

structural engineering
FIN EC

FIN 3D

Výuková příručka



Zadání

Tento příklad ukáže výpočet a posouzení konstrukce zobrazené na obrázku. Sloupy jsou z trubek, trámy profil *I*. Materiál ocel *Fe 360*. Zatížení na trámy je svislé rovnoměrné 18 kN/m . Zatížení na dva sloupy je lichoběžníkové po celé délce prutu, nahoře 12 kN/m , dole 19 kN/m . Sloupy jsou tuze zabetonovány do patek.

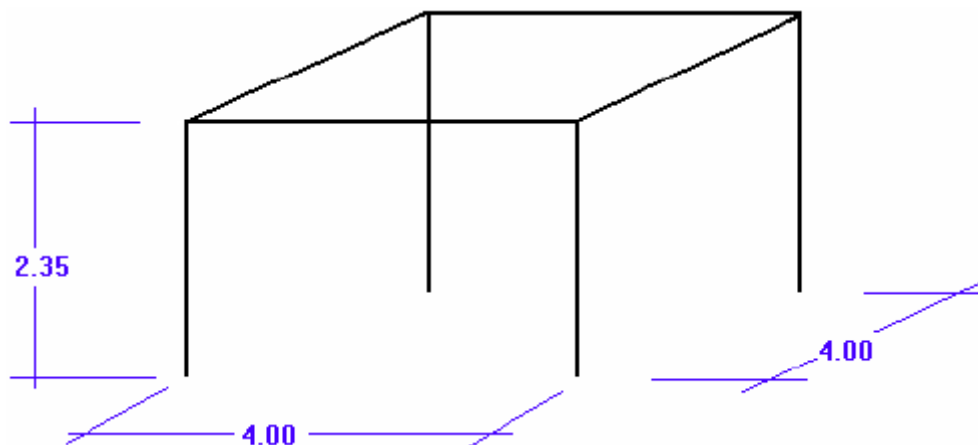
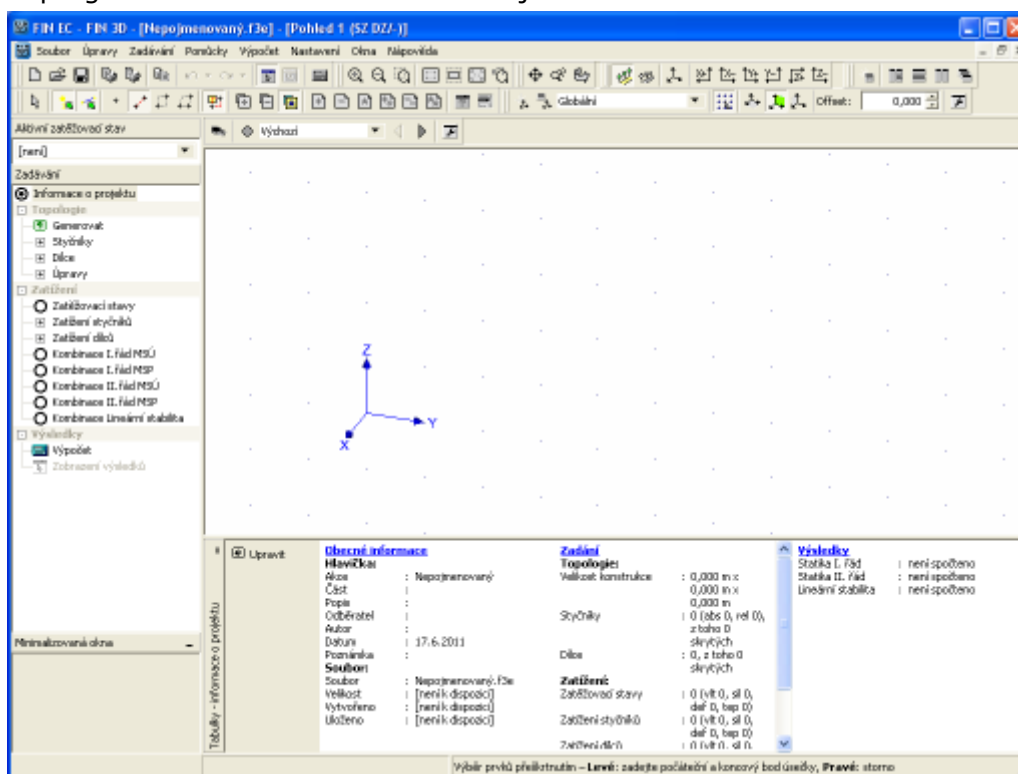


Schéma konstrukce

Po spuštění programu FIN3D se zobrazí následující obrazovka.



Úvodní obrazovka programu

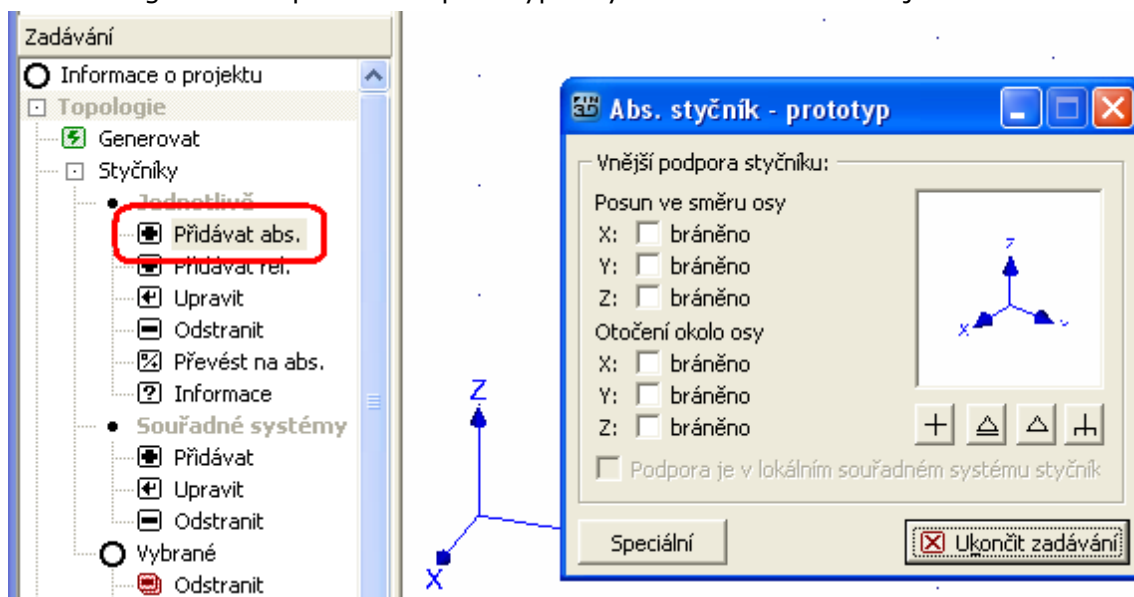
Zadání základního rámu

Konstrukci nebudeme vytvářet pomocí "**Generátoru konstrukcí**", zadání provedeme postupně pomocí vkládání styčniců a dílců. Můžeme si tak ukázat jednotlivé postupy při tvorbě a úpravách konstrukce. Postupů, jak zadávat konstrukci, je několik. V tomto případě jsme zvolili tento:

- nejprve zadáme jeden rám (dva sloupky a trám)
- zadáme zatížení
- zkopírujeme rám, abychom dostali prostorovou konstrukci
- zadáme příčné trámy včetně zatížení

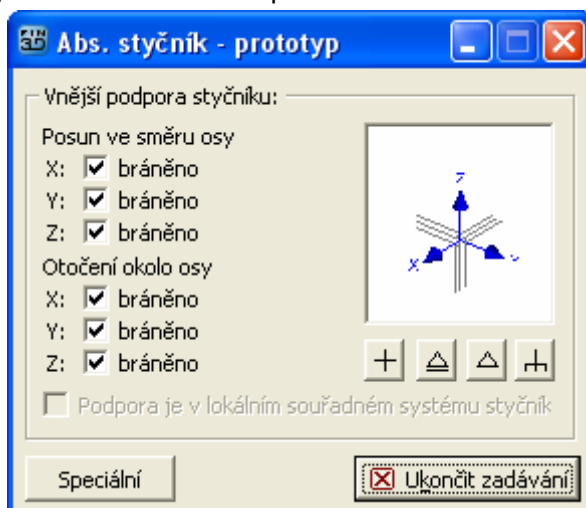
Tento postup nebyl zvolen jako ideální nebo nejjednodušší, ale tak, abychom mohli ukázat co nejvíce funkcí programu. Nejprve projekt uložíme. Nazveme ho například "**Prostorová konstrukce**". Jméno se jednak zobrazí v záhlaví okna, jednak bude předáno dimenzačním programům.

Na ovládacím stromečku v levé části obrazovky zvolíme volbu "**Styčníky**", "**Přidávat abs.**". Zobrazí se dialogové okno pro zadání prototypu styčníku. Jeho funkci objasníme dále.



Zadání absolutního styčníku

Dialogové okno "**Abs. styčník - prototyp**" slouží k zadání způsobu podepření u vkládaných styčníků. Nejprve budeme zadávat styčníky v patách sloupů, je tedy nutné zadat vetknuté podepření. Vetknutí můžeme zadat buď zaškrtnutím políček "**bráněno**" ve všech směrech nebo kliknutím na tlačítko se symbolem vetknutí v pravé části okna.

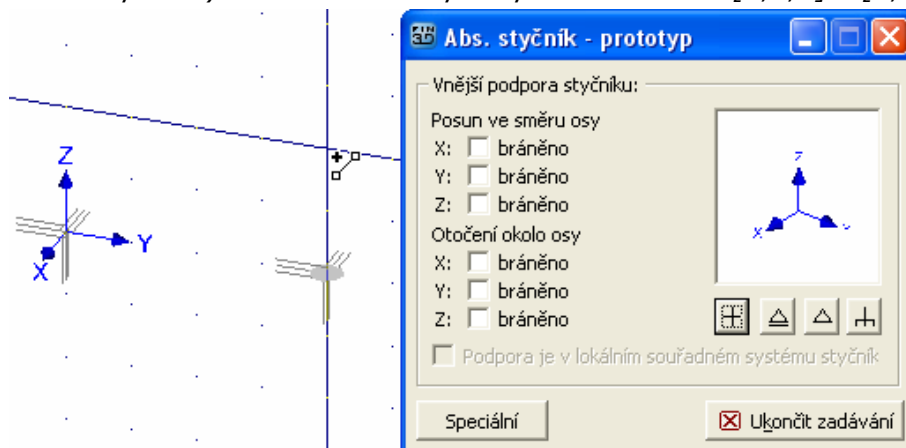


Prototyp absolutního styčníku se zadaným vetknutím

Nyní již můžeme na pracovní ploše zadat body se souřadnicemi $[0,0,0]$ a $[4,0,0]$. Pro snadné zadání využijeme zarovnání do mřížky, která má přednastavený rastr 1 m . Souřadnice si můžeme ověřit ve stavovém řádku hlavního okna. Při zadávání zůstává okno s prototypem

vždy na obrazovce. Hlavní výhodou tohoto postupu je fakt, že neustále vidíme, jaký styčník (dílec, zatížení...) zadáváme a kdykoliv můžeme parametry prototypu jednoduše změnit v okně prototypu a pokračovat dále v zadávání.

Pro zadání horních styčníků musíme změnit způsob podepření v prototypu. Horní styčníky nebudou podepřeny, proto vypneme podepření ve všech směrech (nebo použijeme tlačítko se symbolem prostého styčníku). Poté zadáme styčníky na souřadnice $[0,0,2]$ a $[4,0,2]$.



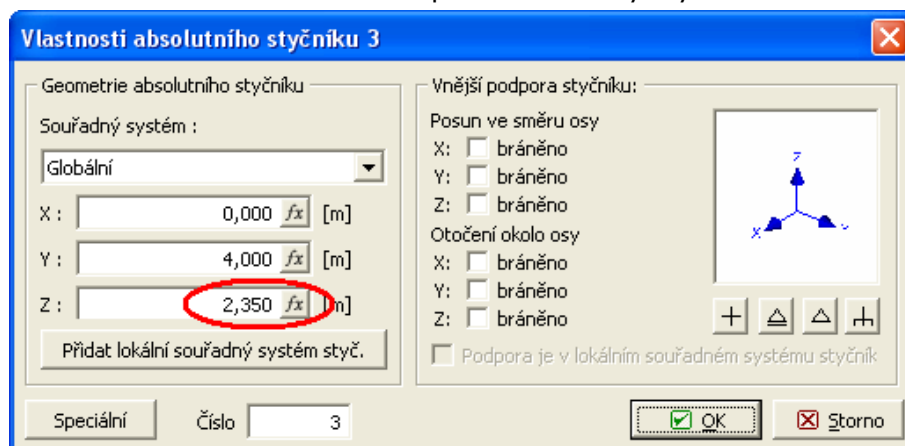
Zadání horních styčníků

Protože jsou horní styčníky zarovnané do mřížky, jsou jejich souřadnice ve směru osy z rovné $2,0\text{ m}$, nikoliv $2,35\text{ m}$ jak vyžaduje zadání úlohy. Proto souřadnice těchto styčníků upravíme. Vybereme v tabulce pod pracovní plochou požadovaný styčník (aktivní položka v tabulce je zvýrazněna tučným písmem) a stiskneme tlačítko "**Upravit**".

	Číslo	Způsob zadání	Souřadnice			Podepření					
			X [m]	Y [m]	Z [m]	P _X	P _Y	P _Z	O _X	O _Y	O _Z
	1	abs. X: 0,000 m Y: 0,000 m Z: 0,000 m	0,000	0,000	0,000		✓	✓	✓	✓	✓
	2	abs. X: 0,000 m Y: 4,000 m Z: 0,000 m	0,000	4,000	0,000	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	3	abs. X: 0,000 m Y: 4,000 m Z: 2,000 m	0,000	4,000	2,000	✓					
	4	abs. X: 0,000 m Y: 0,000 m Z: 2,000 m	0,000	0,000	2,000						

Úprava styčníku

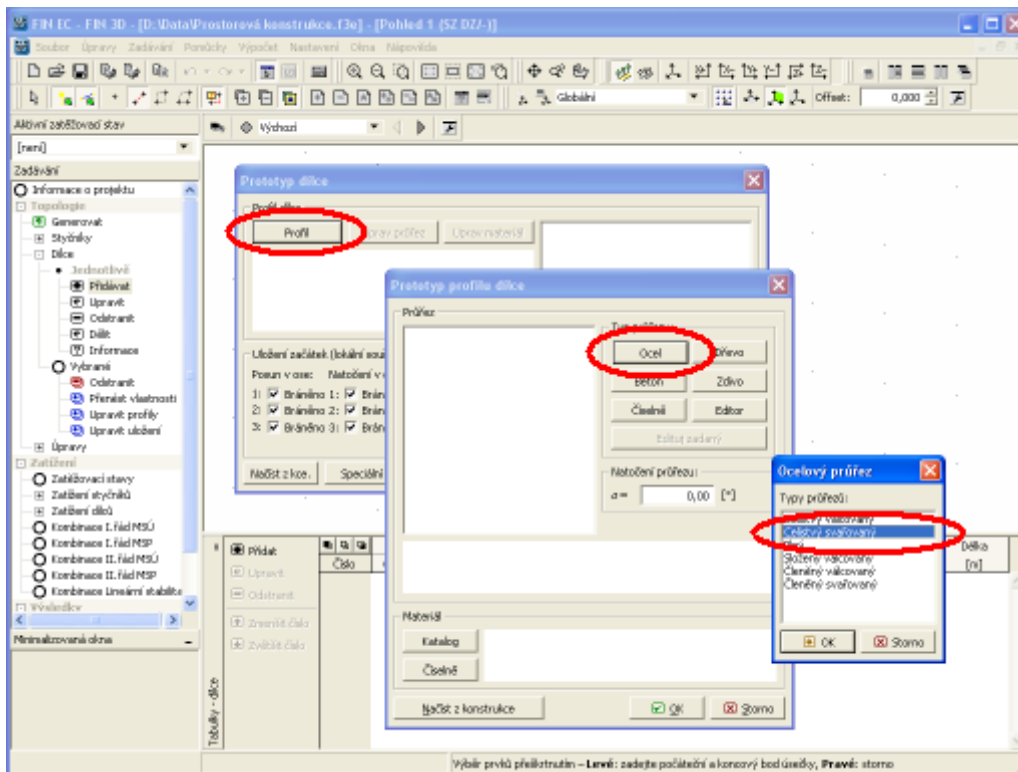
V dialogovém okně "**Vlastnosti absolutního styčníku**" pak změním souřadnici Z na $2,35\text{ m}$. Zadání potvrdíme tlačítkem "**OK**". Obdobně upravíme i čtvrtý styčník.



Změna souřadnice absolutního styčníku

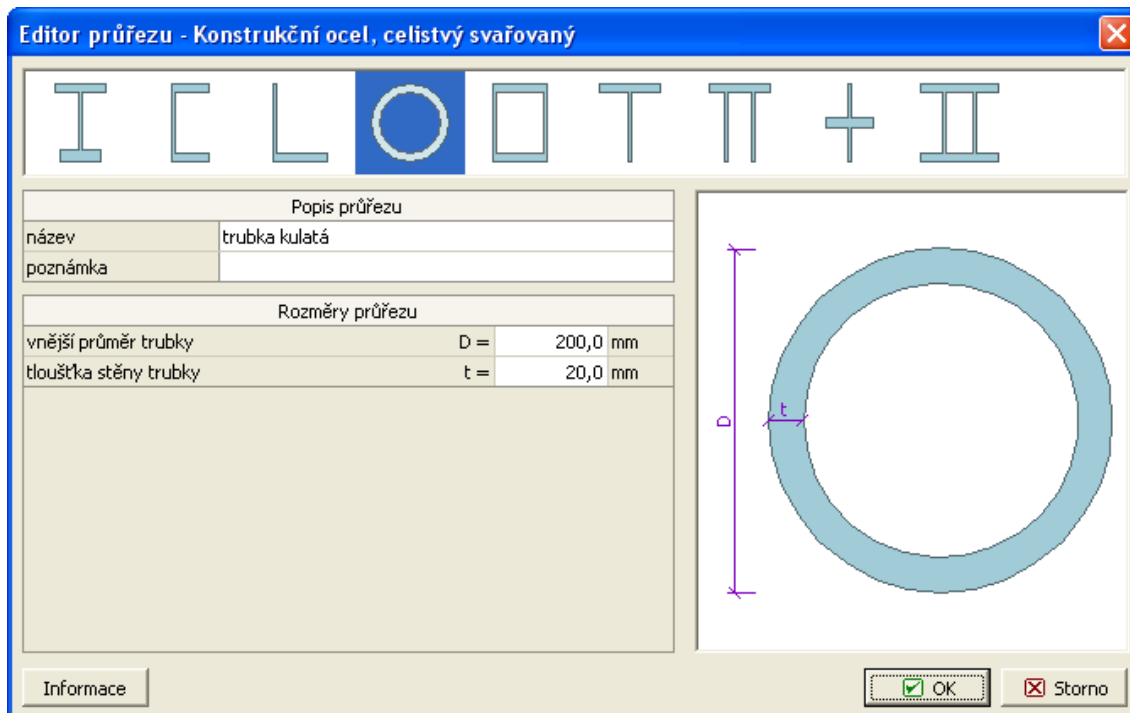
Nyní zadáme stejným způsobem dílec. Zadávací stromček přepneme do režimu "**Dílec**".

"**Přidávat**". Obdobně jako u styčnicků se objeví okno s vlastnostmi prototypu dílců. V tomto okně musíme zadat pomocí tlačítka "**Profil**" průřez dílce. V následujících oknech vybereme druh průřezu "**Ocel**" a typ "**Celistvý svařovaný**".



Výběr typu průřezu

V okně s rozměry průřezu vybereme ocelovou trubku o průměru 200 mm a tloušťce stěny 20 mm.



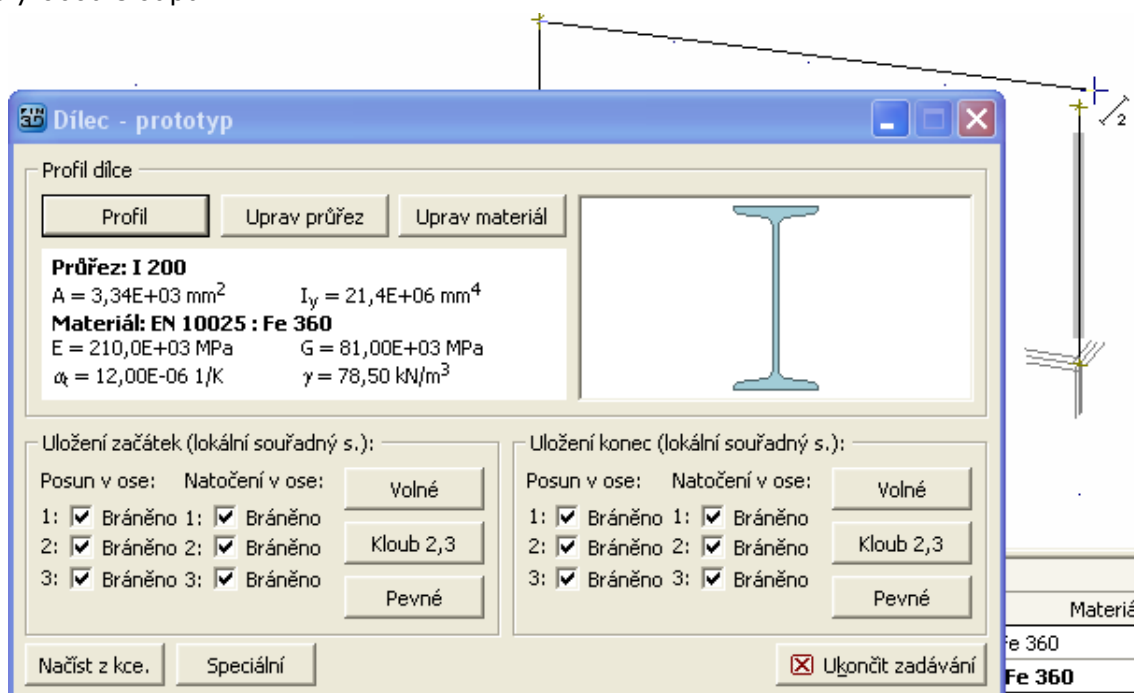
Zadání rozměrů průřezu

V následujícím okně vybereme materiál třídy Fe 360.



Výběr třídy materiálu

Po zadání prototypu dílce klikneme myší na počáteční styčník dílce a poté na koncový styčník dílce. Tímto způsobem zadáme oba sloupy. Při zadávání se snažíme dodržet shodnou orientaci dílců, vybíráme tedy v obou případech nejprve dolní styčníky a poté horní (případně naopak). Sloupy tak budou mít shodné směrnice, což nám ulehčí práci při dimenzování. Před zadáním trámu změním průřez prototypu na válcovaný profil I200. Trámem spojíme vrcholy obou sloupů.



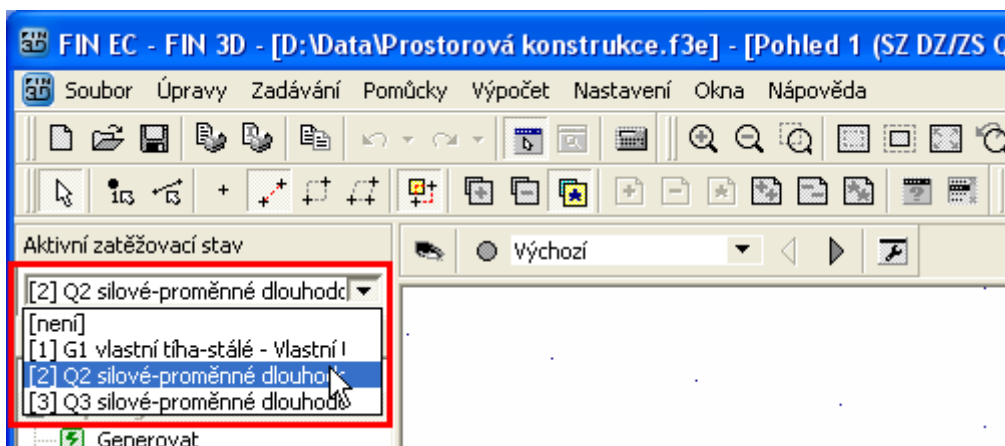
Zadání trámu

Zadání zatížení

Nyní zadáme zatížení. Přejdeme do části "**Zatěžovací stavy**" a pomocí tlačítka "**Přidat**" u zadávací tabulky spustíme okno "**Nový zatěžovací stav**". Program nám automaticky nabídne první zatěžovací stav "**vlastní tíha-stálé**". Tento zatěžovací stav je specifický tím, že obsahuje pouze automaticky generovaná zatížení od vlastní tíhy konstrukce. Při jakékoliv úpravě průřezu či materiálu je vlastní tíha ihned aktualizována. Tento zatěžovací stav může být zadán v konstrukci pouze jednou. Vložení zatěžovacího stavu "**vlastní tíha-stálé**" potvrdíme tlačítkem "**Přidat**".

Vlastnosti zatěžovacího stavu vlastní tíhou konstrukce

Obdobně přidáme další dva zatěžovací stavy, u kterých vybereme typ "**proměnné dlouhodobé**". Do takto vytvořených zatěžovacích stavů je nyní nutné vložit zatížení. Přejdeme do části "**Zatížení dílců**" a v levém horním rohu vybereme v seznamu jako aktivní zatěžovací stav 2.



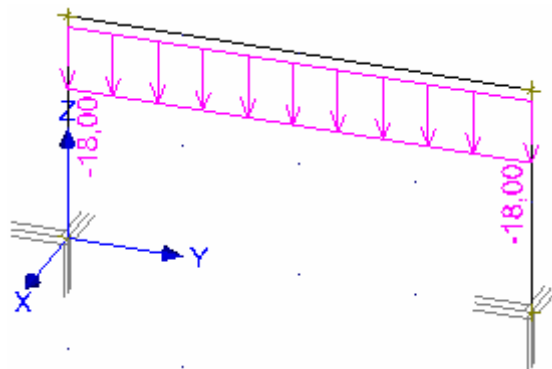
Výběr aktivního zatěžovacího stavu

Nastavíme stromeček do režimu "**Zatížení dílců**", "**Přidávat**". V dialogovém okně prototypu zatížení vybereme liniové zatížení ve směru osy Z a zadáme hodnotu -18 kN/m .

Prototyp zatížení

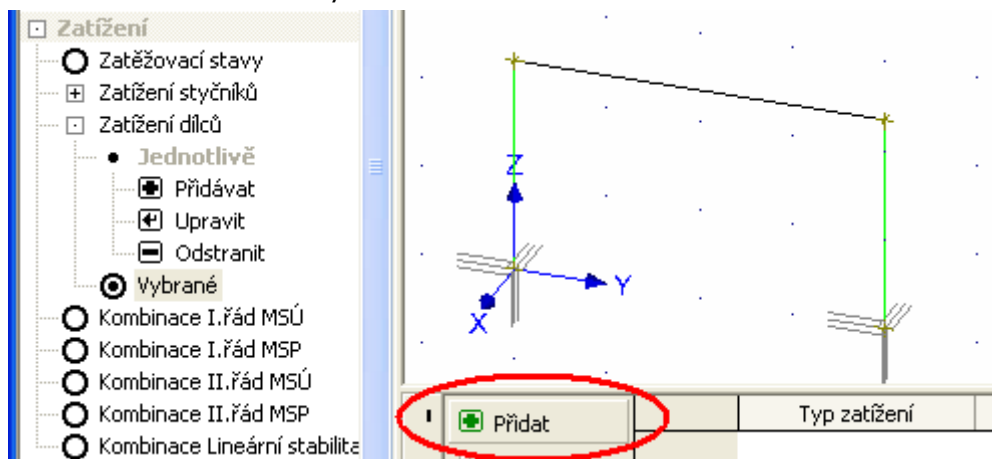
Poté vložíme zatížení na trám kliknutím na dílec na pracovní ploše. Zatížení se ihned na

konstrukci zobrazí.



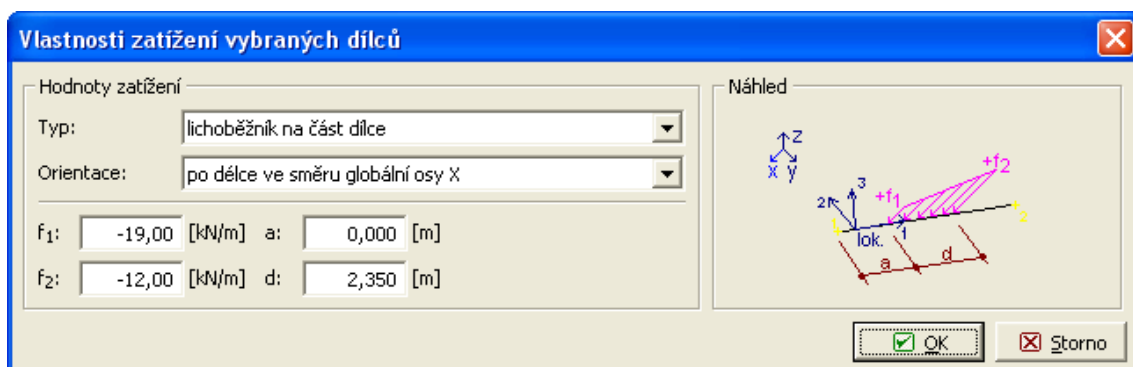
Konstrukce se zadaným zatížením

Změníme aktivní zatěžovací stav (v rozbalovacím seznamu v levém horním rohu) na zatěžovací stav č.3. Do tohoto zatěžovacího stavu vložíme lichoběžníkové zatížení na sloupy. Protože zatížení bude na obou sloupech stejné, můžeme využít hromadné zadávání na vybrané dílce. Zadávací stromeček nastavíme do režimu "Zatížení dílců", "Vybrané". Nejprve kliknutím na dílce oba sloupy vybereme. Vybrané dílce se zvýrazní zelenou barvou. Poté již můžeme pomocí tlačítka "Přidat" u zadávací tabulky .



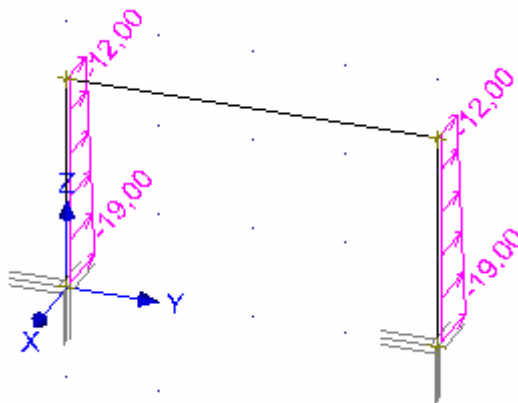
Tlačítko pro vložení zatížení na vybrané dílce

V okně "Nové zatížení vybraných dílců" vybereme typ zatížení "lichoběžník na část dílce" a orientaci "po délce ve směru globální osy Z". Následně zadáme hodnotu zatížení na začátku a konci úseku a též délku úseku.



Dialogové okno pro zadání zatížení na vybrané prvky

Po stisknutí tlačítka "OK" se zatížení vloží na oba vybrané prvky. Opětovným kliknutím na oba dílce na pracovní ploše zrušíme výběr.



Konstrukce se zadaným lichoběžníkovým zatížením

Poslední součástí zadání zatížení je tvorba kombinací. V programu Fin 3D jsou oddělené kombinace pro mezní stavy únosnosti a použitelnosti. Nejprve vytvoříme kombinace pro mezní stav únosnosti. Pro návrh nám budou stačit dvě kombinace, které budou obsahovat vždy všechny zatěžovací stavy, avšak v jedné bude hlavním proměnným zatížením zatěžovací stav 2, v druhé pak zatěžovací stav 3. Pro zadání použijeme tlačítko "**Přidat**" v režimu "**Kombinace I. řád MSÚ**" zadávacího stromečku. V tabulce ve spodní části dialogového okna "**Nová kombinace**" vybereme všechny zatěžovací stavy zaškrtnutím políček v prvním sloupci "**Uvažovat**". Políčko v druhém sloupci "**Uvažovat**" zaškrtneme pouze u zatěžovacího stavu 2. Tímto způsobem nastavíme zatěžovací stav jako hlavní proměnné zatížení. Zadání kombinace potvrdíme tlačítkem "**Přidat**".

Zatěžovací stav			Uplatnění	
Název	Kód	Typ	Uvažovat	Součinitel
G1 vlastní tíha-stálé	Vlastní tíha	Stálé	<input checked="" type="checkbox"/>	1,00
Q2 silové-proměnné dlouhodobé	Silové	Proměnné dlouhodobé	<input checked="" type="checkbox"/>	1,00
Q3 silové-proměnné dlouhodobé	Silové	Proměnné dlouhodobé	<input checked="" type="checkbox"/>	$\psi_0(0,70)$

Volba hlavního proměnného zatížení

Poté změníme nastavení tak, aby jako hlavní proměnné zatížení byl uvažován zatěžovací stav 3 a opět použijeme tlačítko "**Přidat**" pro vložení do projektu. Stejným způsobem vložíme v části "**Kombinace I. řád MSP**" dvě kombinace typu "**Charakteristická**" pro mezní stav použitelnosti.

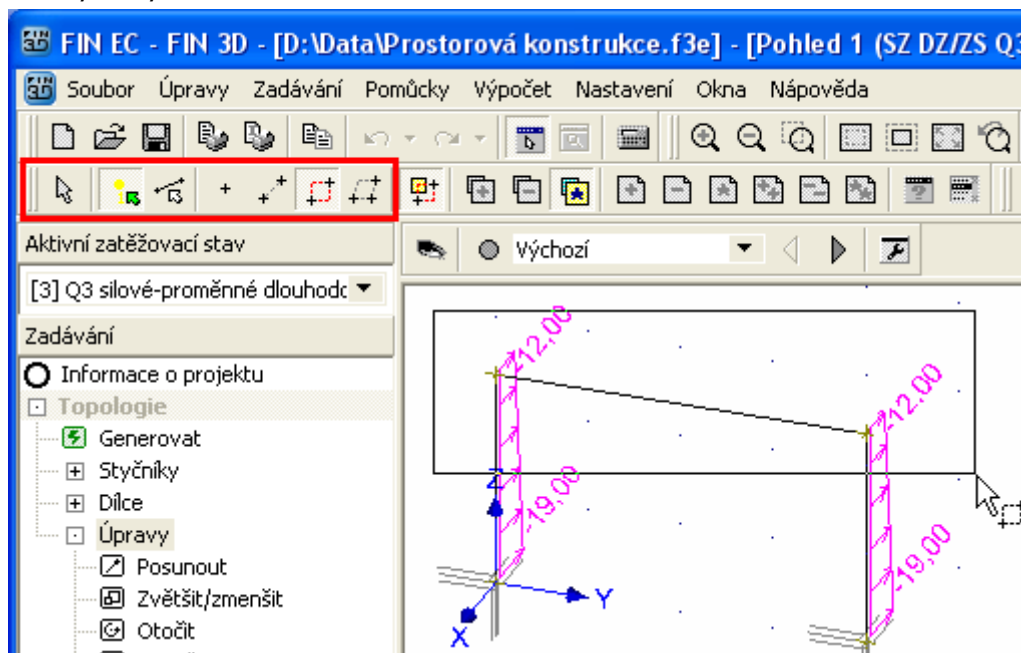
Kombinace		
Číslo	Název	Druh
1	Q2:G1+Q3	Charakteristická
2	Q3:G1+Q2	Charakteristická

Seznam kombinací pro mezní stav použitelnosti

Dokončili jsme zadání zatížení a můžeme přejít k rozšíření konstrukce.

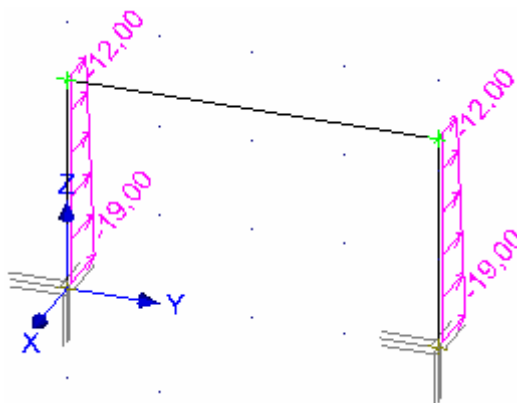
Úpravy konstrukce

V této kapitole provedeme rozšíření zadané konstrukce na prostorový rám. Přejdeme do části "Topologie", "Úpravy" zadávacího stroměčku. Nejprve však vybereme horní styčníky, neboť při kopírování rámu program může v těchto místech vytvořit nové pruty spojující původní rám s novým. Abychom mohli snadno styčníky vybrat, upravíme režim výběrů v nástrojové liště "Výběry". Jednak vypneme funkci "Vybrat dílce", takže program bude vybírat pouze styčníky, jednak změníme způsob výběru na výběr obdélníkem. Poté již můžeme snadno vybrat horní styčníky.



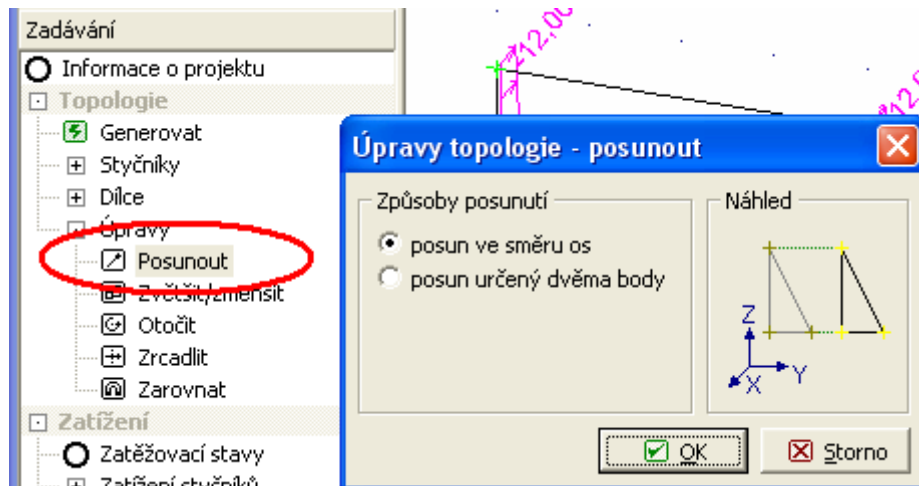
Nástroje pro úpravu režimu výběrů

Vybrané styčníky se zvýrazní zelenou barvou.



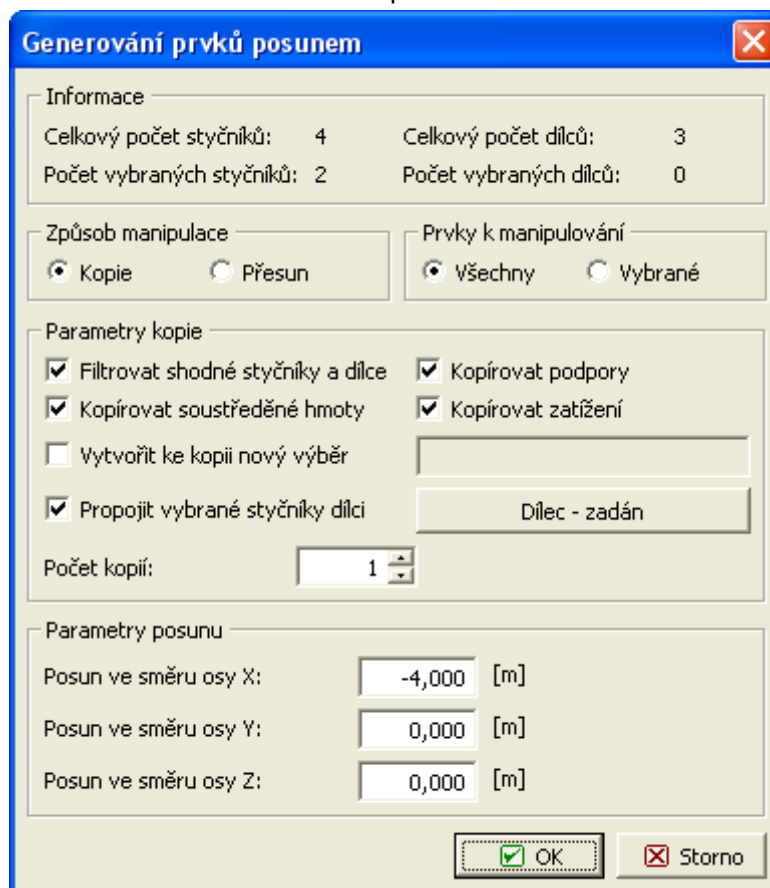
Konstrukce s vybranými styčníky

Nyní již můžeme vybrat v ovládacím stroměčku pomůcku "Posun". Objeví se dialogové okno, kde zvolíme, zda se posun bude provádět ve směru hlavních os nebo ve směru určeném dvěma body. Zvolíme první variantu a výběr potvrdíme tlačítkem "OK".




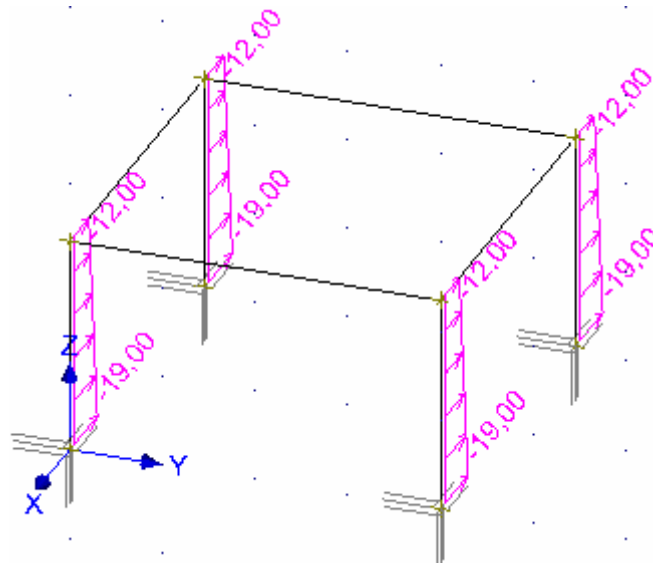
Nástroj pro posun/kopii konstrukce

V okně "**Generování prvků posunem**" nastavíme potřebné parametry posunu. Vybereme způsob manipulace "**Kopie**" a zadáme hodnotu posunu ve směru osy X jako -4 m . Navíc zaškrtneme funkci "**Propojit vybrané styčníky dílci**", která v místě vybraných (horních) styčníků vloží dílce, které propojí původní rám s jeho kopií. Stisknutím tlačítka "**Dílec - zadán**" si můžeme ověřit, že vkládané dílce budou mít profil $I200$.



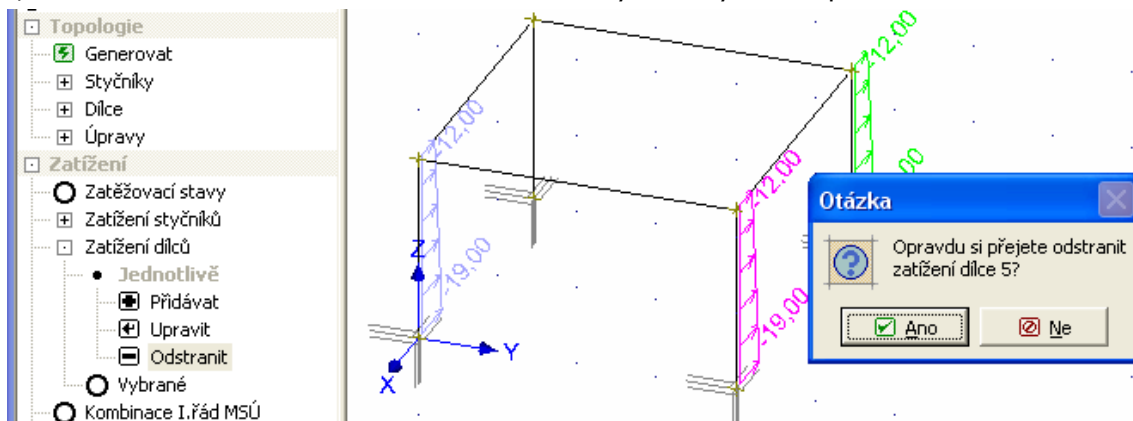
Parametry posunu

Po stisku tlačítka "**OK**" vznikne prostorová konstrukce. Pomocí tlačítka  v nástrojové liště "**Výběry**" zrušíme výběr styčníků.



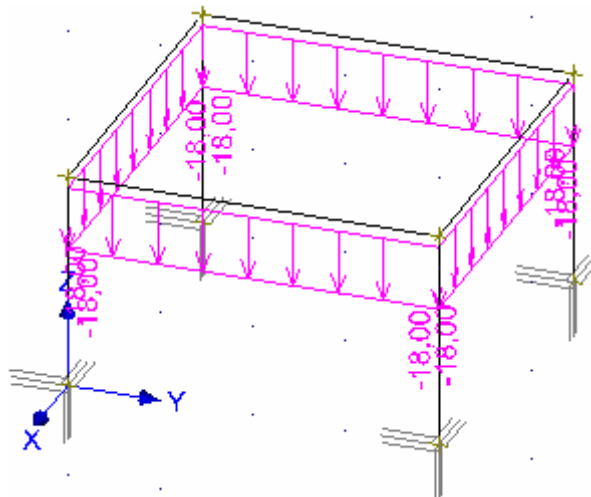
Vytvořená konstrukce

Nyní je třeba upravit zatížení v jednotlivých zatěžovacích stavech. V aktivním zatěžovacím stavu 3 je nyní lichoběžníkové zatížení zadáno na všech sloupech. V souladu se zadáním však potřebujeme mít zatížení pouze na předních dvou sloupech. Přejdeme do části "**Zatížení dílců**", "**Odstranit**" a smažeme zatížení na nově vytvořených sloupech.



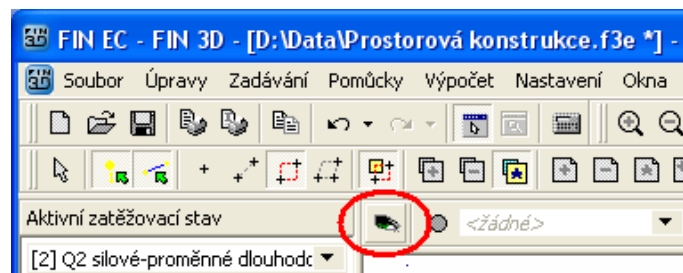
Mazání zatížení z konstrukce

Upravíme též zatížení v zatěžovacím stavu 2. Pro zadání dalšího zatížení do tohoto zatěžovacího stavu musíme nejprve stav vybrat v rozbalovacím seznamu v levém horním rohu. Přidáme zatížení na nově vytvořené trámy, hodnota zatížení bude shodná jako u ostatních trámů.



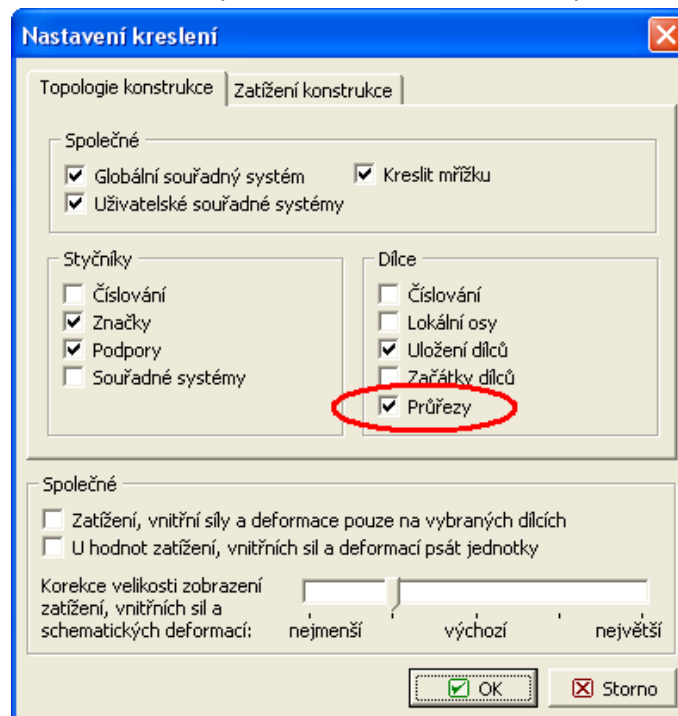
Zatížení v zatěžovacím stavu 2

Program umožňuje zvolit mnoho různých stylů a způsobů vykreslování konstrukce. Dialogové okno pro nastavení kresby se vyvolá stisknutím levého tlačítka na ovládací liště příslušného pohledu.



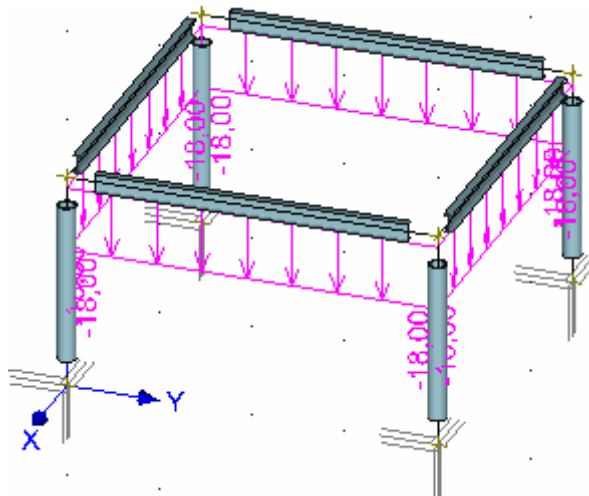
Tlačítko pro nastavení parametrů kresby

V tomto dialogovém okně můžeme například nastavit zobrazení průřezů dílců.



Okno "Nastavení kreslení"

Po zavření okna "**Nastavení kreslení**" se dílce zobrazí jako prostorové prvky, nikoliv jako pouhé linie.



Konstrukce se zobrazenými průřezy

Výpočet a výsledky

Nyní můžeme provést výpočet. Ten se spustí příkazem "**Výpočet**" v části "**Výsledky**" ovládacího stroměčku. Při spuštění výpočtu se nejprve zobrazí dialogové okno "**Vlastnosti výpočtu**" a po jeho potvrzení nastavení se provede výpočet.

Vlastnosti výpočtu ✖

Výpočet | Nastavení výpočtu

Statika I.řád

Provést výpočet Počet zatěžovacích stavů: 3

Počet kombinací: 4

Statika II.řád

Provést výpočet Počet kombinací: 4

Lineární stabilita

Provést výpočet Počet kombinací: 0

Dimenzování

Celkový počet kombinací: 4

standardní dimenzování lze spustit

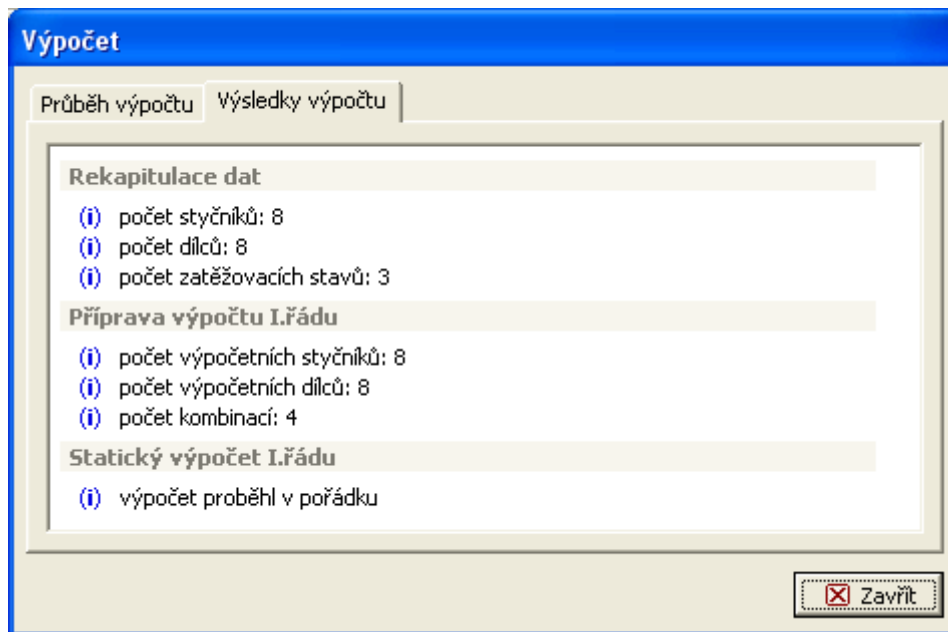
Počet požárních (mimořádných) kombinací: 0

posouzení požáru nelze spustit

Před výpočtem uložit data

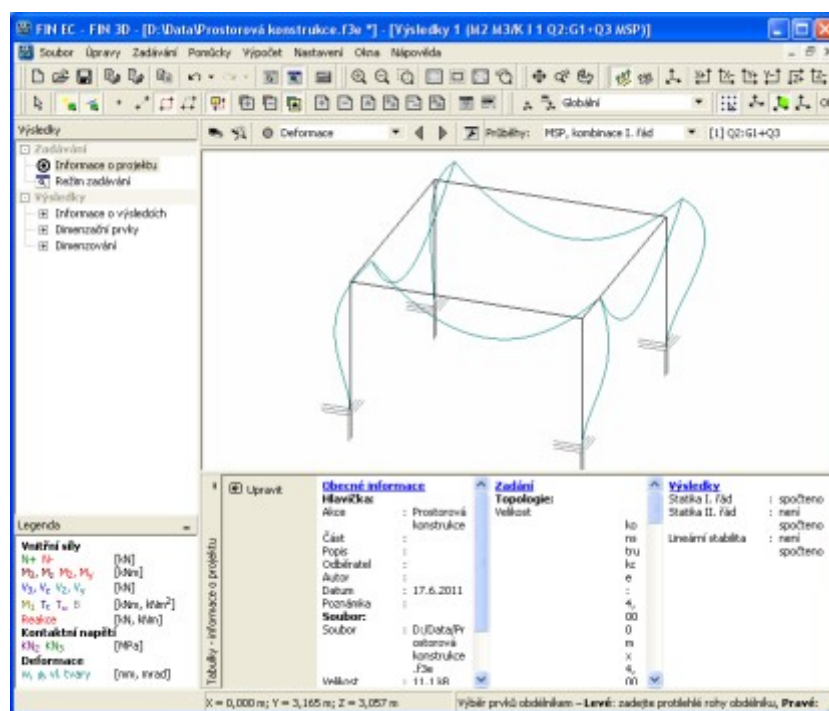
Okno "Vlastnosti výpočtu"

Program provede výpočet, informace o průběhu a výsledcích výpočtu se zobrazí v okně "**Výpočet**". Okno se ukončí tlačítkem "**Zavřít**".



Okno "Výpočet" s informacemi o průběhu výpočtu

Po výpočtu se program automaticky přepne do postprocesoru a zobrazí deformovanou konstrukci.



Postprocesor s náhledem na deformovanou konstrukci

Program obsahuje širokou paletu nástrojů pro zobrazování průběhů jednotlivých veličin. Kromě výše uvedeného okna "**Nastavení kreslení**" lze využít především dialogové okno "**Nastavení zobrazení průběhů**", které se spouští tlačítkem v nástrojové liště u každého pohledu. Vzhledem k tomu, že nastavení v tomto okně se volí pro každý pohled zvlášť, je možné zobrazit v každém pohledu jiné veličiny.



Tlačítko pro spouštění okna "Nastavení zobrazení průběhů"

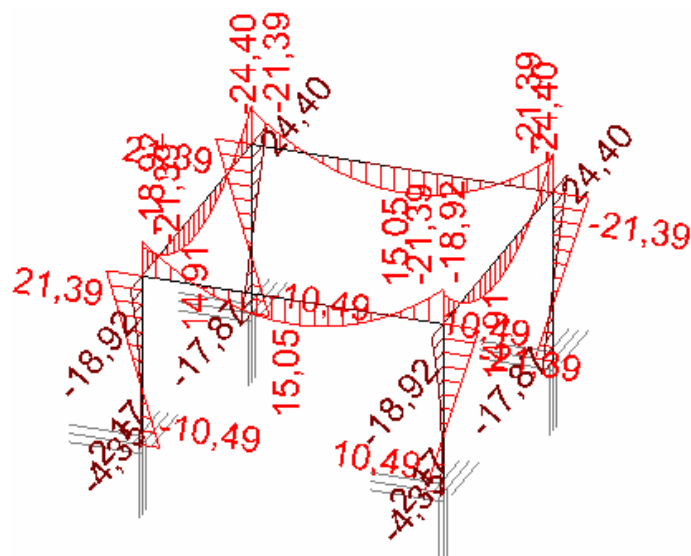
V tomto okně lze nastavit, které veličiny mají být na konstrukci vykresleny. Můžeme si například zapnout zobrazení ohybových momentů.

Nastavení zobrazení průběhů ✖

Druh výsledků:		Způsob kreslení výsledků	
<input type="checkbox"/> Deformace	<input type="checkbox"/> Popisovat	<input type="checkbox"/> Zvýraznit maxima	
		Typ popisu: všechny hodnoty	
<input type="checkbox"/> Reakce	<input checked="" type="checkbox"/> Popisovat	<input type="checkbox"/> Zvýraznit maxima	
<input type="checkbox"/> Kontaktní napětí 2	<input checked="" type="checkbox"/> Popisovat	<input type="checkbox"/> Zvýraznit maxima	
<input type="checkbox"/> Kontaktní napětí 3	<input checked="" type="checkbox"/> Popisovat	<input type="checkbox"/> Zvýraznit maxima	
Vnitřní síly kreslit po dílcích			
<input type="checkbox"/> Kroutící moment - M_1	<input checked="" type="checkbox"/> Popisovat	<input type="checkbox"/> Zvýraznit maxima	
<input type="checkbox"/> Normálová síla - N	<input checked="" type="checkbox"/> Popisovat	<input type="checkbox"/> Zvýraznit maxima	
<input type="checkbox"/> Posouvající síla - V_2	<input checked="" type="checkbox"/> Popisovat	<input type="checkbox"/> Zvýraznit maxima	
<input type="checkbox"/> Posouvající síla - V_3	<input checked="" type="checkbox"/> Popisovat	<input type="checkbox"/> Zvýraznit maxima	
<input checked="" type="checkbox"/> Ohybový moment - M_2	<input checked="" type="checkbox"/> Popisovat	<input type="checkbox"/> Zvýraznit maxima	
<input checked="" type="checkbox"/> Ohybový moment - M_3	<input checked="" type="checkbox"/> Popisovat	<input type="checkbox"/> Zvýraznit maxima	
Pro tenkostěnné ocelové průřezy:			
<input type="checkbox"/> Prosté kroucení - T_t	<input type="checkbox"/> Popisovat	<input type="checkbox"/> Zvýraznit maxima	
<input type="checkbox"/> Vázané kroucení - T_o	<input type="checkbox"/> Popisovat	<input type="checkbox"/> Zvýraznit maxima	
<input type="checkbox"/> Bimoment - B	<input type="checkbox"/> Popisovat	<input type="checkbox"/> Zvýraznit maxima	
Kreslit vše		Popis všude	
Maxima tl. všude			
Nekreslit nic		Popis nikde	
Maxima tl. nikde			
OK		Storno	

Okno "Nastavení zobrazení průběhů"

Na základě změn provedených v dialogovém okně se nám nyní zobrazí konstrukce s průběhy ohybových momentů.

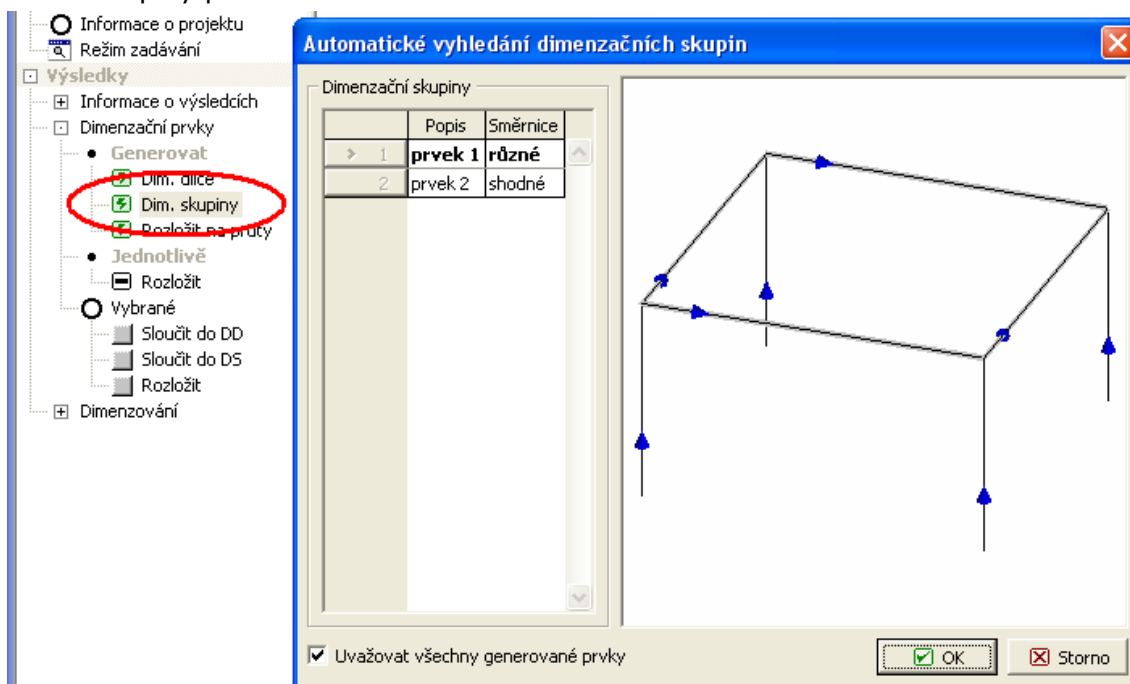


Konstrukce s průběhy ohybových momentů

Jednotlivé pohledy a nastavení lze ukládat ve správci pohledů (taktéž v nástrojové liště pro každý pohled) a kdykoliv je opět načíst.

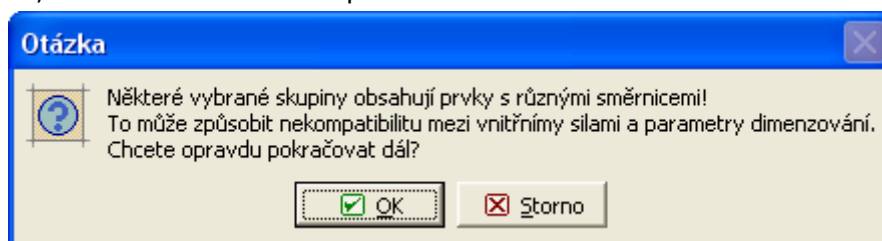
Posouzení

V dalším kroku provedeme posouzení konstrukce. Abychom nemuseli posuzovat všech osm dílců zvlášť, sloučíme je nejprve do dvou dimenzačních skupin - sloupů a trámů. Dimenzační skupina se chová jako jeden dílec, který je posuzován postupně na průběhy vnitřních sil od všech dílců obsažených ve skupině. Nejjednodušším způsobem, jak lze skupiny vytvořit, je automatická generace. Tuto funkci najdeme v části "**Výsledky**" "**Dimenzační prvky**" "**Generovat**" ovládacího stromečku. V dialogovém okně "**Automatické vyhledání dimenzačních skupin**" nás program upozorní, že objevil dvě dimenzační skupiny (trámy a sloupce). V pravé části okna je zobrazen náhled na konstrukci, ve kterém je možné si dimenzační skupiny prohlédnout.



Automatická tvorba dimenzačních skupin

Po stisku tlačítka "**OK**" nás program upozorní, že prvky v dimenzační skupině obsahující trámy mají různé směrnice. Protože nebudeme u těchto dílců nastavovat nesymetrické parametry vzpěru či klopení, nemusíme si tohoto upozornění všimnout.



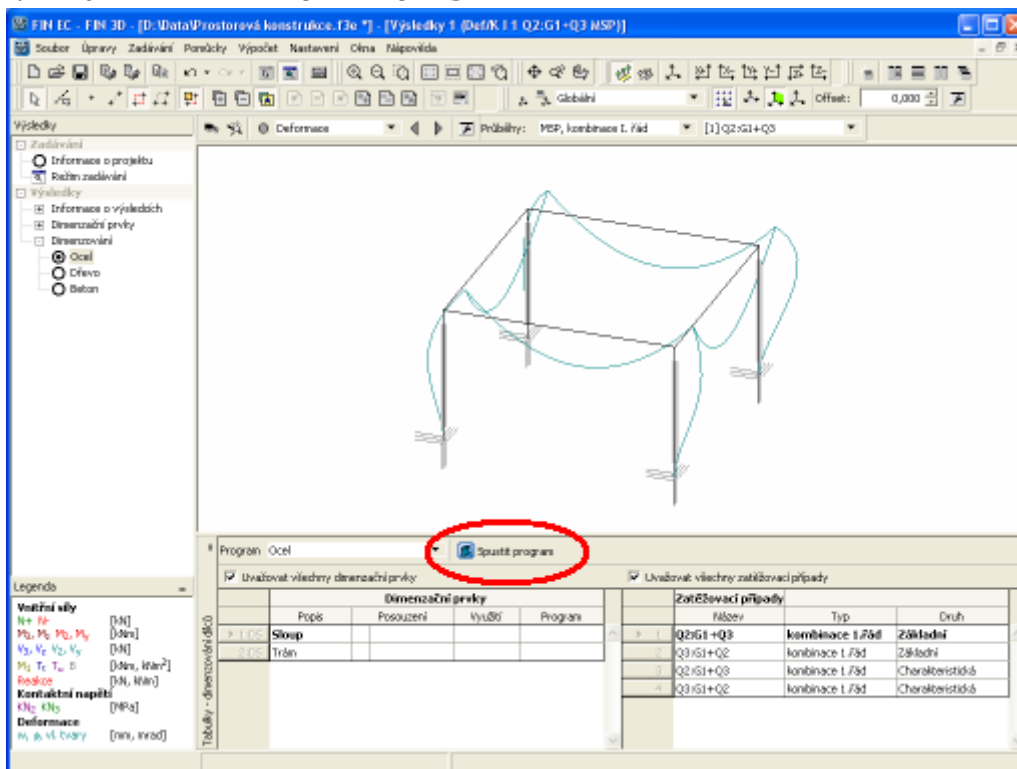
Upozornění na různé směrnice dílců ve skupině

Po vytvoření můžeme dimenzační skupiny pojmenovat. Použijeme pro to sloupeček "**Popis**" v zadávacím rámu ve spodní části hlavního okna.

	Popis	Typ	Dilce	Posouzení	Využití
1:D6	Sloup	dimenzační skupina	1, 2, 4, 5		
2:D6	Trám	dimenzační skupina	3, 6 - 8		

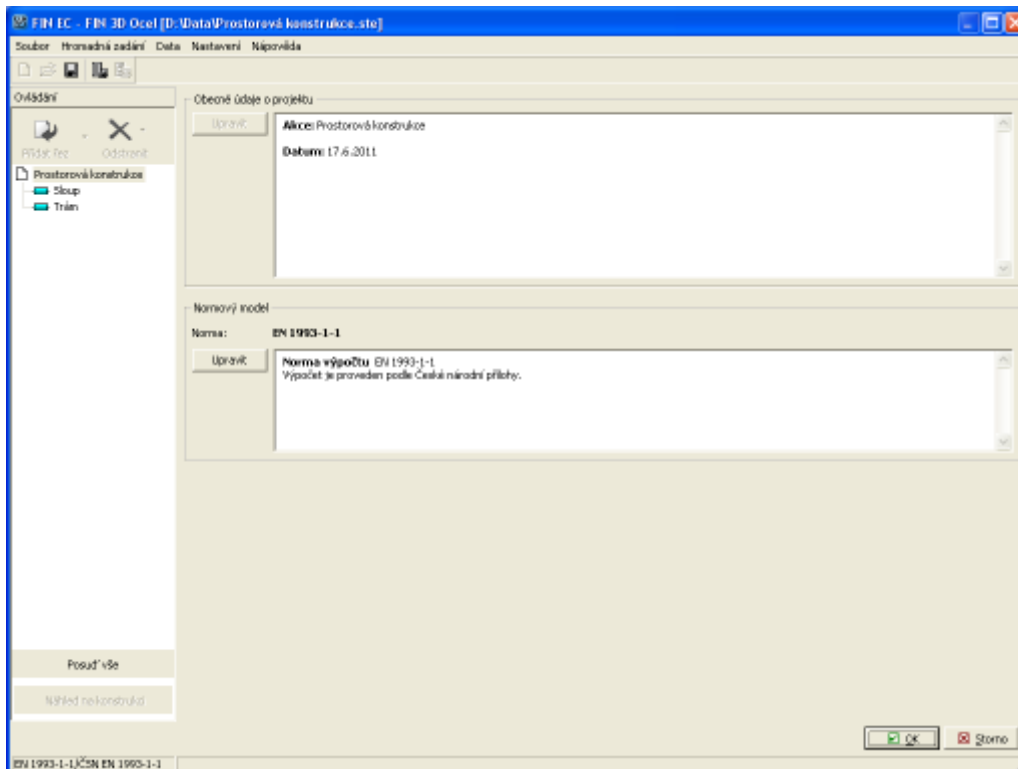
Pojmenování dimenzačních skupin

Nyní již můžeme provést samotné posouzení prvků v dimenzačním programu "Ocel". Přejdeme do části "Dimenzování" - "Ocel" zadávacího stroměčku. Pro předání dat do dimenzačního programu použijeme tlačítko "Spustit program".



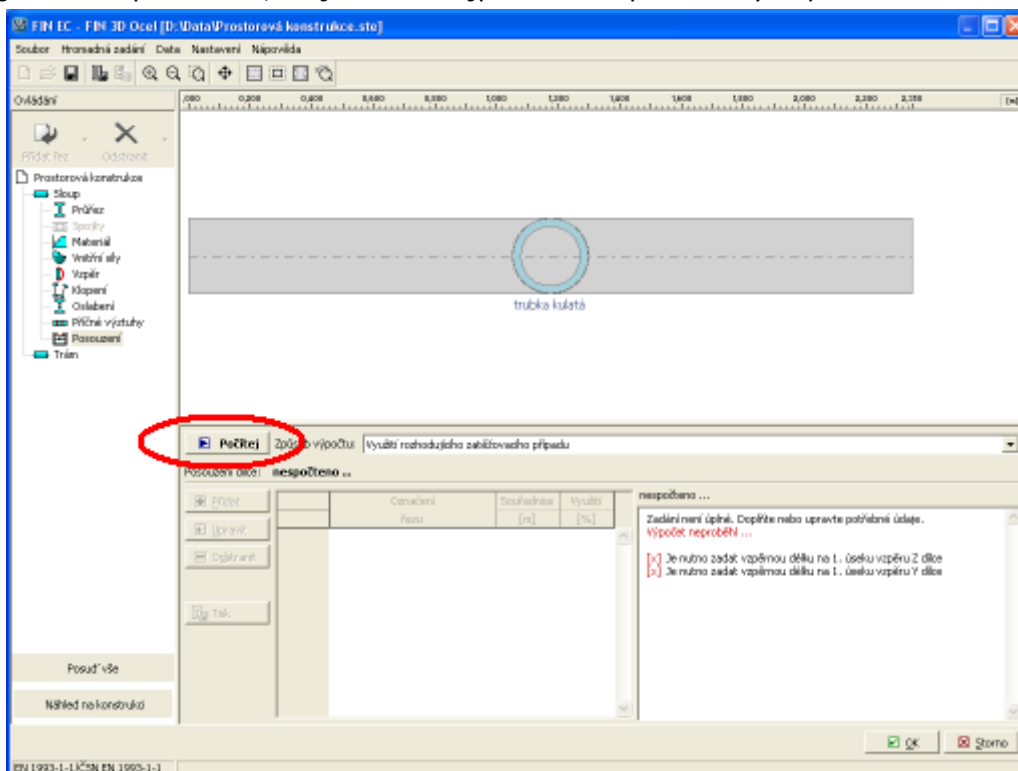
Spuštění dimenzačního modulu

Do dimenzačního programu se předávají všechny potřebné geometrické údaje (délka prvku, průřez, materiál) a výsledné průběhy vnitřních sil. Dimenzační prvky jsou v modulu uspořádány v ovládacím stroměčku v levé části.



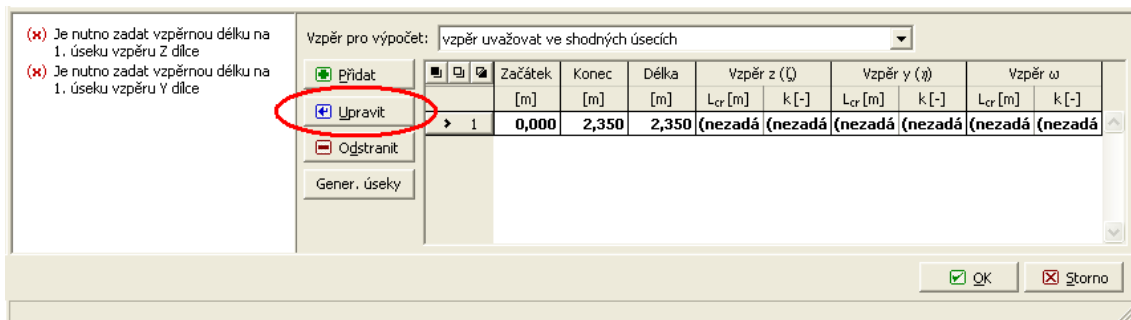
Dimenzační modul pro ocelové konstrukce

Nejprve provedeme posouzení prvního dimenzačního prvku "**Sloup**". Přejdeme do části "Posouzení" u tohoto dílce a použijeme tlačítko "**Počítej**" pro analýzu prvku. Místo výpočtu jsme programem upozorněni, že je třeba nejprve zadat parametry vzpěru.



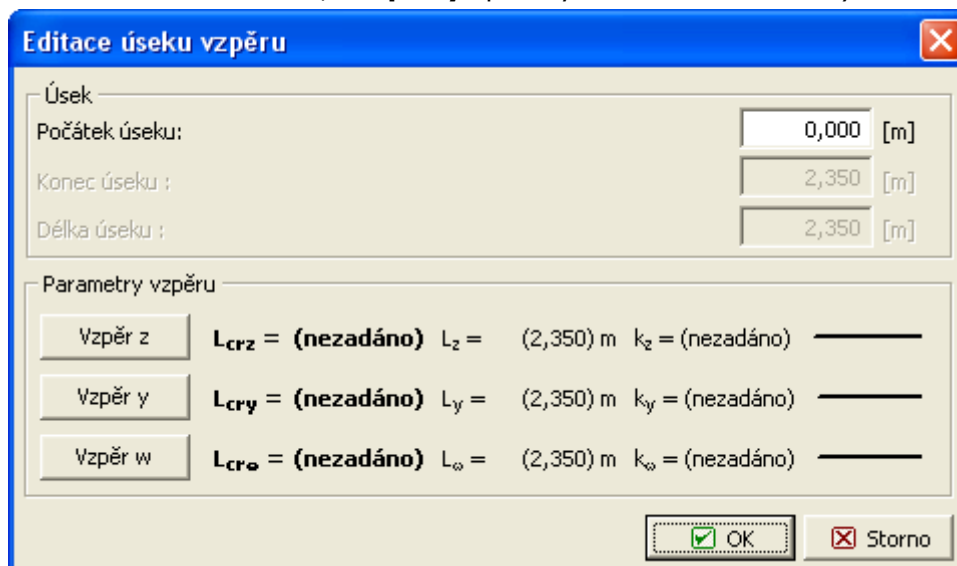
Posouzení dílce

Přejdeme tedy do části "**Vzpěr**" ovládacího stroměčku, kde můžeme zadat potřebné parametry. K zadání použijeme tlačítko "**Upravit**" v nástrojové liště u zadávací tabulky.



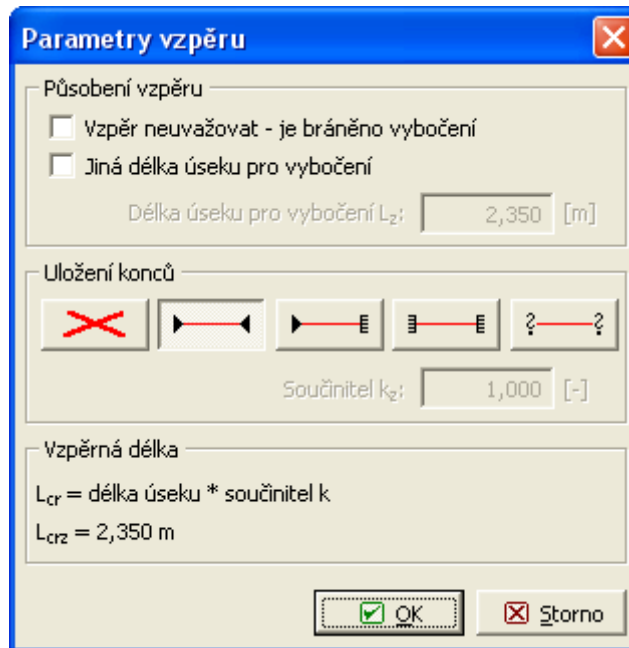
Tlačítko pro zadání parametrů vzpěru

V dialogovém okně "**Editace úseku vzpěru**" musíme zadat parametry vzpěru pro směr z a y. Pro samotné zadání použijeme tlačítka "**Vzpěr z**" a "**Vzpěr y**". Jako "**Vzpěr z**" je označeno vybočení ve směru kolmém k ose z, "**Vzpěr y**" pak vybočení kolmo k ose y.



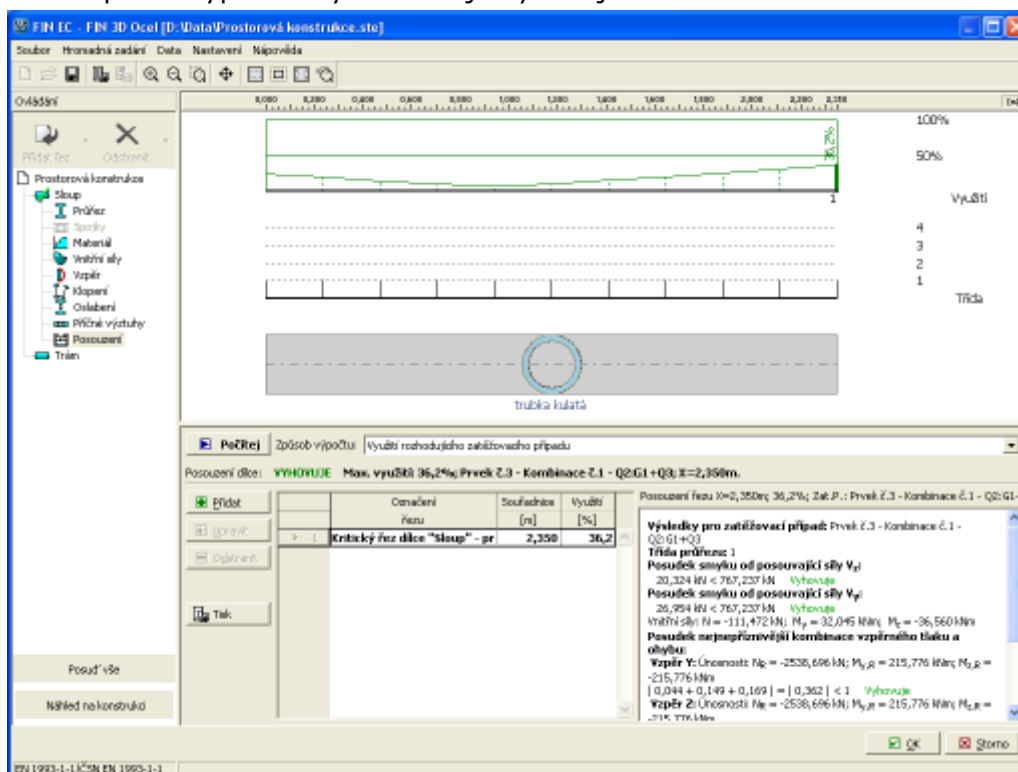
Dialogové okno "Editace úseku vzpěru"

V okně "**Parametry vzpěru**" je nutné vybrat způsob uložení konců. Kromě toho umožňuje například zadat jinou základní délku pro výpočet vzpěrné délky.



Okno "Parametry vzpěru"

Obdobně zadáme i parametry vzpěru pro směr y. Poté již můžeme přejít zpět do části "Posouzení" a spustit výpočet. Výsledkem je vyhovující dílec.



Posouzení sloupů

Následuje posouzení trámů. I u tohoto prvku musíme zadat parametry vzpěru, postup je podobný jako v případě sloupů. S ohledem na typ profilu však bude nutné zadat též parametry klopení od momentu M_y . Postup je obdobný jako v případě vzpěru. V okně "Editace úseku klopení" je třeba vybrat tvar momentové plochy, polohu zatížení po výšce a též uložení konců prvku pro výpočet součinitelů k_z a k_w .

Oba dimenzační prvky jsou posouzené a vyhovují. Můžeme se tedy tlačítkem "OK" vrátit zpět do okna programu Fin 3D. Ve spodní tabulce se nám zobrazí základní výsledky posouzení (vyhovuje/nevyhovuje) a maximální využití.

The screenshot shows the FIN 3D software interface. The main window displays a 3D model of a steel structure with green and blue elements. Below the model, there is a table with the following data:

Dimenzační prvky				Zatěžovací případy		
Popis	Posouzení	Využití	Program	Název	Typ	Druh
Stopec	vyhoví	36,19 %	Ocel	Q235G1+Q3	kombinace 1.říd	Základní
Tráns	vyhoví	90,64 %	Ocel	Q345G1+Q2	kombinace 1.říd	Základní
				Q235G1+Q3	kombinace 1.říd	Charakteristická
				Q345G1+Q2	kombinace 1.říd	Charakteristická

Posouzená konstrukce