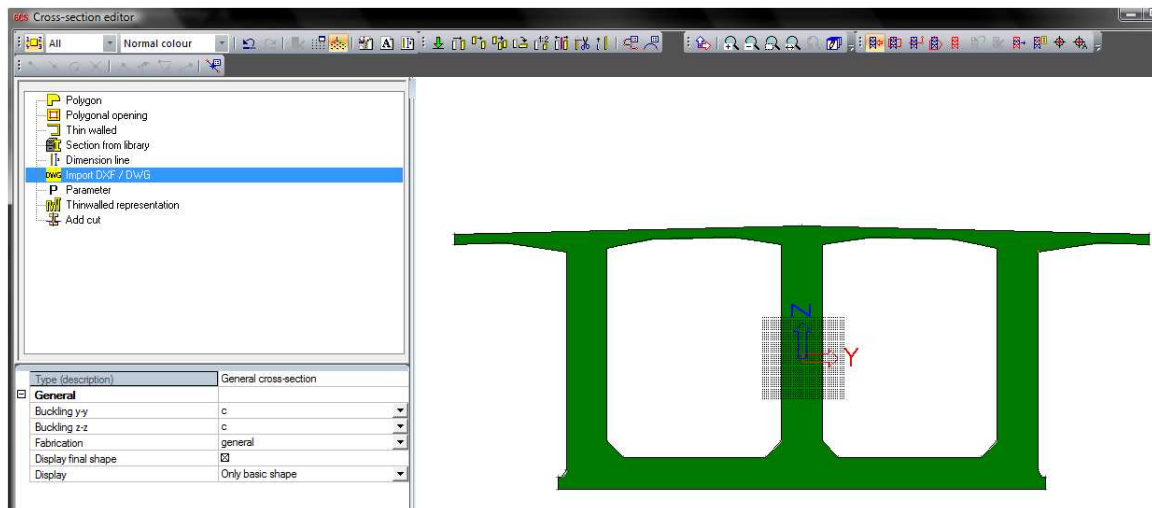


Průřez ve formátu výkresu musí být vytvořen pomocí čar nebo spojitých křivek. Nejdříve je nutné spojit všechny křivky (**Výběr křivek > Spojit čáry**).

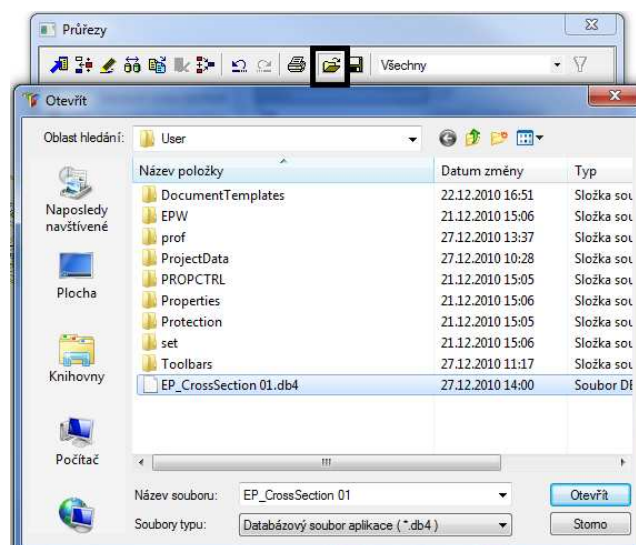


Při načítání průřezu z výkresu je třeba vybrat správně polygony a polygonální otvory. Nejprve zvolíme Načíst jako > Polygony a vybereme vnější křivky. Poté změníme volbu na Polygonální otvory a vybereme křivky reprezentující otvory. Teprve následně může být výkres načten do SEn jako obecný průřez.

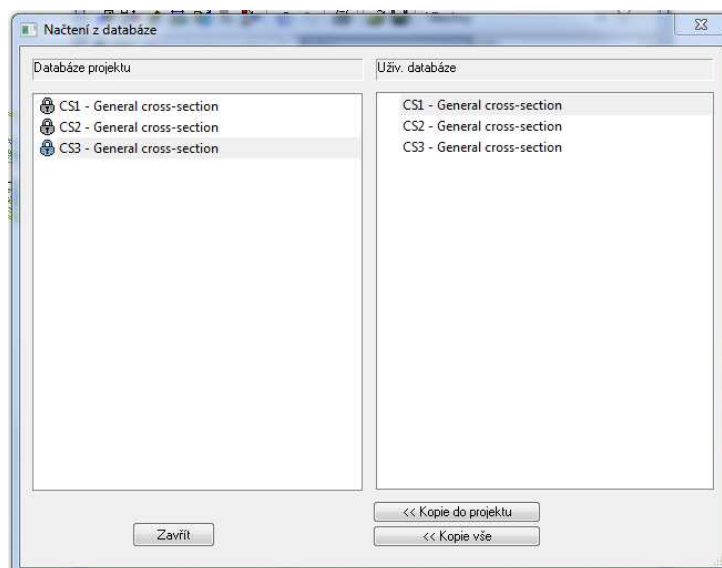




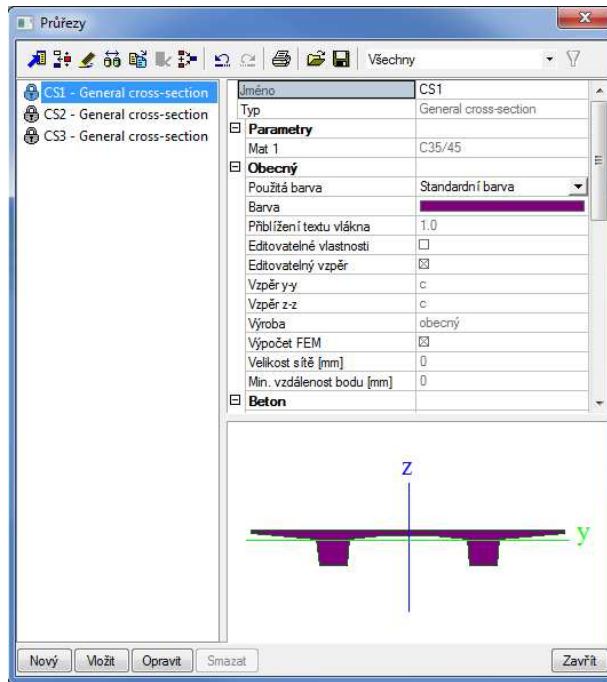
Průřezy mohou být také načteny z podobného, dříve vytvořeného projektu SEN.



Načíst lze všechny, nebo jen některé z průřezů dané databáze.

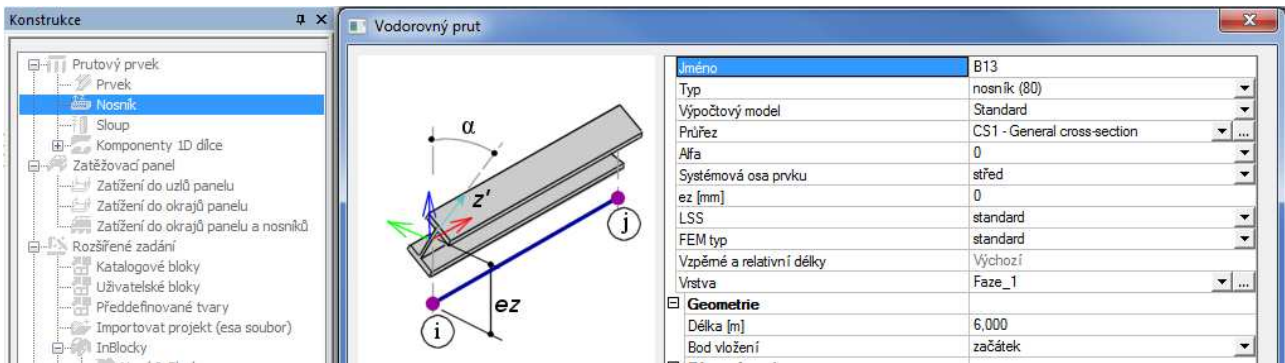


Dialogové okno Průřezy vypadá potom následovně:



2.1.2 Nosníky

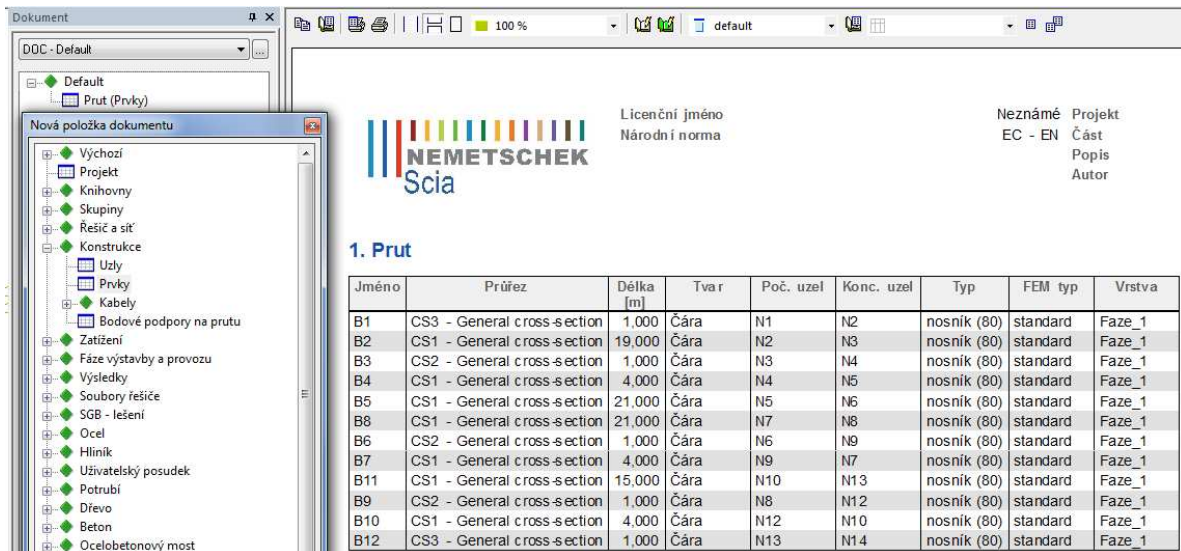
Nosníky zadáváme v servisu **Konstrukce** > **Prutový prvek** > **Nosník** pomocí následujících parametrů:



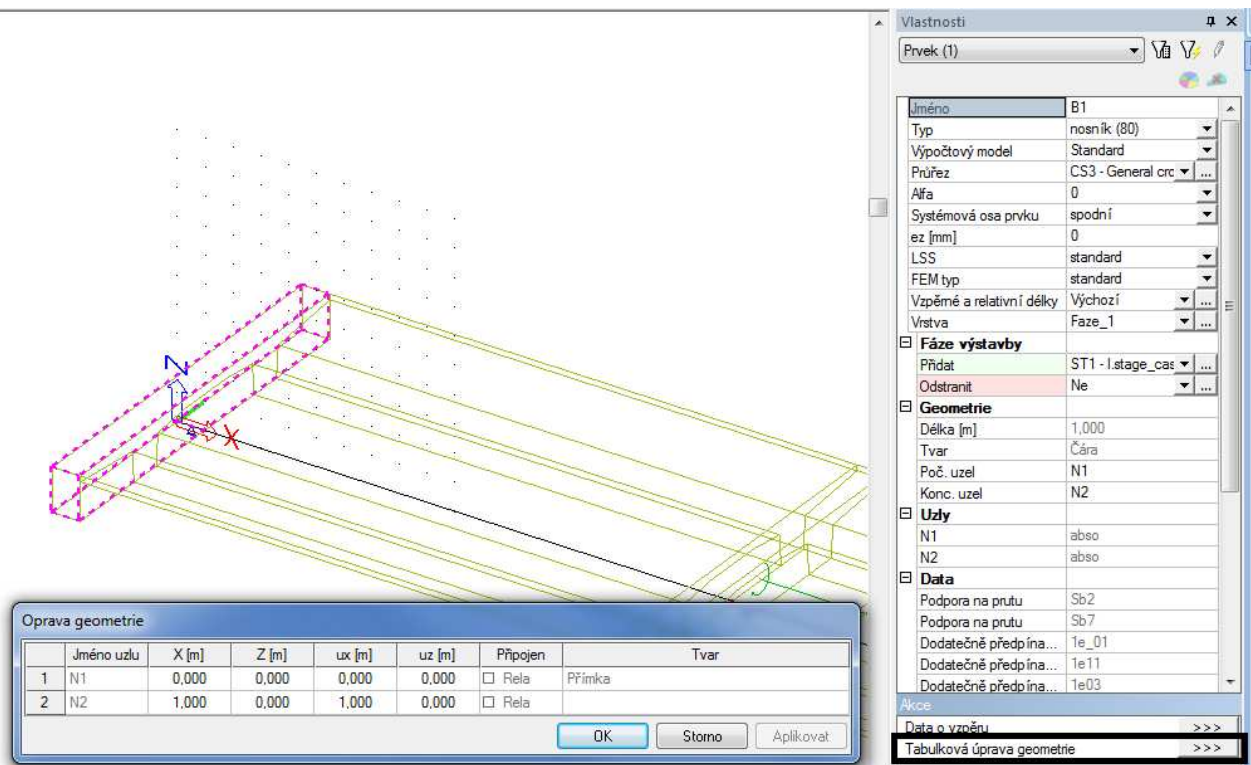
Tabulka udává délky nosníků v metrech:

B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
1,0	19,0	1,0	4,0	21,0	1,0	4,0	21,0	1,0	4,0	15,0	1,0

Uživatel si může nechat zobrazit tabulku prutových prvků v **Dokumentu** > **Konstrukce** > **Prvky**.



Souřadnice jednotlivých uzlů můžeme změnit pomocí **Tabulkové úpravy geometrie**:



Oprava geometrie

	Jméno uzlu	X [m]	Z [m]	ux [m]	uz [m]	Připojen	Tvar
1	N1	0,000	0,000	0,000	0,000	<input type="checkbox"/> Rela	Přímka
2	N2	1,000	0,000	1,000	0,000	<input type="checkbox"/> Rela	

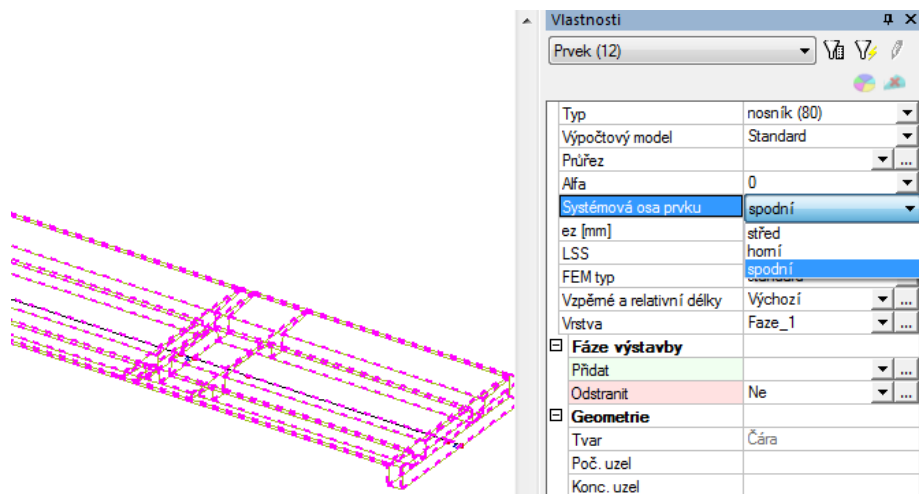
OK Storno Aplikovat

Vlastnosti

Prvek (1)

Jméno	B1
Typ	nosník (80)
Výpočtový model	Standard
Průřez	CS3 - General crc
Alfa	0
Systémová osa prvku	spodní
ez [mm]	0
LSS	standard
FEM typ	standard
Vzpěrné a relativní délky	Výchozí
Vrstva	Faze_1
Fáze výstavby	
Přidat	ST1 - l.stage_cas
Odstranit	Ne
Geometrie	
Délka [m]	1,000
Tvar	Čára
Poč. uzlu	N1
Konc. uzlu	N2
Uzly	
N1	abso
N2	abso
Data	
Podpora na prutu	Sb2
Podpora na prutu	Sb7
Dodatečné předpínání...	1e_01
Dodatečné předpínání...	1e11
Dodatečné předpínání...	1e03
Akce	
Data o vzořnu	>>>
Tabulková úprava geometrie	>>>

Zarovnání prutů změníme na spodní pro všechny prvky.



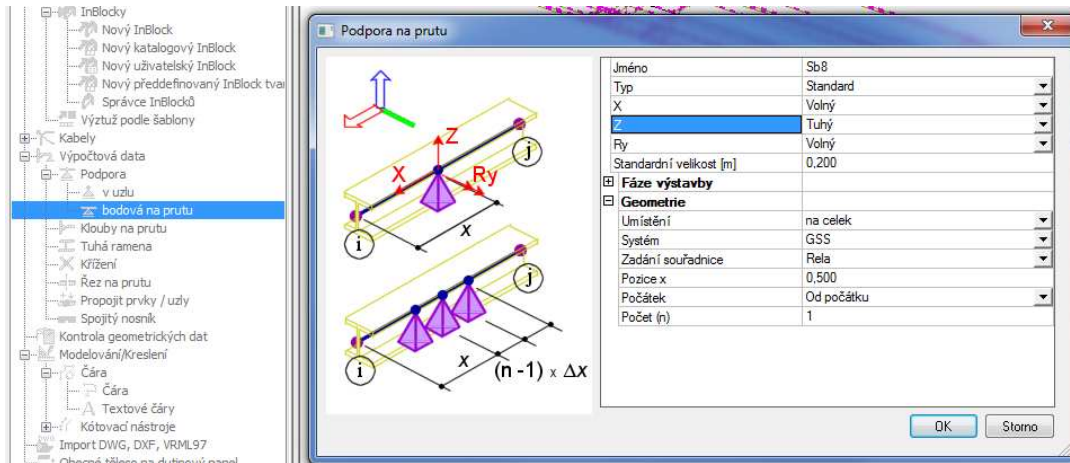
Vlastnosti

Prvek (12)

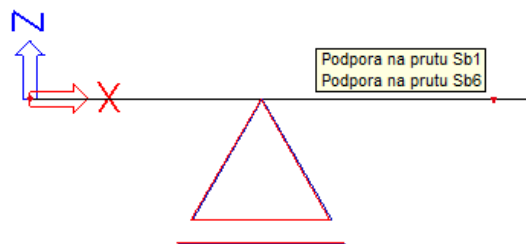
Typ	nosník (80)
Výpočtový model	Standard
Průřez	
Alfa	0
Systémová osa prvku	spodní
ez [mm]	střed
LSS	horní
FEM typ	spodní
Vzpěrné a relativní délky	Výchozí
Vrstva	Faze_1
Fáze výstavby	
Přidat	
Odstranit	Ne
Geometrie	
Tvar	Čára
Poč. uzlu	
Konc. uzlu	

2.1.3 Podpory

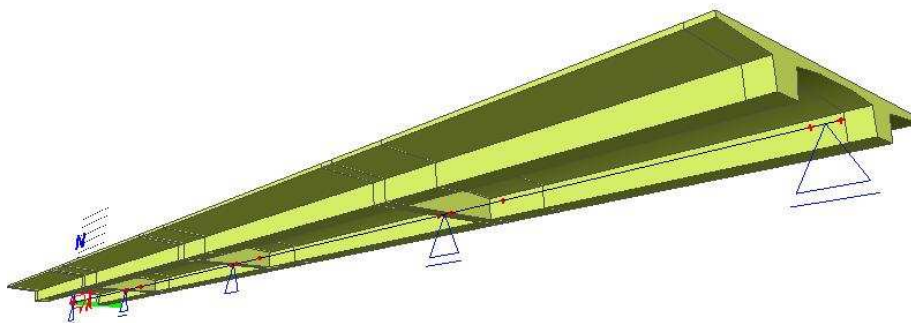
Podpory zadáme v servisu **Konstrukce > Výpočtová data > Podpora > Bodová na prutu**. Namodelujeme podpory ve směru osy Z uprostřed nosníků B1, B3, B9 a B12. V polovině délky nosníku B6 namodelujeme podporu ve směru os X a Z.



Bodovou podporu na prvním nosníku zadáme dvakrát, protože bude rozdílná v průběhu výstavby. Jednou jako kloub a jednou jako posuvný kloub. Program nám ovšem nedovolí zadat dvě podpory v jednom bodě, takže tu druhou zadáme těsně vedle, a potom ji posuneme do správné polohy - tedy poloviny nosníku.

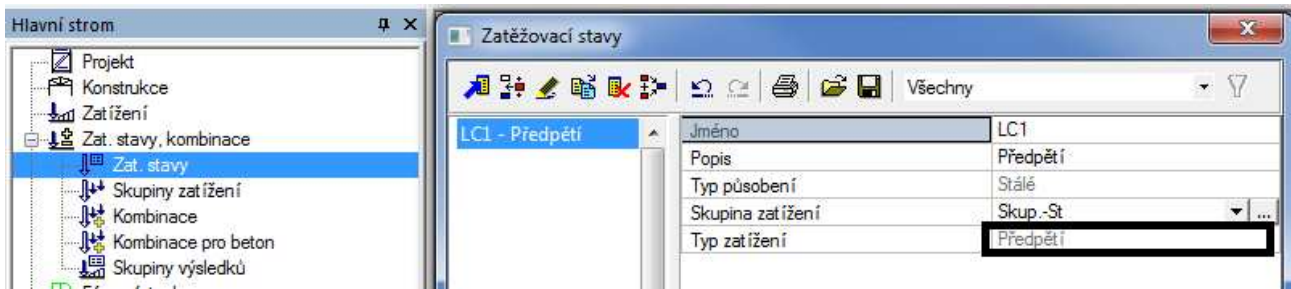


Celá konstrukce zobrazená ve 3D modelu perspektivně vypadá následovně:

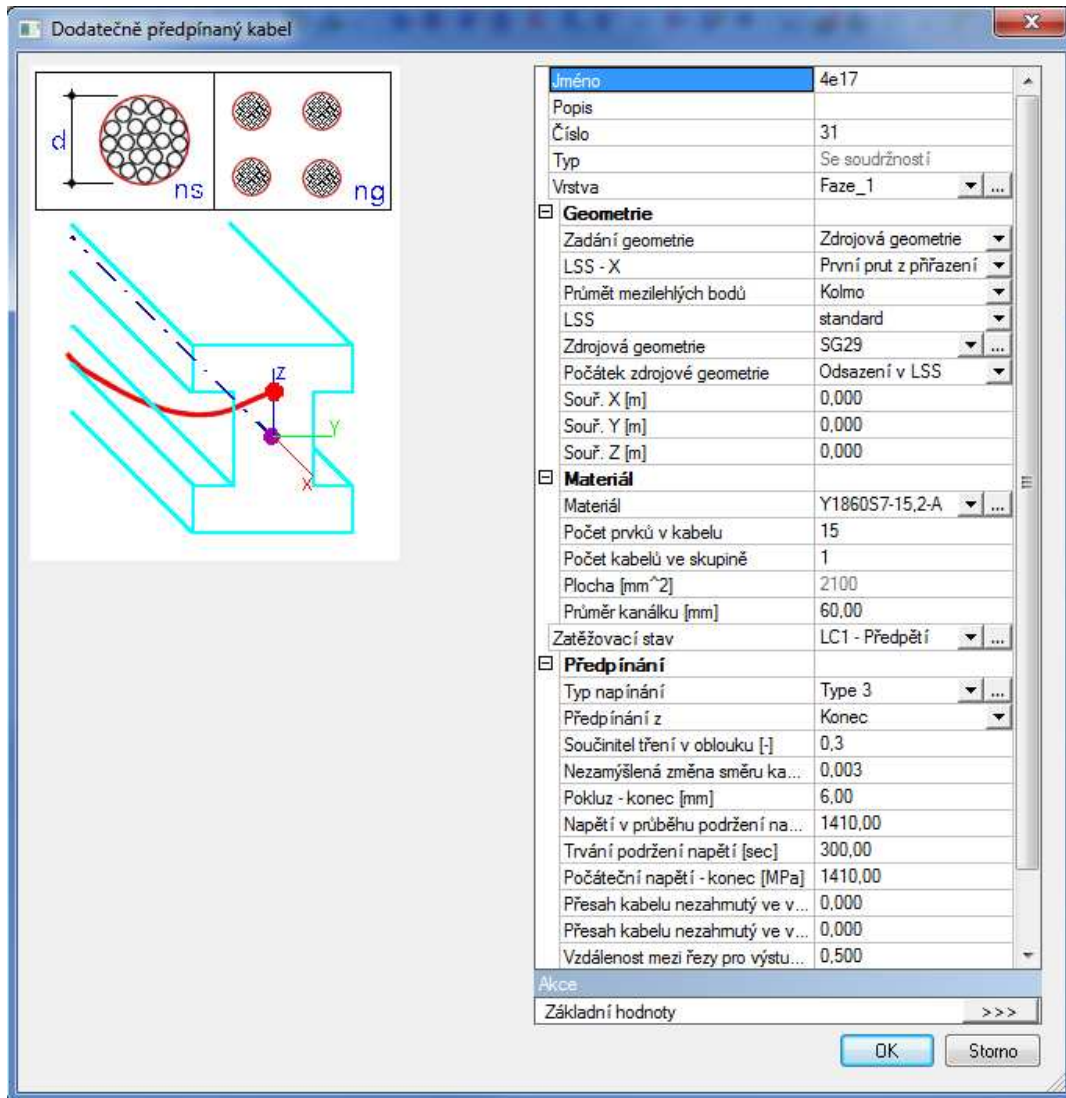


2.1.4 Předpětí

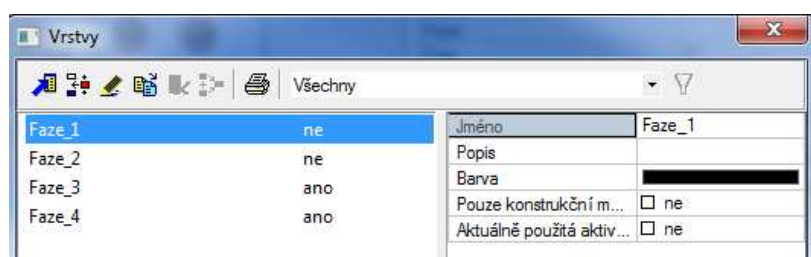
Pro budoucí potřebu zadávání dodatečně předepnutých kabelů si musíme připravit zatěžovací stav typu Předpětí. Zatěžovací stav vytvoříme pomocí funkce **Zat.stavy, kombinace > Zatěžovací stavy**.



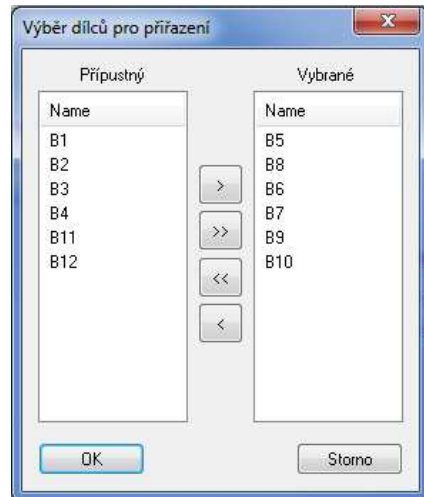
Dodatečně předepnuté kabely se zadávají v servisu **Konstrukce > Kabely > Dodatečně předpínaný kabel se soudržností**. V následujícím dialogu je velké množství hodnot, které lze zadat. Nejdůležitější z nich budou vysvětleny.



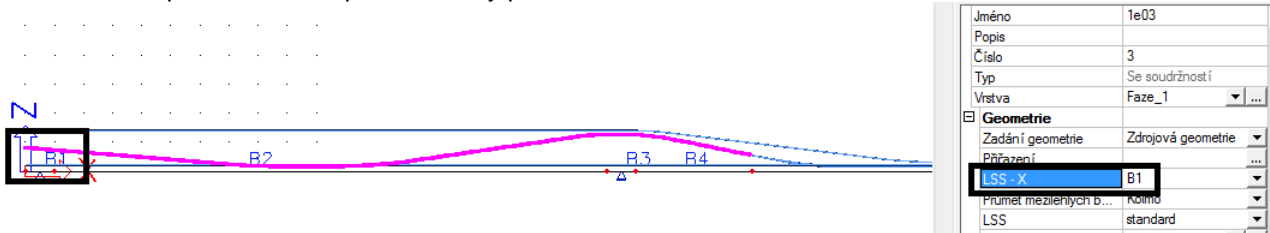
- **Jméno** – od **1e_01** do **4e_12** – tj. celkem 30 kabelů
- **Vrstva** – podle čtyř fází výstavby (které budou definovány později) vytvoříme čtyři vrstvy – **Faze_1, 2, 3 a 4**. Jméno kabelu začínající 1 znamená, že kabel náleží do fáze 1 a tak dále...



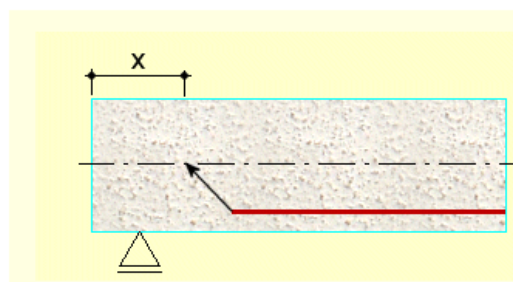
- **Zadání geometrie** – typ **Zdrojová geometrie** zvolíme; jinak máme ovšem k dispozici celkem tři zadání geometrie kabelu
 - **Zdrojová geometrie** – uživatel zde zadává geometrii z knihovny ZG
 - **Přímé zadání** – uživatel zde zadává geometrii kabelů přímo ve 3D okně; při této volbě může být použita geometrie importovaná z CAD programu
- **Referenční křivka se zdrovojou geometrií** – zdrojová geometrie se rozloží podle uživatelem zadané referenční křivky
- **Přiřazení** – pruty (desky), kterým budou kabely přiřazeny je třeba vybrat v tomto dialogu nebo při určování desek, na kterých bude kabel namodelován



- **LSS-X** – určuje prvek, kde začíná lokální souřadný systém kabelů; měl by to být první prut z přiřazení nebo přímo určený prvek

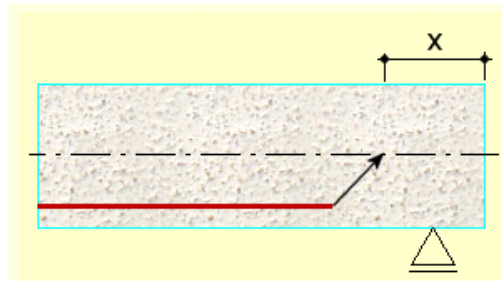


- **Průmět mezilehlých bodů** – tato možnost je relevantní pouze v případě tzv. Hanging nodes, tedy bodů MKP, ke kterým se vztahuje předpínací výztuž
 - **Proporcionálně** – uživatel zde zadává délku, na kterou jsou promítány účinky kabelu
 - **Způsob přiřazení - počátek**
 - **První uzel** – počátek účinků promítaného kabelu je první uzel přiřazeného prutu
 - **Poloha** – vzdálenost od počátku prutu



- **Způsob přiřazení – konec**
 - **Poslední uzel** – počátek účinků promítaného kabelu je koncový uzel přiřazeného prutu

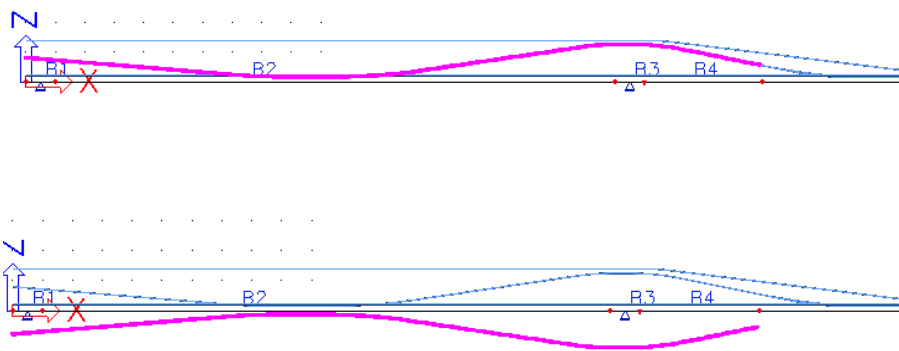
- **Poloha** – vzdálenost od konce prutu



- **Kolmo** – kabel je promítnut přímo kolmicemi na prut

Možnost z nastavení sítě „Předpínací výztuže nezávislá na MKP uzlech“ není dostupná pro výpočet TDA.

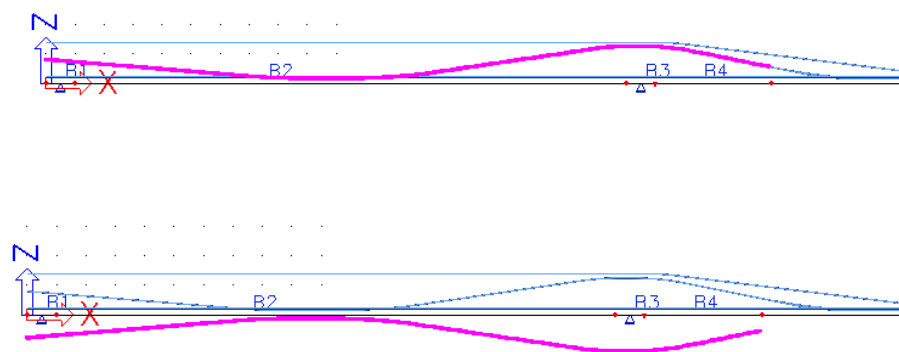
- **LCS** – typ lokálního souřadného systému kabelu
 - **Standard** – lokální souřadný systém kabelu je stejný jako lokální souřadný systém přiřazeného prutu
 - **z - vektorem** – uživatel zadá vektor body X a Z a směr z je určen těmito hodnotami



Geometrie	
Zadání geometrie	Zdrojová geometrie
Přiřazení	...
LSS - X	B1
Průmět mezilehlých bodů	Proporcionálně
Způsob přiřazení - počát...	První uzel
Způsob přiřazení - konec	Poslední uzel
LSS	z - vektorem
X [m]	0,000
Z [m]	1,000
Zdrojová geometrie	SGZ

Geometrie	
Zadání geometrie	Zdrojová geometrie
Přiřazení	...
LSS - X	B1
Průmět mezilehlých bodů	Proporcionálně
Způsob přiřazení - počát...	První uzel
Způsob přiřazení - konec	Poslední uzel
LSS	z - vektorem
X [m]	0,000
Z [m]	-1,000
Zdrojová geometrie	SGZ

- **z - bodem** – uživatel zadá bod, který určí orientaci lokálního systému souřadnic

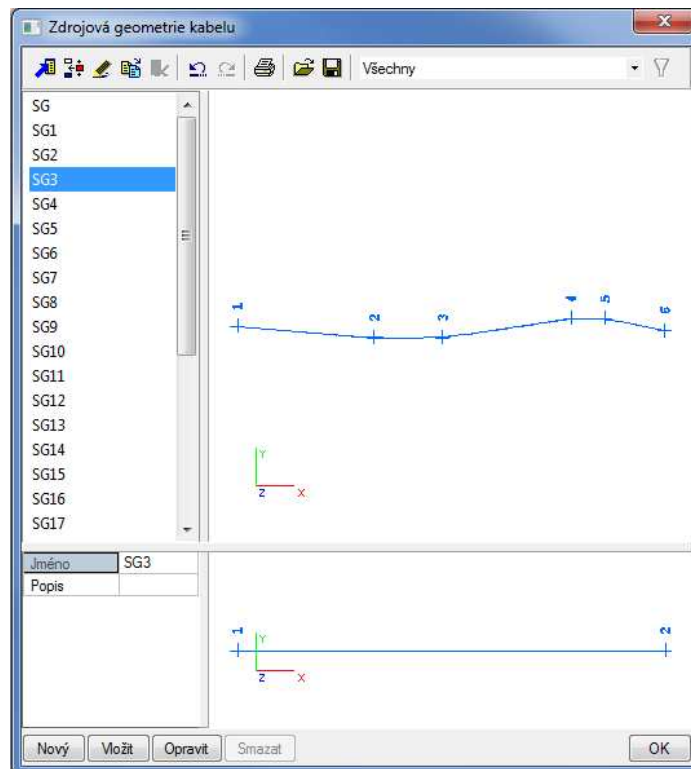


Geometrie	
Zadání geometrie	Zdrojová geometrie
Přiřazení	...
LSS - X	B1
Průmět mezilehlých bodů	Proporcionálně
Způsob přiřazení - počát...	První uzel
Způsob přiřazení - konec	Poslední uzel
LSS	z - bodem
X-souř [m]	0,000
Z-souř [m]	1,000
Zdrojová geometrie	SGZ

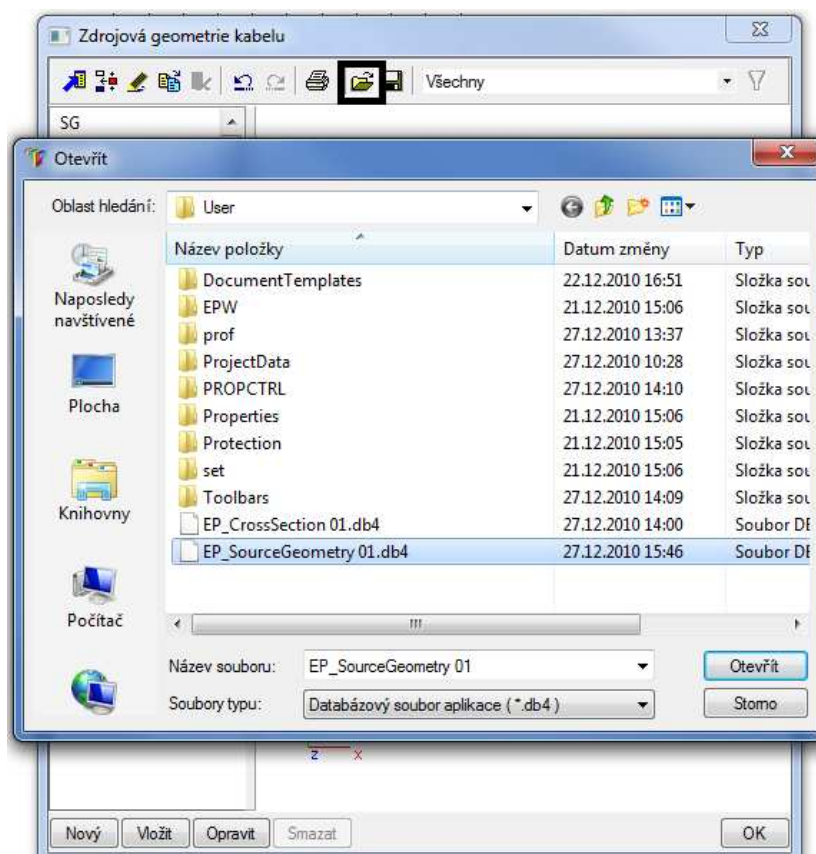
Geometrie	
Zadání geometrie	Zdrojová geometrie
Přiřazení	...
LSS - X	B1
Průmět mezilehlých bodů	Proporcionálně
Způsob přiřazení - počát...	První uzel
Způsob přiřazení - konec	Poslední uzel
LSS	z - bodem
X-souř [m]	0,000
Z-souř [m]	-1,000
Zdrojová geometrie	SGZ

- **z dle USS**

- **Zdrojová geometrie** – zadáme celkem 30 typů ZG

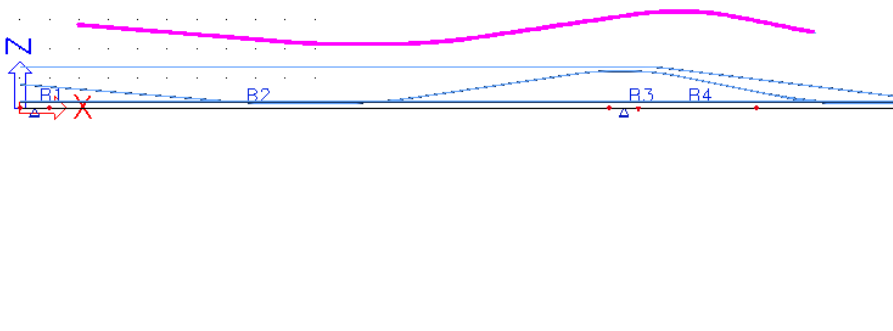


Zdrojová geometrie může být také načtena z uživatelské databáze.



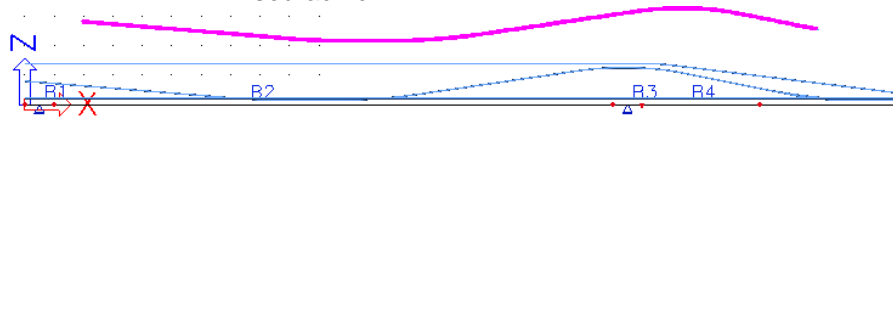
- **Počátek zdrojové geometrie**

- **Odsazení v LSS** – počátek může být zadán relativně k lokálním souřadným osám nosníku



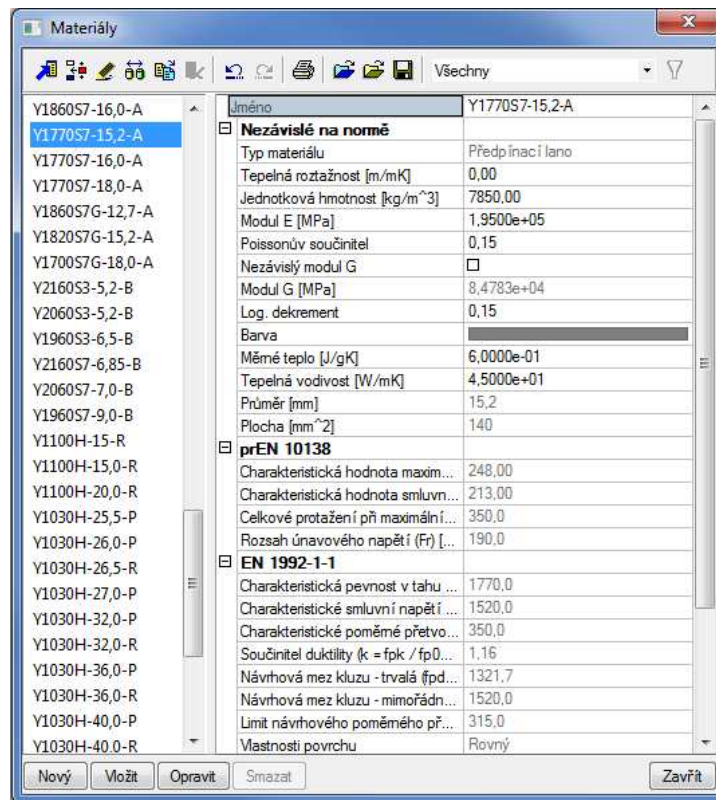
Geometrie	
Zadání geometrie	Zdrojová geometrie
Přřazení	LSS - X B1
Průmět mezilehlých bodů	Proporcionálně
Způsob přřazení - počát...	První uzel
Způsob přřazení - konec	Poslední uzel
LSS	z - vektorem
X [m]	0,000
Z [m]	1,000
Zdrojová geometrie	SG3
Počátek zdrojové geome...	Odsazení v LSS
Souř. X [m]	2,000
Souř. Y [m]	0,000
Souř. Z [m]	2,000

- o **Souřadnice v GSS** – počátek může být zadán relativně ke globálnímu systému souřadnic

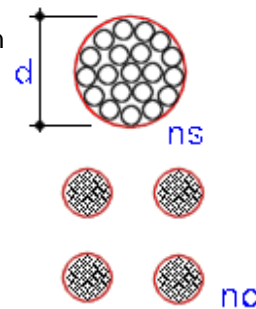


Geometrie	
Zadání geometrie	Zdrojová geometrie
Přřazení	LSS - X B1
Průmět mezilehlých bodů	Proporcionálně
Způsob přřazení - počát...	První uzel
Způsob přřazení - konec	Poslední uzel
LSS	z - vektorem
X [m]	0,000
Z [m]	1,000
Zdrojová geometrie	SG3
Počátek zdrojové geome...	Souřadnice v GSS
Souř. X [m]	2,000
Souř. Y [m]	0,000
Souř. Z [m]	2,000

- **Materiál** – použijeme materiál kabelu s označením Y1770S7-15,7



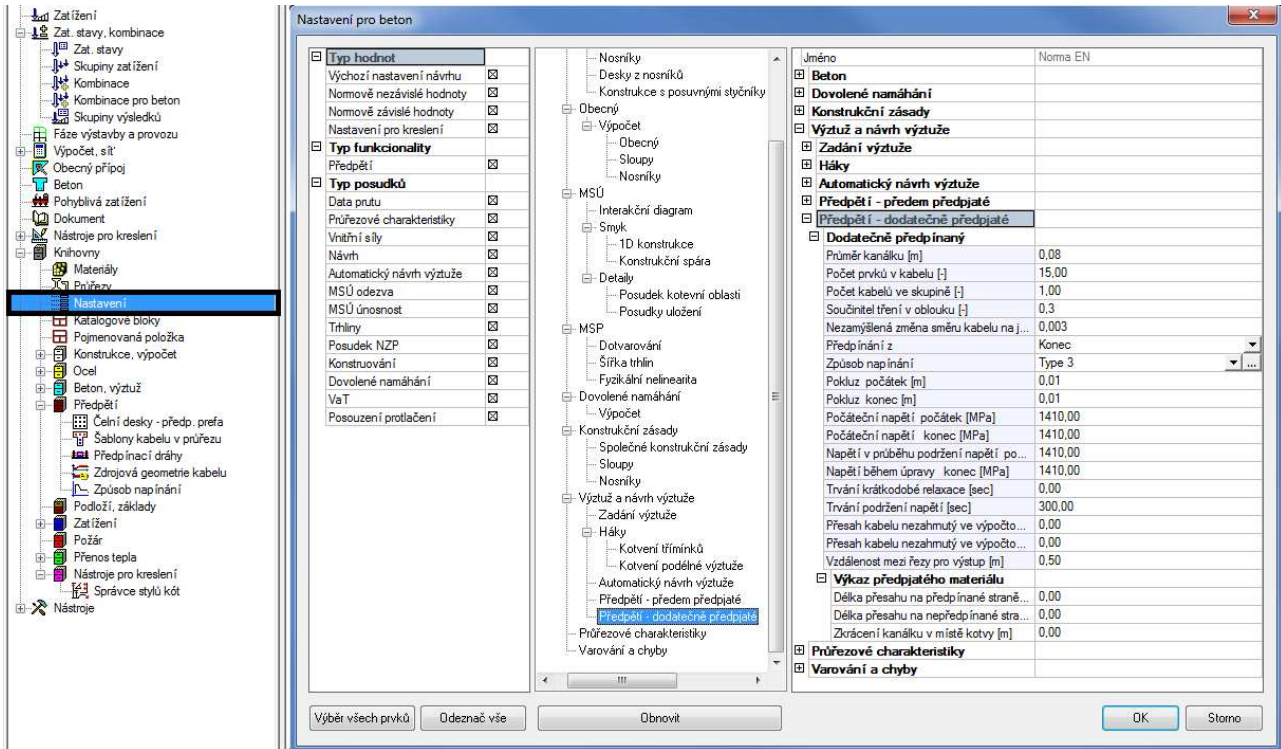
- **Počet prvků v kabelu** – 15 → kabel obsahuje 15 vláken
- **Počet kabelů ve skupině** – 1 → existuje pouze 1 kabel se stejnými vlastnostmi a geometrií
- **Průměr kanálku** – 80mm



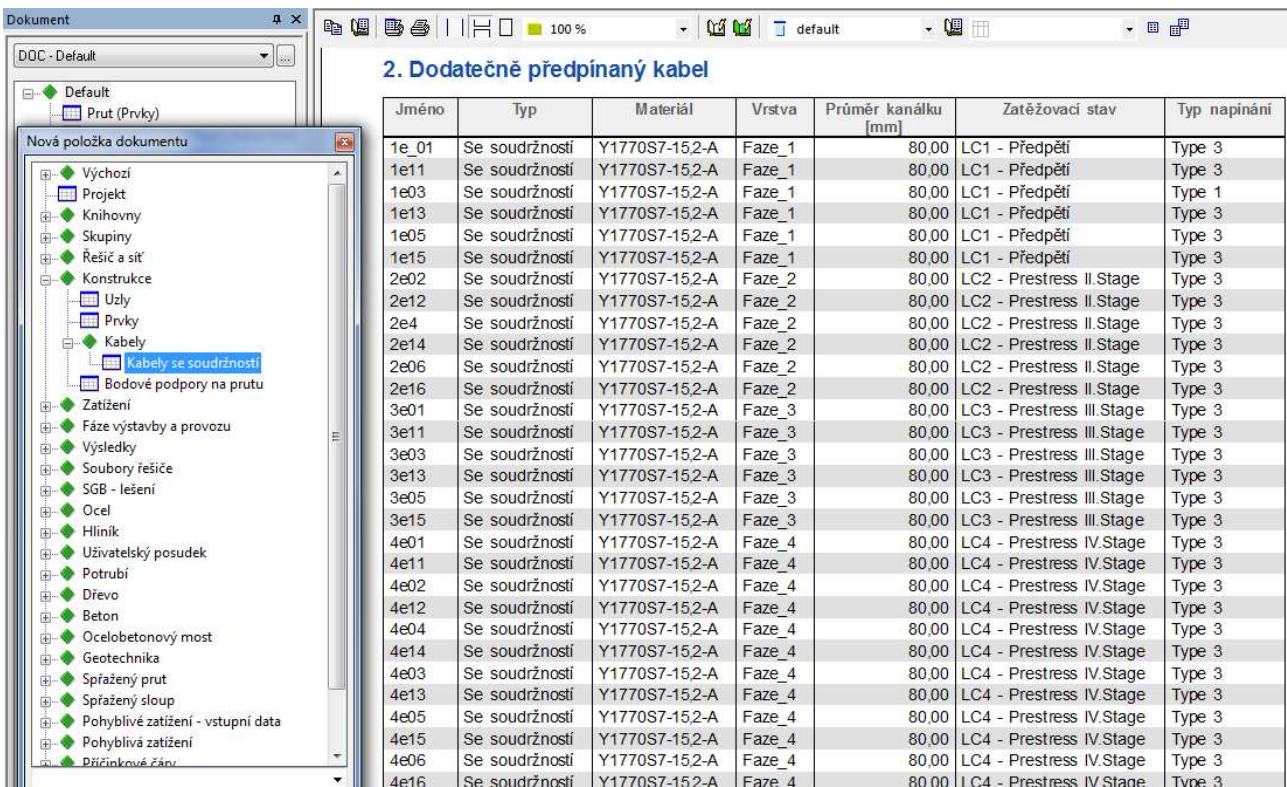
• **Předpínání**

- **Typ napínání** – typ 3
- **Předpínání z** – Konec
- **Napětí v průběhu podržení napětí** – 1410 MPa
- **Počáteční napětí** – 1410 MPa

Další hodnoty jsou převzaty z výchozího nastavení **Knihovny > Nastavení > Předpětí-dodatečně předpjaté**



Všechny parametry ve stručné tabulce je možné zobrazit v dokumentu v kapitole **Konstrukce > Kabely > Kabely se soudržností**.



Ztráty kabelu je možné nechat zobrazit pomocí příslušného akčního tlačítka pro každý kabel.

Jméno kabelu: 1e05
Typ historie napínání: 3
Výpočet ztráty třením, pokluzem a dlouhodobou relaxací z počátečního kotveního napětí
Kabel napínaný z konce
Pokluz vymění uvnitř kabelu
dosah pokluzu: přímá část: 23,822 [m]
oblouk: 6,97 [deg]
Teoretické prodloužení kabelu před přenosem 0,172 [m]
Teoretické prodloužení kabelu po přenosu 0,168 [m]

x [m]	Ztráty třením [MPa]	Ztráta pokluzem [MPa]	Krátkodobá relaxace [MPa]	Nap. po zakotvení / po vnesení předpětí [MPa]	Relaxace proběhla [MPa]	Relaxace proběhne [MPa]
0,000	-93,80	0,00	0,00		1318,20	-3,10
0,500	-93,10	0,00	0,00		1318,90	-3,12
1,000	-92,41	0,00	0,00		1317,89	-3,14
1,500	-91,72	-0,34	0,00		1317,84	-3,16
2,000	-91,03	-1,72	0,00		1317,25	-3,19
2,500	-90,34	-3,11	0,00		1316,56	-3,21

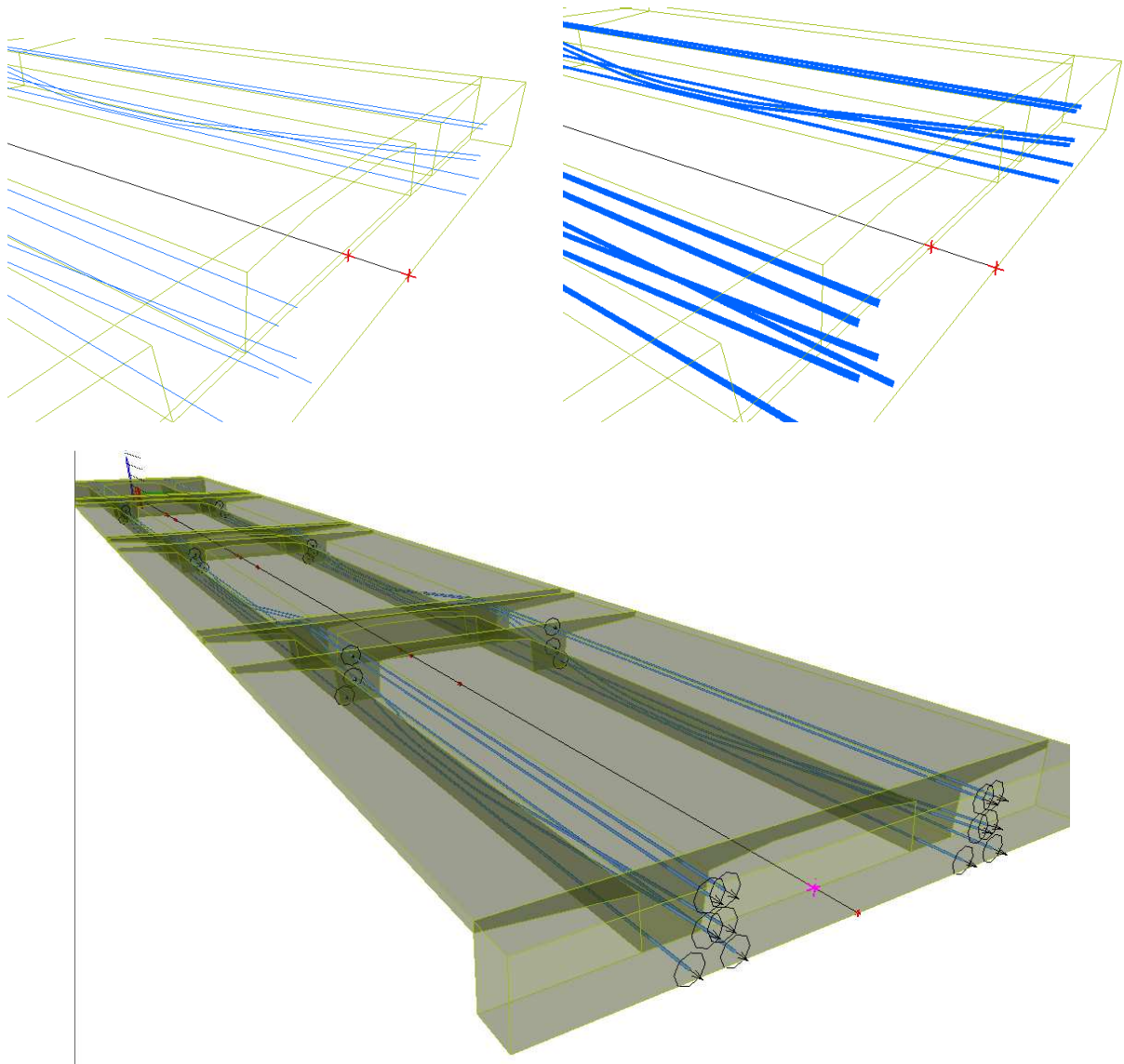
Parametry zobrazení (právní panel):
 Geometrie: Zdrojová geometrie, Přřazení: První prut z přřazení, Průmět mezilehlých bodů: Kolmo, Zdrojová geometrie: SG4, Počátek zdrojové geometrie: Odsazení v LSS, Souř. X [m]: 0,000, Souř. Y [m]: 0,000, Souř. Z [m]: 0,000
 Materiál: Y1770S7-15,2-A, Počet prvků v kabelu: 15, Počet kabelů ve skupině: 1, Plocha [mm²]: 2100, Průměr kanálku [mm]: 80,00, Zatěžovací stav: LCT - Předpětí, Typ napínání: Type 3, Předpínání z: Konec

Vykreslování kabelů je závislé na nastavení **Parametrů zobrazení pro všechny entity**.

Parametry zobrazení (levé okno):
 Označit / Zrušit vše
 Parametry dílce: Systemové délky, Nelinearity dílců, FEM typ
 Kabely: Zobrazit, Styl zobrazení geometrie: Konečný, Barva kabelů: normál, **Typ kreslení kabelu: 3D**, Směr napínání, Vrcholy, Kotvy
 Lokální osy: Uzly, Prutové dílce, Kabely

Parametry zobrazení (pravé okno):
 Označit / Zrušit vše
 Prvky: Průhledný režim: Jemná
 Styl kreslení pro model + zatížení: **Styl / Rendering: renderovaný**, Zobrazit přídatná data: Systemová čára
 Graf výsledků: Výsledky
 Informace o výpočtu: Zobrazit singularity, Zobrazit malé prvky sítě
 Fáze výstavby a provozu: Zobrazit, Fáze: ST19 - Fre_100, Již existující, Právě vzniklé, Ještě nevzniklé

Celkem existují tři typy zobrazení kabelů ve 3D okně: tenké čáry, tloušťka čáry podle průměru a 3D. Je také možné nechat zobrazit kotvy nebo směr napínání. Vykreslení ve 3D je velice názorné a efektní.



2.2 Zatížení

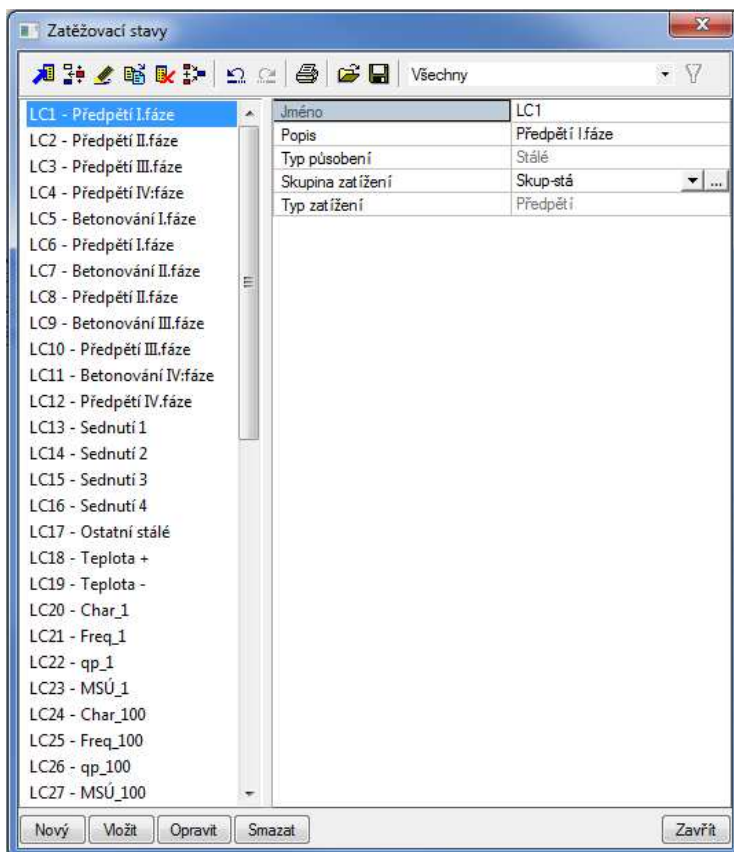
2.2.1 Zatěžovací stavy

Před tím než zadáme fáze výstavby, musíme definovat zatěžovací stavy. Připravíme sestavu zatěžovacích stavů podle obrázku níže. Dialog pro zadávání zatěžovacích stavů nabízí mnoho nastavení:

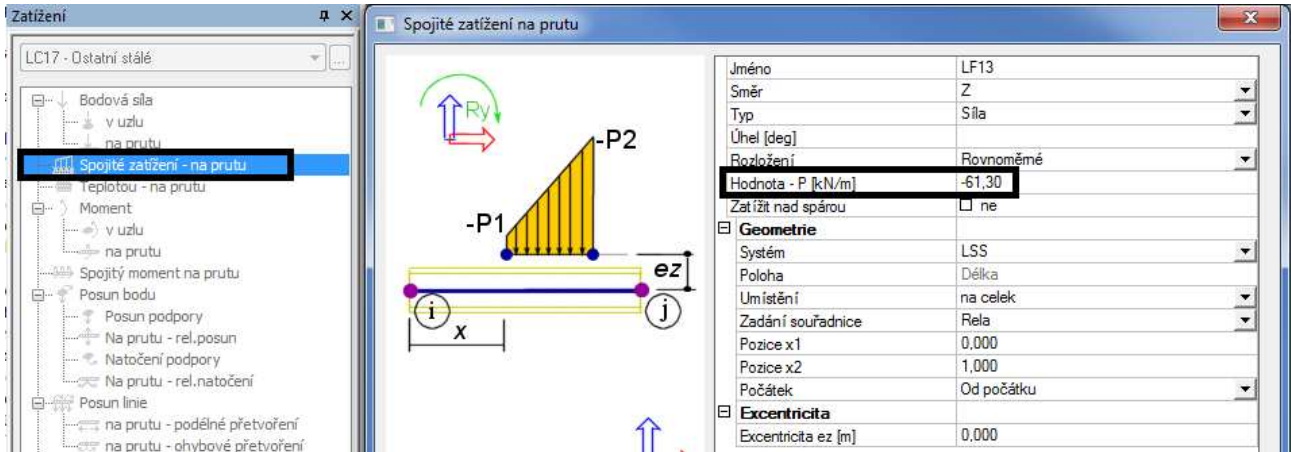
- Stálé
 - Typ zatížení
 - Standard – nezbytné pro zadávání fází výstavby v příslušné knihovně fází; tyto zatěžovací stavy mohou být prázdné, bez zatížení, slouží pak pouze k definicím jednotlivých fází
 - Vlastní tíha – zatěžovací stav pro zatížení konstrukce vlastní vahou
 - Předpětí – nezbytné pro zadávání předpětí
 - Skupina zatížení
 - Výběr z knihovny skupin zatížení – viz kap 4.1.1
- Nahodilé
 - Specifikace
 - Standard
 - Teplota – pouze teplotní zatížení smí být zadáno do tohoto zat. stavu
 - Skupina zatížení
 - Výběr z knihovny skupin zatížení – viz kap 4.1.1

2.2.2 Zatížení

Jednotlivá zatížení zadáváme podle jejich druhu v servisu Zatížení do jednotlivých zatěžovacích stavů: např. stálé zatížení (vozovka, bezpečnostní zábradlí a další mostní součásti) bude definováno do zatěžovacího stavu **LC17-Ostatní stálé – typ stálé**.

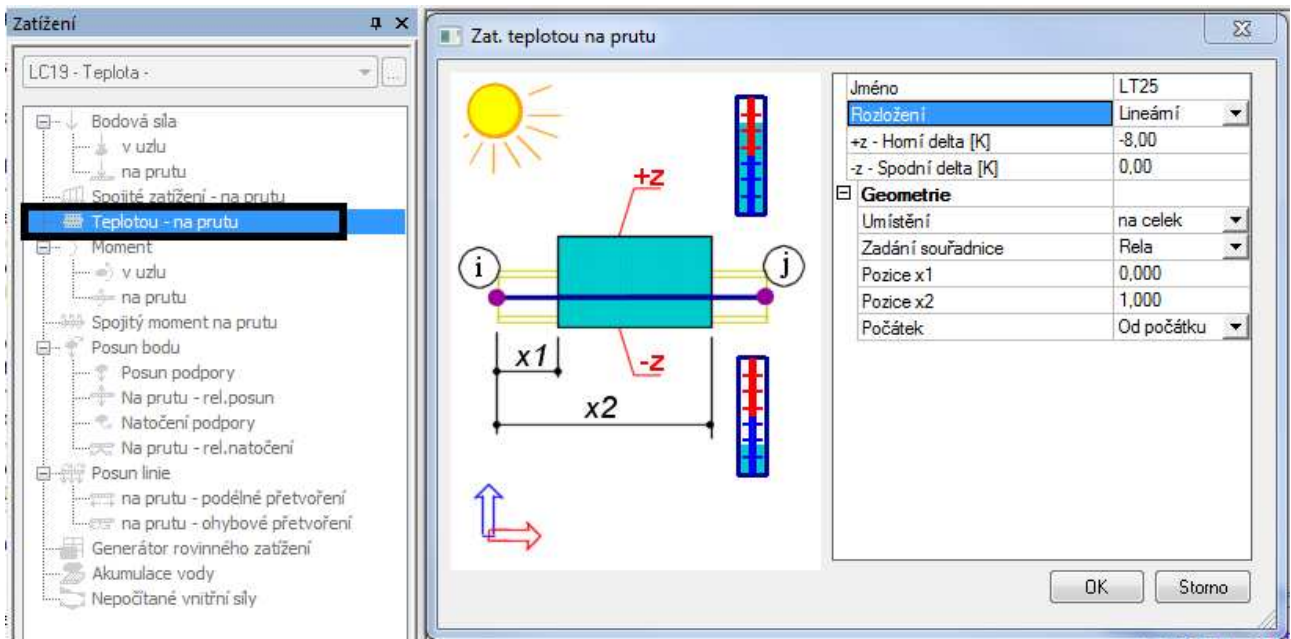


Zadání hodnoty zatížení provedeme v servisu **Zatížení** > **Spojité zatížení na prutu**.
Velikost síly je **-61,3 kN/m**.



2.2.2.1 Teplotní zatížení

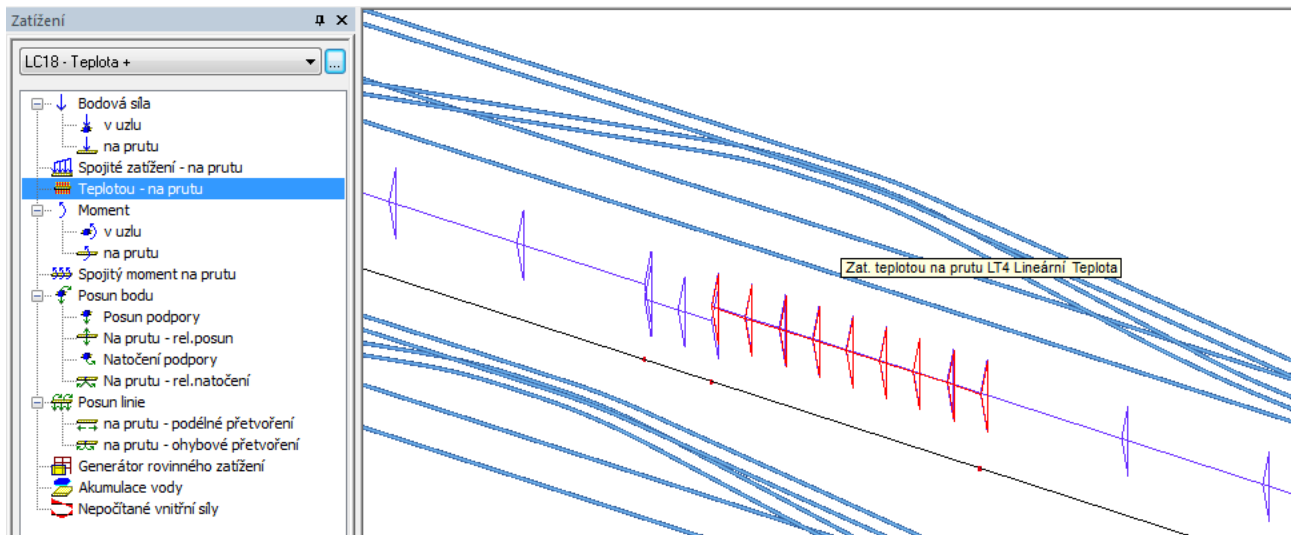
Pro tento typ zatížení připravíme zatěžovací stav s příslušnou specifikací. Zatížení teplotou zadáme pomocí funkce **Teplotou – na prutu** v servisu **Zatížení**.



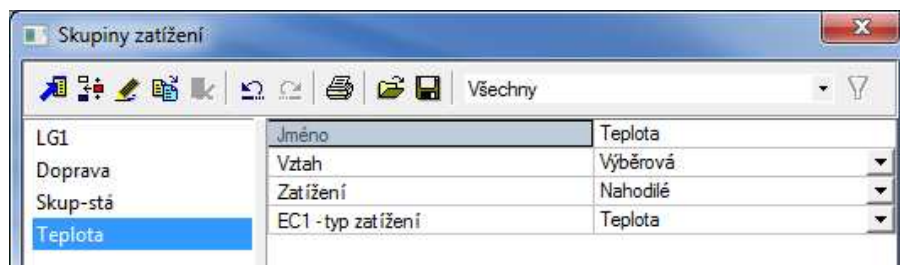
Zadáme lineární rozložení zatížení teplotou:

- ZS – Teplota –
 - Horní delta **-8°C**
 - Spodní delta **0°C**
- ZS – Teplota +
 - Horní delta **+10,5°C**
 - Spodní delta **0°C**

Zatížení je znázorněno ve 3D okně pomocí trojúhelníků na systémové ose prvků.

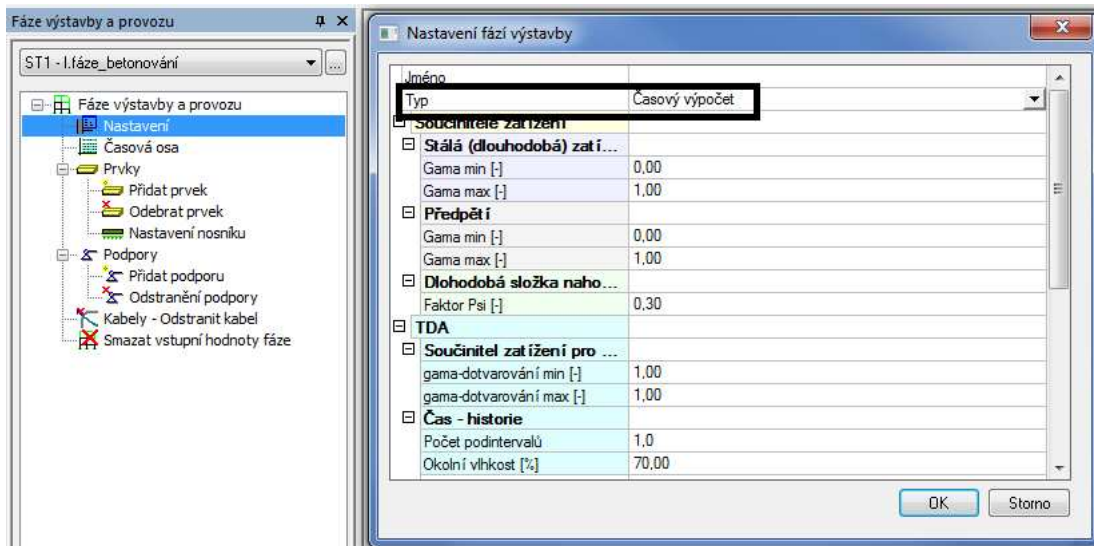


Zatížení teplotou zadáme do skupiny zatížení s přednastavenými kombinačními součiniteli pro tento případ nesilového zatížení.



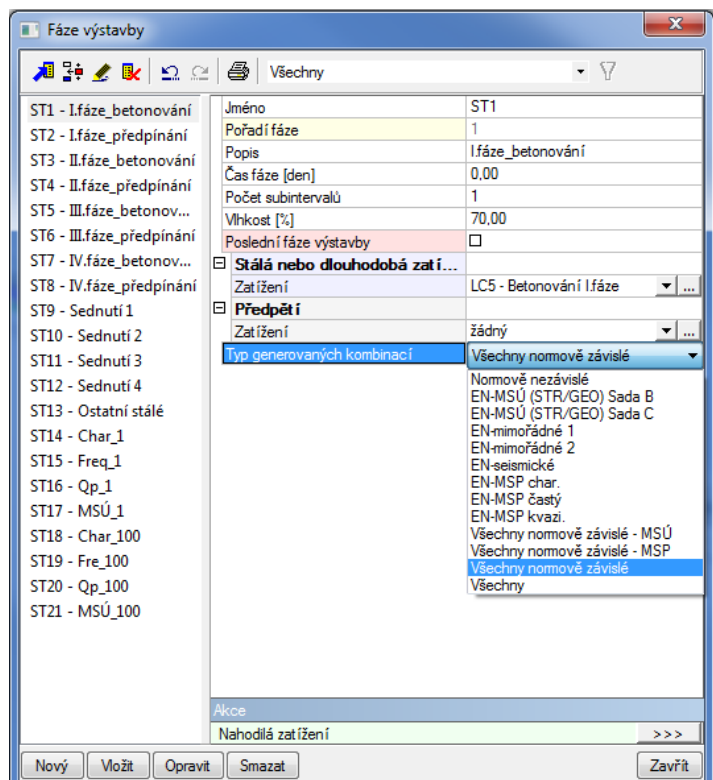
3 Fáze výstavby

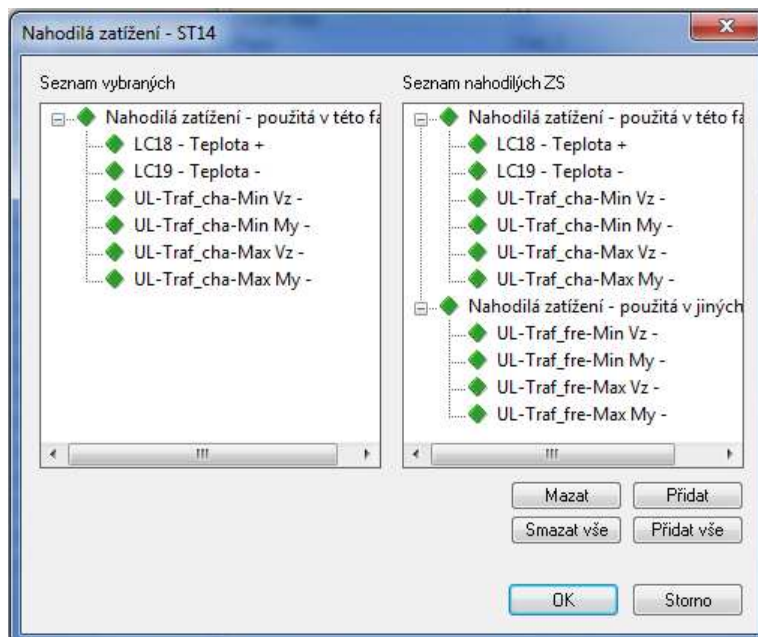
Pro časově závislou analýzu (TDA) je třeba definovat fáze výstavby. V **Nastavení** v servisu Fáze výstavby a provozu vybereme typ **Časový výpočet**.



Následně je třeba vytvořit každou jednotlivou fázi v dialogu Fáze výstavby (vstup pomocí tlačítka se třemi tečkami). Každá fáze má několik důležitých parametrů:

- **Jméno** – ST1 až ST21
- **Popis** – slovní popis příslušné fáze
- **Čas fáze** – délka trvání fáze ve dnech
- **Počet subintervalů** – počet podintervalů na detailní časové ose; tento parametr má vliv na přesnost výpočtu dotvarování betonu
- **Vlhkost** – relativní vlhkost okolního prostředí v procentech; slouží pro výpočet smršťování
- **Poslední fáze výstavby** – udává, že aktivní fáze je poslední fází výstavby, ostatní fáze označují pouze provozní fáze; nahodilá zatížení působící před touto poslední fází výstavby nemohou být použity v jiné fázi
- **Stálá nebo dlouhodobá zatížení** – zatěžovací stav typu stálé zatížení – každý fáze musí obsahovat pouze jeden zat. stav typu stálé zatížení (nebo dlouhodobé); tento stav může být prázdný ale pro tvorbu fází výstavby je nepostradatelný
- **Předpětí** – volitelný zatěžovací stav; tímto zat. stavem jsou určeny kabely příslušné dané fázi
- **Typ generovaných kombinací** – uživatel zde má několik variant, který typ kombinací bude automaticky generován podle normy nastavené v projektu
- akční tlačítko **Nahodilá zatížení** – nahodilá zatěžovací stavy můžeme přidávat dané fázi tímto tlačítkem (podrobněji viz. kap 4.3)



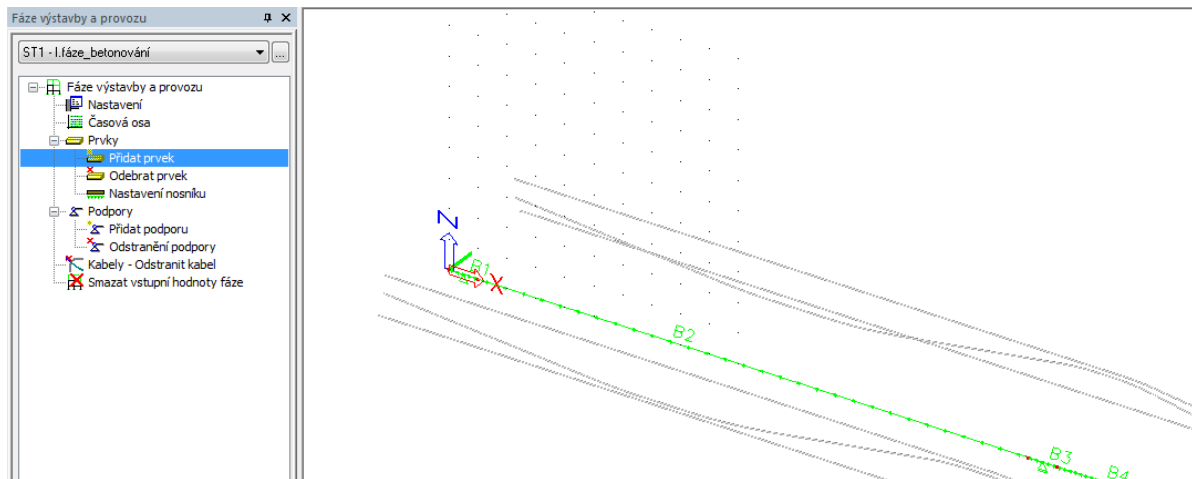


Takovým způsobem vytvoříme všechny fáze výstavby. Pro 8. fázi (IV.fáze_předpinání) zaškrtneme možnost **Poslední fáze výstavby**. Kompletní výpis fází výstavby vypadá následovně (tabulka z dokumentu):

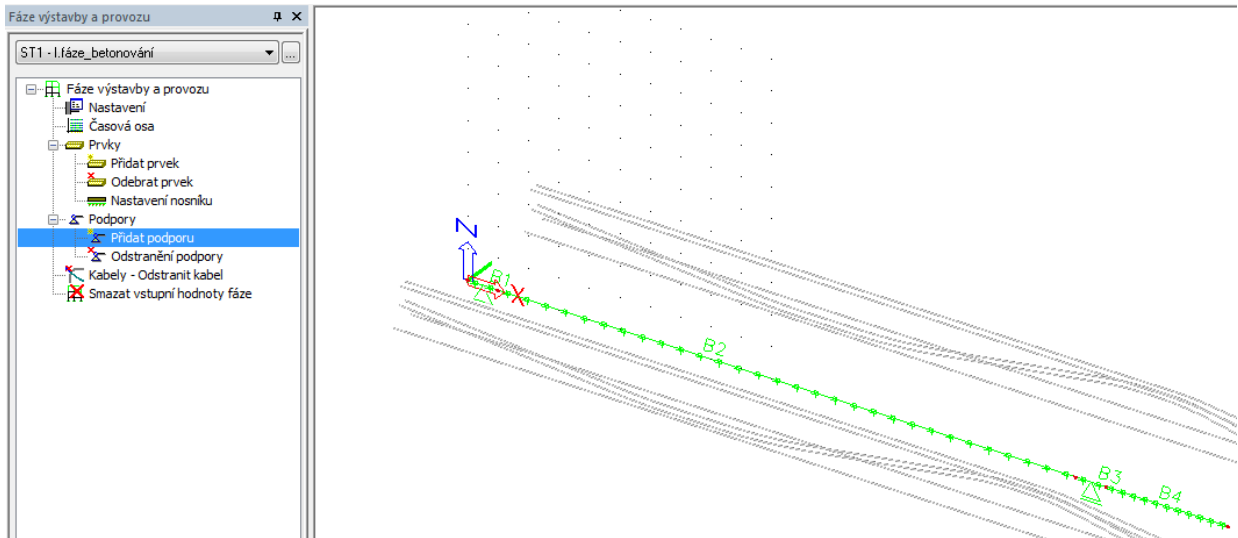
6. Fáze výstavby

Jméno	Pořadí fáze	Popis	Čas fáze [den]	Počet subintervalů	Vlhkost [%]	Sálá nebo dlouhodobá zatížení	Předpětí
ST1	1	I.fáze_betonování	0,00	1	70,00	LC5 - Betonování I.fáze	žádný
ST2	2	I.fáze_předpinání	14,00	1	70,00	LC6 - Předpětí I.fáze	LC1 - Předpětí I.fáze
ST3	3	II.fáze_betonování	28,00	1	70,00	LC7 - Betonování II.fáze	žádný
ST4	4	II.fáze_předpinání	42,00	1	70,00	LC8 - Předpětí II.fáze	LC2 - Předpětí II.fáze
ST5	5	III.fáze_betonování	56,00	1	70,00	LC9 - Betonování III.fáze	žádný
ST6	6	III.fáze_předpinání	70,00	1	70,00	LC10 - Předpětí III.fáze	LC3 - Předpětí III.fáze
ST7	7	IV.fáze_betonování	84,00	1	70,00	LC11 - Betonování IV.fáze	žádný
ST8	8	IV.fáze_předpinání	98,00	1	70,00	LC12 - Předpětí IV.fáze	LC4 - Předpětí IV.fáze
ST9	9	Sednutí 1	100,00	1	70,00	LC13 - Sednutí 1	
ST10	10	Sednutí 2	114,00	1	70,00	LC14 - Sednutí 2	
ST11	11	Sednutí 3	128,00	1	70,00	LC15 - Sednutí 3	
ST12	12	Sednutí 4	142,00	1	70,00	LC16 - Sednutí 4	
ST13	13	Ostatní stálé	200,00	1	70,00	LC17 - Ostatní stálé	
ST14	14	Char_1	365,00	1	70,00	LC20 - Char_1	
ST15	15	Freq_1	365,10	1	70,00	LC21 - Freq_1	
ST16	16	Qp_1	365,20	1	70,00	LC22 - qp_1	
ST17	17	MSÚ_1	365,30	1	70,00	LC23 - MSÚ_1	
ST18	18	Char_100	36498,00	1	70,00	LC24 - Char_100	
ST19	19	Fre_100	36498,10	1	70,00	LC25 - Freq_100	
ST20	20	Qp_100	36498,20	1	70,00	LC26 - qp_100	
ST21	21	MSÚ_100	36498,30	1	70,00	LC27 - MSÚ_100	

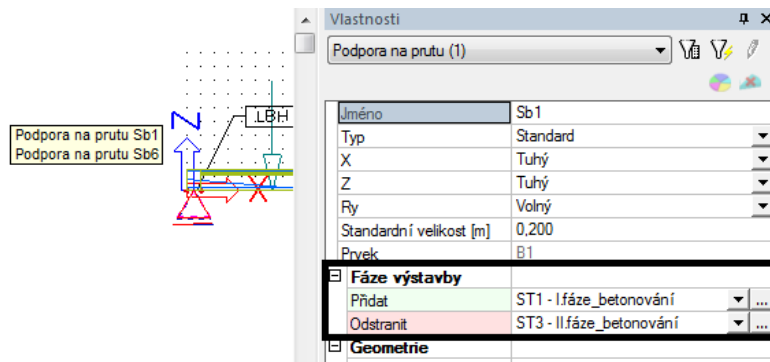
Jakmile jsou fáze výstavby vytvořeny, je třeba určit, které prvky a které podpory patří do které fáze. Přiřazení provedeme v servisu Fáze výstavby a provozu pomocí funkce **Prvky > Přidat prvek** a vybráním konkrétních entit.



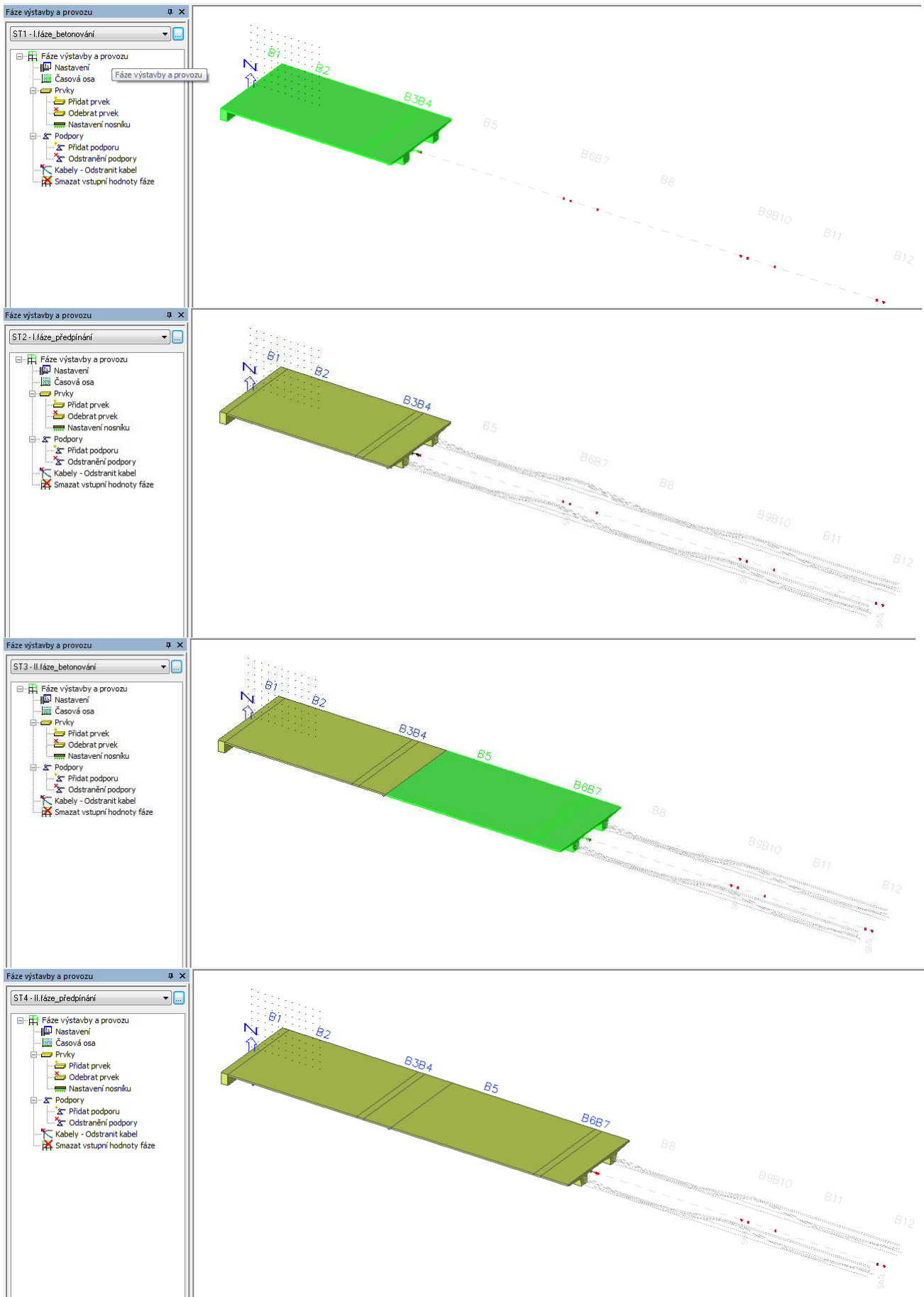
Podobně postupujeme i pro podpory:

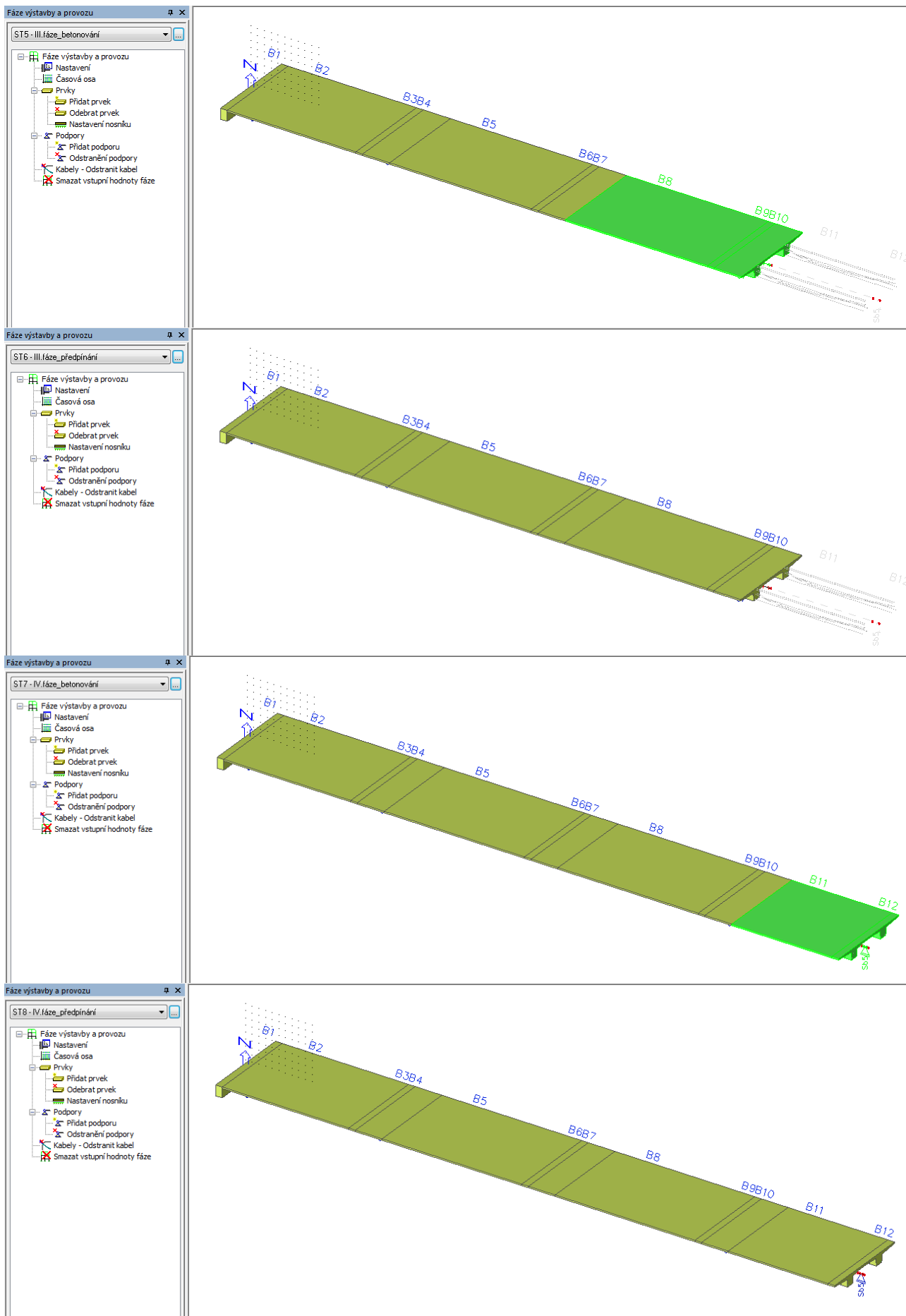


Podporu Sb1 (ve směru X a Z) na prutu B1 přidáme do fáze ST1 a odebereme ve fázi ST3. Tu samou podporu ale jen ve směru Z (Sb6) přidáme ve fázi ST3.



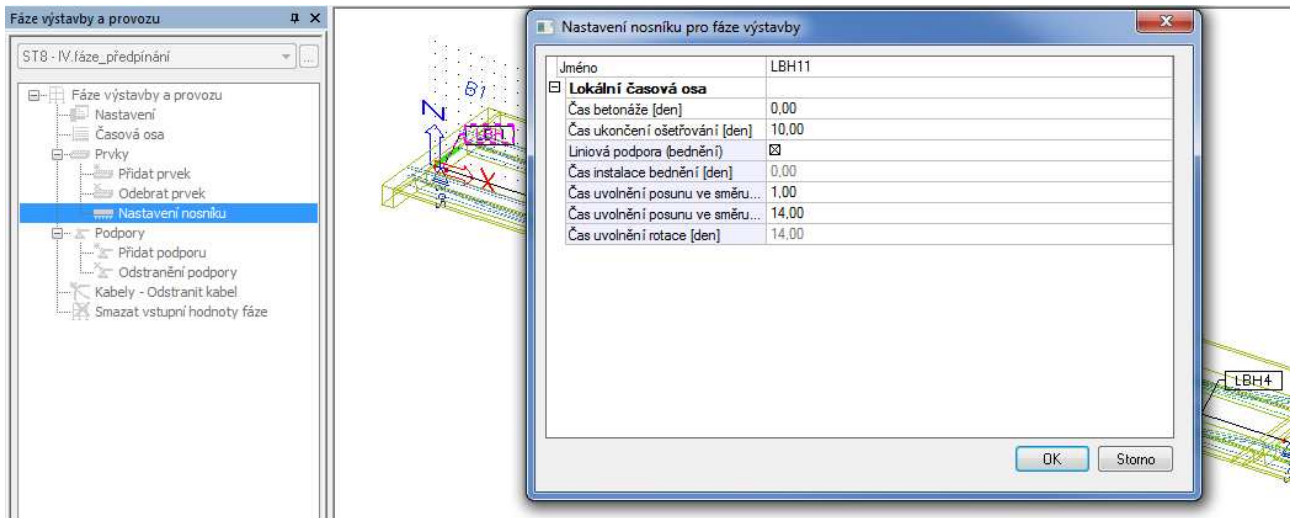
Celou konstrukci rozdělíme do fází výstavby podle postupů popsaných výše. Obrázky na následujících stranách ukazují postup výstavby v jednotlivých fázích.





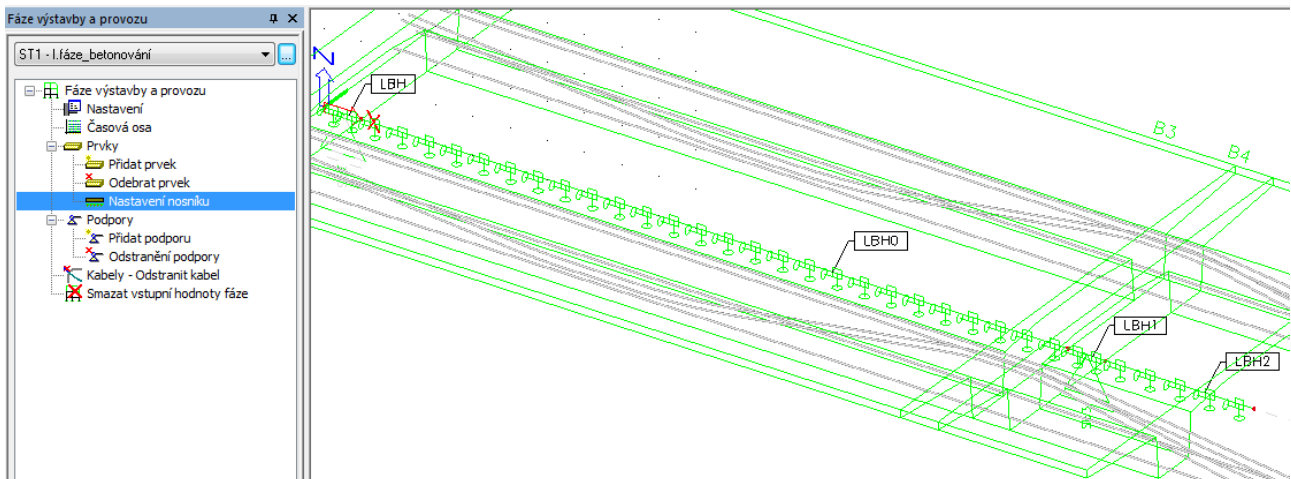
3.1 Nastavení nosníku pro fáze výstavby

Jedno z nejdůležitějších nastavení pro časově závislou analýzu je **Nastavení nosníku pro fáze výstavby (LBH)**. Tato přídatná data budeme zadávat na každý nosník.



- **Čas betonáže** - čas betonáže ve dnech na lokální časové ose vztaženo ke globální časové ose. Je možné zadat i zápornou hodnotu. Liniová podpora (bednění) nesmí být použita v tomto případě. Po tomto čase začíná stárnutí betonu. Hodnota také ovlivňuje stáří betonu pro výpočet dotvarování. Například: fáze 1 - globální čas 5 dní a doba betonáže -3 dny - znamená , že globální čas betonáže je ve 2 dnech. Potom bychom ale neměli zadávat liniovou podporu (bednění).
- **Čas ukončení ošetřování** - čas, kdy končí ošetřování betonu. Používáme-li fázovaný průřez, jedná se o ukončení ošetřování první fáze průřezu. Údaj je důležitý pro výpočet smršťování.
- **Délka ošetřování dobetonovávaných částí průřezu** – údaj důležitý pouze když používáme fázované průřezy, čas určuje konec ošetřování druhé, třetí a dalších fází, pokud existují. Také ovlivňuje výpočet smršťování.
- **Čas uvolnění posunu ve směru osy X(Z)** – čas ve dnech, kdy je uvolněno bednění ve směru osy X (nebo Z).

Zobrazení nastavení ve 3D okně je podobné jako liniové podpory (bednění).

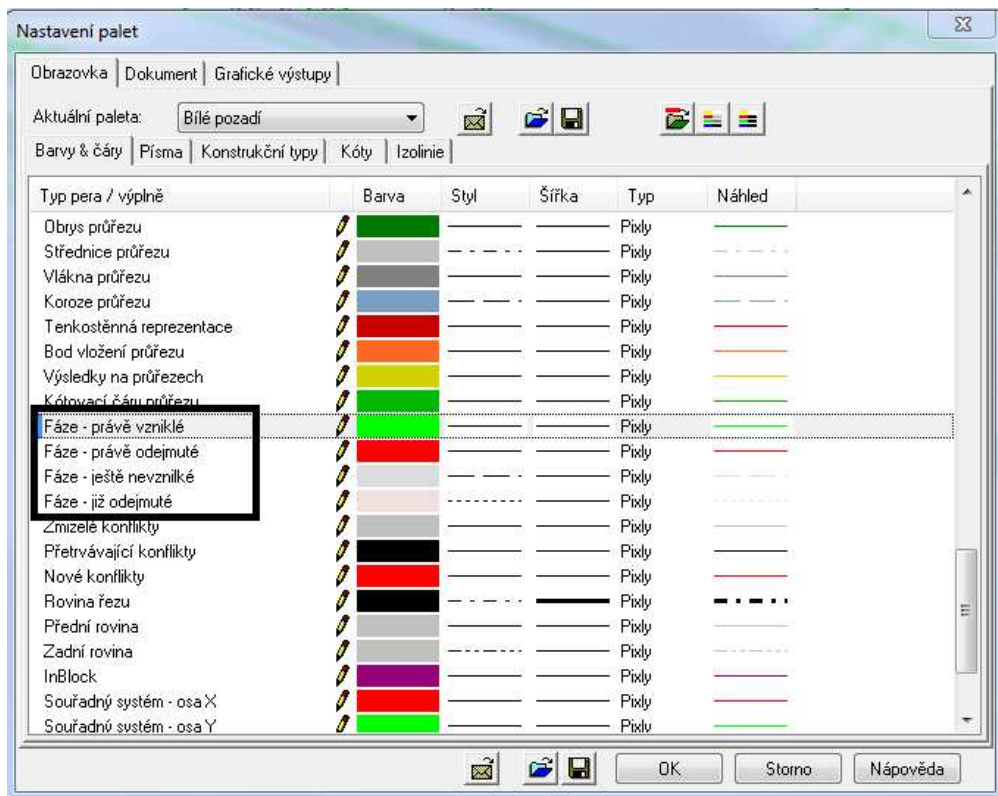


Více LBH dat lze upravovat naráz v jednom kroku podobně jako jiná přídatná data prutů. LBH nastavení lze také prohlížet v dokumentu.

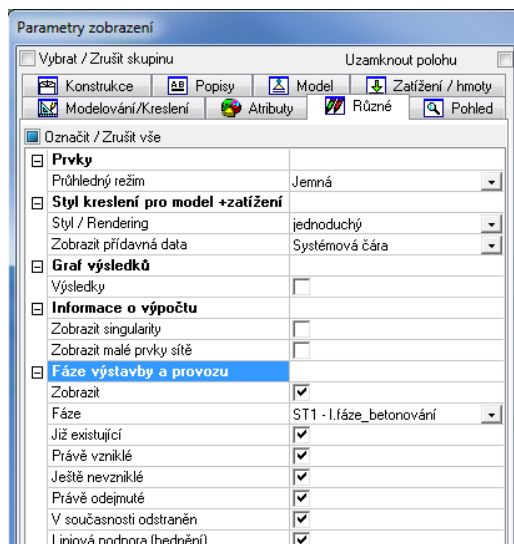
9. Nastavení nosníku pro fáze výstavby

Jméno	Prvek	Čas betonáže [den]	Čas ukončení ošetřování [den]	Liniová podpora (bednění)	Čas instalace bednění [den]	Čas uvolnění posunu ve směru osy X [den]	Čas uvolnění posunu ve směru osy Z [den]	Čas uvolnění rotace [den]
LBH	B1	0,00	10,00	✓	0,00	1,00	42,00	42,00
LBH0	B2	0,00	10,00	✓	0,00	1,00	42,00	42,00
LBH1	B3	0,00	10,00	✓	0,00	1,00	42,00	42,00
LBH2	B4	0,00	10,00	✓	0,00	1,00	42,00	42,00
LBH3	B5	0,00	10,00	✓	0,00	1,00	14,00	14,00
LBH4	B8	0,00	10,00	✓	0,00	1,00	14,00	14,00
LBH5	B6	0,00	10,00	✓	0,00	1,00	14,00	14,00
LBH6	B7	0,00	10,00	✓	0,00	1,00	14,00	14,00
LBH7	B11	0,00	10,00	✓	0,00	1,00	14,00	14,00
LBH8	B9	0,00	10,00	✓	0,00	1,00	14,00	14,00
LBH9	B10	0,00	10,00	✓	0,00	1,00	14,00	14,00
LBH10	B12	0,00	10,00	✓	0,00	1,00	14,00	14,00

Barevné nastavení prvků konstrukce ve fázích výstavby ve 3D okně závisí na Nastavení > Barvy/čáry:

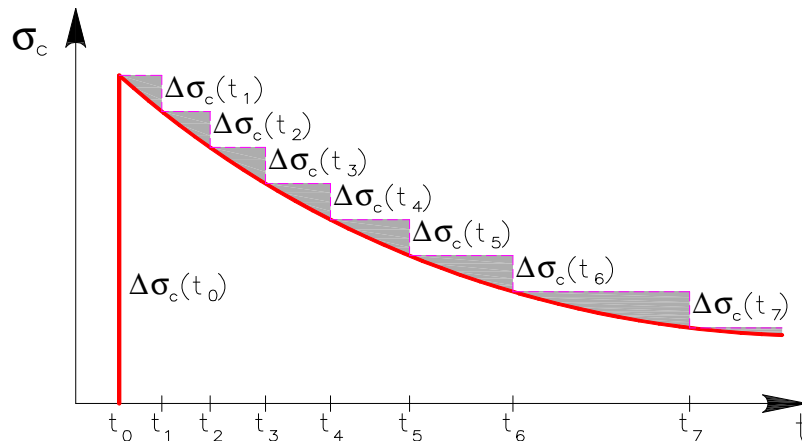
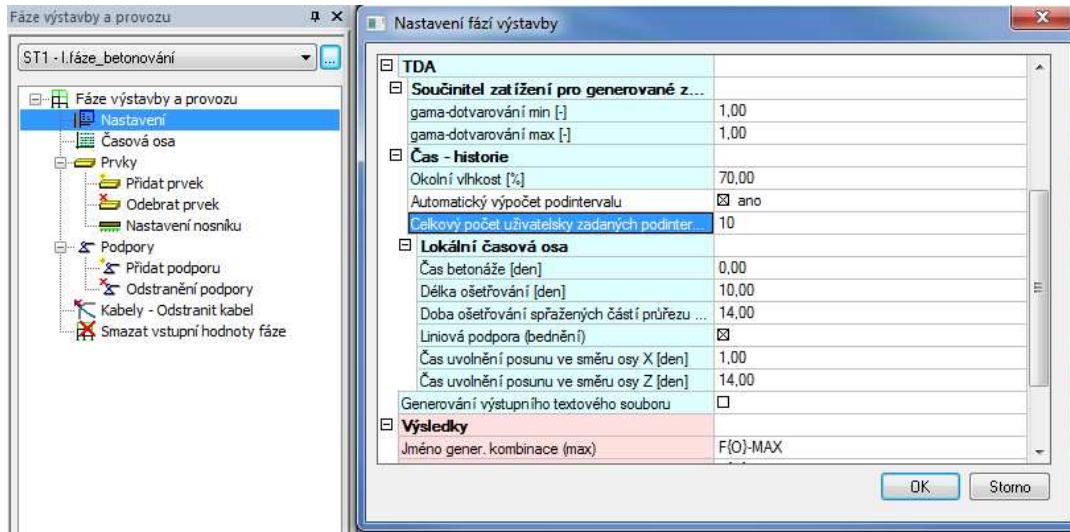


Kreslení podle fází výstavby můžeme nastavit v Parametrech zobrazení pro všechny entity a vybrat, které části fází budou vykresleny.



3.2 Automatický výpočet subintervalů

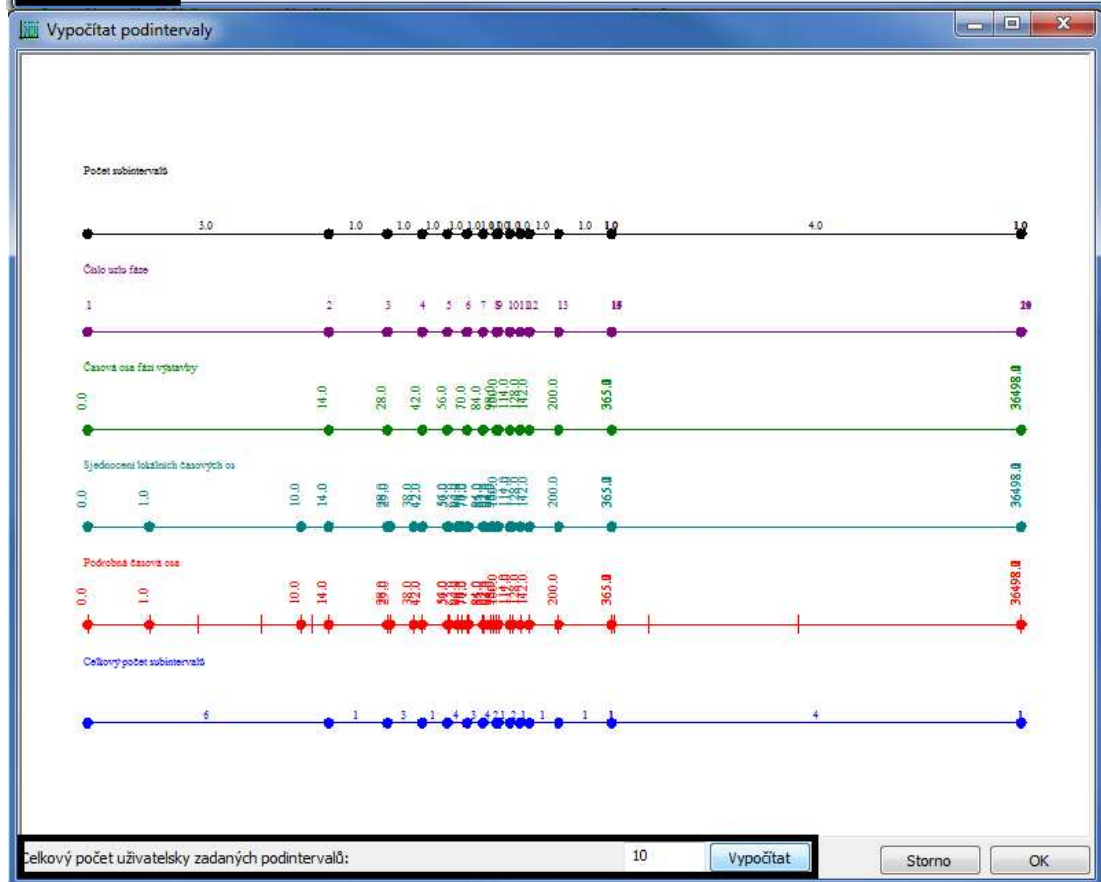
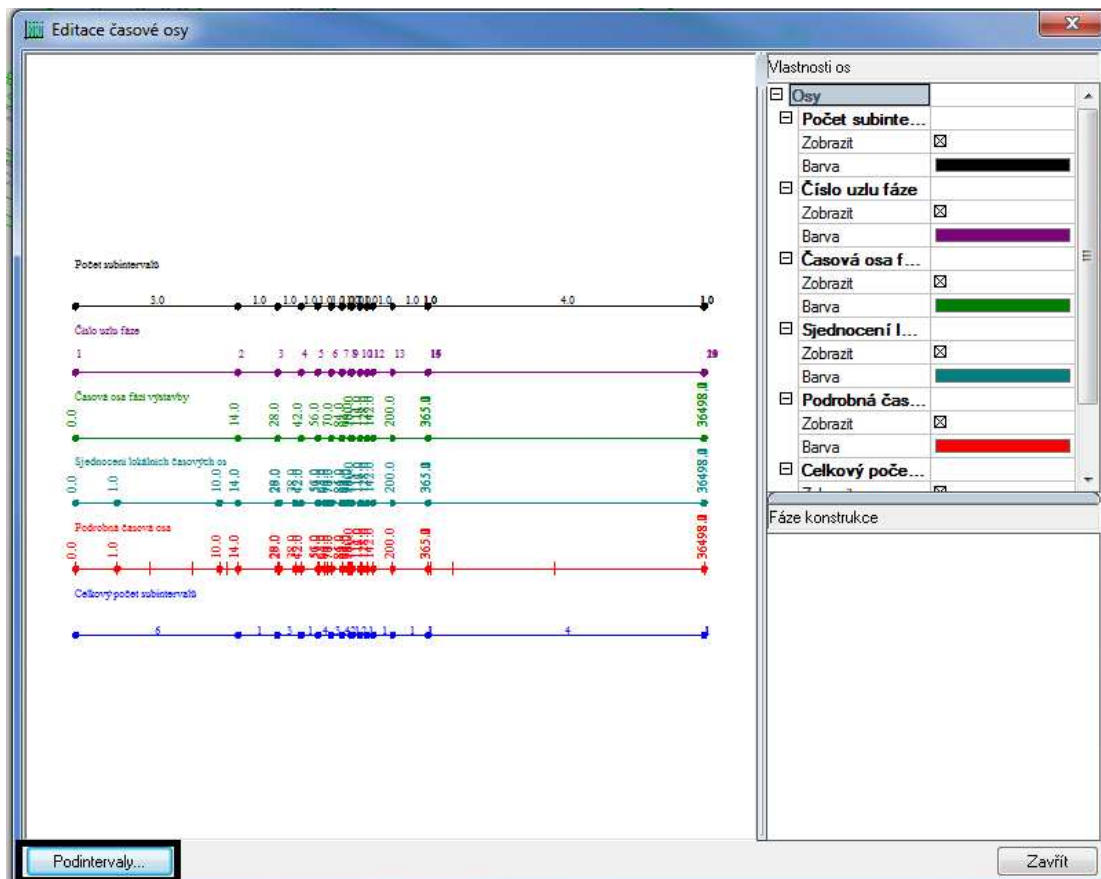
Pro každou fázi zadáme počet subintervalů nebo můžeme nastavit celkový počet subintervalů pro celou konstrukci v **Nastavení > Celkový počet uživatelsky zadaných podintervalů**. Časová osa bude rozdělena na stejné logaritmické přírůstky v celé konstrukci.



Celkový počet může být vyšší, než co zadal uživatel, protože:

- V každé fázi musí být alespoň jeden subinterval.
- Držení napětí (trvání krátkodobé relaxace) je také považováno za bod na časové ose.

Tato možnost je také k dispozici ve funkci **Časová osa > Podintervaly**. Uživatel zde může zadat celkový počet podintervalů a akceptovat nebo odmítnout nabízený výpočet subintervalů.



4 Pohyblivá zatížení

Zatěžovací systém gr1a (podle tabulky 4.4 normy EN1991-2) je nejučinnějším zatěžovacím systémem pro mosty. Systém sestává z:

- Modelu zatížení – LM1
 - Soustředěné zatížení od nápravy – TS
 - Rovnoměrné zatížení – UDL
- Zatížení chodci nebo cyklisty

Kombinační součinitele (ψ_0 , ψ_1 a ψ_2) jsou odlišné pro jednotlivá zatížení v tomto systému podle tabulky A2.1 z normy EN 1990/A1. Postup modelování a posuzování za použití charakteristické, časté a kvazistálé kombinace zahrnující zatěžovací systém gr1a je odlišný od standardního postupu se zatěžovacími stavy, které náleží jisté skupině zatížení s definovanými kombinačními součiniteli v menu projektu.

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

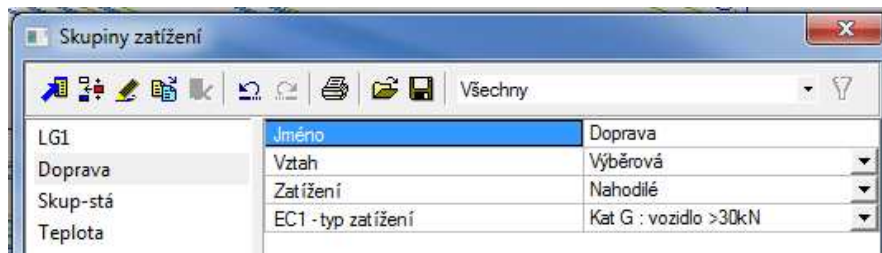
Pravidla pro kombinace MSP podle tab. A2.6 z EN1990/A1

	Stálé	Předpětí	Hlavní nahodilé (doprava)	Vedlejší nahodilé (teplota)
Charakteristická	G_i	P	$1,0 \cdot Q_{k1}$	$\psi_0 \cdot Q_{ki}$
Častá	G_i	P	$\psi_1 \cdot Q_{k1}$	$\psi_2 \cdot Q_{ki}$
Kvazi-stálá	G_i	P	$\psi_2 \cdot Q_{ki}$	$\psi_2 \cdot Q_{ki}$

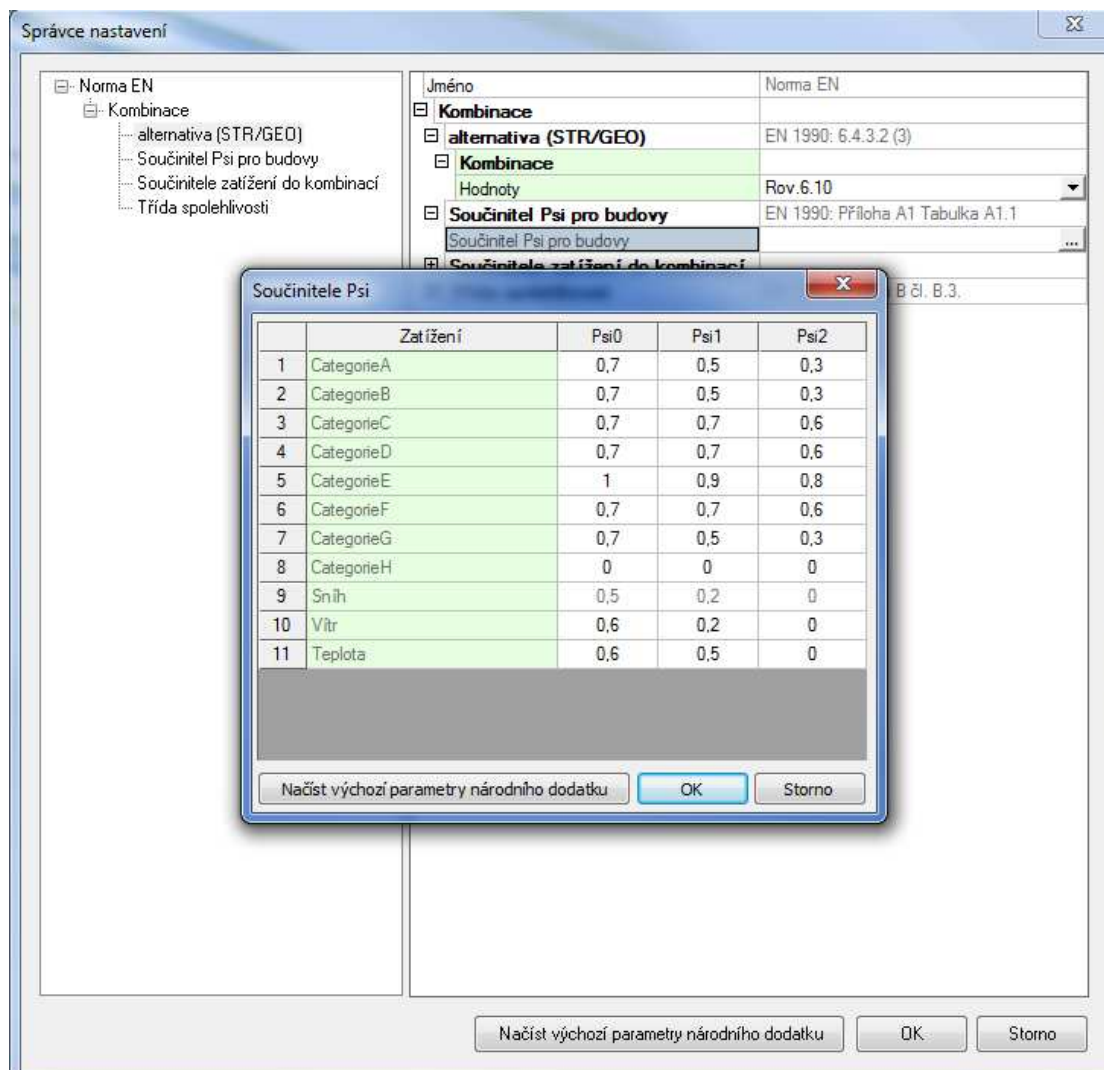
4.1 Příprava pohyblivých zatížení v SEn

4.1.1 Skupina zatížení

Vytvoříme novou zatěžovací skupinu pojmenovanou **Doprava**, zatížení **Nahodilé**, vztah **Výběrová**. Této skupině přiřadíme kategorii G: vozidlo >30kN

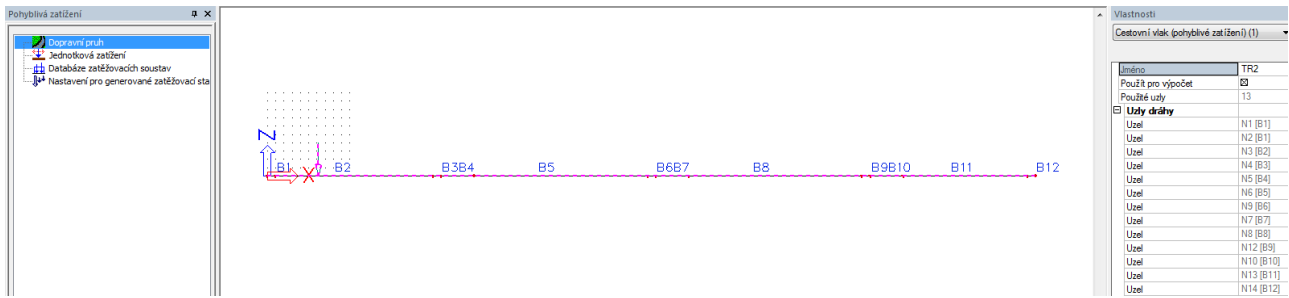


Výchozí nastavení kombinačních součinitelů:



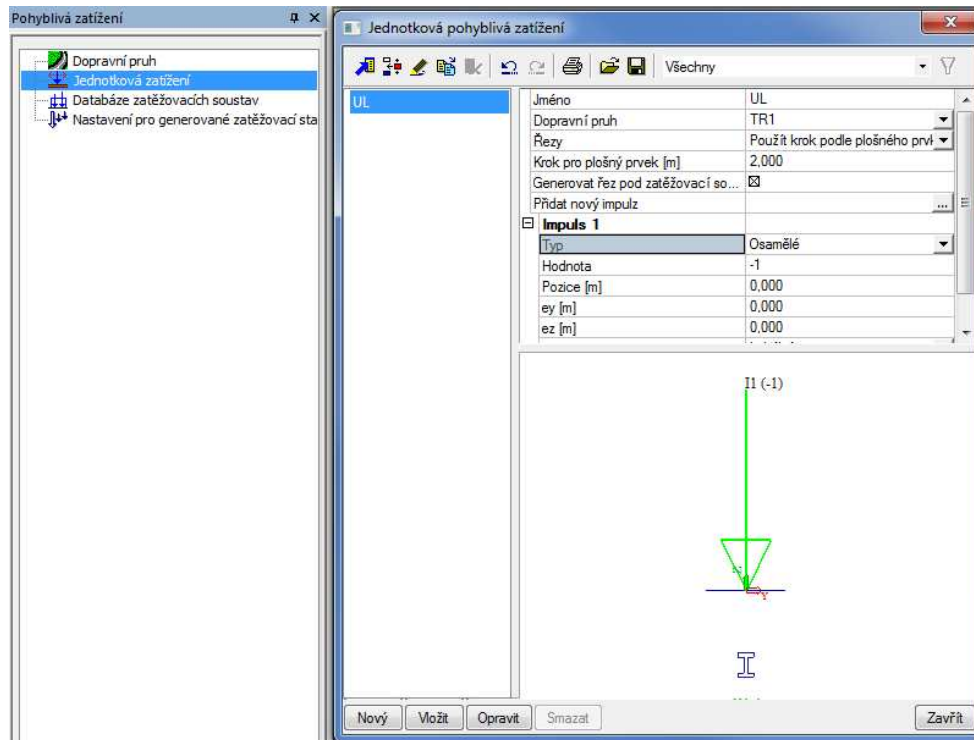
4.1.2 Dopravní pruh

Nový dopravní pruh (TR1) zadáme v servisu **Pohyblivá zatížení > Dopravní pruh**. Označením prvního a koncového bodu se dráha automaticky vytvoří na celé konstrukci.



4.1.3 Jednotková zatížení

Nové jednotkové zatížení zadáme hned další funkcí **Jednotková zatížení**.

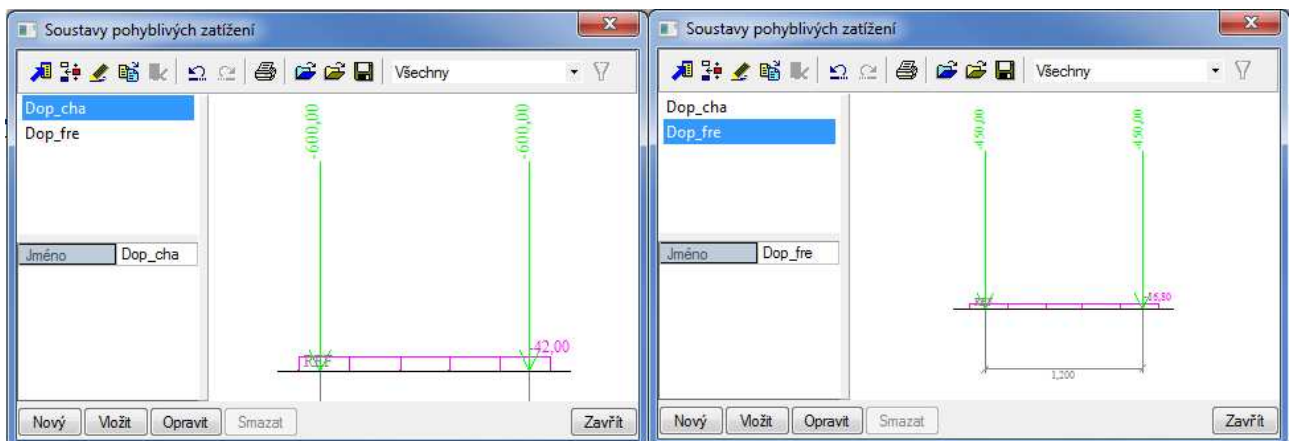


4.1.4 Databáze zatěžovacích soustav

Nová zatěžovací soustava se zadává pro každou kombinaci včetně kombinačních součinitelů pro charakteristickou a častou kombinaci.

Dop_cha – zatěžovací soustava pro charakteristickou kombinaci $1,0 \cdot TS + 1,0 \cdot UDL$

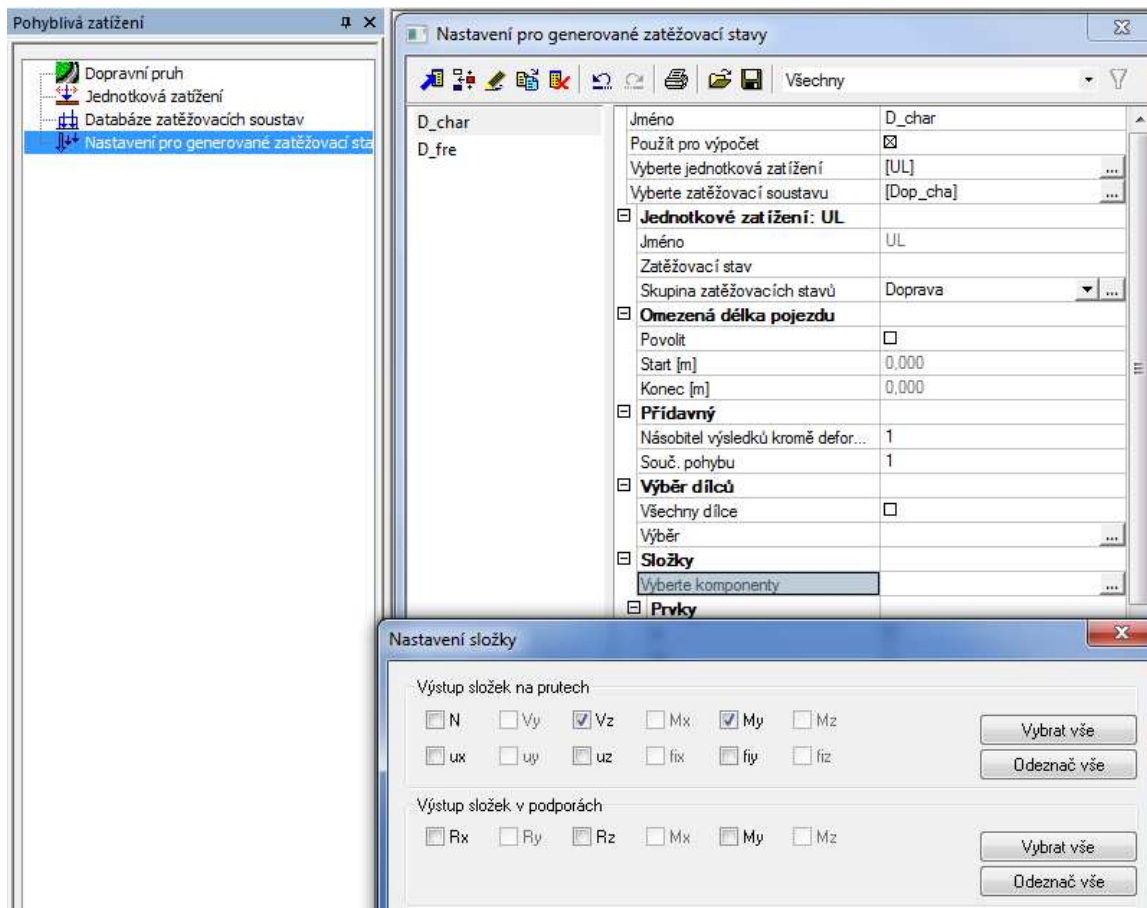
Dop_fre – zatěžovací soustava pro častou kombinaci $0,75 \cdot TS + 0,4 \cdot UDL$

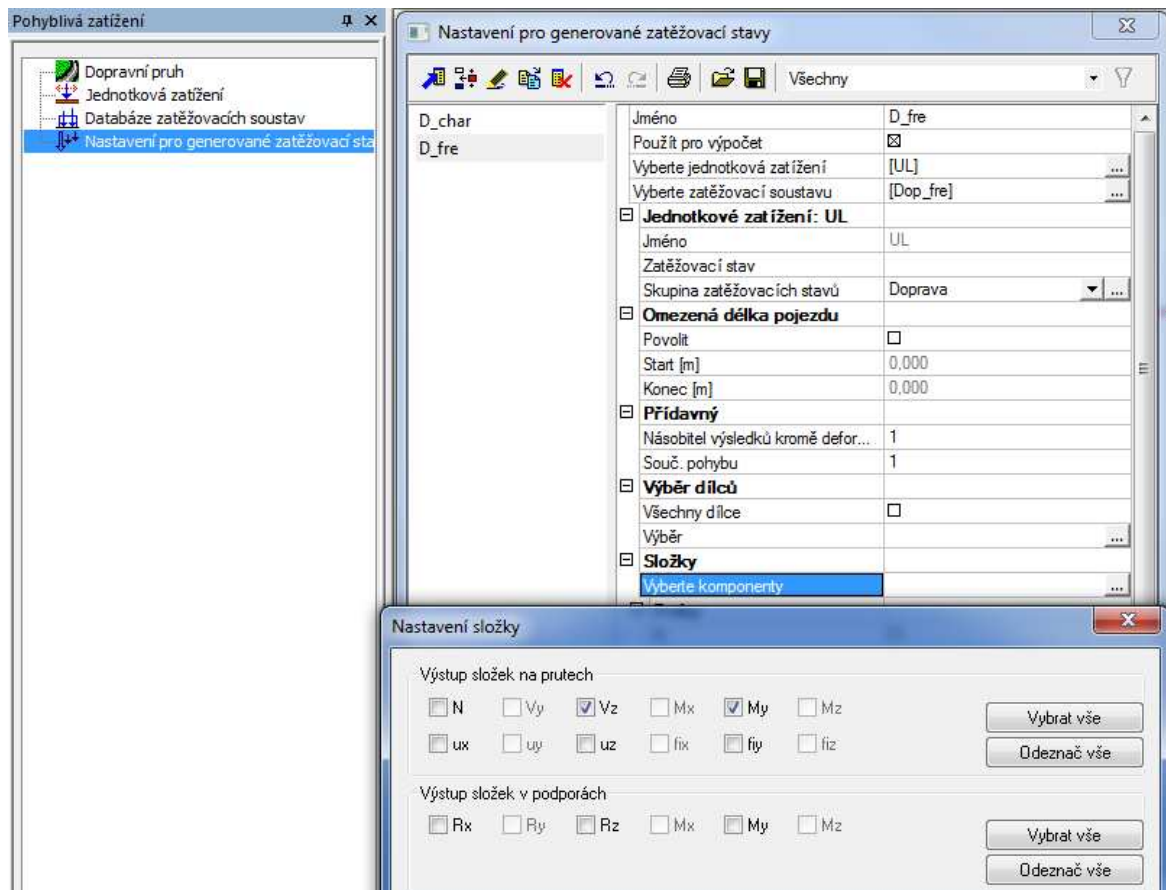


4.2 Nastavení pro generované zatěžovací stavy

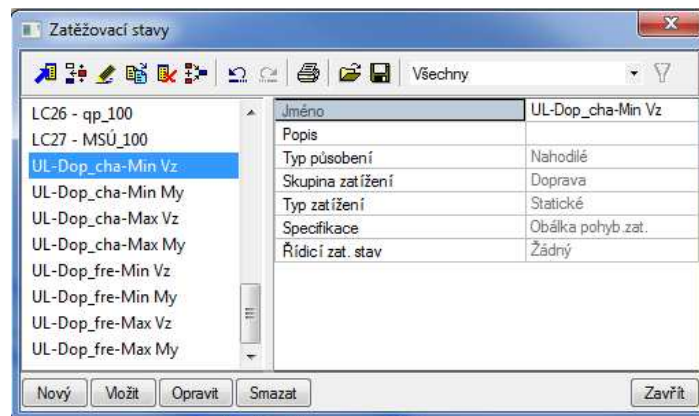
V **Nastavení pro generované zatěžovací soustavy** vytvoříme dvě položky, D_char a D_fre například. Stejná skupina zatížení (**Doprava**) by měla být přiřazena každé skupině generovaných zatěžovacích stavů. Prvky **Vz** a **My** zaškrtneme pro vyhodnocení dle následujícího obrázku.

- **D_char** – jednotkové zatížení (**UL**) + zatěžovací soustava (**Dop_char**)
- **D_fre** – jednotkové zatížení (**UL**) + zatěžovací soustava (**Dop_fre**)





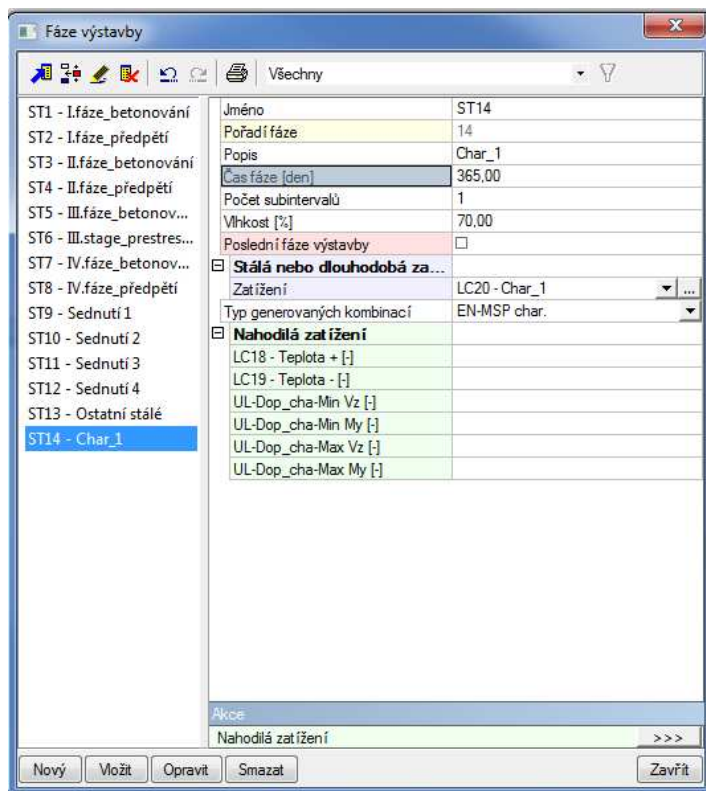
Při lineárním výpočtu se automaticky vygenerují obálky zatěžovacích stavů po proběhnutí lineárního výpočtu. Tyto generované zatěžovací stavy se přiřadí odpovídajícím fázím.



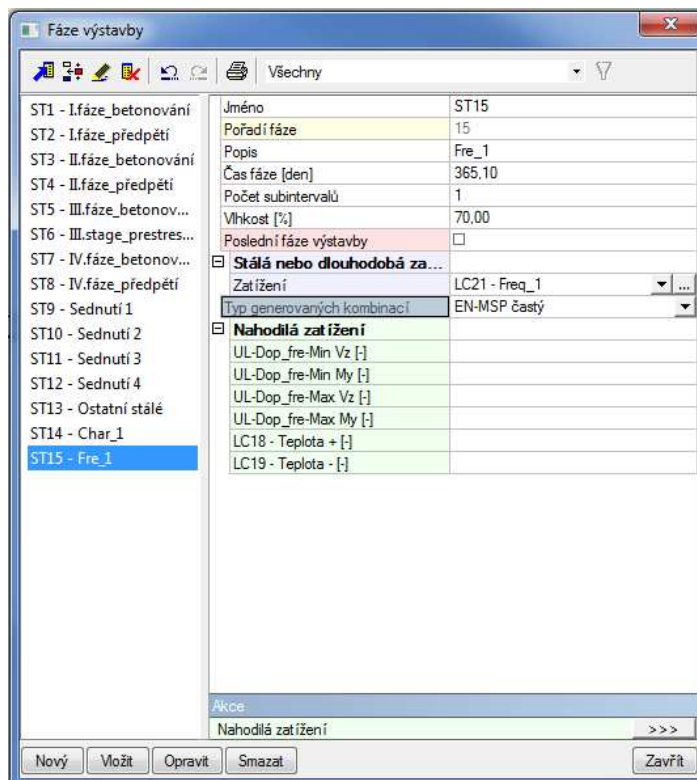
4.3 Definice fází výstavby

Vytvořili jsme jednotlivé fáze výstavby v příslušné knihovně. Nyní přidáme příslušné obálky nahodilých zatěžovacích stavů podle toho, jaký je typ generované kombinace:

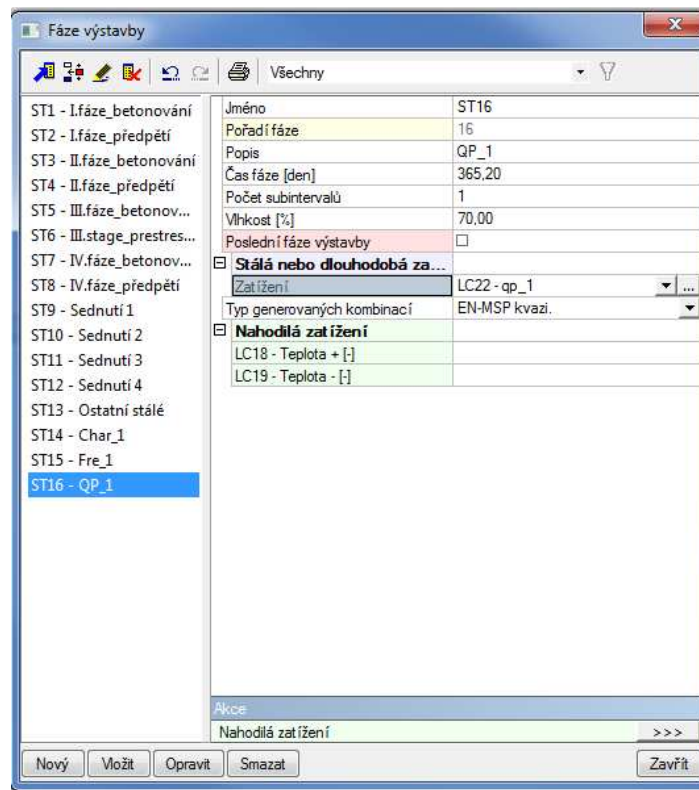
- **Char_1** – charakteristická kombinace
 - čas 365 dní
 - EN-MSP-char.
 - UL-Dop_cha-Min My
 - UL-Dop_cha-Max My
 - UL-Dop_cha-Min Vz
 - UL-Dop_cha-Max Vz
 - Teplota +
 - Teplota -



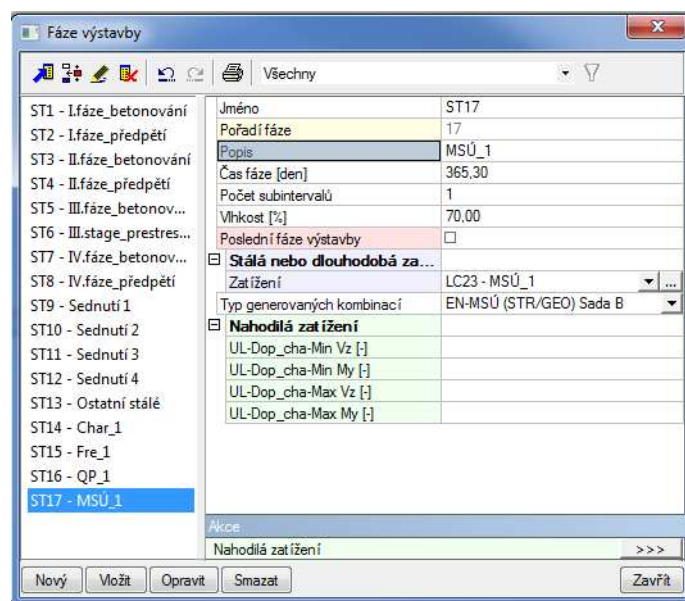
- **Fre_1** – častá kombinace
 - Čas 365,1 dní
 - EN-MSP-častý
 - UL-Dop_fre-Min My
 - UL-Dop_fre-Max My
 - UL-Dop_fre-Min Vz
 - UL-Dop_fre-Max Vz
 - Teplota +
 - Teplota -



- **QP_1** – kvazi-stálá kombinace
 - Čas 365,2 dní
 - EN-MSP-kvazi.
 - Teplota +
 - Teplota -



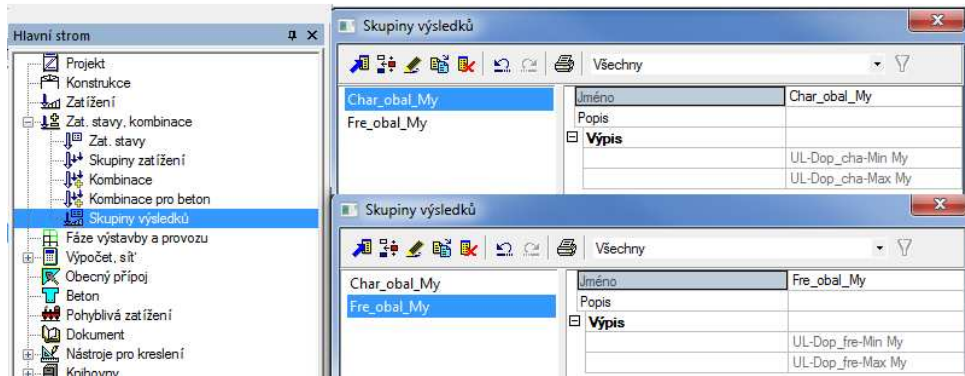
- **ULS_1** – ULS(STR) kombinace
 - čas 365,3 dní
 - EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B
 - UL-Dop_cha-Min My
 - UL-Dop_cha-Max My
 - UL-Dop_cha-Min Vz
 - UL-Dop_cha-Max Vz



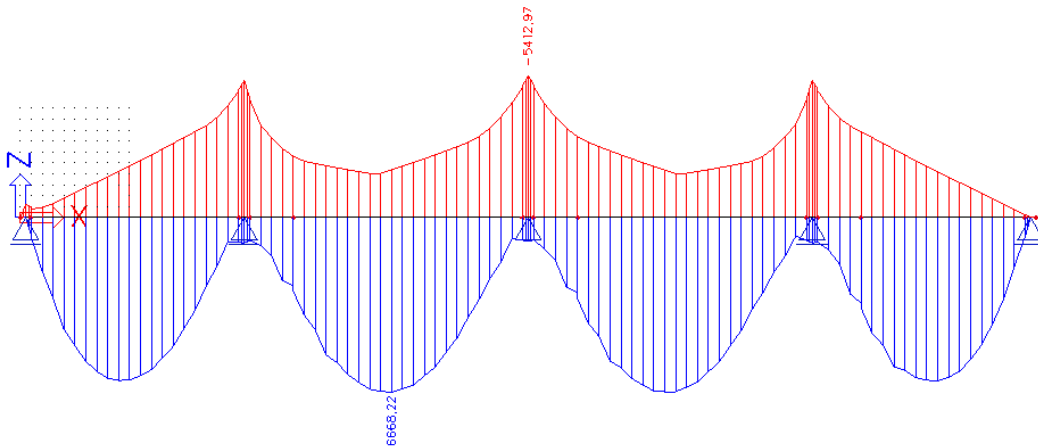
4.4 Vyhodnocení pohyblivých zatížení - obálky

Vyhodnocení extrémů (maxim a minim) obálek v jednom zobrazení je možné provést vytvořením skupin výsledků (**Zat. stavy, kombinace > Skupiny výsledků**).

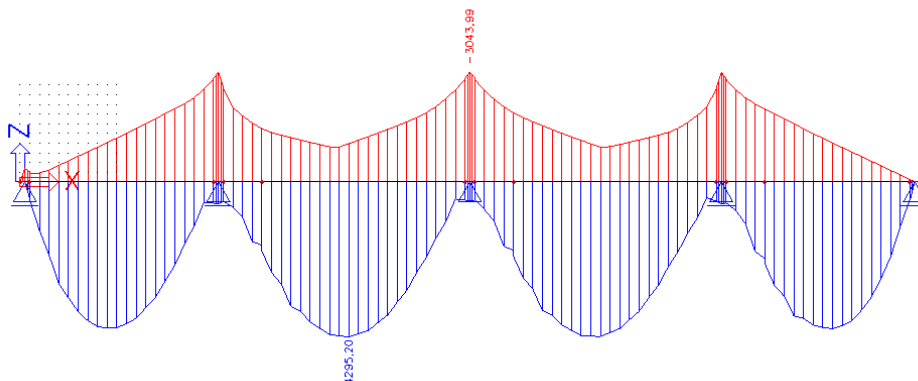
- **Char_obal_My** – extrémní obálky pohyblivých zatížení pro charakteristické kombinace
 - UL_Dop_cha_Max My
 - UL_Dop_cha_Min My
- **Fre_obal_My** – extrémní obálky pohyblivých zatížení pro časté kombinace
 - UL_Dop_fre_Max My
 - UL_Dop_fre_Min My



Vnitřní síly pro tyto skupiny je možné zobrazit v servisu **Výsledky > Vnitřní síly na prutech**. V okně vlastností zvolíme pro typ zatížení možnost **Třída** a ze seznamu tříd vybereme **Char_obal_My**. Extrémní moment je vykreslován z minim a maxim obálek pohyblivých zatížení pro charakteristickou kombinaci.

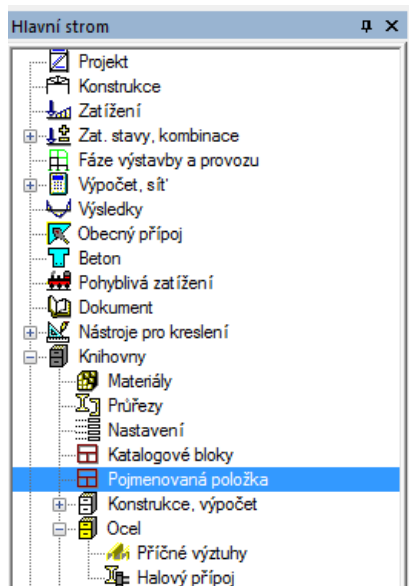


Obdobně zobrazíme výsledky pro častou kombinaci **Fre_obal_my**.



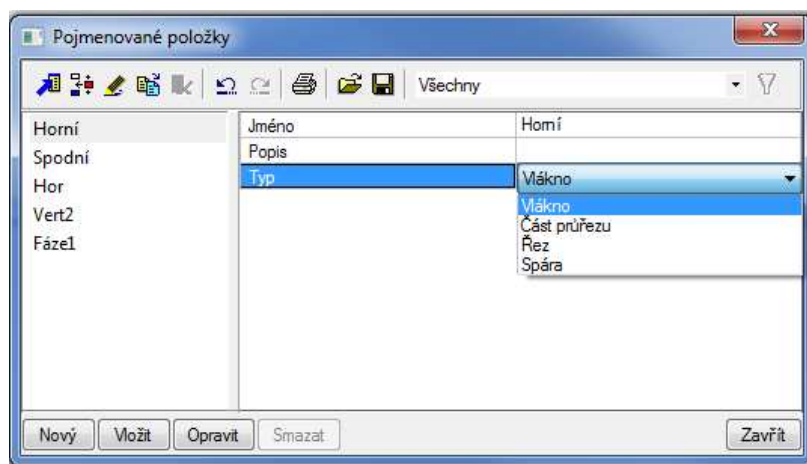
5 Knihovna pojmenovaných položek

Mezi jinými knihovnami najdeme i **Pojmenované položky**.



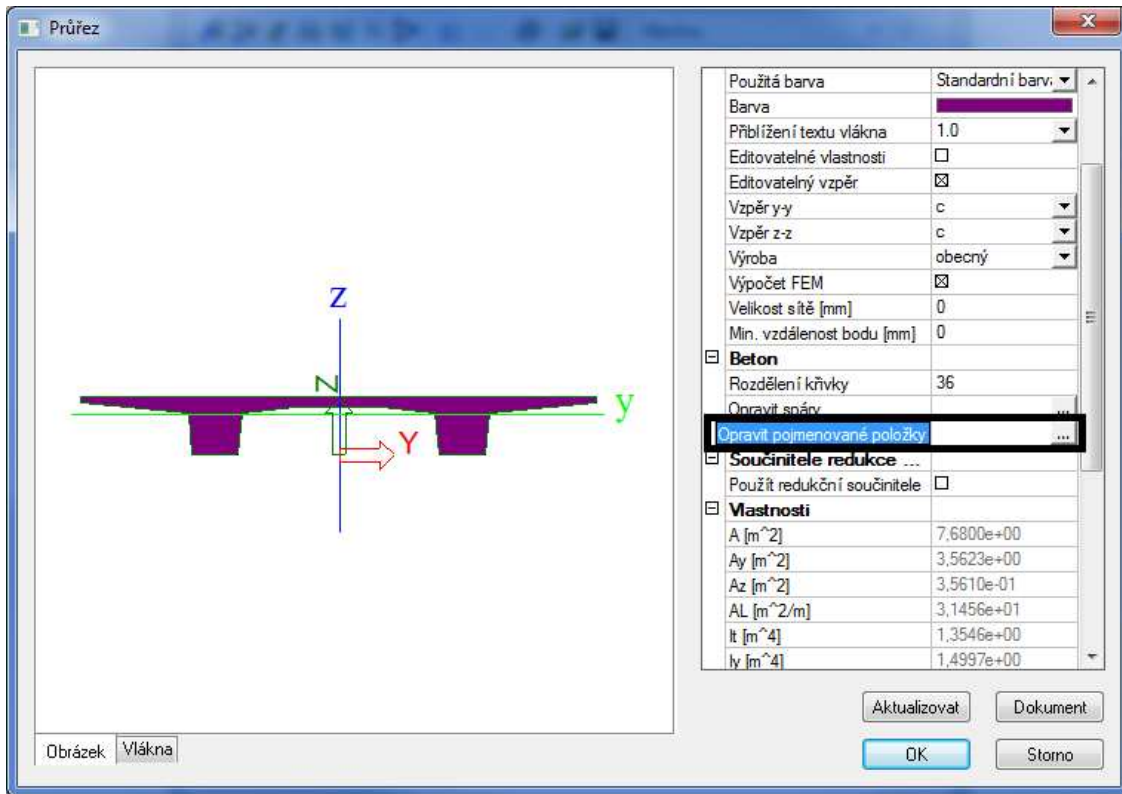
Můžeme vytvářet následující položky pomocí této knihovny:

- **Vlákno** – slouží k vyhodnocení výsledků přípustných napětí v betonu v předdefinovaných pojmenovaných vláknech pouze
- **Část průřezu** – slouží k vyhodnocení výsledků přípustných hlavních napětí v předem definovaných pojmenovaných částech průřezu, pokud máme nějaký fázovaný průřez
- **Řez** – slouží k vyhodnocení výsledků přípustných napětí v betonu v předdefinovaných pojmenovaných řezech průřezu
- **Spára** – slouží k vyhodnocení výsledků smykových napětí v konstrukčních spárách v předdefinovaných pojmenovaných spárách, pokud máme nějaký fázovaný průřez

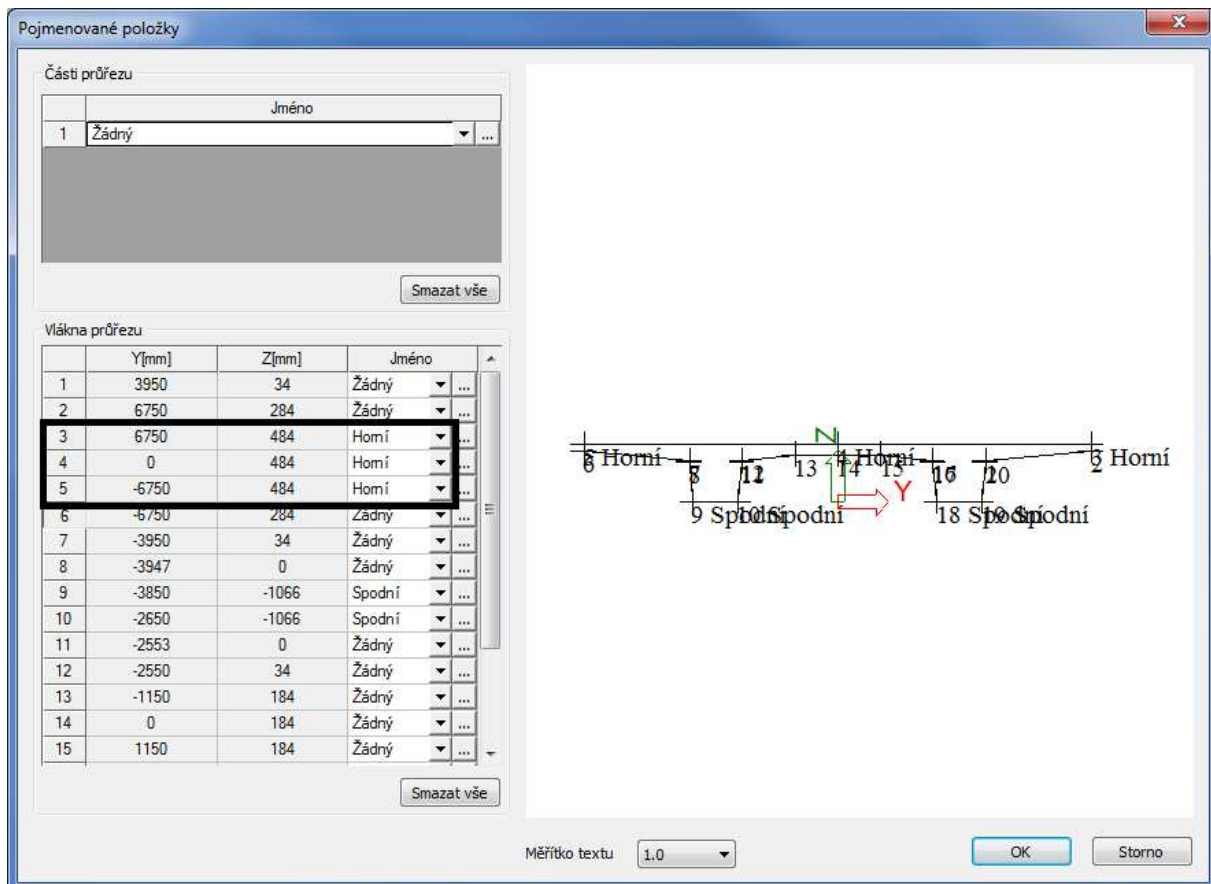


5.1 Pojmenovaná vlákna

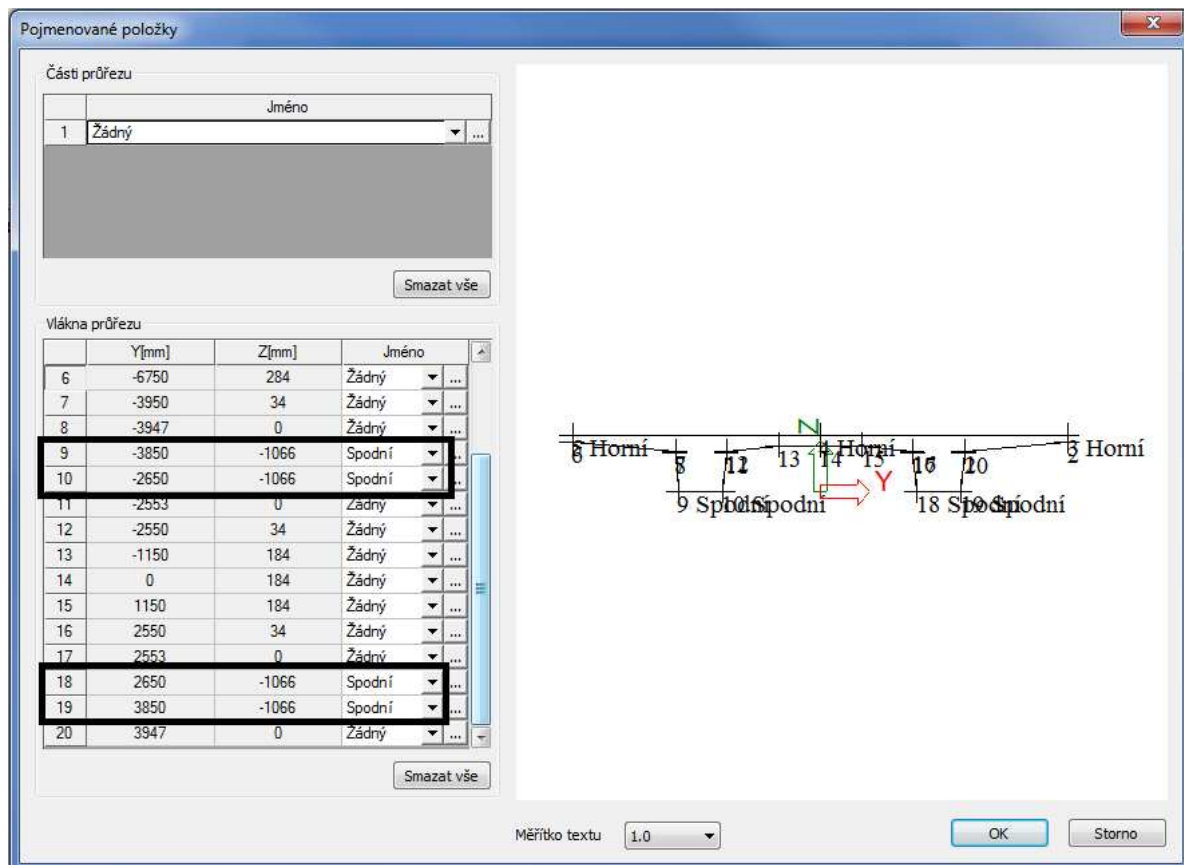
Pokud vytvoříme nějaké pojmenované položky ve zmíněné knihovně, je ještě důležité určit, které přesně řezy, části průřezu, vlákna nebo spáry to v daných průřezích jsou. Vlákna a části průřezu můžeme přiřadit pro vybraný průřez pomocí tlačítka **Opravit pojmenované položky**.



Horní vlákna s čísly 3, 4 a 5 přiřadíme k pojmenované položce **Horní**.

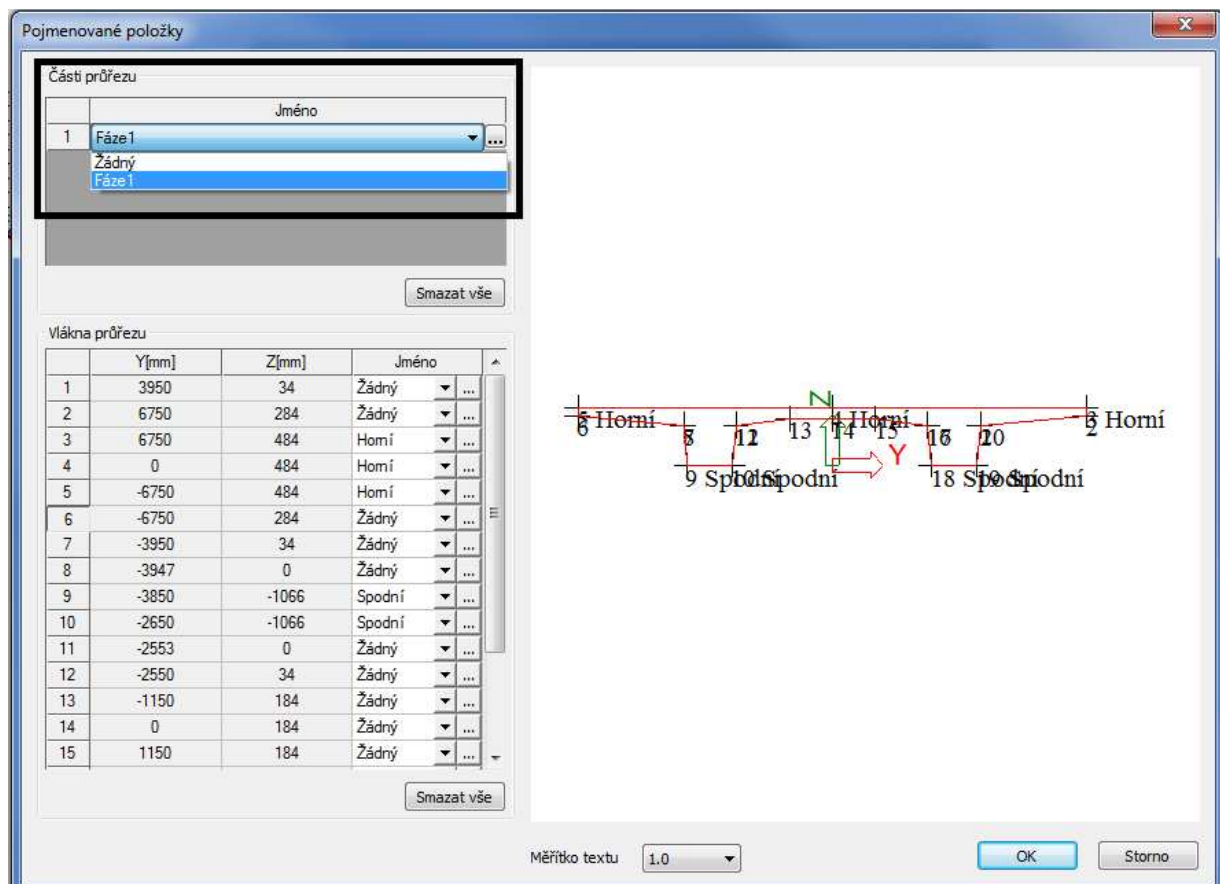


Spodní vlákna 9, 10, 18 a 19 zařadíme do položky **Spodní**.



5.2 Pojmenované části průřezu

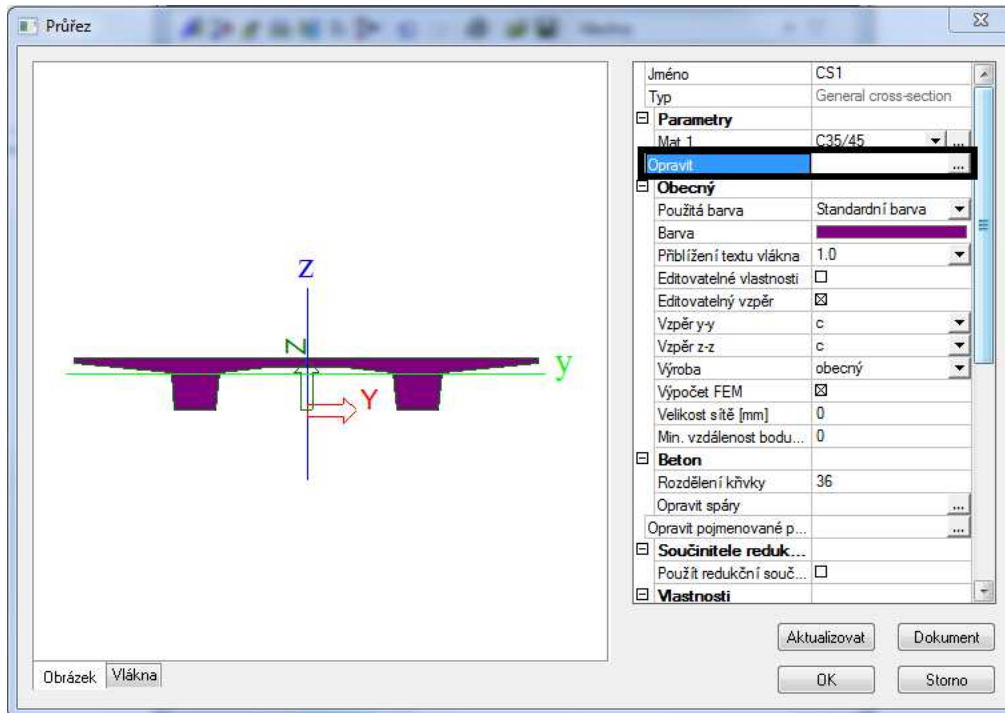
Pro případ fázovaného průřezu můžeme použít pojmenovanou část průřezu, k tomu použijeme volbu v levé horní části dialogového okna.



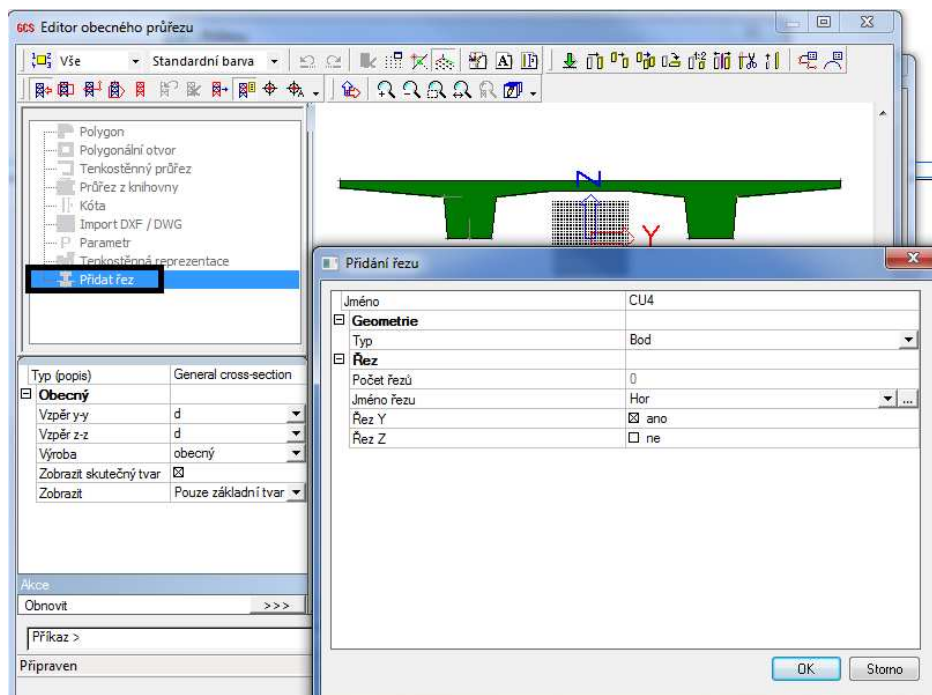
5.3 Pojmenované řezy

5.3.1 Pro obecný průřez

Pojmenované řezy je možné zadat pomocí Editoru obecného průřezu.



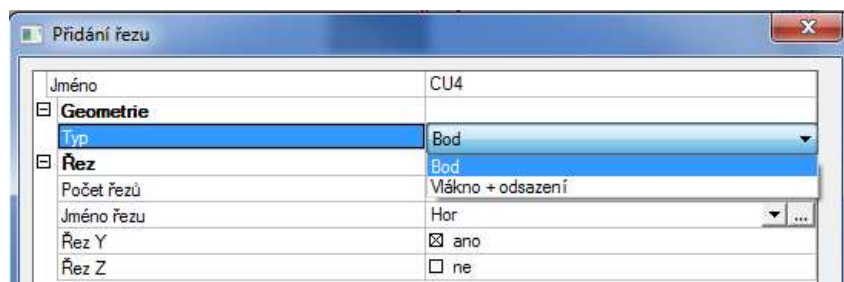
Nové řezy přidáme pomocí tlačítka **Přidat řez**.



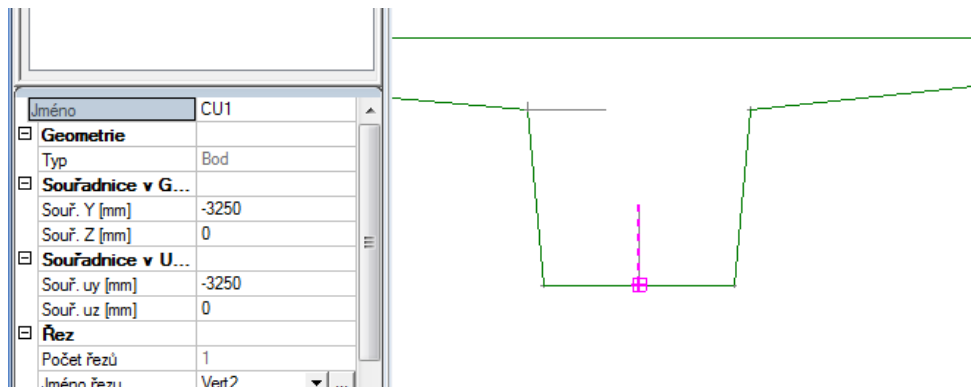
Máme dvě možnosti, jak zadat řez:

- **Bod** – řez je definován v zadaném bodě
- **Vlákno + odsazení** – řez je definován odsazením od zvoleného vlákna

Je zde také možnost zadat řez pouze ve směru Y nebo Z.

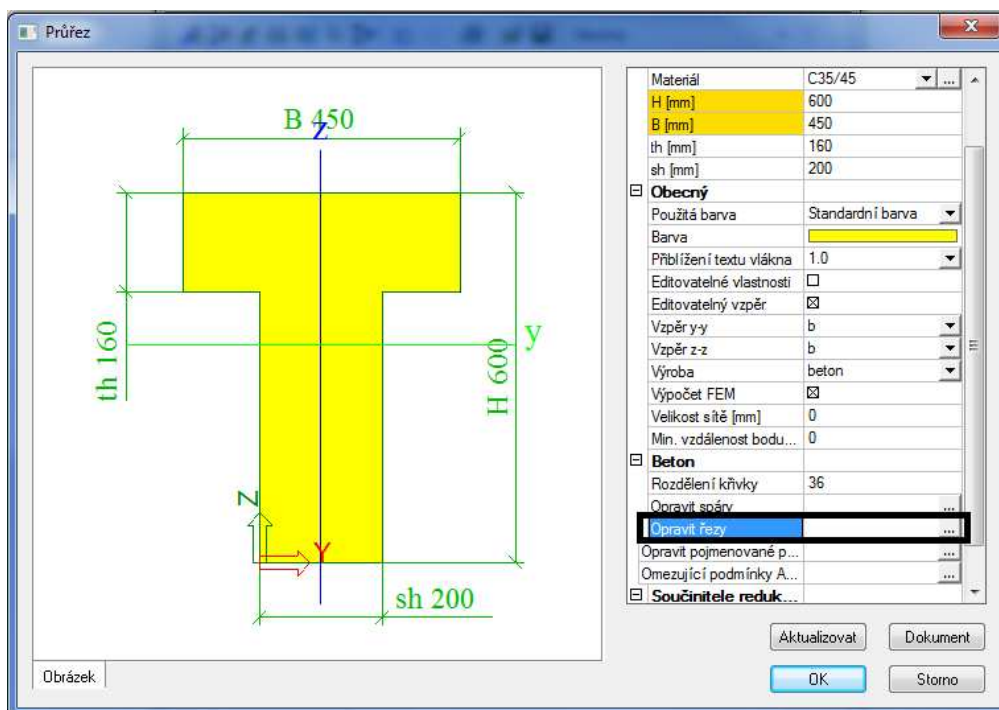


Zde jsme zadali vertikální řez v levé části (levém nosníku) průřezu:

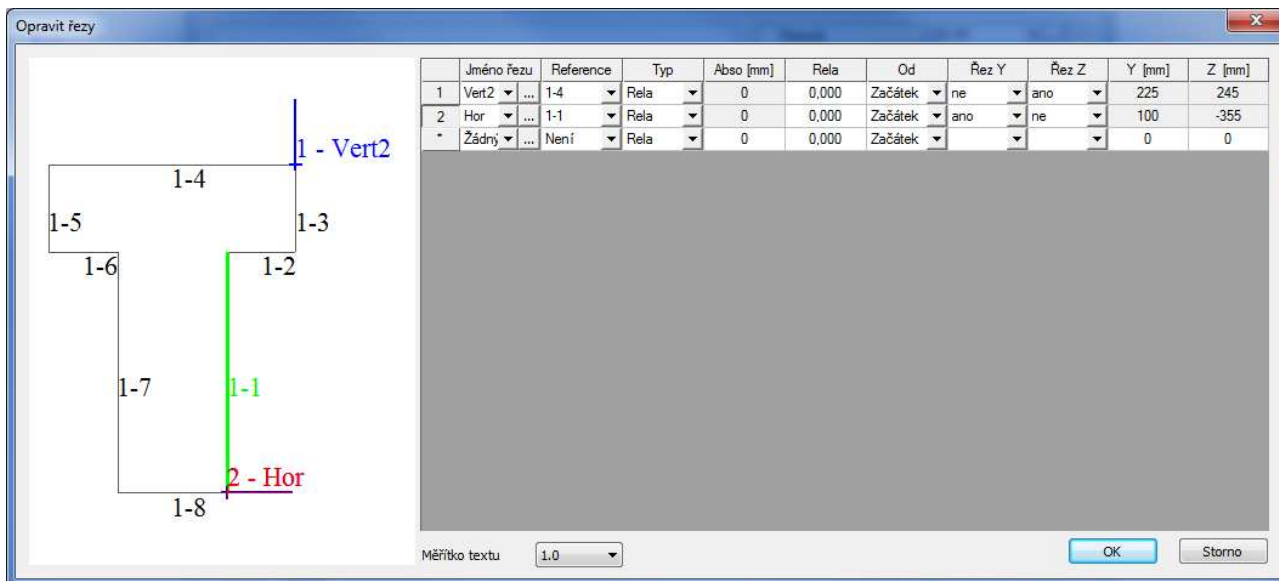


5.3.2 Pro katalogové průřezy

Zadání nových řezů pro katalogové průřezy je se provádí pomocí tlačítka **Opravit řezy** v knihovně průřezů.

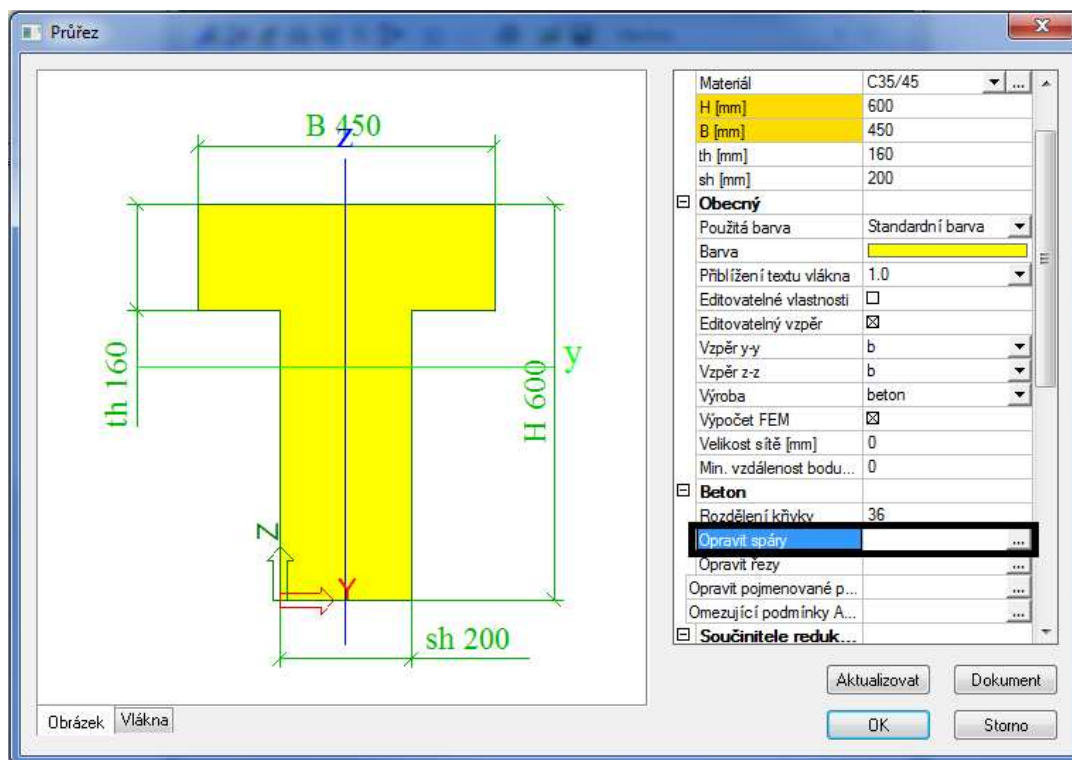


Dialogové okno pro opravu řezu je následující:

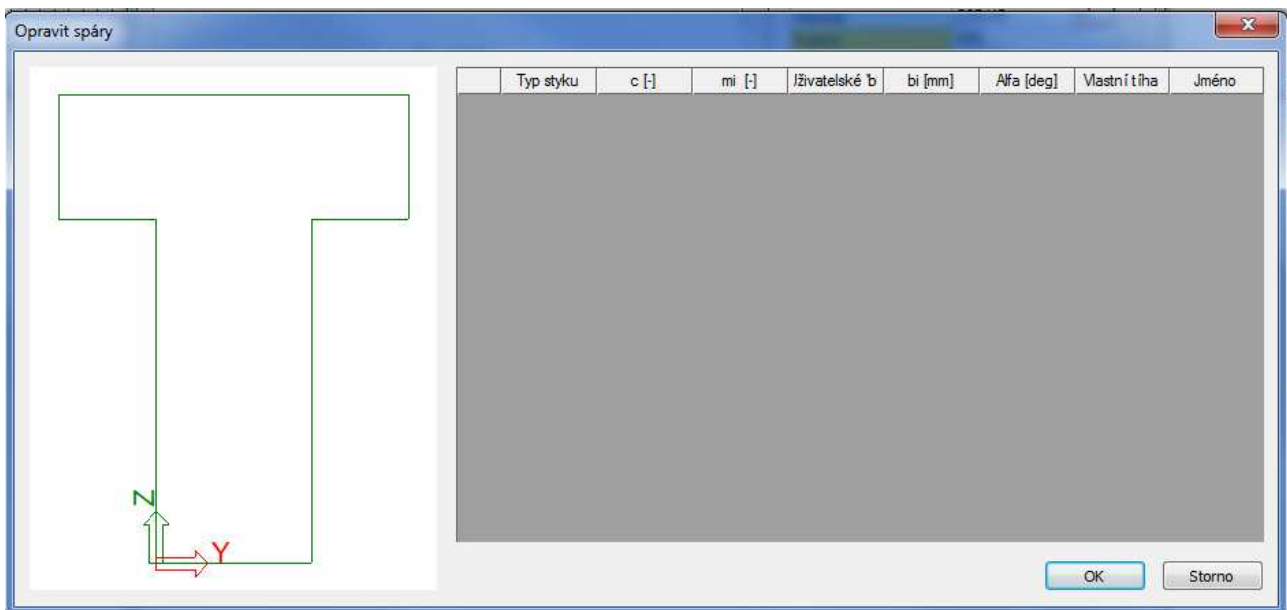


5.4 Pojmenované spáry

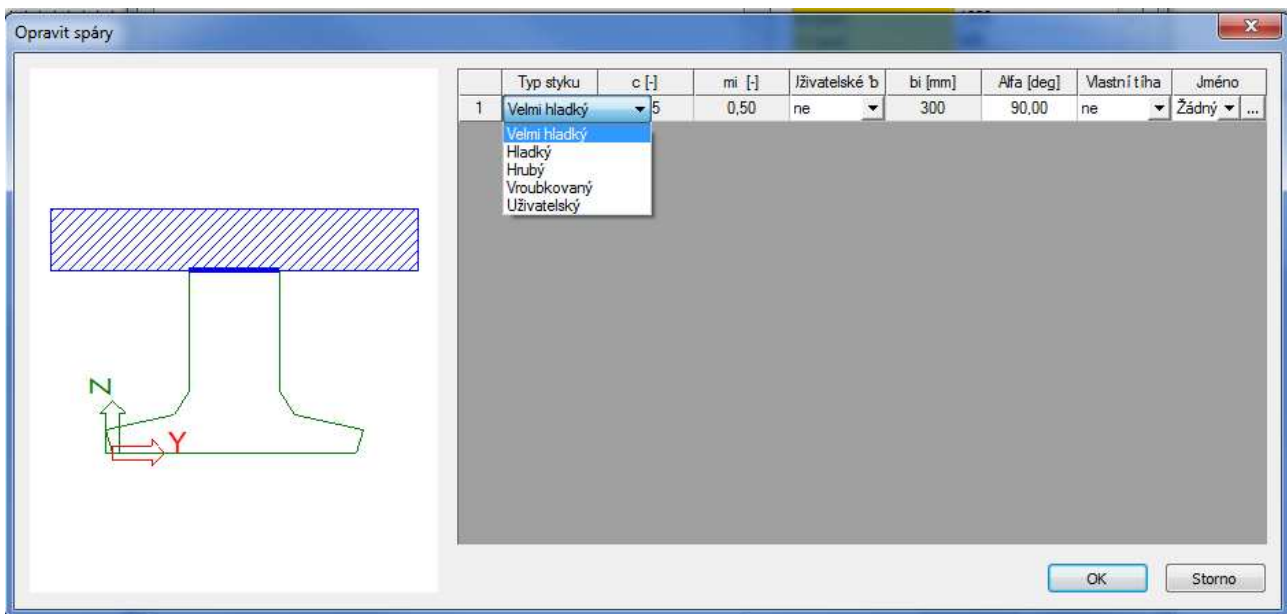
Pojmenované spáry tvoříme v případě fázovaného průřezu, a to pomocí tlačítka Opravit spáry. Vstoupíme tím do speciálního dialogového okna pro editaci spár.



Pokud je průřez celistvý, nezobrazí se nám žádné spáry.



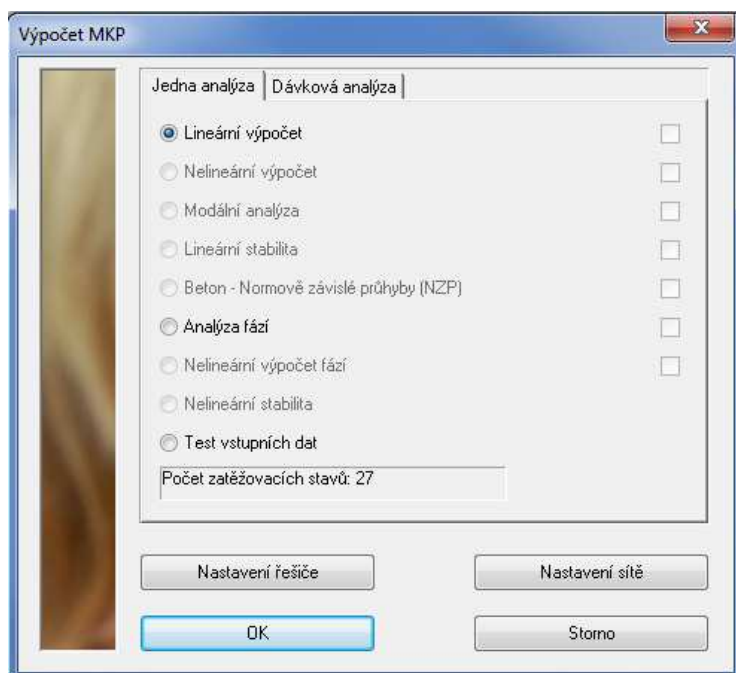
Pokud je průřez fázovaný, dialogové okno bude obsahovat následující volby.



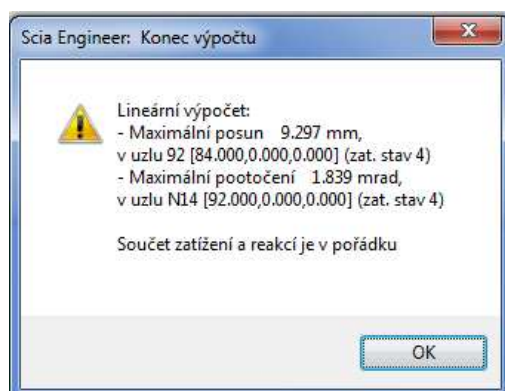
6 Analýza

6.1 Lineární výpočet

Lineární výpočet je nezbytný pro vygenerování obálek pohyblivých zatížení (viz kap. 4.2).

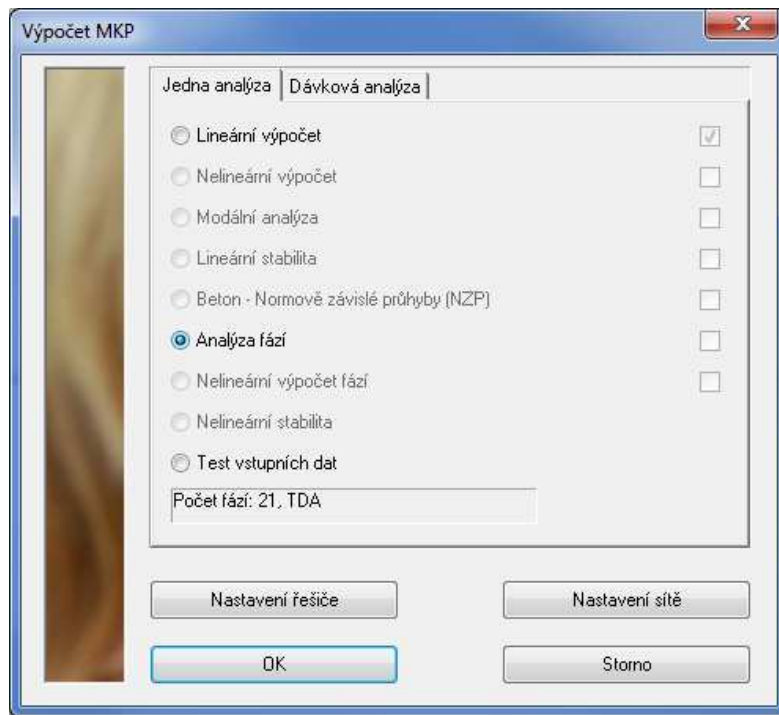


Po úspěšně dokončené výpočtu se objeví následující okno:



6.2 Analýza fází (TDA EN 1992-1-1)

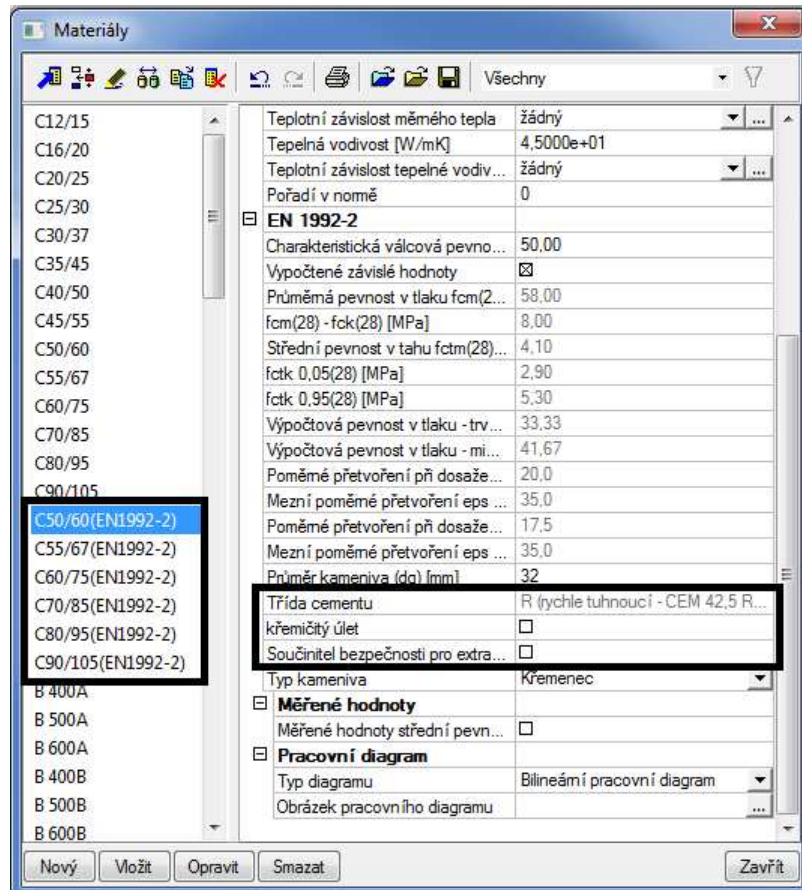
Analýzu fází provedeme kvůli výpočtu účinků fází s vlivem dotvarování a smršťování (TDA). Účinky dotvarování a smršťování se provádí podle normy EN 1992-1-1 přílohy B.



6.3 Analýza fází (TDA EN 1992-2)

Uživatel má možnost také provést časově závislou analýzu (výpočet dotvarování a smršťování) podle normy EN 1992-2 příloha B, ale je třeba provést ještě některé důležité kroky.

Hlavním úkolem je včlenit jiný typ materiálu do normy EN 1992. Existují dvě materiálové skupiny – EN 1992-1-1 a EN 1992-2. Kvůli provedení výpočtu dotvarování a smršťování betonu podle EN 1992-2 je vhodné zadat nový typ betonu. Tyto typy jsou označeny stejně jako standardní podle eurokódu, ale s příponou EN1992-2. Názorně na obrázku níže:

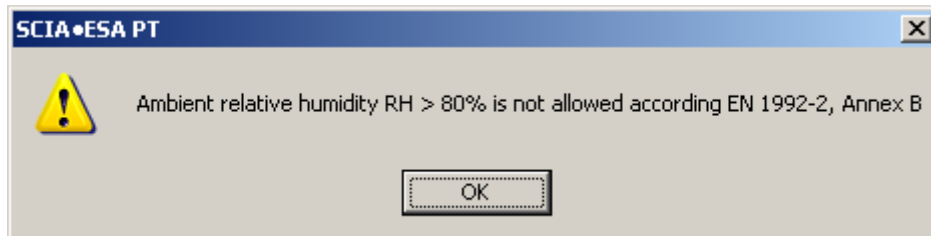


☰ Materiál s $f_{ck} < 50$ MPa není možné použít.

☰ Třída cementu – pouze R (rychlsetuhnoucí)

☰ Křemičitý úlet – volba ano/ne – ovlivňuje výpočet dotv. a smršťování podle EN 1992-2 annex B

☰ Relativní vlhkost - norma EN 1992-2 neumožňuje výpočet dotv. a smršťování pro relativní vlhkost nad 80%. Pokud tedy použijeme materiál z normy EN1992-2 a zadáme $RH > 80\%$, pak se na začátku výpočtu TDA objeví následující varování.



☰ Odhad zpožděného dlouhodobého přetvoření

☰ Odhad zpožděného dlouhodobého přetvoření se provádí podle kapitoly B.105, implementací vzorce B.128. Koeficient vypočítaný tímto vzorcem je použit pro vzorce pro beton se stářím 1 rok a více:

- $\varphi(t;t_0)$ (B.1) a $\varepsilon_{cd,0}$ (B.11) pro beton EN1992-1-1
- $\varepsilon_{cd}(t)$ (B.116) a $\varphi_b(t;t_0)$ (B.118) pro beton EN1992-2

☰ Uživatel může nastavit tuto možnost v knihovně materiálů ve vlastnostech daného betonu pro obě normové skupiny.

7 Posudek předpjatého betonu podle EN 1992-1-1

Posouzení předpjatého betonu lze provádět pouze podle normy EN 1992-1-1. Program neobsahuje žádné speciální posudky podle normy EN 1992-2 pro mostní konstrukce. Jediná možnost je použít speciální TDA výpočet podle této normy (viz kap.6.3).

7.1 Nastavení betonu

Výsledné nastavení parametrů je syntézou normově závislých hodnot (podle národní přílohy) a nezávislých hodnot ze standardního nastavení.

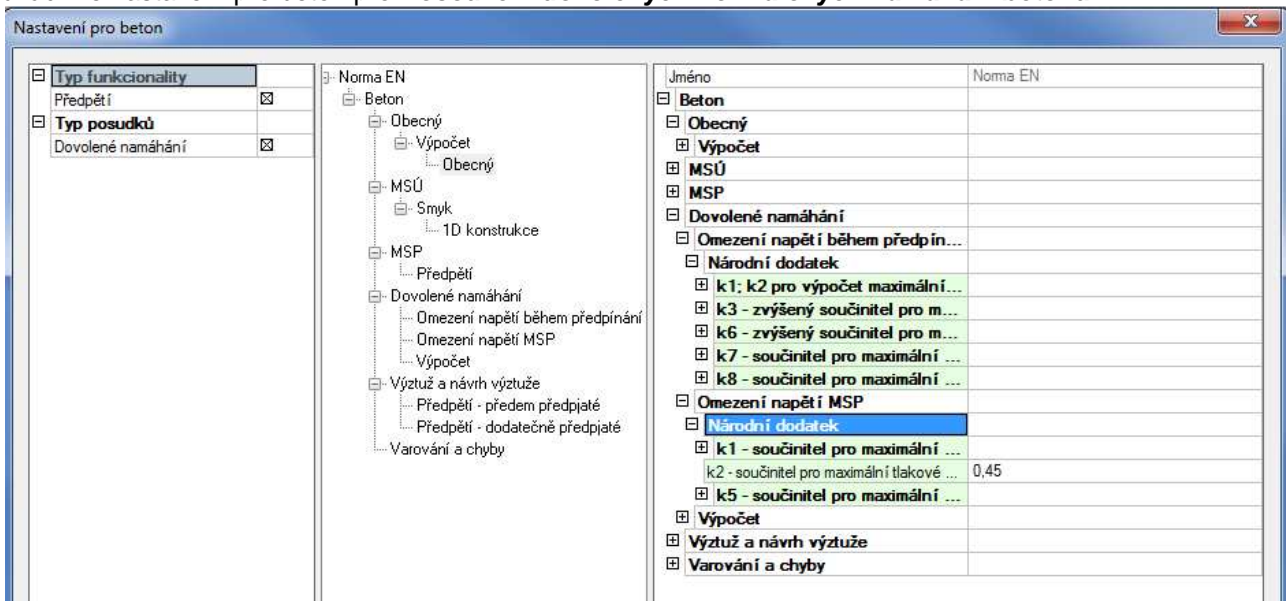
Normově závislé hodnoty si můžeme ověřit v **Datech o projektu > Národní dodatek > EN 1992-1-1 (Obecná pravidla)**.

Jméno	Norma EN
Beton	
Obecný	
Beton	
Národní dodatek	
EN_1992_1_1	
gamma_c	Hodnoty [-] 1,50 / 1,20
fck_max - maximální hodn...	Hodnota [MPa] 90,00
alfa_cc - součinitel zohled...	Hodnota [-] 1,00
alfa_ct - součinitel zohled...	Hodnota [-] 1,00
k1_red - součinitel pro výp...	Hodnota [-] 0,44
k2_red - součinitel pro výp...	Vzorec Vzorec
k3_red - součinitel pro výp...	Hodnota [-] 0,54
k4_red - součinitel pro výp...	Vzorec Vzorec
k5_red - součinitel pro výp...	Hodnota [-] 0,70
k6_red - součinitel pro výp...	Hodnota [-] 0,80
alpha_cc.pl - součinitel zoh...	Hodnota [-] 7,00
alpha_ct.pl - součinitel zohl...	Hodnota [-] 7,00

Normově nezávislé hodnoty je možné nastavit v **Knihovny > Nastavení > Beton** nebo **Nastavení > Řešič pro betonové konstrukce**.

Jméno	Norma EN
Beton	
Výchozí nastavení návrhu	
Krytí betonu	
Použít min. krytí výztuže	<input checked="" type="checkbox"/>
Návrhová životnost [roky]	50
Třída prostředí	XD3
Třída obrušnosti	Žádný
Typ betonu	Betonování na místě
Speciální kontrola kvality geometrie	<input type="checkbox"/> ne
Typ povrchu betonu	Kolmý povrch
Speciální kontrola kvality betonu	<input type="checkbox"/> ne
Sloupy	
Nosníky	
Desky z nosníků	
Konstrukce s posuvnými styční...	
Obecný	
MSÚ	
MSP	
Fyzikální nelinearita	
Dovolené namáhání	
Konstrukční zásady	
Výztuž a návrh výztuže	
Průřezové charakteristiky	
Varování a chyby	

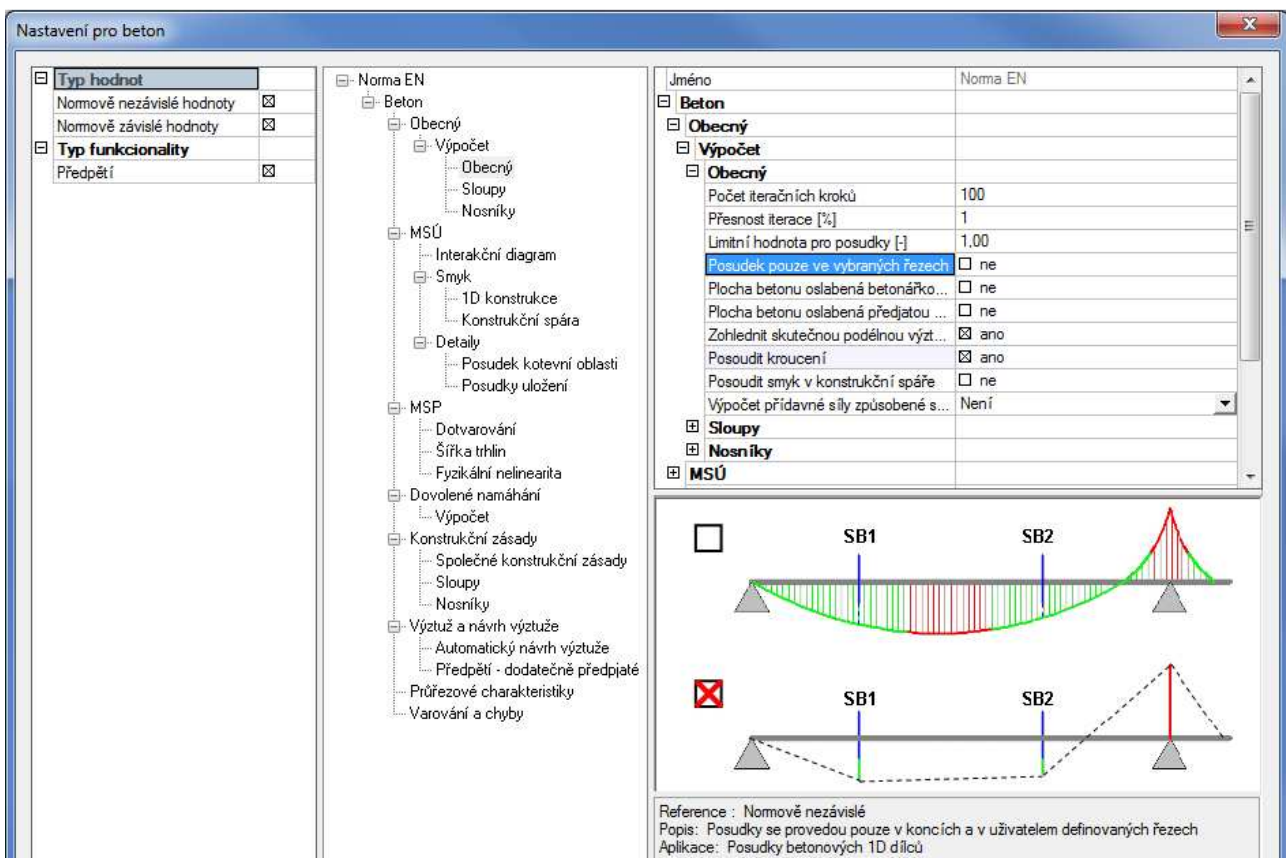
Filtrované nastavení se zobrazí u jednotlivých posudků podle typu daného posudku. Například zde uvádíme nastavení pro beton pro **Posouzení dovolených normálových namáhání betonu**.



Některá důležitá nastavení budou vysvětlena v dalších kapitolách.

7.1.1 Posudek ve vybraných řezech

Tato funkce slouží k rychlejšímu vyhodnocení posudků pouze v uživatelem zadaných řezech, kde předpokládá nejvíce zatíženou konstrukci nebo extrémní výsledky. Posouzení se provádí jen těchto místech a výpočet je tím pádem rychlejší. Tuto funkci je možné použít pro veškeré posudky a navrhování.



7.1.2 Plocha betonu oslabená betonářskou výztuží

Pokud je tato možnost zapnuta, plocha betonového průřezu je redukována o betonářskou výztuž. Toto pak má efekt na všechny posudky betonových 1D prvků.

Nastavení pro beton

Typ hodnot

Normově nezávislé hodnoty

Normově závislé hodnoty

Typ funkcionality

Předpětí

Norma EN

- Beton
 - Obecný
 - Výpočet
 - Obecný
 - Sloupy
 - Nosníky
 - MSÚ
 - Interakční diagram
 - Smyk
 - 1D konstrukce
 - Konstrukční spára
 - Detaily
 - Posudek kotevní oblasti
 - Posudky uložení
 - MSP
 - Dotvarování
 - Šířka tihlin
 - Fyzikální nelinearita
 - Dovolené namáhání
 - Výpočet
 - Konstrukční zásady
 - Společné konstrukční zásady
 - Sloupy
 - Nosníky
 - Výztuž a návrh výztuže
 - Automatický návrh výztuže
 - Předpětí - dodatečně předpjaté
 - Průřezové charakteristiky
 - Varování a chyby

Jméno: Norma EN

Beton

Obecný

Výpočet

Obecný

Počet iteračních kroků	100
Přesnost iterace [%]	1
Limitní hodnota pro posudky [-]	1,00
Posudek pouze ve vybraných řezech	<input type="checkbox"/> ne
Plocha betonu oslabená betonářskou výztuží	<input type="checkbox"/> ne
Plocha betonu oslabená předpjatou výztuží	<input type="checkbox"/> ne
Zohlednit skutečnou podélnou výztuž při návrhu	<input checked="" type="checkbox"/> ano
Posoudit kroucení	<input checked="" type="checkbox"/> ano
Posoudit smyk v konstrukční spáře	<input type="checkbox"/> ne
Výpočet přidavné síly způsobené smyky a kroucením	Není

Sloupy

Nosníky

MSÚ

$A_c = A - A_s$ $A_c = A$

Reference : Normově nezávislé
 Popis : Lze uvažovat redukcí plochy betonu kvůli přítomnosti podélné výztuže
 Aplikace : Posudky betonových 1D dílců

7.1.3 Plocha betonu oslabená předpjatou výztuží

Pokud je tato možnost zapnuta, plocha betonového průřezu je redukována o betonářskou předpínací výztuž. Toto pak má efekt na všechny posudky betonových 1D prvků.

Nastavení pro beton

Typ hodnot

Normově nezávislé hodnoty

Normově závislé hodnoty

Typ funkcionality

Předpětí

Norma EN

- Beton
 - Obecný
 - Výpočet
 - Obecný
 - Sloupy
 - Nosníky
 - MSÚ
 - Interakční diagram
 - Smyk
 - 1D konstrukce
 - Konstrukční spára
 - Detaily
 - Posudek kotevní oblasti
 - Posudky uložení
 - MSP
 - Dotvarování
 - Šířka tihlin
 - Fyzikální nelinearita
 - Dovolené namáhání
 - Výpočet
 - Konstrukční zásady
 - Společné konstrukční zásady
 - Sloupy
 - Nosníky
 - Výztuž a návrh výztuže
 - Automatický návrh výztuže
 - Předpětí - dodatečně předpjaté
 - Průřezové charakteristiky
 - Varování a chyby

Jméno: Norma EN

Beton

Obecný

Výpočet

Obecný

Počet iteračních kroků	100
Přesnost iterace [%]	1
Limitní hodnota pro posudky [-]	1,00
Posudek pouze ve vybraných řezech	<input type="checkbox"/> ne
Plocha betonu oslabená betonářskou výztuží	<input type="checkbox"/> ne
Plocha betonu oslabená předpjatou výztuží	<input type="checkbox"/> ne
Zohlednit skutečnou podélnou výztuž při návrhu	<input checked="" type="checkbox"/> ano
Posoudit kroucení	<input checked="" type="checkbox"/> ano
Posoudit smyk v konstrukční spáře	<input type="checkbox"/> ne
Výpočet přidavné síly způsobené smyky a kroucením	Není

Sloupy

Nosníky

MSÚ

$A_c = A - A_p$ $A_c = A$

Reference : Normově nezávislé
 Popis : Lze uvažovat redukcí plochy betonu kvůli přítomnosti předpínací výztuže
 Aplikace : Posudky betonových 1D dílců

7.1.4 Varování a chyby

Ve výstupu posudku se mohou objevit některá varování nebo chyby.

Posudek předpětí na dovolené namáhání pro vybrané prvky

Prvek	d_p [m]	Stav	Vlákna	N [kN]	M_x [kNm] M_z [kNm]	$\sigma_{cc,max}$ [MPa]	$\sigma_{cc,min}$ [MPa]	$\sigma_{cc,max}^{eff}$ [MPa]	$\sigma_{cc,min}^{eff}$ [MPa]	$\sigma_{ct,max}$ [MPa]	$\sigma_{ct,min}$ [MPa]	$\sigma_{ct,max}^{gp}$ [MPa]	$\sigma_{ct,min}^{gp}$ [MPa]	Posouzení [] Posouzení [im]	Posudek WE
B1	0,000	F1-EN - ULS (STRY1)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	nevyhovuje 858
B2	0,000	F1-EN - ULS (STRY1)	5	-1966,28	-1373,82	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,00	vyhovuje 224,198,199,197
B2	8,000	F1-EN - ULS (STRY2)	5	-2664,50	5521,82	-1,60	-2,16	-2,16	-2,16	-2,16	-2,16	-2,16	-2,16	0,00	vyhovuje 224,198,199,197
B3	0,000	F1-EN - ULS (STRY1)		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	nevyhovuje 858
B4	0,000	F1-EN - ULS (STRY1)	5	-1966,29	-8237,41	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	2,43	0,00	vyhovuje 224,198,199,197
B4	4,000	F1-EN - ULS (STRY2)	5	-2664,63	-968,27	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	0,00	vyhovuje 224,198,199,197
B5	0,000	F1-EN - ULS (STRY2)	5	-2664,36	-967,55	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	-0,03	0,00	vyhovuje

Všechny chyby a varování jsou dostupné přes nastavení betonu.

The screenshot shows the 'Nastavení pro beton' (Concrete Settings) dialog box. The 'Varování a chyby' (Warnings and errors) section is expanded, showing a list of 14 items. A 'Warning and errors' window is also open, displaying a table of these warnings and errors.

varování / c	Typ	Popis
1	Vypnuto	Výpočet proběhl v pořádku.
2	Varování	Plocha podélné výztuže byla navržena z minimálního stupně vyztužení.
3	Varování	Varování nebylo dosud specifikováno.
4	Varování	Nulové vnitřní síly.
5	Varování	Smykovou sílu přenesl beton.
6	Varování	Zóna pro výpočet stupně vyztužení je tahová.
7	Varování	Zóna pro výpočet stupně vyztužení je tlaková.
8	Varování	Třířivny nebyly zjištěny.
9	Varování	Průřez je namáhán čistým tahem.
10	Varování	Posouzení stupně vyztužení bylo vypnuto.
11	Varování	Redukce vnitřních sil byla vypnuta.
12	Varování	Koeficient geometrie pro posouzení byl vypnut.
13	Varování	Posouzení průřezu namáhaného N+My+Mz bylo vypnuto.
14	Varování	Posouzení průřezu namáhaného smykovou silou bylo vypnuto.

7.2 Posudek konstrukce, posudek prvku

Model může být posouzen dvěma variantami:

- Globálně za pomoci **Posudku konstrukce**
- Lokálně za pomoci **Posudku prvku**

7.2.1 Posudek konstrukce

Tento posudek provedeme výběrem typu posudku ve stromě funkcí ze standardního servisu beton. Výsledné hodnoty jsou pak zobrazeny na všech vybraných prvcích. Tabulka ve výstupu má různou podobu podle nastavení extrému:

- **Globální** – jeden extrémní výsledek pro všechny posuzované prvky

Dovolené namáhání betonu EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Globální

Výběr : Vše

Kombinace : F19-EN-MSP char.

Posudek předpětí na dovolené namáhání pro vybrané prvky

Prvek	d_x [m]	Stav	Vlákna	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	$\sigma_{ca,aa}$ [MPa]	$\sigma_{cq,min}$ [MPa]	$\sigma_{cq,max}$ [MPa]	$\sigma_{cIt,min}$ [MPa]	$\sigma_{cIt,max}$ [MPa]	Posouzení _{vyp} []	Posudek W/E
							$\sigma_{cc,max}$ [MPa]	$\sigma_{cc,ch}$ [MPa]	$f_{ct,eff}$ [MPa]	$\sigma_{cc,gp}$ [MPa]	$f_{ct,eff,gp}$ [MPa]	Posouzení _{lim} []	
B1	0,000	F19-EN-MSP char./1	5	-31703,90	219,29	0,00	-1,56	-1,72	-1,33	-1,56	-1,48	0,00	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,199,197

- **Prvek** – jeden extrémní výsledek pro každý posuzovaný prvek

Dovolené namáhání betonu EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Prvek

Výběr : Vše

Kombinace : F19-EN-MSP char.

Posudek předpětí na dovolené namáhání pro vybrané prvky

Prvek	d_x [m]	Stav	Vlákna	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	$\sigma_{ca,aa}$ [MPa]	$\sigma_{cq,min}$ [MPa]	$\sigma_{cq,max}$ [MPa]	$\sigma_{cIt,min}$ [MPa]	$\sigma_{cIt,max}$ [MPa]	Posouzení _{vyp} []	Posudek W/E
							$\sigma_{cc,max}$ [MPa]	$\sigma_{cc,ch}$ [MPa]	$f_{ct,eff}$ [MPa]	$\sigma_{cc,gp}$ [MPa]	$f_{ct,eff,gp}$ [MPa]	Posouzení _{lim} []	
B1	0,000	F19-EN-MSP char./1	5	-31703,90	219,29	0,00	-1,56	-1,72	-1,33	-1,56	-1,48	0,00	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,199,197
B2	0,000	F19-EN-MSP char./1	5	-21818,82	3734,61	0,00	-4,08	-4,08	-0,17	-4,08	-0,17	0,00	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,199,197
B3	0,000	F19-EN-MSP char./1	11	-22791,84	-25352,61	0,00	-8,88	-8,88	0,00	-8,88	0,00	0,00	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,287,199,197
B4	0,000	F19-EN-MSP char./1	19	-22706,08	-29847,72	0,00	-24,46	-24,46	-2,31	-24,46	-2,31	0,00	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,287,199,197
B5	0,000	F19-EN-MSP char./1	19	-19933,74	-4542,01	0,00	-5,90	-6,15	-1,04	-5,90	-1,14	0,00	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,199,197
B6	0,000	F19-EN-MSP char./1	3	-22743,03	-18143,07	0,00	-6,82	-6,82	2,56	-6,82	2,56	0,80	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,199,197
B7	0,000	F19-EN-MSP char./1	19	-32561,91	-33162,67	0,00	-28,14	-28,14	-0,18	-28,14	-0,18	0,00	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,287,199,197

- **Řez** – extrémní výsledek v každém řezu všech posuzovaných prvků

Dovolené namáhání betonu EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Řez

Výběr : Vše

Kombinace : F19-EN-MSP char.

Posudek předpětí na dovolené namáhání pro vybrané prvky

Prvek	d_x [m]	Stav	Vlákna	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	$\sigma_{ca,aa}$ [MPa]	$\sigma_{cq,min}$ [MPa]	$\sigma_{cq,max}$ [MPa]	$\sigma_{cIt,min}$ [MPa]	$\sigma_{cIt,max}$ [MPa]	Posouzení _{vyp} []	Posudek W/E
							$\sigma_{cc,max}$ [MPa]	$\sigma_{cc,ch}$ [MPa]	$f_{ct,eff}$ [MPa]	$\sigma_{cc,gp}$ [MPa]	$f_{ct,eff,gp}$ [MPa]	Posouzení _{lim} []	
B1	0,000	F19-EN-MSP char./1	5	-31703,90	219,29	0,00	-1,56	-1,72	-1,33	-1,56	-1,48	0,00	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,199,197
B1	0,250	F19-EN-MSP char./1	8	-31703,95	-25,13	0,00	-1,52	-1,68	-1,36	-1,52	-1,51	0,00	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,199,197
B1	0,250	F19-EN-MSP char./1	8	-31708,93	-23,34	0,00	-1,52	-1,68	-1,36	-1,52	-1,52	0,00	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,199,197
B1	0,500	F19-EN-MSP char./1	8	-31708,99	-400,26	0,00	-1,59	-1,75	-1,30	-1,59	-1,45	0,00	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,199,197
B1	0,500	F19-EN-MSP char./1	1	-21804,91	7281,36	0,00	-2,40	-2,72	0,51	-2,40	0,31	0,16	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,199,197
B1	0,750	F19-EN-MSP char./1	1	-21804,96	8747,25	0,00	-2,67	-2,99	0,77	-2,67	0,58	0,24	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,199,197
B1	0,750	F19-EN-MSP char./1	1	-21810,12	8748,95	0,00	-2,67	-2,99	0,77	-2,67	0,58	0,24	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,199,197
B1	1,000	F19-EN-MSP char./1	1	-21810,17	10081,65	0,00	-2,92	-3,23	1,01	-2,92	0,83	0,32	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,199,197

- **Průřez** – jeden extrémní výsledek pro všechny posuzované průřezy

Dovolené namáhání betonu EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Průřez

Výběr : Vše

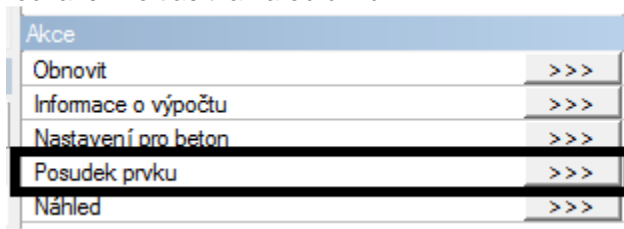
Kombinace : F19-EN-MSP char.

Posudek předpětí na dovolené namáhání pro vybrané prvky

Prvek	d_x [m]	Stav	Vlákna	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	$\sigma_{ca,aa}$ [MPa]	$\sigma_{cq,min}$ [MPa]	$\sigma_{cq,max}$ [MPa]	$\sigma_{cIt,min}$ [MPa]	$\sigma_{cIt,max}$ [MPa]	Posouzení _{vyp} []	Posudek W/E
							$\sigma_{cc,max}$ [MPa]	$\sigma_{cc,ch}$ [MPa]	$f_{ct,eff}$ [MPa]	$\sigma_{cc,gp}$ [MPa]	$f_{ct,eff,gp}$ [MPa]	Posouzení _{lim} []	
B1	0,000	F19-EN-MSP char./1	5	-31703,90	219,29	0,00	-1,56	-1,72	-1,33	-1,56	-1,48	0,00	vyhovuje
							0,00	0,00	3,20	0,00	0,00	1,00	224,227,199,197

7.2.2 Posudek prvku

Téměř všechny betonové posudky mají možnost posudku prvku. Jedná se o detailní analýzu jednoho průřezu. Vstoupíme do něj pomocí akčního tlačítka na obrázku:



Dialogové okno posudku prvku nabízí uživateli výběr:

- Extrému vnitřních sil (N+; N-; Vz+; Vz-...)
- Řez podél vybraného prvku
- příslušné záložky s detailními výsledky; nabídka záložek se může měnit, ale ve většině případů jsou k dispozici následující:
 - Průřez
 - Zatížení
 - Napětí
 - Přetvoření
 - Pracovní diagram

Posouzení dovolených namáhání betonu

Výpočet: **Zadání vnitřních sil a napětí**

Krok / pozice: 1.9 / 9.5

automaticky přepočítat překreslit

Vybraný rez: [dropdown]

Výpočet: **Nomové parametry**

Extrém: My+

N: -17622.47 kN
 Vy: 0 kN
 Vz: -2383.387 kN
 Mx: 0 kNm
 My: 15746.45 kNm
 Mz: 0 kNm

Výpočet

Vyhodnocení: **Nastavení výstupu**
 Výstup

Napětí [MPa]

Kótování je vyneseno ve smeru spádové přímky roviny pretvoreni [mm]

Celkové posouzení :		Napětí po zakotvení se počítá pouze pro fáze s předpjetím. (224)	
sigma c,aa [MPa] :	-7.172	sigma cc,max [MPa] :	0.000
sigma cq,min [MPa] :	-7.469	sigma cc,ch [MPa] :	0.000
sigma clt,min [MPa] :	-7.767	sigma cc,qp [MPa] :	0.000
sigma cq,max [MPa] :	9.152	f ct,eff [MPa] :	0.000
sigma clt,max [MPa] :	8.641		

OK Storno Použít

7.2.3 Posudek v pojmenovaných položkách

Zadávaní pojmenovaných položek jsme popsali v kapitole 5. Zde bude vysvětleno jejich použití v posudcích betonu. Účelem pojmenovaných položek jsou uživatelsky příjemnější a přehlednější výsledky, respektive zkrácení doby výpočtu posudku. Program umožňuje použít následující pojmenované položky v těchto posudcích:

- Pojmenovaná vlákna
 - Metoda mezních přetvoření
 - Posouzení dovolených namáhání
- Pojmenované řezy
 - Posouzení dovolených hlavních tahů
- Pojmenované spáry
 - Metoda mezních přetvoření – posudek smyku ve spáře
 - Návrh výztuže A_s
- Pojmenované části průřezu
 - Metoda mezních přetvoření
 - Posouzení dovolených namáhání
 - Posouzení dovolených hlavních tahů

Například posuďte výsledky dovolených namáhání pro horní vlákna

- **Pro posudek konstrukce**

Dovolené namáhání betonu EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Prvek

Výběr : B2

Kombinace : F19-EN-MSP částý/1

Vyhodnoceno pro vybranou skupinu vláken : Upper

Posudek předpětí na dovolené namáhání pro vybrané prvky

Prvek	d_x [m]	Stav	Vlákna	N [kN]	M_x [kNm]	$\sigma_{s,as}$ [MPa]	$\sigma_{s,as,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,as,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,as,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,as,max}$ [MPa]	Posouzení [] vyp [] lim []	Posudek W/E
B2	0,000	F19-EN-MSP částý/1	S	-30833,48	-7899,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00 1,00	vyhovuje 224,198,199,197

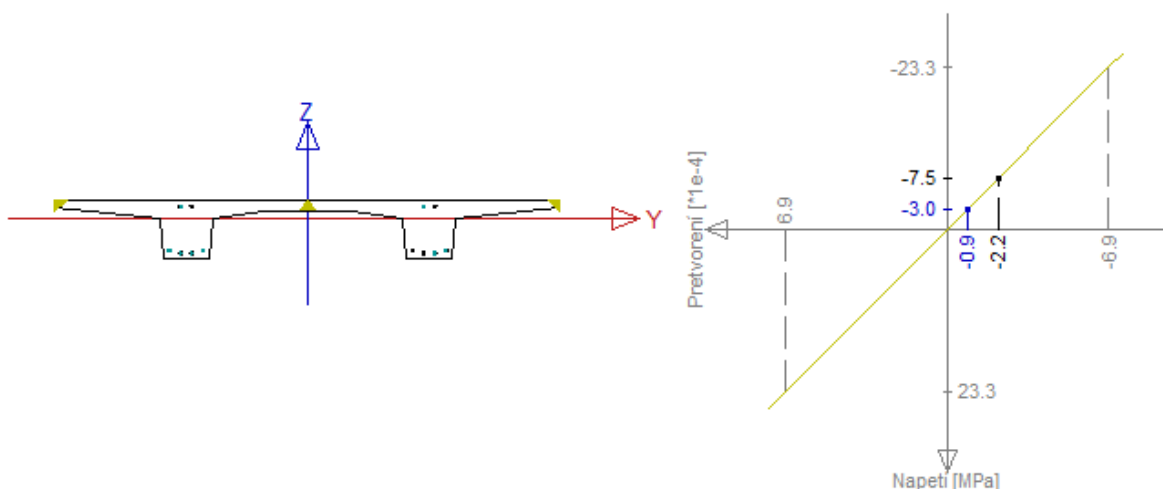
Vlastnosti

Dovolené namáhání betonu EN 1992-1-1 (1)

Jméno	Dovolené namáhání betonu EN ...
Výběr	Aktuální
Typ zatížení	Kombinace
Kombinace	F19-EN-MSP částý - Freq_100
Filtr	Ne
Tisknout vysvětlivky k chybě	<input type="checkbox"/>
Použít pojmenovaná vlákna	<input checked="" type="checkbox"/>
Pojmenovaná vlákna	Upper
Použít části průřezu	<input type="checkbox"/>

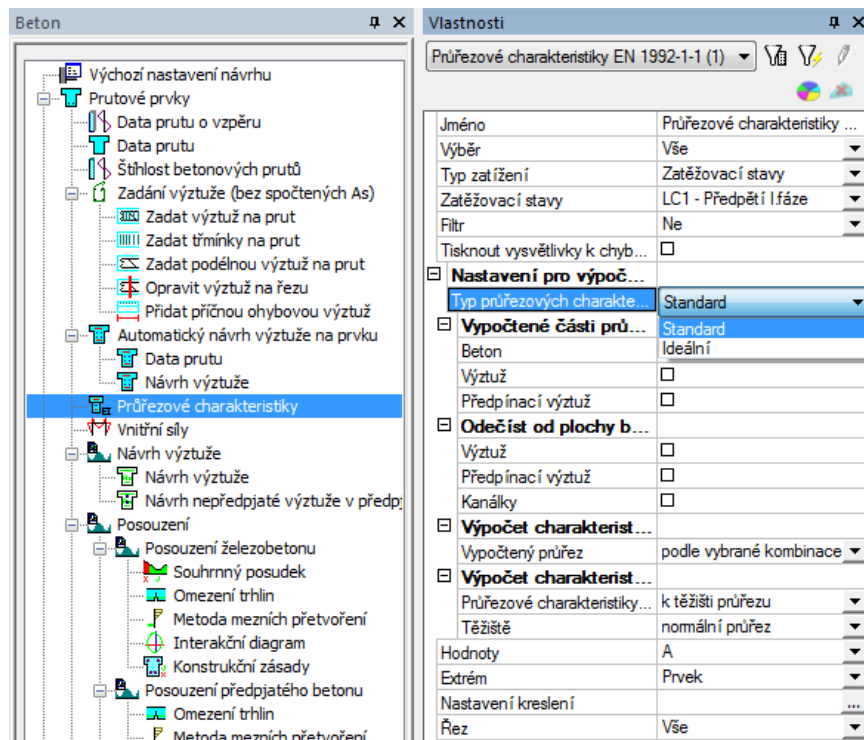
- **Pro posudek prvku** – pouze pojmenovaná vlákna se nabízí v posudku prvku

C35/45 - vlákno 1
($E_s = 34000$ MPa)



7.2.4 Průřezové charakteristiky

Funkce průřezové charakteristiky obsažená nabízí uživateli veškeré nezbytné informace o průřezu. Funkci nalezneme v servisu **Beton > Prutové prvky**.



Funkce nabízí výpočet geometrických charakteristik průřezu se zohledněním následujícího:

- předpjatá výztuž
 - nepředpjatá výztuž
 - kanálky kabelů
 - čas
- **Typ průřezových charakteristik** nabízí dvě volby
 - standard
 - ideální
 - **Vypočítané části průřezu** nabízí tři možnosti
 - Beton (pro ideální charakteristiky, tato volba bude vždy zapnutá)
 - Výztuž
 - Předpínací výztuž
 - **Odečíst od plochy betonu** bude aktivní s volbou Beton
 - Výztuž
 - Předpínací výztuž
 - Kanálky
 - **Výpočet charakteristik k** nabízí následující volby
 - k těžišti průřezu
 - k těžišti fáze průřezu (zobrazí novou položku Fáze průřezu s nabídkou:
 - podle vybraného průřezu
 - definováno uživatelem
 - k vybranému pojmenovanému vláknu (zobrazí novou položku Pojmenovaná vlákna)
 - k bodu (zobrazí se volba souřadnic Y a Z daného bodu)
 - **Hodnoty**
 - Hodnoty pro standardní typ charakteristik
A, I_y, I_z, t_y, t_z, S_y, S_z, b_w, W_{y+}, W_{y-}, W_{z+}, W_{z-}, i_y, i_z, b_w
 - Hodnoty pro ideální typ charakteristik
A_i, I_{yi}, I_{zi}, t_{yi}, t_{zi}, S_{yi}, S_{zi}; W_{yi+}, W_{yi-}, W_{zi+}, W_{zi-}, i_{yi}, i_{zi}, b_{wi}

Výsledky mohou být následující:

Průřezové charakteristiky EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Prvek

Výběr : B2

Kombinace : F21-EN - ULS (STR)

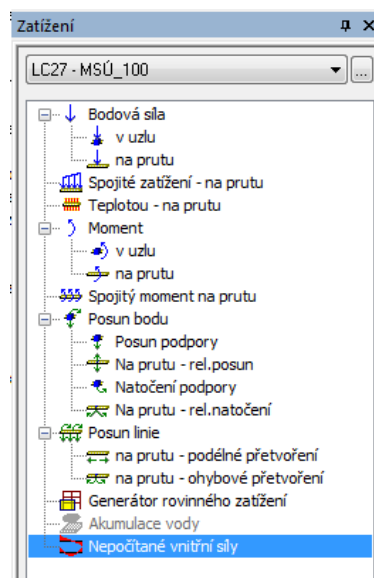
Průřezové charakteristiky pro vybrané prvky

Prvek	d_x [m]	Stav	Y_c [mm]	t_y [mm]	A [mm ²]	I_y [mm ⁴]	S_y [mm ³]	W_{y+} [mm ³]	W_{y-} [mm ³]
			Z_c [mm]	t_z [mm]	b_w [mm]	I_z [mm ⁴]	S_z [mm ³]	W_{z+} [mm ³]	W_{z-} [mm ³]
B2	0,000	F21-EN - ULS (STR)/3	6750	0	7679999	1499726295471	0	3099125147	1406766176
			1066	0	2788	98165733337402	0	14543071747	14543071747

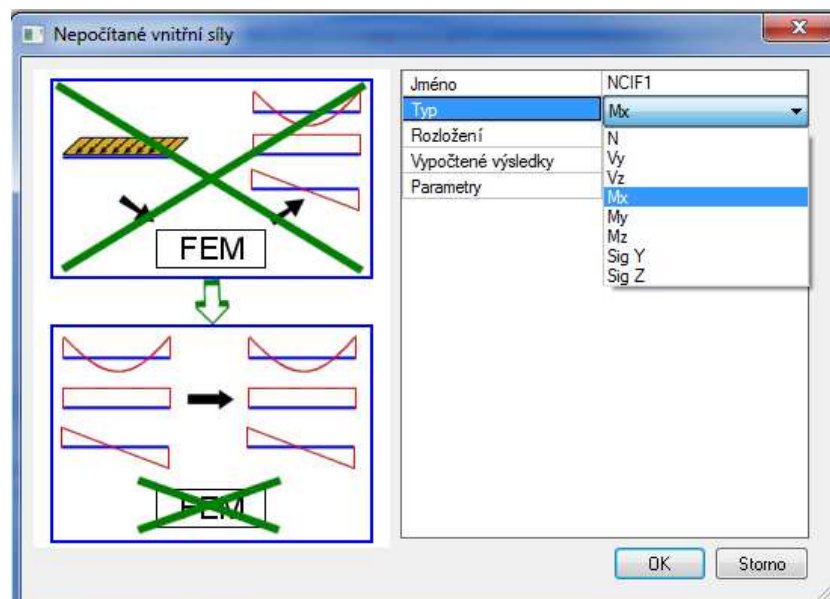
7.2.5 Nepočítané vnitřní síly

Typ konstrukce **Rám XZ**, který používáme pro časově závislou analýzu, nerespektuje účinky kroucení. Obálky pohyblivého ztížení pro extrémní kroutící moment M_x by se tedy měly určovat v jiném projektu s typem konstrukce **Rám XYZ**. Hodnoty M_x v typu **Rám XZ** tak musíme zadat jako **nepočítané vnitřní síly**.

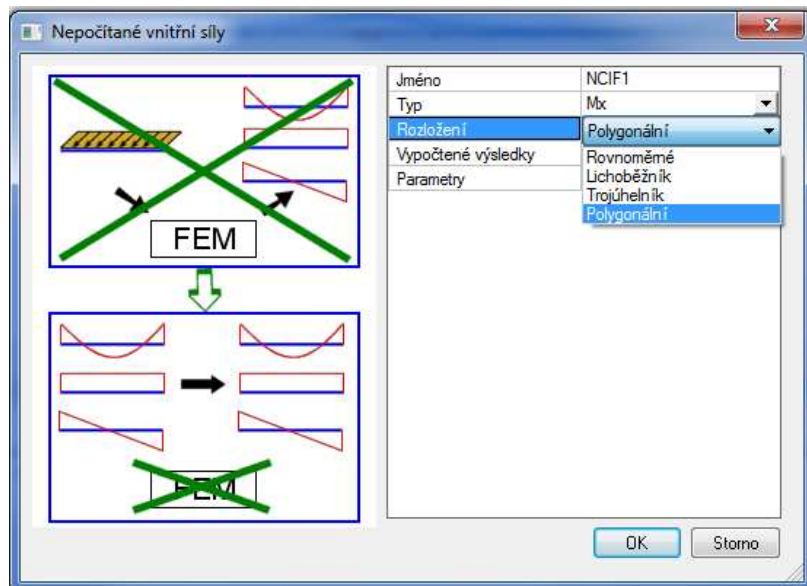
Tyto nepočítané vnitřní síly zadáme v servisu **Zatížení** do vybraného zatěžovacího stavu



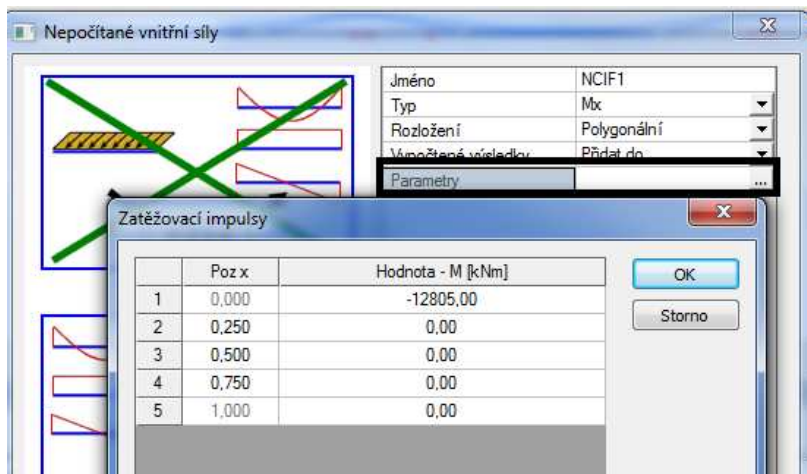
V dialogovém okně pro specifikaci nepočítaných vnitřních sil zvolíme typ M_x .



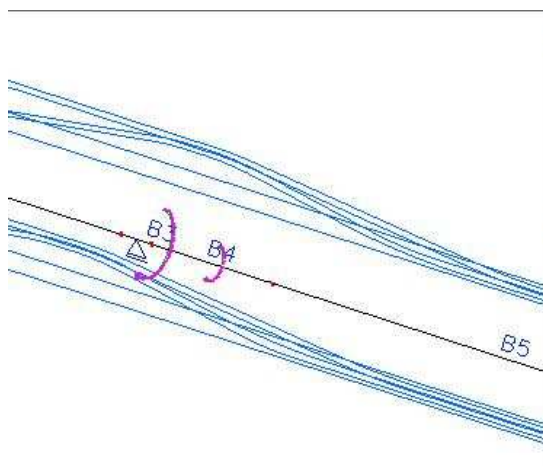
Pro řez vedle druhé podpory vybereme rozložení **Polygonální**.



Hodnoty M_x zadáme do tabulky **Parametry**.



Zobrazení ve 3D okně je potom následující:



7.3 MSP – posudky betonu

7.3.1 Omezení trhlin

Trhliny v předepjatém betonu jsou počítány podle kapitoly 7.3 normy EN 1992-1-1. Posudek najdeme v servisu **Beton > Prutové prvky > Posouzení předpjatého betonu > Omezení trhlin**. Předepjatá konstrukce je uvažovaná se zalepenými kabelem a posuzovaná na častou kombinaci podle tabulky 7.1N normy EN 1992-1-1. Třída expozice se nastavuje dle kapitoly **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** jako XD3. Posouzena musí být v tomto případě také dekomprese.

7.3.2 Posouzení dovolených namáhání

7.3.2.1 Oblast znalostí posouzení dovolených namáhání

Zobrazované hodnoty mají následující vysvětlení:

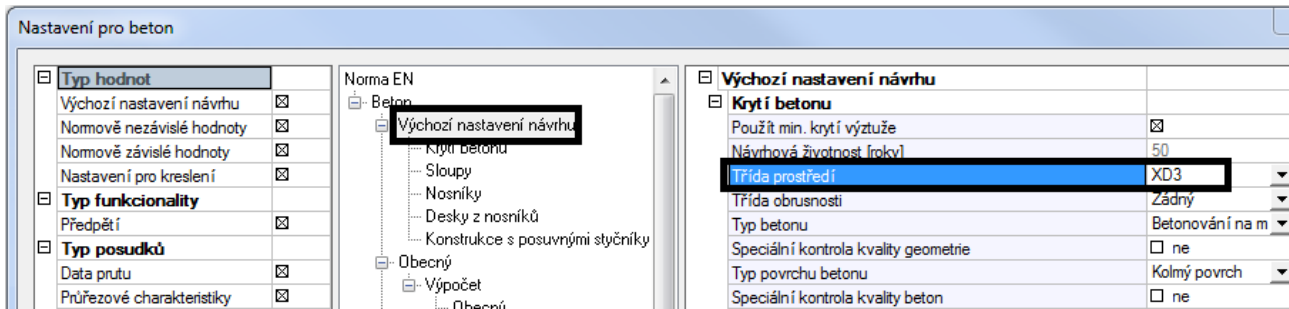
- **Napětí před a po zakotvení**
 - v tlaku
 - $\sigma_{cc,max}$ – dovolené namáhání v tlaku před a po kotvení definováno v kapitole 5.42 normy EN 1992-1-1
 - $\sigma_{cc,max} = k_6 \cdot f_{ck}(t)$ (5.42)
 - $k_6 = 0,6$ (pro předem předpjatý beton je možné zvýšit hodnotu součinitele na 0,7, pokud je prokázáno, že nevzniknou trhliny)
 - $\sigma_{c,aa}$ – vypočítané napětí v betonu,
 - v tahu
 - $\sigma_{cc,max}$ – dovolené tahové namáhání v betonu před a po kotvení, definováno v Nastavení pro beton, výchozí hodnota je 0 MPa
 - $\sigma_{c,aa}$ – vypočítané napětí v betonu,
- **Napětí z kombinace MSP**
 - Charakteristická kombinace – podélné trhliny
 - v tlaku
 - $\sigma_{cc,ch}$ – dovolené napětí v betonu v tlaku z charakteristické kombinace na MSP, pouze třídy expozice XD, XF a XS
 - $\sigma_{cc,ch} = k_1 \cdot f_{ck}(t)$ (7.2.(2))
 - $k_1 = 0,6$
 - $\sigma_{cq,min}$ – minimální napětí v betonu po zavedení zatížení vlastní tíhou, všemi stálými a nahodilými zatíženími
 - v tahu
 - $f_{ct,eff}$ - dovolené napětí v betonu v tahu z charakteristické kombinace na MSP,
 - hodnotu $f_{ct,eff}$ můžeme zadat v **Nastavení pro beton**:
 - f_{ctm} – střední hodnota pevnosti v dostředném tahu
 - $f_{ctm,fl}$ – střední hodnota pevnosti v tahu za ohybu
 - $f_{ctm,fl} = \max\{(1,6-h/1000) \cdot f_{ctm}; f_{ctm}\}$
 - h je celková výška prvku v mm
 - $\sigma_{cq,max}$ – maximální napětí v betonu po zavedení zatížení vlastní tíhou, všemi stálými a nahodilými zatíženími
 - Kvazi-stálá kombinace – dotvarování
 - v tlaku
 - $\sigma_{cc,qp}$ – dovolené tlakové napětí v betonu z kvazi-stálé kombinace MPS, lze uvažovat lineární dotvarování
 - $\sigma_{cc,qp} = k_2 \cdot f_{ck}(t)$ (7.2.(3))
 - $k_2 = 0,45$
 - $\sigma_{ct,min}$ – minimální napětí od dlouhodobých zatížení
 - v tahu
 - $f_{ct,eff,qp}$ – dovolené tlakové napětí v betonu z kvazi-stálé kombinace MPS, hodnotu $f_{ct,eff,qp}$ můžeme zadat v **Nastavení pro beton**, výchozí hodnota je 0 MPa
 - $\sigma_{ct,max}$ – maximální napětí od dlouhodobých zatížení

- **Ostatní neposuzované, pouze vykreslované**
 $\sigma_{p,inc}$ – přírůstek napětí od vybraného zatěžovacího stavu

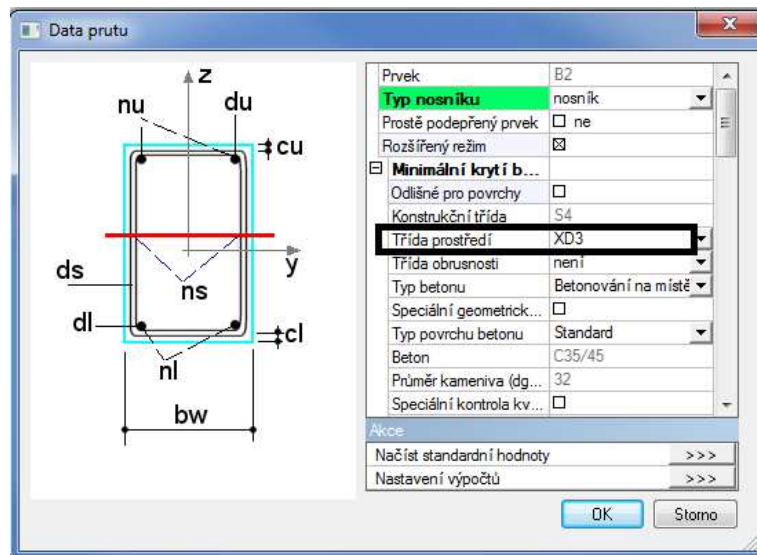
Hodnoty důležité pro výpočet doporučujeme nastavit ještě před prováděním posudků.

7.3.2.2 Třídy expozice

Třídy expozice můžeme nastavovat v **Nastavení pro beton > Výchozí nastavení návrhu**. Na tomto parametru závisí posudek dovolených namáhání a šířky trhliny. V našem případě je nastavena třída XD3.

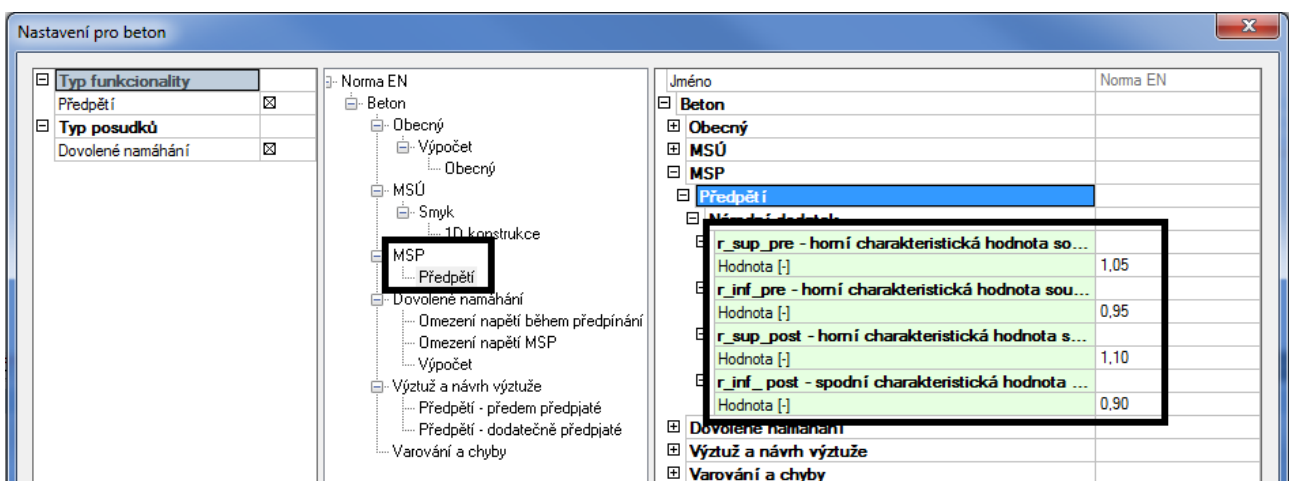


Pro jednotlivé prvky je ještě možné nastavit odlišné třídy expozice v **Datech prutu**.



7.3.2.3 Součinitele pro předjetí používaný u dovolených namáhání

Horní a dolní charakteristickou hodnotu součinitele pro účinky předjetí zadáme v **Nastavení pro beton > MSP > Předjetí**.



7.3.2.4 Součinitele pro posudek dovoleného namáhání

Součinitele pro výpočet limitních hodnot pro dovolená namáhání podle normy EN 1992-1-1 jsou dostupné v **Nastavení pro beton > Dovolené namáhání**.

Nastavení pro beton

Typ funkcionality

Předpětí

Typ posudků

Dovolené namáhání

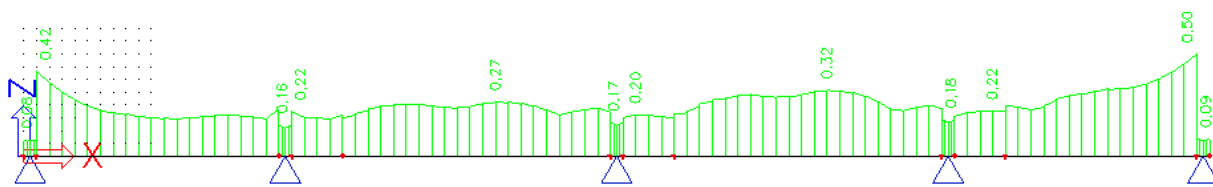
Norma EN

- Beton
 - Obecný
 - Výpočet
 - Obecný
 - MSÚ
 - Smyk
 - 1D konstrukce
 - MSP
 - Předpětí
 - Dovolené namáhání**
 - Omezení napětí během předpínání
 - Omezení napětí MSP
 - Výpočet
 - Výztuž a návrh výztuže
 - Předpětí - předem předpjaté
 - Předpětí - dodatečně předpjaté
 - Varování a chyby

Jméno	Norma EN
Beton	
Obecný	
MSÚ	
MSP	
Dovolené namáhání	
Omezení napětí během předpínání	
Národní dodatek	
k1: k2 pro výpočet maximálního napětí apliko...	0,80 / 0,90
k3 - zvýšený součinitel pro maximální napětí ...	0,95
k6 - zvýšený součinitel pro maximální tlakové ...	0,70
k7 - součinitel pro maximální napětí v předpí...	0,75
k8 - součinitel pro maximální napětí v předpí...	0,85
Omezení napětí MSP	
Národní dodatek	
k1 - součinitel pro maximální tlakové namáhá...	0,60
k2 - součinitel pro maximální tlakové napětí v betonu při ...	0,45
k5 - součinitel pro maximální napětí v předpí...	0,75
Výpočet	
Nastavení výpočtu	
zvětšit dovolené namáhání předpjaté výztuže 5.10.2.1 (2)	<input type="checkbox"/> ne
Zvětšit dovolené tlakové napětí v betonu 5.10.2.2 (5)	<input type="checkbox"/> ne
Použít jako dovolené namáhání betonu v tahu pro MSP ...	fctm
Dovolené tahové napětí v betonu před a po ukotvení sig...	0,00
Dovolené namáhání betonu v tahu podle kvazistálé kom...	0,00
Výztuž a návrh výztuže	

7.3.2.5 Posouzení dovolených normálových namáhání v betonu

Tento posudek je možné provést v servisu **Beton**, části **Posouzení prutových prvků**. Výsledek pro charakteristickou kombinaci ve 100 letech vypadá například následovně:



Tabulkový výstup v náhledu pro extrém nastavený na **Prvek** je pak následující:

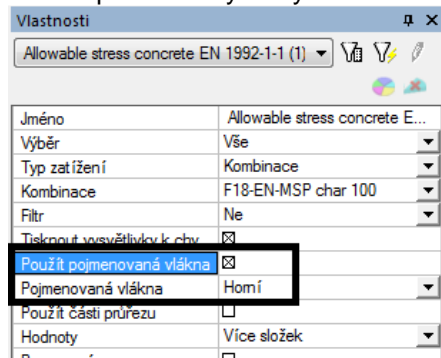
Dovolené namáhání betonu EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Prvek
 Výběr : Vše
 Kombinace : F18-EN-MSP char.

Posudek předpětí na dovolené namáhání pro vybrané prvky

Prvek	d_x [m]	Stav	Fáze konstrukce	Vlákna	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	Posouzení _{vyp} [-]	Posudek
B1	1,000	F18-EN-MSP char./1	ST18	3	-31724,91	742,05	0,00	0,08	vyhovuje
B2	0,000	F18-EN-MSP char./1	ST18	9	-30833,11	-7898,91	0,00	0,42	vyhovuje
B3	1,000	F18-EN-MSP char./1	ST18	3	-32720,12	5129,16	0,00	0,16	vyhovuje
B4	0,000	F18-EN-MSP char./1	ST18	9	-32326,59	-1527,28	0,00	0,22	vyhovuje
B5	12,000	F18-EN-MSP char./1	ST18	9	-31586,81	-3838,69	0,00	0,27	vyhovuje
B6	1,000	F18-EN-MSP char./1	ST18	3	-32656,22	6108,57	0,00	0,17	vyhovuje
B7	1,000	F18-EN-MSP char./1	ST18	3	-32523,30	645,74	0,00	0,20	vyhovuje
B8	12,000	F18-EN-MSP char./1	ST18	9	-33780,99	-5280,37	0,00	0,32	vyhovuje
B9	0,000	F18-EN-MSP char./1	ST18	3	-34715,40	7074,36	0,00	0,18	vyhovuje

Napětí v betonu je možné posuzovat i pouze ve vybraných vláknech



Výsledky pro horní vlákna pouze:

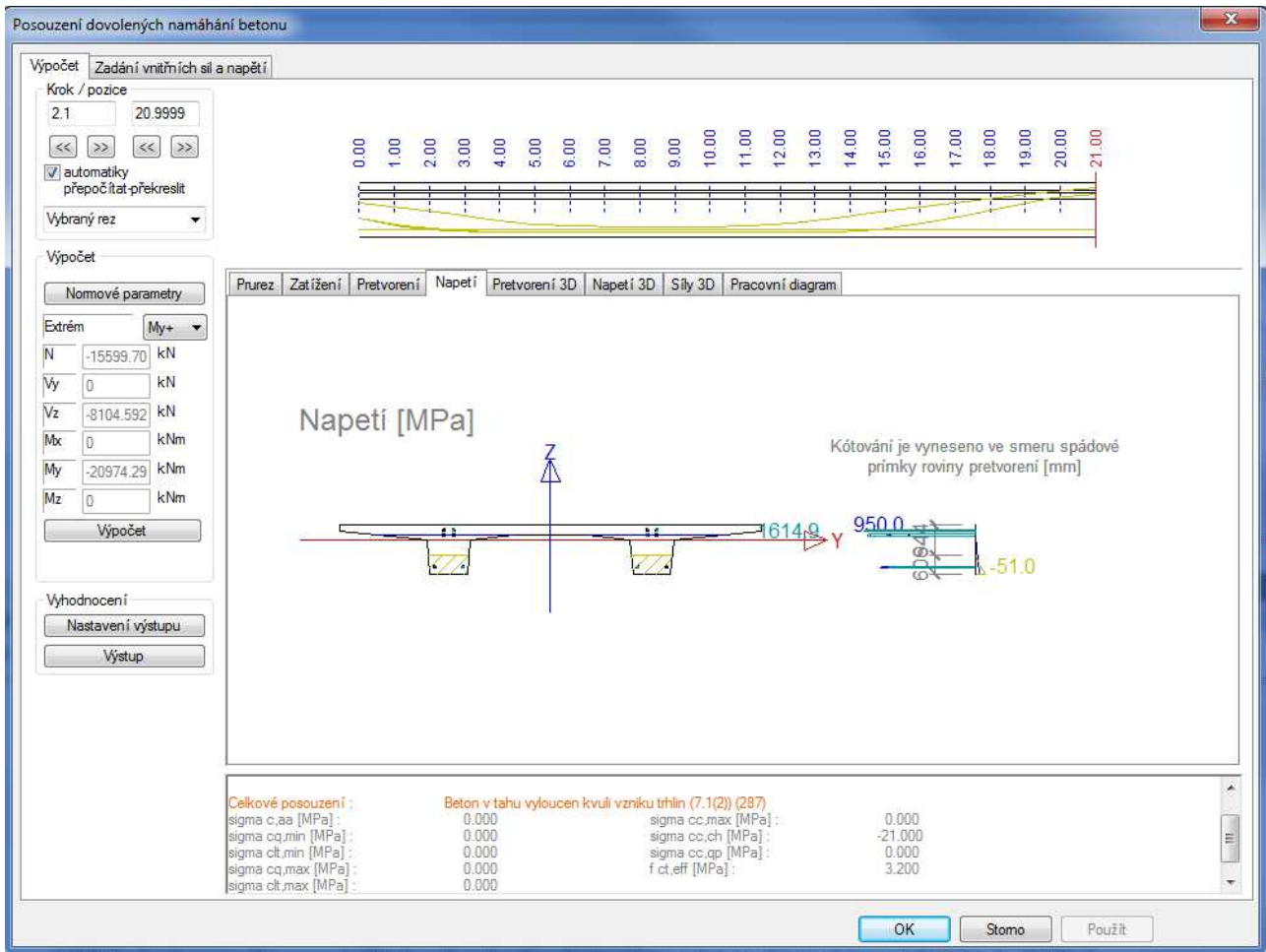
Dovolené namáhání betonu EN 1992-1-1

Lineární výpočet, Extrém : Prvek
 Výběr : Vše
 Kombinace : F18-EN-MSP char.
 Vyhodnoceno pro vybranou skupinu vláken : Upper

Posudek předpětí na dovolené namáhání pro vybrané prvky

Prvek	d_x [m]	Stav	Vlákna	N [kN]	M_y [kNm]	M_z [kNm]	$\sigma_{cg,max}$ [MPa]	$\sigma_{cg,min}$ [MPa]	$\sigma_{cg,max}$ [MPa]	$\sigma_{c1t,min}$ [MPa]	$\sigma_{c1t,max}$ [MPa]	Posouzení _{vyp} [-]	Posouzení _{lim} [-]	Posudek
							$\sigma_{cg,max}$ [MPa]	$\sigma_{cg,min}$ [MPa]	$f_{ct,eff}$ [MPa]	$\sigma_{c1t,min}$ [MPa]	$f_{ct,eff,sp}$ [MPa]			
B1	0,000	F18-EN-MSP char./1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	858	nevyhovuje
B2	0,000	F18-EN-MSP char./1	3	-30833,11	-7898,91	0,00	-1,39	-1,39	-1,39	-1,39	-1,39	0,07	1,00	vyhovuje
B2	15,000	F18-EN-MSP char./1	3	-32509,96	158,47	0,00	-4,19	-4,19	-4,19	-4,19	-4,19	0,20	1,00	vyhovuje
B3	0,000	F18-EN-MSP char./1		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	858	nevyhovuje
B4	0,000	F18-EN-MSP char./1	3	-32326,59	-1527,28	0,00	-3,48	-3,48	-3,48	-3,48	-3,48	0,17	1,00	vyhovuje

Detailní analýzu ve vybraném průřezu získáme použitím akčního tlačítka **Posudek prvku**.



7.3.3 Posudek předpínací výztuže

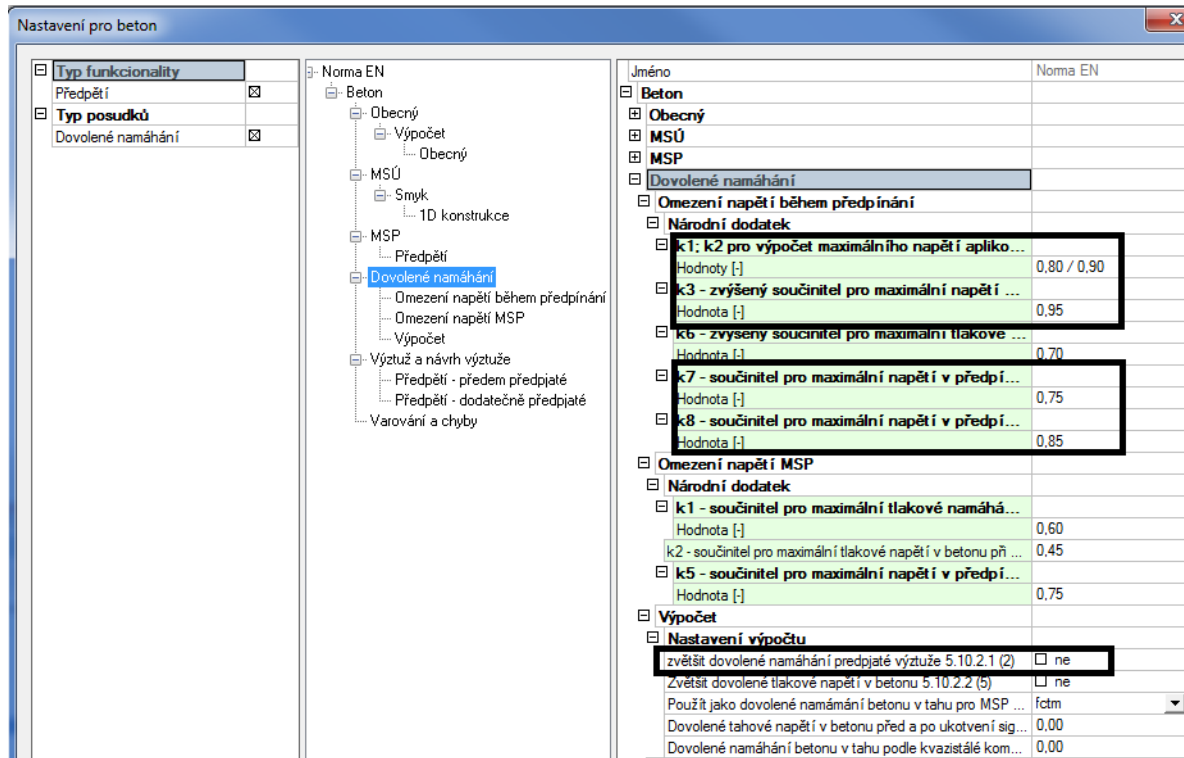
7.3.3.1 Oblast znalostí

Nejprve objasnění zobrazovaných veličin:

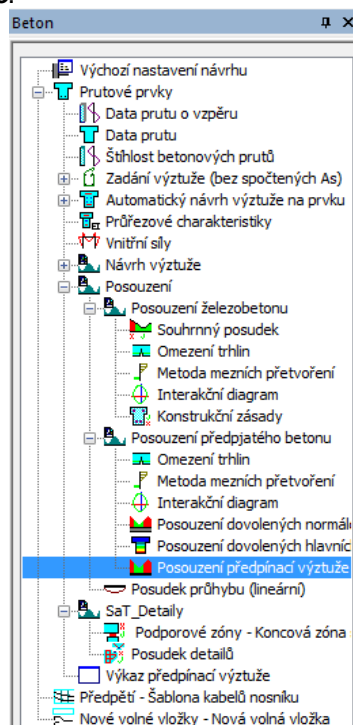
- **Napětí před zakotvením**
 - $\sigma_{p,max}$ – dovolené namáhání předpínací výztuže před zakotvením
 - $\sigma_{p,max} = \min\{k_1 f_{pk}; k_2 f_{p0.1k}\}$ (5.41)
 - $k_1 = 0,8; k_2 = 0,9$
 - $k_3 = 0,95$ ($\sigma_{p,max} = k_3 * f_{p0.1k}$) pokud předpínací zařízení umožňuje měřit s přesností $\pm 5 \%$ konečné hodnoty předpínací síly
 - $\sigma_{p,pa}$ – napětí v předpínací výztuži před zakotvením,
- **Napětí po zakotvení**
 - $\sigma_{p,m0}$ – dovolené namáhání předpínací výztuži po zakotvení
 - $\sigma_{pm0} = \min\{k_7 f_{pk}; k_8 f_{p0.1k}\}$ (5.43)
 - $k_1 = 0,75; k_2 = 0,85$
 - $\sigma_{p,aa}$ – napětí v předpínací výztuži po zakotvení
- **Omezení trhlin z charakteristické kombinace MSP během provozu – trhliny a deformace**
 - σ_{pm} – dovolené namáhání předpínací výztuže od kombinací MPS
 - $\sigma_{pm} = k_5 f_{pk}$ (7.2(5))
 - $k_5 = 0,75$
 - $\sigma_{p,LTL}$ – napětí v předpínací výztuži po dlouhodobých ztrátách
 - $\sigma_{pq,min}$ – minimální napětí v předpínací výztuži po zavedení vlastní tíhy, všech stálých a nahodilých zatížení

- $\sigma_{pq,max}$ – maximální napětí v předpínací výztuži po zavedení vlastní tíhy, všech stálých a nahodilých zatížení
- **Ostatní neposuzovaná napětí, pouze vykreslovaná**
 - $\sigma_{pq,max} - \sigma_{pq,min}$ – rozsah napětí v předpínací výztuži
 - $\sigma_{p,un}$ – maximální nevyvážené napětí, rozdíl napětí vypočteného z poměrného přetvoření stanoveného výpočtem jako pružné napětí a jako napětí stanoveného podle nelineárního vztahu mezi napětím a poměrným přetvořením
 - $\sigma_{p,inc}$ – přírůstek napětí v předpínací výztuži od vybraného zatěžovacího stavu

Parametry ovlivňující výpočet limitních hodnot napětí v betonu z normy EN 1992-1-1 je možné určit v **Nastavení pro beton – Dovolené namáhání**.



Posudek provádíme v servisu **Beton > Prutové prvky > Posouzení > Posouzení předpjatého betonu > Posouzení předpínací výztuže**.

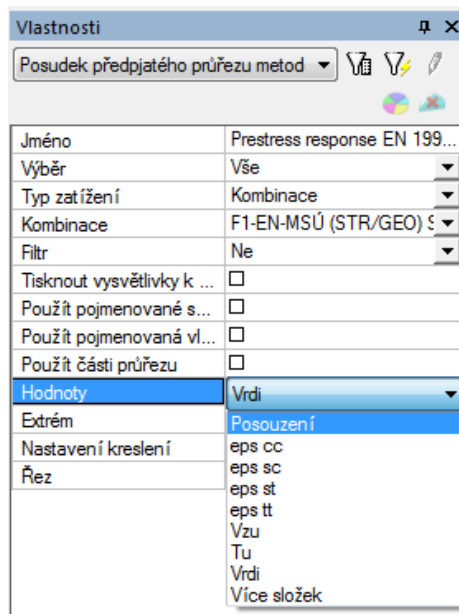


7.4 MPÚ – posouzení předpjatého betonu

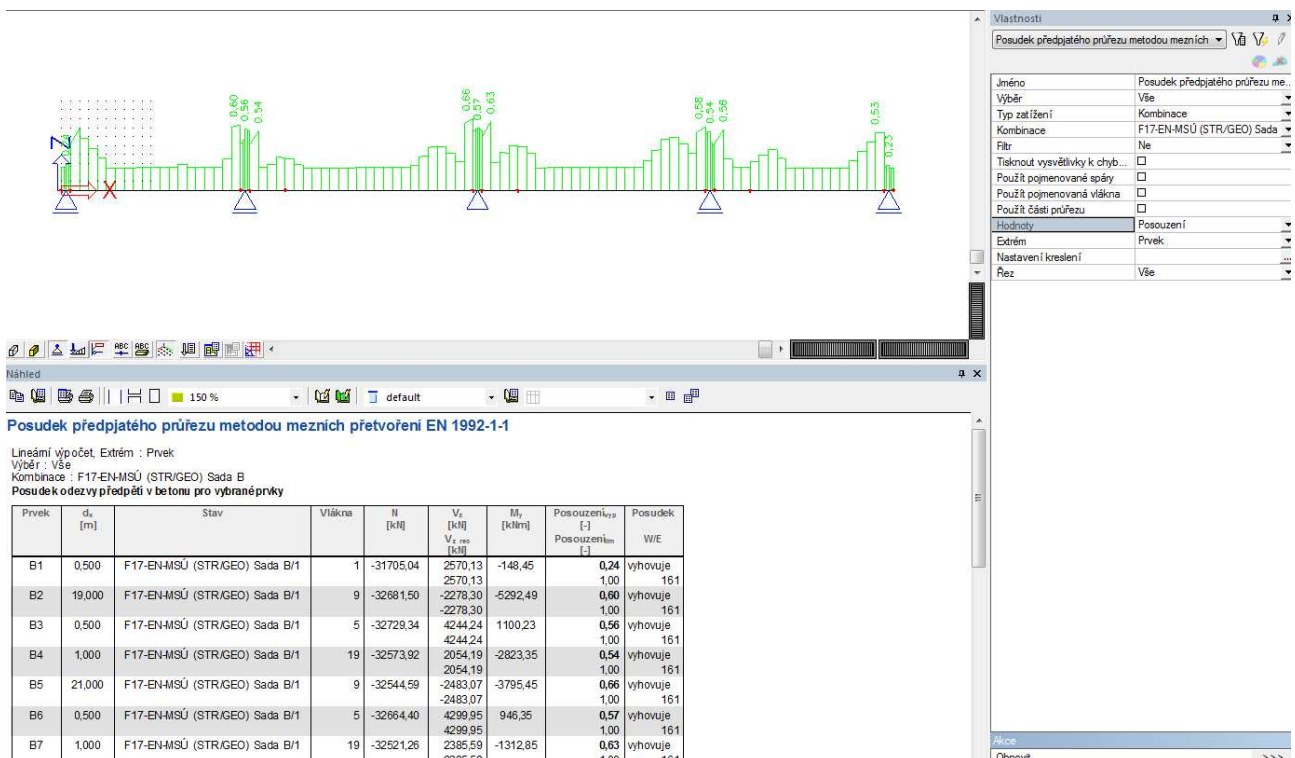
7.4.1 Metoda mezních přetvoření

Počítáme odezvu průřezu na působící kombinace v tomto posudku. Posudek se nachází v servisu **Beton > Posouzení > Posouzení předpjatého betonu > Metoda mezních přetvoření**. Výsledná hodnota je vykreslována vždy pro zvolený typ zatížení a hodnotu. V nabídce máme následující hodnoty:

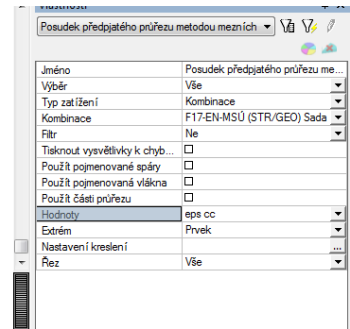
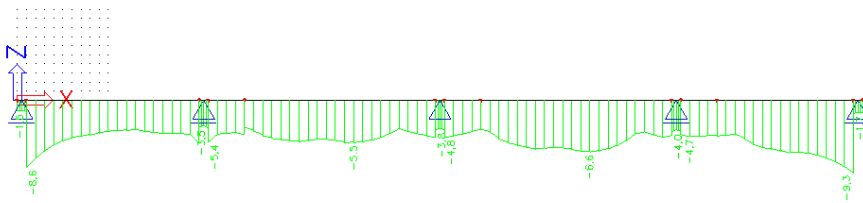
- **eps_cc** – přetvoření betonu v tlaku
- **eps_sc** – přetvoření betonářské výztuže v tlaku
- **eps_st** – přetvoření betonářské výztuže v tahu
- **eps_tt** – přetvoření předpínací výztuže v tahu
- **Vzu** – posudek smyku
- **Tu** – posudek kroucení
- **Vrdi** – posudek smyku ve spáře



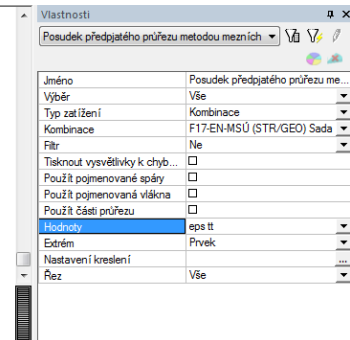
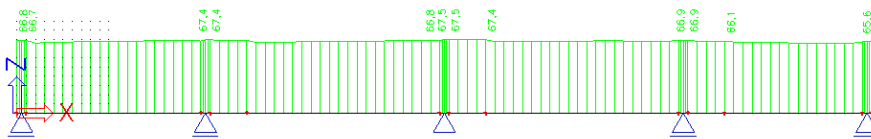
Výsledky pro kombinaci F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B vypadá následovně:



Přetvoření betonu v tlaku pro kombinaci F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B – *eps_cc*.

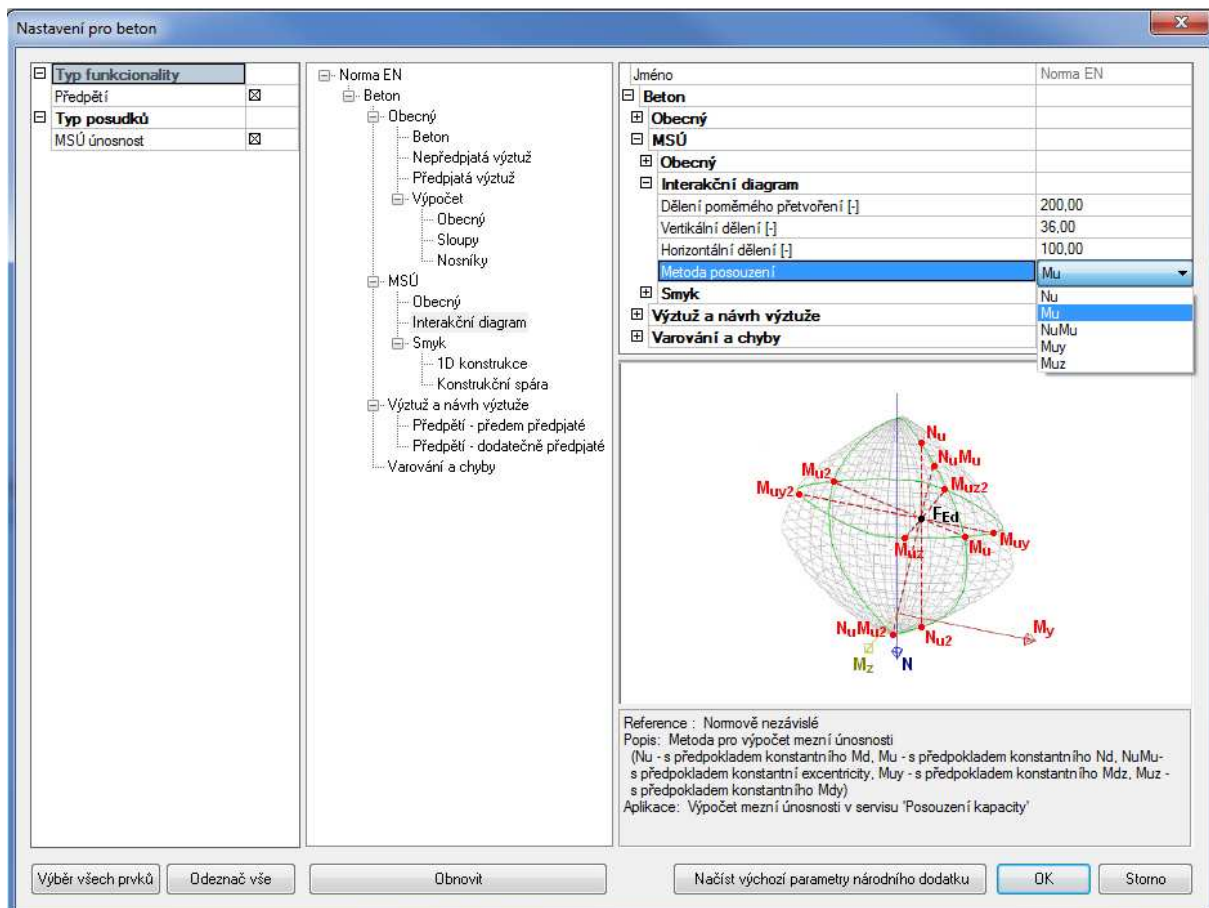


Přetvoření předpínací výztuže v tahu pro kombinaci F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B – *eps_tt*.



7.4.2 Interakční diagram

Únosnost průřezu, na který působí jak moment tak normálová síla, se vypočítá pomocí interakčního diagramu v tomto typu posudku. Posudek nalezneme v servisu **Beton** > **Posouzení** > **Posouzení předpjatého betonu** > **Interakční diagram**. Výchozí nastavení je následující:

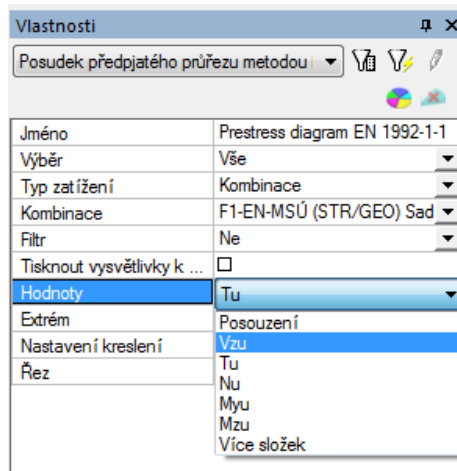


Doporučený metoda posouzení interakčním diagramem je takováto:

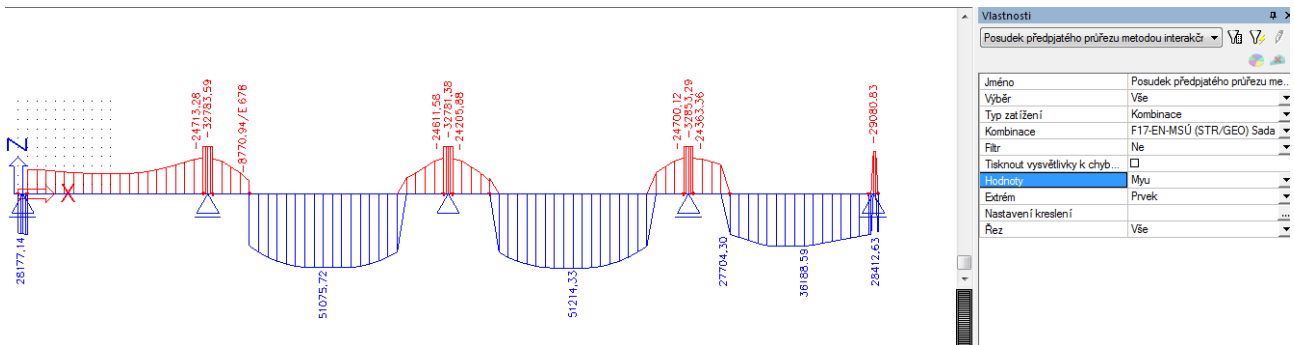
- Pokud je převládající tlak, vhodná je metoda **NuMu**, protože pokud je konstrukce deformovaná tlakem, pak i moment také vzrůstá.
- Pokud převládá tah, je vhodné použít metodu **Nu**
- Pokud působí čistý ohyb je lepší použít metodu **Mu**

Výsledky posudku se počítají a vykreslují na základě zvolené kombinace a typu hodnoty. Existuje několik hodnot, ze kterých můžeme vybírat:

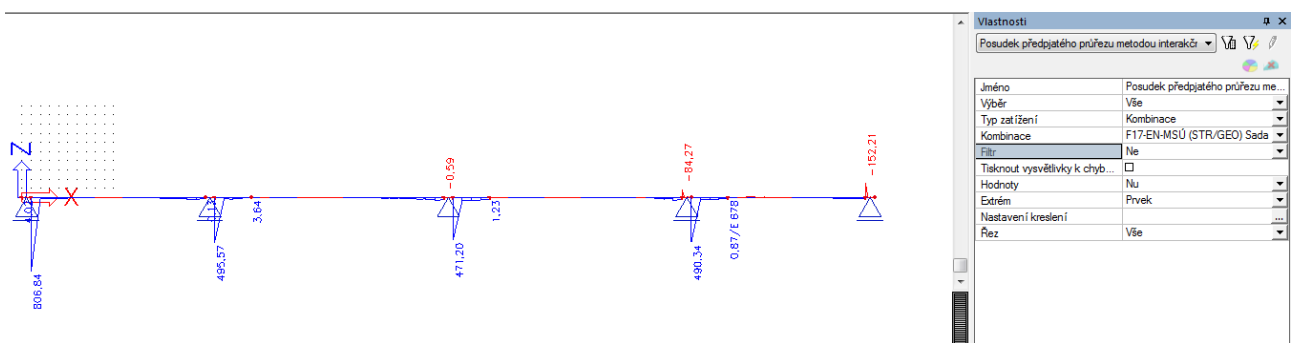
- **Nu** – normálová únosnost
- **Myu** – momentová únosnost ve směru y
- **Mzu** – momentová únosnost ve směru z
- **Vzu** – smyková únosnost
- **Tu** – únosnost v kroucení



Posouzení interakčním diagramem ve směru y pro kombinaci F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B - **Myu**.

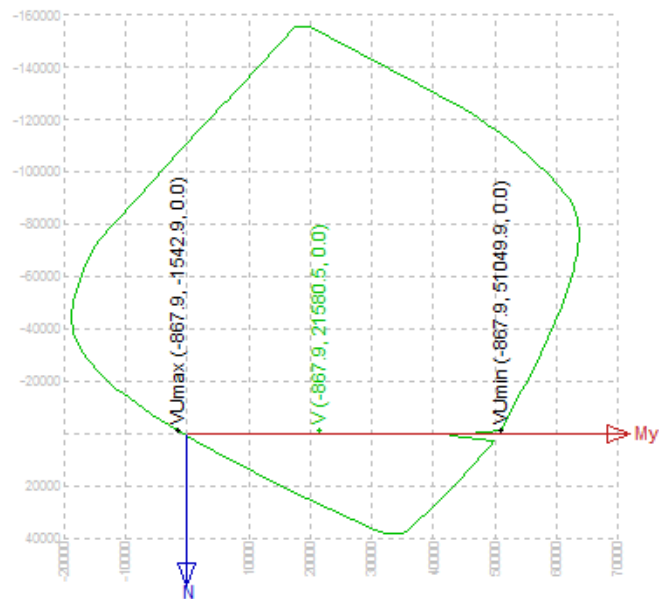


Posouzení interakčním diagramem ve směru y pro kombinaci F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B - **Nu**

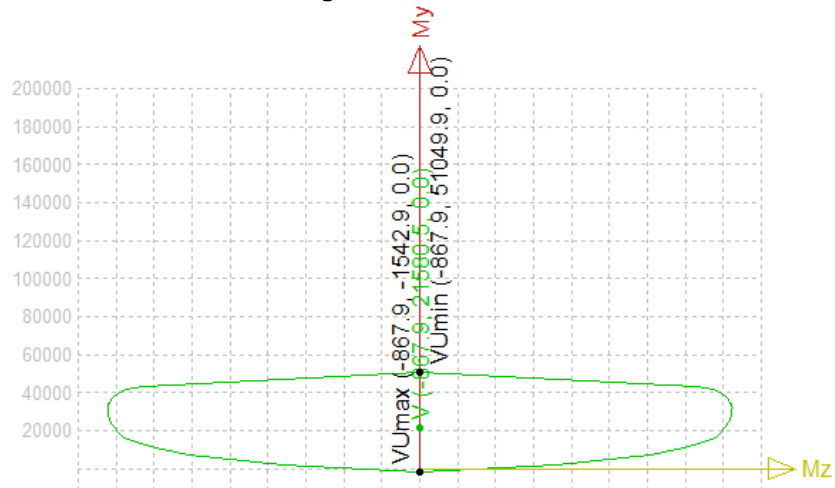


Výsledky při posouzení jednotlivého prvku jsou následující:

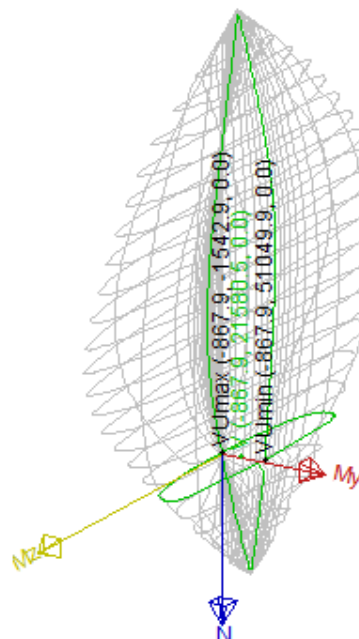
- Vertikální řez interakčním diagramem



- Horizontální řez interakčním diagramem



- 3D interakční diagram

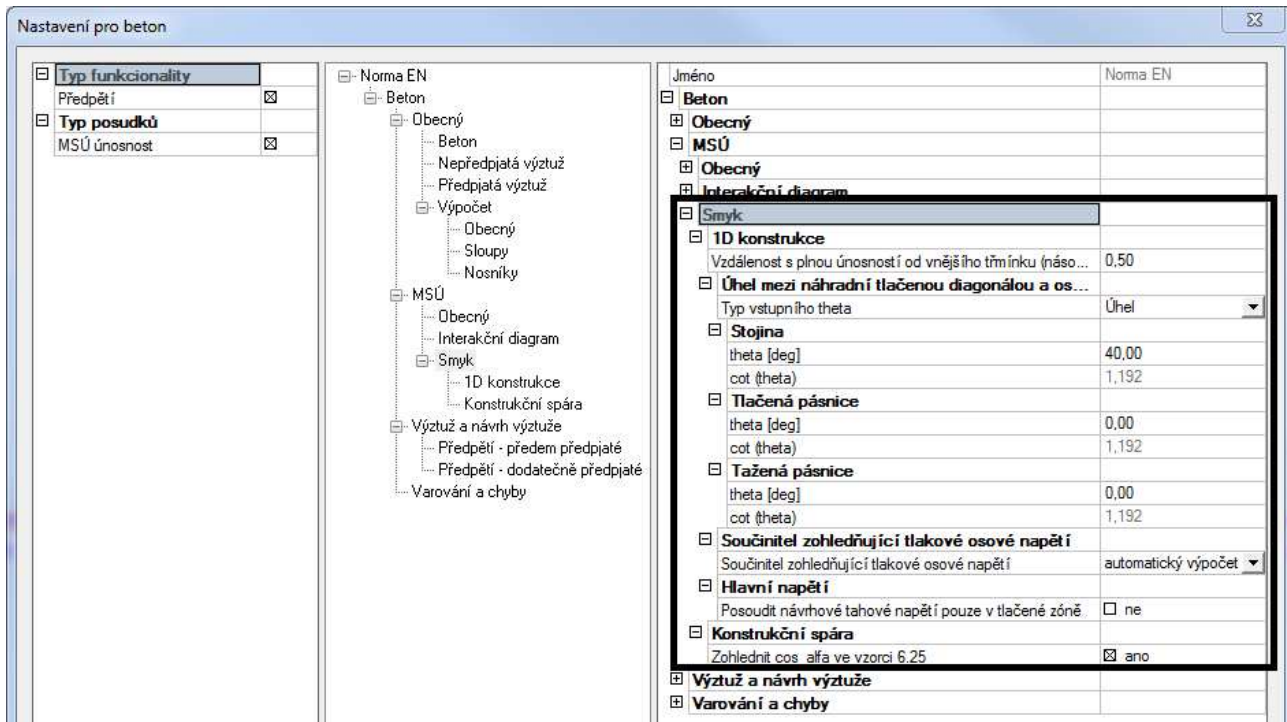


7.4.3 Posouzení smyku

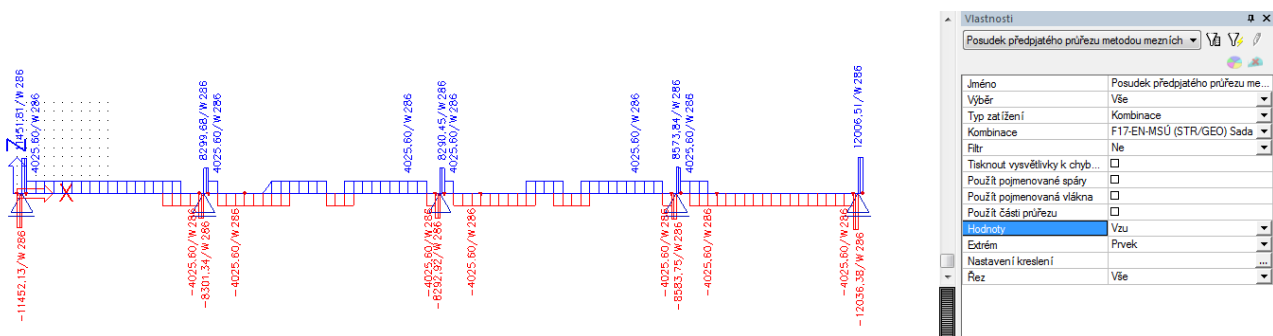
Posouzení smyku se provádí v posudcích **Metoda mezních přetvoření** a **Interakční diagram** jako hodnota **Vzu**. Na začátku se spočítá přítomnost trhlin v MSÚ:

- Pokud jsou v průřezu trhliny, výpočet se provádí podle kapitoly 6.2.2
- Pokud nejsou v průřezu trhliny ani předpínací výztuž, výpočet se provádí podle kapitoly 12.6.3

Parametry pro posudek smyku můžeme prohlížet a opravovat v **Nastavení pro beton > MSÚ > Smyk**.



Posouzení smyku pro kombinaci F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B - **Vzu**.



Tabulkový výstup pro extrém **Prvek** je následující:

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

Lineární výpočet, Extrém : Prvek

Výběr : Vše

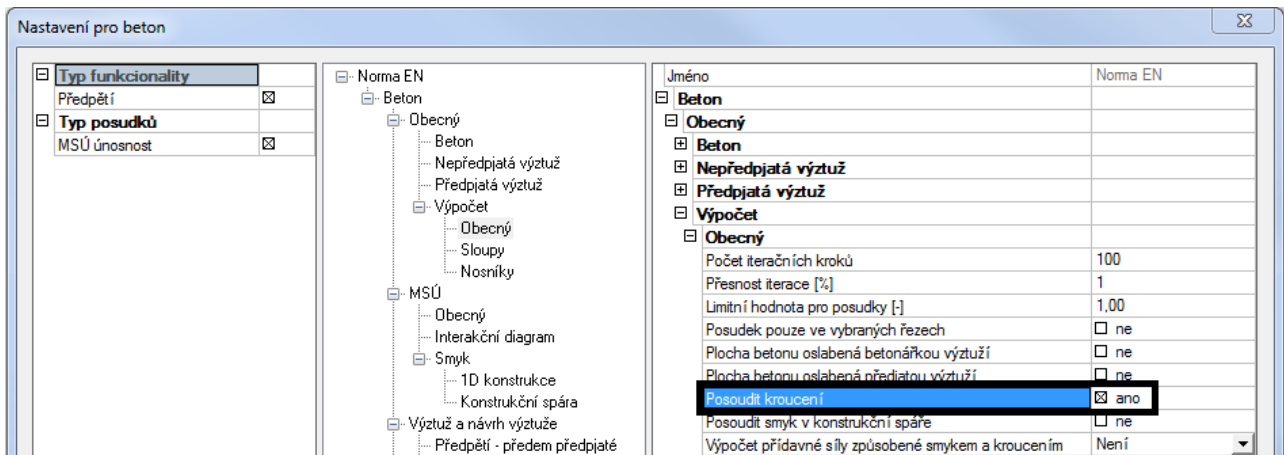
Kombinace : F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B

Posouzení s mykových namáhání pro vybrané pruty

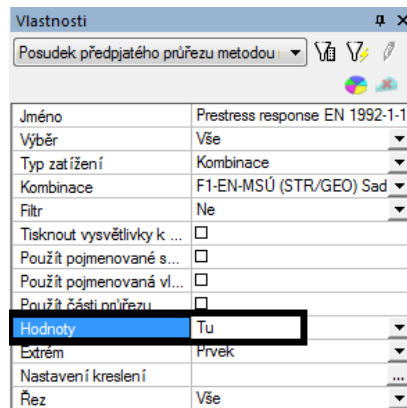
Prvek	d_x [mm]	šev	V_{ED} [kN] N_{ED} [kN]	vzdá. třminků [mm] přčná vzdálenost třminků [mm]	průměr [mm] A_{st} [mm ² /m]	$V_{Rd,o}$ [kN] $V_{Rd,max}$ [kN]	V_{Rd} [kN]	Posouzení v_{yp} [-] Posouzení η_{lim} [-]	Posudek W/E	Metoda
B1	0,500	F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B/1	-1196,52 -38072,89	0 0	0,0 0	11452,13 0,00	11452,13	0,10 1,00	vyhovuje 286	vzorec 6.2a.b) EN1992-1-1
B1	1,000	F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B/1	2449,16 -38070,48	0 0	0,0 0	11451,81 0,00	11451,81	0,21 1,00	vyhovuje 286	vzorec 6.2a.b) EN1992-1-1
B2	19,000	F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B/1	-2083,58 -39221,76	0 0	0,0 0	4025,60 0,00	4025,60	0,52 1,00	vyhovuje 286	vzorec 6.2a.b) EN1992-1-1
B2	1,000	F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B/1	2183,96 -38052,46	0 0	0,0 0	4025,60 0,00	4025,60	0,54 1,00	vyhovuje 286	vzorec 6.2a.b) EN1992-1-1
B3	0,000	F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B/2	-2127,93 -39289,72	0 0	0,0 0	8301,34 0,00	8301,34	0,26 1,00	vyhovuje 286	vzorec 6.2a.b) EN1992-1-1
B3	0,500	F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B/2	3162,28	0	0,0	8299,68	8299,68	0,38	vyhovuje	vzorec 6.2a.b) EN1992-1-1

7.4.4 Posouzení kroucení

Posouzení kroucení můžeme provést v posudcích **Metoda mezních přetvoření** a **Interakční diagram** jako hodnota **Tu**. Výpočet sleduje postup z kapitoly 6.4. Kroucení se posuzuje pouze když je zatrhnuta příslušná možnost v **Nastavení pro beton > Obecný > Výpočet > Obecný**.



Posudek kroucení pro kombinaci F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B - **Tu**.



Kroucení je také posuzováno jen když jsou v nosníku zadány třmínky. Pokud třmínky nejsou přítomny, je vyžadován posudek dovolených namáhání.

Vysvětlivky k varování a k chybám

250 Nenašely se třmínky na kroucení. Kroucení prvku z prostého nebo slabě vyztuženého betonu není v tomto posudku prováděno. Za účelem verifikace plného průřezu bez trhlin musí být vliv kroucení zohledněn v posudku dovolených hlavních tahů betonu v MSÚ.

7.4.5 Posouzení dovolených hlavních tahů

Posudek dovolených hlavních tahů v MSÚ provádíme, abychom ověřili, že průřez při daném namáhání je bez trhlin. Tento posudek je možné spustit v servisu **Beton > Posouzení > Posouzení předpjatého betonu > Posouzení dovolených hlavních tahů**. Pokud chceme posoudit návrhové tahové napětí pouze v tlačené zóně, příslušná možnost musí být zatrhnuta v **Nastavení pro beton > MSÚ > Smyk > 1D konstrukce**. Hlavní tahy jsou vypočítány v uživateli předdefinovaných řezech (viz kap. 5.3).

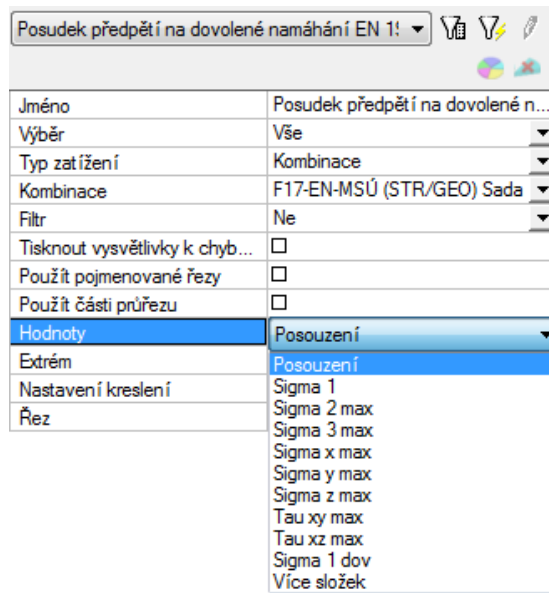
Nastavení pro beton

Jméno	Norma EN
<input checked="" type="checkbox"/> Beton	
<input checked="" type="checkbox"/> Obecný	
<input checked="" type="checkbox"/> MSÚ	
<input checked="" type="checkbox"/> Smyk	
<input checked="" type="checkbox"/> 1D konstrukce	
<input checked="" type="checkbox"/> Hlavní napětí	
<input checked="" type="checkbox"/> Posoudit návrhové tahové napětí pouze v tlačené zóně	<input type="checkbox"/> ne
<input checked="" type="checkbox"/> MSP	
<input checked="" type="checkbox"/> Dovolené namáhání	
<input checked="" type="checkbox"/> Výztuž a návrh výztuže	
<input checked="" type="checkbox"/> Varování a chyby	

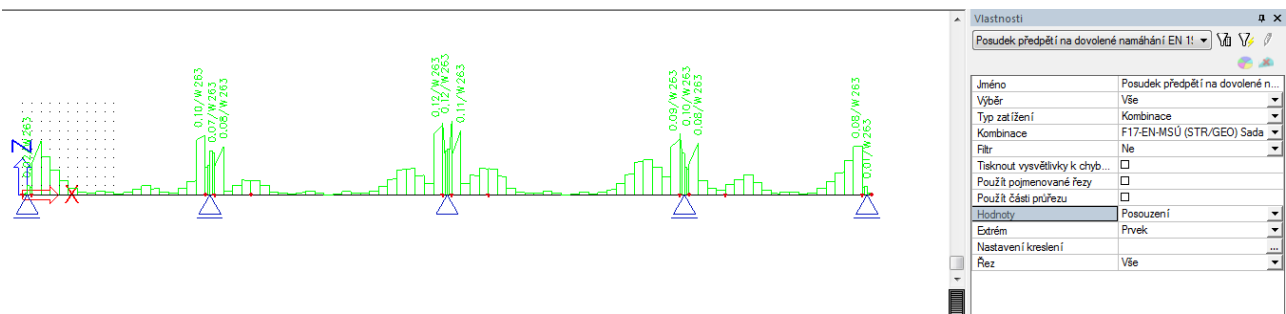
Reference : EN 1992-1-1, článek 12.6.3 (3)
 Popis : Je-li ANO, tlačená oblast průřezu samotného se uvažuje pro posudek hlavních dovolených namáhání [zelená část hlavních napětí (sigma_1)]
 Aplikace : Posudek hlavních dovolených namáhání

Funkce posouzení dovolených hlavních tahů má následující rozsah hodnot:

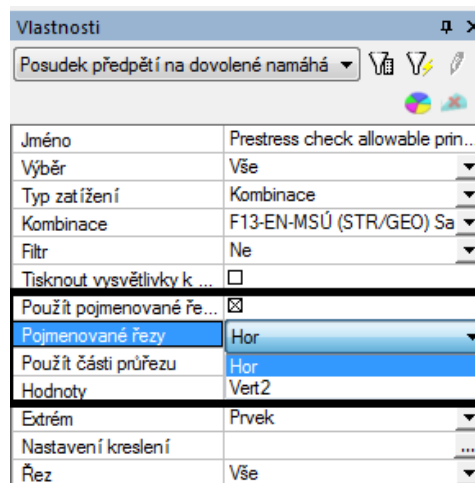
- **Sigma_1** – hlavní napětí 1 pro rovinnou napjatost ve 3D
- **Sigma_2_max** – hlavní napětí 2 pro rovinnou napjatost ve 3D
- **Sigma_3_max** – hlavní napětí 3 pro rovinnou napjatost ve 3D
- **Sigma_x_max** – maximální napětí v podélném směru X
- **Sigma_y_max** – maximální napětí ve směru Y
- **Sigma_z_max** – maximální napětí ve směru Z
- **Tau_xy_max** – maximální smykové napětí v rovině XY
- **Tau_xz_max** – maximální smykové napětí v rovině XZ



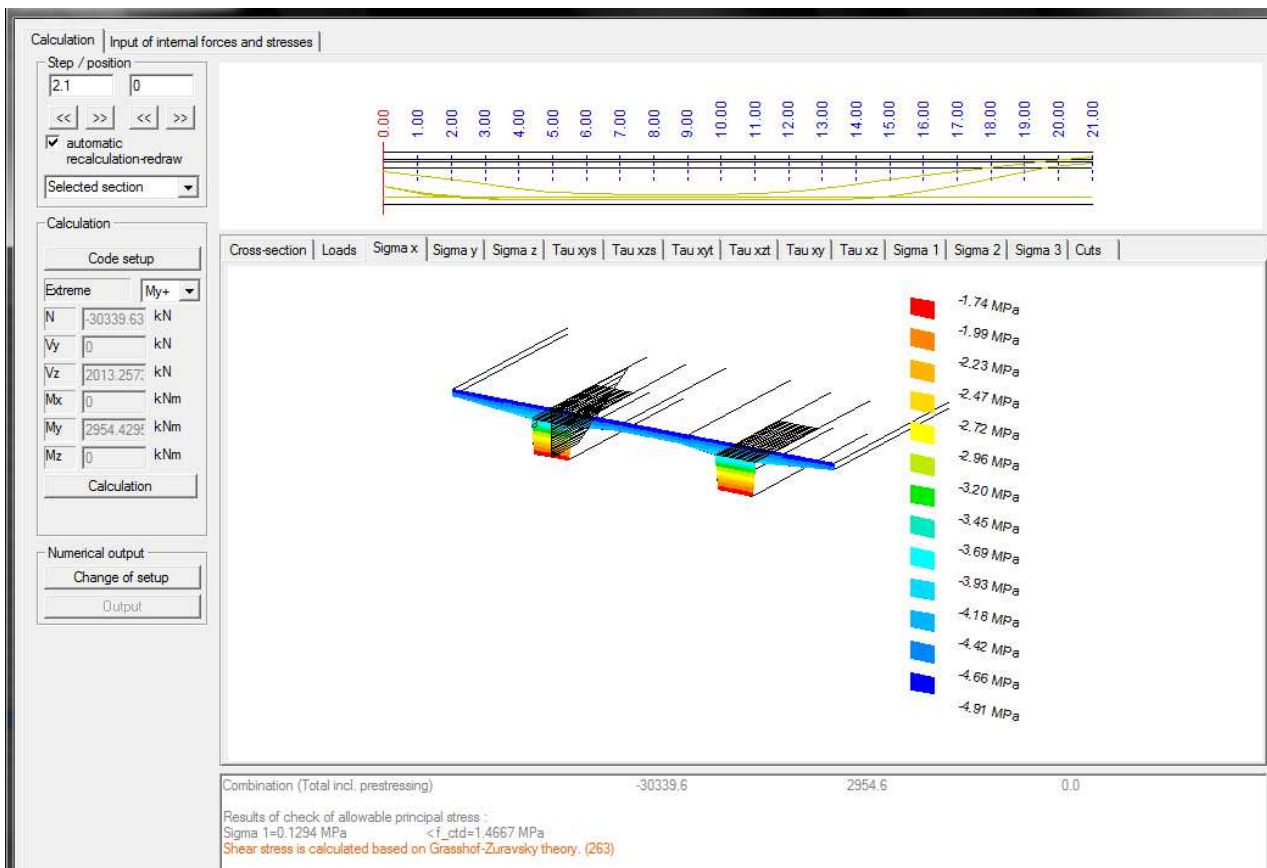
Hodnota jednotkového posudku pro kombinaci F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B je:



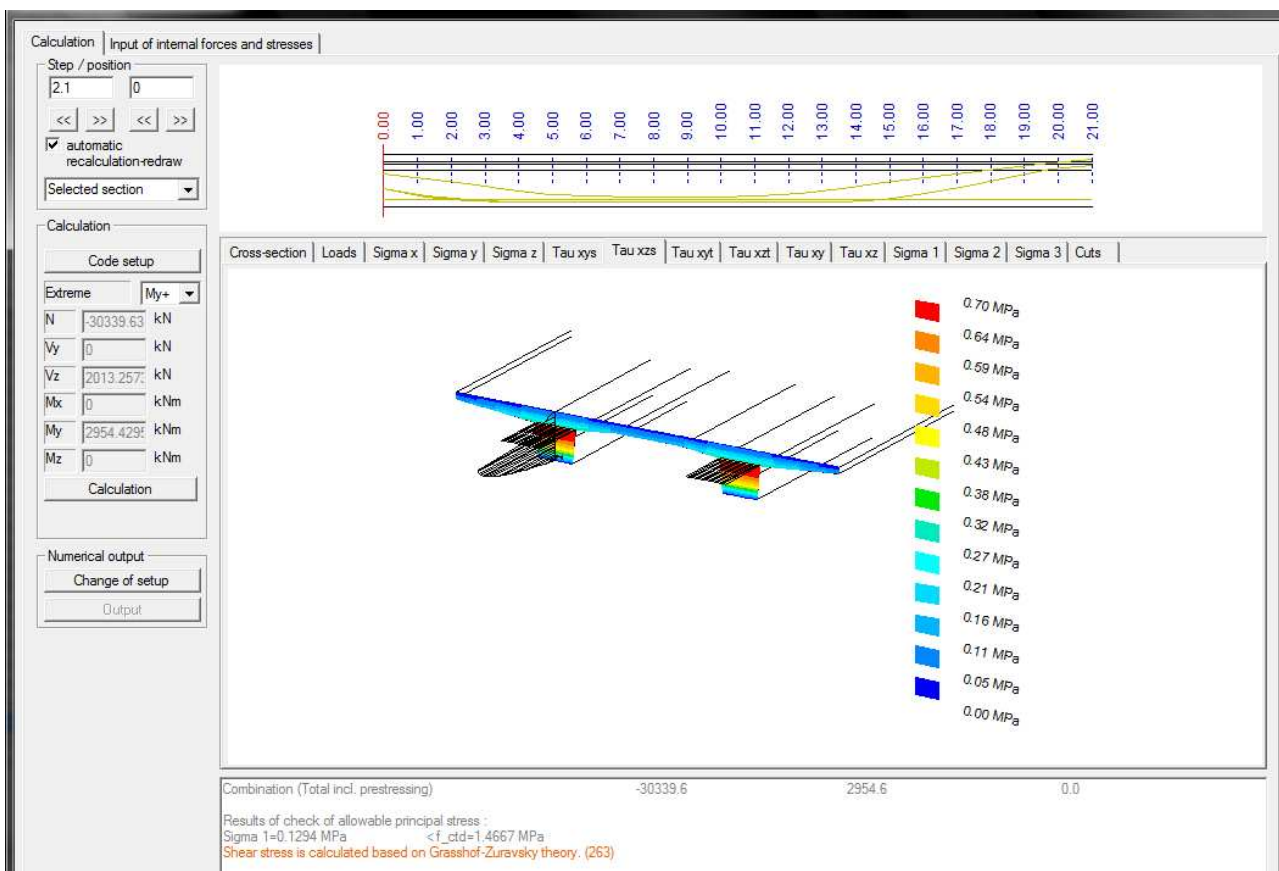
Máme také možnost posoudit pouze pojmenované řezy nebo části průřezu touto funkcí.



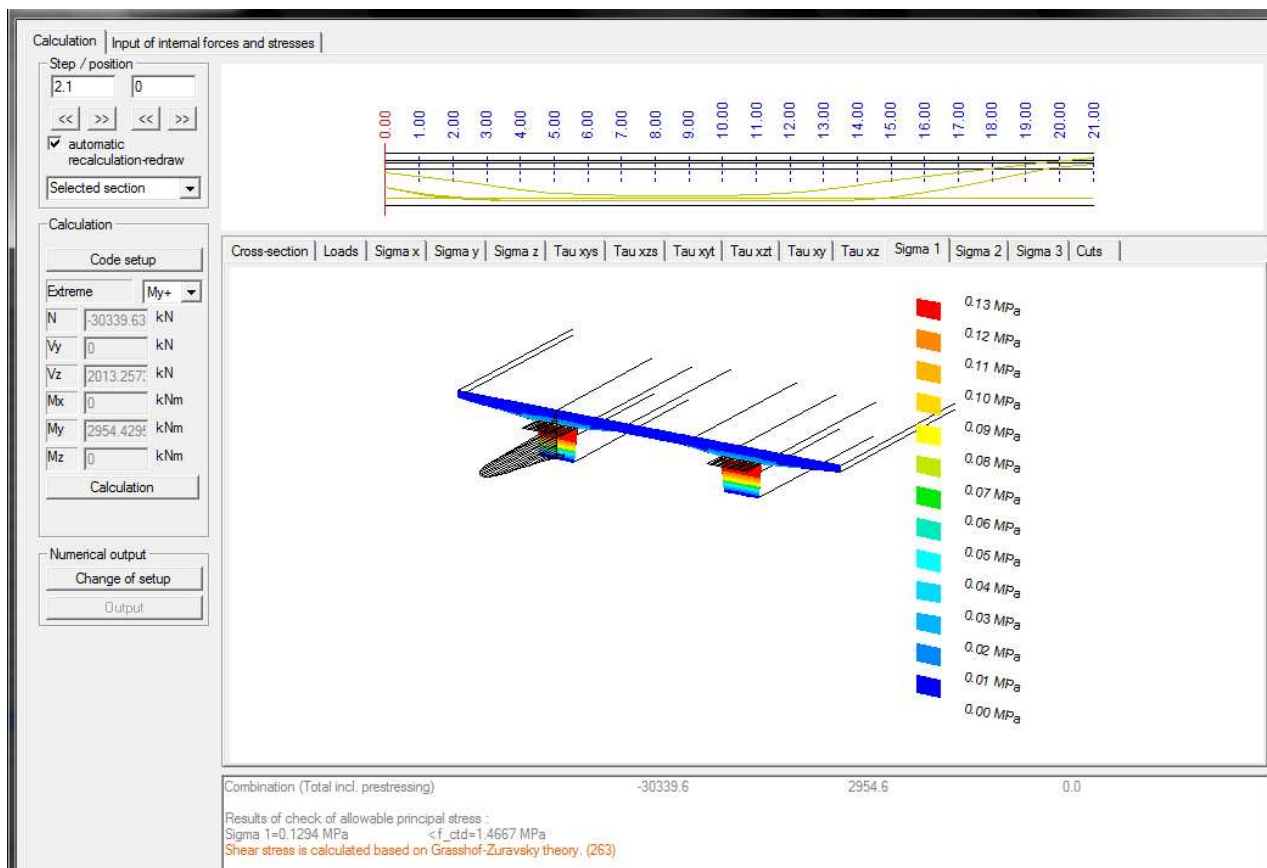
Uživatel může také prohlížet detailní vyhodnocení ve vybraných řezech po délce nosníku pomocí tlačítka **Posudek prvku**. Napětí σ_x pro F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B je následující:



Napětí τ_{xz} pro F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B je následující:



Hlavní napětí σ_1 pro F17-EN-MSÚ (STR/GEO) Sada B je následující:



8 Literatura

- [1]. EN 1990 Eurokód, Základy navrhování konstrukcí; Evropský normalizační institut, Prosinec 2002.
- [2]. EN 1990/A1. Eurokód: Základy navrhování konstrukcí; Evropský normalizační institut, Listopad 2005.
- [3]. EN 1991-2 Eurokód 1, Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru; Evropský normalizační institut, Listopad 2003.
- [4]. EN 1992-1-1 Eurokód 2, Navrhování betonových konstrukcí – Část1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Evropský normalizační institut, Prosinec 2004.
- [5]. EN 1992-2 Eurokód 2, Navrhování betonových konstrukcí – Betonové mosty – navrhování a konstrukční zásady; Evropský normalizační institut, Listopad 2005.