

**Vydání  
červen 2009**

**Přídavný modul**

# **STEEL EC3**

**Posouzení únosnosti, použitelnosti a  
stability podle Eurokódu 3**

## **Popis programu**

Všechna práva včetně práv k překladu vyhrazena.

Bez výslovného souhlasu společnosti Ing. Software Dlubal s.r.o. není povoleno tento popis programu ani jeho jednotlivé části jakýmkoli způsobem dále šířit.

© Ing. Software Dlubal s.r.o.

**Anglická 28      120 00 Praha 2**

Tel.: +420 222 518 568

Fax: +420 222 519 218

Email: [info@dlubal.cz](mailto:info@dlubal.cz)

Web: [www.dlubal.cz](http://www.dlubal.cz)



# Obsah

	Obsah	Strana		Obsah	Strana
1.	Úvod	4	6.2	Tisk zobrazení z modulu STEEL EC3	46
1.1	Přídavný modul STEEL EC3	4	6.2.1	Výsledky na modelu v RSTABu	46
1.2	Tým pro vývoj modulu STEEL EC3	5	7.	Obecné funkce	48
1.3	Poznámka k příručce	5	7.1	Návrhové případy ve STEELu EC3	48
1.4	Spuštění modulu STEEL EC3	6	7.2	Optimalizace průřezu	49
2.	Vstupní data	9	7.3	Import / export materiálů	51
2.1	Základní údaje	9	7.4	Jednotky a desetinná místa	53
2.1.1	Záložka Mezní stav únosnosti	9	7.5	Export výsledků	53
2.1.2	Záložka Mezní stav použitelnosti	11	8.	Příklady	55
2.1.3	Národní příloha (NP)	11	8.1	Sloup s dvojosým ohybem	55
2.2	Materiály	13	A	Literatura	63
2.3	Průřezy	15	B	Index	64
2.4	Příčné mezilehlé podpory	18			
2.5	Vzpěrné délky	19			
2.6	Uzlové podpory – sady prutů	22			
2.7	Klouby na koncích prutu - sady prutů	24			
2.8	Údaje pro posouzení použitelnosti	25			
3.	Výpočet	26			
3.1	Detailní nastavení	26			
3.2	Spuštění výpočtu	29			
4.	Výsledky	30			
4.1	Posouzení po zatěžovacích stavech	30			
4.2	Posouzení po průřezech	32			
4.3	Posouzení po sadách prutů	32			
4.4	Posouzení po prutech	33			
4.5	Posouzení po místech x	34			
4.6	Rozhodující vnitřní síly po prutech	34			
4.7	Rozhodující vnitřní síly po sadách prutů	35			
4.8	Výkaz materiálu po prutech	36			
4.9	Výkaz materiálu po sadách prutů	37			
5.	Vyhodnocení výsledků	38			
5.1	Výsledky na modelu v RSTABu	39			
5.2	Průběhy výsledků	41			
5.3	Filtrování výsledků	42			
6.	Výstup	46			
6.1	Výstupní protokol	46			

# 1. Úvod

## 1.1 Přídavný modul STEEL EC3

Eurokód 3 stanoví pravidla pro navrhování, posuzování i stavbu ocelových konstrukcí ve všech členských státech Evropské unie. S přídavným modulem STEEL EC3 od firmy Ing. Software Dlubal s.r.o. se uživatelům dostává do ruky vysoce výkonný a univerzální nástroj. Předpisy specifické pro jednotlivé země jsou stanoveny v národních přílohách. V modulu STEEL EC3 máme k dispozici již předem zadané národní přílohy, uživatel může však také sám definovat mezní hodnoty a vytvářet v modulu nové národní přílohy.

V modulu STEEL EC3 se provádí všechna typická posouzení únosnosti, stability a deformace. Při posouzení únosnosti se zohledňují různá namáhání a uživatel má u dané normy na výběr z několika interakčních posouzení. Důležitou součástí posouzení podle Eurokódu 3 je rozdělení posuzovaných průřezů do tříd 1-4. Cílem klasifikace průřezů je určit, v jakém rozsahu lokální boulení v částech průřezu omezuje únosnost a rotační kapacitu průřezů. Modul STEEL EC3 dále automaticky spočítá poměr  $c/t$  tlačných částí a provede klasifikaci zcela automaticky.

V případě posouzení stability lze u každého jednotlivého prutu nebo sady prutů rozhodnout, zda je vybočení možné ve směru osy  $y$  a/nebo  $z$ . Definovat lze také přídavné příčné podpory. Poměrná štíhlost a kritické zatížení se stanoví v modulu STEEL EC3 automaticky na základě okrajových podmínek. Pro posouzení klopení si může uživatel nechat automaticky v programu vypočítat pružný kritický moment při klopení, který je pro posouzení nezbytný, nebo ho může také zadat ručně. Rovněž místo působení příčných zatížení, které má vliv na namáhání kroucením, lze určit v detailním nastavení.

Mezní stav použitelnosti je v moderním stavebnictví, kdy se používají stále štíhlejší průřezy, důležitým faktorem ve statickém výpočtu. V modulu STEEL EC3 může uživatel zařazovat zatěžovací stavy a skupiny a kombinace zatěžovacích stavů jednotlivě do různých návrhových situací. Příslušné mezní hodnoty jsou stanoveny v národní příloze, lze je ovšem také změnit.

Stejně jako ostatní moduly je i STEEL EC3 plně integrován do programu RSTAB 6. Není přitom pouze optickou součástí programu. Výsledky modulu lze začlenit do centrálního výstupního protokolu. Celý výpočet tak můžeme pohodlně a především jednotně uspořádat a prezentovat.

Program nabízí uživateli automatickou optimalizaci průřezů a možnost exportovat upravené profily do RSTABu.

Samostatné návrhové případy umožňují flexibilně posoudit jednotlivé části rozsáhlých konstrukcí.

Přejeme Vám mnoho úspěchů a zábavy při práci s naším modulem STEEL EC3.

Vaše společnost ING. SOFTWARE DLUBAL S.R.O.

## 1.2 Tým pro vývoj modulu STEEL EC3

Na vývoji modulu STEEL EC3 se podíleli:

### Koordinátoři programu

Dipl.-Ing. Georg Dlubal  
Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem

### Programátoři

Ing. Zdeněk Kosáček	Mgr. Petr Oulehle
Dipl.-Ing. Georg Dlubal	Ing. Roman Svoboda
Dr.-Ing. Jaroslav Lain	David Schweiner
Ing. Martin Budáč	DiS. Jiří Šmerák

### Databáze průřezů a materiálů

Ing. Ph.D. Jan Rybín	Jan Brnušák
----------------------	-------------

### Design programu, dialogů a ikon

Dipl.-Ing. Georg Dlubal	Ing. Jan Milář
MgA. Robert Kolouch	

### Testování a technická podpora

Ing. Martin Vasek	Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier
Ing. Robert Michalovič	Dipl.-Ing. David Röseler
Dipl.-Ing. (FH) René Flori	Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler
Dipl.-Ing. (FH) André Bergholz	M. Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Sonntag
Dipl.-Ing. Rafael Ceglarek	Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner
Dipl.-Ing. (FH) Matthias Entenmann	Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl
Dipl.-Ing. Frank Faulstich	Dipl.-Ing. (FH) Anke Voggenreiter

### Manuály, dokumentace a překlady

Dipl.-Ing. (FH) René Flori	Jan Jeřábek
Mgr. Petra Pokorná	Ing. Ladislav Kábrt
Ing. Petr Míchal	Ing. Dmitry Bystrov

## 1.3 Poznámka k příručce

Tematické oblasti jako instalace, uživatelské prostředí, vyhodnocení výsledků a výstup jsou podrobně popsány v manuálu k hlavnímu programu RSTAB, a proto je v této příručce ponecháme stranou. Pozornost naopak soustředíme na zvláštnosti, které přináší práce s tímto přídatným modulem.

Při popisu modulu STEEL EC3 vycházíme z pořadí a struktury tabulek se vstupními a výstupními daty. V textu uvádíme popisované **ikony** (tlačítka) v hranatých závorkách, např. [Detaily]. Tlačítka jsou zároveň zobrazena na levém okraji. **Názvy** dialogů, tabulek a jednotlivých menu jsou pak v textu vyznačeny *kurzivou*, aby bylo snadné vyhledat je v programu.

Do této příručky zařazujeme také index pro rychlé vyhledání určitých termínů. Pokud však ani tak nenaleznete to, co potřebujete, pak se Vám na našich webových stránkách [www.dlubal.cz](http://www.dlubal.cz) nabízí vyhledávač, pomocí kterého můžete dle zadaných kritérií listovat v rozsáhlém seznamu *Otázky a odpovědi*.

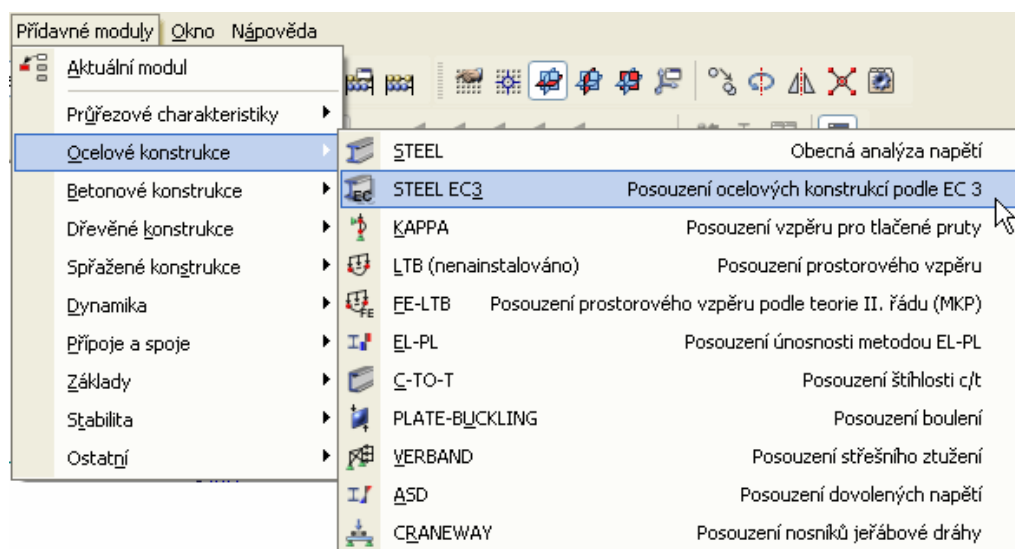
## 1.4 Spuštění modulu STEEL EC3

Přídavný modul STEEL EC3 lze v RSTABu spustit několika způsoby.

### Hlavní nabídka

Modul STEEL EC3 můžeme vyvolat příkazem z hlavní nabídky programu RSTAB

**Přídavné moduly → Ocelové konstrukce → STEEL EC3.**

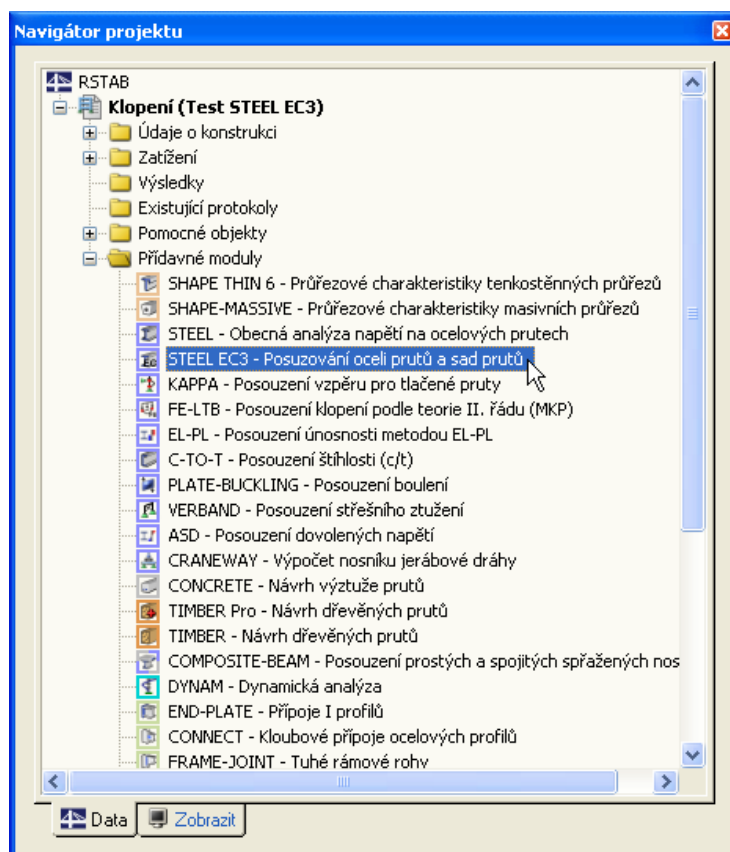


Obr. 1.1: Hlavní nabídka: Přídavné moduly → Ocelové konstrukce → STEEL EC3

### Navigátor

Modul STEEL EC3 lze dále vyvolat z navigátoru Data kliknutím na položku

**Přídavné moduly → STEEL EC3.**

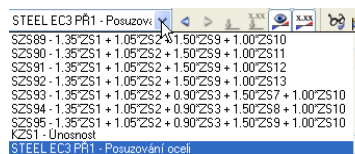


Obr. 1.2: Navigátor Data: Přidavné moduly → STEEL EC3

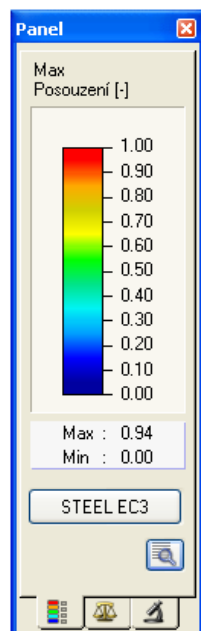
## Panel

Pokud jsou v určité úloze v RSTABu již k dispozici výsledky z modulu STEEL EC3, pak lze daný případ z tohoto modulu nastavit v seznamu zatěžovacích stavů. Pomocí tlačítka [Zapnout/vypnout výsledky] se v grafickém okně zobrazí kritérium posouzení na prutech.

V panelu je k dispozici tlačítko [STEEL EC3], kterým lze modul STEEL EC3 spustit.



STEEL EC3



Obr. 1.3: Panel:Tlačítko [STEEL EC3]

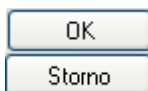
## 2. Vstupní data

Údaje pro definování návrhových případů se zadávají v tabulkách. Pro pruty a sady prutů se dále nabízí grafické zadání pomocí funkce [Vybrat].

Po spuštění modulu STEEL EC3 se zobrazí nové okno, v jehož levé části vidíme navigátor, z něhož máme přístup ke všem stávajícím tabulkám. Nad navigátorem se nachází rozbalovací seznam všech případně již zadaných návrhových případů (viz kapitola 7.1, strana 48).

Pokud modul STEEL EC3 spouštíme v dané úloze v RSTABu poprvé, pak se automaticky načtou následující důležité údaje:

- Pruty a sady prutů
- Zatěžovací stavy a skupiny zatěžovacích stavů
- Materiály
- Průřezy
- Vnitřní síly (na pozadí – pokud byly vypočítány)



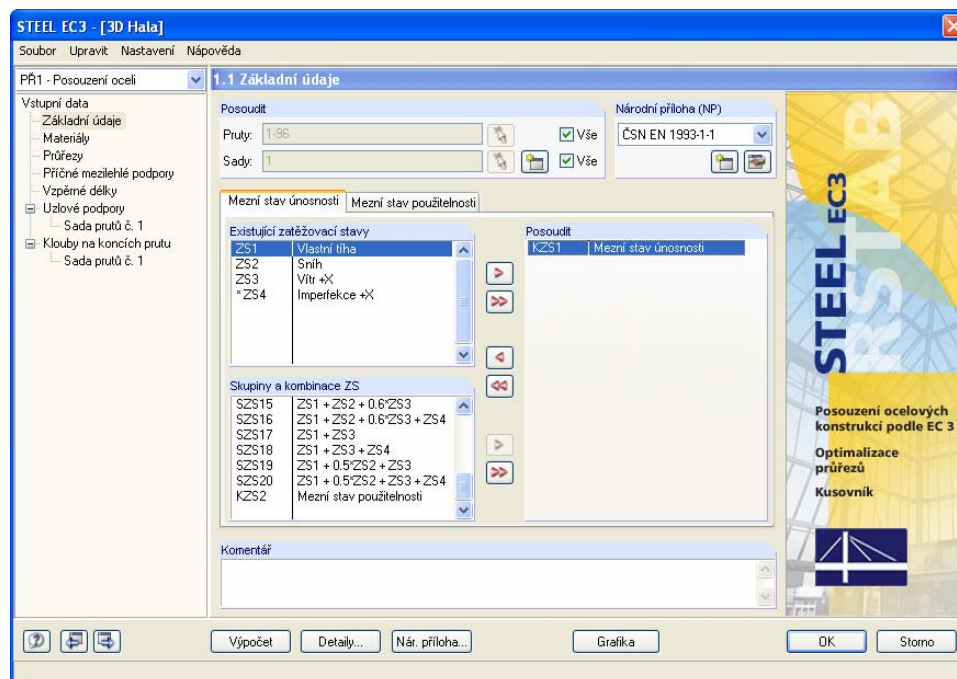
Mezi tabulkami můžeme přepínat buď klikáním na jednotlivé položky v navigátoru modulu STEEL EC3 nebo pomocí vlevo zázorněných tlačítek. Funkční klávesy [F2] a [F3] slouží také k listování v tabulkách, a to buď dopředu nebo zpět.

Tlačítkem [OK] uložíme zadané údaje a zavřeme modul STEEL EC3, zatímco tlačítkem [Storno] modul ukončíme bez uložení dat.

### 2.1 Základní údaje

V dialogu 1.1 *Základní údaje* se vybírají pruty, sady prutů a zatížení k posouzení. Uživatel má možnost stanovit zatěžovací stavy, skupiny a kombinace pro posouzení mezního stavu únosnosti a mezního stavu použitelnosti zvlášť v příslušných záložkách.

#### 2.1.1 Záložka Mezní stav únosnosti



Obr. 2.1: Dialog 1.1 *Základní údaje* – Mezní stav únosnosti

## Posoudit



K posouzení lze vybírat jak *pruty* tak *sady prutů*. Pokud mají být posouzeny pouze některé objekty, je třeba deaktivovat zaškrtačkové políčko *Všechny*. Tím se zpřístupní obě vstupní pole, do nichž lze zadávat čísla příslušných prutů nebo sad prutů. Pomocí tlačítka [Vybrat] lze pruty, příp. sady prutů zvolit i graficky v pracovním okně RSTABu. Seznam již přednastavených čísel prutů lze rychle vybrat dvojným kliknutím a přepsat ručně.



Pokud jsme v RSTABu dosud nedefinovali žádné sady prutů, pak je lze zadat pomocí tlačítka [Vytvořit novou sadu prutů...] přímo v modulu STEEL EC3. Otevře se dialog pro vytvoření nové sady prutů, který již známe z programu RSTAB, kde vyplníme příslušné údaje.

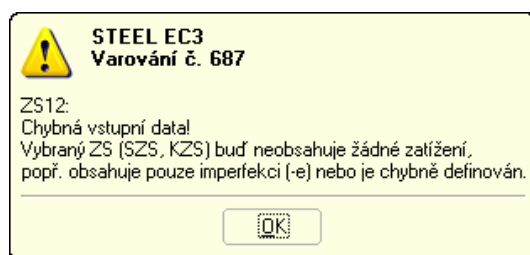
Posouzení sady prutů má tu výhodu, že se posoudí vybrané pruty a spočítají celkové maximální hodnoty napětí a využití všech dotyčných prutů. V tomto případě se zobrazí i výsledné tabulky 2.3 *Napětí po sadách prutů* a 4.2 *Výkaz materiálu po sadách prutů*.

## Existující zatěžovací stavy / Skupiny a kombinace zatěžovacích stavů



V těchto dvou sekcích se zobrazí seznam všech zatěžovacích stavů a skupin a kombinací ZS vytvořených v RSTABu, které připadají v úvahu pro posouzení. Pomocí tlačítka [►] lze vybrané zatěžovací stavy, skupiny nebo kombinace zařadit do seznamu vpravo *Posoudit*. Jednotlivé položky lze vybrat i dvojným kliknutím. Tlačítkem [►►] převedeme do seznamu vpravo všechny položky najednou.

Pokud je u zatěžovacích stavů nebo kombinací zatěžovacích stavů uvedena hvězdička (\*), jak například vidíme na obr. 2.1 u zatěžovacích stavů 10 až 13, nelze je posoudit. V takovém případě jim totiž nebyla přiřazena žádná zatížení nebo obsahují výlučně imperfekce (stejně jako v našem případě). Co se týče kombinací zatěžovacích stavů, k posouzení v modulu STEEL EC3 lze vybrat pouze ty, u nichž lze jednoznačně určit minimum a maximum. Toto omezení je nutné, protože výpočet pružného kritického momentu při klopení vyžaduje jednoznačné přiřazení průběhů momentů. Pokud přesto vybereme k posouzení nepřípustnou kombinaci zatěžovacích stavů, zobrazí se následující chybové hlášení:



Obr. 2.2: Varovné hlášení při výběru *neplatných* ZS, SZS nebo KZS

Několikanásobný výběr zatěžovacích stavů lze provést také pomocí klávesy [Ctrl], jak je běžné ve Windows. Lze tak vybrat a převést do seznamu vpravo několik zatěžovacích stavů najednou.

## Posoudit

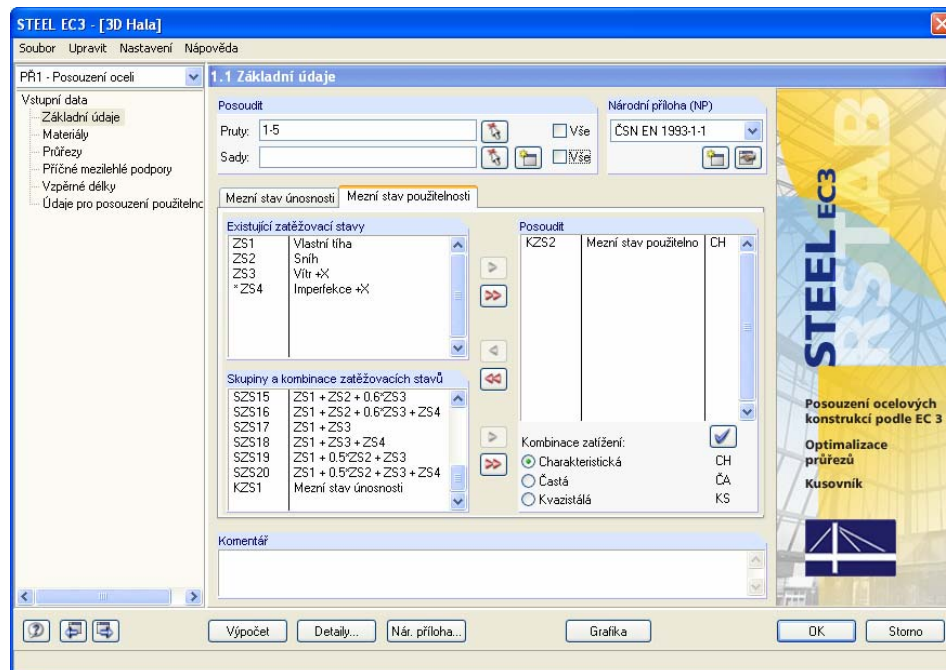


V pravém sloupci jsou uvedena zatížení vybraná k posouzení. Tlačítkem [◀] můžeme vybrané zatěžovací stavy, skupiny nebo kombinace ze seznamu opět odstranit. I zde lze výběr položek provést dvojným kliknutím. Tlačítkem [◀◀] smažeme celý seznam.

Výpočet obálek kombinace zatěžovacích stavů *Nebo* bývá rychlejší než posouzení všech příslušných zatěžovacích stavů nebo skupin. Na druhé straně je třeba nezapomenout na výše uvedené omezení: k jednoznačnému určení maxima nebo minima je nutné, aby kombinace zatěžovacích stavů *Nebo* obsahovala výlučně zatěžovací stavy, skupiny nebo kombina-

ce, které vstupují do kombinace s kritériem *Stálé*. Při posouzení kombinace ZS lze navíc méně zřetelně rozlišit vliv jednotlivých obsažených zatížení.

## 2.1.2 Záložka Mezní stav použitelnosti



Obr. 2.3: Dialog 1.1 Základní údaje – Mezní stav použitelnosti

### Existující zatěžovací stavy / Skupiny a kombinace zatěžovacích stavů

V těchto dvou sekcích se zobrazí seznam všech zatěžovacích stavů, skupin a kombinací zatěžovacích stavů vytvořených v RSTABu.

### Posoudit

Zařazení zatěžovacích stavů a jejich skupin a kombinací do seznamu k posouzení, příp. jejich odstranění ze seznamu se provádí stejným způsobem jako v předchozí záložce (viz kapitola 2.1.1).

### Návrhová situace podle

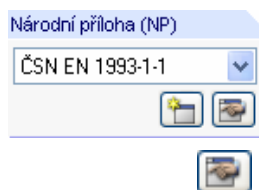
V této sekci lze jednotlivým zatěžovacím stavům, skupinám a kombinacím ZS přiřazovat různé mezní hodnoty pro průhyb. Kliknutím na [modrý háček] se k položce vybrané v seznamu *Posoudit* přiřadí příslušná mezní hodnota zvolené návrhové situace. Mezní hodnoty jsou určeny nastavenou národní přílohou. Lze je ovšem případně upravit v dialogu s parametry národní přílohy.

O rozhodujících referenčních délkách pro posouzení mezního stavu použitelnosti se zmíníme v kapitole 2.5.

## 2.1.3 Národní příloha (NP)

V tomto seznamu může uživatel nastavit národní přílohu, kterou se budou následně řídit parametry pro posouzení a mezní hodnoty deformace.

Pomocí tlačítka [Upravit národní přílohu (NP)...] otevřeme dialog s detailním nastavením vybrané národní přílohy, kde můžeme případně upravit některé parametry.



**Parametry národní přílohy - ČSN EN 1993-1-1**

Dílčí součinitele spolehlivosti podle 6.1, poznámka 2B

- Pro únosnost průřezů  $\gamma_{M0}$ : 1.000
- Pro únosnost průřezů při posuzování stability prutů podle 6.3  $\gamma_{M1}$ : 1.000
- Pro únosnost průřezů při porušení oslabeného průřezu v tahu  $\gamma_{M2}$ : 1.250

Mezní hodnoty průhybů podle 7.2

Kombinace zatížení (tabulka A1.4 v EN 1990):

	L /	Konzoly
CH : Charakteristická	300	L <sub>c</sub> / 150
ČA : Častá	200	L <sub>c</sub> / 100
KS : Kvazistálá	200	L <sub>c</sub> / 100

Smyk podle 6.2.6(3) a smykové boulení podle EN 1993-1-5

Faktor  $\eta$ : 1.200

Parametry pro klopení

Součinitele imperfekce pro křivky klopení podle tabulky 6.3:

Křivka klopení	Součinitel imperfekce $\alpha_{LT}$
a:	0.210
b:	0.340
c:	0.490
d:	0.760

Stanovit křivky klopení pro 6.3.2 a 6.3.3:

- Vždy podle rovnice (6.56) Obecný případ (konzervativní)
- Vždy podle rovnice (6.57) Válcované nebo ekvivalentní svařované průřezy
- Pokud možno podle rovnice (6.57), jinak podle rovnice (6.56)

Obecná metoda podle 6.3.4:

- Vždy použít obecnou metodu posouzení stability podle 6.3.4 (nelze použít při ohybu okolo osy z)
- Použít evropskou křivku pro klopení podle [5]

[5] Naumes, J., Strohmann, I., Ungermann, D., Sedlacek, G.: Nová stabilní posouzení ocelových konstrukcí podle Eurokódu 3. Stahlbau 77 (2008), str. 748-761

Interakční součinitele pro 6.3.3(4) stanovit metodou:

- 1 podle přílohy A
- 2 podle přílohy B

Parametr pro  $\Phi_{LT}$  podle 6.3.2.3(1):

	Válcované I průřezy	Svařované I průřezy
$\bar{\lambda}_{LT,0}$ :	0.400	0.400
$\beta$ :	0.750	0.750

Použít faktor  $f$  pro úpravu  $\chi_{LT}$  podle 6.3.2.3(2)

OK Storno

Obr. 2.4: Parametry národní přílohy



Pomocí tlačítka [Vytvořit novou národní přílohu (NP)...] může uživatel sám definovat národní přílohu.



Tlačítka, která se nacházejí v levém dolním rohu, umožňují upravené parametry uložit jako standard nebo naopak obnovit přednastavené standardní hodnoty z programu.



Národní přílohy, které definoval sám uživatel, lze odstranit pomocí tlačítka [Smazat].

Nár. příloha...



Tlačítko [Nár. příloha...] uživateli umožňuje kdykoli přímo otevřít dialog s parametry vybrané národní přílohy.

Kromě dílčích součinitelů spolehlivosti, mezních hodnot pro posouzení použitelnosti a parametrů pro klopení může uživatel dále vybrat, zda má být posouzení stability prováděno vždy podle EN 1993-1-1, kapitoly 6.3.4 nebo zda se má při posouzení stability také použít evropská křivka pro klopení podle [5].

## Komentář

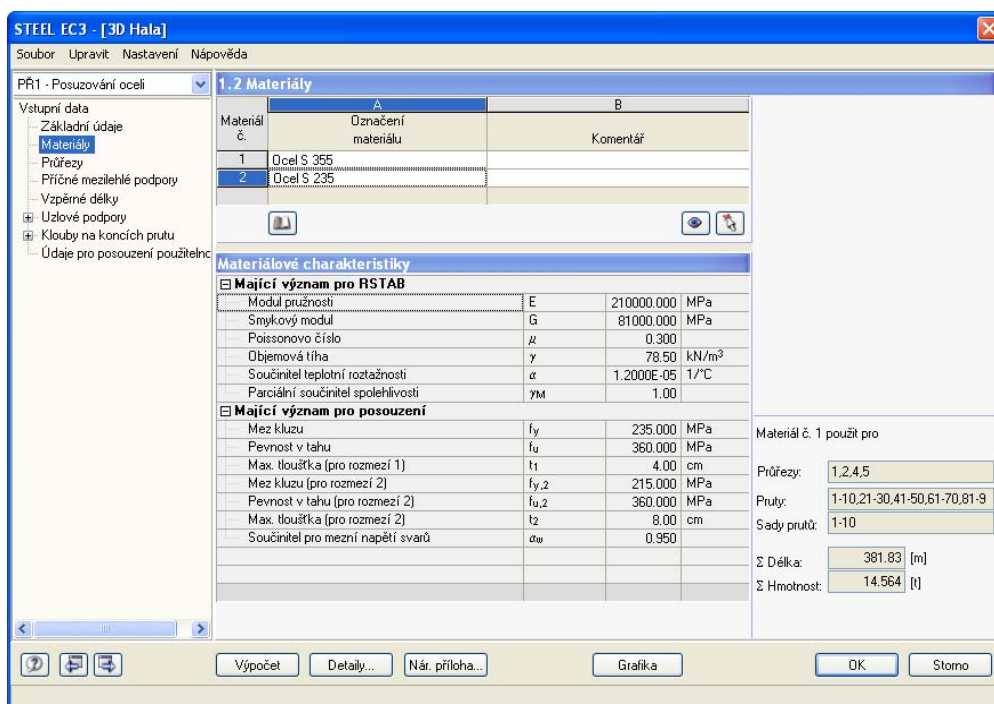
V tomto vstupním poli může uživatel uvést poznámku k aktuálnímu případu v modulu STEEL EC3.

## 2.2 Materiály

Tato tabulka je rozdělena do dvou částí. V horní sekci jsou uvedeny materiály, které mají být posouzeny. Ve spodní sekci *Materiálové hodnoty* se zobrazí hodnoty aktuálního materiálu, tzn. materiálu, jehož řádek jsme vybrali v horní sekci.

Hodnoty materiálu, které jsou nezbytné pro výpočet vnitřních sil v RSTABu, jsou podrobně popsány v manuálu k programu RSTAB v kapitole 5.2. Materiálové charakteristiky, které jsou důležité pro posouzení, se ukládají do globální databáze materiálů a jsou automaticky přednastaveny.

Jednotky a desetinná místa materiálových hodnot a napětí lze měnit z hlavní nabídky **Nastavení** → **Jednotky a desetinná místa...** (viz kapitola 7.4, strana 53).



Obr. 2.5: Tabulka 1.2 *Materiály*

### Označení materiálu

Přednastaveny jsou materiály definované v RSTABu. Pokud se uvedené *Označení materiálu* shoduje s některou položkou v databázi materiálů, načte STEEL EC3 automaticky materiálové hodnoty.

Materiál můžeme vybrat ze seznamu: kurzor umístíme do sloupce A a klikneme na tlačítko [▼] nebo stiskneme klávesu [F7]. Otevře se seznam, který vidíme na levém okraji. Jakmile vybereme požadovaný materiál, aktualizují se materiálové charakteristiky.

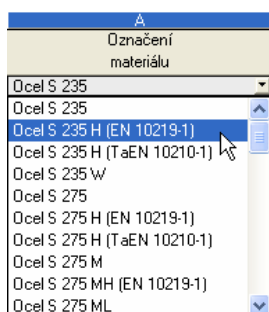
Tento seznam obsahuje pouze materiály z kategorie **Ocel**. Převzetí materiálů z databáze popisujeme níže.

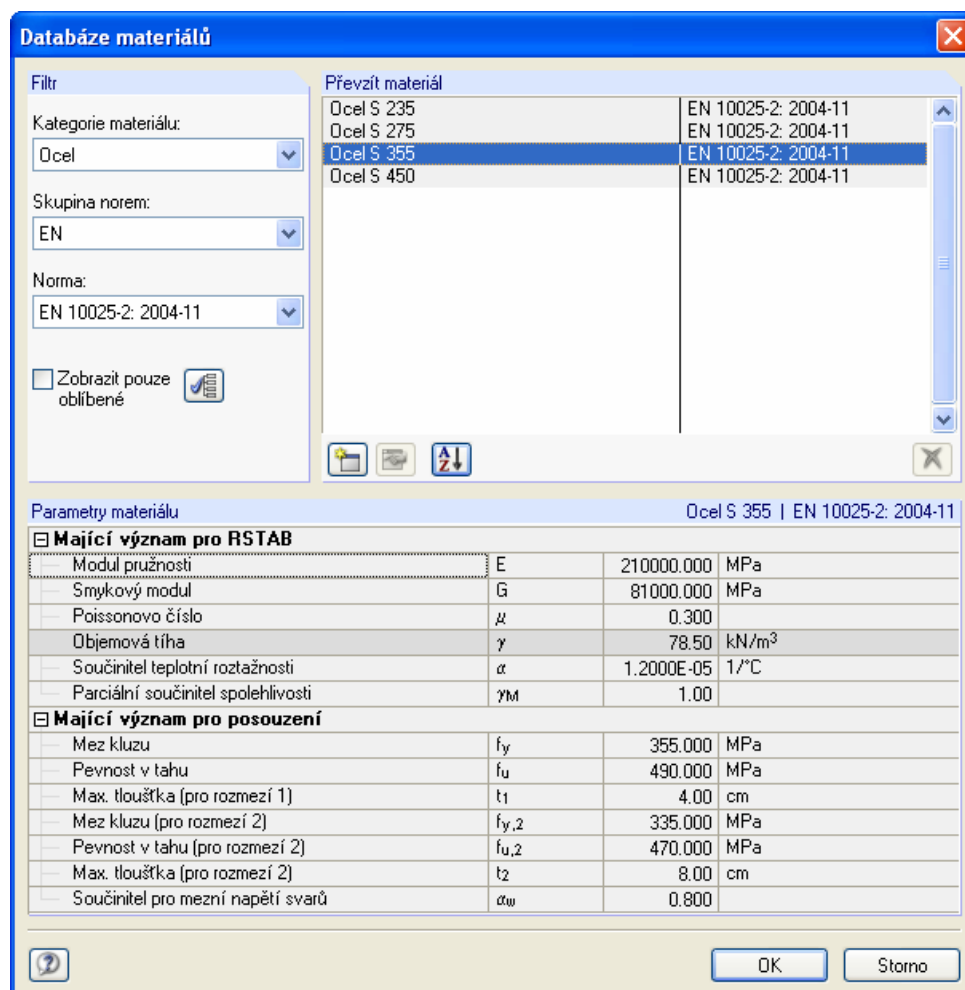
### Databáze materiálů

V databázi je uloženo značné množství materiálů. Databázi otevřeme příkazem

**Upravit** → **Databáze materiálů...**

nebo kliknutím na vlevo znázorněné tlačítko.





Obr. 2.6: Dialog Databáze materiálů

V sekci *Filtr* je přednastavena kategorie materiálu *Ocel*. V seznamu *Převzít materiál*, který se nachází vpravo, lze vybrat určitý materiál a ve spodní části dialogu přezkontrolovat jeho charakteristické hodnoty. Po kliknutí na tlačítko [OK] nebo stisknutím klávesy [↵] se materiál převezme do tabulky 1.2 modulu STEEL EC3.

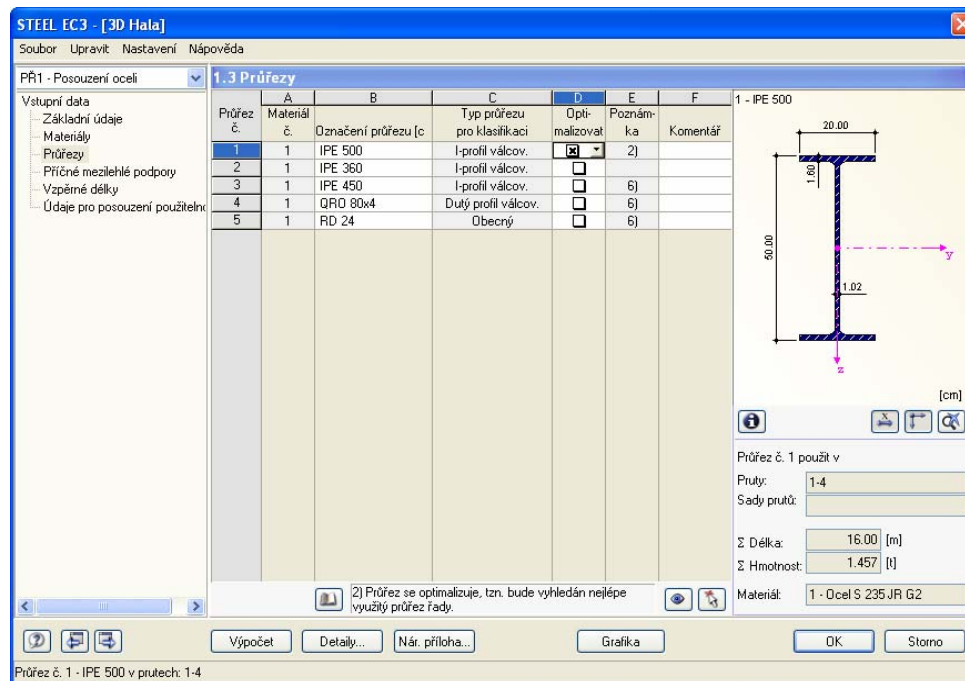
V kapitole 5.2 v manuálu k programu RSTAB je podrobně popsáno, jak lze materiály filtrovat, přidávat do databáze nebo nově třídit.

Teoreticky lze z databáze vybrat také materiály kategorie *Litina* a *Nerezová ocel*. Je však třeba upozornit na to, že tyto materiály určité normy nepokrývají. Materiálové charakteristiky nelze v modulu STEEL EC3 zásadně upravovat.

OK

## 2.3 Průřezy

V této tabulce se pracuje s průřezy, které přicházejí v úvahu pro posouzení. Dále tu lze stanovit parametry pro optimalizaci.



Obr. 2.7: Tabulka 1.3 Průřezy

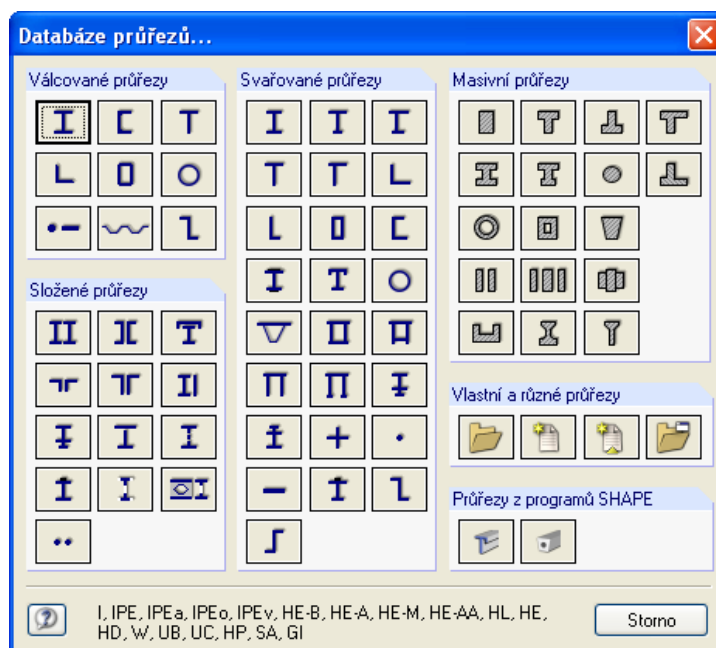
### Označení průřezu

Při otevření tabulky jsou již přednastaveny průřezy použité v RSTABu i s přiřazenými čísly materiálů.

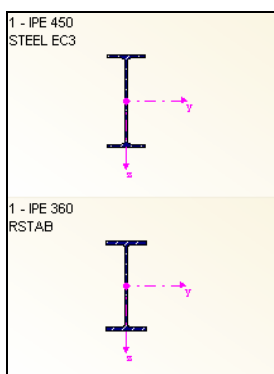
Zadané průřezy lze pro posouzení kdykoli změnit. Označení upraveného průřezu se v tomto sloupci zvýrazní modře.

Pokud chceme určitý profil upravit, uvedeme nové označení průřezu do příslušného řádku nebo vybereme nový profil z databáze. Databázi otevřeme kliknutím na tlačítko [Převzít průřez z databáze...] nebo umístíme kurzor do požadovaného řádku a klikneme na tlačítko [...] nebo stiskneme klávesu [F7]. Otevře se nám tak databáze průřezů, kterou již známe z RSTABu.

Výběr průřezů z databáze je podrobně popsán v kapitole 5. 3 k programu RSTAB.



Obr. 2.8: Databáze průřezů

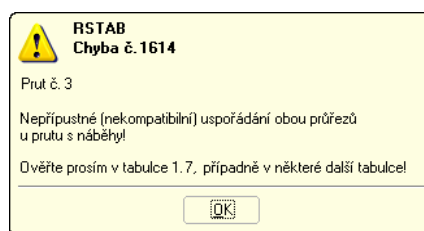


Pokud se průřezy v modulu STEEL EC3 a v RSTABu liší, zobrazí se v grafickém okně vpravo vedle tabulky oba profily. Pro posouzení napětí se pak pro profil zvolený v modulu STEEL EC3 použijí vnitřní síly z RSTABu.

### Prut s náběhy

V případě prutů s náběhy s odlišným průřezem na počátku a konci prutu se uvedou obě čísla průřezů podle zadání v RSTABu do dvou řádků. V modulu STEEL EC3 lze provést i posouzení prutů s náběhy, pokud je splněna následující podmínka: počet napětových bodů u počátečního i koncového průřezu je stejný.

Normálová napětí se například počítají z momentů setrvačnosti a vzdáleností těžišť napětových bodů. Pokud má počáteční a koncový průřez prutu s náběhy rozdílný počet napětových bodů, nemůže STEEL EC3 interpolovat mezihodnoty. Před výpočtem se pak objeví varovné hlášení:



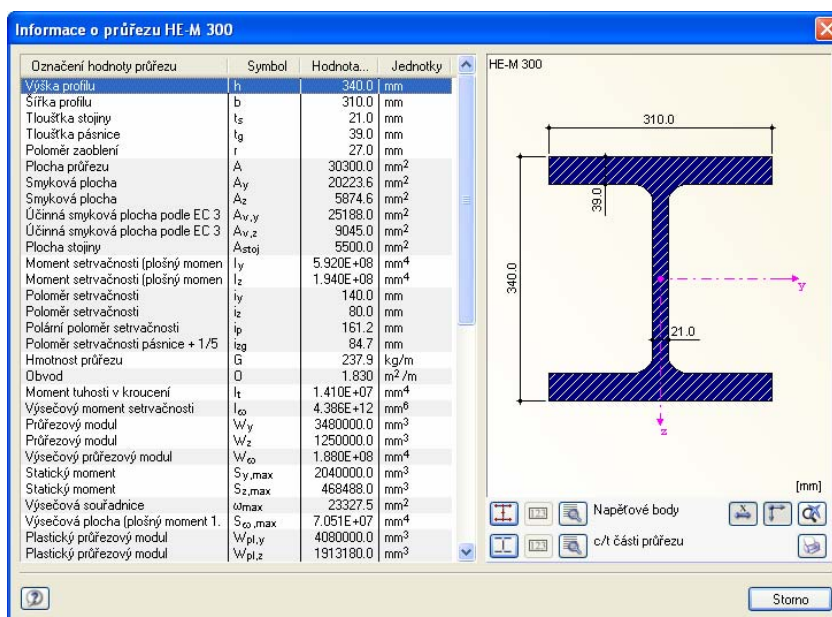
Obr. 2.9: Varování v případě nekompatibilních průřezů



Pro kontrolu lze zobrazit napětové body průřezu včetně jejich číslování: vybereme v tabulce 1.3 daný průřez a následně klikneme na tlačítko [Průřezové charakteristiky...].







### Informace o průřezu

V dialogu, který se nám otevře, se nabízejí různé možnosti zobrazení napětových bodů a částí průřezu pro posouzení c/t.



Obr. 2.10: Dialog Informace o průřezu

V pravé části dialogu je znázorněn aktuálně vybraný průřez. Tlačítka pod zobrazením mají následující funkce:

Tlačítko	Funkce
	Slouží k zobrazení, příp. vypnutí napěťových bodů.
	Slouží k zobrazení, příp. vypnutí částí průřezu (c/t).
	Slouží k zobrazení, příp. vypnutí číslování napěťových bodů, resp. částí průřezu (c/t).
	Zobrazí detaily napěťových bodů, resp. částí průřezu (c/t).
	Slouží k zobrazení, příp. vypnutí kót průřezu.
	Slouží k zobrazení, resp. vypnutí hlavních os průřezu.

Tab. 2.1: Tlačítka pro grafické zobrazení průřezu

## Max. využití

Na základě tohoto sloupce lze rozhodnout o optimalizaci. Sloupec se zobrazí, pokud již proběhl výpočet. Z údajů v tomto sloupci a barevných referenčních pruhů je zřejmé, které průřezy jsou téměř nevyužity, a tudíž předdimenzovány, a naopak které jsou silně namáhány, a tudíž poddimenzovány.

## Optimalizovat

Každý profil může být optimalizován. Při optimalizaci se na základě vnitřních sil z RSTABu spočítá v rámci dané řady průřezů profil, který se nejvíce blíží maximálnímu využití 1,00.

Pokud chceme určitý průřez optimalizovat, zaškrtneme u něj políčko ve sloupci D. Doporučení k optimalizaci průřezů najdeme v kapitole 7.2 na straně 49.

## Poznámka

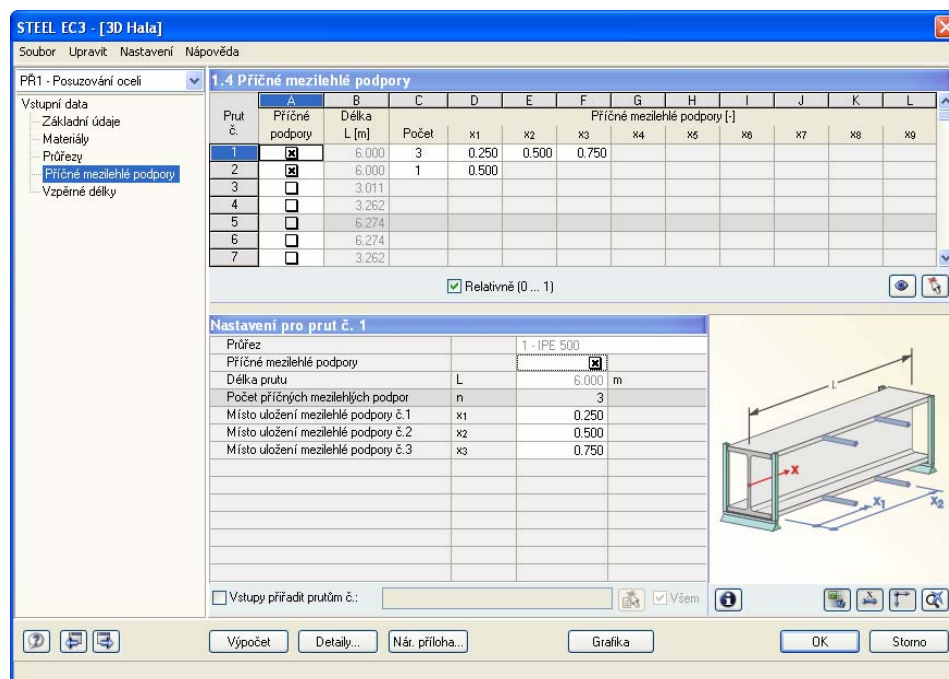
V tomto sloupci jsou uvedeny odkazy na poznámky pod čarou, které najdeme pod seznamem průřezů.



Pokud se před výpočtem zobrazí hlášení *Nepřípustný průřez č. XX*, pak se jedná o průřez, který nebyl uložen do databáze průřezů. Průřez mohl definovat sám uživatel nebo se může jednat o nespočítaný průřez z modulu SHAPE-THIN. Pomocí tlačítka [...] ve sloupci B *Označení průřezu* pak lze nastavit vhodný průřez pro posouzení (viz obr. 2.8).

## 2.4 Příčné mezilehlé podpory

V tabulce 1.4 může uživatel definovat na prutech příčné mezilehlé podpory. Tyto podpory program vždy dosadí kolmo k vedlejší ose průřezu. Tím se změní vzpěrné délky prutu, které jsou důležité pro posouzení stability na vzpěr a klopení. Přitom je třeba vědět, že příčné mezilehlé podpory se při výpočtu vždy zohlední jako vidlicové podepření.



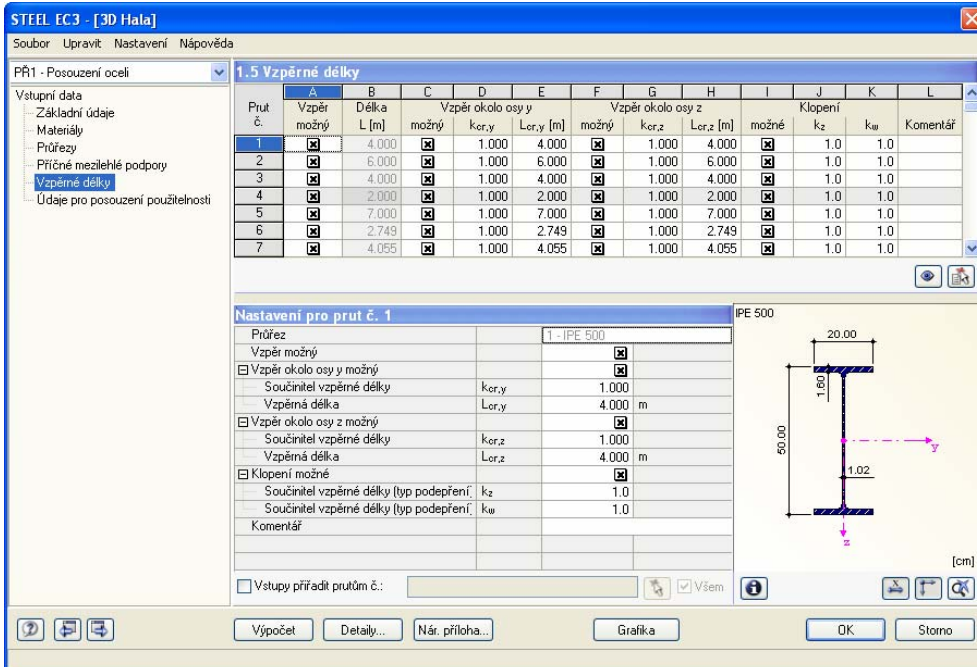
Obr. 2.11: Tabulka 1.4 Příčné mezilehlé podpory

Relativně [0 ... 1]

V horní části dialogu má uživatel možnost vytvořit až devět příčných mezilehlých podpor u každého prutu. Ve spodní části tabulky se zobrazí souhrn zadaných údajů pro každý jednotlivý prut. Příčnou mezilehlou podporu lze definovat buď přímým zadáním délky nebo relativním určením místa uložení podpory. Pro relativní určení polohy je třeba aktivovat tlačítko [Relativně]. Pak se místo uložení podpory spočítá na základě délky prutu a zadaných údajů.

## 2.5 Vzpěrné délky

Tabulka 1.5 je pro přehlednost rozdělena do dvou částí. V horní části se nachází souhrnná tabulka s údaji o *délce, součinitelích vzpěrné délky, délce ekvivalentního prutu a součinitelích vzpěrné délky pro klopení* posuzovaných prutů. V dolní části tabulky se zobrazí detailní informace o prutu právě vybraném v horní tabulce.



Prut č.	Vzpěr možný	Délka L [m]	Vzpěr okolo osy y možný	$k_{cr,y}$	$L_{cr,y}$ [m]	Vzpěr okolo osy z možný	$k_{cr,z}$	$L_{cr,z}$ [m]	možné	Klopení $k_z$	$k_{sw}$	Komentář
1	<input checked="" type="checkbox"/>	4.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	4.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	4.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	
2	<input checked="" type="checkbox"/>	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	6.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	
3	<input checked="" type="checkbox"/>	4.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	4.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	4.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	
4	<input checked="" type="checkbox"/>	2.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	2.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	2.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	
5	<input checked="" type="checkbox"/>	7.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	7.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	7.000	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	
6	<input checked="" type="checkbox"/>	2.749	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	2.749	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	2.749	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	
7	<input checked="" type="checkbox"/>	4.055	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	4.055	<input checked="" type="checkbox"/>	1.000	4.055	<input checked="" type="checkbox"/>	1.0	1.0	

Nastavení pro prut č. 1		
Průřez		1 - IPE 500
Vzpěr možný		<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Vzpěr okolo osy y možný		<input checked="" type="checkbox"/>
Součinitel vzpěrné délky	$k_{cr,y}$	1.000
Vzpěrná délka	$L_{cr,y}$	4.000 m
<input type="checkbox"/> Vzpěr okolo osy z možný		<input checked="" type="checkbox"/>
Součinitel vzpěrné délky	$k_{cr,z}$	1.000
Vzpěrná délka	$L_{cr,z}$	4.000 m
<input type="checkbox"/> Klopení možné		<input checked="" type="checkbox"/>
Součinitel vzpěrné délky (typ podepření)	$k_z$	1.0
Součinitel vzpěrné délky (typ podepření)	$k_{sw}$	1.0
Komentář		

Obr. 2.12: Tabulka 1.5: Vzpěrné délky - Pruty

Vzpěrné délky prutu pro vybočení kolmo k hlavní ose se automaticky převezmou z tabulky 1.4. Pokud příčné mezilehlé podpory rozdělují prut na nestejně dlouhé úseky, pak se v příslušném sloupci (E nebo H) v tabulce 1.5 nezobrazí žádná hodnota. Uživatel může měnit součinitele vzpěrné délky ve spodní části dialogu v detailním nastavení i v horním souhrnném přehledu. Údaje v druhé části tabulky se pak automaticky aktualizují. Vzpěrnou délku prutu můžeme určit i graficky pomocí funkce [Vybrat].

Stromová struktura v dolní části dialogu *Nastavení pro prut* obsahuje následující parametry:

- *Průřez*
- *Vzpěr možný* či *nikoli* (srov. sloupec A)
- *Systémová délka prutu* (srov. sloupec B)
- *Vzpěr okolo osy y* (vzpěrné délky, srov. sloupce C až E)
- *Vzpěr okolo osy z* (vzpěrné délky, srov. sloupce F až H)
- *Klopení* (součinitel vzpěrné délky pro klopení, srov. sloupce I a J)

Uživatel má dále možnost upravovat *součinitele vzpěrné délky* v příslušném směru nebo uvést, zda se má posouzení na vzpěr vůbec provádět. V případě, že se změní součinitel vzpěrné délky, délka ekvivalentního prutu se automaticky upraví.

## Vzpěr možný

Při stabilitním posouzení na vzpěr a klopení je nezbytné, aby prut mohl přenášet tlakové síly. Pruty, které tlakové síly nemohou přenášet, protože například patří k typu tahové pruty, pružná podloží nebo tuhá spojení, jsou v modulu STEEL EC3 již od počátku z posouzení vyloučeny. V příslušném řádku se pak ve sloupci Komentář zobrazí příslušný komentář k danému prutu.

Sloupec *Vzpěr možný* nabízí uživateli možnost dodatečně klasifikovat pruty jako tlakové nebo je případně z posouzení vyřadit. Zaškrťovací políčka ve sloupci A a také v *Nastavení pro prut* tak mají vliv i na to, zda budou u daného prutu přístupná vstupní políčka ke stanovení parametrů vzpěrné délky.

## Délka

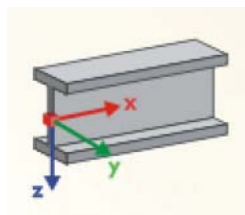
Pro kontrolu se ve sloupci B zobrazí příslušné délky prutů. Hodnoty v tomto sloupci nelze upravovat.

## Vzpěr okolo osy y resp. osy z

Sloupce *Vzpěr možný* uvádějí, zda existuje pro daný prut nebezpečí vybočení okolo osy y a/nebo z. Jedná se přitom o lokální osy prutu: osa y je „hlavní“ a osa z „vedlejší“ osa prutu. Součinitele vzpěrné délky lze pro vzpěr okolo hlavní i vedlejší osy zvolit libovolně. Pro výpočet  $M_{cr}$  metodou vlastních čísel je třeba vytvořit interní model prutu se čtyřmi stupni volnosti. Ke znázornění stupňů volnosti na podporách interního modelu prutu se používají následující definice  $k_z$  a  $k_w$  (viz strana 21):



$k_z = 1,0$	odpovídá vidlicovému uložení obou konců nosníku
$k_z = 0,7le$	odpovídá vetknutí levého a vidlicovému uložení pravého konce
$k_z = 0,7pr$	odpovídá vetknutí pravého a vidlicovému uložení levého konce
$k_z = 0,5$	odpovídá vetknutí obou konců nosníku
$k_z = 2,0le$	odpovídá vetknutí levého konce a volnému pravému konci prutu
$k_z = 2,0pr$	odpovídá vetknutí pravého konce a volnému levému konci prutu



Obr. 2.13: Definování os k zadání uložení pomocí  $k_z$  a  $k_w$

Vidlicové uložení s  $k_z=1,0$  odpovídá pevnému podepření ve směru osy y a zamezení pootočení okolo osy x (podélné osy) prutu. V případě vetknutí je kromě výše uvedených omezení stupňů volnosti bráněno pootočení průřezu okolo osy z. Zkratky „le“ a „pr“ označují levou a pravou stranu. „Le“ se přitom vztahuje k podmínkám uložení na počátku prutu. Vzhledem k tomu, že se zadané součinitele  $k_z$  a  $k_w$  vztahují vždy k počátku a konci prutu, je třeba být zvláště pozorný v případě definování mezilehlých podpor. Mezilehlé podpory rozdělují prut pro výpočet na několik částí. V případě konzol se mezilehlé podpory nezadávají, protože by se tím vytvořil staticky neurčitý díl vidlicově podepřený na jedné straně.

Pomocí  $k_w$  definuje uživatel čtvrtý stupeň volnosti na podpoře. Zde je třeba u průřezu zadat buď volnou deplanaci nebo zamezení deplanace. Vzhledem k tomu, že potřebujeme pouze interní model prutu se čtyřmi stupni volnosti, není třeba definovat ostatní stupně volnosti (posun ve směru x a z).

Grafika

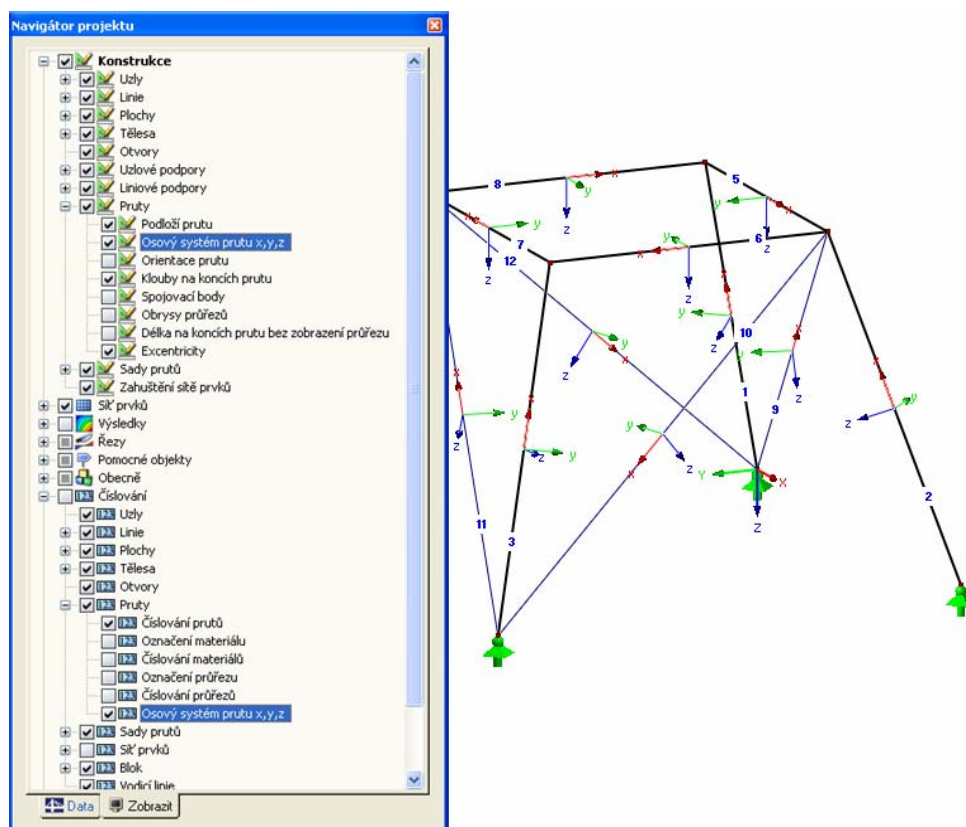
Polohu os prutu lze zkontrolovat v tabulce 1.3 *Průřezy* u zobrazení průřezu (viz kapitola 2.3, strana 15). Na pracovní ploše RSTABu, kterou můžeme kdykoli otevřít kliknutím na tlačítko [Grafika], lze lokální osy prutu zobrazit z navigátoru *Zobrazit* (viz obr. 2.14).

Pokud existuje nebezpečí vybočení prutu okolo jedné nebo obou os, lze zadat přesné údaje do vstupních polí pro vzpěr okolo osy y ve sloupci D a E nebo alternativně ve spodní sekci *Nastavení pro prut*.

Pokud byl definován součinitel vzpěrné délky, stanoví se vzpěrná délka automaticky tak, že se délka prutu L uvedená ve sloupci B vynásobí součinitelem vzpěrné délky.

...

Pomocí tlačítka [...] na konci vstupního pole lze také vybrat graficky dva uzly v pracovním okně RSTABu; jejich vzdálenost pak definuje vzpěrnou délku.



Obr. 2.14: Zobrazení lokálních osových systémů prutu v navigátoru *Zobrazit* v RSTABu

### Klopení

Ve sloupci I může uživatel rozhodnout, zda se má provést posouzení na klopení. Ve sloupci J lze vybrat součinitel vzpěrné délky  $k_{\omega}$ , který ovlivňuje výpočet pružného kritického momentu při klopení  $M_{cr}$ . Definice je pak podobná jako u součinitele vzpěrné délky  $k_z$  jen s tím rozdílem, že v tomto případě se vetknutím vyjadřuje omezení deplanace.

$k_{\omega}$
1.0
2.0le
2.0pr
1.0
0.7le
0.7pr
0.5

- $k_{\omega} = 1,0$  odpovídá uložení bez omezení deplanace na obou koncích nosníku
- $k_{\omega} = 0,7le$  odpovídá vetknutí na levém a vidlicovému uložení na pravém konci
- $k_{\omega} = 0,7pr$  odpovídá vetknutí na pravém a vidlicovému uložení na levém konci
- $k_{\omega} = 0,5$  odpovídá uložení s omezením deplanace na obou koncích nosníku
- $k_{\omega} = 0,7le$  odpovídá vetknutí na levém konci a volnému pravému konci prutu
- $k_{\omega} = 0,7pr$  odpovídá vetknutí na pravém konci a volnému levému konci prutu

Níže pod stromovou strukturou se nachází zaškrťovací pole *Vstupy přiřadit prutům č.* Pokud toto pole zaškrtneme, budou následně zadané údaje platit pro vybrané, resp. pro *všechny* pruty. Pruty lze přitom zvolit graficky pomocí funkce [Vybrat] nebo lze zadat ručně jejich čísla. Tato volba je užitečná, pokud chceme několika prutům přiřadit stejné okrajové podmínky. Je třeba ovšem upozornit na to, že je třeba tuto funkci aktivovat před zadáním údajů. Pokud nejdříve definujeme údaje a až poté vybereme tuto volbu, data se prutům zpětně nepřihodí.



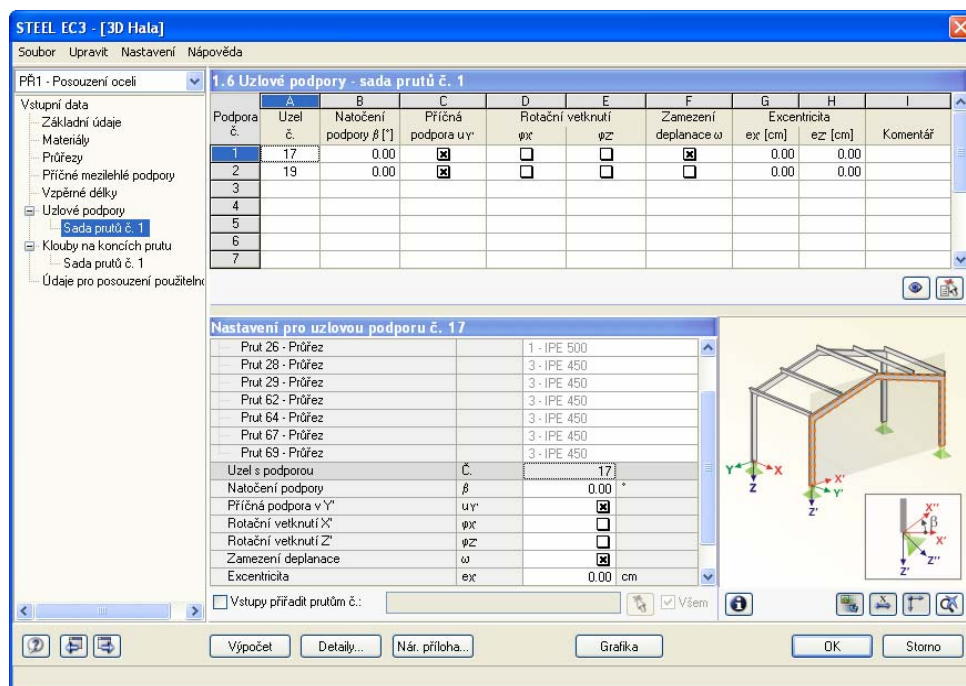
### Komentář

V posledním sloupci může uživatel u každého prutu uvést vlastní poznámky, např. blíže vysvětlit zvolené délky ekvivalentního prutu.

## 2.6 Uzlové podpory – sady prutů

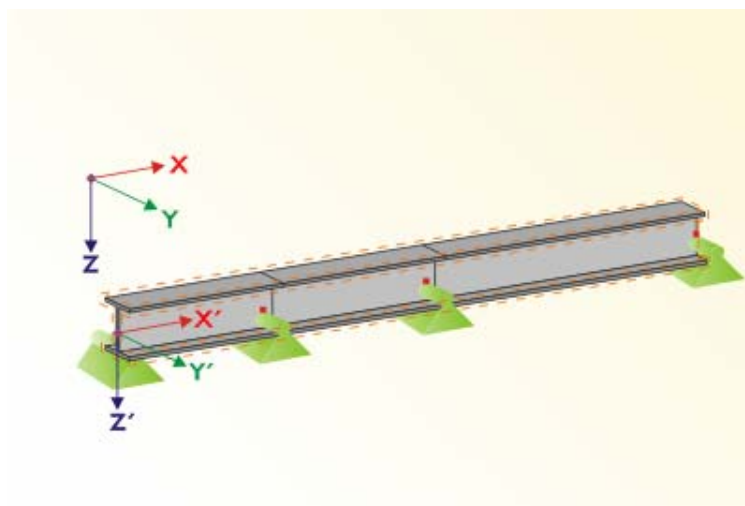


Posouzení stability sad prutů se v modulu STEEL EC3 provádí vždy podle EN 1993-1-1 kapitoly 6.3.4. Přitom je třeba nezapomenout na důležité omezení stanovené v dané normě. Podle EN 1993-1-1 kapitoly 6.3.4 (1) lze posuzovat pouze jednoose symetrické průřezy namáhané tlakem a/nebo ohybem v rovině. Při tomto posouzení je třeba znát hodnotu násobitele  $\alpha_{cr,op}$  pro celou sadu prutů. Ke stanovení této hodnoty se vytvoří rovinná prutová konstrukce se čtyřmi stupni volnosti na uzlu. Příslušné podmínky uložení definuje uživatel v tabulce 1.6. Tato tabulka je k dispozici pouze v případě, že uživatel v základních údajích vybral k posouzení alespoň jednu sadu prutů.



Obr. 2.15: Tabulka 1.6: Uzlové podpory – sada prutů

Pro zadání uzlových podpor je důležitá orientace os sady prutů. Program interně zkontroluje polohu uzlů a stanoví osový systém pro uzlové podpory, které se zadávají v tabulce 1.6 (viz obr. 2.16 až 2.19).



Obr. 2.16: Pomocný souřadný systém pro uzlové podpory sady prutů

Pokud všechny pruty ze sady prutů leží na linii stejně jako na obr. 2.16, odpovídá lokální souřadný systém prvního prutu v sadě náhradnímu souřadnému systému sady prutů.

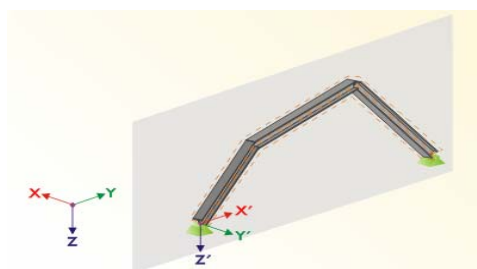
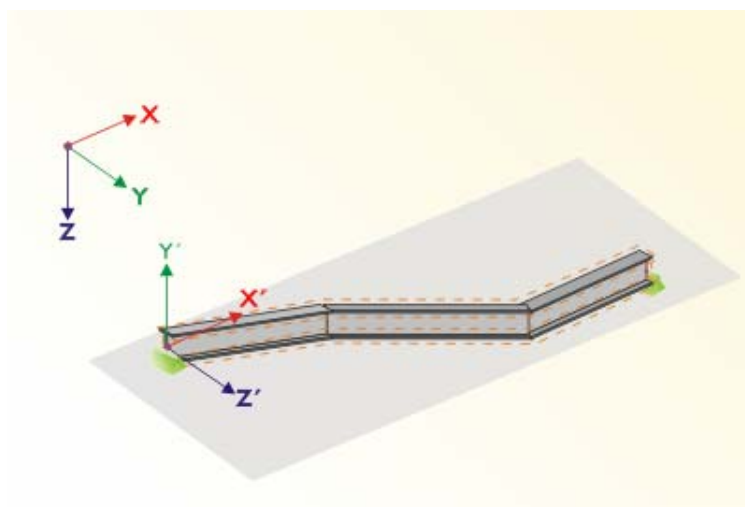


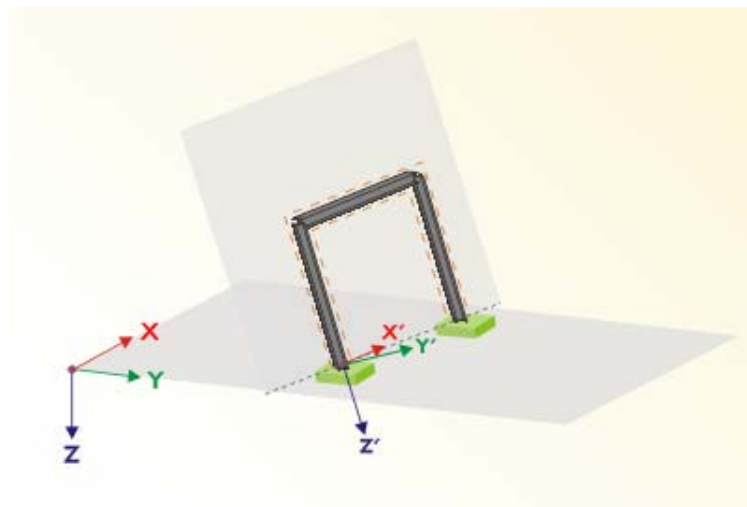
Bild 2.17: Pomocný souřadný systém pro uzlové podpory sady prutů

I když pruty ze sady prutů neleží na linii, musí stále ležet v jedné rovině. Na obr. 2.17 se jedná o vslou rovinu. V tomto případě je osa  $X'$  vodorovná a vede ve směru roviny. Osa  $Y'$  je také vodorovná a svírá s osou  $X'$  pravý úhel. Osa  $Z'$  směřuje svisle dolů.



Obr. 2.18: Pomocný souřadný systém pro uzlové podpory sady prutů

Pokud pruty neleží na linii, ale nacházejí se v horizontální rovině, je osa  $X'$  rovnoběžná s osou  $X$  globálního souřadného systému. Osa  $Y'$  pak míří opačným směrem než globální osa  $Z$ . Osa  $Z'$  je rovnoběžná s osou  $Y$  globálního souřadného systému.

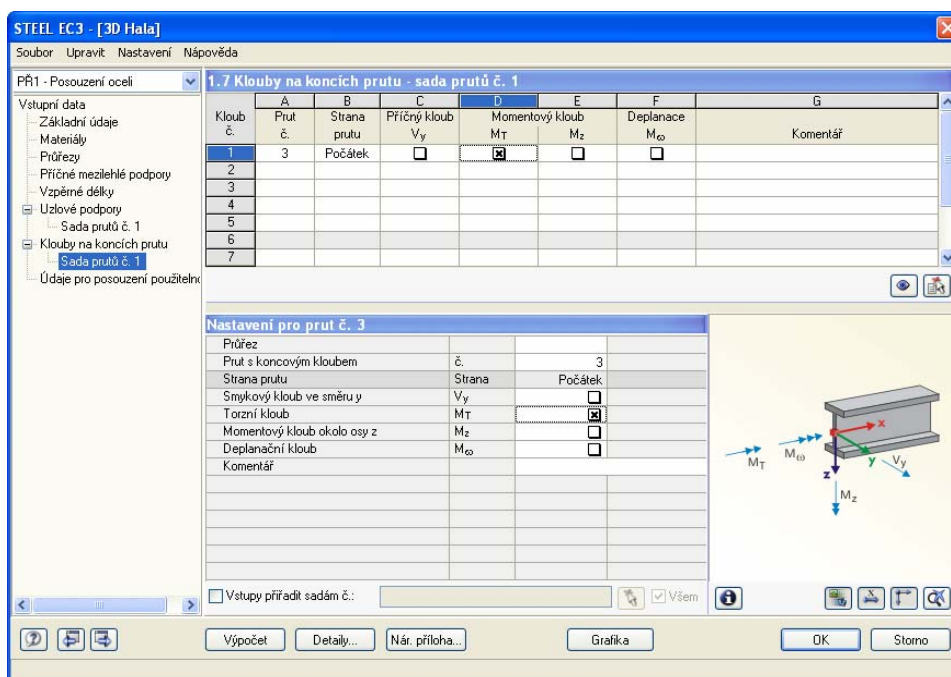


Obr. 2.19: Pomocný souřadný systém pro uzlové podpory sady prutů

Nejobecnější případ je znázorněn na obr. 2.19. Pruty ze sady prutů tu neleží na jedné linii, ale nacházejí se v jedné šikmé rovině. Zadání osy  $X'$  pak určuje průsečnice mezi šikmou a horizontální rovinou. Osa  $Y'$  svírá s osou  $X'$  pravý úhel a je kolmá na šikmou rovinu. Osa  $Z'$  svírá pravý úhel s osou  $X'$  i  $Y'$ .

## 2.7 Klouby na koncích prutu - sady prutů

Také tuto tabulku máme k dispozici pouze v případě, že jsme v základních údajích vybrali k posouzení alespoň jednu sadu prutů. Pokud některý prut v dané sadě prutů nemůže v důsledku svého připojení přenášet vnitřní síly odpovídající stupňům volnosti omezeným v tabulce 1.6, pak může uživatel v tabulce 1.7 vložit do sady uzlové klouby. Přitom má možnost ve sloupci B přesně zadat, na které straně prutu má kloub působit, nebo může kloub umístit na obou stranách.



Obr. 2.20: Tabulka 1.7: Klouby na koncích prutu – sada prutů

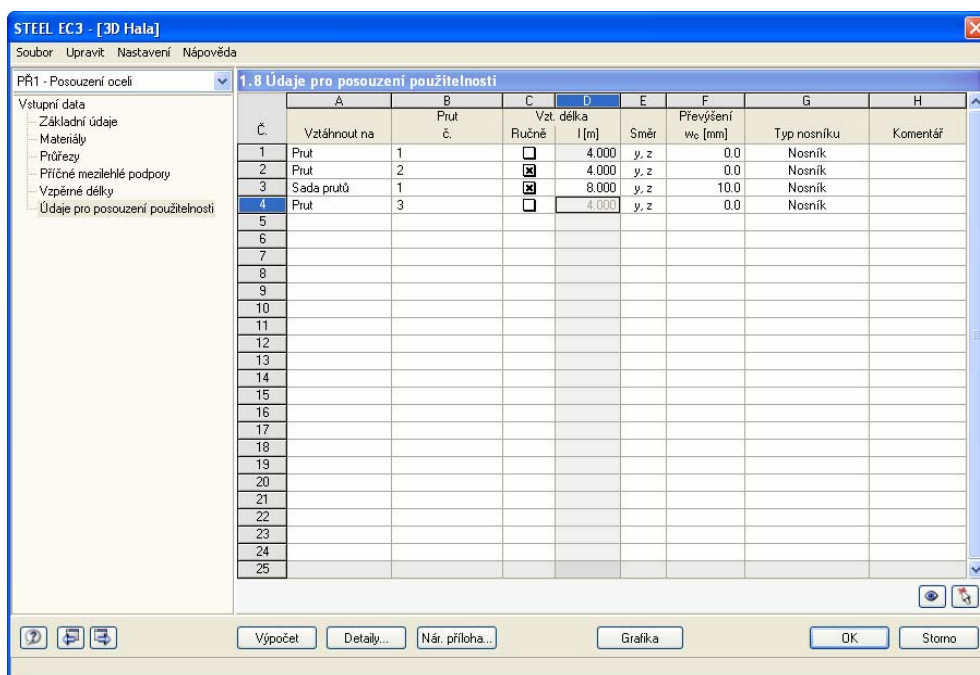
## 2.8 Údaje pro posouzení použitelnosti

Tento dialog nabízí různé možnosti pro posouzení použitelnosti.

Ve sloupci A lze mezní stav použitelnosti vztáhnout na jednotlivé pruty anebo seznamy či sady prutů. Ve sloupci B můžeme určit pomocí funkce [Vybrat] příslušné pruty nebo sady prutů v grafickém okně. *Vztažné délky* se pak vyplní automaticky.

Ve sloupci E uvedeme rozhodující *směr* pro posouzení použitelnosti, ve sloupci F lze případně zohlednit *převýšení*  $w_c$ .

Pro správné stanovení mezních stavů použitelnosti je velmi důležitý *Typ nosníku*. Lze ho zadat ve sloupci G.



Obr. 2.21: Dialog 1.8: Údaje pro posouzení použitelnosti

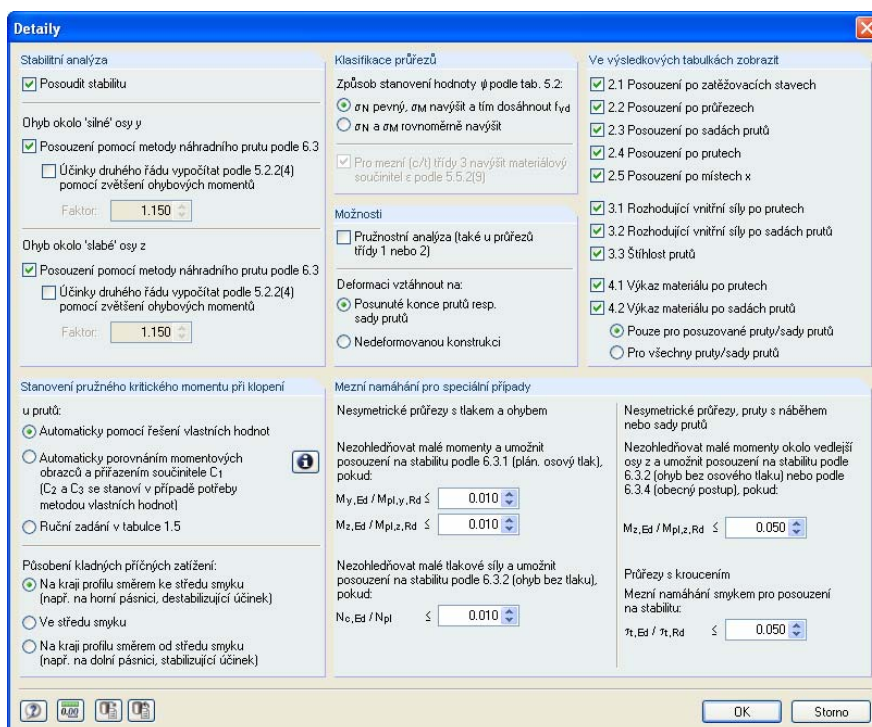
## 3. Výpočet

### 3.1 Detailní nastavení

Výpočet

Detaily...

Při jednotlivých posouzeních se vychází z vnitřních sil spočítaných v programu RSTAB. Před spuštěním výpočtu pomocí tlačítka [Výpočet] bychom měli ještě zkontrolovat detailní nastavení pro posouzení. Příslušný dialog otevřeme z každého vstupního i výstupního dialogu kliknutím na tlačítko [Detaily...].

Obr. 3. 1: Dialog *Detaily*

## Stabilitní analýza

V této sekci může uživatel obecně rozhodnout, zda bude provedeno stabilitní posouzení. V případě, že zruší zaškrtnutí políčka, nebudou vstupní dialogy 1.4 až 1.7 aktivní. Uživatel může dále určit, zda se bude posuzovat stabilita pro ohyb okolo „silné“ nebo „slabé“ osy. Vypočítat lze přitom i účinky druhého řádu podle EN 1993-1-1, kapitoly 5.2.2 (4), kdy se ručně zadá faktor zvětšení pro ohybové momenty. Tento součinitel je vhodné použít například v případě rámu, u něhož je rozhodujícím tvarem příčné vybočení. Vnitřní síly lze v tomto případě spočítat podle teorie prvního řádu a pak je zvětšit pomocí vhodných součinitelů.

## Způsob stanovení pružného kritického momentu při klopení

Standardně je v této sekci přednastaven výpočet „Automaticky pomocí řešení vlastních hodnot“. Vychází se přitom z interního modelu konečných prvků a při výpočtu kritického momentu  $M_{Cr}$  se zohledňují následující body:

- *Rozměry neoslabeného průřezu*
- *Typ zatížení a poloha působíště zatížení*
- *Skutečné rozdělení momentů*
- *Příčné vynucené deformace (na základě podmínek uložení)*
- *Skutečné okrajové podmínky*

Stupně volnosti interního modelu prutu jsou přitom vyjádřeny pomocí součinitelů  $k_2$  a  $k_0$  (viz kapitola 2.5).

Pokud se uživatel rozhodne pro druhou metodu automatického výpočtu pružného kritického momentu, pak může pomocí tlačítka [Informace...] ovlivnit výpočet součinitele  $C_1$ . Součinitele  $C_2$  a  $C_3$  se přitom vypočítají automaticky metodou vlastních čísel. Pokud na průřez působí příčná zatížení, je třeba zadat jejich působíště. V závislosti na místě působení mohou mít příčná zatížení stabilizující nebo naopak destabilizující účinky. Působíště příčných zatížení může uživatel stanovit v dolní části této sekce.



## Klasifikace průřezů

Pokud v průřezu působí napětí od tlaku a ohybu, může uživatel zvolit jednu ze dvou možností výpočtu poměru napětí a protažení, který je nezbytný pro určení správného poměru  $c/t$  podle EN –1993-1-1, tab. 5.2. V prvním případě se bude zvyšovat pouze podíl napětí od ohybu pro dosažení meze kluzu  $f_{yd}$ . V druhém případě se budou ve stejné míře zvyšovat podíly napětí od normálové síly i momentu, dokud nebude dosažena mez kluzu  $f_{yd}$ . V této sekci níže se pak nachází volba, která je standardně vyznačena šedě a je neaktivní. Aktivována je pouze v případě, že uživatel zruší posouzení stability podle EN 1993-1-1, kap. 6.3. Vychází se přitom z kap. 5.5.2 „Klasifikace“ (10) této normy. Pokud posouzení stability vypneme, lze u průřezů zařazených do třídy 4 zvýšit materiálový součinitel  $\epsilon$ , a posuzovat je pak jako průřezy třídy 3 (viz také EN 1993-1-1, kap. 5.5.2 (9)).

## Možnosti

Průřezy třídy 1 nebo 2 jsou v modulu STEEL EC3 posuzovány plasticky. V případě potřeby může uživatel v sekci *Možnosti* aktivovat pružnostní posouzení i pro tyto třídy průřezů.

Pomocí přepínače *Deformaci vztáhnout na* může uživatel zvolit, zda se budou výsledky výpočtu deformace vztahovat na *nedeformovaný systém* nebo na pomyslnou spojovací linii mezi počátkem a koncem prutu v deformované konstrukci čili na *posunutě konce prutu, resp. sady prutů*.

## Mezní namáhání pro speciální případy

Pokud chce uživatel posoudit nesymetrické průřezy na osový tlak podle DIN EN 1993-1-1 kapitoly 6.3.1, pak lze po příslušném nastavení v této sekci zanedbat malé momenty okolo hlavní i vedlejší osy.

Podobně lze pro posouzení na prostý ohyb podle DIN EN 1993-1-1 kapitoly 6.3.2 zanedbat velmi malé osově síly.

Pokud se nesymetrické průřezy, pruty s náběhy nebo sady prutů posuzují podle DIN EN 1993-1-1 kapitoly 6.3.4, připouští se pouze jednoosý ohyb v rovině a/nebo tlak. Uživatel pak může stanovit hranici pro poměr momentů  $M_{z,Ed} / M_{pl,z,Rd}$ .

Plánovaná torze se v normě EN 1993-1-1 nezohledňuje. Pokud existuje namáhání kroucením, avšak nepřesahuje standardní nastavenou hranici 5%, nezohledňuje se a program zobrazí i výsledky posouzení stability (vzpěr, klopení).

Pokud je ovšem některá z uvedených hranic překročena, zobrazí se v tabulce výsledků varovné hlášení a posouzení stability se neprovede. Výsledky posouzení průřezů se zobrazí nezávisle.

## Ve výsledkových tabulkách zobrazit

V této sekci může uživatel vybrat, které tabulky výsledků se mají zobrazit. Může také rozhodnout, zda se má zobrazit výkaz materiálu. Jednotlivé výsledné tabulky jsou popsány v kapitole 3.2.

## 3.2 Spuštění výpočtu

Výpočet

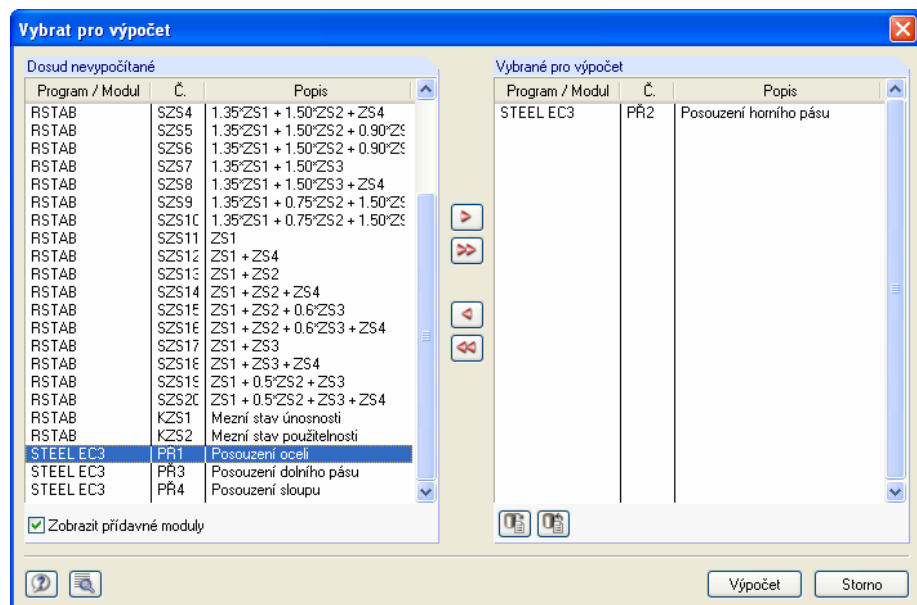
Ve všech vstupních dialogích modulu STEEL EC3 lze spustit výpočet kliknutím na tlačítko [Výpočet].

STEEL EC3 nejdříve hledá výsledky vybraných zatěžovacích stavů, skupin a kombinací zatěžovacích stavů. Pokud je nenajde, spustí se nejdříve v RSTABu výpočet rozhodujících vnitřních sil. Vychází se přitom z výpočetních parametrů zadaných v RSTABu.

Pokud mají být optimalizovány průřezy (srov. kapitola 7.2, strana 49), spočítají se potřebné profily a provedou příslušná posouzení.

Výpočet výsledků modulu STEEL EC3 lze spustit také z uživatelského prostředí RSTABu. Případy zadané v přidavných modulech se zobrazí v dialogu *Vybrat pro výpočet* jako zatěžovací stavy nebo skupiny zatěžovacích stavů. Tento dialog otevřeme v RSTABu příkazem z hlavní nabídky

Výpočet → Vybrat pro výpočet....

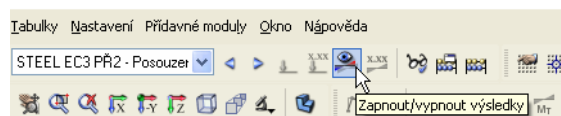


Obr. 3.2: Dialog *Vybrat pro výpočet*

Pokud v seznamu *Dosud nevypočítané* chybí návrhové případy z modulu STEEL EC3, je třeba zaškrtnout políčko *Zobrazit přidavné moduly*.

Tlačítkem [▶] převedeme vybrané návrhové případy do seznamu na pravé straně. Výpočet pak spustíme pomocí tlačítka [Výpočet].

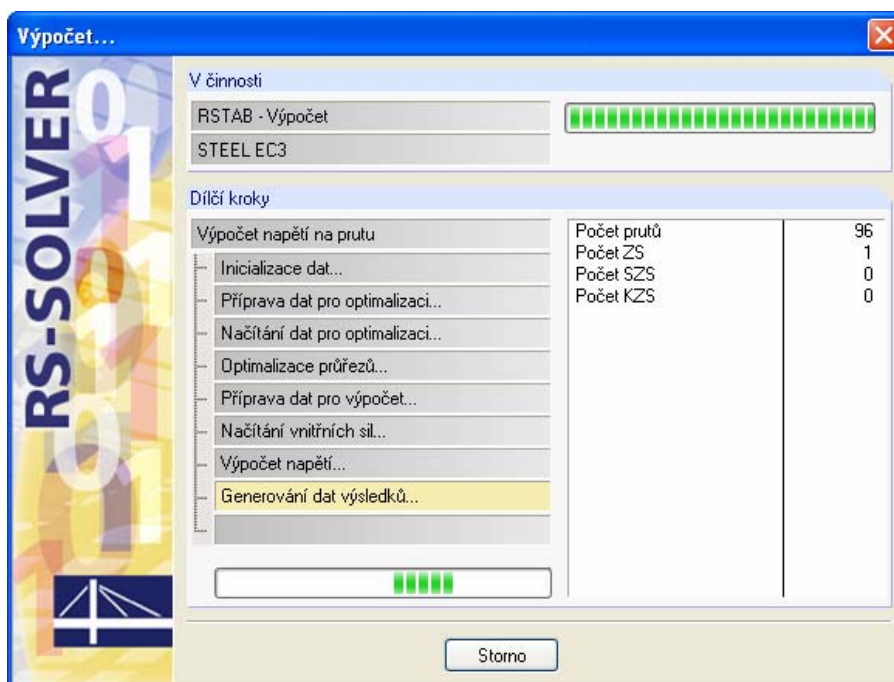
Výpočet určitého návrhového případu z modulu STEEL EC3 lze spustit přímo také z panelu nástrojů. V seznamu nastavíme požadovaný návrhový případ a následně klikneme na tlačítko [Zapnout/vypnout výsledky].



Obr. 3.3: Přímý výpočet návrhového případu z modulu STEEL EC3 v programu RSTAB

Následně se zobrazí dialog, v kterém lze sledovat průběh výpočtu.

Výpočet



Obr. 3.4: Výpočet v modulu STEEL EC3

## 4. Výsledky

### 4.1 Posouzení po zatěžovacích stavech

Ihned po skončení výpočtu se zobrazí tabulka 2.1 *Posouzení po zatěžovacích stavech*. V horní části této tabulky se zobrazí souhrn posouzení pro jednotlivé zatěžovací stavy a skupiny a kombinace zatěžovacích stavů. Ve spodní části jsou pak detailně uvedeny materiálové charakteristiky, návrhové vnitřní síly a údaje o provedeném posouzení pro zatěžovací stav vybraný v horní části tabulky.

V tabulkách výsledků 2.1 až 2.5 se zobrazí podrobný přehled posouzení podle výběrových kritérií. Tabulky 3.1 a 3.2 pak obsahují rozhodující vnitřní síly. V posledních dvou tabulkách 4.1 a 4.2 se zobrazí výkaz materiálu pro pruty nebo sady prutů.

Tabulky výsledků jsou přístupné z navigátoru v tomto modulu. Uživatel může přepínat mezi tabulkami také pomocí vlevo znázorněných tlačítek nebo pomocí funkčních kláves [F2] a [F3].

Tlačítkem [OK] výsledky uložíme a modul STEEL EC3 zavřeme.

V této kapitole popíšeme jednotlivé tabulky v příslušném pořadí. Vyhodnocení a kontrole výsledků se budeme věnovat v následující kapitole 5 *Vyhodnocení výsledků* na straně 38.



OK

STEEL EC3 - [3D Hala]

Soubor Upravit Nastavení nápověda

PŘ1 - Posuzování oceli

Vstupní data  
Základní údaje  
Materiály  
Průřezy  
Boční mezilehlé podpory  
Vzpěrné délky  
Výsledky  
Posouzení po zatěžovacích stavech  
Posouzení po průřezích  
Posouzení po prutech  
Rozhodující vnitřní síly po prutech  
Výkaz materiálu po prutech

### 2.1 Posouzení po zatěžovacích stavech

Zatěž. stav	A	B	C	D	E	F	G
	Označení	Prut č.	Místo x [m]	Posouzení Využití		Posouzení podle vzorce	PS
Posouzení mezního stavu únosnosti							
ZS1	Vlastní tíha	36	0.000	0.32 ≤ 1	364	Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metc	MSÚ
ZS2	Sníh	32	4.055	0.42 ≤ 1	364	Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metc	MSÚ
ZS3	Vitr +X	13	0.000	0.06 ≤ 1	331	Posouzení stability - kloupení podle 6.3.2.1 a 6.3.2	MSÚ
SZS3	1.35ZS1 + 1.50ZS2	13	0.000	0.70 ≤ 1	364	Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metc	MSÚ
SZS5	1.35ZS1 + 1.50ZS2 + 0.90	32	4.055	0.75 ≤ 1	364	Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metc	MSÚ

Max: 0.75 ≤ 1

Mezihodnoty - prut 36 - x: 0.000 m - ZS1

Materiálové charakteristiky - Ocel S 235JR G2

Parametry průřezu - QRO 80x4

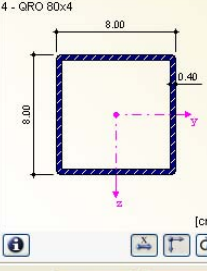
Návrhové vnitřní síly

Klasifikace průřezu - třída 1

Posouzení

Modul pružnosti	E	21000.00	kN/cm <sup>2</sup>		
Moment setrvačnosti	I <sub>y</sub>	115.00	cm <sup>4</sup>		
Vzpěrná délka prutu	L <sub>cr,y</sub>	5.800	m		
Pružná kritická síla	N <sub>cr,y</sub>	70.853	kN		
Plocha průřezu	A	12.00	cm <sup>2</sup>		
Mez kluzu	f <sub>y</sub>	23.50	kN/cm <sup>2</sup>	3.2.1	
Poměrná štíhlost	λ <sub>y</sub>	1.995		> 0.2	6.3.1.2(4)
Křivka vzpěrné pevnosti	K <sub>VP,y</sub>	a			Tab. 6.2
Součinitel imperfekce	α <sub>y</sub>	0.210			Tab. 6.1

4 - QRO 80x4



Výpočet Detaily... Nár. příloha... Grafika OK Storno

Obr. 4.1: Tabulka 2.1 Posouzení po zatěžovacích stavech

## Označení ZS resp. SZS/KZS

V tomto sloupci se pro informaci zobrazí označení zatěžovacích stavů, resp. skupin a kombinací ZS, které jsou pro příslušná posouzení rozhodující.

## Prut č.

U každého posuzovaného zatěžovacího stavu, resp. skupiny nebo kombinace zatěžovacích stavů bude uvedeno číslo prutu s maximálním využitím.

## Místo x

V tomto sloupci se vždy zobrazí místo x na prutu s největším využitím. Zohledňují se následující místa x na prutu:

- Počáteční a koncový uzel
- Vnitřní uzly podle zadaného dělení prutu
- Extrémní hodnoty vnitřních sil

## Posouzení

Pro každý typ posouzení a pro každý zatěžovací stav, resp. skupinu nebo kombinaci ZS se v tomto sloupci zobrazí podmínky posouzení podle normy.

## Posouzení podle vzorce

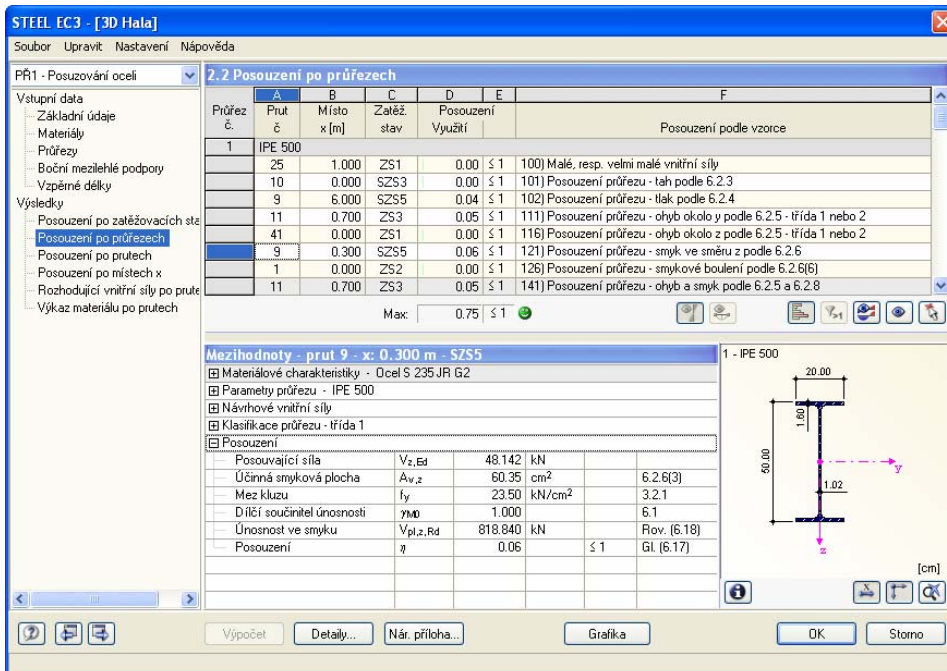
V tomto sloupci se zobrazí rovnice, na jejichž základě posouzení proběhlo.

## Označení mezního stavu

V tomto sloupci je uvedena návrhová situace, která je pro posouzení relevantní. První písmeno ve zkratce  $\dot{U}$ , příp.  $P$  znamená „Mezní stav únosnosti“, resp. „Mezní stav použitelnosti“, druhé písmeno pak vždy označuje rozhodující kombinaci zatížení.

Max: 0.92 ≤ 1

## 4.2 Posouzení po průřezích



**2.2 Posouzení po průřezích**

Průřez č.	Prut č.	Místo x [m]	Zatěž. stav	Posouzení Využití	Posouzení podle vzorce
1	IPE 500				
	25	1.000	ZS1	0.00 ≤ 1	100) Malé, resp. velmi malé vnitřní síly
	10	0.000	SZS3	0.00 ≤ 1	101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
	9	6.000	SZS5	0.04 ≤ 1	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
	11	0.700	ZS3	0.05 ≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
	41	0.000	ZS1	0.00 ≤ 1	116) Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
	9	0.300	SZS5	0.06 ≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
	1	0.000	ZS2	0.00 ≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
	11	0.700	ZS3	0.05 ≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8

Max: 0.75 ≤ 1

**Mezihodnoty - prut 9 - x: 0.300 m - SZ55**

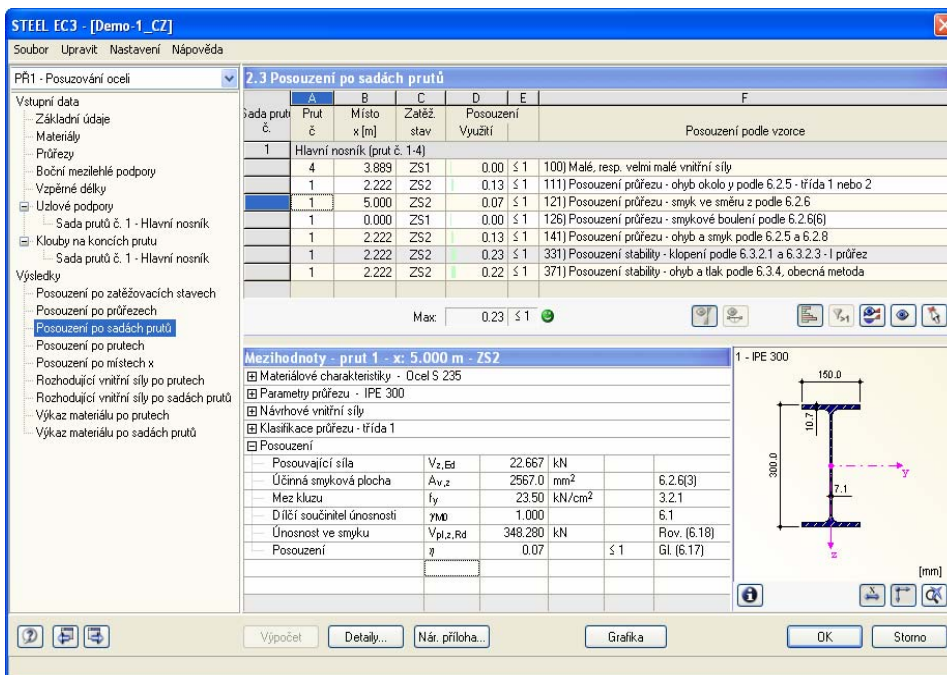
- Materiálové charakteristiky - Ocel S 235JR G2
- Parametry průřezu - IPE 500
- Návrhové vnitřní síly
- Klasifikace průřezu - třída 1
- Posouzení

Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	48.142	kN		
Účinná smyková plocha	$A_{w,z}$	60.35	cm <sup>2</sup>	6.2.6(3)	
Mez kluzu	$f_y$	23.50	kN/cm <sup>2</sup>	3.2.1	
Dílčí součinitel únosnosti	$\gamma_{M0}$	1.000		6.1	
Únosnost ve smyku	$V_{pl,z,Rd}$	818.840	kN	Rev. (6.18)	
Posouzení	$\eta$	0.06		≤ 1	Gl. (6.17)

Obr. 4.2: Tabulka 2.2 Posouzení po průřezích

V této tabulce se u všech posuzovaných prutů zobrazí maximální využití, která program spočítal pro jednotlivé zatěžovací stavy a skupiny a kombinace ZS. Hodnoty jsou seřazeny podle průřezů. V případě prutů s náběhy se v řádce vedle čísla průřezu zobrazí obě označení průřezů.

## 4.3 Posouzení po sadách prutů



**2.3 Posouzení po sadách prutů**

Sada prut č.	Prut č.	Místo x [m]	Zatěž. stav	Posouzení Využití	Posouzení podle vzorce
1	Hlavní nosník (prut č. 1-4)				
	4	3.889	ZS1	0.00 ≤ 1	100) Malé, resp. velmi malé vnitřní síly
	1	2.222	ZS2	0.13 ≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
	1	5.000	ZS2	0.07 ≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
	1	0.000	ZS1	0.00 ≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
	1	2.222	ZS2	0.13 ≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
	1	2.222	ZS2	0.23 ≤ 1	331) Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - I průřez
	1	2.222	ZS2	0.22 ≤ 1	371) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.4, obecná metoda

Max: 0.23 ≤ 1

**Mezihodnoty - prut 1 - x: 5.000 m - ZS2**

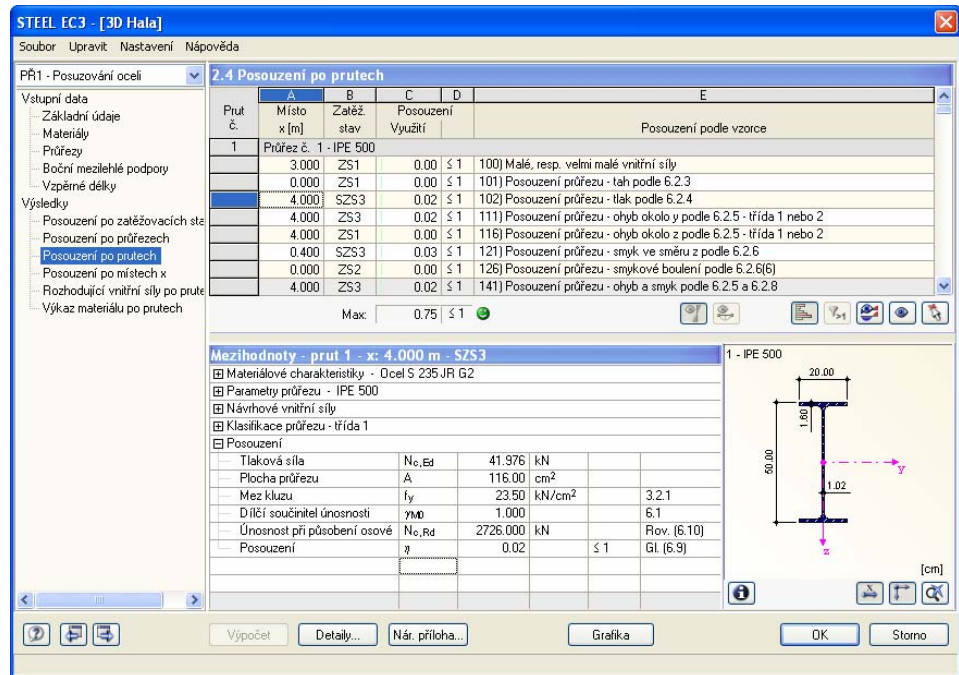
- Materiálové charakteristiky - Ocel S 235
- Parametry průřezu - IPE 300
- Návrhové vnitřní síly
- Klasifikace průřezu - třída 1
- Posouzení

Posouvající síla	$V_{z,Ed}$	22.667	kN		
Účinná smyková plocha	$A_{w,z}$	2567.0	mm <sup>2</sup>	6.2.6(3)	
Mez kluzu	$f_y$	23.50	kN/cm <sup>2</sup>	3.2.1	
Dílčí součinitel únosnosti	$\gamma_{M0}$	1.000		6.1	
Únosnost ve smyku	$V_{pl,z,Rd}$	348.280	kN	Rev. (6.18)	
Posouzení	$\eta$	0.07		≤ 1	Gl. (6.17)

Obr. 4.3: Tabulka 2.3 Posouzení po sadách prutů

Tato výstupní tabulka se zobrazí, pokud byla k posouzení vybrána alespoň jedna sada prutů. Maximální využití jsou v seznamu seřazena podle sad prutů. Vždy se zobrazí číslo prutu, u kterého bylo v dané sadě prutů zjištěno největší využití.

## 4.4 Posouzení po prutech



**2.4 Posouzení po prutech**

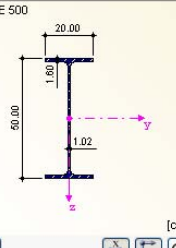
Prut č.	A	B	C	D	E
Místo x [m]	Zatěž. stav	Posouzení	Posouzení podle vzorce		
1	Průřez č. 1 - IPE 500				
3.000	ZS1	0.00 ≤ 1	100)	Malé, resp. velmi malé vnitřní síly	
0.000	ZS1	0.00 ≤ 1	101)	Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3	
4.000	SZS3	0.02 ≤ 1	102)	Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4	
4.000	SZ3	0.02 ≤ 1	111)	Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2	
4.000	ZS1	0.00 ≤ 1	116)	Posouzení průřezu - ohyb okolo z podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2	
0.400	SZS3	0.03 ≤ 1	121)	Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6	
0.000	ZS2	0.00 ≤ 1	126)	Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)	
4.000	SZ3	0.02 ≤ 1	141)	Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8	
Max:		0.75 ≤ 1			

**Mezihodnoty - prut 1 - x: 4.000 m - SZS3**

- Materiálové charakteristiky - Ocel S 235JR G2
- Parametry průřezu - IPE 500
- Návrhové vnitřní síly
- Klasifikace průřezu - třída 1
- Posouzení
 

Tlaková síla	$N_{c,Ed}$	41.976	kN	
Plocha průřezu	A	116.00	cm <sup>2</sup>	
Mez kluzu	$f_y$	23.50	kN/cm <sup>2</sup>	3.2.1
Dílčí součinitel únosnosti	$\gamma_{M0}$	1.000		6.1
Únosnost při působení osové	$N_{c,Rd}$	2726.000	kN	Rev. (6.10)
Posouzení	$\eta$	0.02		≤ 1 Gl. (6.9)

1 - IPE 500

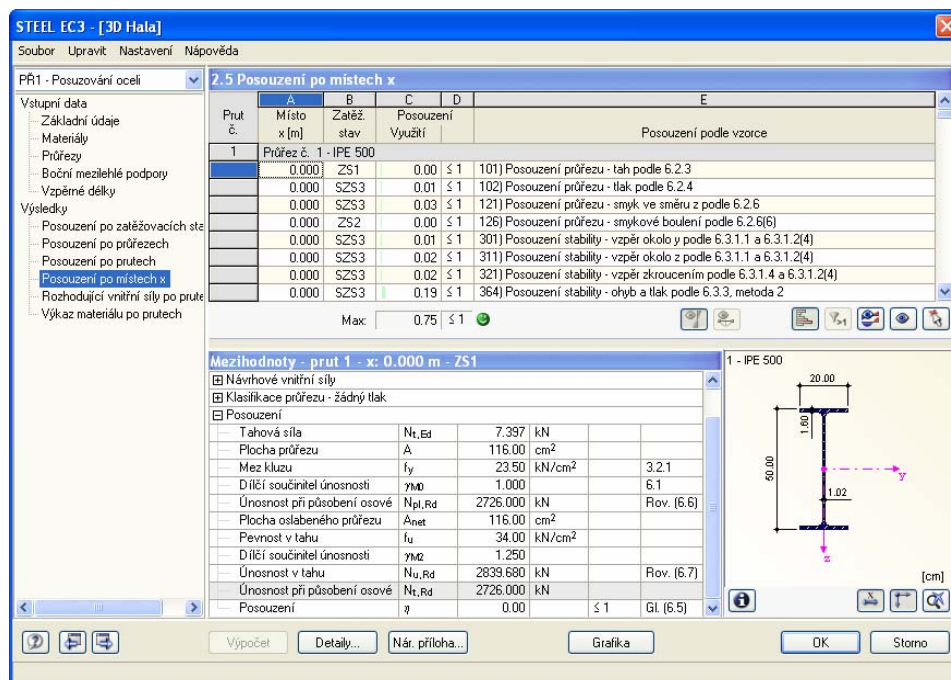


Obr. 4.4: Tabulka 2.4 Posouzení po prutech

V této výsledné tabulce se zobrazí maximální využití seřazená podle čísel prutů. Pro každý prut se uvede *Místo x*, v kterém byla zjištěna maximální hodnota.

Popis jednotlivých sloupců najdeme v kapitole 4.1 na straně 30.

## 4.5 Posouzení po místech x



**2.5 Posouzení po místech x**

Prut č.	Místo x [m]	Zatěž. stav	Posouzení Využití	Posouzení podle vzorce
1	0.000	ZS1	0.00 ≤ 1	101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
	0.000	SZS3	0.01 ≤ 1	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
	0.000	SZS3	0.03 ≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
	0.000	ZS2	0.00 ≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
	0.000	SZS3	0.01 ≤ 1	301) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
	0.000	SZS3	0.02 ≤ 1	311) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
	0.000	SZS3	0.02 ≤ 1	321) Posouzení stability - vzpěr zkroucením podle 6.3.1.4 a 6.3.1.2(4)
	0.000	SZS3	0.19 ≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2

Max: 0.75 ≤ 1

**Mezihodnoty - prut 1 - x: 0.000 m - ZS1**

Návrhové vnitřní síly			
Klasifikace průřezu - žádný tlak			
Posouzení			
Tahová síla	$N_{t,Ed}$	7.397 kN	
Plocha průřezu	A	116.00 cm <sup>2</sup>	
Mez kluzu	$f_y$	23.50 kN/cm <sup>2</sup>	3.2.1
Dílicí součinitel únosnosti	$\gamma_{M2}$	1.000	6.1
Únosnost při působení osově	$N_{pl,Rd}$	2726.000 kN	Rev. (6.6)
Plocha oslabeného průřezu	$A_{net}$	116.00 cm <sup>2</sup>	
Pevnost v tahu	$f_u$	34.00 kN/cm <sup>2</sup>	
Dílicí součinitel únosnosti	$\gamma_{M2}$	1.250	
Únosnost v tahu	$N_{u,Rd}$	2839.680 kN	Rev. (6.7)
Únosnost při působení osově	$N_{t,Rd}$	2726.000 kN	
Posouzení	$\eta$	0.00	≤ 1 Gi. (6.5)

Obr. 4.5: Tabulka 2.5 Posouzení po místech x

Tato výstupní tabulka obsahuje seznam maximálních hodnot u každého prutu v následujících místech x podle dělení zadaného v RSTABu:

- Počáteční a koncový uzel
- Vnitřní uzly podle zadaného dělení prutu
- Dělicí body podle počtu dílů prutu, který jsme zadali pro zobrazení výsledků na prutu v dialogu *Parametry výpočtu* v záložce *Možnosti* v RSTABu
- Extrémní hodnoty vnitřních sil

## 4.6 Rozhodující vnitřní síly po prutech

V této tabulce se pro každý prut zobrazí rozhodující vnitřní síly, které vedou k maximálnímu využití.

### Místo x

Pro každý prut se zobrazí místo x na prutu, kde bylo zjištěno maximální využití.

### Zatěžovací stav

V tomto sloupci se zobrazí číslo zatěžovacího stavu (popř. skupiny nebo kombinace zatěžovacích stavů), u kterého vnitřní síly na prutu mají nejnepríznivější účinek.

### Síly / Momenty

Pro každý prut se zobrazí rozhodující osově a smykové síly a také kroučící a ohybové momenty.

### Posouzení podle vzorce

V tomto sloupci se zobrazí rovnice, na jejichž základě posouzení proběhlo.

STEEL EC3 - [3D Hala]

Soubor Upravit Nastavení nápověda

PŘ1 - Posuzování oceli

Vstupní data  
 - Základní údaje  
 - Materiály  
 - Průřezy  
 - Boční mezilehlé podpory  
 - Vzpěrné délky  
 Výsledky  
 - Posouzení po zatěžovacích stavech  
 - Posouzení po průřezech  
 - Posouzení po prutech  
 - Posouzení po místech x  
**Rozhodující vnitřní síly po prutech**  
 - Výkaz materiálu po prutech

### 3.1 Rozhodující vnitřní síly po prutech

Prut č.	A Místo x [m]	B Zatěž. stav	Síly [kN]			Momenty [kNm]			I	Posouzení podle vzorce
			N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>T</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>		
1	Průřez č. 1 - IPE 500									
	3.000	ZS1	4.665	0.042	-0.235	0.000	-0.704	-0.126	100	Malé, resp. velmi malé vnitřní síly
	0.000	ZS1	7.397	0.042	-0.235	0.000	0.000	0.000	101	Posouzení průřezu - tlak podle 6.2
	4.000	SZS3	-41.976	0.051	-21.619	0.000	-86.685	-0.214	102	Posouzení průřezu - tlak podle 6.2
	4.000	ZS3	1.080	0.000	0.785	0.000	12.738	0.000	111	Posouzení průřezu - ohyb okolo y
	4.000	ZS1	3.755	0.042	-0.235	0.000	-0.939	-0.167	116	Posouzení průřezu - ohyb okolo z
	0.400	SZS3	-37.550	0.055	-21.684	0.000	-8.679	-0.022	121	Posouzení průřezu - smyk ve směr
	0.000	ZS2	-31.360	0.000	-14.150	0.000	0.000	0.000	126	Posouzení průřezu - smykové bouli
	4.000	ZS3	1.080	0.000	0.785	0.000	12.738	0.000	141	Posouzení průřezu - ohyb a smyk j
	4.000	ZS1	3.755	0.042	-0.235	0.000	-0.939	-0.167	151	Posouzení průřezu - ohyb okolo z
	4.000	ZS2	-31.360	0.000	-14.150	0.000	-56.599	0.000	181	Posouzení průřezu - ohyb, smyk a
	4.000	SZS3	-41.976	0.051	-21.619	0.000	-86.685	-0.214	221	Posouzení průřezu - dvojnásob ohyb,
	0.000	SZS3	-37.059	0.055	-21.683	0.000	0.000	0.000	301	Posouzení stability - vzpěr okolo y
	0.000	SZS3	-37.059	0.055	-21.683	0.000	0.000	0.000	311	Posouzení stability - vzpěr okolo z
0.000	SZS3	-37.059	0.055	-21.683	0.000	0.000	0.000	321	Posouzení stability - vzpěr zkroutce	
4.000	ZS3	1.080	0.000	0.785	0.000	12.738	0.000	331	Posouzení stability - klopení podle	
4.000	SZS3	-41.976	0.051	-21.619	0.000	-86.685	-0.214	364	Posouzení stability - ohyb a tlak po	
2	Průřez č. 1 - IPE 500									
	0.000	ZS1	5.004	0.000	0.235	0.000	0.000	0.000	100	Malé, resp. velmi malé vnitřní síly
	6.000	SZS5	-52.971	0.000	22.951	0.000	138.663	0.000	102	Posouzení průřezu - tlak podle 6.2
	6.000	ZS3	-1.080	0.000	1.615	0.000	9.693	0.000	111	Posouzení průřezu - ohyb okolo y
	0.300	SZS5	-45.964	0.000	23.169	0.000	6.957	0.000	121	Posouzení průřezu - smyk ve směr
	0.000	ZS2	-34.240	0.000	14.150	0.000	0.000	0.000	126	Posouzení průřezu - smykové bouli
	6.000	ZS3	-1.080	0.000	1.615	0.000	9.693	0.000	141	Posouzení průřezu - ohyb a smyk j

Výpočet    Detaily...    Nár. příloha...    Grafika    OK    Storno

Obr. 4.6: Tabulka 3.1 Rozhodující vnitřní síly po prutech

## 4.7 Rozhodující vnitřní síly po sadách prutů

STEEL EC3 - [Demo\_1\_CZ]

Soubor Upravit Nastavení nápověda

PŘ1 - Posuzování oceli

Vstupní data  
 - Základní údaje  
 - Materiály  
 - Průřezy  
 - Boční mezilehlé podpory  
 - Vzpěrné délky  
 - Uzlové podpory  
   - Sada prutů č. 1 - Hlavní nosník  
   - Sada prutů č. 2 - Horní příčel  
 - Klouby na koncích prutu  
   - Sada prutů č. 1 - Hlavní nosník  
   - Sada prutů č. 2 - Horní příčel  
 Výsledky  
 - Posouzení po zatěžovacích stavech  
 - Posouzení po průřezech  
 - Posouzení po sadách prutů  
 - Posouzení po prutech  
 - Posouzení po místech x  
**Rozhodující vnitřní síly po sadách prutů**  
 - Výkaz materiálu po prutech  
 - Výkaz materiálu po sadách prutů

### 3.2 Rozhodující vnitřní síly po sadách prutů

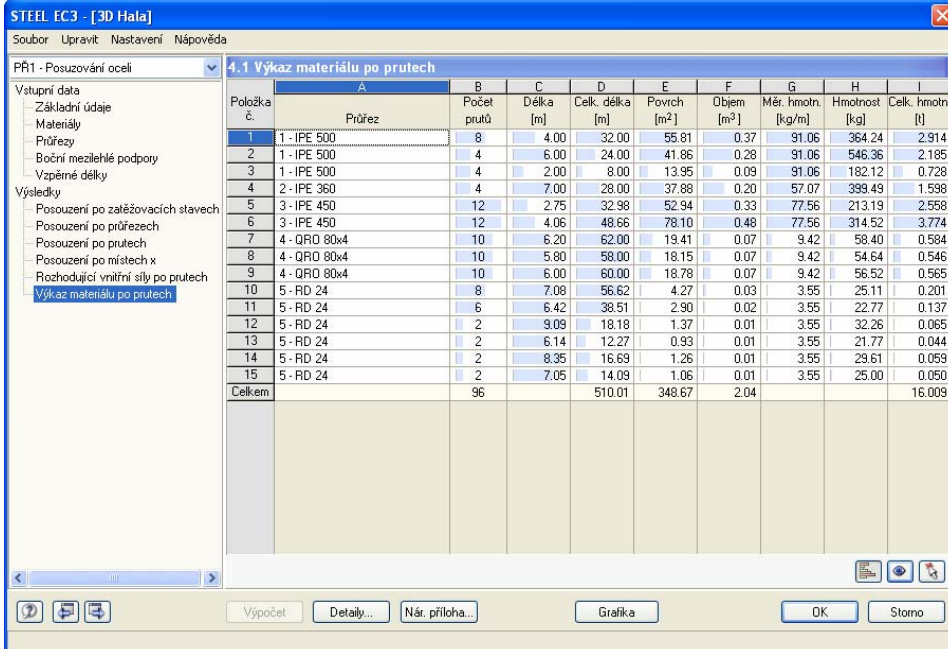
Sada prutů č.	A Místo x [m]	B Zatěž. stav	Síly [kN]			Momenty [kNm]			I	Posouzení podle vzorce
			N	V <sub>y</sub>	V <sub>z</sub>	M <sub>T</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>		
1	Hlavní nosník (prut č. 1-4)									
	3.889	ZS1	0.000	0.000	0.469	0.000	-0.261	0.000	100	Malé, resp. velmi malé vnitřní síly
	2.222	ZS2	0.000	0.000	-0.444	0.000	18.765	0.000	111	Posouzení průřezu - ohyb okolo y pod
	5.000	ZS2	0.000	0.000	-22.667	0.000	-13.333	0.000	121	Posouzení průřezu - smyk ve směru z
	0.000	ZS1	0.000	0.000	0.774	0.000	0.000	0.000	126	Posouzení průřezu - smykové boulení
	2.222	ZS2	0.000	0.000	-0.444	0.000	18.765	0.000	141	Posouzení průřezu - ohyb a smyk podl
	2.222	ZS2	0.000	0.000	-0.444	0.000	18.765	0.000	331	Posouzení stability - klopení podle 6.3
2	Horní příčel (prut č. 1,2)									
	3.333	ZS1	0.000	0.000	-0.633	0.000	0.235	0.000	100	Malé, resp. velmi malé vnitřní síly
	2.222	ZS2	0.000	0.000	-0.444	0.000	18.765	0.000	111	Posouzení průřezu - ohyb okolo y pod
	5.000	ZS2	0.000	0.000	-22.667	0.000	-13.333	0.000	121	Posouzení průřezu - smyk ve směru z
	0.000	ZS1	0.000	0.000	0.774	0.000	0.000	0.000	126	Posouzení průřezu - smykové boulení
2.222	ZS2	0.000	0.000	-0.444	0.000	18.765	0.000	141	Posouzení průřezu - ohyb a smyk podl	
2.222	ZS2	0.000	0.000	-0.444	0.000	18.765	0.000	331	Posouzení stability - klopení podle 6.3	
2.222	ZS2	0.000	0.000	-0.444	0.000	18.765	0.000	371	Posouzení stability - ohyb a tlak podle	

Výpočet    Detaily...    Nár. příloha...    Grafika    OK    Storno

Obr. 4.7: Tabulka 3.2 Rozhodující vnitřní síly po sadách prutů

V této tabulce se pro každou sadu prutů zobrazí rozhodující vnitřní síly, které vedou k maximálnímu využití.

## 4.8 Výkaz materiálu po prutech



Položka č.	Průřez	Počet prutů	Délka [m]	Celk. délka [m]	Povrch [m²]	Objem [m³]	Měr. hmotn. [kg/m]	Hmotnost [kg]	Celk. hmotn. [t]
1	1 - IPE 500	8	4.00	32.00	55.81	0.37	91.06	364.24	2.914
2	1 - IPE 500	4	6.00	24.00	41.86	0.28	91.06	546.36	2.185
3	1 - IPE 500	4	2.00	8.00	13.95	0.09	91.06	182.12	0.728
4	2 - IPE 360	4	7.00	28.00	37.88	0.20	57.07	399.49	1.598
5	3 - IPE 450	12	2.75	32.98	52.94	0.33	77.56	213.19	2.558
6	3 - IPE 450	12	4.06	48.66	78.10	0.48	77.56	314.52	3.774
7	4 - QRO 80x4	10	6.20	62.00	19.41	0.07	9.42	58.40	0.584
8	4 - QRO 80x4	10	5.80	58.00	18.15	0.07	9.42	54.64	0.546
9	4 - QRO 80x4	10	6.00	60.00	18.78	0.07	9.42	56.52	0.565
10	5 - RD 24	8	7.08	56.62	4.27	0.03	3.55	25.11	0.201
11	5 - RD 24	6	6.42	38.51	2.90	0.02	3.55	22.77	0.137
12	5 - RD 24	2	9.09	18.18	1.37	0.01	3.55	32.26	0.065
13	5 - RD 24	2	6.14	12.27	0.93	0.01	3.55	21.77	0.044
14	5 - RD 24	2	8.35	16.69	1.26	0.01	3.55	29.61	0.059
15	5 - RD 24	2	7.05	14.09	1.06	0.01	3.55	25.00	0.050
Celkem		96		510.01	348.67	2.04			16.009

Obr. 4.8: Tabulka 4.1 Výkaz materiálu po prutech

Details...

Nakonec se zobrazí seznam všech profilů uvažovaných v daném návrhovém případě. Při standardním nastavení bude seznam obsahovat jen posuzované pruty. Pokud chceme, aby výkaz zahrnoval všechny pruty v konstrukci, lze upravit nastavení v dialogu *Detaily* (viz obr. 3.1, strana 27), který otevřeme pomocí stejnojmenného tlačítka.

### Položka č.

Stejným prutům se automaticky přiřadí stejné číslo položky.

### Průřez

V tomto sloupci se zobrazí označení průřezů.

### Počet prutů

U každé položky se uvede počet stejných použitých prutů.

### Délka

V tomto sloupci se zobrazí délka jednotlivých prutů.

### Celková délka

Údaj v tomto sloupci je součinem hodnot uvedených v obou předešlých sloupcích.

### Povrch

V tomto sloupci je uvedena plocha ve vztahu k celkové délce příslušné položky. Tato plocha se spočítá na základě *plochy pláště* daných průřezů, kterou lze zkontrolovat po kliknutí na tlačítko [Informace o průřezu...] v tabulkách 1.3 nebo také 2.1 až 2.5.

### Objem

Objem položky se spočítá na základě plochy průřezu a celkové délky.



## Měrná hmotnost

Měrná hmotnost průřezu představuje hmotnost na 1 m délky. V případě průřezů s náběhy se měrná hmotnost spočítá jako průměr hodnot obou průřezů.

## Hmotnost

Údaj v tomto sloupci se vypočítá jako součin hodnot ve sloupci C a G.

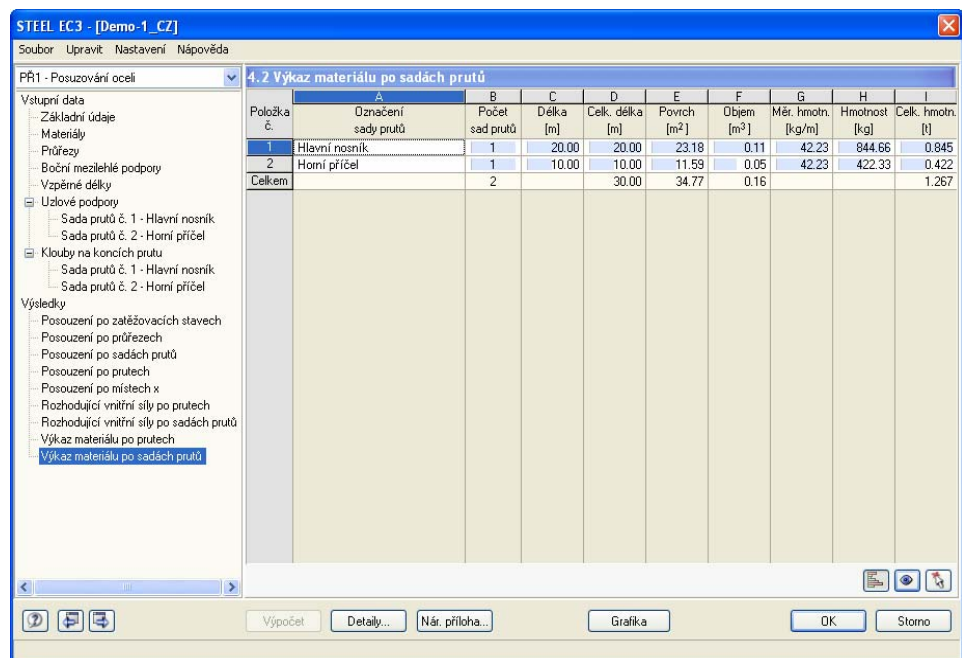
## Celková hmotnost

V posledním sloupci v tabulce se zobrazí celková hmotnost dané položky.

## Celkem

V řádku pod seznamem je uveden součet hodnot v jednotlivých sloupcích. V poli *Celková hmotnost* vidíme celkové požadované množství oceli.

## 4.9 Výkaz materiálu po sadách prutů



Položka č.	A Označení sady prutů	B Počet sad prutů	C Délka [m]	D Celk. délka [m]	E Povrch [m²]	F Objem [m³]	G Měr. hmotn. [kg/m]	H Hmotnost [kg]	I Celk. hmotn. [t]
1	Hlavní nosník	1	20.00	20.00	23.18	0.11	42.23	844.66	0.845
2	Horní příčel	1	10.00	10.00	11.59	0.05	42.23	422.33	0.422
	<b>Celkem</b>	<b>2</b>		<b>30.00</b>	<b>34.77</b>	<b>0.16</b>			<b>1.267</b>

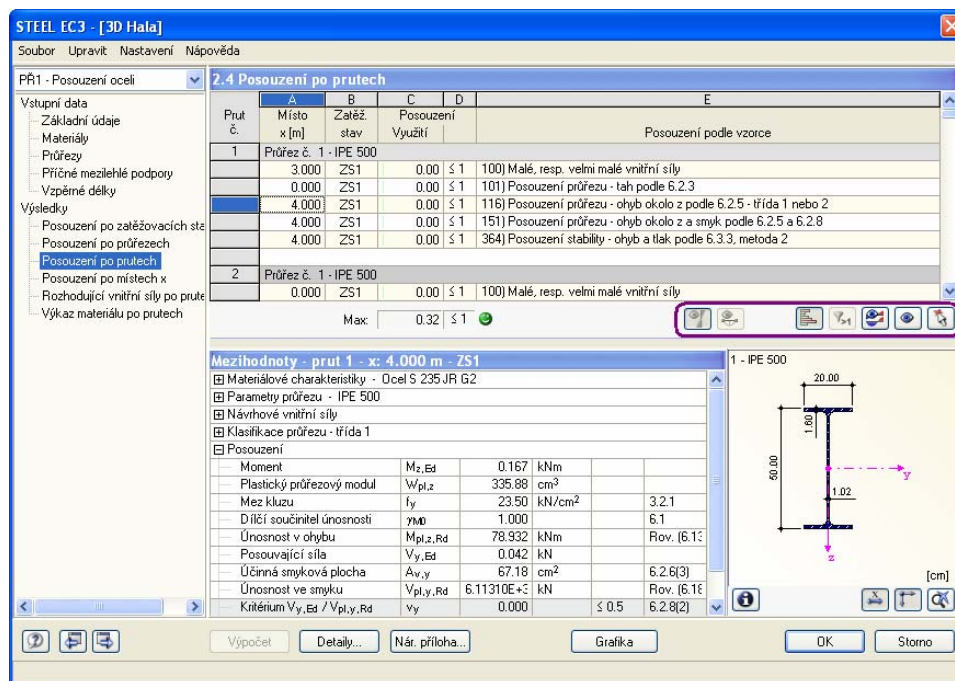
Obr. 4.9: Tabulka 4.2 Výkaz materiálu po sadách prutů

Tato poslední tabulka v modulu STEEL EC3 je k dispozici pouze v případě, že k posouzení byla vybrána alespoň jedna sada prutů. Výhodou výsledků pro jednotlivé sady prutů je zobrazení souhrnného výkazu materiálu pro celou skupinu dílců (např. pro příčel).

Jednotlivé sloupce tabulky jsou popsány v předchozí kapitole 4.8. U rozdílných průřezů v sadě prutů se spočítá plocha, objem a měrná hmotnost.








## 5. Vyhodnocení výsledků

Jakmile je posouzení provedeno, může uživatel výsledky různým způsobem vyhodnotit. Velmi užitečná jsou přitom tlačítka vpravo pod tabulkou s výsledky posouzení.



Obr. 5.1: Tlačítka pro vyhodnocení výsledků

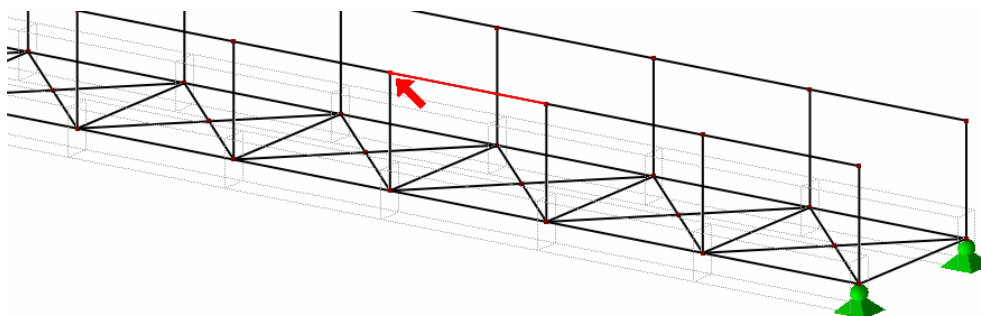
Tlačítka mají následující funkce:

Tlačítko	Název	Funkce
	Posouzení mezního stavu únosnosti	Slouží k zapnutí, popř. vypnutí výsledků posouzení mezního stavu únosnosti.
	Posouzení mezního stavu použitelnosti	Slouží k zapnutí, popř. vypnutí výsledků posouzení mezního stavu použitelnosti.
	Zobrazit barvy v tabulce	Slouží k zapnutí, popř. vypnutí barevného pozadí v tabulkách výsledků podle referenční stupnice.
	Zobrazit řádky s poměrem > 1	Pomocí tohoto tlačítka se zobrazí pouze řádky s využitím větším než 1, kdy posouzení nevyhovuje.
	Zobrazit grafy výsledků aktuálního prutu	Slouží k otevření diagramu <i>Průběhy výsledků na prutu</i> → kapitola 5.2, strana 32.
	Skok do grafiky pro změnu zobrazení	Umožňuje skok do pracovního okna RSTABu, kde lze změnit nastavení zobrazení.
	Vybrat prut v obrázku a přejít na tento prut do tabulky	V okně v RSTABu lze kliknout na určitý prut, jehož výsledné hodnoty se pak zobrazí v tabulce.

Tab. 5.1: Tlačítka v tabulkách výsledků 2.1 až 2.5

## 5.1 Výsledky na modelu v RSTABu

Pro vyhodnocení výsledků posouzení lze využít i pracovní okno RSTABu. Grafické zobrazení z RSTABu na pozadí je užitečné, pokud chceme zkontrolovat polohu určitého prutu v modelu: prut vybraný v tabulce výsledků v modulu STEEL EC3 se v grafice RSTABu na pozadí zvýrazní zvolenou barvou. Kromě toho se šipkou označí místo  $x$  na prutu, které je uvedeno jako rozhodující v aktuálně vybraném řádku v tabulce.



**STEEL EC3 - [Most]**

Soubor Upravit Nastavení Nápořevda

PŘ1 - Posuzování oceli

2.4 Posouzení po prutech

Prut č.	Místo x [m]	Zatěž. stav	Využití	Posouzení
	0.000	ZS1	0.70 ≤ 1	226) Posouzení průřezu - dvojnásob. ohyb, smyk, kroucení a osová síla podle 6.2.10 a 6.2
	0.000	ZS1	0.95 ≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2
112	Průřez č. 1 - HE-B 500			
	0.000	ZS1	0.23 ≤ 1	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
	0.000	ZS1	0.00 ≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
	0.000	ZS1	0.02 ≤ 1	131) Posouzení průřezu - kroucení podle 6.2.7
	2.000	ZS1	0.28 ≤ 1	132) Posouzení průřezu - kroucení a smyk podle 6.2.7(9)
	0.000	ZS1	0.45 ≤ 1	226) Posouzení průřezu - dvojnásob. ohyb, smyk, kroucení a osová síla podle 6.2.10 a 6.2

Max: 0.95 ≤ 1

**Mezihodnoty - prut 111 - x: 0.000 m - ZS1**

- Materiálové charakteristiky - Ocel S 235
- Parametry průřezu - HE-B 500
- Návrhové vnitřní síly
- Klasifikace průřezu - třída 1
- Posouzení
 

Kritická síla pro vybočení zkr.	N <sub>cr,T</sub>	81258.60	kN	
Poměrná štíhlost	$\lambda_T$	0.266		> 0.2 6.3.1.2(4)
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP <sub>2</sub>	b		Tab. 6.2
Součinitel imperfekce	$\alpha_2$	0.340		Tab. 6.1
Pomocný součinitel	$\Phi_T$	0.546		6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_T$	0.977		Rev. [6.4]
Modul pružnosti	E	21000.00	kN/cm <sup>2</sup>	
Moment setrvačnosti	I <sub>y</sub>	107200.00	cm <sup>4</sup>	
Vzpěrná délka prutu	L <sub>cr,y</sub>	2.000	m	

1 - HE-B 500

Výpočet    Detaily...    Nár. příloha...    Grafika    OK    Storno

Obr. 5.2: Vyznačení prutu a aktuálního místa  $x$  v modelu v RSTABu



Pokud ani posunem okna STEELu EC 3 nezískáme požadovaný náhled, lze pomocí tlačítka [Skok do grafiky pro změnu zobrazení] přepnout do takzvaného režimu *prohlížení*: okno STEELu se vypne a na ploše RSTABu lze nyní změnit zobrazení. V tomto režimu máme k dispozici funkce z nabídky *Zobrazit*, např. zoom, posun nebo natočení náhledu.

Grafika

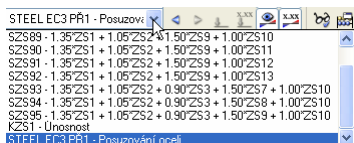
Stupně využití lze také zobrazit přímo v modelu konstrukce. Pomocí tlačítka [Grafika] modul STEEL EC3 zavřeme. V pracovním okně RSTABu se pak využití zobrazí graficky.



Stejně jako v případě vnitřních sil v RSTABu lze pomocí tlačítka [Zapnout/vypnout výsledky] aktivovat nebo deaktivovat zobrazení výsledků posouzení, pomocí tlačítka po pravé straně [Zobrazit výsledky s hodnotami] lze nastavit zobrazení výsledných číselných hodnot v obrázku.

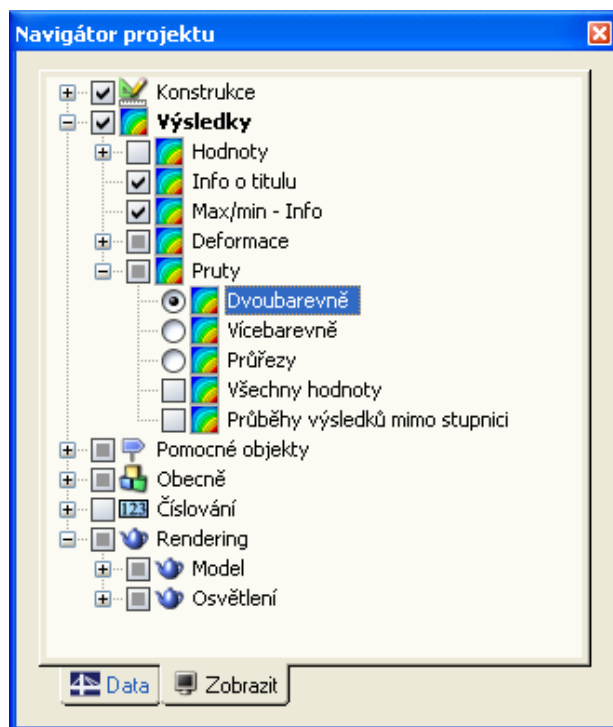


Vzhledem k tomu, že tabulky RSTABu nemají pro vyhodnocení výsledků v modulu STEEL EC3 žádný význam, lze je případně deaktivovat pomocí vlevo znázorněného tlačítka.



Konkrétní návrhový případ lze jako obvykle vybrat ze seznamu případů v panelu nástrojů RSTABu.

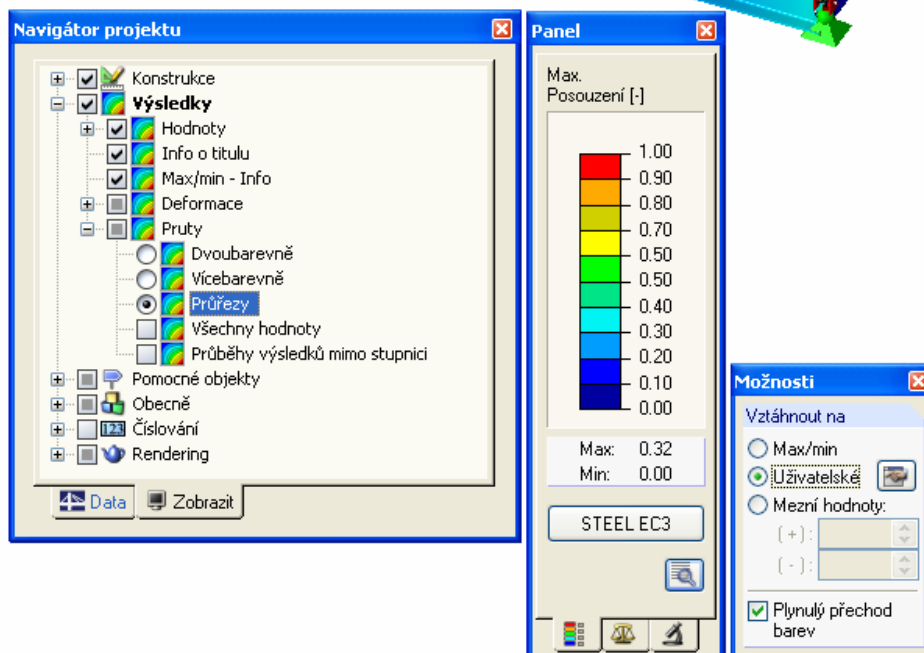
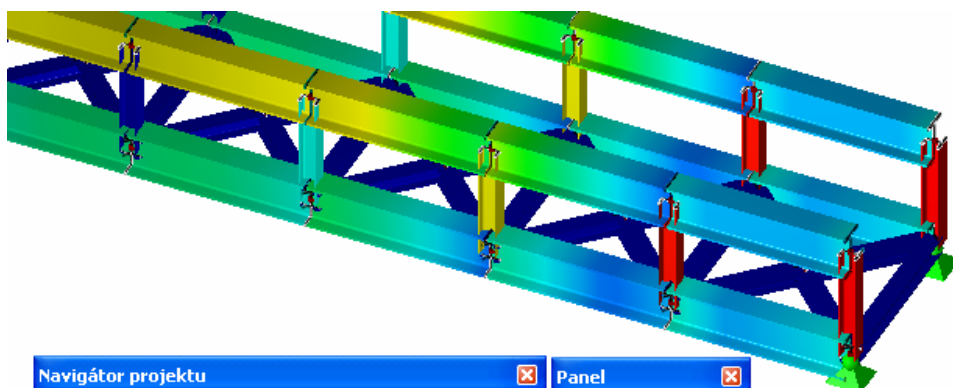
Zobrazení výsledků lze nastavit také z navigátoru *Zobrazit* v položce *Výsledky* → *Pruty*. Standardně se využití zobrazí *dvoubarevně*.



Obr. 5.3: Navigátor *Zobrazit*: *Výsledky* → *Pruty* → *Dvoubarevně*



Pokud zvolíme vícebarevné zobrazení výsledků, budeme mít k dispozici panel s různými možnostmi nastavení barevného zobrazení. Funkce panelu jsou podrobně popsány v manuálu k programu RSTAB v kapitole 4.4.6 na straně 77.



Obr. 5.4: Stupně využití při označení možnosti *Průřezy* v navigátoru *Zobrazit*

Stejně jako v případě vnitřních sil prutu lze v záložce *Faktory zobrazení* nastavit faktor převýšení pro grafické zobrazení výsledků posouzení. Pokud v poli *Průběhy - pruty* uvedeme faktor 0, znázorní se využití automaticky zesílenou tloušťkou linií.

Tato grafická zobrazení lze začlenit do výstupního protokolu (viz kapitola 6.2.1, strana 46).

STEEL EC3

Do modulu STEEL EC3 se můžeme kdykoli vrátit kliknutím na tlačítko [STEEL EC3] v panelu.

## 5.2 Průběhy výsledků



Pokud si uživatel chce prohlédnout průběh výsledků na určitém prutu, má k dispozici graf výsledků. Vybereme daný prut nebo sadu prutů ve výsledné tabulce modulu STEEL EC3 a následně pomocí vlevo znázorněného tlačítka graf výsledků aktivujeme. Tlačítko se nachází pod tabulkou výsledků.

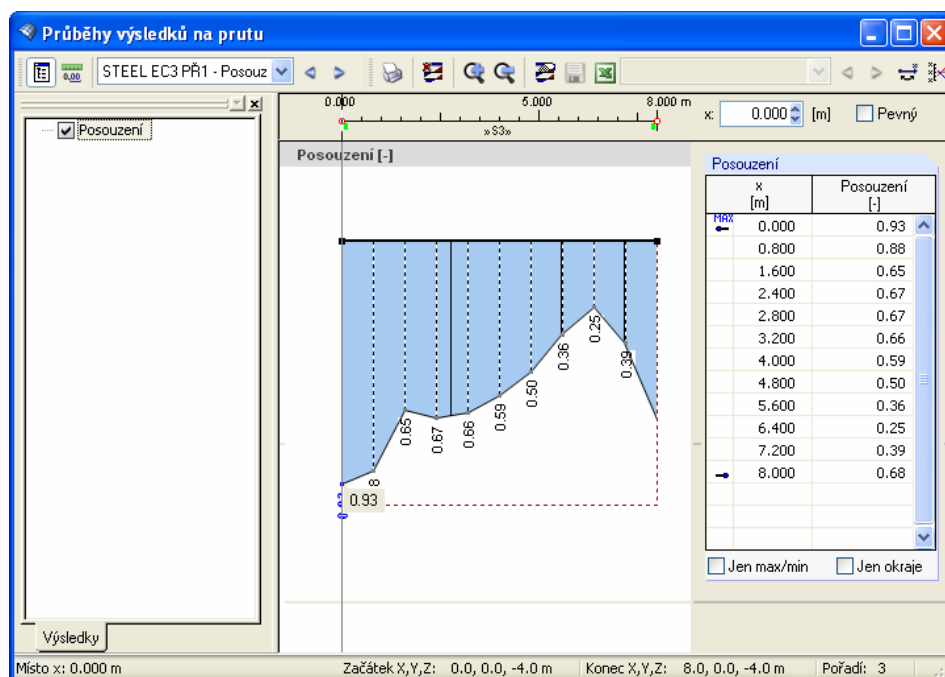
V okně RSTABu lze průběhy výsledků zobrazit příkazem z hlavní nabídky

**Výsledky → Průběhy výsledků na vybraných prutech...**



nebo pomocí příslušného tlačítka v panelu nástrojů.

Otevře se okno, v němž jsou znázorněny průběhy výsledků na vybraném prutu nebo sadě prutů.

Obr. 5.5: Dialog *Průběhy výsledků na prutu*

V seznamu v panelu nástrojů můžeme vybrat konkrétní návrhový případ.

Podrobný popis dialogu *Průběhy výsledků na prutu* najdeme v manuálu k programu RSTAB v kapitole 9.9.4 na straně 210.

## 5.3 Filtrování výsledků

Kromě tabulek v modulu STEEL EC3, které již svou strukturou umožňují výběr výsledků podle určitých kritérií, lze ke grafickému vyhodnocení výsledků tohoto modulu použít filtrovací funkce, které jsou popsány v manuálu k programu RSTAB.

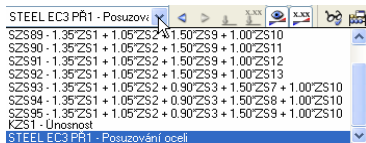
Zprv je využít již nedefinované výřezy (srov. manuál k RSTABu, kapitola 9.9.6, strana 213), které vhodně seskupují určité objekty.

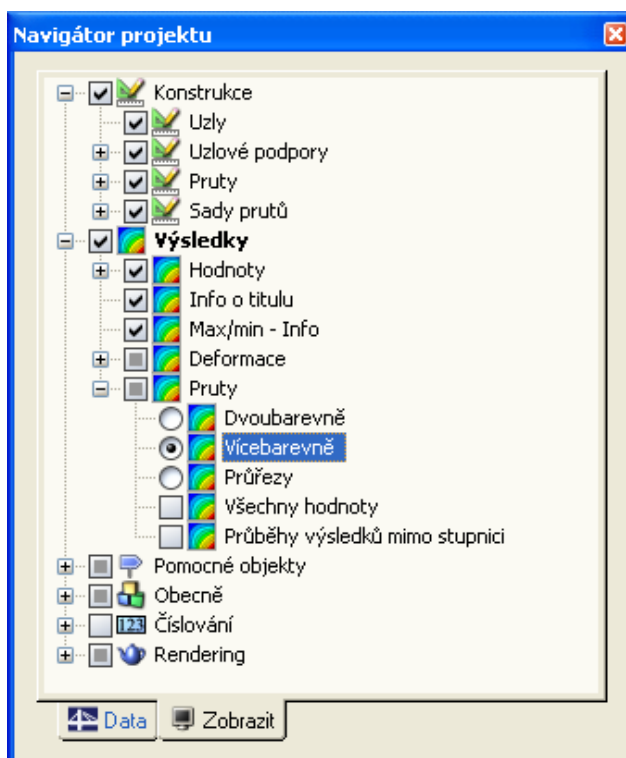
Zadruhé lze jako kritérium pro filtrování výsledků na pracovní ploše RSTABu stanovit využití napětí. K tomu je třeba zobrazit takzvaný řídicí panel. Pokud není aktivován, můžeme ho zapnout příkazem z hlavní nabídky

**Zobrazit → Řídicí panel**

nebo kliknutím na příslušné tlačítko v panelu nástrojů *Výsledky*.

Tento panel je popsán v kapitole 4.4.6 manuálu k programu RSTAB na straně 77. Kritéria pro filtrování výsledků se nastavují v záložce *Stupnice barev*. Vzhledem k tomu, že tato záložka není k dispozici v případě dvoubarevného zobrazení, je třeba v navigátoru *Zobrazit* přepnout na volbu *Vícebarevně* nebo na volbu *Průřezy*.

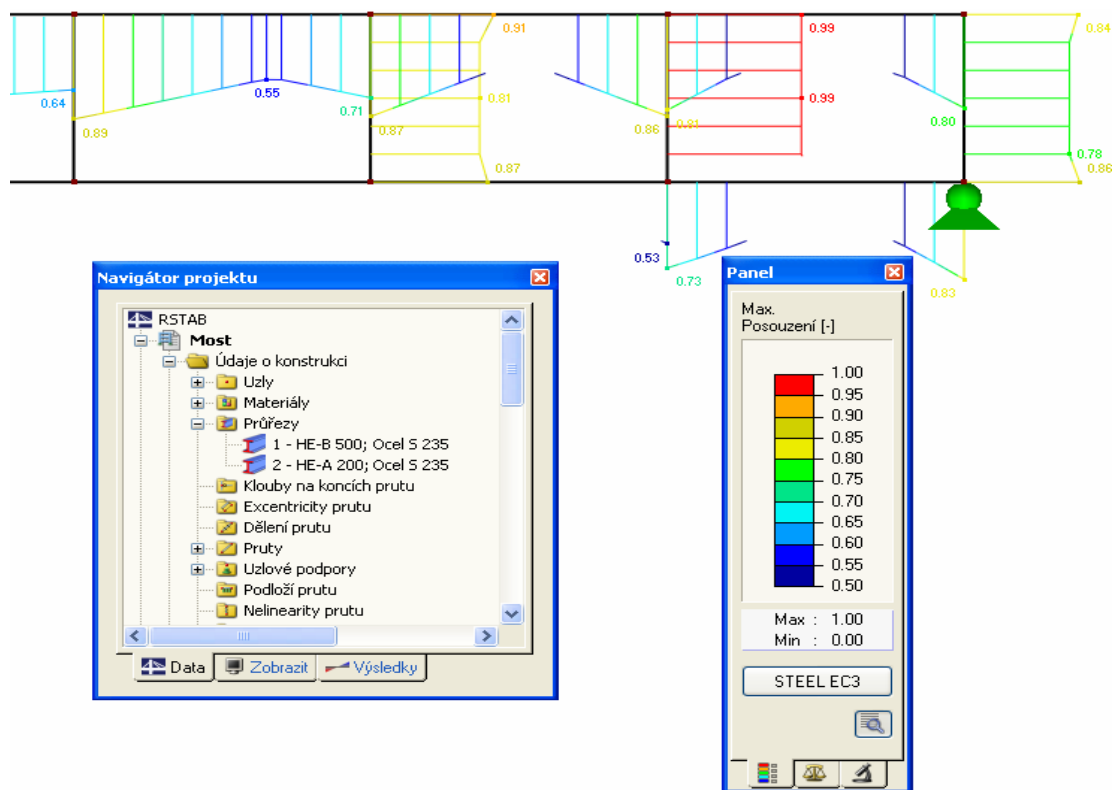




Obr. 5.6: Navigátor Zobrazit: Výsledky → Pruty → Vícebarevně

V případě vícebarevného zobrazení výsledků tak například v panelu můžeme nastavit, aby se zobrazily pouze stupně využití větší než 0,5. Stupnici barev přitom můžeme upravit tak, že jedna barevná oblast bude pokrývat vždy stupeň využití 0,05 (viz obr. 5.7).

Pomocí volby *Průběhy výsledků mimo stupnici* (v navigátoru *Zobrazit* v položce *Výsledky* → *Pruty*) lze znázornit i průběhy napětí, které danou podmínku nesplňují. Tyto průběhy se pak zobrazí přerušovanou čarou.



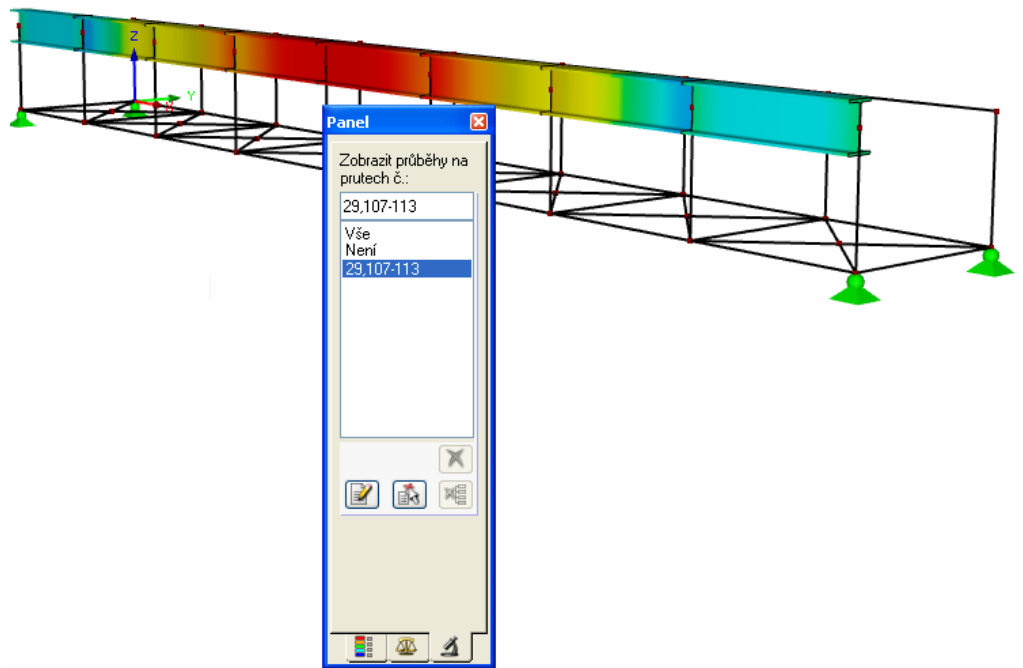
Obr. 5.7: Filtrování stupňů využití s upravenou stupnicí barev

### Filtrování prutů



V záložce *Filtry* řídicího panelu lze zadat čísla prutů, jejichž průběhy výsledků si přejeme zobrazit v grafickém okně. Tato funkce je popsána v manuálu k programu RSTAB v kapitole 9.9.6 na straně 218.

Na rozdíl od funkce výřezu se přitom zobrazí kompletní konstrukce. Na následujícím obrázku jsou znázorněna využití v tlačeném pásu lávky pro pěší. Ostatní pruty dané konstrukce se v modelu také zobrazí, ovšem bez stupňů využití.



Obr. 5.8: Filtrování prutů: využití v tlačném pásu lávky pro pěší

## 6. Výstup

### 6.1 Výstupní protokol

Také pro výsledky posouzení v modulu STEEL EC3 můžeme vytvořit nejdříve výstupní protokol, do něhož lze vkládat grafická zobrazení nebo vlastní vysvětlivky. Ve výstupním protokolu můžeme rovněž vybrat, které výsledné tabulky ze STEELu EC3 se mají vytisknout.

Výstupní protokol je podrobně popsán v manuálu k programu RSTAB. Důležitá je především kapitola 10.1.3.4 *Výběr dat přidavných modulů* na straně 230, která pojednává o výběru vstupních a výstupních dat v přidavných modulech.

Pro každou úlohu lze vytvořit několik výstupních protokolů. Zvláště v případě rozsáhlých konstrukcí doporučujeme místo jednoho objemného protokolu vytvořit několik menších protokolů. Pokud vytvoříme samostatný protokol jen pro data návrhového případu z modulu STEEL EC3, bude výstupní protokol relativně rychle zpracován.

### 6.2 Tisk zobrazení z modulu STEEL EC3

Využití znázorněná na modelu v RSTABu může uživatel upravit pro tisk. Grafická zobrazení lze začlenit do výstupního protokolu nebo poslat přímo na tiskárnu. V kapitole 10.2 v manuálu k programu RSTAB je tisk grafických zobrazení podrobně popsán.

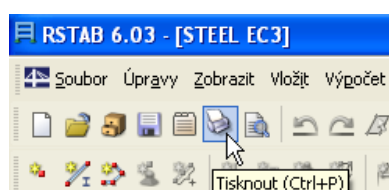
#### 6.2.1 Výsledky na modelu v RSTABu

Každý obrázek, který se zobrazí v grafickém okně v hlavním programu RSTAB, lze začlenit do výstupního protokolu. Do protokolu lze převzít i průběhy výsledků na prutech kliknutím na tlačítko [Tisk] v daném okně.

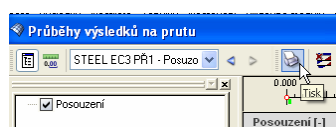
Aktuální grafické zobrazení z modulu STEEL EC3 v pracovním okně RSTABu lze vytisknout příkazem z hlavní nabídky

**Soubor** → **Tisk...**

nebo kliknutím na příslušné tlačítko v panelu nástrojů.

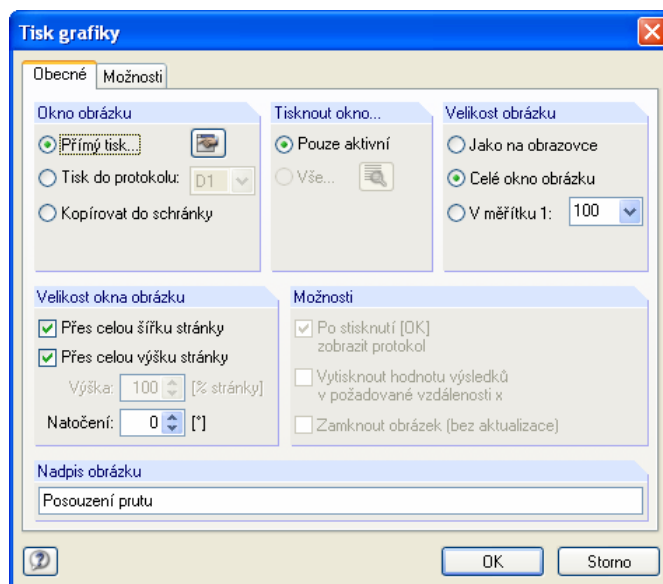


Obr. 6.1: Tlačítko *Tisknout* v panelu nástrojů v hlavním okně



Obr. 6.2: Tlačítko *Tisknout* v panelu nástrojů v okně s průběhy výsledků

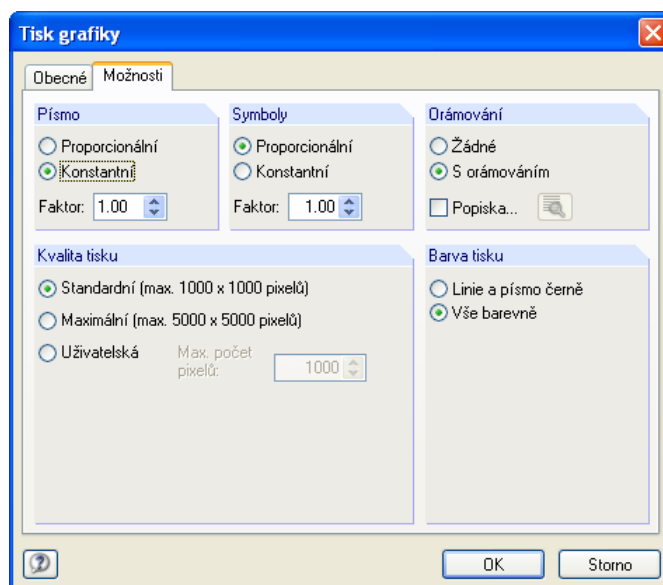
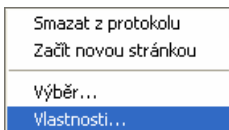
Otevře se následující dialog:



Obr. 6.3: Dialog *Tisk grafiky*, záložka *Obecné*

Tento dialog je podrobně popsán v kapitole 10.2 na straně 247 v manuálu k programu RSTAB. Vysvětleny tu jsou i ostatní dvě záložky *Možnosti* a *Stupnice barev*.

Grafické zobrazení z modulu STEEL EC3 lze ve výstupním protokolu přesunout na jiné místo pomocí funkce Drag&Drop. Vložené obrázky lze také dodatečně upravovat: pravým tlačítkem myši klikneme na příslušnou položku v navigátoru protokolu a v její místní nabídce vybereme *Vlastnosti*. Znovu se zobrazí dialog *Tisk grafiky*, v němž lze nastavit případné změny.



Obr. 6.4: Dialog *Tisk grafiky*, záložka *Možnosti*

## 7. Obecné funkce

V této kapitole jsou popsány běžně používané funkce z hlavní nabídky a také možnosti exportu výsledků posouzení.

### 7.1 Návrhové případy ve STEELu EC3

Uživatel má možnost seskupovat pruty do samostatných návrhových případů. Lze tak například samostatně posoudit určité stavební celky nebo prvky se specifickým zadáním (mezni napětí, dílčí součinitele spolehlivosti, optimalizace apod.).

Posuzovat prut nebo sadu prutů v různých návrhových případech přitom nepředstavuje žádný problém.

Návrhové případy založené v modulu STEEL EC3 jsou obsaženy v seznamu zatěžovacích stavů a skupin zatěžovacích stavů v panelu nástrojů v pracovním okně RSTABu.

#### Vytvoření nového případu ve STEELu EC3

Nový návrhový případ lze vytvořit příkazem z hlavní nabídky v modulu STEEL EC3

**Soubor** → **Nový případ....**

Otevře se následující dialog:



Obr. 7.1: Dialog *Nový případ STEEL EC3*

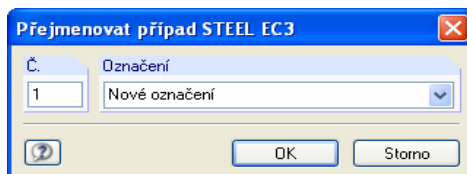
V tomto dialogu je třeba vyplnit (dosud nezadané) *číslo* a *označení* nového návrhového případu. Po ukončení dialogu kliknutím na tlačítko [OK] se zobrazí tabulka modulu STEEL EC3 1.1 *Základní údaje*, kde definujeme nové údaje pro posouzení.

#### Přejmenování případu v STEELu EC3

Označení návrhového případu lze změnit příkazem z hlavní nabídky modulu STEEL EC3

**Soubor** → **Přejmenovat případ....**

Otevře se dialog *Přejmenovat případ STEEL EC3*.

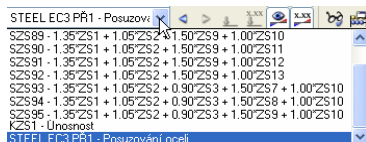


Obr. 7.2: Dialog *Přejmenovat případ STEEL EC3*

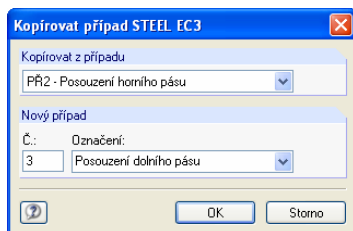
#### Kopírování případu ve STEELu EC3

Vstupní údaje aktuálního návrhového případu lze zkopírovat příkazem z hlavní nabídky v modulu STEEL EC3

**Soubor** → **Kopírovat případ....**



Otevře se dialog *Kopírovat případ STEEL EC3*, v kterém je třeba uvést číslo a označení nového případu, do něhož se vybraný případ zkopíruje.



Obr. 7.3: Dialog *Kopírovat případ STEEL EC3*

## Smazání případu ve STEELu EC3

Uživatel má možnost návrhové případy smazat příkazem z hlavní nabídky v modulu STEEL EC3

**Soubor** → **Smazat případy....**

V dialogu *Smazat případy* pak ze seznamu *Existující případy* vybereme určitý případ, který se po kliknutí na tlačítko [OK] smaže.



Obr. 7.4: Dialog *Smazat případy*

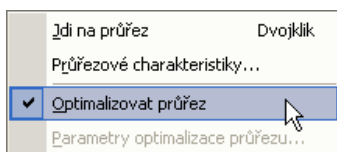
## 7.2 Optimalizace průřezu

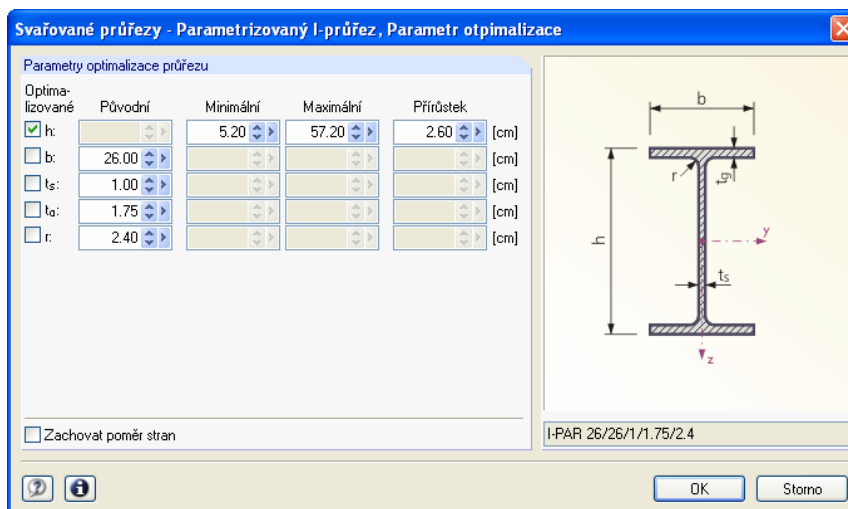
Modul STEEL EC3 nabízí možnost optimalizovat průřezy. Průřez, který chceme optimalizovat, označíme ve sloupci D resp. E v tabulce 1.3 *Průřezy* zaškrtnutím políčka (srov. obr. 2.7, strana 15).

Optimalizovat průřez lze také příkazem z místní nabídky v tabulkách výsledků.

V průběhu optimalizace STEEL EC3 prověří, který průřez ze zadané řady průřezů „optimálně“ vyhovuje posouzení, tzn. nejvíce se blíží maximálnímu využití napětí 1,00. Na základě vnitřních sil z RSTABu se spočítají nutné průřezové charakteristiky a použije se průřez v dané řadě průřezů, který splňuje posouzení s nejvyšším možným stupněm využití. V tabulce 1.3 vpravo se pak zobrazí dva průřezy – původní průřez z RSTABu a optimalizovaný průřez (viz obr. 2.7 na straně 15).

V případě parametrizovaných průřezů z databáze průřezů se po zaškrtnutí políčka pro optimalizaci průřezu zobrazí dialog, v kterém lze zadat podrobné údaje.





Obr. 7.5: Dialog Svařované průřezy – Symetrický I-průřez, Parametr optimalizace

Ve sloupci *Optimalizované* nejdříve označíme, které parametry chceme upravit. Zpřístupní se tak sloupce *Minimální* a *Maximální*, v nichž se uvádí horní a spodní hranice optimalizovaného parametru. Ve sloupci *Přírůstek* je uvedeno, v jakém intervalu se budou měnit rozměry parametru během optimalizačního procesu.

Pokud chceme *zachovat poměr stran*, musíme označit příslušné políčko ve spodní části dialogu. Dodatečně je třeba zaškrtnout všechny parametry pro optimalizaci.

V případě průřezů složených z válcovaných profilů není možné optimalizaci provést.

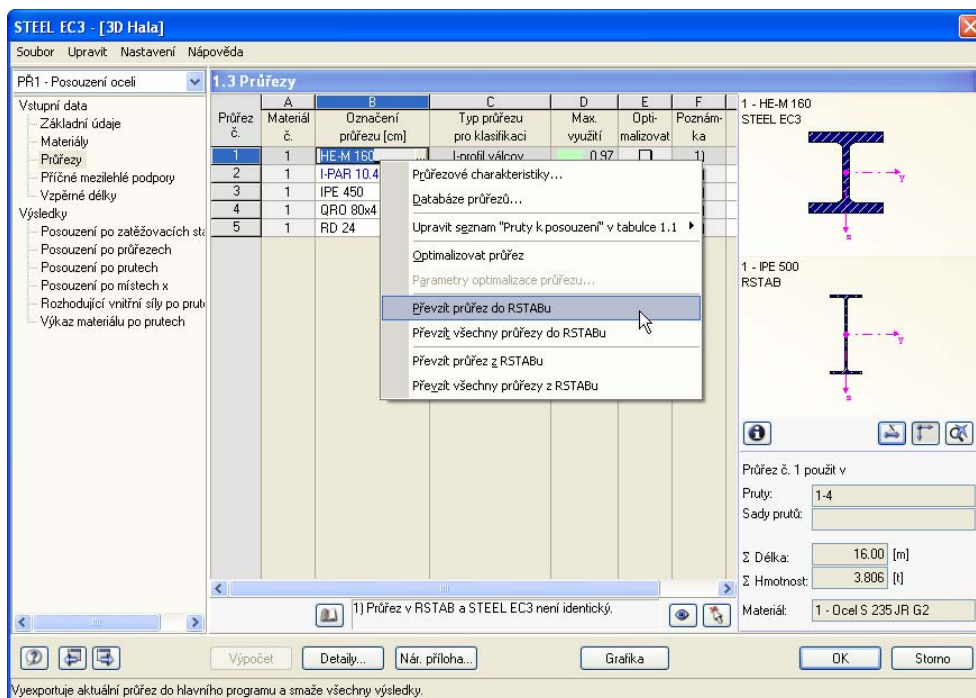


Při optimalizaci je třeba mít na paměti, že vnitřní síly se po úpravě průřezů automaticky znovu nespočítají. Záleží na rozhodnutí uživatele, kdy a jaké profily bude chtít převzít do RSTABu a provést nový výpočet. V důsledku změny tuhosti v konstrukci se mohou vnitřní síly spočítané na základě optimalizovaných průřezů značně lišit. Doporučujeme proto po první optimalizaci vnitřní síly přepočítat a následně průřezy ještě jednou optimalizovat.

Upravené průřezy není třeba převádět do programu RSTAB ručně. Otevřeme tabulku 1.3 *Průřezy* a v hlavní nabídce vybereme příkaz

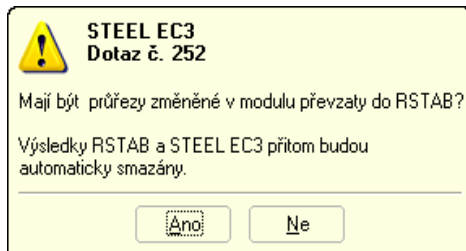
**Upravit → Převzít všechny průřezy do RSTABu.**

Možnost exportovat upravené průřezy do RSTABu nabízí i místní nabídka v tabulce 1.3.



Obr. 7.6: Místní nabídka v tabulce 1.3 Průřezy

Před převzetím průřezů do RSTABu program zobrazí kontrolní dotaz, protože při tomto kroku se smažou výsledky. Pokud pak ve STEELu EC3 spustíme [Výpočet], spočítají se vnitřní síly pro RSTAB a napětí pro STEEL EC3 v jednom výpočetním cyklu.



Obr. 7.7: Kontrolní dotaz před převzetím upravených průřezů do RSTABu

Podobně lze pomocí příslušných funkcí v hlavní nabídce znovu načíst původní průřezy z RSTABu do modulu STEEL EC3. Je třeba upozornit na to, že tato možnost je k dispozici pouze v tabulce 1.3 Průřezy.



Pokud chceme optimalizovat prut s náběhy, optimalizují se místa na počátku a konci prutu. Následně se provede lineární interpolace momentů setrvačnosti v bodech mezi počátkem a koncem prutu. Vzhledem k jejich čtvrté mocnině bude analýza napětí v případě velkých rozdílů ve výšce počátečního a koncového průřezu nepřesná. V takovém případě doporučujeme rozdělit náběhy do několika prutů, jejichž počáteční a koncové průřezy nevykazují tak velké rozdíly.

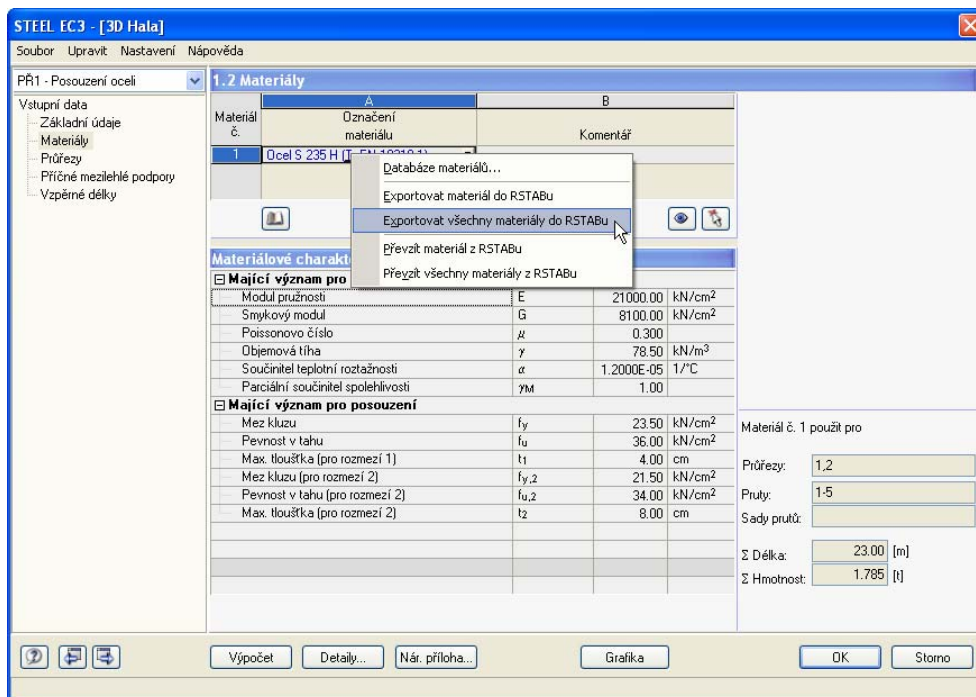
## 7.3 Import / export materiálů

Pokud v modulu STEEL EC3 změníme materiály v tabulce 1.2, pak je lze stejně jako v případě průřezů exportovat do RSTABu nebo lze naopak do modulu znovu načíst z RSTABu původně použité materiály. Materiály upravené v modulu se vyznačí modře.

Upravené materiály není třeba převádět do programu RSTAB ručně. Otevřeme tabulku 1.2 *Materiály* a v hlavní nabídce vybereme příkaz

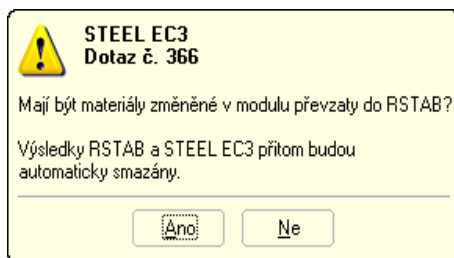
**Upravit → Exportovat všechny materiály do RSTABu.**

Možnost exportovat upravené materiály do RSTABu nabízí i místní nabídka v tabulce 1.2.



Obr. 7.8: Místní nabídka v tabulce 1.2 *Materiály*

Před převzetím materiálů do RSTABu program zobrazí kontrolní dotaz, protože při tomto kroku se smažou výsledky. Pokud pak ve STEELU EC3 spustíme [Výpočet], spočítají se vnitřní síly pro RSTAB a napětí pro STEEL EC3 v jednom výpočetním cyklu.



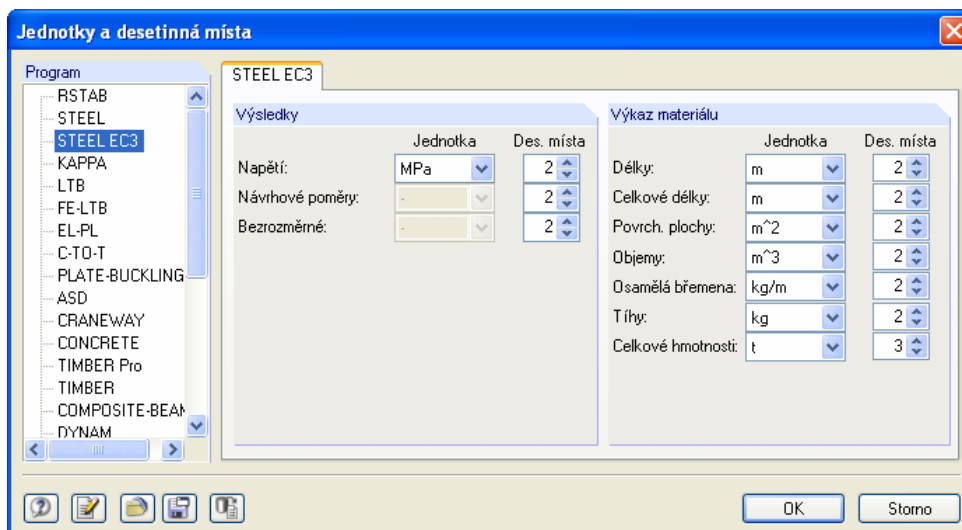
Obr. 7.9: Kontrolní dotaz před převzetím upravených materiálů do RSTABu

## 7.4 Jednotky a desetinná místa

Jednotky a desetinná místa se pro RSTAB i všechny jeho přídatné moduly nastavují centrálně. V modulu STEEL EC3 otevřeme dialog pro nastavení jednotek příkazem z hlavní nabídky

**Nastavení** → **Jednotky a desetinná místa...**

Otevře se dialog již dobře známý z RSTABu. V něm je již přednastaven modul STEEL EC3.



Obr. 7.10: Dialog *Jednotky a desetinná místa*



Nastavení lze uložit jako uživatelský profil a použít i v jiných úlohách. Popis této funkce najdeme v kapitole 11.6.2 v manuálu k programu RSTAB na straně 331.

## 7.5 Export výsledků

Výsledky posouzení lze různým způsobem převést i do jiných programů.

### Schránka

Označené řádky v tabulce výsledků modulu STEEL EC3 lze pomocí tlačítek [Ctrl]+[C] zkopírovat do schránky a následně dvojicí tlačítek [Ctrl]+[V] převést například do některého textového procesoru. Nadpisy sloupců v tabulce exportovány nebudou.

### Výstupní protokol

Údaje z modulu STEEL EC3 lze odeslat do výstupního protokolu (srov. kapitola 6.1, strana 46) a odtud pak exportovat příkazem z hlavní nabídky

**Soubor** → **Export do souboru RTF resp. BAUTEXT...**

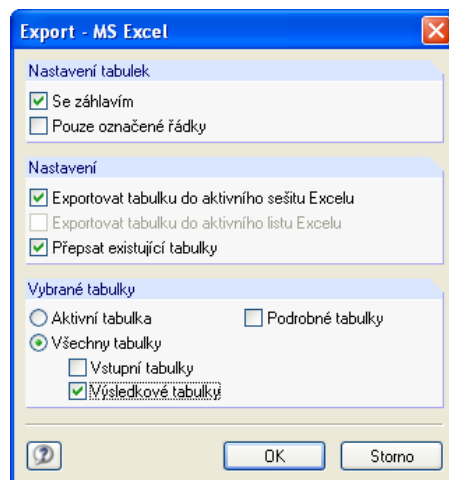
Tato funkce je popsána v kapitole 10.1.11 na straně 242 v manuálu k programu RSTAB.

## Excel

STEEL EC3 umožňuje přímý export dat do MS Excelu. Tuto funkci vyvoláme z hlavní nabídky

Soubor → Export do MS Excel....

Otevře se následující dialog pro export dat:



Obr. 7.11: Dialog *Export - MS Excel*

Jakmile vybereme požadované parametry, můžeme export zahájit kliknutím na tlačítko [OK]. Excel nemusí běžet na pozadí, před exportem se automaticky spustí.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Průřez	Prut	Místo	Zatěž.	Posouzení		
2	č.	č	x [m]	stav	Využití		Posouzení podle vzorce
3	1	HE-M 160					
4		3	3,000	SZS1	0,00	≤ 1	100) Malé, resp. velmi malé vnitřní síly
5		1	0,000	SZS7	0,01	≤ 1	101) Posouzení průřezu - tah podle 6.2.3
6		2	6,000	SZS5	0,02	≤ 1	102) Posouzení průřezu - tlak podle 6.2.4
7		4	1,000	SZS7	0,12	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
8		2	0,300	SZS5	0,06	≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
9		1	0,000	SZS3	0,00	≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
10		4	1,000	SZS7	0,12	≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
11		4	0,000	SZS7	0,02	≤ 1	161) Posouzení průřezu - dvojosý ohyb a smyk podle 6.2.6, 6.2.7 a 6.2.9.1
12		2	6,000	SZS5	0,91	≤ 1	181) Posouzení průřezu - ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.9.1(4)
13		1	4,000	SZS3	0,33	≤ 1	221) Posouzení průřezu - dvojosý ohyb, smyk a osová síla podle 6.2.10 a 6.2.9.1
14		2	0,000	SZS5	0,03	≤ 1	301) Posouzení stability - vzpěr okolo y podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
15		1	0,000	SZS3	0,03	≤ 1	311) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2(4)
16		2	0,000	SZS5	0,06	≤ 1	312) Posouzení stability - vzpěr okolo z podle 6.3.1.1 a 6.3.1.2
17		2	0,000	SZS5	0,02	≤ 1	321) Posouzení stability - vzpěr zkroucením podle 6.3.1.4 a 6.3.1.2(4)
18		4	1,000	SZS7	0,12	≤ 1	331) Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - I průřez
19		4	0,000	SZS7	0,12	≤ 1	363) Posouzení stability - dvojosý ohyb podle 6.3.3, metoda 2
20		2	6,000	SZS5	0,97	≤ 1	364) Posouzení stability - ohyb a tlak podle 6.3.3, metoda 2
21							
22	2	I-PAR 10.4/26/1/1.75/2.4					
23		5	3,500	SZS9	0,05	≤ 1	111) Posouzení průřezu - ohyb okolo y podle 6.2.5 - třída 1 nebo 2
24		5	0,000	SZS7	0,02	≤ 1	121) Posouzení průřezu - smyk ve směru z podle 6.2.6
25		5	0,000	SZS1	0,00	≤ 1	126) Posouzení průřezu - smykové boulení podle 6.2.6(6)
26		5	3,500	SZS9	0,05	≤ 1	141) Posouzení průřezu - ohyb a smyk podle 6.2.5 a 6.2.8
27		5	3,500	SZS9	0,05	≤ 1	331) Posouzení stability - klopení podle 6.3.2.1 a 6.3.2.3 - I průřez

Obr. 7.12: Výsledky v *Excelu*

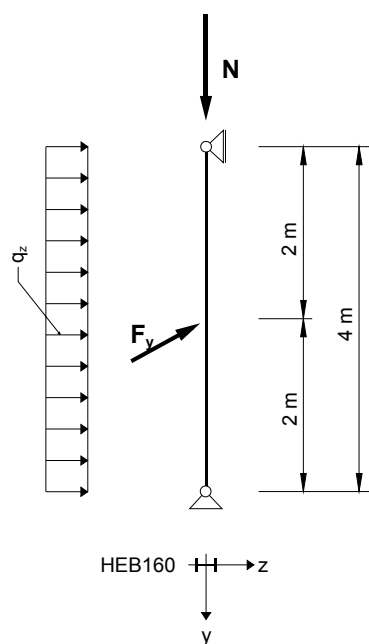
## 8. Příklady

### 8.1 Sloup s dvojosým ohybem

V tomto příkladu provedeme pouze rozhodující stabilitní posouzení vzpěru a klopení a analyzujeme příslušné podmínky interakce.

#### Návrhové hodnoty

##### Konstrukce a zatížení

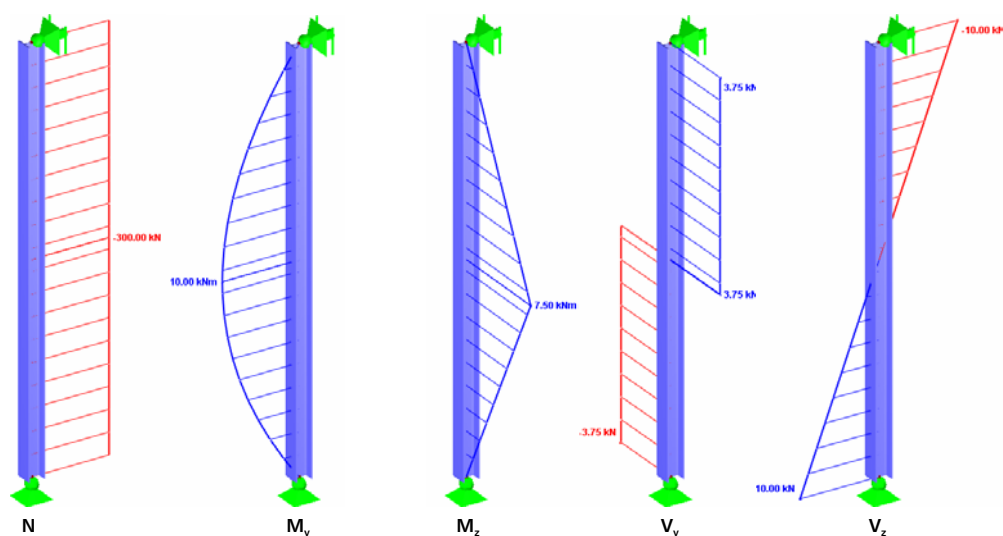


Návrhové hodnoty statických zatížení:

$$\begin{aligned}
 N_d &= 300 \text{ kN} \\
 Q_{z,d} &= 5,0 \text{ kN/m} \\
 F_{y,d} &= 7,5 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Obr. 8.1: Konstrukce a návrhová zatížení ( $\gamma$ -násobek)

#### Vnitřní síly podle teorie prvního řádu



Obr. 8.2: Vnitřní síly

**Místo posouzení (rozhodující místo x)**

Posouzení probíhá po místech x, tzn. na definovaných místech x náhradního prutu. V rozhodujícím místě jsou v případě x = 2,00 následující vnitřní síly:

$$N = -300,00 \text{ kN} \quad M_y = 10,00 \text{ kNm} \quad M_z = 7,50 \text{ kNm} \quad V_y = 3,75 \text{ kN} \quad V_z = 0,00 \text{ kN}$$

**Průřezové charakteristiky HE-B 160, S 235**

Veličina průřezu	Symbol	Hodnota	Jednotky
Plocha průřezu	A	54.30	cm <sup>2</sup>
Moment setrvačnosti	I <sub>y</sub>	2490.00	cm <sup>4</sup>
Moment setrvačnosti	I <sub>z</sub>	889.00	cm <sup>4</sup>
Poloměr setrvačnosti	i <sub>y</sub>	6.78	cm
Poloměr setrvačnosti	i <sub>z</sub>	4.05	cm
Polární poloměr setrvačnosti	i <sub>p</sub>	7.90	cm
Polární poloměr setrvačnosti	i <sub>p,M</sub>	41.90	cm
Hmotnost průřezu	G	42.63	kg/m
Moment tuhosti v kroucení	I <sub>T</sub>	31.40	cm <sup>4</sup>
Výsečový moment setrvačnosti	I <sub>ω</sub>	47940.00	cm <sup>6</sup>
Průřezový modul	W <sub>y</sub>	311.00	cm <sup>3</sup>
Průřezový modul	W <sub>z</sub>	111.00	cm <sup>3</sup>
Plastický průřezový modul	W <sub>pl,y</sub>	354.00	cm <sup>3</sup>
Plastický průřezový modul	W <sub>pl,z</sub>	169.96	cm <sup>3</sup>
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP <sub>y</sub>	b	
Křivka vzpěrné pevnosti	KVP <sub>z</sub>	c	

**Vzpěr okolo vedlejší osy (⊥ k ose z-z)**

$$N_{cr,z} = \frac{21000 \cdot 889.00 \cdot \pi^2}{400.00^2} = 1151.60 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{54.30 \cdot 23.5}{1151.60}} = 1.053$$

$\bar{\lambda}_z = 1.053 > 0.2$  Posouzení vzpěru je třeba provést

Geometrie profilu:  $\frac{h}{b} = 1.00 \leq 1.2$  Ocel S235  $t \leq 100 \text{ mm}$

ČSN EN 1993-1-1, tabulka 6.2, řádek 3, sloupec 4: křivka vzpěrné pevnosti c  
 $\Rightarrow \alpha_z = 0,49$  (tabulka 6.1)

$$\Phi = 0.5 \cdot \left[ 1 + 0.49 \cdot (1.053 - 0.2) + 1.053^2 \right] = 1.263$$

$$\chi_z = \frac{1}{1.263 + \sqrt{1.263^2 - 1.053^2}} = 0.510$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{300}{0.510 \cdot 54.30 \cdot 23.5 / 1.0} = 0,461$$

## Výsledné hodnoty výpočtu v modulu STEEL EC3

Moment setrvačnosti	$I_z$	889,00	cm <sup>4</sup>		
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,z}$	4,000	m		
Pružná kritická síla	$N_{cr,z}$	1151,60	kN		
Poměrná štíhlost	$\lambda_{bar,z}$	1,053		> 0.2	6.3.1.2(4)
Křivka vzpěrné pevnosti	$KVP_z$	c			tab. 6.2
Součinitel imperfekce	$\alpha_z$	0,490			tab. 6.1
Pomocný součinitel	$\Phi_z$	1,263			6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_z$	0,510			rov. (6.49)

Vzpěr okolo hlavní osy ( $\perp$  k ose y-y)

$$N_{cr,y} = \frac{21000 \cdot 2490,00 \cdot \pi^2}{400,0^2} = 3225,51 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{54,30 \cdot 23,5}{3225,51}} = 0,629$$

$\bar{\lambda}_y = 0,629 > 0,2$  Posouzení vzpěru je třeba provést

Geometrie profilu:  $\frac{h}{b} = 1,00 \leq 1,2$  Ocel S235  $t \leq 100 \text{ mm}$

ČSN EN 1993-1-1, tabulka 6.2, řádek 3, sloupec 4: křivka vzpěrné pevnosti b  
 $\Rightarrow \alpha_y = 0,34$  (tabulka 6.1)

$$\Phi = 0,5 \cdot \left[ 1 + 0,34 \cdot (0,629 - 0,2) + 0,629^2 \right] = 0,771$$

$$\chi_y = \frac{1}{0,771 + \sqrt{0,771^2 - 0,629^2}} = 0,822$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1}} = \frac{300}{0,822 \cdot 54,30 \cdot 23,5 / 1,0} = 0,286$$

## Výsledné hodnoty výpočtu v modulu STEEL EC3

Moment setrvačnosti	$I_y$	2490,00	cm <sup>4</sup>		
Vzpěrná délka prutu	$L_{cr,y}$	4,000	m		
Pružná kritická síla	$N_{cr,y}$	3225,51	kN		
Plocha průřezu	$A$	54,30	cm <sup>2</sup>		
Mez kluzu	$f_y$	23,50	kN/cm <sup>2</sup>		3.2.1
Poměrná štíhlost	$\lambda_{bar,y}$	0,629		> 0.2	6.3.1.2(4)
Křivka vzpěrné pevnosti	$KVP_y$	b			tab. 6.2
Součinitel imperfekce	$\alpha_y$	0,340			tab. 6.1
Pomocný součinitel	$\Phi_y$	0,771			6.3.1.2(1)
Součinitel vzpěrnosti	$\chi_y$	0,822			rov. (6.49)

## Klopení

### Pružný kritický moment při klopení

Pružný kritický moment při klopení se bude v příkladu počítat podle národní přílohy (NP) Rakouska. Předpokladem je kloubové uložení bez omezení deplanace. Místo působení zatížení je stanoveno ve středu smyku. Místo působení příčných zatížení lze změnit v detailním nastavení, viz kapitola 3.1, strana 26.

$$M_{cr} = C_1 \cdot \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{I_\omega}{I_z} + \frac{L^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}}$$

$$M_{cr} = 1,13 \cdot \frac{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 889}{400^2} \cdot \sqrt{\frac{47940}{889} + \frac{400^2 \cdot 8100 \cdot 31,40}{\pi^2 \cdot 21000 \cdot 889}} = 215,71 \text{ kNm}$$

Program dále vypočítá  $M_{cr,0}$ , jehož předpokladem je konstantní průběh momentu. Ve výsledcích pro jednotlivá místa  $x$  se uživateli zobrazí také  $M_{cr,x}$ . Jedná se o pružný kritický moment při klopení na daném místě  $x$  vztažený ke kritickému momentu při klopení na místě maximálního momentu. Z momentu  $M_{cr,x}$  se vypočítá poměrná štíhlost při klopení  $\bar{\lambda}_{LT}$ .

### Poměrná štíhlost při klopení

Výpočet probíhá podle ČSN EN 1993-1-1, kapitoly 6.3.2.2 pro místo maximálního momentu  $x=2,0$  m.

HEB-160, průřez třídy 1:  $W_y \Rightarrow W_{pl,y} = 354,0 \text{ cm}^3$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_y \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{354 \cdot 23,5}{215,71}} = 0,621$$

### Součinitel klopení $\chi_{LT}$

Výpočet probíhá podle ČSN EN 1993-1-1, kapitoly 6.3.2.3.

HEB-160:  $h/b = 1,0 < 2,0 \Rightarrow$  křivka klopení „b“ podle tabulky 6.5

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - \bar{\lambda}_{LT,0}) + \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2] = \text{hodnota pro výpočet součinitele klopení}$$

$$\Phi_{LT} = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,621 - 0,40) + 0,75 \cdot 0,621^2] = 0,682$$

Parametr (největší hodnota):  $\bar{\lambda}_{LT,0} = 0,40$

Parametr (nejmenší hodnota):  $\beta = 0,75$

Součinitel imperfekce:  $\alpha_{LT} = 0,34$  podle tabulky 6.3

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\Phi_{LT} + \sqrt{\Phi_{LT}^2 - \beta \cdot \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,682 + \sqrt{0,682^2 - 0,75 \cdot 0,621^2}} = 0,908$$

Podle ČSN EN 1993-1-1, kapitoly 6.3.2.3 může být součinitel klopení následovně upraven:

$$\chi_{LT,mod} = \frac{\chi_{LT}}{f}, \text{ kdy } f = 1 - 0,5 \cdot (1 - k_c) \cdot [1 - 2,0 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0,8)^2]$$

$$\chi_{LT,mod} = \frac{0.908}{0.972} = 0.934$$

V případě parabolického průběhu momentu se stanoví hodnota opravného součinitele  $k_c$  podle tabulky 6.6:  $k_c = 0,94$

$$f = 1 - 0.5 \cdot (1 - k_c) \cdot [1 - 2.0 \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.8)^2] = 1 - 0.5 \cdot (1 - 0.94) \cdot [1 - 2.0 \cdot (0.621 - 0.8)^2] = 0.972$$

### Interakční součinitele $k_{yy}$ a $k_{yz}$

Tyto interakční součinitele se počítají podle ČSN EN 1993-1-1, přílohy B, tabulky B2 pro pruhy, které jsou náchylné ke zkroucení. Součinitel ekvivalentního momentu  $C_{mLT}$  se stanoví podle tabulky B3 pro  $\psi = 0$  následovně:

$$C_{my} = C_{mLT} = 0,95 + 0,05 \cdot \alpha_h = 0,95, \quad \text{kdy} \quad \alpha_h = M_h / M_s = 0 / 10 = 0$$

$$k_{yy} = C_{my} \cdot \left( 1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{my} \cdot \left( 1 + 0,8 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{yy} = 0,95 \cdot (1 + (0,629 - 0,2) \cdot 0,286) \leq 0,95 \cdot (1 + 0,8 \cdot 0,286) = \underline{1,067} \leq 1,167$$

$$k_{yz} = 0,60 \cdot k_{zz} = 0,60 \cdot 1,481 = \underline{0,888}$$

### Interakční součinitele $k_{zy}$ a $k_{zz}$

Tyto interakční součinitele se počítají podle ČSN EN 1993-1-1, přílohy B, tabulky B2 pro pruhy, které jsou náchylné ke zkroucení. Součinitel ekvivalentního momentu  $C_{mLT}$  se stanoví podle tabulky B3 pro  $\psi = 0$  následovně:

$$C_{mz} = 0,90 + 0,01 \cdot \alpha_h = 0,90 \quad \text{kdy} \quad \alpha_h = M_h / M_s = 0 / 10 = 0$$

$$k_{zy} = \left( 1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \geq \left( 1 - \frac{0,1}{(C_{mLT} - 0,25)} \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zy} = \left( 1 - \frac{0,1 \cdot 1,053}{(0,95 - 0,25)} \cdot 0,461 \right) \geq \left( 1 - \frac{0,1}{(0,95 - 0,25)} \cdot 0,461 \right) = 0,892 \leq 0,934$$

$$k_{zy} = \underline{0,934}$$

$$k_{zz} = C_{mz} \cdot \left( 1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \leq C_{mz} \cdot \left( 1 + 1,4 \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right)$$

$$k_{zz} = 0,90 \cdot (1 + (2 \cdot 1,053 - 0,6) \cdot 0,461) \leq 0,90 \cdot (1 + 1,4 \cdot 0,461) = 1,525 \geq 1,481$$

$$k_{zz} = \underline{1,481}$$

### Posouzení interakce pro vzpěr okolo hlavní osy a pro klopení

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{yz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1 \quad \text{podle ČSN EN 1993-1-1, rov. 6.61}$$

$$M_{y,Rk} = W_{pl,y} \cdot f_y = 354 \cdot 23.5 = 8319 \text{ kNcm} = 83.19 \text{ kNm}$$

$$M_{z,Rk} = W_{pl,z} \cdot f_y = 169.96 \cdot 23.5 = 3994.1 \text{ kNcm} = 39.94 \text{ kNm}$$

$$\frac{300}{0.822 \cdot \frac{1276.05}{1.0}} + 1.067 \cdot \frac{10.0}{0.908 \cdot \frac{83.19}{1.0}} + 0.888 \cdot \frac{7.50}{\frac{39.94}{1.0}} = \underline{\underline{0.594 \leq 1}}$$

**Posouzení interakce pro vzpěr okolo vedlejší osy a pro klopení**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} + k_{zz} \cdot \frac{M_{z,Ed}}{\gamma_{M1}} \leq 1 \text{ podle ČSN EN 1993-1-1, rov. 6.62}$$

$$\frac{300}{0.510 \cdot \frac{1276.05}{1.0}} + 0.934 \cdot \frac{10.0}{0.908 \cdot \frac{83.19}{1.0}} + 1.481 \cdot \frac{7.50}{\frac{39.94}{1.0}} = \underline{\underline{0.863 \leq 1}}$$

**Výsledné hodnoty výpočtu v modulu STEEL EC3**

Výška průřezu	h	160,0	mm		
Šířka průřezu	b	160,0	mm		
Kritérium	h/b	1,00		≤ 2	tab. 6.5
Křivka klopení	KK <sub>LT</sub>	b			tab. 6.5
Součinitel imperfekce	α <sub>LT</sub>	0,340			tab. 6.3
Smykový modul	G	8100,00	kN/cm <sup>2</sup>		
Součinitel vzpěrné délky	k <sub>z</sub>	1,000			
Součinitel vzpěrné délky	k <sub>w</sub>	1,000			
Délka	L	4,000	m		
Výsečový moment setrvačnosti	I <sub>w</sub>	47940,00	cm <sup>6</sup>		
Moment tuhosti v kroucení	I <sub>t</sub>	31,40	cm <sup>4</sup>		
Pružný kritický moment při klopení pro výpočet poměrné štíhlosti	M <sub>cr,0</sub>	190,90	kNm		
Průběh momentu	Diagr M <sub>y</sub>	6) Parabola			
Max. moment v poli	M <sub>y,max</sub>	10,00	kNm		
Koncový moment	M <sub>y,A</sub>	0,00	kNm		
Poměr momentů	ψ	0,000			
Momentový součinitel	C <sub>1</sub>	1,130			[2]
Pružný kritický moment při klopení	M <sub>cr</sub>	215,71	kNm		
Průřezový modul	W <sub>y</sub>	354,00	cm <sup>3</sup>		
Poměrná štíhlost	λ <sub>bar,LT</sub>	0,621			6.3.2.2(1)
Parametr	λ <sub>bar,LT,0</sub>	0,400			6.3.2.3(1)
Parametr	β	0,750			6.3.2.3(1)
Pomocný součinitel	Φ <sub>LT</sub>	0,682			6.3.2.3(1)

Součinitel klopení	$\chi_{LT}$	0,908		rov. (6.57)
Opravný součinitel	$k_c$	0,940		6.3.2.3(2)
Součinitel pro výpočet upraveného součinitele klopení	$f$	0,972		6.3.2.3(2)
Upravený součinitel klopení	$\chi_{LT,mod}$	0,934		rov. (6.58)
Průběh momentu	Diagr $M_y$	3) Max v poli		tab. B.3
Momentový součinitel	$\psi_y$	1,000		tab. B.3
Moment	$M_{h,y}$	0,00	kNm	tab. B.3
Moment	$M_{s,y}$	10,00	kNm	tab. B.3
Poměr $M_{h,y} / M_{s,y}$	$\alpha_{h,y}$	0,000		tab. B.3
Typ zatížení	Zatížení z	Rovnoměrné zatížení		tab. B.3
Momentový součinitel	$C_{my}$	0,950		tab. B.3
Průběh momentu	Diagr $M_z$	3) Max v poli		tab. B.3
Momentový součinitel	$\psi_z$	1,000		tab. B.3
Moment	$M_{h,z}$	0,00	kNm	tab. B.3
Moment	$M_{s,z}$	7,50	kNm	tab. B.3
Poměr $M_{h,z} / M_{s,z}$	$\alpha_{h,z}$	0,000		tab. B.3
Typ zatížení	Last y	Soustředěné zatížení		tab. B.3
Momentový součinitel	$C_{mz}$	0,900		tab. B.3
Průběh momentu	Diagr $M_{y,LT}$	3) Max v poli		tab. B.3
Momentový součinitel	$\psi_{y,LT}$	1,000		tab. B.3
Moment	$M_{h,y,LT}$	0,00	kNm	tab. B.3
Moment	$M_{s,y,LT}$	10,00	kNm	tab. B.3
Poměr $M_{h,y,LT} / M_{s,y,LT}$	$\alpha_{h,y,LT}$	0,000		tab. B.3
Typ zatížení	Zatížení z	Rovnoměrné zatížení		tab. B.3
Momentový součinitel	$C_{mLT}$	0,950		tab. B.3
Typ dílce	Dílec	Náchylný ke zkroucení		
Součinitel interakce	$k_w$	1,067		tab. B.2
Součinitel interakce	$k_{vz}$	0,888		tab. A.1
Součinitel interakce	$k_{zy}$	0,934		tab. A.1
Součinitel interakce	$k_{zz}$	1,481		tab. A.1
Osová síla (tlak)	$N_{Ed}$	300,00	kN	
Rozhodující průřezová plocha	$A_i$	54,30	cm <sup>2</sup>	tab. 6.7
Charakteristická hodnota únosnosti v tlaku	$N_{Rk}$	1276,05	kN	tab. 6.7
Dílčí součinitel spolehlivosti	$\gamma_{M1}$	1,000		6,1
Složka posouzení N	$\eta_{Ny}$	0,29	$\leq 1$	rov. (6.61)
Složka posouzení N	$\eta_{Nz}$	0,46	$\leq 1$	rov. (6.62)
Moment	$M_{y,Ed}$	10,00	kNm	
Charakteristická hodnota únosnosti v ohybu	$M_{y,Rk}$	83,19	kNm	tab. 6.7
Složka momentu	$\eta_{My}$	0,13		rov. (6.61)

Moment	$M_{z,Ed}$	7,50	kNm		
Průřezový modul	$W_z$	169,96	cm <sup>3</sup>		
Charakteristická hodnota únosnosti v ohybu	$M_{z,Rk}$	39,94	kNm		tab. 6.7
Složka momentu	$\eta_{Mz}$	0,19			rov. (6.61)
Posouzení 1	$\eta_1$	0,59		$\leq 1$	rov. (6.61)
Posouzení 2	$\eta_2$	0,86		$\leq 1$	rov. (6.62)

# A Literatura

- [1] DIN EN1993-1-1: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten, 2005
- [2] Tragwerke aus Stahl nach Eurocode 3 Werner, 1. Auflage 1996
- [3] The Behaviour and Design of Steel Structures to EC3 , N.S. Trahair, M.A. Bradford, D.A. Nethercot, L. Gardner, Taylor & Francis Ltd 2007
- [4] Rules for Member Stability in EN 1993-1-1, ECCS Technical Committee 8 – Stability
- [5] Die neuen Stabilitätsnachweise im Stahlbau nach Eurocode 3, Naumes J., Strohmann I., Ungermann D., Sedlacek G., Stahlbau 77 (2008) Heft 10, Ernst & Sohn Verlag

# B Index

<b>C</b>		
Části průřezu (c/t) .....	16	
Celkem .....	37	
<b>D</b>		
Databáze materiálů .....	13	
Databáze průřezů .....	15, 16	
Délka .....	20, 36	
Délka ekvivalentního prutu .....	19	
Desetinná místa .....	13, 53	
Detailní nastavení .....	26	
Detaily výpočtu .....	26	
<b>E</b>		
Excel .....	54	
Export materiálů .....	52	
Export průřezů .....	50	
Export výsledků .....	53	
<b>F</b>		
Faktor převýšení .....	41	
Filtrování prutů .....	44	
Filtry .....	42	
<b>G</b>		
Graf výsledků .....	41	
Grafika .....	39	
Grafika na pozadí .....	39	
Grafika v RSTABu .....	46	
<b>H</b>		
Hmotnost .....	37	
Hodnoty materiálu .....	13	
<b>I</b>		
Instalace .....	5	
<b>J</b>		
Jednotky .....	13, 53	
<b>K</b>		
Klopení .....	21	
Kombinace zatěžovacích stavů .....	10	
Komentář .....	12	
<b>L</b>		
Listování v tabulkách .....	9	
<b>M</b>		
Materiály .....	13	
Měrná hmotnost .....	37	
Mezní hodnoty .....	11	
Místo x .....	31, 34	
<b>N</b>		
Náběh .....	16, 32, 51	
Navigátor .....	9	
Navigátor <i>Zobrazit</i> .....	40, 42	
Návrhová situace .....	11, 31	
Návrhový případ .....	40, 48	
Nedeforovaná konstrukce .....	28	
<b>O</b>		
Objem .....	36	
Optimalizace .....	49, 50	
Optimalizace průřezu .....	49	
Optimalizovat .....	18	
Označení materiálu .....	13	
Označení průřezu .....	15	
<b>P</b>		
Panel .....	8, 40, 42	
Parametrizované průřezy .....	49	
Plocha .....	36	
Položka .....	36	
Posouzení .....	10, 30, 31, 32	
Posouzení použitelnosti .....	25	
Posouzení vícebarevně .....	42	
Posunutý konec prutu .....	28	
Použitelnost .....	38	
Poznámka .....	18	
Pracovní okno RSTABu .....	39	
Převýšení .....	25	
Případ v STEELu EC3 .....	48	
Průběhy na prutu .....	41	
Průběhy výsledků .....	41, 46	
Průběhy výsledků mimo stupnici .....	43	
Průhyb .....	11	
Průřezy .....	15	
Pruty .....	10	

<b>R</b>		Únosnost .....	38
Referenční pruhy .....	38	Uživatelský profil .....	53
Renderování .....	42	Uzlová podpora .....	22
Režim prohlížení .....	39	<b>V</b>	
Režim zobrazení .....	38	Vnitřní síly .....	34, 50
Řídicí panel .....	42	Vyhodnocení výsledků .....	38
<b>S</b>		Výpočet .....	26
Sada prutů .....	10, 33, 35, 37	Výřez .....	42
Součinitel $k$ .....	21	Výsledky .....	39
Součinitel vzpěrné délky .....	21	Výsledné hodnoty .....	39
Spuštění programu .....	6	Výstupní protokol .....	46
Spuštění STEELu EC3 .....	6	Využití .....	18
Spuštění výpočtu .....	29	Vzpěr .....	20
Stupnice barev .....	42	Vzpěr okolo osy .....	20
<b>T</b>		Vzpěrná délka .....	19, 20
Tabulky .....	9	<b>Z</b>	
Tabulky výsledků .....	30	Základní údaje .....	9
Tisk .....	46	Zamezení deplanace .....	20
Tisk zobrazení .....	46	Zatěžovací stav .....	10, 11
Tlačítka .....	38	Zobrazení .....	39
<b>U</b>			
Ukončení modulu STEEL EC3 .....	9		