

**Vydání
květen 2014**

Přídavný modul

RF-STEEL

**Analýza napětí ocelových
prutů a ploch**

**Popis
programu**

Všechna práva včetně práv k překladu vyhrazena.

Bez výslovného souhlasu společnosti DLUBAL SOFTWARE S.R.O. není povoleno tento popis programu ani jeho jednotlivé části jakýmkoli způsobem dále šířit.

© **Dlubal Software s.r.o.**
Anglická 28 120 00 Praha 2

Tel.: +420 222 518 568
Fax: +420 222 519 218
Email: info@dlubal.cz
Web: www.dlubal.cz

Obsah

	Obsah	Strana		Obsah	Strana
1.	Úvod	4	3.3	Výsledky	61
1.1	Přídavné moduly RF-STEEL	4	3.3.1	Napětí po průřezech	62
1.2	Tým pro vývoj modulů RF-STEEL	5	3.3.2	Napětí po sadách prutů	64
1.3	Poznámka k příručce	6	3.3.3	Napětí po prutech	65
1.4	Spuštění modulů RF-STEEL	6	3.3.4	Napětí po místech x	66
2.	RF-STEEL Surfaces	8	3.3.5	Napětí v každém napěťovém bodu	67
2.1	Vstupní data	8	3.3.6	Rozhodující vnitřní síly po prutech	68
2.1.1	Základní údaje	8	3.3.7	Rozhodující vnitřní síly po sadách prutů	69
2.1.1.1	Záložka <i>Mezní stav únosnosti</i>	10	3.3.8	Výkaz materiálu po prutech	70
2.1.1.2	Záložka <i>Mezní stav použitelnosti</i>	11	3.3.9	Výkaz materiálu po sadách prutů	71
2.1.2	Materiály	12	4.	Vyhodnocení výsledků	72
2.1.3	Plochy	17	4.1	RF-STEEL Surfaces	74
2.1.4	Údaje pro posouzení použitelnosti	19	4.1.1	Výběr napětí	74
2.2	Výpočet	20	4.1.2	Výsledky na modelu v RFEMu	75
2.2.1	Detailní nastavení	20	4.2	RF-STEEL Members	78
2.2.1.1	Napětí	20	4.2.1	Výběr napětí	78
2.2.1.2	Mezní stav použitelnosti	25	4.2.2	Výsledky na průřezu	79
2.2.1.3	Možnosti	26	4.2.3	Výsledky na modelu v RFEMu	81
2.2.2	Spuštění výpočtu	28	4.2.4	Průběhy výsledků	84
2.3	Výsledky	30	4.3	Filtrování výsledků	85
2.3.1	Napětí po zatěžovacích stavech	31	5.	Výstup	87
2.3.2	Napětí po materiálech	34	5.1	Výstupní protokol	87
2.3.3	Napětí po plochách	34	5.2	Tisk zobrazení	87
2.3.4	Napětí po liniích	35	5.2.1	Výsledky na modelu v RFEMu	87
2.3.5	Napětí po bodech	36	5.2.2	Výsledky na průřezu	89
2.3.6	Rozkmitý napětí	37	6.	Obecné funkce	91
2.3.7	Posuny	38	6.1	Návrhové případy	91
2.3.8	Výkaz materiálu	39	6.2	Optimalizace	93
3.	RF-STEEL Members	41	6.2.1	RF-STEEL Surfaces	93
3.1	Vstupní data	41	6.2.2	RF-STEEL Members	94
3.1.1	Základní údaje	41	6.3	Jednotky a desetinná místa	97
3.1.2	Materiály	43	6.4	Výměna dat	98
3.1.3	Průřezy	48	6.4.1	Export materiálů do RFEMu	98
3.2	Výpočet	52	6.4.2	Export výsledků	98
3.2.1	Detailní nastavení	52	A	Literatura	100
3.2.2	Napětí a využití	55	B	Index	101
3.2.3	Spuštění výpočtu	60			

1. Úvod

1.1 Přídavné moduly RF-STEEL

Oba moduly RF-STEEL neběží jako samostatné programy, ale jsou pevně integrovány do uživatelského prostředí RFEMu. Modul **RF-STEEL Surfaces** slouží k analýzám napětí a k posouzením mezního stavu použitelnosti plošných a skořepinových prvků, v modulu **RF-STEEL Members** se provádí analýza napětí prutů. V tomto manuálu představíme oba moduly.

V modulech RF-STEEL se provádějí obecná posouzení napětí: vypočítávají se normálová, smyková a srovnávací napětí ploch, prutů a sad prutů a následně se porovnávají s mezními napětími. Program se přitom opírá o rozsáhlé databáze materiálů a průřezů s normovými mezními napětími. Tyto databáze můžeme v případě potřeby rozšiřovat a upravovat. Na každém profilu prutu jsou definovány napětivé body, z nichž se vychází při analýze napětí a při grafickém vyhodnocení výsledků.

Při spuštění obou modulů se důležité vstupní údaje modelu konstrukce i vnitřní síly automaticky načtou z hlavního programu RFEM. A naopak výsledky spočítané v modulech RF-STEEL Surfaces a RF-STEEL Members lze graficky vyhodnotit v pracovním okně RFEMu a lze je i zařadit do souhrnného výstupního protokolu.

Při posouzení prutů a sad prutů se zobrazí také rozhodující vnitřní síly. Moduly RF-STEEL nabízejí rovněž automatickou optimalizaci ploch a průřezů a možnost exportovat optimalizované objekty následně do RFEMu.

Takzvané návrhové případy umožňují vyšetřit různé varianty posouzení napětí. Posouzení je doplněno výkazem materiálu s údaji o jeho množství a hmotnosti.

Následující užitečné funkce usnadňují práci v modulech RF-STEEL:

- Výpočet srovnávacích napětí ploch podle různých hypotéz (VON MISES, TRESCA, RANKINE nebo BACH)
- Posouzení mezního stavu použitelnosti přezkoumáním posunů ploch
- Zobrazení rozkmitů napětí v případě posouzení na únavu
- Zobrazení maximálních využití v dialogích s údaji o plochách a průřezech, na jejichž základě lze rozhodnout o optimalizaci
- Propojení dialogů RF-STEEL a pracovního okna hlavního programu RFEM, které například umožňuje prut aktuálně vybraný v dialogu vyznačit v grafickém okně na pozadí
- Režim prohlížení pro změnu náhledu v pracovním okně RFEMu
- Barevné referenční pruhy pro zobrazení výsledků ve výstupních dialogích
- Stručná informace o splnění nebo naopak nesplnění posouzení napětí
- Znázornění napětí a využití z modulů RF-STEEL ve výsledkovém grafu
- Možnost filtrovat plochy, linie a uzly v tabulkách a dále napětí a využití v grafickém okně RFEMu
- Export dat do MS Excelu, do aplikace Calc z balíku OpenOffice.org nebo do formátu CSV

Moduly RF-STEEL jsou velmi užitečným nástrojem pro obecné analýzy napětí. Stabilitní posouzení, jaké například vyžadují normy EN 1993-1-1 nebo DIN 18000, část 2, se ovšem neprovádějí. K těmto posouzením doporučujeme použít přídavné moduly RF-STEEL EC3 nebo RF-LTB.

Přejeme Vám mnoho úspěchů a zábavy při práci s moduly RF-STEEL.

Vaše společnost DLUBAL Software s.r.o.

1.2 Tým pro vývoj modulů RF-STEEL

Na vývoji modulů RF-STEEL Surfaces a RF-STEEL Members 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

Zbyněk Zámečník

Ing. Martin Budáč

Databáze průřezů a materiálů

Ing. Jan Rybín, Ph.D.

Ing. Jiří Kubíček

Mgr. Petr Oulehle

Design programu, dialogů a ikon

Dipl.-Ing. Georg Dlubal

Ing. Jan Milář

MgA. Robert Kolouch

Testování programu

Ing. Martin Vasek

M.Eng. Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier

Lokalizace programu a manuály

Ing. Fabio Borriello

Ing. Roberto Lombino

Ing. Dmitry Bystrov

Eng.º Nilton Lopes Fernandes

Eng.º Rafael Duarte

Mgr. Ing. Hana Macková

Ing. Jana Duníková

Ing. Téc. José Martínez Hernández

Ing. Lara Caballero Freyer

MA SKT Anton Mitleider

Ing. Alessandra Grosso

Dipl.-Ü. Gundel Pietzcker

BSc Eng Chelsea Jennings

Mgr. Petra Pokorná

Jan Jeřábek

Ing. Zoja Rendlová

Ing. Ladislav Kábrt

Dipl.-Ing. Jing Sun

Ing. Aleksandra Kociołek

Ing. Marcela Svitáková

Mgr. Michaela Kryšková

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

Dipl.-Ing. Tingting Ling

Ing. Marcin Wardyn

Technická podpora

M.Eng. Cosme Asseya

Dipl.-Ing. (FH) Bastian Kuhn

Dipl.-Ing. (BA) Markus Baumgärtel

Dipl.-Ing. (FH) Ulrich Lex

Dipl.-Ing. Moritz Bertram

Dipl.-Ing. (BA) Sandy Matula

M.Sc. Sonja von Bloh

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer

Dipl.-Ing. (FH) Steffen Clauß

M.Eng. Dipl.-Ing. (BA) Andreas Niemeier

Dipl.-Ing. Frank Faulstich

Dipl.-Ing. (FH) Gerhard Rehm

Dipl.-Ing. (FH) René Flori

M.Eng. Dipl.-Ing. (FH) Walter Rustler

Dipl.-Ing. (FH) Stefan Frenzel

M.Sc. Dipl.-Ing. (FH) Frank Sonntag

Dipl.-Ing. (FH) Walter Fröhlich

Dipl.-Ing. (FH) Christian Stautner

Dipl.-Ing. Wieland Götzler

Dipl.-Ing. (FH) Lukas Sühnel

Dipl.-Ing. (FH) Andreas Hörold

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

Dipl.-Ing. (FH) Paul Kieloch

1.3 Poznámka k příručce

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



Při popisu obou modulů RF-STEEL 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 nabídek jsou pak v textu pro přehlednost vyznačeny *kurzivou*.

Na závěr příručky připojujeme 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 nabízí vyhledávač, pomocí kterého můžete dle zadaných kritérií listovat v rozsáhlém seznamu *Otázky a odpovědi*.

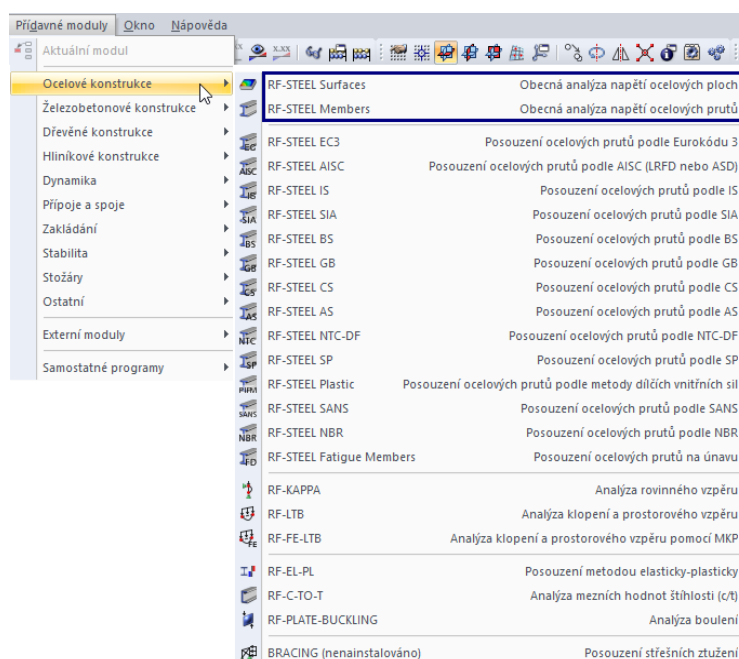
1.4 Spuštění modulů RF-STEEL

Přídavné moduly RF-STEEL lze v RFEMu spustit několika způsoby.

Hlavní nabídka

Moduly RF-STEEL můžeme vyvolat příkazem z hlavní nabídky programu RFEM

Přídavné moduly → **Ocelové konstrukce** → **RF-STEEL Surfaces**, resp. **RF-STEEL Members**.

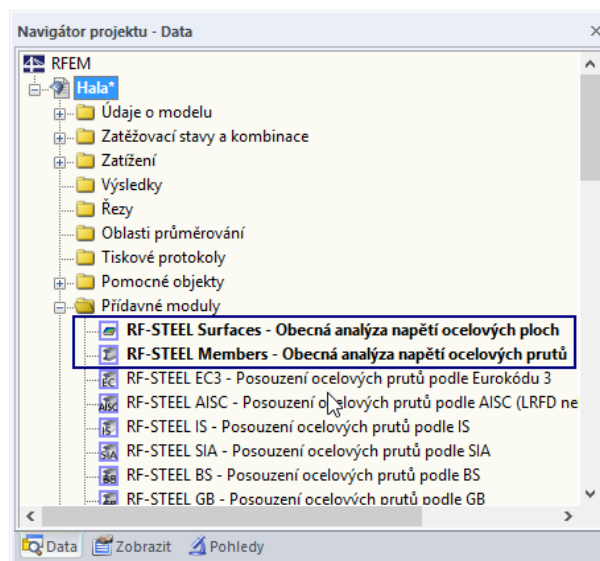


Obr. 1.1: Hlavní nabídka: *Přídavné moduly* → *Ocelové konstrukce* → *RF-STEEL Surfaces*, resp. *RF-STEEL Members*

Navigátor

Oba moduly RF-STEEL lze dále vyvolat z navigátoru *Data* kliknutím na položku

Přidavné moduly → **RF-STEEL Surfaces**, resp. **RF-STEEL Members**.



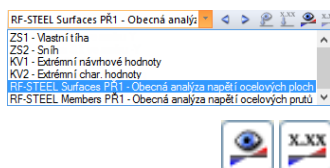
Obr. 1.2: Navigátor Data: *Přidavné moduly* → *RF-STEEL Surfaces*, resp. *RF-STEEL Members*

Panel

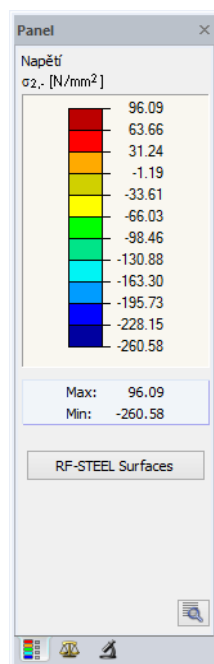
Pokud jsou v určitém modelu konstrukce v RFEMu již k dispozici výsledky z modulu RF-STEEL Surfaces nebo RF-STEEL Members, pak lze dané moduly otevřít také z řídicího panelu.

Návrhový případ RF-STEEL nastavíme v seznamu zatěžovacích stavů v panelu nástrojů. Pomocí tlačítka [Zobrazit výsledky] se v grafickém okně zobrazí napětí nebo využití napětí.

V panelu můžeme nyní použít tlačítko [RF-STEEL Surfaces], resp. [RF-STEEL Members], kterými lze moduly pro posouzení ocelových konstrukcí spustit.



RF-STEEL Surfaces



Obr. 1.3: Panel: Tlačítko [RF-STEEL Surfaces]

2. RF-STEEL Surfaces

2.1 Vstupní data

Po spuštění přídatného modulu RF-STEEL se zobrazí nové okno, v jehož levé části vidíme navigátor pro přístup ke všem stávajícím dialogům. Nad navigátorem se nachází rozbalovací seznam všech případně již zadaných návrhových případů (viz kapitola 6.1, strana 91).

Údaje, které jsou zapotřebí pro posouzení, se zadávají v několika vstupních dialogích. Pokud modul RF-STEEL Surfaces spouštíme poprvé, pak se automaticky načtou následující parametry:

- Plochy a jejich tloušťky
- Zatěžovací stavy, kombinace zatížení, kombinace výsledků a dále případy z modulu RF-DYNAM
- Materiály
- Vnitřní síly (na pozadí – pokud byly vypočítány)



Dialogy lze otevřít kliknutím na jejich název v navigátoru modulu. Uživatel může mezi nimi přepínat také pomocí vlevo znázorněných tlačítek (listování dopředu či zpět) nebo pomocí funkčních kláves [F2] a [F3].

Tlačítkem [OK] uložíme zadané údaje a modul RF-STEEL Surfaces zavřeme. Vrátime se do hlavního programu. Tlačítkem [Storno] modul ukončíme bez uložení dat.

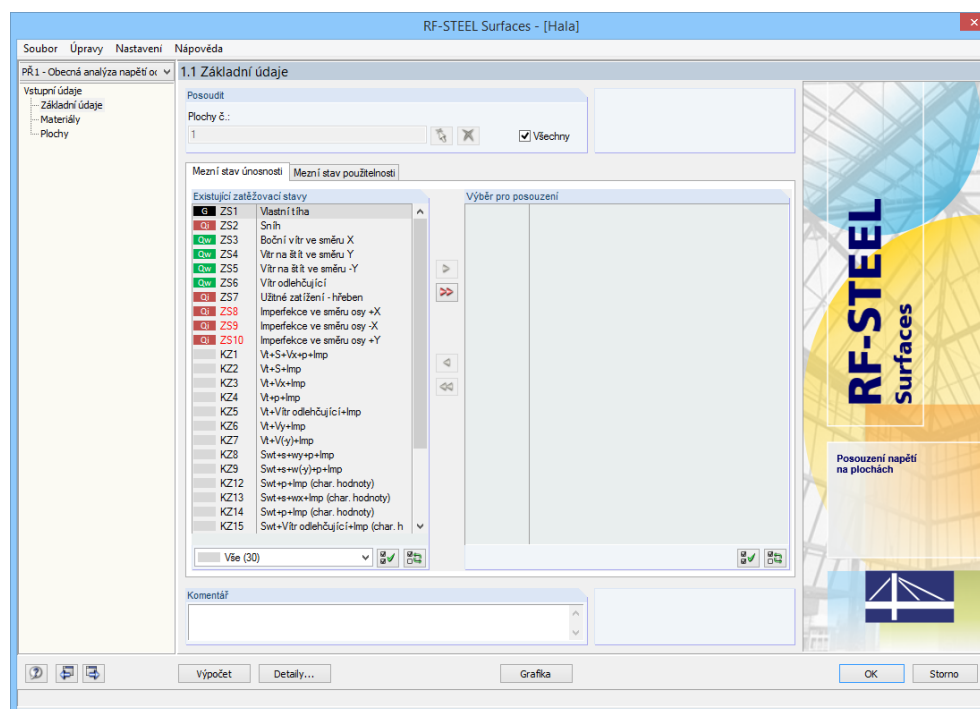
OK

Storno

2.1.1 Základní údaje

V dialogu 1.1 *Základní údaje* se vybírají plochy a zatížení k posouzení. Zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků pro posouzení v mezním stavu únosnosti a použitelnosti se zadávají v samostatných záložkách.

Norma, podle které se posouzení provede, se určí až v dialogu 1.2, protože souvisí s vlastnostmi materiálu.



Obr. 2.1: Dialog 1.1 *Základní údaje*

Sekce *Posoudit*

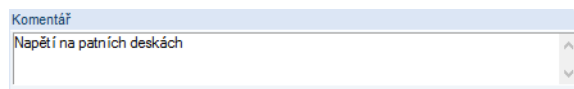


Obr. 2.2: Posouzení ploch



V modulu RF-STEEL Surfaces lze posuzovat jak rovinné tak zakřivené *plochy*. Pokud se mají posoudit pouze některé plochy, je třeba zrušit označení políčka *Všechny*. Tím se zpřístupní vstupní pole, do něhož lze zadávat čísla příslušných ploch. Seznam předem nastavených čísel lze vybrat dvojitým kliknutím a přepsat ručně. Pomocí tlačítka [↵] lze příslušné objekty zvolit i graficky v pracovním okně RFEMu.

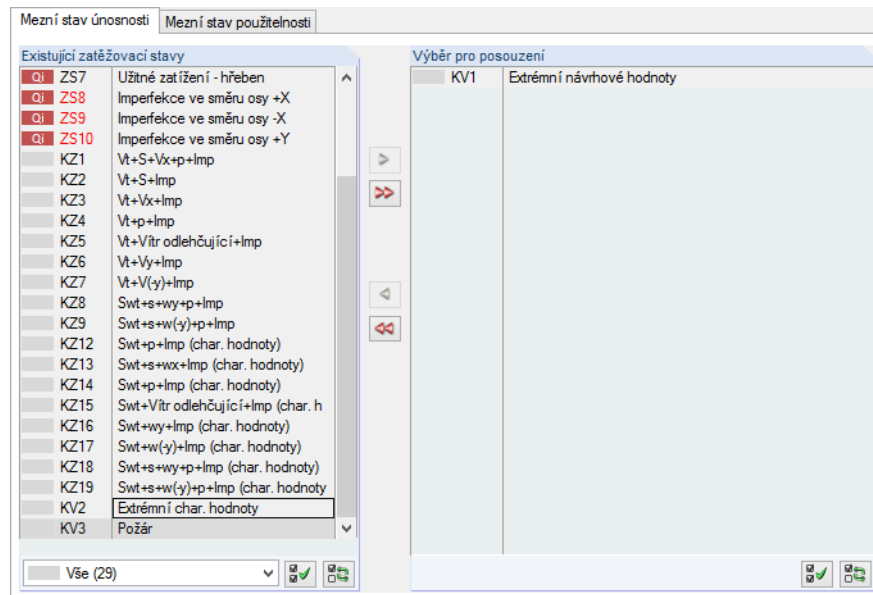
Komentář



Obr. 2.3: Komentář uživatele

V tomto vstupním poli může uživatel uvést vlastní poznámku například k aktuálnímu návrhovému případu.

2.1.1.1 Záložka Mezní stav únosnosti



Obr. 2.4: Dialog 1.1 Základní údaje, záložka Mezní stav únosnosti

Existující zatěžovací stavy

V této sekci se vypíší všechny zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků, které byly v RFEMu vytvořeny.



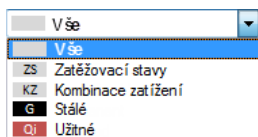
RF-STEEL Surfaces umí posoudit také případy z modulu RF-DYNAM.

Pomocí tlačítka [▶] můžeme vybrané položky zařadit do seznamu vpravo *Výběr pro posouzení*. Jednotlivé položky lze vybrat i dvojným kliknutím. Tlačítkem [▶▶] převedeme do tabulky vpravo celý seznam.

Mnohonásobný výběr zatěžovacích stavů lze provést, jak je ve Windows běžné, se stisknutou klávesou [Ctrl]. Můžeme tak převádět několik zatěžovacích stavů najednou.

Pokud jsou zatěžovací stavy označeny hvězdičkou (*), jako např. ZS 6 a ZS 7 na obr. 2.4, nelze je posoudit: v takovém případě jim totiž nebyla přiřazena žádná zatížení nebo obsahují výlučně imperfekce. Při převodu daného zatěžovacího stavu se zobrazí příslušné upozornění.

Pod seznamem máme k dispozici různé filtrovací funkce. Slouží k třídění položek podle kategorie účinku nebo podle toho, zda se jedná o zatěžovací stav či určitý druh kombinace. Tlačítka v této sekci mají následující funkce:

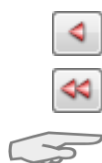


	Slouží k výběru všech zatěžovacích stavů v seznamu.
	Obrátí výběr zatěžovacích stavů.

Tabulka 2.1: Tlačítka v záložce Mezní stav únosnosti

Sekce Výběr pro posouzení

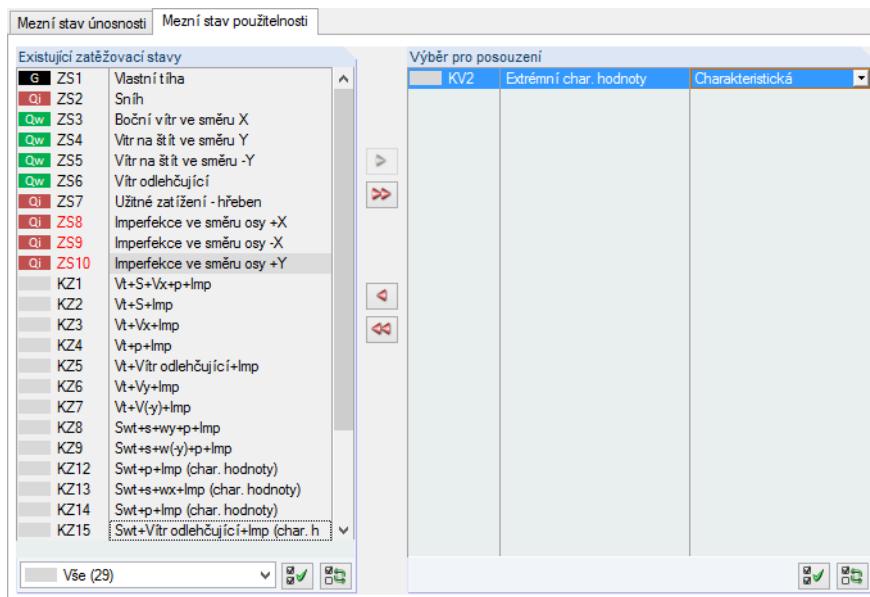
Tabulka vpravo obsahuje zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků, které jsme vybrali k posouzení. Tlačítkem [◀] nebo dvojným kliknutím můžeme vybrané položky ze seznamu opět odstranit. Tlačítkem [◀◀] smažeme celý seznam.



Výpočet obálky souhrnné kombinace výsledků Max/Min probíhá sice rychleji než posouzení všech příslušných zatěžovacích stavů a kombinací zatížení, posouzení kombinace výsledků má ovšem také nevýhody: lze při něm jen stěží rozpoznat vliv jednotlivých zatížení.

2.1.1.2 Záložka Mezní stav použitelnosti

Tato záložka nezávisí na údajích v záložce Mezní stav únosnosti.



Obr. 2.6: Dialog 1.1 Základní údaje, záložka Mezní stav použitelnosti

Existující zatěžovací stavy

V této sekci se vypíší všechny zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků, které byly v RFEMu vytvořeny.

Zpravidla jsou pro posouzení v mezním stavu použitelnosti (MSP) rozhodující jiná zatížení a jiné dílčí součinitele spolehlivosti než pro posouzení únosnosti. Příslušné kombinace můžeme vytvořit v RFEMu.

Sekce Výběr pro posouzení

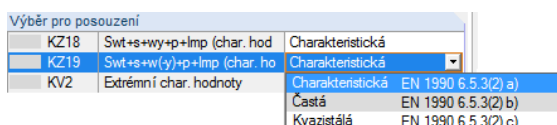
Zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků můžeme zařadit na seznam *Výběr pro posouzení* vpravo nebo je ze seznamu opět odstranit tak, jak popisujeme v kapitole 2.1.1.1 Záložka Mezní stav únosnosti.

Zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků můžeme přiřadit podle EN 1990 následujícím návrhovým situacím:

- Charakteristická
- Častá
- Kvazistálá

Daným zařazením se řídí mezní hodnoty průhybu. V případě potřeby je můžeme upravit v dialogu *Detaily* v záložce *Mezní stav použitelnosti* u jednotlivých kombinací účinků (viz kapitola 2.2.1.2, strana 25).

Návrhovou situaci můžeme změnit tak, že vybereme ze seznamu jinou položku po kliknutí na tlačítko [▼] na konci vstupního políčka.



Obr. 2.7: Přiřazení návrhové situace



Rozhodující vztažné délky pro posouzení mezního stavu použitelnosti se stanoví v dialogu *Údaje pro posouzení použitelnosti* (viz kapitola 2.1.4, strana 19).

2.1.2 Materiály

Tento dialog je rozdělen do dvou částí. V horní sekci se uvádí seznam relevantních materiálů. Předem nastaveny jsou všechny materiály z kategorie *Ocel*, které byly při návrhu v RFEMu použity pro plochy. Ve spodní sekci *Materiálové charakteristiky* se zobrazí vlastnosti aktuálního materiálu, tzn. materiálu, jehož řádek jsme vybrali v horní sekci.

1.2 Materiály

Materiál č.	A Označení materiálu	B Součinitel spolehlivosti γ_M [-]	C Mez kluzu f_{yk} [kN/cm ²]	D Ručně	E Mezní napětí [kN/cm ²]	F mezní σ_x	G mezní σ_{eqv}
1	Ocel S 235 DIN 18800:1990	1.10	24.00	<input type="checkbox"/>	21.82	12.60	21.82
2	Ocel S 355 DIN 18800:1990-1	1.10	36.00	<input type="checkbox"/>	32.73	18.90	32.73
3	Beton C50/60 DIN 1045-1:200	1.00	0.00	<input type="checkbox"/>	0.00	0.00	0.00

Materiálové charakteristiky

Hlavní vlastnosti

Modul pružnosti	E	21000.00	kN/cm ²
Smykový modul	G	8100.00	kN/cm ²
Poissonův součinitel	ν	0.296	
Objemová tíha	γ	78.50	kN/m ³
Součinitel teplotní roztažnosti	α	1.2000E-05	1/K
Parciální součinitel spolehlivosti	γ_M	1.10	

Doplňující vlastnosti

Součinitel pro mezní napětí svařů	α_w	0.950	
-----------------------------------	------------	-------	--

Rozmezí tloušťky $t \leq 4.00$ cm

Mez kluzu	f_y	24.00	kN/cm ²
Pevnost v tahu	f_u	36.00	kN/cm ²

Rozmezí tloušťky $t > 4.00$ cm a $t \leq 10.00$ cm

Mez kluzu	f_y	21.50	kN/cm ²
Pevnost v tahu	f_u	36.00	kN/cm ²

Materiál č. 1 použit pro

Průřezy č.:
1-3,6,7,10,12,13,15

Pruty č.:
2-8,11-18,21-28,31-46,51-64,81-83,91-111

Sady prutů č.:

Σ Délky: 460.46 [m] Σ Hmotnosti: 14.049 [t]

Obr. 2.8: Dialog 1.2 *Materiály*

Materiály, které se nebudou při posouzení uvažovat, jsou uvedeny šedým písmem. Nepřípustné materiály se uvádí červeným písmem, změněné materiály modrým.

V kapitole 4.3 manuálu k hlavnímu programu RFEM popisujeme materiálové parametry, které se uplatňují při výpočtu vnitřních sil (*hlavní vlastnosti*). Do globální databáze materiálů se uloží také materiálové charakteristiky, které jsou zapotřebí pro posouzení. Dané hodnoty se předem nastaví (*doplňující vlastnosti*).

Jednotky a desetinná místa materiálových hodnot a napětí lze měnit příkazem z hlavní nabídky **Nastavení** → **Jednotky a desetinná místa...** (viz kapitola 6.3, strana 97).

Označení materiálu

V tomto sloupci se automaticky nastaví materiály definované v RFEMu. Můžeme je ovšem kdykoli změnit: klikneme na materiál ve sloupci A, čímž aktivujeme dané políčko. Následně klikneme na tlačítko [▼] nebo stiskneme klávesu [F7]. Otevřeme tak seznam materiálů.

Steel S 355 DIN 18800:1990-11	
Steel S 235	DIN 18800:1990-11
Steel S 275	DIN 18800:1990-11
Steel S 355	DIN 18800:1990-11
Fine Grain Steel S 275 N	DIN 18800:1990-11
Fine Grain Steel S 275 M	DIN 18800:1990-11
Fine Grain Steel S 355 N	DIN 18800:1990-11
Fine Grain Steel S 355 M	DIN 18800:1990-11
Fine Grain Steel S 460 N	DIN 18800:1990-11
Fine Grain Steel S 460 M	DIN 18800:1990-11
Improved Steel C 35+N	DIN 18800:1990-11

Obr. 2.9: Seznam jakostí oceli

Ze seznamu můžeme vybírat pouze materiály kategorie *Ocel*. V podstatě lze posoudit také jiné materiály, jestliže koncepce posouzení spočívá v porovnání návrhových normálových, smykových a srovnávacích napětí vždy s příslušným dovoleným namáháním. Lze tak například provést analýzu napětí hliníkových profilů nebo profilů z ušlechtilé oceli. K tomu se musí samozřejmě dodatečně zohlednit příslušné normové předpisy.

Jakmile vybereme požadovaný materiál, *materiálové charakteristiky* se aktualizují.

Mezní napětí červeně zvýrazněného, nepřipustného materiálu (například jehličnatého dřeva) můžeme zadat pomocí číselníku ve sloupci *C Mez kluzu* nebo *ručně* po zaškrtnutí příslušného políčka ve sloupci *D*. Pokud nastavíme dovolená napětí ve sloupcích *E* až *H*, červené vyznačení zmizí.

Možnost převzetí materiálů z databáze popisujeme na dalších stránkách.

Součinitel spolehlivosti γ_M

Tato hodnota udává součinitel spolehlivosti pro výpočet návrhových hodnot pevnosti materiálu (proto index *M*). Součinitelem γ_M se redukuje charakteristická hodnota meze kluzu f_{yk} pro výpočet mezního normálového napětí $\sigma_{R,d}$ (viz rovnice 2.1) a mezního smykového napětí $\tau_{R,d}$ (rovnice 2.2).

Mez kluzu $f_{y,k}$

Mez kluzu udává hranici, do které lze materiál prodlužovat, aniž by došlo k jeho trvalé deformaci. Charakteristické hodnoty různých ocelových materiálů lze převzít například z normy EN 1993-1-1, čl. 3 nebo DIN 18800, části 1.

Pokud mez kluzu změníme, upraví se automaticky mezní napětí ve sloupcích *E*, *F* a *G*.

U některých materiálů existuje vztah mezi charakteristickou mezí kluzu $f_{y,k}$ a tloušťkou konstrukčního prvku *t*. V sekci *Materiálové charakteristiky* se uvádí *rozmezí tloušťky* materiálu vybraného v horní tabulce s příslušnou mezí kluzu.



Meze kluzu platné pro různé tloušťky konstrukčních prvků upravují normy. Po kliknutí na tlačítko [Upravit materiál...] můžeme tloušťky prvku *i* s hodnotami meze kluzu zkontrolovat a v případě potřeby upravit (viz obr. 3.8, strana 47).

Mezní napětí

V případě materiálů uložených v databázi se mezní napětí již předem nastaví.



Pokud je chceme upravit, zaškrtneme políčko *Ručně* nebo použijeme tlačítko [Upravit materiál...] (viz obr. 3.8, strana 47).

Ručně

Pokud označíme toto políčko, lze mezní napětí ve sloupcích *E* až *H* zadat ručně.

Upravené materiály budou ve sloupci *Označení materiálu* uvedeny s hvězdičkou.

Materiál č.	A Označení materiálu
1	Ocel S 235

mezní σ_x

Mezní normálové napětí udává dovolené namáhání ohybem a membránovou silou. Stanoví se podle DIN 18800, části 1, čl. (746), příp. jiné příslušné normy na základě charakteristické hodnoty meze kluzu, která se vydělí dílčím součinitelem spolehlivosti γ_M .

$$\sigma_{x,R,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M}$$

Rovnice 2.1

mezní τ

Mezní smykové napětí udává dovolené smykové namáhání posouvající silou a kroucením. Podle DIN 18800, části 1, čl. (746) je jedním členem rovnice pro výpočet mezního smykového napětí i dílčí součinitel spolehlivosti γ_M .

$$\tau_{R,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M \cdot \sqrt{3}}$$

Rovnice 2.2

mezní σ_v

Mezní srovnávací napětí udává dovolené srovnávací napětí při současném působení několika napětí. Určuje se podle DIN 18800, části 1, čl. (746) také pomocí rovnice 2.1.

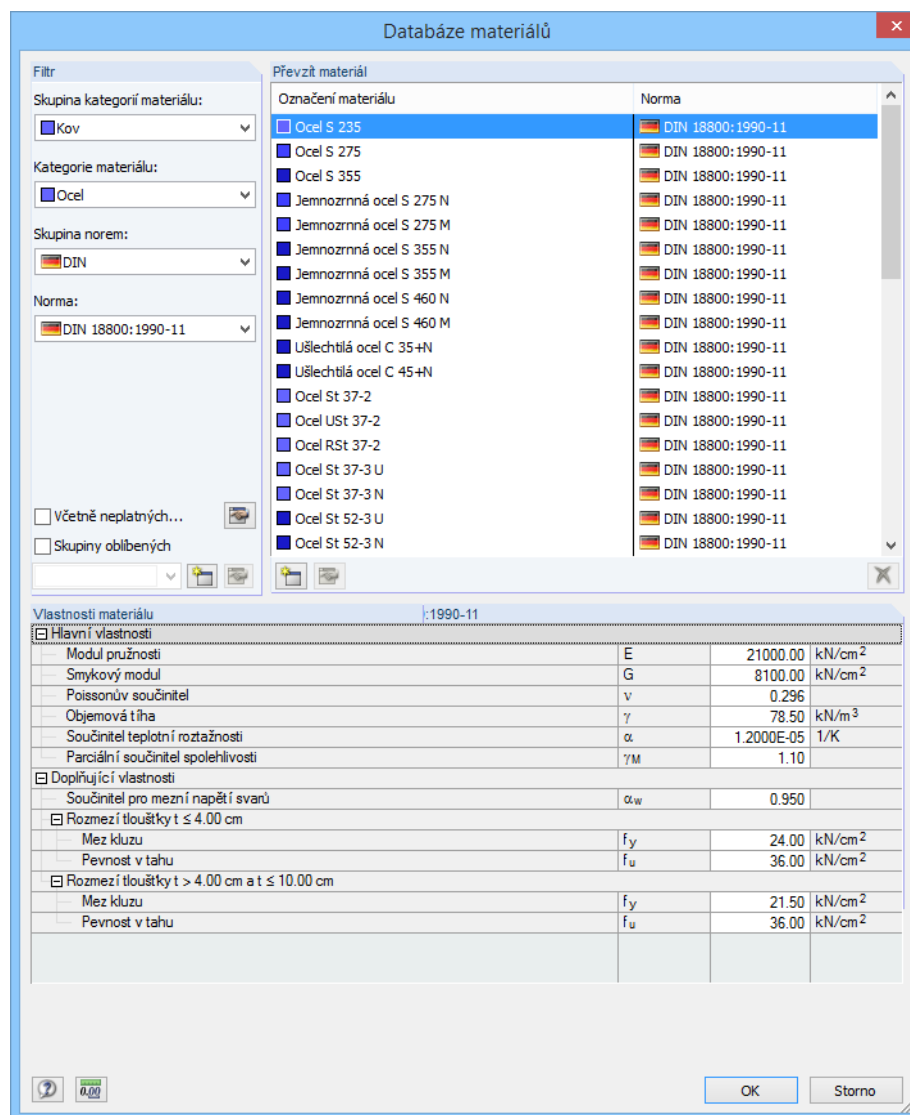
Databáze materiálů

V databázi je uloženo značné množství materiálů. Databázi otevřeme příkazem v hlavní nabídce



Úpravy → Databáze materiálů...

nebo kliknutím na vlevo znázorněné tlačítko.



Obr. 2.10: Dialog Databáze materiálů

V sekci *Filtr* je předem nastavena kategorie materiálu *Ocel*. V seznamu *Převzít materiál*, který se nachází vpravo, lze vybrat požadovanou jakost oceli a ve spodní části dialogu přezkontrolovat její charakteristické hodnoty.

Po kliknutí na tlačítko [OK] nebo stisknutím klávesy [↵] se materiál převezme do dialogu 1.2 modulu RF-STEEL Surfaces.

V kapitole 4.3 manuálu k hlavnímu programu RFEM podrobně popisujeme, jak lze přidávat nové materiály do databáze nebo materiály nově třídit či filtrovat.

Z databáze lze vybrat také materiály kategorie *Litina* a *Korozivzdorná ocel*. Je však třeba ověřit, zda je norma pokrývá.

Úprava materiálů

Meze kluzu a mezní napětí právě vybraného materiálu lze upravit po kliknutí na vlevo znázorněné tlačítko. Otevře se následující dialog:



Upravit materiál

Název materiálu
 Ocel S 235

Dílčí součinitel spolehlivosti
 γ_M : 1.10 []

Mez kluzu a mezní napětí v závislosti na tloušťce materiálu

Oblast č.	A		C	E			
	Tloušťka t [cm]			Mezní napětí [kN/cm ²]			
	od	do	Mez kluzu f_{yk} [kN/cm ²]	mez σ_x	mez τ	mez σ_{eqv}	mez $\sigma_{eqv,m}$
1	0.00	4.00	24.00	21.82	12.60	21.82	21.82
2	4.00	10.00	21.50	19.55	11.28	19.55	19.55

Počet oblastí: 2 Ruční zadání mezních napětí nezávislé na mezi kluzu

Komentář

OK Storno

Obr. 2.11: Dialog Upravit materiál

V tabulce *Mez kluzu a mezní napětí v závislosti na tloušťce materiálu* lze ve sloupci B ručně posunout hranice mezi jednotlivými rozsahy *tloušťky t*. Počet rozmezí upravují normy.

Jestliže zaškrtneme políčko *Ruční zadání mezních napětí nezávislé na mezi kluzu*, můžeme mezní napětí pro každou oblast stanovit libovolně. Pokud dané políčko neoznačíme, určí se mezní napětí na základě meze kluzu $f_{y,k}$ (sloupec C) a dílčího součinitele spolehlivosti γ_M pomocí rovnice 3.1 a rovnice 3.2.

2.1.3 Plochy

V tomto dialogu se uvádí údaje k plochám, které jsme vybrali k posouzení v dialogu 1.1 *Základní údaje*. Dále tu lze stanovit parametry pro optimalizaci.

1.3 Plochy									
Plocha č.	Materiál č.	Typ	Tloušťka d [mm]	Max. využití [%]	Optimalizace	Upozornění	Plocha A [m ²]	Hmotnost G [kg]	Komentář
6	2	Konstantní	35.0	0.68	<input type="checkbox"/>		0.39	106.2	
7	2	Konstantní	35.0	0.52	<input type="checkbox"/>		0.26	71.9	
10	2	Konstantní	35.0	0.10	<input type="checkbox"/>		0.19	52.9	
11	2	Konstantní	35.0	0.11	<input type="checkbox"/>		0.19	52.9	
14	2	Konstantní	35.0	0.94	<input type="checkbox"/>		0.19	53.3	
15	2	Konstantní	35.0	0.58	<input type="checkbox"/>		0.10	26.5	
18	2	Konstantní	20.0	0.51	<input type="checkbox"/>		0.25	39.7	
19	2	Konstantní	20.0	0.51	<input type="checkbox"/>		0.25	39.7	
23	2	Konstantní	20.0	0.28	<input type="checkbox"/>		0.14	21.6	
24	2	Konstantní	20.0	0.26	<input type="checkbox"/>		0.14	21.6	
25	2	Konstantní	20.0	0.29	<input type="checkbox"/>		0.14	21.6	
26	2	Konstantní	20.0	0.25	<input type="checkbox"/>		0.14	21.6	
27	2	Konstantní	20.0	0.34	<input type="checkbox"/>		0.12	18.6	
28	2	Konstantní	20.0	0.32	<input type="checkbox"/>		0.12	18.6	
30	2	Konstantní	25.0	0.31	<input type="checkbox"/>		0.41	79.9	
31	2	Konstantní	25.0	0.28	<input type="checkbox"/>		0.41	79.9	
32	2	Konstantní	25.0	0.32	<input type="checkbox"/>		0.50	97.3	
33	2	Konstantní	25.0	0.43	<input type="checkbox"/>		0.17	33.5	
34	2	Konstantní	25.0	0.26	<input type="checkbox"/>		0.34	66.9	
35	2	Konstantní	25.0	0.23	<input type="checkbox"/>		0.34	66.9	
36	2	Konstantní	25.0	0.30	<input type="checkbox"/>		0.42	81.5	
37	2	Konstantní	35.0	0.51	<input type="checkbox"/>		0.34	92.7	
38	2	Konstantní	110.0	0.00	<input type="checkbox"/>	5)	0.05	46.8	
39	2	Konstantní	110.0	0.00	<input type="checkbox"/>	5)	0.05	46.8	
41	2	Konstantní	20.0	0.55	<input type="checkbox"/>		0.09	14.4	
42	2	Konstantní	20.0	0.66	<input type="checkbox"/>		0.09	14.4	
43	2	Konstantní	110.0	0.00	<input type="checkbox"/>	5)	0.09	76.4	
45	2	Konstantní	20.0	0.24	<input type="checkbox"/>		0.41	63.7	
46	2	Konstantní	20.0	0.23	<input type="checkbox"/>		0.41	63.7	
48	2	Konstantní	20.0	0.29	<input type="checkbox"/>		0.33	51.5	
49	2	Konstantní	20.0	0.33	<input type="checkbox"/>		0.33	51.5	
50	2	Konstantní	20.0	0.44	<input type="checkbox"/>		0.33	51.5	
51	2	Konstantní	20.0	0.37	<input type="checkbox"/>		0.20	31.8	

2 - Ocel S 235
DIN 18800:1990-11

Obr. 2.12: Dialog 1.3 Plochy

Materiál č.

U jednotlivých ploch se tu zobrazí čísla materiálů z předchozího dialogu 1.2 *Materiály*.

Tloušťka

Typ

Posoudit lze pouze plochy s izotropními vlastnostmi, které mají konstantní nebo lineárně proměnnou tloušťku. Plochy s ortotropní tuhostí posoudit nelze.

d

Údaje o tloušťce ploch, které se v tomto sloupci zobrazí, se převezmou z hlavního programu RFEM. Tyto hodnoty lze pro posouzení upravit.



Je třeba si ovšem uvědomit, že při posouzení se vychází z vnitřních sil, které se spočítaly v RFEMu na základě tuhostních vlastností tlouštěk ploch. U staticky neurčité konstrukce se tak musí podle změn v modulu RF-STEEL Surfaces upravit i tloušťky ploch v RFEMu, aby se při posouzení správně zohlednilo rozdělení vnitřních sil.

Max. využití

Tento sloupec se zobrazí až po výpočtu. Na jeho základě lze rozhodnout, zda se má plocha optimalizovat. Z údajů v tomto sloupci a z barevných referenčních pruhů je zřejmé, které plochy jsou téměř nevyužity, a tudíž předimenzovány, a naopak které jsou přetíženy, a tudíž poddimenzovány.

Detaily...

Optimalizace

Každou plochu lze optimalizovat. Při optimalizaci se na základě vnitřních sil z RFEMu spočítá tloušťka plochy, která se nejvíce blíží maximálnímu možnému využití, které uživatel stanovil v záložce *Možnosti* dialogu *Detaily* (viz obr. 2.17, strana 26).

Pokud chceme určitou plochu optimalizovat, zaškrtneme u ní příslušné políčko ve sloupci D, resp. E. Doporučení k optimalizaci ploch najdeme v kapitole 6.2.1 na straně 93.

Upozornění

Program v tomto sloupci zobrazí čísla odkazující na poznámky, které najdeme pod seznamem ploch.

Plocha A

V tomto sloupci se uvádí obsah jednotlivých ploch.



Hmotnost G

Tento sloupec obsahuje údaje o hmotnosti posuzovaných ploch.

Komentář

V tomto sloupci může uživatel uvést vlastní poznámky.

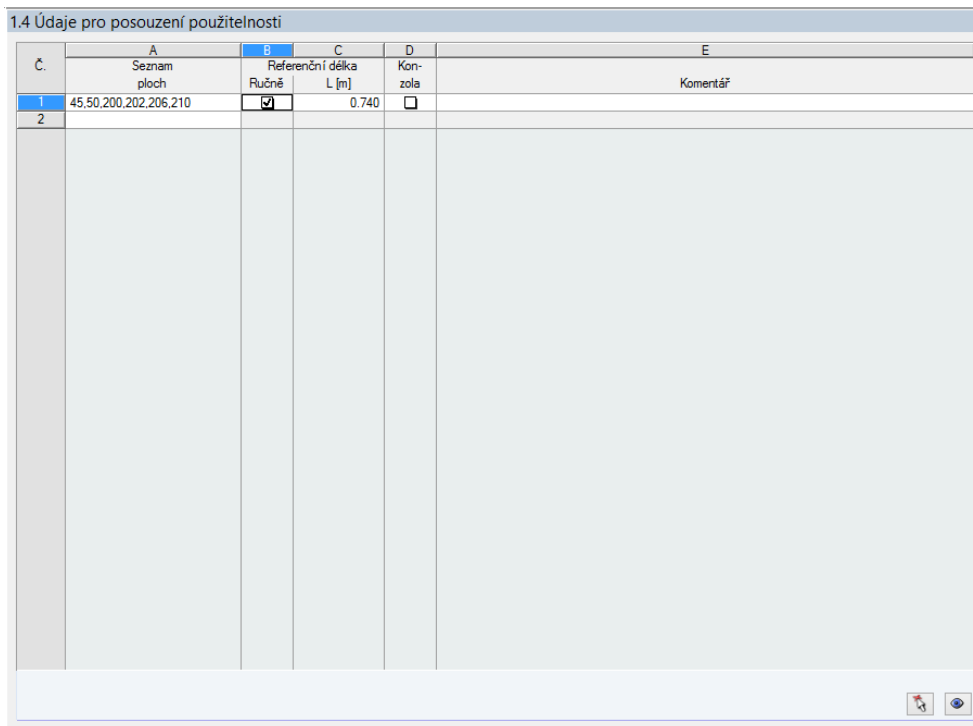
Tlačítka pod tabulkou mají následující funkce:

Tlačítko	Funkce
	Umožňuje přepnout do pracovního okna RFEMu, kde lze upravit náhled.
	Slouží k výběru plochy v pracovním okně RFEMu.

Tabulka 2.2: Tlačítka v dialogu 1.3 *Plochy*

2.1.4 Údaje pro posouzení použitelnosti

Poslední vstupní dialog slouží k nastavení dat pro posouzení mezního stavu použitelnosti. K dispozici ho máme pouze v případě, že jsme v záložce *Mezní stav použitelnosti* dialogu 1.1 (viz kapitola 2.1.1.2, strana 11) vybrali k posouzení některé zatěžovací stavy.



Č.	A Seznam ploch	B Ručně	C Referenční délka L [m]	D Konzola	E Komentář
1	45.50.200.202.206.210	<input checked="" type="checkbox"/>	0.740	<input type="checkbox"/>	
2					

Obr. 2.13: Dialog 1.4 Údaje pro posouzení použitelnosti

Seznam ploch

V tomto sloupci vyplníme čísla ploch, které si přejeme posoudit, příp. vybereme příslušné plochy pomocí funkce [...] v grafickém okně RFEMu. Příslušné vztažné délky se pak vyplní automaticky ve sloupci C.

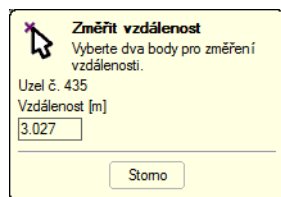
Pokud chceme zadat v jednom vstupním poli několik ploch, měly by vykazovat stejné geometrické vlastnosti. Jako vztažná délka L se pak předem nastaví nejdelší ze všech okrajových linií daných ploch.

Referenční délka

Sloupec C obsahuje hodnoty nejdelších okrajových linií příslušných ploch. Uvažují se přitom pouze délky jednotlivých linií, nikoli jejich sledů.

Pokud chceme vztažnou délku upravit, je třeba zaškrtnout políčko *Ručně*. Tím se zpřístupní vstupní pole pro hodnotu L, kterou pak buď přímo vyplníme nebo pomocí tlačítka [▼] vybereme ze seznamu, příp. ji po kliknutí na tlačítko [...] určíme graficky v pracovním okně RFEMu.

B	C
Referenční délka	Referenční délka
Ručně	L [m]
<input checked="" type="checkbox"/>	7.932 ▼



Změnit vzdálenost
 Vyberte dva body pro změření vzdálenosti.
 Uzel č. 435
 Vzdálenost [m]
 3.027
 Storno

Obr. 2.14: Dialog pro grafické zadání okrajových bodů

Ruční úpravy jsou nezbytné například u ploch, které leží uvnitř jiných ploch nebo jejichž okrajové linie jsou rozdělené.

Konzola

Mají-li se mezní deformace stanovit správně, je třeba uvést, zda se jedná o plochu podepřenou na všech stranách nebo o plochu s přesahem.

Pokud plochu označíme ve sloupci D jako *konzolu*, budou se při posouzení průhybu uvažovat vyšší mezní hodnoty. Zkontrolovat a v případě potřeby upravit můžeme tyto hodnoty v dialogu *Detaily* v záložce *Mezní stav použitelnosti* (viz obr. 2.16, strana 25).

Detaily...

2.2 Výpočet

Výpočet

Detaily...

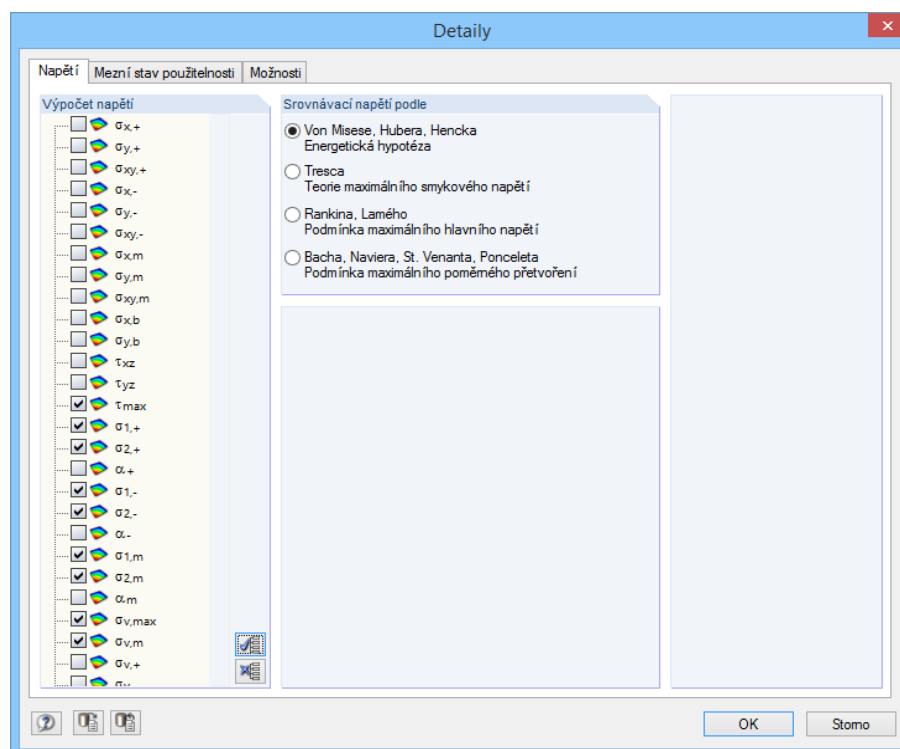
Před spuštěním výpočtu pomocí tlačítka [Výpočet] bychom měli ještě zkontrolovat detailní nastavení pro posouzení. Příslušný dialog otevřeme z každého dialogu v tomto modulu kliknutím na tlačítko [Detaily...].

2.2.1 Detailní nastavení

Dialog *Detaily* se skládá z následujících záložek:

- Napětí
- Mezní stav použitelnosti
- Možnosti

2.2.1.1 Napětí



Obr. 2.15: Dialog *Detaily*, záložka *Napětí*

Výpočet napětí

Ve výstupních tabulkách 2.1 až 2.5 se standardně zobrazí následující druhy napětí:

- Smyková napětí τ_{max}
- Hlavní napětí σ ve směru hlavních os 1 a 2 na horní (-) a dolní (+) straně plochy

- Membránová napětí σ_m ve směru hlavních os 1 a 2
- Srovnávací napětí σ_v
- Membránové srovnávací napětí $\sigma_{v,m}$

V sekci dialogu *Výpočet napětí* můžeme nastavit druhy napětí, které si přejeme zobrazit v tabulkách výsledků.

$\sigma_{x,+}$	Napětí ve směru lokální osy x na kladné straně plochy (tzn. na straně ve směru kladné osy z dané plochy) $\sigma_{x,+} = \frac{n_x}{d} + \frac{6 \cdot m_x}{d^2}$ kdy d: tloušťka plochy
$\sigma_{y,+}$	Napětí ve směru lokální osy y na kladné straně plochy (tzn. na straně ve směru kladné osy z dané plochy) $\sigma_{y,+} = \frac{n_y}{d} + \frac{6 \cdot m_y}{d^2}$
$\tau_{xy,+}$	Napětí od kroucení na kladné straně plochy $\tau_{xy,+} = \frac{n_{xy}}{d} + \frac{6 \cdot m_{xy}}{d^2}$
$\sigma_{x,-}$	Napětí ve směru osy x na záporné straně plochy $\sigma_{x,-} = \frac{n_x}{d} - \frac{6 \cdot m_x}{d^2}$
$\sigma_{y,-}$	Napětí ve směru osy y na záporné straně plochy $\sigma_{y,-} = \frac{n_y}{d} - \frac{6 \cdot m_y}{d^2}$
$\tau_{xy,-}$	Napětí od kroucení na záporné straně plochy $\tau_{xy,-} = \frac{n_{xy}}{d} - \frac{6 \cdot m_{xy}}{d^2}$
$\sigma_{x,m}$	Membránové napětí od normálové síly n_x $\sigma_{x,m} = \frac{n_x}{d}$
$\sigma_{y,m}$	Membránové napětí od normálové síly n_y $\sigma_{y,m} = \frac{n_y}{d}$
$\tau_{xy,m}$	Membránové napětí od smykového toku n_{xy} $\tau_{xy,m} = \frac{n_{xy}}{d}$
$\sigma_{x,b}$	Napětí od ohybového momentu m_x $\sigma_{x,b} = \frac{6 \cdot m_x}{d^2}$
$\sigma_{y,b}$	Napětí od ohybového momentu m_y $\sigma_{y,b} = \frac{6 \cdot m_y}{d^2}$
τ_{xz}	Smykové napětí kolmo k ploše ve směru osy x

	$\frac{3 \cdot v_x}{2 \cdot d}$
τ_{yz}	Smykové napětí kolmo k ploše ve směru osy y $\frac{3 \cdot v_y}{2 \cdot d}$
τ_{\max}	Maximální smykové napětí kolmo k ploše $\tau_{\max} = \sqrt{\tau_x^2 + \tau_y^2}$
$\sigma_{1,+}$	Napětí ve směru hlavní osy 1 na kladné straně plochy (tzn. na straně ve směru kladné osy z dané plochy) $\sigma_{1,+} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} + \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2} \right)$
$\sigma_{2,+}$	Napětí ve směru hlavní osy 2 na kladné straně plochy $\sigma_{2,+} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+} - \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2} \right)$
α_+	Úhel mezi lokální osou x (resp. y) a hlavní osou 1 (resp. 2) pro napětí na kladné straně plochy $\alpha_+ = \frac{1}{2} \arctan 2 \left(\frac{\tau_{xy,+}}{\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+}} \right) \in (-90^\circ, 90^\circ)$
$\sigma_{1,-}$	Napětí ve směru hlavní osy 1 na záporné straně plochy $\sigma_{1,-} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} + \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2} \right)$
$\sigma_{2,-}$	Napětí ve směru hlavní osy 2 na záporné straně plochy $\sigma_{2,-} = \frac{1}{2} \left(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-} - \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2} \right)$
α_-	Úhel mezi lokální osou x (resp. y) a hlavní osou 1 (resp. 2) pro napětí na záporné straně plochy $\alpha_- = \frac{1}{2} \arctan 2 \left(\frac{\tau_{xy,-}}{\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-}} \right) \in (-90^\circ, 90^\circ)$
$\sigma_{1,m}$	Membránové napětí od normálové síly n_1 $\sigma_{1,m} = \frac{n_1}{d}$
$\sigma_{2,m}$	Membránové napětí od normálové síly n_2 $\sigma_{2,m} = \frac{n_2}{d}$
α_m	Úhel mezi osou x a hlavní osou 1 (pro normálovou sílu n_1) $\frac{1}{2} \left[\arctan \left(\frac{2 \cdot n_{xy}}{n_x - n_y} \right) \right]$
σ_v	Největší srovnávací napětí jako maximální hodnota $\sigma_{v,+}$ a $\sigma_{v,-}$ (viz níže)
$\sigma_{v,+}$	Srovnávací napětí na kladné straně plochy (tzn. na straně ve směru kladné osy z dané plochy) podle zvolené hypotézy napětí (viz tab. 2.4 až tab. 2.7)

$\sigma_{v,-}$	Srovnávací napětí na kladné, resp. záporné straně plochy podle zvolené hypotézy napětí (viz tab. 2.4 až tab. 2.7)
$\sigma_{v,m}$	Membránové srovnávací napětí podle zvolené hypotézy napětí (viz tab. 2.4 až tab. 2.7)

Tab. 2.3: Napětí

Srovnávací napětí podle

Srovnávací napětí z jednotlivých složek napětí lze spočítat čtyřmi různými způsoby (viz obr. 2.15, strana 20).

Von Mises, Huber, Hencky

Tato hypotéza napětí je známá jako *hypotéza energie napjatosti pro změnu tvaru* nebo jako *srovnávací napětí podle von Misesa*. Vychází se z předpokladu, že materiál selže, pokud energie změny tvaru překročí určitou hranici. Energie změny tvaru představuje takovou energii, která vede k přetvoření nebo deformaci tělesa.

Srovnávací napětí podle hypotézy změny tvaru je nejznámější a nejčastěji uplatňovaná hypotéza srovnávacího napětí. Je vhodná pro všechny materiály vyjma křehkých. Významnou oblastí jejího uplatnění jsou tak ocelové pozemní stavby.

V tabulce níže uvádíme srovnávací napětí podle VON MISESE pro rovinnou napjatost:

$\sigma_{v,+}$	Srovnávací napětí na kladné straně plochy (tzn. na straně ve směru kladné osy z dané plochy) $\sigma_{v,+} = \sqrt{\sigma_{x,+}^2 + \sigma_{y,+}^2 - \sigma_{x,+} \cdot \sigma_{y,+} + 3 \cdot \tau_{xy,+}^2}$
$\sigma_{v,-}$	Srovnávací napětí na záporné straně plochy $\sigma_{v,-} = \sqrt{\sigma_{x,-}^2 + \sigma_{y,-}^2 - \sigma_{x,-} \cdot \sigma_{y,-} + 3 \cdot \tau_{xy,-}^2}$
$\sigma_{v,m}$	Membránové srovnávací napětí jako největší absolutní hodnota těchto rovnic $\sigma_{v,m} = \frac{\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m}}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m}}{2}\right)^2 + \tau_{xy,m}^2}$ nebo $\sigma_{v,m} = \frac{\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m}}{2}\right)^2 + \tau_{xy,m}^2}$ nebo $\sigma_{v,m} = \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}$ přičemž $\sigma_{x,m} = \frac{n_x}{d}$ $\sigma_{y,m} = \frac{n_y}{d}$ $\tau_{xy,m} = \frac{n_{xy}}{d}$ kdy d : tloušťka plochy

Tab. 2.4: Srovnávací napětí podle VON MISESE, HUBERA, HENCKYHO

Srovnávací napětí podle

- Von Mises, Huber, Hencka
Energetická hypotéza
- Tresca
Teorie maximálního smykového napětí
- Rankina, Lamého
Podmínka maximálního hlavního napětí
- Bacha, Naviera, St. Venanta, Poncela
Podmínka maximálního poměrného přetvoření

Tresca, Coulomb, Mohr

Hypotéza smykového napětí, která je známá také jako *srovnávací napětí podle TRESCY*, vychází z předpokladu, že selhání způsobuje maximální smykové napětí.

Vzhledem k tomu, že tato hypotéza je vhodná především pro křehké materiály, nachází často uplatnění ve strojírenství.

Srovnávací napětí se počítají následovně:

$\sigma_{v,+}$	Srovnávací napětí na kladné straně plochy (tzn. na straně ve směru kladné osy z dané plochy) $\sigma_{v,+} = \sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2}$
$\sigma_{v,-}$	Srovnávací napětí na záporné straně plochy $\sigma_{v,-} = \sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2}$
$\sigma_{v,m}$	Membránové srovnávací napětí $\sigma_{v,m} = \sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}$

Tab. 2.5: Srovnávací napětí podle TRESCY, COULOMBA, MOHRA

Rankine, Lamé

Tato hypotéza srovnávacího napětí je označována také jako *hypotéza normálového napětí* nebo jako *srovnávací napětí podle RANKINA*. Vychází se přitom z předpokladu, že největší hlavní napětí vede k selhání.

Srovnávací napětí se počítají pomocí následujících rovnic:

$\sigma_{v,+}$	Největší absolutní hodnota srovnávacího napětí na kladné straně plochy $\sigma_{v,+} = \frac{1}{2}(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+}) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2}$
$\sigma_{v,-}$	Největší absolutní hodnota srovnávacího napětí na záporné straně plochy $\sigma_{v,-} = \frac{1}{2}(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-}) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2}$
$\sigma_{v,m}$	Největší absolutní hodnota membránového srovnávacího napětí $\sigma_{v,m} = \frac{1}{2}(\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m}) \pm \frac{1}{2}\sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}$

Tab. 2.6: Srovnávací napětí podle RANKINA, LAMÉHO

Bach, Navier, St. Venant, Poncelet

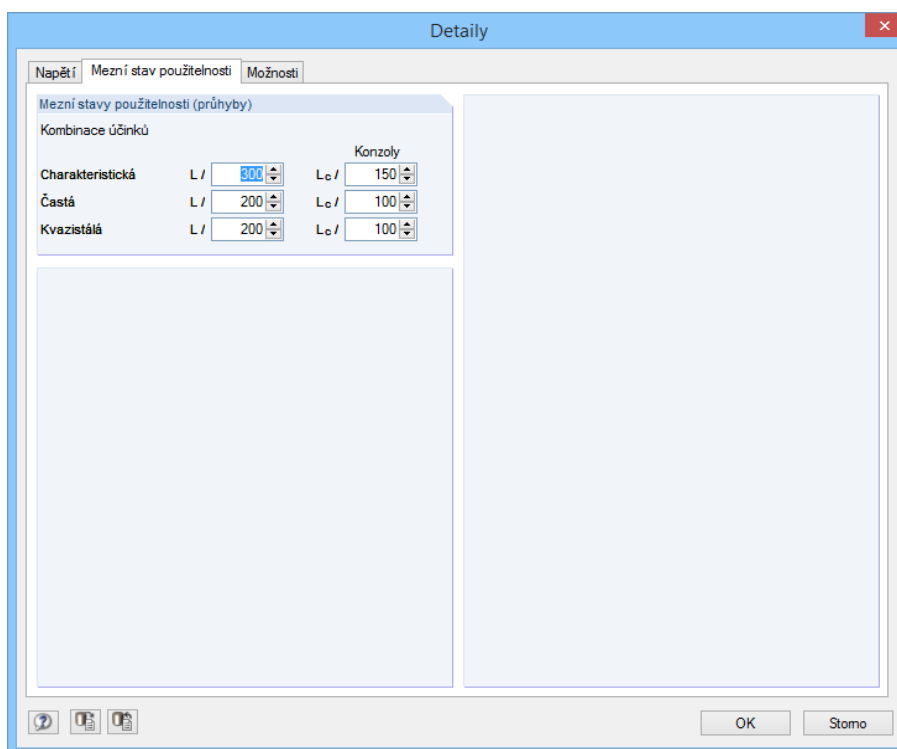
Hypotéza hlavní deformace neboli srovnávací napětí podle BACHA vychází z předpokladu, že selhání nastává ve směru největší deformace. Postup se podobá výše popsanému výpočtu napětí podle RANKINA. Místo hlavního napětí se tu používá hlavní deformace.

Srovnávací napětí se počítají následovně:

$\sigma_{v,+}$	Největší absolutní hodnota srovnávacího napětí na kladné straně plochy $\sigma_{v,+} = \frac{1-\nu}{2}(\sigma_{x,+} + \sigma_{y,+}) \pm \frac{1+\nu}{2}\sqrt{(\sigma_{x,+} - \sigma_{y,+})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,+}^2}$ přičemž ν : Poissonovo číslo materiálu
$\sigma_{v,-}$	Největší absolutní hodnota srovnávacího napětí na záporné straně plochy $\sigma_{v,-} = \frac{1-\nu}{2}(\sigma_{x,-} + \sigma_{y,-}) \pm \frac{1+\nu}{2}\sqrt{(\sigma_{x,-} - \sigma_{y,-})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,-}^2}$
$\sigma_{v,m}$	Největší absolutní hodnota membránového srovnávacího napětí $\sigma_{v,m} = \frac{1-\nu}{2}(\sigma_{x,m} + \sigma_{y,m}) \pm \frac{1+\nu}{2}\sqrt{(\sigma_{x,m} - \sigma_{y,m})^2 + 4 \cdot \tau_{xy,m}^2}$

Tab. 2.7: Srovnávací napětí podle BACHA, NAVIERA, ST. VENANTA, PONCELETA

2.2.1.2 Mezní stav použitelnosti



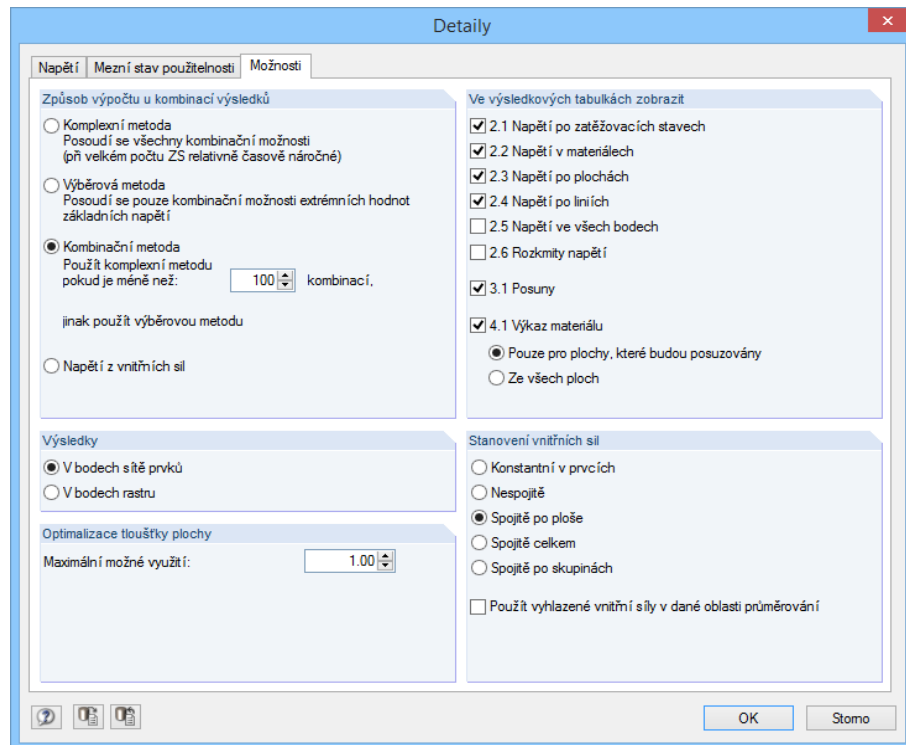
Obr. 2.16: Dialog Detaily, záložka Mezní stav použitelnosti

V šesti vstupních polích se stanoví *mezní stavy použitelnosti (průhyby)*. Lze zadat specifické údaje pro různé kombinace účinků (charakteristická, častá, kvazistálá) a také pro plochy podepřené na obou stranách či pouze na jedné straně.

Zatížení se řadí do jednotlivých kombinací účinků v záložce *Mezní stav použitelnosti* v dialogu 1.1 *Základní údaje* (viz kapitola 2.1.1.2, strana 11).

Referenční délky L se zadávají pro jednotlivé plochy v dialogu 1.4 *Údaje pro posouzení použitelnosti* (viz kapitola 2.1.4, strana 19).

2.2.1.3 Možnosti



Obr. 2.17: Dialog *Detaily*, záložka *Možnosti*

Způsob výpočtu u kombinací výsledků

V této sekci nastavíme, jakým způsobem se mají vypočítat návrhové vnitřní síly u kombinací výsledků. Předem nastavena je *kombinační metoda*, kdy se před posouzením zjišťuje, zda je výhodnější uplatnit *komplexní* nebo *výběrovou metodu*.

Komplexní metoda

Při této metodě se vnitřní síly z RFEMu vyhodnotí po řádcích a následně se odpovídajícím způsobem zkombinují. Jedná se o precizní metodu, při které se uvažují veškeré kombinační možnosti.

Nevýhoda komplexní metody spočívá v tom, že počet posuzovaných kombinací při zpracování řádky po řádce roste exponenciálně s počtem zatěžovacích stavů: v případě kombinace výsledků s počtem zatěžovacích stavů n je počet možných kombinací 2^n .

To znamená, že čím více zatěžovacích stavů kombinace obsahuje, tím si posouzení vyžádá výrazně více času. Posouzení ovšem zahrnují veškeré možnosti.

Výběrová metoda

Při této metodě se posuzují pouze extrémní hodnoty vnitřních sil každého zatěžovacího stavu a následně se kombinují. Proto se mimo jiné může stát, že při této metodě se nezjistí nejméně

příznivé kombinace jako při postupu po jednotlivých rádcích. Při vyšším počtu zatěžovacích stavů v kombinaci výsledků zůstává ovšem časová náročnost výpočtu v přijatelných mezích.

Vzhledem k tomu, že se posuzují pouze maximální hodnoty, nemusí analýza napětí touto metodou vést k naprosto spolehlivým výsledkům. Kritické jsou přitom kombinace, které obsahují zatěžovací stavy s ortogonálním směrem působení. V takovém případě doporučujeme provést kontrolní výpočet komplexní metodou.

Kombinační metoda

Při kombinační metodě se před vlastním posouzením zjišťuje, kolik možných kombinací existuje při stávajícím počtu zatěžovacích stavů. Pokud například kombinace výsledků obsahuje sedm zatěžovacích stavů, pak existuje $2^7 = 128$ možných kombinací vnitřních sil (viz *komplexní metoda*). Tento počet přesahuje předem nastavených 100 kombinací, a proto se při posouzení uplatní *výběrová metoda*.

V příslušném vstupním políčku můžeme stanovit horní hranici, kterou počet kombinací nesmí překročit, má-li se analýza provést přesnou komplexní metodou.

Kombinační metoda tak představuje kompromis mezi přesností výsledků a rychlostí výpočtu.

Napětí z vnitřních sil

Při tomto způsobu výpočtu se u kombinace výsledků spočítají napětí přímo z vnitřních sil na plochách, které se zobrazí ve výstupních tabulkách 4.14 a 4.15 hlavního programu RFEM. Můžeme tak například vyšetřit kombinace výsledků vytvořené v modulu RF-STAGES, neboť v tomto modulu nelze vnitřní síly od zatěžovacích stavů spočítat.

Výsledky

Napětí a posuny se standardně zobrazí v *bodech sítě prvků*. Uživatel má ovšem možnost zobrazit výsledky také v *bodech rastru*, které sám definoval a které jsou v RFEMu uloženy jako vlastnost plochy (viz manuál k hlavnímu programu RFEM, kapitola 8.12).

Ve výstupních dialogích se pod tabulkami s výsledky nachází přepínač, pomocí něhož určíme, zda se mají výsledná data zobrazit v *bodech sítě prvků* nebo v *bodech rastru*. Výsledky v bodech sítě prvků spočítá přímo výpočetní jádro, výsledky v bodech rastru se získají interpolací výsledků v uzlech sítě prvků.

V případě menších ploch může standardní vzdálenost bodů 0,5 m ve výsledném rastru vést k tomu, že na ploše se bude nacházet jen několik málo rastrových bodů nebo dokonce jen jediný, počáteční bod rastru. V takovém případě ani nezískáme maximální hodnoty, protože výsledný rastr je příliš hrubý. Vzdálenost rastrových bodů by pak měla být v RFEMu přizpůsobena rozměrům plochy, aby vzniklo více rastrových bodů.

Optimalizace tloušťky plochy

Jako cíl optimalizace je předem nastaveno maximální 100 % využití. V daném vstupním poli lze ovšem případně stanovit jinou horní hranici.

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 výstupní tabulky popisujeme v kapitole 3.3 *Výsledky*.

Dialogy 2.5 *Napětí ve všech bodech* a 2.6 *Rozkmitý napětí* jsou standardně vypnuty. Po označení příslušných políček můžeme překontrolovat výsledky ve všech uzlech sítě prvků, příp. rastrových bodech a dále rozkmitý napětí u posouzení na únavu.

V bodech sítě prvků V bodech rastru



Stanovení vnitřních sil

Při analýze metodou konečných prvků se spočítají výsledky v každém uzlu sítě prvků. Plynulé znázornění průběhu napětí nebo využití v grafickém okně ovšem vyžaduje výsledky vyhladit. Názorný příklad nám předkládá příručka k hlavnímu programu RFEM v kapitole 9.7.1.

Předem nastavena je volba *Spojitě po ploše*, neboť zpravidla poskytuje nejlepší výsledky. V daném případě se průměrují hodnoty v uzlech sítě prvků. Průměrování končí na hranici ploch, což může vést k nespojitostem mezi dvěma sousedními plochami.

V případě plastického materiálového modelu doporučujeme zvolit možnost *Konstantní v prvcích*: hodnoty v uzlech sítě prvků se zprůměrují a výsledek se zobrazí ve středu prvku. Průběh je v každém prvku konstantní.

Použití vyhlazené vnitřní síly v dané oblasti průměrování

Zpravidla se při posouzení vychází z vnitřních sil, které se v RFEMu průměrují pro jednotlivé plochy. Jestliže zaškrtneme příslušné políčko, použijí se při posouzení vnitřní síly z oblastí průměrování, které v RFEMu stanovil uživatel. Průměrované výsledky umožňují zmírnit singularitu a zohlednit v modelu lokální redistribuční účinky.

Oblasti průměrování popisujeme v kapitole 9.7.3 manuálu k hlavnímu programu RFEM.

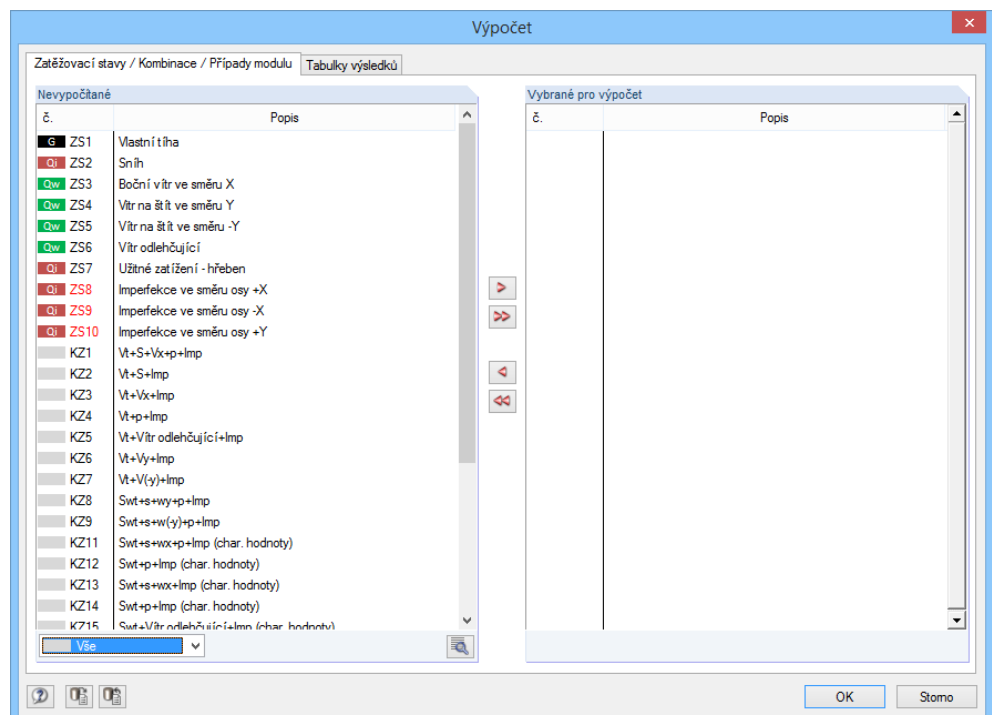
2.2.2 Spuštění výpočtu

Výpočet

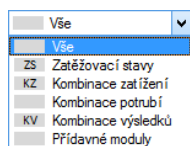
Ve všech vstupních dialogích modulu RF-STEEL Surfaces lze spustit výpočet kliknutím na tlačítko [Výpočet].

Modul RF-STEEL Surfaces nejdříve vyhledá výsledky příslušných zatěžovacích stavů, kombinací zatížení a kombinací výsledků. Pokud je nenajde, spustí se nejdříve v RFEMu výpočet rozhodujících vnitřních sil.

Posouzení lze spustit také z uživatelského prostředí RFEMu. Návrhové případy z přídatných modulů se totiž zobrazí v dialogu *Výpočet* (který otevřeme z hlavní nabídky *Výpočet* → *Vybrat pro výpočet...*) v seznamu zatěžovacích stavů a kombinací zatížení.



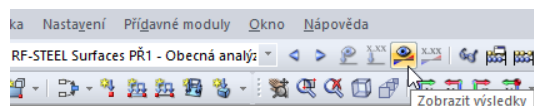
Obr. 2.18: Dialog *Výpočet*



Pokud v seznamu *Nevypočítané* chybí návrhové případy z modulu RF-STEEL Surfaces, je třeba nastavit pod seznamem volbu *Vše* nebo *Přídavné moduly*.

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

Výpočet určitého návrhového případu z modulu RF-STEEL Surfaces lze spustit také přímo z panelu nástrojů. V seznamu nastavíme požadovaný návrhový případ a následně klikneme na tlačítko [Zobrazit výsledky].

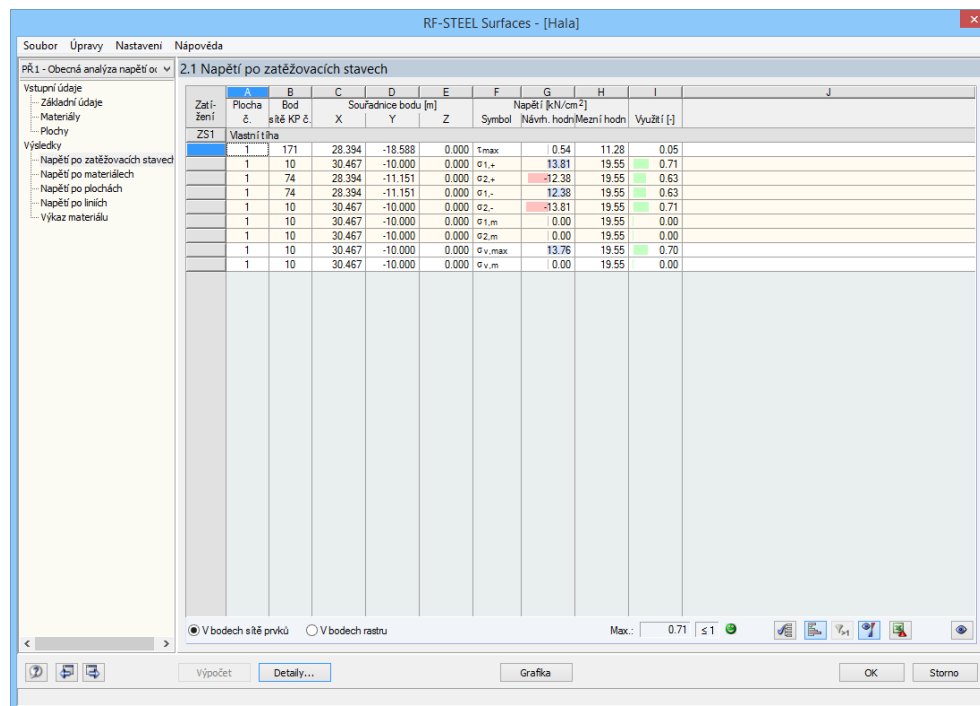


Obr. 2.19: Přímý výpočet návrhového případu z modulu RF-STEEL Surfaces v hlavním programu RFEM

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

2.3 Výsledky

Immediately after the end of the calculation, the dialog 2.1 *Napětí po zatěžovacích stavech* is displayed.



Zatížení	Plocha sítě KP č.	Bod sítě KP č.	Souřadnice bodu [m]			Napětí [kN/cm ²]			Využití [%]
			X	Y	Z	Symbol	Návrh. hodn.	Mezní hodn.	
ZS1									
	1	171	28.394	-18.588	0.000	σ _{1,max}	10.54	11.28	0.05
	1	10	30.467	-10.000	0.000	σ _{1,+}	13.81	19.55	0.71
	1	74	28.394	-11.151	0.000	σ _{2,+}	12.38	19.55	0.63
	1	74	28.394	-11.151	0.000	σ _{1,-}	12.38	19.55	0.63
	1	10	30.467	-10.000	0.000	σ _{2,-}	13.81	19.55	0.71
	1	10	30.467	-10.000	0.000	σ _{1,m}	0.00	19.55	0.00
	1	10	30.467	-10.000	0.000	σ _{2,m}	0.00	19.55	0.00
	1	10	30.467	-10.000	0.000	σ _{v,max}	13.76	19.55	0.70
	1	10	30.467	-10.000	0.000	σ _{v,m}	0.00	19.55	0.00

Obr. 2.20: Výstupní dialog

In tables of results 2.1 to 2.6, the assessment of the limit state of serviceability is sorted according to different criteria.

Dialog 3.1 provides information about the assessments in the limit state of usability. The last output dialog 4.1 contains the material output for the assessed surfaces.



All dialogs can be opened by clicking directly on their name in the navigator. The user can switch between them using the left and right arrow buttons (forward or backward) or functional keys [F2] and [F3].

V bodech sítě prvků V bodech rastru

In the output dialogs, under the tables, there is a switch to select the results, which can be set to display the results in *nodes of the mesh* or *nodes of the grid*. Results in the nodes of the mesh are calculated directly in the calculation core, results in the nodes of the grid are obtained by interpolation of results in the nodes of the mesh.

OK

By clicking the [OK] button, the results are saved. The RF-STEEL Surfaces module is closed and we return to the main program.

In chapter 2.3 *Results*, we will describe individual output dialogs in the appropriate order. Evaluation and control of results will be devoted in the following chapter 4 *Evaluation of results* on page 72.

2.3.1 Napětí po zatěžovacích stavech

V této tabulce se zobrazí maximální využití v případě posouzení mezního stavu únosnosti. Seřazena jsou podle jednotlivých zatěžovacích stavů, kombinací zatížení a kombinací výsledků.



Funkci tlačítek v dolní části dialogu popisujeme v kapitole 4 *Vyhodnocení výsledků* na straně 73.

2.1 Napětí po zatěžovacích stavech

Zatížení	Plocha č.	Bod sítě KP č.	Souřadnice bodu [m]			Napětí [kN/cm ²]			Využití [-]
			X	Y	Z	Symbol	Návrh. hodn.	Mezní hodn.	
ZS1	Vlastní tíha								
	1	171	28.394	-18.588	0.000	τ_{max}	0.54	11.28	0.05
	1	10	30.467	-10.000	0.000	$\sigma_{1,+}$	13.81	19.55	0.71
	1	74	28.394	-11.151	0.000	$\sigma_{2,+}$	-12.38	19.55	0.63
	1	74	28.394	-11.151	0.000	$\sigma_{1,-}$	12.38	19.55	0.63
	1	10	30.467	-10.000	0.000	$\sigma_{2,-}$	-13.81	19.55	0.71
	1	10	30.467	-10.000	0.000	$\sigma_{1,m}$	0.00	19.55	0.00
	1	10	30.467	-10.000	0.000	$\sigma_{2,m}$	0.00	19.55	0.00
	1	10	30.467	-10.000	0.000	$\sigma_{v,max}$	13.76	19.55	0.70
	1	10	30.467	-10.000	0.000	$\sigma_{v,m}$	0.00	19.55	0.00

V bodech sítě prvků V bodech rastru Max.: 0.71 ≤ 1

Obr. 2.21: Dialog 2.1 *Napětí po zatěžovacích stavech*

Plocha č.

V daném sloupci se zobrazí čísla ploch, na nichž se nacházejí rozhodující body.

Bod sítě KP/Bod rastru č.

V uvedených bodech sítě konečných prvků, resp. rastrových bodech bylo zjištěno největší využití. Druh napětí se uvádí ve sloupci F *Symbol*.

Body sítě konečných prvků se generují automaticky. Body rastru oproti tomu představují vlastnost plochy, kterou lze ovlivnit v hlavním programu RFEM. Pro každou plochu může uživatel vytvářet různé rastry k zobrazení výsledků. Příslušnou funkci popisujeme v kapitole 8.12 manuálu k programu RFEM. V dialogu *Detaily* v záložce *Možnosti* lze nastavit, zda se výsledky mají zobrazit v bodech sítě prvků nebo v bodech rastru (viz kapitola 2.2.1.3, strana 27).

Souřadnice bodu X/Y/Z

V těchto 3 sloupcích se uvádí souřadnice rozhodujících bodů sítě prvků nebo bodů rastru.

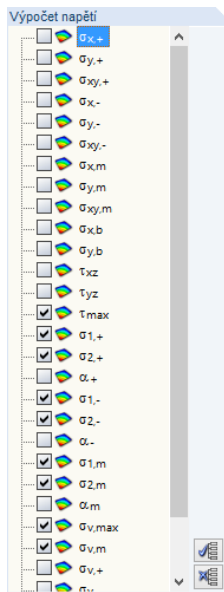
Symbol

Standardně se zobrazí využití následujících druhů napětí:

- Smykové napětí τ_{max}
- Hlavní napětí σ ve směru hlavních os na horní a dolní straně plochy
- Membránové napětí σ_m ve směru hlavních os
- Srovnávací napětí σ_v
- Membránové srovnávací napětí $\sigma_{v,m}$

V bodech sítě prvků V bodech rastru

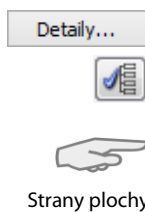
Detaily...



Indexy u symbolů normálových napětí σ , smykových napětí τ a srovnávacích napětí σ_v mají následující význam:

Symbol	Význam
x	Směr lokální osy x dané plochy
y	Směr lokální osy y dané plochy
1	Směr hlavní osy 1
2	Směr hlavní osy 2
+	Kladná strana plochy (strana ve směru kladné lokální osy z dané plochy)
-	Záporná strana plochy (strana protilehlá ke kladné ose z dané plochy)
m	Napětí od membránové síly (normálové síly)
b	Napětí od ohybového momentu

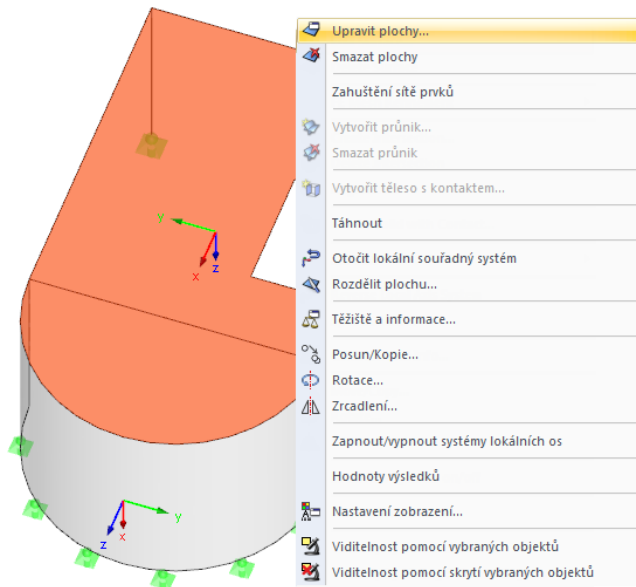
Tab. 2.8: Symboly napětí



Strany plochy

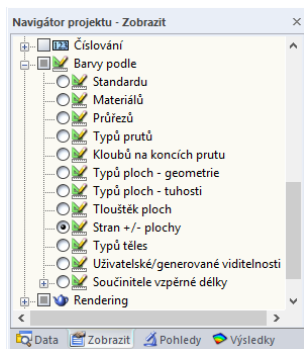
Výběr druhů napětí, které se mají zobrazit ve výstupních dialogích, lze upravit v dialogu *Detaily* v záložce *Napětí* (viz obr. 2.15, strana 20). Tento dialog lze otevřít rovněž pomocí vlevo znázorněného tlačítka, které se nachází pod tabulkou.

Kladná strana plochy leží vždy ve směru kladné lokální osy z každé plochy – nezávisle na směru globální osy Z. V grafickém okně RFEMu se souřadné systémy ploch xyz zobrazí, jakmile se kurzor myši pohybuje nad některou plochou. Osy můžeme zobrazit také z místní nabídky plochy (vyvoláme ji tak, že na plochu klikneme pravým tlačítkem myši).



Obr. 2.22: Místní nabídka plochy v RFEMu

Položka *Barvy podle* → *stran +/- plochy* v navigátoru *Zobrazit* umožňuje strany ploch znázornit odlišnou barvou (viz obrázek vlevo).



Napětí - Návrhová hodnota

V tomto sloupci se zobrazí extrémní hodnoty návrhových napětí, které se vypočítaly pomocí rovnic uvedených v tab. 2.3 až tab. 2.7 (viz strana 21 až 25).

Pro každý druh napětí se spočítají maximální (kladné) a minimální (záporné) hodnoty napětí a poté se porovnají jejich absolutní hodnoty. Větší z těchto dvou hodnot se následně zapíše do sloupce G.

Srovnávací napětí σ_v se počítají v souladu s hypotézou, kterou uživatel nastavil v dialogu *Detaily* v záložce *Napětí* (viz obr. 2.15, strana 20).

Napětí - Mezní hodnota

V tomto sloupci se znovu zobrazí mezní napětí ze sloupců E až H v tabulce 1.2 (viz kapitola 2.1.2, strana 12). Konkrétně se jedná o následující únosnosti:

- Mezní normálové napětí σ_x jako dovolené namáhání ohybem a membránovou silou
- Mezní smykové napětí τ jako dovolené smykové namáhání posouvající silou a kroucením
- Mezní srovnávací napětí σ_v jako dovolené srovnávací napětí pro současné působení normálových a smykových napětí
- Mezní membránové srovnávací napětí $\sigma_{v,m}$ jako dovolené srovnávací napětí od membránových napětí

Využití

V posledním sloupci se uvádí podíl návrhového a mezního napětí. Pokud nebude mezní napětí překročeno, je využití menší nebo rovno 1 a posouzení napětí je splněno.

Políčka v tomto sloupci jsou částečně podbarvena. Délka barevného pruhu přitom odpovídá míře využití.

$$\frac{\sigma}{\sigma_{R,d}} \leq 1$$

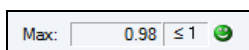
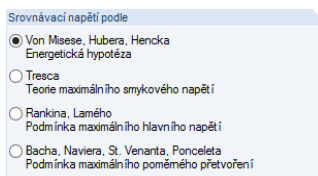
Rovnice 2.5: Podmínka posouzení pro normálová napětí

$$\frac{\tau}{\tau_{R,d}} \leq 1$$

Rovnice 2.6: Podmínka posouzení pro smyková napětí

$$\frac{\sigma_v}{\sigma_{R,d}} \leq 1$$

Rovnice 2.7: Podmínka posouzení pro srovnávací napětí



2.3.2 Napětí po materiálech

2.2 Napětí po materiálech

Materiál č.	A Plocha č.	B Bod sítě KP č.	C Souřadnice bodu [m]			E Zatě- žování	F Zatě- žování	G Napětí [kN/cm ²]		I Mezní hod.	J Využití [%]	K
			X	Y	Z			Symbol	Návrh. hod.			
1	Ocel S 235											
1	171	28.394	-18.588	0.000	ZS1	τ_{max}	0.54	11.28	0.05			
1	10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{1,+}$	13.81	19.55	0.71			
1	74	28.394	-11.151	0.000	ZS1	$\sigma_{2,+}$	-12.38	19.55	0.63			
1	74	28.394	-11.151	0.000	ZS1	$\sigma_{1,-}$	12.38	19.55	0.63			
1	10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{2,-}$	-13.81	19.55	0.71			
1	10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{1,m}$	0.00	19.55	0.00			
1	10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{2,m}$	0.00	19.55	0.00			
1	10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{v,max}$	13.76	19.55	0.70			
1	10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{v,m}$	0.00	19.55	0.00			

V bodech sítě prvků V bodech rastru Max.: 0.71 ≤ 1

Obr. 2.23: Dialog 2.2 Napětí po materiálech

V této tabulce se zobrazí největší využití seřazená podle materiálů. Jednotlivé sloupce popisujeme v kapitole 2.3.1.

2.3.3 Napětí po plochách

2.3 Napětí po plochách

Plocha č.	A Bod sítě KP č.	B Souřadnice bodu [m]			E Zatě- žování	F Zatě- žování	G Napětí [kN/cm ²]		I Mezní hod.	J Využití [%]	K
		X	Y	Z			Symbol	Návrh. hod.			
1	Materiál : Ocel S 235 - Tloušťka d: 4.20 cm										
10	171	28.394	-18.588	0.000	ZS1	τ_{max}	0.54	11.28	0.05		
10	10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{1,+}$	13.81	19.55	0.71		
10	74	28.394	-11.151	0.000	ZS1	$\sigma_{2,+}$	-12.38	19.55	0.63		
10	74	28.394	-11.151	0.000	ZS1	$\sigma_{1,-}$	12.38	19.55	0.63		
10	10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{2,-}$	-13.81	19.55	0.71		
10	10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{1,m}$	0.00	19.55	0.00		
10	10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{2,m}$	0.00	19.55	0.00		
10	10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{v,max}$	13.76	19.55	0.70		
10	10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{v,m}$	0.00	19.55	0.00		

V bodech sítě prvků V bodech rastru Max.: 0.71 ≤ 1

Obr. 2.24: Dialog 2.3 Napětí po plochách

Tato výstupní tabulka obsahuje maximální využití napětí u každé posouzené plochy.

2.3.4 Napětí po liniích

2.4 Napětí po liniích

Linie č.	Bod sítě KP č.	Souřadnice bodu [m]			Zatěžování	Napětí [kN/cm ²]			Využití [%]
		X	Y	Z		Symbol	Návrh. hodn.	Mezní hodn.	
137 Uzel č.: 74,75,76									
74	28.394	-11.151	0.000	ZS1	$\sigma_{1,+}$	0.39	11.28	0.03	
76	29.546	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{1,+}$	9.55	19.55	0.49	
74	28.394	-11.151	0.000	ZS1	$\sigma_{2,+}$	-12.38	19.55	0.63	
74	28.394	-11.151	0.000	ZS1	$\sigma_{1,-}$	12.38	19.55	0.63	
76	29.546	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{2,-}$	-9.55	19.55	0.49	
74	28.394	-11.151	0.000	ZS1	$\sigma_{1,m}$	0.00	19.55	0.00	
74	28.394	-11.151	0.000	ZS1	$\sigma_{2,m}$	0.00	19.55	0.00	
74	28.394	-11.151	0.000	ZS1	$\sigma_{v,max}$	12.42	19.55	0.64	
74	28.394	-11.151	0.000	ZS1	$\sigma_{v,m}$	0.00	19.55	0.00	
138 Uzel č.: 76,77									
76	29.546	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{1,+}$	0.11	11.28	0.01	
10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{1,+}$	13.81	19.55	0.71	
219	30.006	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{2,+}$	0.19	19.55	0.01	
219	30.006	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{1,-}$	-0.19	19.55	0.01	
10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{2,-}$	-13.81	19.55	0.71	
10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{1,m}$	0.00	19.55	0.00	
10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{2,m}$	0.00	19.55	0.00	
10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{v,max}$	13.76	19.55	0.70	
10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{v,m}$	0.00	19.55	0.00	
139 Uzel č.: 77,78,79									
79	33.000	-11.151	0.000	ZS1	$\sigma_{1,+}$	0.39	11.28	0.03	
77	31.849	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{1,+}$	9.55	19.55	0.49	
79	33.000	-11.151	0.000	ZS1	$\sigma_{2,+}$	-12.38	19.55	0.63	
79	33.000	-11.151	0.000	ZS1	$\sigma_{1,-}$	12.38	19.55	0.63	
77	31.849	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{2,-}$	-9.55	19.55	0.49	
77	31.849	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{1,m}$	0.00	19.55	0.00	
77	31.849	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{2,m}$	0.00	19.55	0.00	
79	33.000	-11.151	0.000	ZS1	$\sigma_{v,max}$	12.42	19.55	0.64	
77	31.849	-10.000	0.000	ZS1	$\sigma_{v,m}$	0.00	19.55	0.00	
140 Uzel č.: 79,80									

V bodech sítě prvků
 V bodech rastru
 Max.: 0.71 ≤ 1

Obr. 2.25: Dialog 2.4 Napětí po liniích

V této tabulce se zobrazí maximální napětí u všech linií, které se nacházejí na posuzovaných plochách. Údaje jsou seřazeny podle čísel linií.

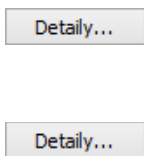
2.3.5 Napětí po bodech

2.5 Napětí po bodech

Bod sítě KP č.	Plocha č.	Linie č.	Uzel č.	Souřadnice bodu [m]			Zatěžování	Symbol	Napětí [kN/cm ²]		Využití [%]
				X	Y	Z			Návrh. hodn.	Mezní hodn.	
1	1	1.4	1	3.273	11.542	0.000	ZS1	T _{max}	1.41	11.28	0.13
								σ _{1,+}	-3.64	19.55	0.19
								σ _{2,+}	-10.43	19.55	0.53
								σ _{1,-}	10.43	19.55	0.53
								σ _{2,-}	3.64	19.55	0.19
								σ _{1,m}	0.00	19.55	0.00
								σ _{2,m}	0.00	19.55	0.00
								σ _{v,max}	9.17	19.55	0.47
								σ _{v,m}	0.00	19.55	0.00
2	1	1.2	2	3.273	4.000	0.000	ZS1	T _{max}	0.29	11.28	0.03
								σ _{1,+}	2.96	19.55	0.15
								σ _{2,+}	0.69	19.55	0.04
								σ _{1,-}	-0.69	19.55	0.04
								σ _{2,-}	-2.96	19.55	0.15
								σ _{1,m}	0.00	19.55	0.00
								σ _{2,m}	0.00	19.55	0.00
								σ _{v,max}	2.69	19.55	0.14
								σ _{v,m}	0.00	19.55	0.00
3	1	2.3	3	-11.000	4.000	0.000	ZS1	T _{max}	0.29	11.28	0.03
								σ _{1,+}	2.96	19.55	0.15
								σ _{2,+}	0.69	19.55	0.04
								σ _{1,-}	-0.69	19.55	0.04
								σ _{2,-}	-2.96	19.55	0.15
								σ _{1,m}	0.00	19.55	0.00
								σ _{2,m}	0.00	19.55	0.00
								σ _{v,max}	2.69	19.55	0.14
								σ _{v,m}	0.00	19.55	0.00
4	1	3.4	4	-11.000	11.542	0.000	ZS1	T _{max}	1.41	11.28	0.13
								σ _{1,+}	-3.64	19.55	0.19

Plocha č.: [Vše] Linie č.: [Vše] Uzel č.: [Vše] Zatěžování: [Vše] Max.: 0.69 ≤ 1

Obr. 2.26: Dialog 2.5 Napětí po bodech



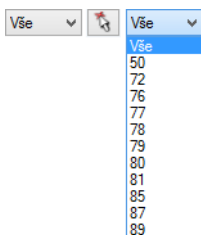
Standardně se tato výstupní tabulka nezobrazí, protože v případě složitějších konstrukcí je množství příslušných dat značné. Pokud však chceme tyto údaje cíleně vyhodnotit, můžeme tabulku zapnout v dialogu *Detaily* v záložce *Možnosti* (viz obr. 2.17, strana 26).

V této tabulce se zobrazí napětí a využití v každém bodu sítě konečných prvků, resp. rastrovém bodu posuzovaných ploch. V dialogu *Detaily* v záložce *Možnosti* (viz obr. 2.17, strana 26) se pak nastavuje, zda se výsledky mají zobrazit v bodech sítě prvků nebo v bodech rastru, které definoval uživatel.

Jednotlivé sloupce tabulky popisujeme v kapitole 2.3.1 na straně 31.

Filtrování výsledných dat

Pro lepší přehlednost lze údaje v tabulce filtrovat podle čísel ploch, linií a uzlů a také podle zatížení. Čísla objektů lze vybrat ze seznamů pod příslušnými sloupci. Konkrétní objekty dané konstrukce lze také vybrat pomocí funkce [^] v grafickém okně RFEMu.



Filtrování

2.3.6 Rozkmity napětí

2.6 Rozkmity napětí

Bod sítě KP č.	Prvek č.	Plocha č.	Linie č.	Uzel č.	Souřadnice bodu [m]			Symbol	Zatěžován	Napětí [kN/cm ²]			Rozkmit
					X	Y	Z			Maximum	Zatěžován	Minimum	
1	1	1	1.4	1	3.273	11.542	0.000	τ _{max}	ZS1	1.41	-	-	-
								σ _{1,+}	-	-	ZS1	-3.64	-
								σ _{2,+}	-	-	ZS1	-10.43	-
								σ _{1,-}	ZS1	10.43	-	-	-
								σ _{2,-}	ZS1	3.64	-	-	-
								σ _{1,m}	ZS1	0.00	-	-	-
								σ _{2,m}	ZS1	0.00	-	-	-
								σ _{v,max}	ZS1	9.17	-	-	-
								σ _{v,m}	ZS1	0.00	-	-	-
2	15	1	1.2	2	3.273	4.000	0.000	τ _{max}	ZS1	0.29	-	-	-
								σ _{1,+}	ZS1	2.96	-	-	-
								σ _{2,+}	ZS1	0.69	-	-	-
								σ _{1,-}	-	-	ZS1	-0.69	-
								σ _{2,-}	-	-	ZS1	-2.96	-
								σ _{1,m}	ZS1	0.00	-	-	-
								σ _{2,m}	ZS1	0.00	-	-	-
								σ _{v,max}	ZS1	2.69	-	-	-
								σ _{v,m}	ZS1	0.00	-	-	-
3	435	1	2.3	3	-11.000	4.000	0.000	τ _{max}	ZS1	0.29	-	-	-
								σ _{1,+}	ZS1	2.96	-	-	-
								σ _{2,+}	ZS1	0.69	-	-	-
								σ _{1,-}	-	-	ZS1	-0.69	-
								σ _{2,-}	-	-	ZS1	-2.96	-
								σ _{1,m}	ZS1	0.00	-	-	-
								σ _{2,m}	ZS1	0.00	-	-	-
								σ _{v,max}	ZS1	2.69	-	-	-
								σ _{v,m}	ZS1	0.00	-	-	-
4	421	1	3.4	4	-11.000	11.542	0.000	τ _{max}	ZS1	1.41	-	-	-
								σ _{1,+}	-	-	ZS1	-3.64	-

Obr. 2.27: Dialog 2.6 Rozkmity napětí

Detaily...

Tato výstupní tabulka se standardně nezobrazí, lze ji však zapnout v dialogu *Detaily* v záložce *Možnosti* (viz obr. 2.17, strana 26).

Rozkmity napětí jsou nezbytné pro posouzení provozní odolnosti, při nichž se zkoumá únavové chování. V této tabulce se zobrazí napěťové rozdíly v každém bodu sítě konečných prvků, resp. v každém rasterovém bodu posouzených ploch.

Detaily...

Výběr druhů napětí, které se mají zobrazit ve výstupních dialozích, lze upravit v dialogu *Detaily* v záložce *Napětí* (viz obr. 2.15, strana 20). Tento dialog lze otevřít rovněž pomocí vlevo znázorněného tlačítka, které se nachází pod tabulkou.

Vše

Vše

- Vše
- 50
- 72
- 76
- 77
- 78
- 79
- 80
- 81
- 85
- 87
- 89

Údaje v tabulce lze filtrovat podle čísel ploch, linií a uzlů. Konkrétní objekty lze vybrat v příslušných seznamech pod jednotlivými sloupci nebo také pomocí funkce [F] v grafickém okně.

Sloupce A až H popisujeme v kapitole 2.3.1 na straně 31.

Zatěžování

Ve sloupci I a K se zobrazí zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků, které vyvozují maximální, resp. minimální hodnoty složek napětí. Uvažují se přitom veškerá zatížení, která uživatel vybral v dialogu 1.1 *Základní údaje* pro posouzení mezního stavu únosnosti.

Napětí Maximum / Minimum

Ve sloupci J jsou uvedeny maximální, ve sloupci L minimální hodnoty každého druhu napětí. Kladné extrémní hodnoty přitom představují *Maximum*, záporné extrémní hodnoty pak *Minimum*.

Rozkmit

Hodnoty v posledním sloupci udávají rozkmit napětí, který se stanoví z obou extrémních hodnot uvedených ve sloupcích J a L.

2.3.7 Posuny

Posouzení deformací se provedou jen v případě, že jsme v dialogu 1.1 *Základní údaje* v záložce *Mezní stav použitelnosti* (viz kapitola 2.1.1.2, strana 11) vybrali k posouzení alespoň jedno zatížení a definovali referenční délky ploch pro mezní deformace v dialogu 1.4 *Údaje pro posouzení použitelnosti* (viz kapitola 2.1.4, strana 19).

V této tabulce se zobrazí maximální posuny od zatěžovacích stavů nebo kombinací zatížení, které jsme vybrali pro posouzení mezního stavu použitelnosti, a porovnájí se s dovolenými deformacemi. Údaje jsou seřazeny podle čísel ploch.

3.1 Posuny										
Plocha č.	Bod sítě KP č.	Souřadnice bodu [m]			Zatěžování	Kombinace	Posuny [mm]		Využití [%]	J
		X	Y	Z			u_z	Limit u_z		
1	10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	CH	1.1	26.4	0.04	
	10	30.467	-10.000	0.000	ZS2	CH	0.0	26.4	0.00	
Maximální posuny podle hodnoty / poměru										
1	10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	CH	1.1	26.4	0.04	
1	10	30.467	-10.000	0.000	ZS1	CH	1.1	26.4	0.04	
Minimální posuny podle hodnoty / poměru										
1	50	33.000	-12.143	0.000	ZS1	CH	0.0	26.4	0.00	
1	50	33.000	-12.143	0.000	ZS1	CH	0.0	26.4	0.00	

V bodech sítě prvků V bodech rastru Max.: 0.04 ≤ 1

Obr. 2.28: Dialog 3.1 *Posuny*

Sloupce A až D popisujeme v kapitole 2.3.1 na straně 31.

Zatěžování

Ve sloupci E jsou seřazena podle ploch všechna zatížení, která jsme vybrali pro posouzení deformace. Získáme tak přehled o maximálním posunu u každého zatěžovacího stavu nebo kombinace zatížení.

Kombinace

V tomto sloupci se znovu uvádí návrhové situace, které jsme stanovili v dialogu 1.1 *Základní údaje* v záložce *Mezní stav použitelnosti* (viz kapitola 2.1.1.2, strana 11):

- Charakteristická (CH)
- Častá (ČA)
- Kvazistálá (KS)

Posuny - u_z

V tomto sloupci se zobrazí posuny ve směru lokální osy z daných ploch, které jsou rozhodující pro posouzení deformace. Maximální deformace u_z se uvádí ve vztahu k původní nepřetvořené konstrukci.

Lokální osy ploch xyz lze zobrazit z navigátoru *Zobrazit* v hlavním programu RFEM nebo také z místní nabídky plochy (viz obr. 2.22, strana 32).

Posuny - Limit u_z

Sloupec H obsahuje mezní deformace ve směru osy z každé plochy. Stanoví se z referenčních délek L okrajových linií, které jsme zadali v dialogu 1.4 (viz kapitola 2.1.4, strana 19), a z obecných mezních hodnot definovaných pro posouzení použitelnosti v dialogu *Detaily* v záložce *Mezní stav použitelnosti* (viz obr. 2.16, strana 25).

Využití

V posledním sloupci se zobrazí podíly návrhového posunu u_z (sloupec G) a mezního posunu *Limit* u_z (sloupec H). Pokud nebudou mezní deformace překročeny, je využití menší nebo rovno 1 a posouzení mezního stavu použitelnosti je splněno.

Maximální, resp. minimální posuny podle hodnoty / poměru

Na konci seznamu se zobrazí přehled extrémních hodnot posunů u_z (sloupec G) a stupňů využití (sloupec I) všech posouzených ploch. Údaje se zobrazí zvlášť pro maximální (kladné) a minimální (záporné) hodnoty.

2.3.8 Výkaz materiálu

Poslední výstupní tabulka podává celkový přehled o plochách v daném návrhovém případě.

4.1 Výkaz materiálu

Položka č.	A	B	C	D	E	F	G
	Materiál	Tloušťka Typ	d [mm]	Plocha [m ²]	Povrch [m ²]	Objem [m ³]	Hmotnost [t]
1	Ocel S 235*	Konstantní	90.0	107.65	215.30	9.69	76.05
Součet				107.65	215.30	9.69	76.05
4	Ocel S 355	Konstantní	60.0	23.65	47.30	1.42	11.14
Součet				23.65	47.30	1.42	11.14
Součet				131.30	262.60	11.11	87.19

V bodech sítě prvků
 V bodech rastru

Obr. 2.29: Dialog 4.1 Výkaz materiálu

Detaily...

Při standardním nastavení se údaje budou týkat jen posuzovaných ploch. Pokud si přejeme zobrazit výkaz materiálu všech ploch v modelu konstrukce, pak lze nastavení upravit v dialogu *Detaily* v záložce *Možnosti* (viz obr. 2.17, strana 26).

Položka č.

Čísla položek se řídí čísly ploch.

Materiál

Plochy jsou roztříděny podle materiálů. Na posledním řádku je u daného materiálu uveden součet hodnot ze sloupců D až G.

Tloušťka

Ve sloupcích B a C se zobrazí *typ* tloušťky a tloušťka *d*. Tyto údaje najdeme také ve vstupním dialogu 1.3 *Plochy*.

Plocha

V tomto sloupci se uvádí obsah jednotlivých ploch.

Povrch

Povrch plochy se spočítá na základě horní a dolní strany plochy. Postranní plochy tenkostěnných ocelových ploch se zanedbávají.

Objem

Objem plochy se vypočítá jako součin tloušťky a obsahu plochy. Pokud má plocha proměnnou tloušťku, tato skutečnost se při výpočtu zohlední.

Hmotnost

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

Součet

Na posledním řádku přehledu vidíme celkové součty hodnot ze sloupců D až G. V poli *Hmotnost* najdeme údaj o celkovém potřebném množství oceli.

3. RF-STEEL Members

3.1 Vstupní data

Po spuštění přídatného modulu RF-STEEL Members se zobrazí nové okno, v jehož levé části vidíme navigátor pro přístup ke všem stávajícím dialogům. Nad navigátorem se nachází rozbalovací seznam všech případně již zadaných návrhových případů (viz kapitola 6.1, strana 91).

Údaje, které jsou zapotřebí pro posouzení, se zadávají v několika vstupních dialogích. Pokud modul RF-STEEL Members spouštíme poprvé, pak se automaticky načtou následující parametry:

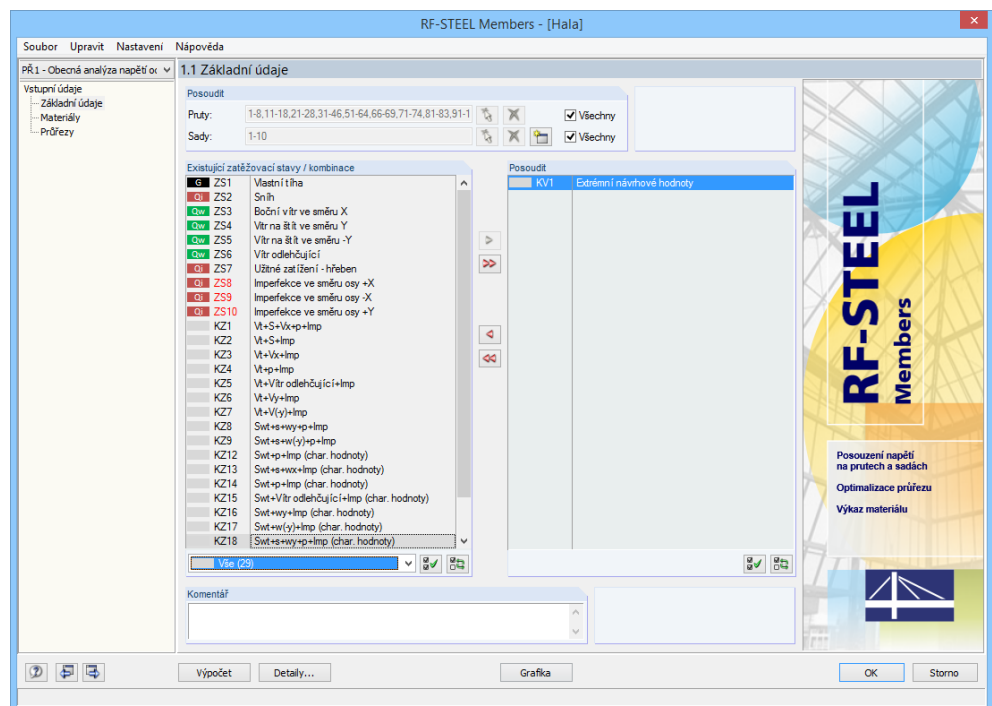
- Pruty a sady prutů
- Zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků a dále případy z modulu RF-DYNAM
- Materiály
- Průřezy
- Vnitřní síly (na pozadí – pokud byly vypočítány)

Dialogy lze otevřít kliknutím na jejich název v navigátoru modulu. Uživatel může mezi nimi přepínat také pomocí vlevo znázorněných tlačítek (listování dopředu či zpět) nebo pomocí funkčních kláves [F2] a [F3].

Tlačítkem [OK] uložíme zadané údaje a modul RF-STEEL Members zavřeme. Vrátime se do hlavního programu. Tlačítkem [Storno] modul ukončíme bez uložení dat.

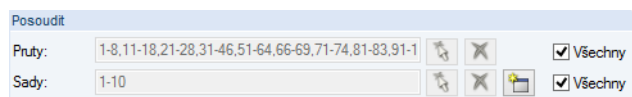
3.1.1 Základní údaje

V dialogu 1.1 *Základní údaje* se vybírají pruty, sady prutů a zatížení k posouzení. Norma, podle které se posouzení provede, se určí až v dialogu 1.2, protože souvisí s vlastnostmi materiálu.



Obr. 3.1: Dialog 1.1 *Základní údaje*

Sekce Posoudit



Obr. 3.2: Posouzení prutů a sad prutů

Posoudit lze jak *pruty* tak *sady* prutů. Pokud se mají posoudit pouze některé objekty, je třeba zrušit označení políčka *Všechny*. Tím se zpřístupní obě vstupní pole, do nichž lze zadávat čísla příslušných prutů nebo sad prutů. Seznam předem nastavených čísel lze vybrat dvojným kliknutím a přepsat ručně. Pomocí tlačítka [↵] lze příslušné objekty zvolit i graficky v pracovním okně RFEMu.

Při posouzení sady prutů se vypočítají extrémní hodnoty využití všech prutů z dané sady. Výsledky se zobrazí ve výstupních tabulkách 2.3 *Napětí po sadách prutů*, 3.2 *Rozhodující vnitřní síly po sadách prutů* a 4.2 *Výkaz materiálu po sadách prutů*.

Pro vytvoření nové sady prutů můžeme použít vlevo znázorněné tlačítko. Otevře se dialog, který již známe z programu RFEM, v němž vyplníme příslušné údaje.

Existující zatěžovací stavy / kombinace

V této sekci se vypíší všechny zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků, které byly v RFEMu vytvořeny.



RF-STEEL Members umí posoudit také případy z modulu RF-DYNAM.

Pomocí tlačítka [▶] můžeme vybrané položky zařadit do seznamu vpravo *Posoudit*. Jednotlivé položky lze vybrat i dvojným kliknutím. Tlačítkem [▶▶] převedeme do tabulky vpravo celý seznam.

Mnohonásobný výběr zatěžovacích stavů lze provést, jak je ve Windows běžné, se stisknutou klávesou [Ctrl]. Můžeme tak převádět několik zatěžovacích stavů najednou.

Pokud jsou zatěžovací stavy označeny hvězdičkou (*), jako například ZS 6 a ZS 7 na obr. 3.1, nelze je posoudit: v takovém případě jim totiž nebyla přiřazena žádná zatížení nebo obsahují výlučně imperfekce. Při převodu daného zatěžovacího stavu se zobrazí příslušné upozornění.

Pod seznamem máme k dispozici různé filtrovací funkce. Slouží k třídění položek podle kategorie účinku nebo podle toho, zda se jedná o zatěžovací stav či určitý druh kombinace. Tlačítka v této sekci mají následující funkce:

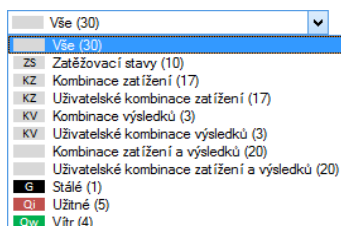
	Slouží k výběru všech zatěžovacích stavů v seznamu.
	Obrátí výběr zatěžovacích stavů.

Tabulka 3.1: Tlačítka v sekci *Existující zatěžovací stavy / kombinace*

Sekce Posoudit

Tabulka vpravo obsahuje zatěžovací stavy, kombinace zatížení a kombinace výsledků, které jsme vybrali k posouzení. Tlačítkem [◀] nebo dvojným kliknutím můžeme vybrané položky ze seznamu opět odstranit. Tlačítkem [◀◀] smažeme celý seznam.

Výpočet obálky souhrnné kombinace výsledků Max/Min probíhá sice rychleji než posouzení všech vybraných zatěžovacích stavů a kombinací zatížení, posouzení kombinace výsledků má ovšem také nevýhody: lze při něm jen stěží rozpoznat vliv jednotlivých zatížení.



Komentář

Komentář

Posouzení napětí při mezním stavu únosnosti

Obr. 3.4: Komentář uživatele

V tomto vstupním poli může uživatel uvést vlastní poznámku například k aktuálnímu návrhovému případu.

3.1.2 Materiály

Tento dialog je rozdělen do dvou částí. V horní sekci se uvádí všechny materiály, které byly do RFEMu uloženy. Ve spodní sekci *Materiálové charakteristiky* se zobrazí vlastnosti aktuálního materiálu, tzn. materiálu, jehož řádek jsme vybrali v horní sekci.

1.2 Materiály

Materiál č.	A Označení materiálu	B Součinitel spolehlivosti γ_M [-]	C Mez kluzu f_{yk} [kN/cm ²]	D Ručně	E Mezní napětí [kN/cm ²]			G
					mezí σ_x	mezí τ	mezí σ_{eqv}	
1	Ocel S 235 DIN 18800:1990-1	1.10	24.00	<input type="checkbox"/>	21.82	12.60	21.82	
2	Ocel S 355 DIN 18800:1990-1	1.10	36.00	<input type="checkbox"/>	32.73	18.90	32.73	
3	Beton C50/60 DIN 1045-1:200	1.00	0.00	<input type="checkbox"/>	0.00	0.00	0.00	

Materiálové charakteristiky

Hlavní vlastnosti

Modul pružnosti	E	21000.00	kN/cm ²
Smykový modul	G	8100.00	kN/cm ²
Poissonův součinitel	ν	0.296	
Objemová tíha	γ	78.50	kN/m ³
Součinitel teplotní roztlačnosti	α	1.2000E-05	1/K
Parciální součinitel spolehlivosti	γ_M	1.10	

Doplnující vlastnosti

Součinitel pro mezní napětí svarů	α_w	0.800	
<input type="checkbox"/> Rozmezí tloušťky $t \leq 4.00$ cm			
Mez kluzu	f_y	36.00	kN/cm ²
Pevnost v tahu	f_u	49.00	kN/cm ²
<input type="checkbox"/> Rozmezí tloušťky $t > 4.00$ cm a $t \leq 8.00$ cm			
Mez kluzu	f_y	33.50	kN/cm ²
Pevnost v tahu	f_u	49.00	kN/cm ²

Materiál č. 2 použit pro

Průřezy č.:
9

Pruty č.:
66-69,71-74

Sady prutů č.:
[]

Σ Délky: 50.00 [m] Σ Hmotnosti: 2.853 [t]

Obr. 3.5: Dialog 1.2 Materiály

Materiály, které se nebudou při posouzení uvažovat, jsou uvedeny šedým písmem. Nepřípustné materiály se uvádí červeným písmem, změněné materiály modrým.

V kapitole 4.3 manuálu k hlavnímu programu RFEM popisujeme materiálové parametry, které se uplatňují při výpočtu vnitřních sil (*hlavní vlastnosti*). Do globální databáze materiálů se uloží také materiálové charakteristiky, které jsou zapotřebí pro posouzení. Dané hodnoty se předem nastaví (*doplňující vlastnosti*).

Jednotky a desetinná místa materiálových hodnot a napětí lze měnit příkazem z hlavní nabídky **Nastavení** → **Jednotky a desetinná místa...** (viz kapitola 6.3, strana 97).

Označení materiálu

V tomto sloupci se automaticky nastaví materiály definované v RFEMu. Můžeme je ovšem kdykoli změnit: klikneme na materiál ve sloupci A, čímž aktivujeme dané políčko. Následně klikneme na tlačítko [▼] nebo stiskneme klávesu [F7]. Otevřeme tak seznam materiálů.

Steel S 355 DIN 18800:1990-▼	
Steel S 235	DIN 18800:1990-11
Steel S 275	DIN 18800:1990-11
Steel S 355	DIN 18800:1990-11
Fine Grain Steel S 275 N	DIN 18800:1990-11
Fine Grain Steel S 275 M	DIN 18800:1990-11
Fine Grain Steel S 355 N	DIN 18800:1990-11
Fine Grain Steel S 355 M	DIN 18800:1990-11
Fine Grain Steel S 460 N	DIN 18800:1990-11
Fine Grain Steel S 460 M	DIN 18800:1990-11
Improved Steel C 35+N	DIN 18800:1990-11

Obr. 3.6: Seznam materiálů

Ze seznamu můžeme vybírat pouze materiály kategorie *Ocel*. V podstatě lze posoudit také jiné materiály, jestliže koncepce posouzení spočívá v porovnání návrhových normálových, smykových a srovnávacích napětí vždy s příslušným dovoleným namáháním. Lze tak například provést analýzu napětí hliníkových profilů nebo profilů z ušlechtilé oceli. K tomu se musí samozřejmě dodatečně zohlednit příslušné normové předpisy.

Jakmile vybereme požadovaný materiál, *materiálové charakteristiky* se aktualizují.

Mezní napětí červeně zvýrazněného, nepřipustného materiálu (například jehličnatého dřeva) můžeme zadat pomocí číselníku ve sloupci C *Mez kluzu* nebo *ručně* po zaškrtnutí příslušného políčka ve sloupci D. Pokud nastavíme dovolená napětí ve sloupcích E až G, červené vyznačení zmizí.

Jestliže změním označení materiálu ručně a v databázi materiálů existuje položka se stejným názvem, RF-STEEL Members rovněž načte příslušné materiálové hodnoty.

Možnost převzetí materiálů z databáze popisujeme na dalších stránkách.

Součinitel spolehlivosti γ_M

Tato hodnota udává součinitel spolehlivosti pro výpočet návrhových hodnot pevnosti materiálu (proto index M). Součinitelem γ_M se redukuje charakteristická hodnota meze kluzu f_{yk} pro výpočet mezního normálového napětí $\sigma_{R,d}$ (viz rovnice 3.1) a mezního smykového napětí $\tau_{R,d}$ (rovnice 3.2).



Součinitel γ_M tak dvakrát vstupuje do posouzení, pokud výpočet probíhá podle teorie II. nebo III. řádu: zaprvé je třeba podle DIN 18800, části 2, čl. (116), příp. jiné příslušné normy zohlednit při výpočtu vnitřních sil vliv deformací 10% redukcí tuhosti, zadruhé musí být při posouzení únosnosti redukovány součinitelem spolehlivosti γ_M návrhové hodnoty pevnosti.

Mez kluzu $f_{y,k}$

Mez kluzu udává hranici, do které lze materiál prodlužovat, aniž by došlo k jeho trvalé deformaci. Charakteristické hodnoty různých ocelových materiálů lze převzít například z normy EN 1993-1-1, čl. 3 nebo DIN 18800, části 1.

Pokud mez kluzu změním, upraví se automaticky mezní napětí ve sloupcích E, F a G.

U některých materiálů existuje vztah mezi charakteristickou mezí kluzu $f_{y,k}$ a tloušťkou konstrukčního prvku t . V sekci *Materiálové charakteristiky* se uvádí *rozmezí tloušťky* materiálu vybraného v horní tabulce s příslušnou mezí kluzu.



Meze kluzu platné pro různé tloušťky konstrukčních prvků upravují normy. Po kliknutí na tlačítko [Upravit materiál...] můžeme tloušťky prvku i s hodnotami meze kluzu zkontrolovat a v případě potřeby upravit (viz obr. 3.8, strana 47).

Mezní napětí

V případě materiálů uložených v databázi se mezní napětí již předem nastaví.

Pokud je chceme upravit, zaškrtneme políčko *Ručně* nebo použijeme tlačítko [Upravit materiál...] (viz obr. 3.8, strana 47).

Ručně

Pokud označíme toto políčko, lze mezní napětí ve sloupcích E až G zadat ručně.

Upravené materiály budou ve sloupci *Označení materiálu* uvedeny s hvězdičkou.

mezní σ_x

Mezní normálové napětí udává dovolené namáhání ohybem a membránovou silou. Stanoví se podle DIN 18800, části 1, čl. (746), příp. jiné příslušné normy na základě charakteristické hodnoty meze kluzu, která se vydělí dílčím součinitelem spolehlivosti γ_M .

$$\sigma_{x,R,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M}$$

Rovnice 3.1

mezní τ

Mezní smykové napětí udává dovolené smykové namáhání posouvající silou a kroucením. Podle DIN 18800, části 1, čl. (746) je jedním členem rovnice pro výpočet mezního smykového napětí i dílčí součinitel spolehlivosti γ_M .

$$\tau_{R,d} = \frac{f_{yk}}{\gamma_M \cdot \sqrt{3}}$$

Rovnice 3.2

mezní σ_v

Mezní srovnávací napětí udává dovolené srovnávací napětí při současném působení několika napětí. Určuje se podle DIN 18800, části 1, čl. (746) také pomocí rovnice 3.1.



A	
Materiál č.	Označení materiálu
1	Ocel S 235

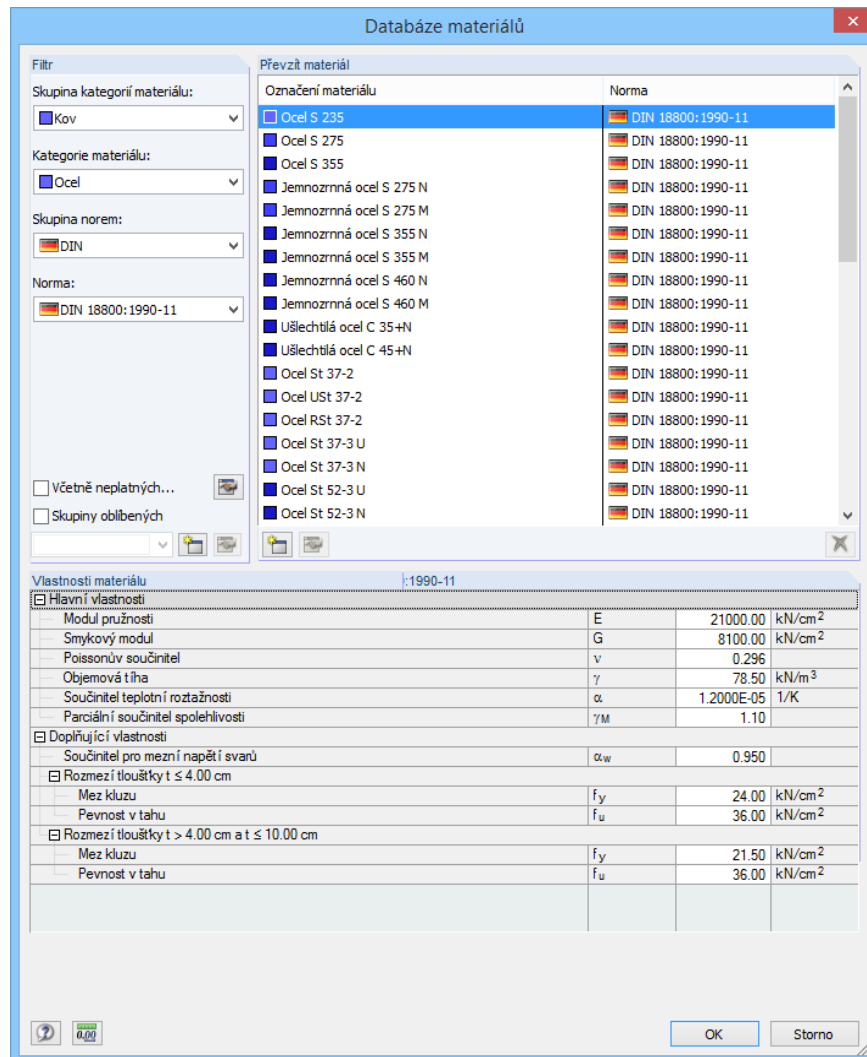
Databáze materiálů

V databázi je uloženo značné množství materiálů. Databázi otevřeme příkazem v hlavní nabídce



Upravit → **Databáze materiálů...**

nebo kliknutím na vlevo znázorněné tlačítko.



Obr. 3.7: Dialog *Databáze materiálů*

V sekci *Filtr* je předem nastavena kategorie materiálu *Ocel*. V seznamu *Převzít materiál*, který se nachází vpravo, lze vybrat určitý materiál a ve spodní části dialogu překontrolovat jeho charakteristické hodnoty.

Po kliknutí na tlačítko [OK] nebo stisknutím klávesy [↵] se materiál převezme do dialogu 1.2 modulu RF-STEEL Members.

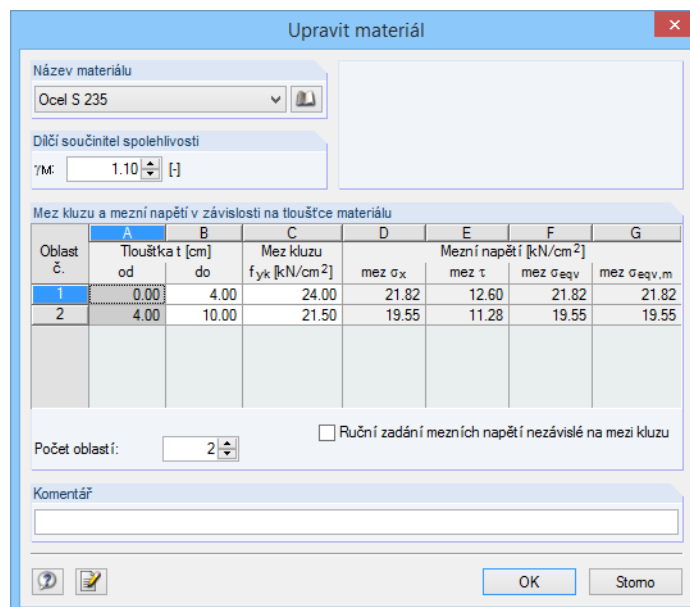
V kapitole 4.3 manuálu k hlavnímu programu RFEM podrobně popisujeme, jak lze přidávat nové materiály do databáze nebo materiály nově třídit či filtrovat.

Z databáze lze vybrat také materiály kategorie *Litina* a *Korozivzdorná ocel*. Je však třeba ověřit, zda je norma pokrývá.

OK

Úprava materiálu

Meze kluzu a mezní napětí právě vybraného materiálu lze upravit po kliknutí na vlevo znázorněné tlačítko. Otevře se následující dialog:



Upravit materiál

Název materiálu
Ocel S 235

Dílčí součinitel spolehlivosti
 γ_M : 1.10 []

Mez kluzu a mezní napětí v závislosti na tloušťce materiálu

Oblast č.	Tloušťka t [cm]		Mez kluzu f_{yk} [kN/cm ²]	Mezní napětí [kN/cm ²]			
	od	do		mez σ_x	mez τ	mez σ_{eqv}	
1	0.00	4.00	24.00	21.82	12.60	21.82	21.82
2	4.00	10.00	21.50	19.55	11.28	19.55	19.55

Počet oblastí: 2 Ruční zadání mezních napětí nezávislé na mezi kluzu

Komentář

OK Stomo

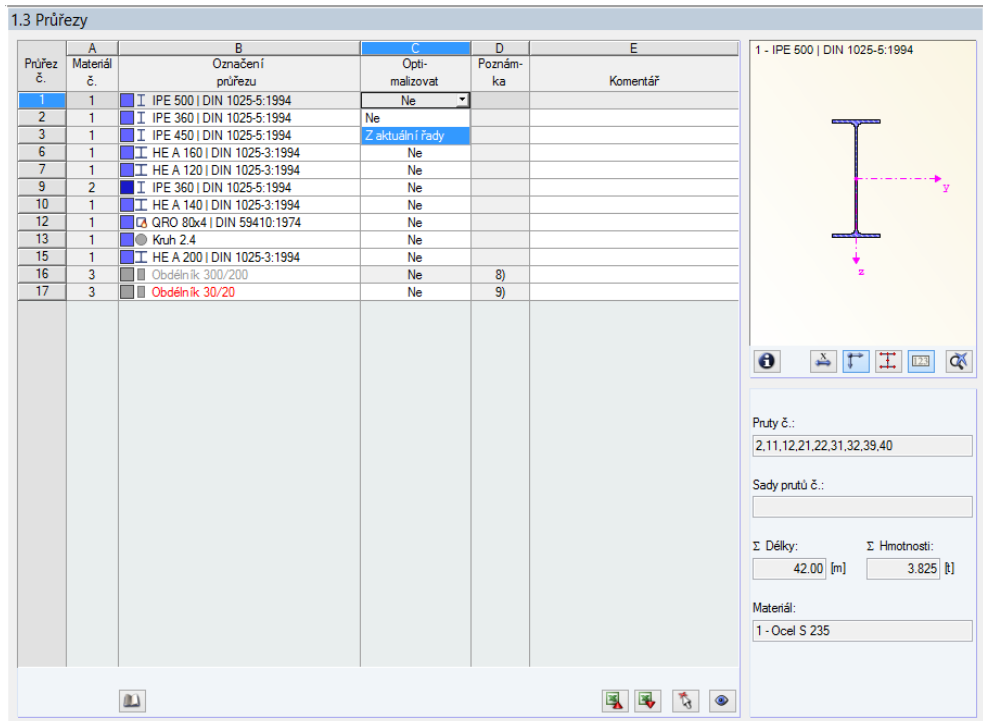
Obr. 3.8: Dialog *Upravit materiál*

V tabulce *Mez kluzu a mezní napětí v závislosti na tloušťce materiálu* lze ve sloupci B ručně posunout hranice mezi jednotlivými rozsahy *tloušťky t*. Počet rozmezí upravují normy.

Jestliže zaškrtneme políčko *Ruční zadání mezních napětí nezávislé na mezi kluzu*, můžeme mezní napětí pro každou oblast stanovit libovolně. Pokud dané políčko neoznačíme, určí se mezní napětí na základě meze kluzu $f_{y,k}$ (sloupec C) a dílčího součinitele spolehlivosti γ_M pomocí rovnice 3.1 a rovnice 3.2.

3.1.3 Průřezy

V tomto dialogu se pracuje s průřezy, které se uvažují při posouzení. Dále tu lze stanovit parametry pro optimalizaci.



Obr. 3.9: Dialog 1.3 Průřezy

Označení průřezu

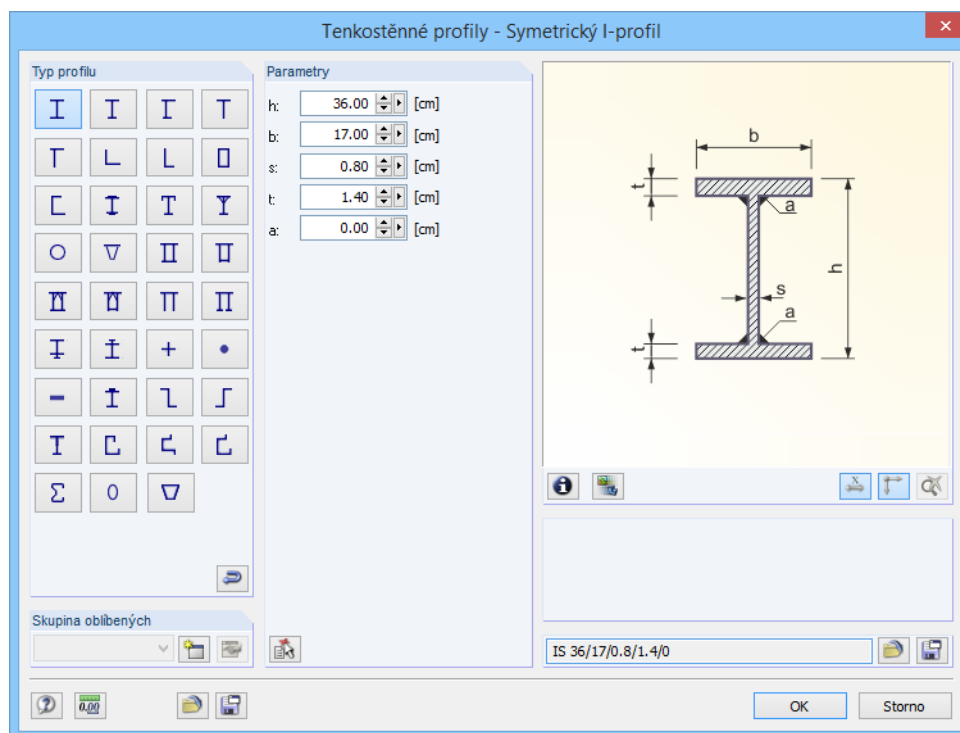
Při otevření dialogu jsou již předem nastaveny průřezy zadané v RFEMu i s přiřazenými čísly materiálů.



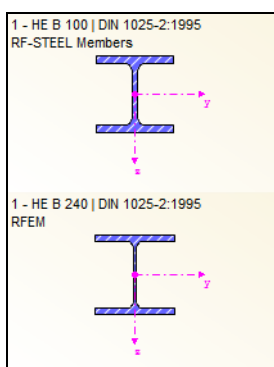
Pokud chceme průřez změnit, klikneme na položku ve sloupci B, a tím políčko aktivujeme. Tlačítkem [Převzít průřez z databáze...] nebo tlačítkem [...] na konci pole, resp. pomocí klávesy [F7] následně otevřeme databázi profilů (viz následující obrázek).

V daném dialogu pak můžeme vybrat jiný průřez nebo také jinou řadu profilů. Pokud chceme použít zcela jinou kategorii průřezů, můžeme tlačítkem [Zpět do databáze průřezů...] otevřít obecnou databázi profilů.

Výběr průřezů z databáze podrobně popisujeme v kapitole 4.13 manuálu k hlavnímu programu RFEM.



Obr. 3.10: Profilová řada IS v databázi průřezů



Nové označení průřezu lze uvést také přímo v daném vstupním políčku. Pokud v databázi materiálů existuje položka se stejným názvem, RF-STEEL Members rovněž načte příslušné průřezové charakteristiky. Průřez se po změně uvádí modrým písmem.

Pokud se průřezy v modulu RF-STEEL a v RFEMu liší, zobrazí se v grafickém okně vpravo vedle tabulky oba profily. Při posouzení se pak použijí vnitřní síly z RFEMu pro profil zvolený v modulu RF-STEEL.

Max. využití

Tento sloupec se zobrazí až po výpočtu. Na jeho základě lze rozhodnout, zda se má průřez optimalizovat. Z údajů v tomto sloupci a z barevných referenčních pruhů je zřejmé, které průřezy jsou téměř nevyužity, a tudíž předimenzovány, a naopak které jsou přetíženy, a tudíž poddimenzovány.

Optimalizovat

Každý profil z databáze může být optimalizován. Při optimalizaci se na základě vnitřních sil z RFEMu vyhledá ze stejné řady profil, který se nejvíce blíží maximálnímu využití, které uživatel stanovil v dialogu *Detaily* (viz obr. 3.13, strana 52).

Pokud chceme určitý průřez optimalizovat, je třeba ve sloupci C, resp. D otevřít seznam a z něj vybrat požadovanou položku: *Z aktuální řady* nebo případně *Z oblíbených, název*. Doporučení k optimalizaci průřezů najdeme v kapitole 6.2 na straně 93.

Poznámka

V tomto sloupci jsou uvedeny odkazy na poznámky, 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. Po kliknutí na tlačítko [Převzít průřez z databáze...] můžeme nastavit vhodný průřez pro posouzení (viz text pod obr. 3.9).

Prut s náběhy

V případě prutů s náběhy s odlišným průřezem na počátku a konci prutu se uvedou obě čísla průřezů podle zadání v RFEMu do dvou řádků.

V modulu RF-STEEL Members lze provést i posouzení prutů s náběhy, pokud je počet napětových bodů u počátečního a koncového průřezu stejný. Normálová napětí se například počítají z momentů setrvačnosti a ze vzdáleností těžišť napětových bodů. Pokud má počáteční a koncový průřez prutu s náběhy rozdílný počet napětových bodů, nelze mezihodnoty interpolovat. Výpočet pak není možný ani v RFEMu ani v modulu RF-STEEL.

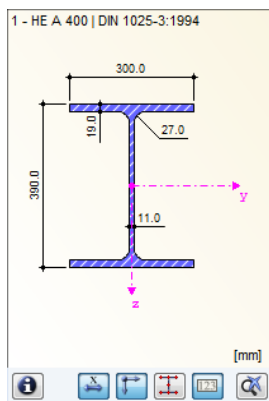
Vytvořit stejný počet napětových bodů na obou stranách prutu s náběhy lze například tak, že průřez na konci náběhu modelujeme jako kopii počátečního průřezu a upravíme pouze geometrické parametry. Nejsnazší je zadat oba průřezy jako parametrické profily. Doporučujeme přitom použít profil typu *Zesílený I-profil s T-profilem dole*.







Napětové body průřezu včetně jejich číslování lze zkontrolovat v grafickém okně: vybereme v dialogu 1.3 daný průřez a následně klikneme na tlačítko [Průřezové charakteristiky...]. Otevře se dialog, který vidíme na obr. 3.11.

Grafické zobrazení průřezu

V pravé části dialogu je znázorněn právě vybraný průřez.

Tlačítka pod obrázkem mají následující funkce:

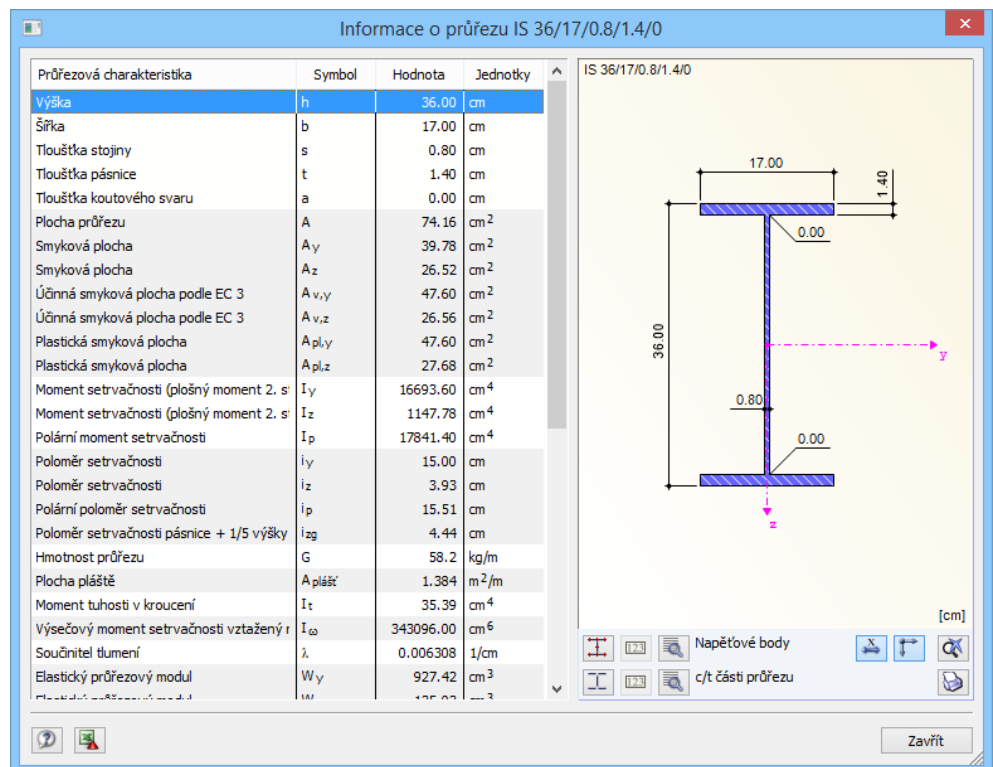


Tlačítko	Funkce
	Otevře dialog <i>Informace o průřezu</i> (viz obr. 3.11)
	Zobrazí, resp. skryje kóty průřezu
	Zobrazí, resp. skryje hlavní osy průřezu
	Zobrazí, resp. skryje napětové body
	Zobrazí, resp. skryje čísla napětových bodů
	Obnoví celkový náhled na průřez

Tabulka 3.2: Tlačítka pro grafické zobrazení průřezu

Informace o průřezu

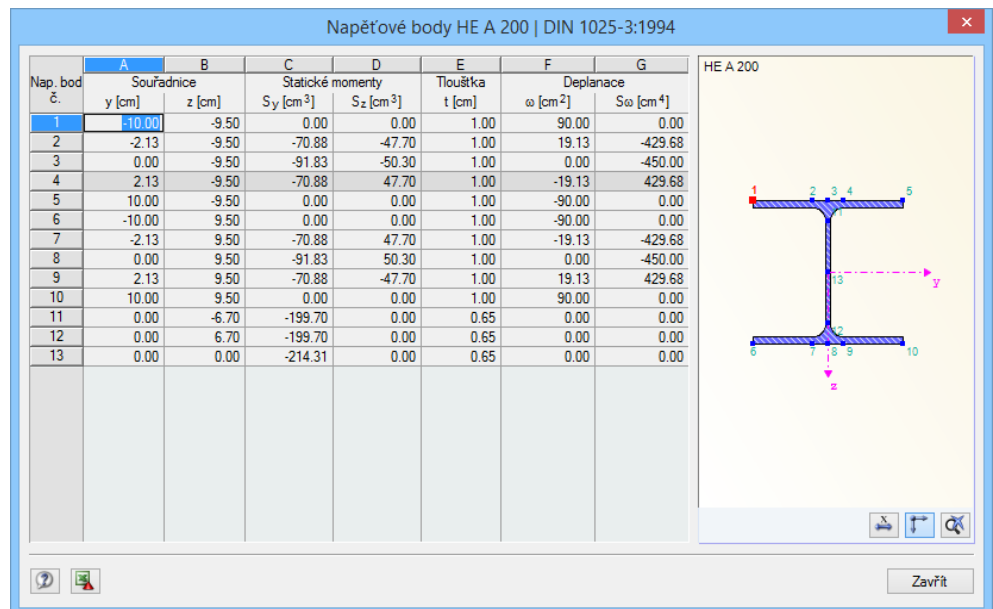
V dialogu *Informace o průřezu* si lze prohlédnout průřezové charakteristiky, napětové body i (c/t) části průřezu.



Obr. 3.11: Dialog *Informace o průřezu*



Tlačítkem [Detaily...] můžeme zobrazit specifické údaje o napětových bodech (souřadnice, statické momenty, výsečové pořadnice atd.) nebo o c/t částech průřezu.



Obr. 3.12: Dialog *Napětové body HE A 400*

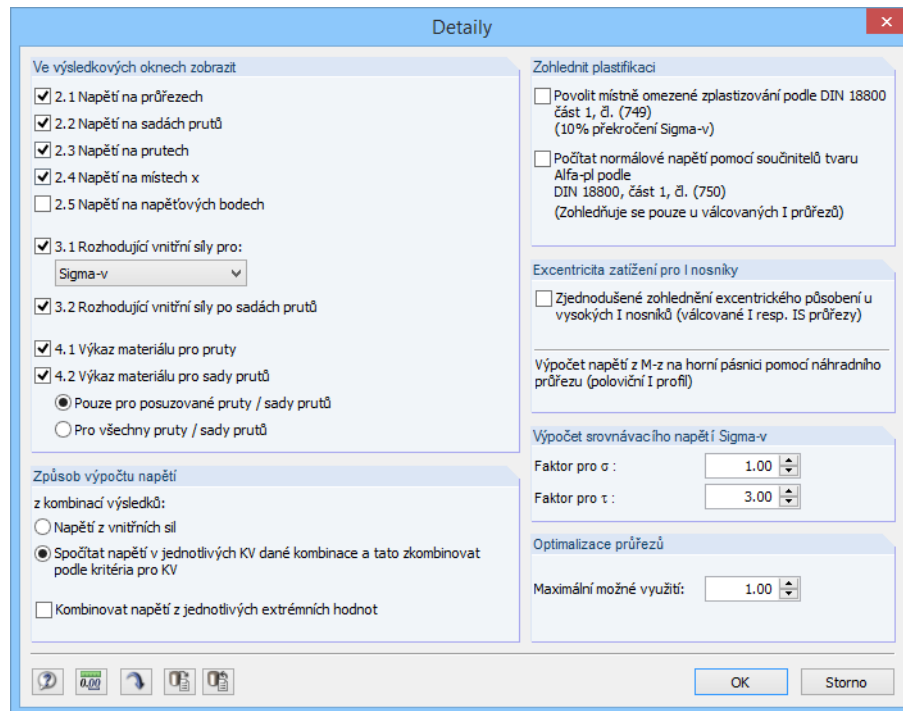
3.2 Výpočet

3.2.1 Detailní nastavení

Výpočet

Detaily...

Před spuštěním výpočtu pomocí tlačítka [Výpočet] bychom měli ještě zkontrolovat detailní nastavení pro posouzení. Příslušný dialog otevřeme z každého dialogu v tomto modulu kliknutím na tlačítko [Detaily...].


 Obr. 3.13: Dialog *Detaily*

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 výstupní tabulky popisujeme v kapitole 3.3 *Výsledky*.

Tabulka 2.5 *Napětí v každém napětovém bodu* je standardně vypnuta, protože v grafickém zobrazení napětí si lze rovněž prohlížet výsledné hodnoty v napětových bodech. Pokud však chceme zkontrolovat napětí v podrobném přehledu, pak je užitečné zapnout zobrazení této tabulky.

Hodnoty v tabulce 3.1 *Rozhodující vnitřní síly po prutech* se zpravidla vztahují k maximálnímu srovnávacímu napětí σ_v . Pro specifické vyhodnocení lze v seznamu ovšem vybrat i jiný druh napětí.

Způsob výpočtu napětí

V případě dvouosého namáhání v různých zatěžovacích stavech se může stát, že se z kombinací vnitřních sil prutu nespočítají maximální napětí. Jedná se například o případ, kdy jeden zatěžovací stav s vertikálním zatížením obsahuje pouze momenty M_y a žádné momenty M_z a jiný zatěžovací stav s horizontálním zatížením pouze momenty M_z a žádné momenty M_y . Pokud oba zatěžovací stavy nevstoupí do kombinace výsledků jako „stálé“, nepřihadí se v tabulce 4.6 *Pruty – vnitřní síly* v RFEMu moment M_z k maximálnímu momentu M_y , protože horizontální zatížení nepřispívá ke zvýšení momentu od vertikálního zatížení. Posouzení tak proběhne zvlášť pro maximální momenty M_y a M_z a současný vliv obou vnitřních sil na kombinovaná napětí v ohybu se nezohlední.



Napětí z vnitřních sil

Při způsobu výpočtu *Napětí z vnitřních sil* se přímo využívají výsledky v tabulce 4.6 *Pruty - vnitřní síly* v RFEMu. Maximální a minimální vnitřní síly se zpracují po řádcích a tímto způsobem se spočítají napětí pro každou extrémní hodnotu.

Výhodou této varianty posouzení je možnost přímo využít výstupní hodnoty kombinace výsledků, a tím zkrátit dobu výpočtu. Mimoto jsou posuzované vnitřní síly transparentní, protože i v tabulce 3.1 *Rozhodující vnitřní síly po prutech* v RF-STEELU se znovu zobrazí výsledky z tabulky 4.6 *Pruty - vnitřní síly* programu RFEM.

Spočítat napětí v jednotlivých ZS dané kombinace a tato zkombinovat podle kritéria pro KV

Tento způsob výpočtu je předem nastaven při analýze napětí kombinací výsledků. Nejdříve se vypočítají normálová a smyková napětí příslušných zatěžovacích stavů a následně se zkombinují podle zadaného kritéria. Tím se zajistí, aby dvousosé namáhání ohybem z různých zatěžovacích stavů vyvozovalo správná výsledná napětí.

Posouzení se provede v každém napěťovém bodu. Tlaková, tahová a smyková napětí z jednotlivých zatěžovacích stavů se podle příslušného kritéria pro kombinaci výsledků sečtou a výsledky se pak zobrazí v tabulkách. Jediná výjimka se týká srovnávacího napětí σ_v , které se vypočítá ze složek σ_{celkem} a τ_{celkem} . Superpozice srovnávacích napětí z jednotlivých zatěžovacích stavů by nebyla správná a vedla by k příliš vysokému vytížení.

Tento způsob výpočtu napětí je časově náročnější. Kromě toho je těžší vysledovat hodnoty z tabulky 3.1 *Rozhodující vnitřní síly po prutech* týkající se srovnávacích napětí.

Vzhledem k tomu, že u komplexnějších prostorových konstrukcí většinou nedochází k čistě jednoosému ohybu, měly by oba způsoby výpočtu využití napětí vést zpravidla ke stejným výsledkům.

Kombinovat napětí z jednotlivých extrémních hodnot

Dané zaškrtačací políčko není standardně označeno, takže napětí se stanoví po řádcích z tabulky vnitřních sil v RFEMu, resp. z napětí vyvozených vnitřními silami jednotlivých zatěžovacích stavů.

Pokud tuto možnost zaškrtneme, nevypočítá modul RF-STEEL Members napětí z příslušných vnitřních sil, resp. z napětí v jednotlivých zatěžovacích stavech, nýbrž z extrémních hodnot vnitřních sil, příp. složek napětí na každém místě x (např. hodnoty max/min N , M_y a M_z pro normálové napětí). Tato metoda zaručuje, že bude zjištěna nejméně příznivá kombinace (viz výše úvod této kapitoly).

Zohlednit plastifikaci

Místně omezené zplastizování

Pokud uživatel povolí při posouzení místně omezené zplastizování podle DIN 18800, části 1, čl. (749), může srovnávací napětí σ_v překročit v malých oblastech dovolené mezní namáhání o 10%.

RF-STEEL Members ověří, zda jsou splněny podmínky z článku (749) stanovené pro „malé oblasti“.

$$\left| \sigma_N + \sigma_{M_y} \right| \leq 0,8 \cdot \sigma_{R,d}$$

Rovnice 3.3

$$\left| \sigma_N + \sigma_{M_z} \right| \leq 0,8 \cdot \sigma_{R,d}$$

Rovnice 3.4

Pokud jsou podmínky splněny, mezní napětí pro posouzení σ_v se zvýší o uvedené procento.

Počítat normálové napětí pomocí součinitelů tvaru α_{pl}

Program nám dále nabízí možnost redukovat napětí součiniteli tvaru α_{pl} podle DIN 18800, části 1, čl. (750). Tato možnost se týká normálových napětí σ_M vlivem ohybových momentů M_y a M_z .

$$\sigma_M = \left| \pm \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z \pm \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y \right|$$

Rovnice 3.5

Pokud zvolíme tuto možnost zplastizování, pak modul RF-STEEL Members použije součinitele tvaru $\alpha_{pl,y} = 1,14$ a $\alpha_{pl,z} = 1,25$, které norma navrhuje.



Možnost redukovat normálová napětí součiniteli tvaru podle DIN 18800, části 1, čl. (750) platí výlučně pro válcované I průřezy.

Excentricita příčného zatížení pro I nosníky

Pokud na horní pásnici nosníků působí příčná zatížení, pak jejich vliv na ohybové napětí v dolní pásnici s rostoucí výškou průřezu klesá. Proto se v případě vysokých I průřezů nabízí možnost zjednodušeně zohlednit excentrické působení příčných zatížení: u každého (!) válcovaného nebo symetrického I průřezu, který vybereme k posouzení v aktuálním návrhovém případě v modulu RF-STEEL, se vypočítá napětí od ohybového momentu M_z pouze na horní pásnici. Použije se přitom náhradní průřez s polovičním momentem setrvačnosti I_z .

Výhodou této možnosti je, že zatížení v modelu v RFEMu lze zadat ve vztahu k těžišťové ose, a lze tak zamezit kroucení.

Pokud danou volbu zaškrtneme, proběhne tento výpočet u všech symetrických I průřezů v daném návrhovém případě, proto bychom měli vysoké I nosníky posuzovat zvlášť v samostatném případě (viz kapitola 6.1, strana 91).

Výpočet srovnávacího napětí σ_v

V této sekci dialogu lze upravit faktory pro výpočet srovnávacího napětí.

$$\sigma_v = \sqrt{f_1 \cdot \sigma_{\text{celkem}}^2 + f_2 \cdot \tau_{\text{celkem}}^2}$$

příčemž	f_1 :	faktor pro normálová napětí
	f_2 :	faktor pro smyková napětí

Rovnice 3.6

Předem nastaveny jsou faktory $f_1 = 1,00$ a $f_2 = 3,00$ uvedené v DIN 18800, části 1, čl. (748).

Optimalizace průřezů

Jako cíl optimalizace je předem nastaveno maximální 100% využití. V daném vstupním poli lze ovšem případně stanovit jinou horní hranici.

3.2.2 Napětí a využití



Standardně se v dialozích 2.1 až 2.5 zobrazí normálová napětí σ_{celkem} , τ_{celkem} a σ_v . Další složky napětí lze zobrazit pomocí tlačítka [Vybrat napětí pro zobrazení] a [Zobrazit nebo vytisknout průřezové hodnoty a průběhy napětí] (viz obr. 4.2, strana 73).

Normálová napětí

V modulu RF-STEEL Members platí následující pravidlo: tahová napětí mají kladné znaménko a tlaková napětí znaménko záporné (viz obr. 3.14).

Analýza se provádí pro každý jednotlivý napěťový bod, takže při kombinovaném posouzení (např. σ_{celkem}) zpravidla nelze sčítat maximální hodnoty složek napětí, protože se většinou vztahují k různým napěťovým bodům. Kombinovat lze pouze složky napětí stejného napěťového bodu.

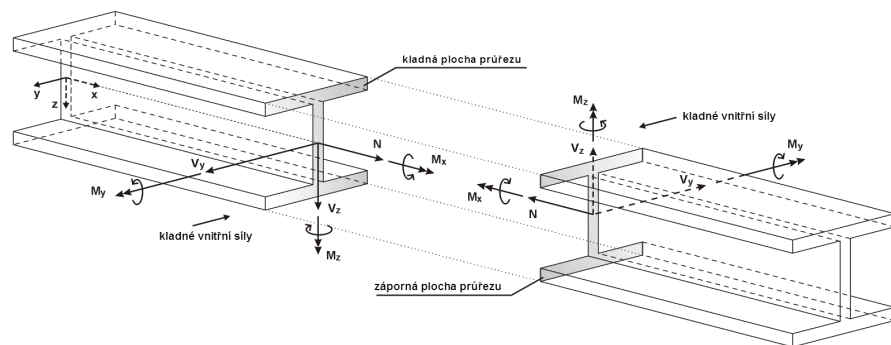
V tabulce níže uvádíme seznam jednotlivých normálových napětí σ :

σ_N	<p>Napětí od normálové síly N</p> $\sigma = \frac{N}{A}$ <p>kdy A: průřezová plocha</p>
σ_{M-y}	<p>Napětí od ohybového momentu M_y</p> $\sigma = \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z$ <p>kdy $\alpha_{pl,y}$: plastický tvarový součinitel I_y: plošný moment 2. stupně vzhledem k hlavní ose y e_z: vzdálenost těžiště napěťového bodu ve směru z</p>
σ_{M-z}	<p>Napětí od ohybového momentu M_z</p> $\sigma = -\frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$ <p>kdy $\alpha_{pl,z}$: plastický tvarový součinitel I_z: plošný moment 2. stupně vzhledem k hlavní ose z e_y: vzdálenost těžiště napěťového bodu ve směru y</p>
σ_M	<p>Napětí od ohybových momentů M_y a M_z</p> $\sigma = \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z - \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$
σ_{tah}	<p>Napětí v tahu od normálové síly N a ohybových momentů M_y a M_z</p> $\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z - \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$
σ_{tlak}	<p>Napětí v tlaku od normálové síly N a ohybových momentů M_y a M_z</p> $\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z - \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$
σ_{Delta}	<p>Maximální rozdíl mezi normálovými napětími jednotlivých zatěžovacích stavů, který je nezbytný např. pro posouzení na únavu</p>
σ_{celkem}	<p>Normálové napětí od normálové síly N a ohybových momentů M_y a M_z</p> $\sigma = \frac{N}{A} + \frac{M_y}{\alpha_{pl,y} \cdot I_y} \cdot e_z - \frac{M_z}{\alpha_{pl,z} \cdot I_z} \cdot e_y$

Tab. 3.3: Normálová napětí σ



Lokální osový systém prutu má vliv na znaménka vnitřních sil a napětí.



Obr. 3.14: Zadání kladných vnitřních sil

Ohybový moment M_y je kladný, pokud na kladné straně prutu (ve směru osy z) vznikají tahová napětí. M_z je kladný, pokud na kladné straně prutu (ve směru osy y) vznikají tlaková napětí. Znaménka kroutících momentů a normálových a posouvajících sil se řídí běžnou konvencí: vnitřní síly jsou kladné, pokud působí na kladné straně řezu v kladném směru.



Pokud jsme v základních údajích v RFEMu zvolili *typ modelu 2D*, je zapotřebí opatrnosti při posouzení nesymetrických průřezů, jako například úhelníků nebo U profilů: v rovinném modelu konstrukce jsou možné pouze momenty okolo osy y prutu, a proto se v RFEMu moment nerozloží do směru hlavních os u a v . Modul RF-STEEL Members posoudí pouze složku momentu okolo osy y prutu. U konstrukcí s nesymetrickými průřezy by se tak měl bezpodmínečně provést kontrolní výpočet na základě prostorového modelu (model typu 3D).

Smyková napětí

V tabulce níže uvádíme seznam jednotlivých smykových napětí τ :

τ_{V_y}	<p>Napětí od posouvající síly V_y</p> $\tau = -\frac{V_y \cdot S_z}{I_z \cdot t}$ <p>kdy S_z: plošný moment 1. stupně vzhledem k hlavní ose z I_z: plošný moment 2. stupně vzhledem k hlavní ose z t: rozhodující tloušťka průřezu</p>
τ_{V_z}	<p>Napětí od posouvající síly V_z</p> $\tau = -\frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t}$ <p>kdy S_y: plošný moment 1. stupně vzhledem k hlavní ose y I_y: plošný moment 2. stupně vzhledem k hlavní ose y t: rozhodující tloušťka průřezu</p>
τ_V	<p>Napětí od posouvajících sil V_y a V_z</p> $\tau = -\frac{V_y \cdot S_z}{I_z \cdot t} - \frac{V_z \cdot S_y}{I_y \cdot t}$
$\tau_{M-T, St.Venant}$	<p>Napětí od krouticího momentu M_T v případě otevřeného průřezu</p> $\tau = \frac{M_T}{I_{T,St.V.}} \cdot t$ <p>kdy $I_{T,St.V.}$: Saint Venantův moment setrvačnosti v kroucení t: rozhodující tloušťka průřezu</p>
$\tau_{M-T, Bredt}$	<p>Napětí od krouticího momentu M_T v případě uzavřeného průřezu</p> $\tau = \frac{M_T}{2 \cdot A_m \cdot t}$ <p>kdy A_m: plocha vymezená středovými osami průřezu t: rozhodující tloušťka průřezu</p>
τ_{M-T}	<p>Napětí od krouticího momentu M_T</p> $\tau = \frac{M_T}{I_{T,St.V.}} \cdot t \quad \text{nebo} \quad \tau = \frac{M_T}{2 \cdot A_m \cdot t}$
τ_{celkem}	<p>Smykové napětí od posouvajících sil V_y a V_z a krouticího momentu M_T</p> $\tau = \tau_V + \tau_{M_T}$

Tab. 3.4: Smyková napětí τ

Jak z rovnic vyplývá, pro výpočet smykových napětí od posouvající síly se použijí statické momenty a nikoli smykové plochy průřezu.



V případě smykových napětí vlivem kroucení platí následující:

- Pokud se jedná o částečně otevřený profil s jednou uzavřenou buňkou v průřezu, pak bude celý průřez klasifikován jako *uzavřený*. Smykové napětí se v takovém případě spočítá výlučně podle Bredtova vzorce čili neproběhne kombinovaná analýza jako v programu SHAPE-THIN, kdy se zvlášť vypočítá $M_{T,St.Venant}$ a $M_{T,Bredt}$.
- Vliv torzní deplanace se v modulu RF-STEEL nezohledňuje. Posouzení se tu stejně jako při výpočtu vnitřních sil v RFEMu omezuje výhradně na primární krouticí moment. Pokud nelze deplanaci vlivem sekundárního krouticího momentu, resp. bimomentu opomenout, pak doporučujeme provést analýzu pomocí přídatného modulu RF-FE-LTB.

U tenkostěnných průřezů lze zjednodušeně předpokládat, že smykové napětí je rovnoběžné se stěnou průřezu. Podíly smykových napětí z obou složek posouvajících sil se proto sečtou. Znaménko statického momentu přitom určuje, které podíly jsou kladné či záporné.

Smykové napětí od krouticího momentu je třeba pro stanovení celkového smykového napětí zohlednit odlišně - v závislosti na tom, zda se jedná o otevřený nebo uzavřený průřez. V případě otevřeného průřezu se smykové napětí od kroucení připočítá k úhrnu jednotlivých smykových napětí se znaménkem, které vyvozuje větší absolutní hodnotu daného součtu.

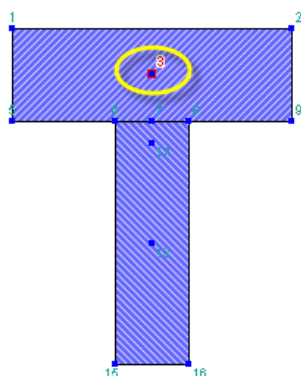
Jestliže se jedná o uzavřený průřez, smykové napětí od kroucení se jednoduše připočítá k součtu jednotlivých smykových napětí. Znaménka plochy jádra a statických momentů se přitom nastaví tak, aby souhlasila se znaménkovou konvencí, která platí v programu pro smykové napětí v závislosti na zatížení.

Smyková napětí uvnitř průřezu

U napětových bodů, které leží uvnitř průřezu, nelze vycházet z výše uvedeného předpokladu, že smykové napětí je rovnoběžné se stěnou průřezu. V tomto případě se uplatňuje zvláštní metoda dvojitých napětových bodů, kdy se v průřezu vytvoří dva napětové body se stejnými souřadnicemi.

V jednom napětovém bodu se bude uvažovat statický moment okolo osy **y** (parametr pro smykové napětí od svislé posouvající síly), v druhém pak statický moment okolo osy **z** (parametr pro smykové napětí od vodorovné posouvající síly). V těchto napětových bodech je doplňkový statický moment vždy nulový. Dvojitým napětovým bodům lze přiřadit rozdílné tloušťky, které budou mít rovněž vliv na výpočet smykového napětí. Smyková napětí se budou uvažovat jako vzájemně kolmé složky, které jsou na sobě závislé - jedná se o dvě složky jednoho stavu napjatosti. Při výpočtu celkového smykového napětí se provádí kvadratický součet obou složek. Smykové napětí od krouticího momentu se v těchto bodech neuvažuje.

Smyková napětí u kombinací výsledků se v dvojitých napětových bodech nesmí lineárně kombinovat. Proto se vyhodnotí extrémní hodnoty obou složek s příslušnými doplňkovými smykovými napětími, a určí se tak největší celkové smykové napětí.



Dvojité napětové body

Srovnávací napětí

Srovnávací napětí σ_v např. podle DIN 18800, části 1, čl. (748) se vypočítá následovně:

σ_v	Srovnávací napětí z normálových napětí σ a smykových napětí τ	
	$\sigma_v = \sqrt{f_1 \cdot \sigma_{\text{celkem}}^2 + f_2 \cdot \tau_{\text{celkem}}^2}$	
	kdy	f_1 : faktor pro normálová napětí f_2 : faktor pro smyková napětí

Tab. 3.5: Srovnávací napětí σ_v

Detaily...

Faktory f_1 a f_2 lze stanovit v dialogu *Detaily* (viz obr. 3.13, strana 52). Přednastaveny tu jsou faktory $f_1 = 1,0$ a $f_2 = 3,0$ podle DIN 18800, části 1, čl. (748).

Využití

Při posouzení napětí se spočítá poměr návrhového a mezního napětí.

$$\frac{\sigma}{\sigma_{R,d}} \leq 1$$

Rovnice 3.7: Podmínka posouzení pro normálová napětí

$$\frac{\tau}{\tau_{R,d}} \leq 1$$


Rovnice 3.8: Podmínka posouzení pro smyková napětí

$$\frac{\sigma_v}{\sigma_{R,d}} \leq 1$$

Rovnice 3.9: Podmínka posouzení pro srovnávací napětí

Využití lze zjistit pro každou složku vnitřních sil v napětovém bodu na průřezu (viz kapitola 4.2.1, strana 78). Standardně se ve výstupních tabulkách zobrazí využití v případě normálového, smykového a srovnávacího napětí.

Pokud mezní napětí nebude překročeno, bude využití menší nebo rovno 1 a posouzení napětí je splněno.

Max: 0.98 ≤ 1 

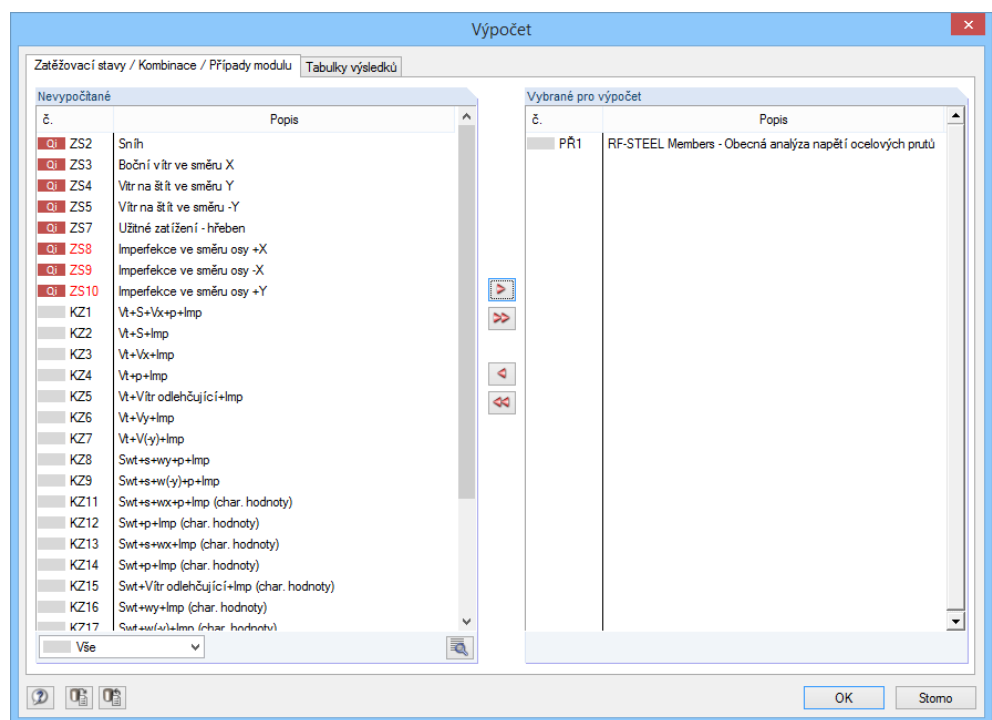
3.2.3 Spuštění výpočtu

Výpočet

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

Modul RF-STEEL Members nejdříve vyhledá výsledky příslušných zatěžovacích stavů, kombinací zatížení a kombinací výsledků. Pokud je nenajde, spustí se nejdříve v RFEMu výpočet rozhodujících vnitřních sil.

Posouzení lze spustit také z uživatelského prostředí RFEMu. Návrhové případy z přidavných modulů se totiž zobrazí v dialogu *Výpočet* (který otevřeme z hlavní nabídky *Výpočet* → *Vybrat pro výpočet...*) v seznamu zatěžovacích stavů a kombinací zatížení.

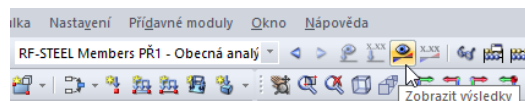


Obr. 3.15: Dialog *Výpočet*

Pokud v seznamu *Nevypočítané* chybí návrhové případy z modulu RF-STEEL, je třeba nastavit pod seznamem volbu *Vše* nebo *Přídavné moduly*.

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

Výpočet určitého návrhového případu z modulu RF-STEEL Members lze spustit také přímo z panelu nástrojů. V seznamu nastavíme požadovaný návrhový případ a následně klikneme na tlačítko [Zobrazit výsledky].

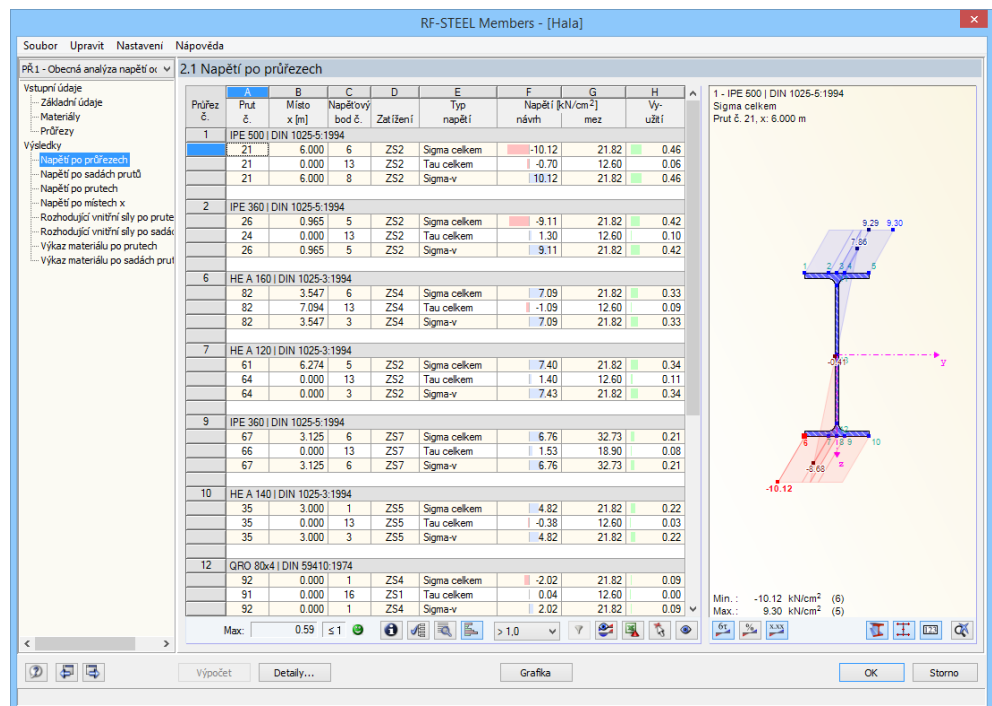


Obr. 3.16: Přímý výpočet návrhového případu z modulu RF-STEEL Members v hlavním programu RFEM

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

3.3 Výsledky

Ihned po skončení výpočtu se zobrazí dialog 2.1 *Napětí po průřezech*.



Průřez č.	Prut č.	Místo x [m]	Napětový bod č.	Zatížení	Typ napětí	Napětí [kN/cm ²]	mez	Vy-užití
1	IPE 500 DIN 1025-5:1994							
	21	6.000	6	ZS2	Sigma celkem	-10.12	21.82	0.46
	21	0.000	13	ZS2	Tau celkem	-0.70	12.60	0.06
2	IPE 360 DIN 1025-5:1994							
	26	0.965	5	ZS2	Sigma celkem	-9.11	21.82	0.42
	24	0.000	13	ZS2	Tau celkem	1.30	12.60	0.10
6	HE A 160 DIN 1025-3:1994							
	82	3.547	6	ZS4	Sigma celkem	7.09	21.82	0.33
	82	7.094	13	ZS4	Tau celkem	-1.09	12.60	0.09
7	HE A 120 DIN 1025-3:1994							
	61	6.274	5	ZS2	Sigma celkem	7.40	21.82	0.34
	64	0.000	13	ZS2	Tau celkem	1.40	12.60	0.11
9	IPE 360 DIN 1025-5:1994							
	67	3.125	6	ZS7	Sigma celkem	6.76	32.73	0.21
	66	0.000	13	ZS7	Tau celkem	1.53	16.90	0.08
10	HE A 140 DIN 1025-3:1994							
	35	3.000	1	ZS5	Sigma celkem	4.82	21.82	0.22
	35	0.000	13	ZS5	Tau celkem	-0.38	12.60	0.03
12	QRO 80x4 DIN 59410:1974							
	92	0.000	1	ZS4	Sigma celkem	-2.02	21.82	0.09
	91	0.000	16	ZS1	Tau celkem	0.04	12.60	0.00
	92	0.000	1	ZS4	Sigma-v	2.02	21.82	0.09

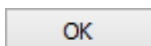
Obr. 3.17: Posouzení a mezihodnoty ve výstupním dialogu

V tabulkách výsledků 2.1 až 2.5 se zobrazí podrobný přehled posouzení seřazených podle různých kritérií.

V dialozích 3.1 a 3.2 se uvádí rozhodující vnitřní síly. V posledních dvou tabulkách 4.1 a 4.2 se zobrazí výkaz materiálu pro pruty a sady prutů.



Všechny dialogy lze otevřít tak, že klikneme přímo na jejich název v navigátoru. Uživatel může mezi nimi přepínat také pomocí vlevo znázorněných tlačítek (listování dopředu či zpět) nebo pomocí funkčních kláves [F2] a [F3].



Tlačítkem [OK] výsledky uložíme a modul RF-STEEL Members zavřeme. Vrátime se do hlavního programu.

V kapitole 3.3 *Výsledky* popíšeme jednotlivé výstupní dialogy v příslušném pořadí. Vyhodnocení a kontrole výsledků se budeme věnovat v následující kapitole 4 *Vyhodnocení výsledků* na straně 72.

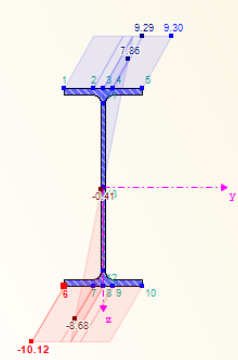
3.3.1 Napětí po průřezích

V tomto dialogu se u všech posuzovaných prutů zobrazí maximální využití ve zvolených zatěžovacích stavech. Údaje jsou seřazeny podle průřezů. Využití, která program spočítal v případě vnitřních sil rozhodujících zatěžovacích stavů a kombinací, jsou rozříděna podle druhu napětí.

2.1 Napětí po průřezích

Průřez č.	A Prut č.	B Místo x [m]	C Napětový bod č.	D Zatížení	E Typ napětí	F Napětí [kN/cm ²] návrh	G mez	H Využití
1	IPE 500 DIN 1025-5:1994							
	21	6.000	6	ZS2	Sigma celkem	-10.12	21.82	0.46
	21	0.000	13	ZS2	Tau celkem	-0.70	12.60	0.06
	21	6.000	8	ZS2	Sigma-v	10.12	21.82	0.46
2	IPE 360 DIN 1025-5:1994							
	26	0.965	5	ZS2	Sigma celkem	-9.11	21.82	0.42
	24	0.000	13	ZS2	Tau celkem	1.30	12.60	0.10
	26	0.965	5	ZS2	Sigma-v	9.11	21.82	0.42
6	HE A 160 DIN 1025-3:1994							
	82	3.547	6	ZS4	Sigma celkem	7.09	21.82	0.33
	82	7.094	13	ZS4	Tau celkem	-1.09	12.60	0.09
	82	3.547	3	ZS4	Sigma-v	7.09	21.82	0.33
7	HE A 120 DIN 1025-3:1994							
	61	6.274	5	ZS2	Sigma celkem	7.40	21.82	0.34
	64	0.000	13	ZS2	Tau celkem	1.40	12.60	0.11
	64	0.000	3	ZS2	Sigma-v	7.43	21.82	0.34
9	IPE 360 DIN 1025-5:1994							
	67	3.125	6	ZS7	Sigma celkem	6.76	32.73	0.21
	66	0.000	13	ZS7	Tau celkem	1.53	18.90	0.08
	67	3.125	6	ZS7	Sigma-v	6.76	32.73	0.21
10	HE A 140 DIN 1025-3:1994							
	35	3.000	1	ZS5	Sigma celkem	4.82	21.82	0.22
	35	0.000	13	ZS5	Tau celkem	-0.38	12.60	0.03
	35	3.000	3	ZS5	Sigma-v	4.82	21.82	0.22
12	QRO 80x4 DIN 59410:1974							
	92	0.000	1	ZS4	Sigma celkem	-2.02	21.82	0.09
	91	0.000	16	ZS1	Tau celkem	0.04	12.60	0.00
	92	0.000	1	ZS4	Sigma-v	2.02	21.82	0.09

1 - IPE 500 | DIN 1025-5:1994
Sigma celkem
Prut č. 21, x: 6.000 m



Min.: -10.12 kN/cm² (6)
Max.: 9.30 kN/cm² (5)

Obr. 3.18: Dialog 2.1 *Napětí po průřezích*

Průřez č.

Data jsou seřazena podle čísel průřezů. Vpravo vedle čísla průřezu se uvádí označení průřezu.

Prut č.

V tomto sloupci se zobrazí číslo prutu, který vykazuje největší využití v případě typu napětí uvedeného ve sloupci E.

Místo x

V tomto sloupci se vždy zobrazí místo x na prutu, kde bylo zjištěno maximální využití.

Vyhodnocují se následující místa x na prutu:

- Počáteční a koncový uzel
- Dělicí body podle případně zadaného dělení prutu (viz tabulka 1.16 v RFEMu)
- Dělicí body podle počtu dílů prutu, který jsme zadali pro zobrazení výsledků na prutu v dialogu *Parametry výpočtu* v záložce *Globální parametry výpočtu* v RFEMu
- Extrémní hodnoty vnitřních sil

Napětový bod č.

Posouzení se provádí v takzvaných napětových bodech profilu. Jedná se o místa na průřezu, která jsou definována vzdálenostmi těžišť, statickými momenty a tloušťkami průřezových částí. Na základě těchto vlastností průřezu lze posouzení provést pomocí rovnic uvedených v tab. 3.3 a tab. 3.4 (viz strana 55).

Všechny standardní profily z databáze a také průřezy z programů SHAPE-THIN a SHAPE-MASSIVE jsou již opatřeny napěťovými body na všech místech průřezu relevantních pro posouzení. V případě, že uživatel definuje profil sám, je třeba příslušné parametry napěťových bodů zadat ručně. Jen tak bude možné provést posouzení v modulu RF-STEEL Members.



V obrázku průřezu na pravé straně dialogu se zobrazí napěťové body včetně číslování. Aktuální napěťový bod (tzn. napěťový bod v řádce, v němž se nachází kurzor myši) se v obrázku zvýrazní červeně.



Po kliknutí na tlačítko [Zobrazit nebo vytisknout průřezové hodnoty a průběhy napětí] můžeme zkontrolovat hodnoty napěťových bodů (viz kapitola 4.2.2, strana 80).

Zatížení

Ve sloupci D se uvádí zatěžovací stavy, popř. kombinace zatížení nebo kombinace výsledků, jejichž vnitřní síly vyvozují maximální využití.

Typ napětí

Standardně se v tomto sloupci zobrazí normálové napětí σ_{celkem} , smykové napětí τ_{celkem} a srovnávací napětí σ_v . Výpočet těchto napětí jsme popsali v tab. 3.3, tab. 3.4 a tab. 3.5 na straně 55 až 59.



Pro kontrolu lze zobrazit i jednotlivé složky celkových napětí (viz obr. 3.19). Složky napětí můžeme vybrat v dialogu *Filtrovat napětí* (viz obr. 4.6, strana 78), který otevřeme pomocí vlevo znázorněného tlačítka.

Napětí návrh

V tomto sloupci se zobrazí extrémní hodnoty návrhových napětí, které byly spočítány pomocí rovnic uvedených v tab. 3.3, tab. 3.4 a tab. 3.5 (viz strana 55 až 59).

Napětí mez

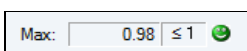
V tomto sloupci se znovu zobrazí mezní napětí ze sloupců E až G v tabulce 1.2 (viz kapitola 3.1.2, strana 43). Konkrétně se jedná o následující únosnosti:

- Mezní normálové napětí σ_x jako dovolené namáhání ohybem a membránovou silou
- Mezní smykové napětí τ jako dovolené smykové namáhání posouvající silou a kroucením
- Mezní srovnávací napětí σ_v jako dovolené srovnávací napětí pro současné působení normálových a smykových napětí

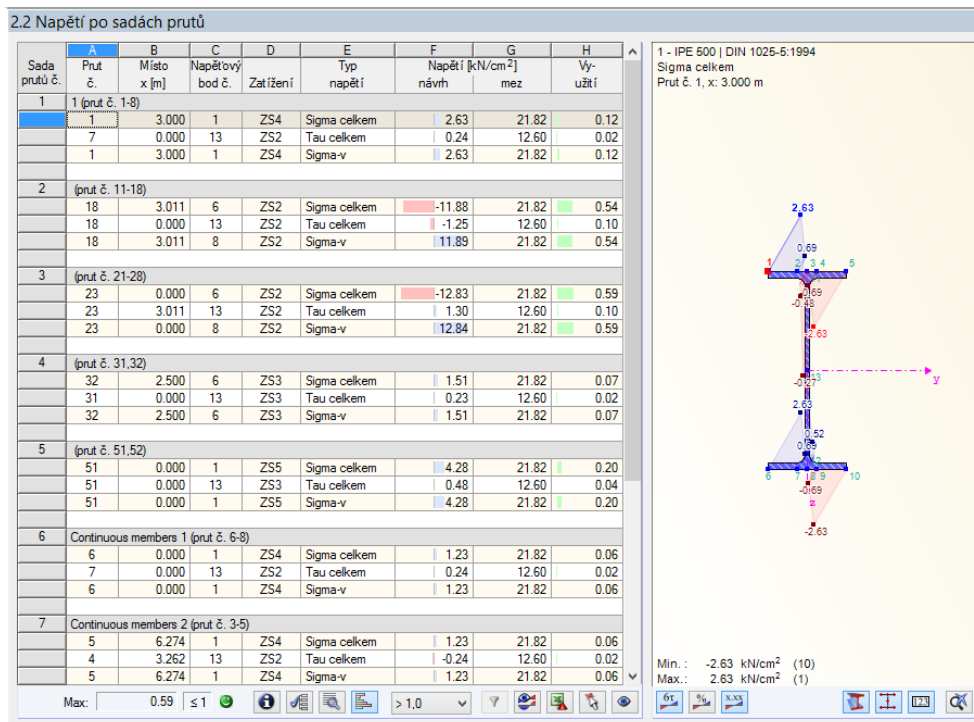
Využití

V posledním sloupci se uvádí podíl návrhového a mezního napětí. Pokud nebude mezní napětí překročeno, je využití menší nebo rovno 1 a posouzení napětí je splněno.

Políčka v tomto sloupci jsou částečně podbarvena. Délka barevného pruhu přitom odpovídá míře využití.



3.3.2 Napětí po sadách prutů



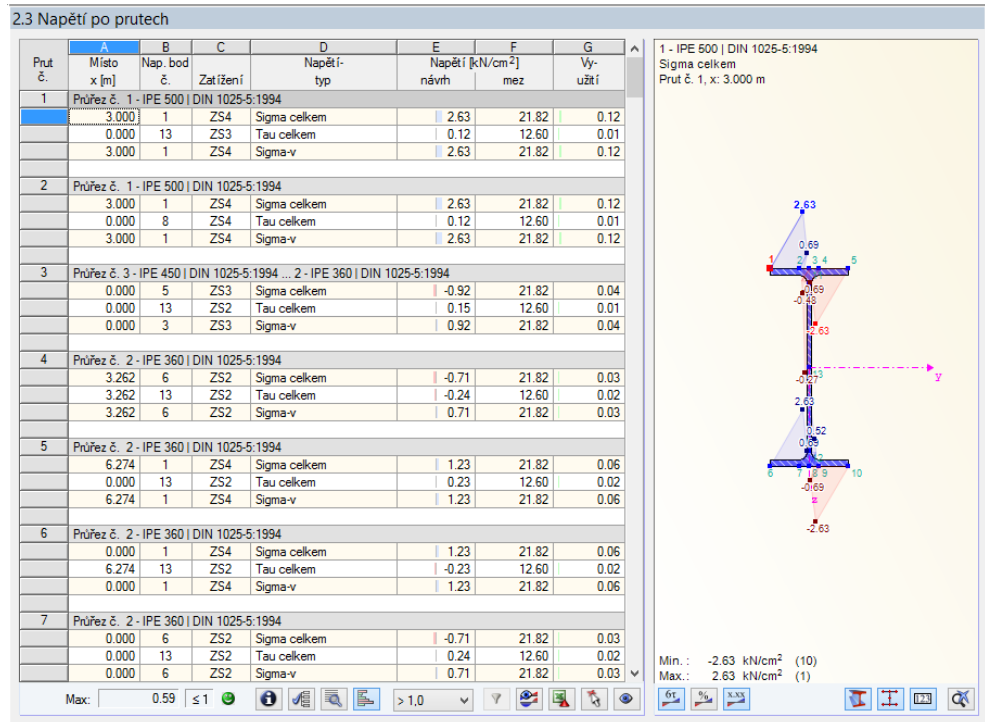
Obr. 3.19: Dialog 2.2 Napětí po sadách prutů

Tento výstupní dialog se zobrazí, pokud jsme k posouzení vybrali alespoň jednu sadu prutů. Maximální využití jsou v seznamu seřazena podle sad prutů.

Ve sloupci *Prut č.* se uvádí číslo prutu, který vykazuje v dané sadě prutů největší využití v případě jednotlivých typů napětí.

Výsledky rozčleněné podle sad prutů mají tu výhodu, že se nám v jednom dialogu přehledně zobrazí výsledky posouzení celé skupiny prvků (např. rámu).

3.3.3 Napětí po prutech



Obr. 3.20: Dialog 2.3 Napětí po prutech

V tomto výstupním dialogu se zobrazí maximální využití v případě jednotlivých typů napětí seřazená podle čísel prutů. Jednotlivé sloupce popisujeme v kapitole 3.3.1 na straně 62.

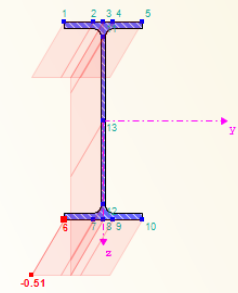
V případě prutů s náběhy se v řádku vedle čísla průřezu zobrazí obě označení průřezů.

3.3.4 Napětí po místech x

2.4 Napětí po místech x

Prut č.	A Místo x [m]	B Nap. bod č.	C Zatížení	D Napětí- typ	E Napětí [kN/cm ²] návrh	F mez	G Vý- užití
1 Průřez č. 1 - IPE 500 DIN 1025-5:1994							
	0.000	6	ZS1	Sigma celkem	-0.51	21.82	0.02
	0.000	13	ZS3	Tau celkem	0.12	12.60	0.01
	0.000	13	ZS1	Sigma-v	0.51	21.82	0.02
1 Průřez č. 1 - IPE 500 DIN 1025-5:1994							
	0.462	1	ZS4	Sigma celkem	0.75	21.82	0.03
	0.462	13	ZS3	Tau celkem	0.11	12.60	0.01
	0.462	1	ZS4	Sigma-v	0.75	21.82	0.03
1 Průřez č. 1 - IPE 500 DIN 1025-5:1994							
	0.923	1	ZS4	Sigma celkem	1.37	21.82	0.06
	0.923	13	ZS3	Tau celkem	0.10	12.60	0.01
	0.923	1	ZS4	Sigma-v	1.37	21.82	0.06
1 Průřez č. 1 - IPE 500 DIN 1025-5:1994							
	1.000	1	Z	Sigma celkem	1.46	21.82	0.07
	1.000	13	ZS3	Tau celkem	0.10	12.60	0.01
	1.000	1	ZS4	Sigma-v	1.46	21.82	0.07
1 Průřez č. 1 - IPE 500 DIN 1025-5:1994							
	1.385	1	ZS4	Sigma celkem	1.87	21.82	0.09
	1.385	13	ZS3	Tau celkem	0.09	12.60	0.01
	1.385	1	ZS4	Sigma-v	1.87	21.82	0.09
1 Průřez č. 1 - IPE 500 DIN 1025-5:1994							
	1.714	1	ZS4	Sigma celkem	2.15	21.82	0.10
	1.714	13	ZS3	Tau celkem	0.08	12.60	0.01
	1.714	1	ZS4	Sigma-v	2.15	21.82	0.10
1 Průřez č. 1 - IPE 500 DIN 1025-5:1994							
	1.846	1	ZS4	Sigma celkem	2.24	21.82	0.10
	1.846	13	ZS3	Tau celkem	0.08	12.60	0.01
	1.846	1	ZS4	Sigma-v	2.24	21.82	0.10

1 - IPE 500 | DIN 1025-5:1994
Sigma celkem
Prut č. 1, x: 0.000 m



Min.: -0.51 kN/cm² (10)
Max.: -0.51 kN/cm² (1)

Max: 0.59 ≤ 1

Obr. 3.21: Dialog 2.4 Napětí po místech x

Tento výstupní dialog obsahuje maximální napětí u každého prutu na všech místech x podle dělení zadaného v RFEMu:

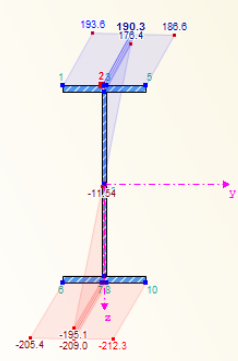
- Počáteční a koncový uzel
- Dělicí body podle případně zadaného dělení prutu (viz tabulka 1.16 v RFEMu)
- Dělicí body podle počtu dílů prutu, který jsme zadali pro zobrazení výsledků na prutu v dialogu *Parametry výpočtu* v záložce *Globální parametry výpočtu* v RFEMu
- Extrémní hodnoty vnitřních sil

3.3.5 Napětí v každém napětovém bodu

2.5 Stresses at Every Stress Point

Member No.	A Location x [m]	B S-Point No.	C Load-ing	D Stress Type	E Stress [N/mm ²]		G Stress Ratio
					Existing	Limiting	
1.004	1	RC1		Sigma-eqv	193.6	327.3	0.59
18 Cross-section No. 2 - IS 360/170/8/14/0 ... 3 - IS 500/170/8/14/0							
1.004	2	RC1		Sigma Total	190.3	327.3	0.58
1.004	2	RC1		Sigma N	-11.5	327.3	0.04
1.004	2	RC1		Sigma M-y	199.5	327.3	0.61
1.004	2	RC1		Sigma M-z	0.2	327.3	0.00
1.004	2	RC1		Tau Total	-9.1	189.0	0.05
1.004	2	RC1		Tau V	-5.5	189.0	0.03
1.004	2	RC1		Tau M-T	-5.6	189.0	0.03
1.004	2	RC1		Sigma-eqv	190.8	327.3	0.58
18 Cross-section No. 2 - IS 360/170/8/14/0 ... 3 - IS 500/170/8/14/0							
1.004	3	RC1		Sigma Total	190.1	327.3	0.58
1.004	3	RC1		Sigma N	-11.5	327.3	0.04
1.004	3	RC1		Sigma M-y	199.5	327.3	0.61
1.004	3	RC1		Sigma M-z	0.0	327.3	0.00
1.004	3	RC1		Tau Total	-9.4	189.0	0.05
1.004	3	RC1		Tau V	-5.8	189.0	0.03
1.004	3	RC1		Tau M-T	-5.6	189.0	0.03
1.004	3	RC1		Sigma-eqv	190.7	327.3	0.58
18 Cross-section No. 2 - IS 360/170/8/14/0 ... 3 - IS 500/170/8/14/0							
1.004	4	RC1		Sigma Total	189.9	327.3	0.58
1.004	4	RC1		Sigma N	-11.5	327.3	0.04
1.004	4	RC1		Sigma M-y	199.5	327.3	0.61
1.004	4	RC1		Sigma M-z	-0.2	327.3	0.00
1.004	4	RC1		Tau Total	-9.1	189.0	0.05
1.004	4	RC1		Tau V	-5.4	189.0	0.03
1.004	4	RC1		Tau M-T	-5.6	189.0	0.03
1.004	4	RC1		Sigma-eqv	190.5	327.3	0.58
18 Cross-section No. 2 - IS 360/170/8/14/0 ... 3 - IS 500/170/8/14/0							
1.004	5	RC1		Sigma Total	186.6	327.3	0.57

2 - 3: IS 360/170/8/14/0 - IS 500/170/8/14/0
Sigma Total
Member No. 18, x: 1.004 m



Min : -212.3 N/mm² (10)
Max : 193.6 N/mm² (1)

Max: 0.96 ≤ 1

Obr. 3.22: Dialog 2.5 Napětí v každém napětovém bodu



Details...

Tato výstupní tabulka se při standardním nastavení nezobrazí, protože modul RF-STEEL Members počítá maximální napětí, a tudíž i rozhodující napětové body automaticky. Navíc máme v dialogích 2.1 až 2.4 možnost po kliknutí na tlačítko [Zobrazit nebo vytisknout průřezové hodnoty a průběhy napětí] zkontrolovat v grafickém zobrazení i v tabulce výsledky každého napětového bodu (viz kapitola 4.2.2, strana 80).

Pokud ovšem vyhodnocení výsledků v jednotlivých napětových bodech potřebujeme, můžeme tento dialog zobrazit z dialogu *Detaily* (viz obr. 3.13, strana 52). Daný dialog lze otevřít v každém dialogu pomocí stejnojmenného tlačítka.

Napětí jsou v seznamu seřazena pro každý prut podle míst *x* a *napětových bodů*. V kapitole 3.3.1 na straně 62 jsou jednotlivé sloupce tabulky popsány.

3.3.6 Rozhodující vnitřní síly po prutech

3.1 Rozhodující vnitřní síly po prutech

Prut č.	A Místo x [m]	B Zatěž. stav	C Sily [kN]			D Momenty [kNm]			I
			N	V _y	V _z	M _T	M _y	M _z	
1	3.000	ZS4	0.000	-0.004	0.000	0.016	0.000	5.637	
2	3.000	ZS4	0.000	-0.004	0.000	-0.016	0.000	5.637	
3	0.000	ZS3	-0.490	0.000	-2.690	0.000	13.671	0.000	
4	3.262	ZS2	-0.285	0.003	-4.060	0.000	-6.277	-0.020	
5	6.274	ZS4	0.000	-0.255	0.000	0.007	0.000	1.506	
6	0.000	ZS4	0.000	0.255	0.000	-0.007	0.000	1.506	
7	0.000	ZS2	-0.285	-0.003	6.060	0.000	-6.277	-0.017	
8	3.011	ZS3	-0.743	0.000	-2.803	0.000	14.235	0.000	
11	6.000	ZS2	-36.183	0.000	-27.301	0.001	-163.800	-0.002	
12	6.000	ZS2	-46.210	0.000	28.857	-0.001	173.140	-0.002	
13	0.000	ZS2	-30.737	0.001	33.680	-0.002	-163.800	-0.001	
14	0.000	ZS2	-30.268	0.001	28.056	-0.002	-70.820	-0.003	
15	5.791	ZS2	-28.190	-0.004	0.434	-0.002	75.728	0.017	
16	0.965	ZS2	-28.592	0.004	-0.055	0.002	77.184	0.016	
17	3.262	ZS2	-31.770	0.000	-31.952	0.002	-59.985	-0.002	
18	3.011	ZS2	-32.723	0.000	-43.181	0.002	-173.140	-0.001	
21	6.000	ZS2	-47.675	0.000	-31.187	0.001	-187.120	-0.002	
22	6.000	ZS2	-46.430	0.000	29.631	-0.001	177.780	-0.002	
23	0.000	ZS2	-35.171	0.001	44.432	-0.002	-187.120	-0.001	
24	0.000	ZS2	-34.218	0.001	33.201	-0.002	-70.197	-0.003	
25	5.791	ZS2	-30.861	-0.004	-0.491	-0.002	77.880	0.017	
26	0.965	ZS2	-30.609	0.004	-0.561	0.002	78.402	0.016	
27	3.262	ZS2	-32.971	0.000	-32.457	0.002	-63.102	-0.003	
28	3.011	ZS2	-33.924	0.000	-43.688	0.002	-177.780	-0.001	
31	3.000	ZS3	5.458	0.000	4.222	0.000	21.666	0.000	
32	2.500	ZS3	5.458	0.000	0.124	0.000	28.226	0.000	
33	3.000	ZS5	0.000	0.000	-2.123	-0.001	-6.370	0.000	
34	0.000	ZS5	0.000	0.000	1.800	-0.001	-6.368	0.000	
35	3.000	ZS5	0.000	0.000	-2.488	0.000	-7.463	0.000	
36	0.000	ZS5	0.000	0.000	1.864	0.000	-7.452	0.000	
37	3.000	ZS5	0.000	0.000	-2.123	0.001	-6.370	0.000	
38	0.000	ZS5	0.000	0.000	1.800	0.001	-6.368	0.000	
39	3.000	ZS3	-5.600	0.000	5.443	0.000	21.953	0.000	
40	3.000	ZS3	-5.600	0.000	0.228	0.000	28.263	0.000	

Obr. 3.23: Dialog 3.1 Rozhodující vnitřní síly po prutech

Detaily...

V tomto dialogu se pro každý prut zobrazí rozhodující vnitřní síly, které vyvozují maximální využití. Při standardním nastavení se vztahují k maximálnímu srovnávacímu napětí σ_v . V dialogu *Detaily* (viz obr. 3.13, strana 52), který otevřeme pomocí stejnojmenného tlačítka, lze však vnitřní síly vztáhnout k jinému typu napětí.

Pokud uživatel zvolil způsob výpočtu napětí u kombinací výsledků *Spočítat napětí v jednotlivých ZS dané kombinace a tato zkombinovat podle kritéria pro KV* (viz obr. 3.13, strana 52), nelze přímo využít výsledky pro KV z výstupní tabulky RFEMu 4.6 *Pruty - vnitřní síly*. Tlaková, tahová a smyková napětí z jednotlivých zatěžovacích stavů se sečtou podle kombinačního kritéria pro KV. Výjimkou je srovnávací napětí σ_v , které se vypočítá ze složek σ_{celkem} a τ_{celkem} . Rozhodující vnitřní síly u kombinací výsledků tudíž nemusí být zcela transparentní.

Místo x

V tomto sloupci se vždy zobrazí místo x na prutu, kde bylo zjištěno maximální využití.

Zatěžovací stav

V tomto sloupci se zobrazí číslo zatěžovacího stavu (popř. kombinace zatížení nebo kombinace výsledků), u kterého vnitřní síly na prutu vyvozují maximální využití.

Síly / Momenty

Pro každý prut se zobrazí normálové a posouvající síly a také krouticí a ohybové momenty, které vyvozují při analýze napětí největší využití.

3.3.7 Rozhodující vnitřní síly po sadách prutů

3.2 Rozhodující vnitřní síly po sadách prutů

Sada prutů č.	A	B	C	D			E	F	G		H	I
	Místo x [m]	Zatěž. stav	N	Síly [kN]		V _z	M _T	Momenty [kNm]		M _z		
				V _y				M _y	M _z			
1	3.000	ZS4	0.000	-0.004	0.000	0.016	0.000	5.637				
2	3.011	ZS2	-32.723	0.000	-43.181	0.002	-173.140	-0.001				
3	0.000	ZS2	-35.171	0.001	44.432	-0.002	-187.120	-0.001				
4	2.500	ZS3	5.458	0.000	0.124	0.000	28.226	0.000				
5	0.000	ZS5	0.000	4.145	0.000	0.000	5.729					
6	0.000	ZS4	0.000	0.255	0.000	-0.007	0.000	1.506				
7	6.274	ZS4	0.000	-0.255	0.000	0.007	0.000	1.506				
8	6.274	ZS2	0.616	0.000	-7.087	0.000	-7.842	-0.001				
9	0.000	ZS2	0.616	0.000	7.087	0.000	-7.842	-0.001				
10	0.000	ZS3	-0.400	0.000	-5.514	0.000	28.038	0.000				

Obr. 3.24: Dialog 3.2 Rozhodující vnitřní síly po sadách prutů

V tomto dialogu se zobrazí u každé sady prutů vnitřní síly, které vyvozují největší využití.

3.3.8 Výkaz materiálu po prutech

Nakonec se zobrazí seznam všech profilů použitých v daném návrhovém případě.

4.1 Výkaz materiálu po prutech

Položka č.	A Označení průřezu	B Počet prutů	C Délka [m]	D Celk. délka [m]	E Plocha [m ²]	F Objem [m ³]	G Měrná hmotnost [kg/m]	H Hmotnost [kg]	I Celk. hmot. [t]
1	1 - IPE 500 DIN 1025-5:1994	6	6.00	36.00	62.78	0.42	91.06	546.36	3.278
2	2 - IPE 360 DIN 1025-5:1994 ... 3 - IPE 450 DIN 1	8	3.01	24.09	35.63	0.21	67.31	202.70	1.622
3	2 - IPE 360 DIN 1025-5:1994	8	3.26	26.10	35.31	0.19	57.07	186.19	1.490
4	2 - IPE 360 DIN 1025-5:1994	8	6.27	50.19	67.91	0.36	57.07	358.05	2.864
5	1 - IPE 500 DIN 1025-5:1994	4	3.00	12.00	20.93	0.14	91.06	273.18	1.093
6	10 - HE A 140 DIN 1025-3:1994	3	3.00	9.00	7.15	0.03	24.65	73.95	0.222
7	10 - HE A 140 DIN 1025-3:1994	2	3.55	7.09	5.63	0.02	24.65	87.41	0.175
8	10 - HE A 140 DIN 1025-3:1994	1	4.09	4.09	3.25	0.01	24.65	100.91	0.101
9	15 - HE A 200 DIN 1025-3:1994	4	3.00	12.00	13.68	0.06	42.23	126.70	0.507
10	6 - HE A 160 DIN 1025-3:1994	3	3.00	9.00	8.15	0.03	30.46	91.37	0.274
11	6 - HE A 160 DIN 1025-3:1994	2	3.55	7.09	6.43	0.03	30.46	108.00	0.216
12	6 - HE A 160 DIN 1025-3:1994	1	4.09	4.09	3.71	0.02	30.46	124.70	0.125
13	7 - HE A 120 DIN 1025-3:1994	4	6.27	25.10	16.99	0.06	19.86	124.60	0.498
14	9 - IPE 360 DIN 1025-5:1994	8	6.25	50.00	67.65	0.36	57.07	356.68	2.853
15	6 - HE A 160 DIN 1025-3:1994	2	6.55	13.09	11.86	0.05	30.46	199.38	0.399
16	6 - HE A 160 DIN 1025-3:1994	1	7.09	7.09	6.43	0.03	30.46	216.07	0.216
17	12 - QRO 80x4 DIN 59410:1974	25	5.00	125.00	39.13	0.15	9.42	47.10	1.178
18	13 - Kruh 2.4	4	7.81	31.24	2.36	0.01	3.55	27.74	0.111
19	13 - Kruh 2.4	8	8.02	64.18	4.84	0.03	3.55	28.49	0.228
Celkem		102		516.46	419.81	2.22			17.449

Obr. 3.25: Dialog 4.1 Výkaz materiálu po prutech

Detaily...

Při standardním nastavení bude seznam obsahovat jen posuzované pruty. Pokud si přejeme zobrazit výkaz materiálu všech prutů v modelu konstrukce, pak lze nastavení upravit v dialogu *Detaily* (viz obr. 3.13, strana 52).

Položka č.

Stejným prutům se automaticky přiřadí stejné číslo položky.

Označení průřezu

V tomto sloupci se zobrazí čísla a 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.

Plocha

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 [Průřezové charakteristiky...] v dialogu 1.3 nebo také 2.1 až 2.5 (viz obr. 3.11, strana 51).

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 řádce pod seznamem je uveden součet hodnot ve sloupcích B, D, E, F a I. V poli *Celková hmotnost* vidíme celkové požadované množství oceli.

3.3.9 Výkaz materiálu po sadách prutů

4.2 Výkaz materiálu po sadách prutů

Položka č.	A Označení sady prutů	B Počet sad prutů	C Délka [m]	D Celk. délka [m]	E Plocha [m ²]	F Objem [m ³]	G Měrná hmotno [kg/m]	H Hmotnost [kg]	I Celk. hmot. [t]
1	1	1	37.10	37.10	55.64	0.33	69.73	2586.61	2.587
2		2	37.10	74.19	111.28	0.66	69.73	2586.61	5.173
3		1	6.00	6.00	10.46	0.07	91.06	546.36	0.546
4		1	6.00	6.00	6.84	0.03	42.23	253.40	0.253
5	Continuous members 1	1	12.55	12.55	17.36	0.10	59.53	746.94	0.747
6	Continuous members 2	1	12.55	12.55	17.36	0.10	59.53	746.94	0.747
7	Continuous members 3	1	12.55	12.55	8.49	0.03	19.86	249.21	0.249
8	Continuous members 4	1	12.55	12.55	8.49	0.03	19.86	249.21	0.249
9	Continuous members 5	1	12.55	12.55	17.36	0.10	59.53	746.94	0.747
Celkem		10		186.03	253.29	1.44			11.299

Obr. 3.26: Dialog 4.2 Výkaz materiálu po sadách prutů

Poslední výstupní dialog se zobrazí, pokud jsme k posouzení vybrali alespoň jednu sadu prutů. Výhodou je, že se tu zobrazí souhrnný výkaz materiálu pro celou skupinu prvků (např. pro příčel).

Jednotlivé sloupce tabulky popisujeme v předchozí kapitole. V případě, že se sada prutů skládá z různých průřezů, stanoví se plocha, objem a měrná hmotnost jako průměr příslušných hodnot.

4. Vyhodnocení výsledků

Výsledky posouzení můžeme různým způsobem vyhodnotit. Velmi užitečná jsou přitom tlačítka, která se nacházejí ve výstupních dialogích pod tabulkami s výsledky.

RF-STEEL Surfaces







2.2 Napětí po materiálech


Materiál č.	A Plocha č.	B Bod sítě KP č.	C Souřadnice bodu [m]			F Zatěžování	G Napětí [kN/cm ²]			K
			X	Y	Z		Symbol	Návrh. hodn.	Mezní hodn.	
1 Ocel S 235*										
1	1	1	3.273	11.542	0.000	ZS1	τ_{max}	1.41	11.28	0.13
1	450	-10.508	11.039	0.000	ZS1	$\sigma_{1,+}$	9.26	19.55	0.47	
1	1	3.273	11.542	0.000	ZS1	$\sigma_{2,+}$	-10.43	19.55	0.53	
1	1	3.273	11.542	0.000	ZS1	$\sigma_{1,-}$	10.43	19.55	0.53	
1	450	-10.508	11.039	0.000	ZS1	$\sigma_{2,-}$	-9.26	19.55	0.47	
1	1	3.273	11.542	0.000	ZS1	$\sigma_{1,m}$	0.00	19.55	0.00	
1	1	3.273	11.542	0.000	ZS1	$\sigma_{2,m}$	0.00	19.55	0.00	
1	450	-10.508	11.039	0.000	ZS1	$\sigma_{v,max}$	13.50	19.55	0.69	
1	1	3.273	11.542	0.000	ZS1	$\sigma_{v,m}$	0.00	19.55	0.00	
2 Ocel S 355										
4	503	16.120	-14.369	0.000	ZS1	τ_{max}	0.04	17.58	0.00	
4	593	13.997	-12.932	0.000	ZS1	$\sigma_{1,+}$	1.24	30.45	0.04	
4	589	16.044	-12.925	0.000	ZS1	$\sigma_{2,+}$	0.54	30.45	0.02	
4	589	16.044	-12.925	0.000	ZS1	$\sigma_{1,-}$	-0.54	30.45	0.02	
4	593	13.997	-12.932	0.000	ZS1	$\sigma_{2,-}$	-1.24	30.45	0.04	
4	20	10.000	-11.842	0.000	ZS1	$\sigma_{1,m}$	0.00	30.45	0.00	
4	20	10.000	-11.842	0.000	ZS1	$\sigma_{2,m}$	0.00	30.45	0.00	
4	593	13.997	-12.932	0.000	ZS1	$\sigma_{v,max}$	1.08	30.45	0.04	
4	20	10.000	-11.842	0.000	ZS1	$\sigma_{v,m}$	0.00	30.45	0.00	

V bodech sítě prvků
 V bodech rastru
 Max.: 0.69 ≤ 1

Obr. 4.1: Tlačítka pro vyhodnocení výsledků v modulu RF-STEEL Surfaces

Tlačítka mají následující funkce:

Tlačítko	Název	Funkce
	Vybrat napětí pro zobrazení	Otevře dialog <i>Filtrovat napětí</i> , v němž lze vybrat, která napětí se mají zobrazit → kapitola 4.1.1, strana 74
	Zobrazit barvy v tabulce	Zobrazí barevné pruhy v tabulkách výsledků podle referenční stupnice
	Zobrazit řádky s poměrem > 1	Zobrazí pouze řádky s využitím větším než 1, kdy posouzení není splněno
	Zobrazit aktuální výsledky v grafice RFEMu	Znázorní výsledky v grafickém okně RFEMu na pozadí → kapitola 4.1.2, strana 75
	Exportovat do MS Excelu nebo OpenOffice.org Calc	Otevře dialog <i>Export tabulky</i> → kapitola 6.4.2, strana 99
	Vybrat plochu v grafice a vybrat ji v tabulce	Umožňuje vybrat plochu v grafickém okně; její výsledky se následně zobrazí v tabulce

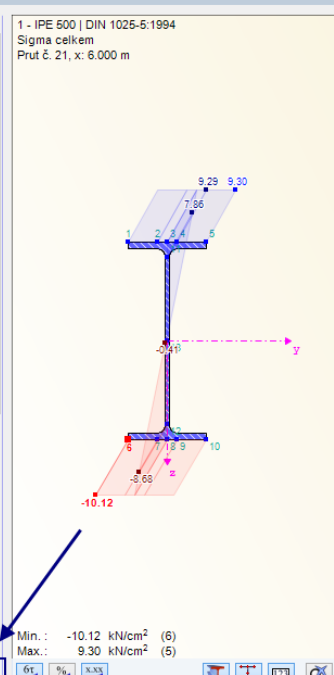
	Do grafiky pro změnu zobrazení	Umožňuje přepnout do pracovního okna RFEMu, kde lze změnit náhled
---	--------------------------------	---

Tabulka 4.1: Tlačítka v tabulkách výsledků modulu RF-STEEL Surfaces

RF-STEEL Members

2.1 Napětí po průřezích

Průřez č.	A Prut č.	B Místo x [m]	C Napětový bod č.	D Zatížení	E Typ napětí	F Napětí [kN/cm ²]	G Napětí návrh mez	H Vy-užití
1	IPE 500 DIN 1025-5:1994							
	21	6.000	6	ZS2	Sigma celkem	-10.12	21.82	0.46
	21	0.000	13	ZS2	Tau celkem	-0.70	12.60	0.06
	21	6.000	8	ZS2	Sigma-v	10.12	21.82	0.46
	IPE 360 DIN 1025-5:1994							
	26	0.965	5	ZS2	Sigma celkem	-9.11	21.82	0.42
	24	0.000	13	ZS2	Tau celkem	1.30	12.60	0.10
	26	0.965	5	ZS2	Sigma-v	9.11	21.82	0.42
6	HE A 160 DIN 1025-3:1994							
	82	3.547	6	ZS4	Sigma celkem	7.09	21.82	0.33
	82	7.094	13	ZS4	Tau celkem	-1.09	12.60	0.09
	82	3.547	3	ZS4	Sigma-v	7.09	21.82	0.33
	HE A 120 DIN 1025-3:1994							
	61	6.274	5	ZS2	Sigma celkem	7.40	21.82	0.34
	64	0.000	13	ZS2	Tau celkem	1.40	12.60	0.11
	64	0.000	3	ZS2	Sigma-v	7.43	21.82	0.34
9	IPE 360 DIN 1025-5:1994							
	67	3.125	6	ZS7	Sigma celkem	6.76	32.73	0.21
	66	0.000	13	ZS7	Tau celkem	1.53	18.90	0.08
	67	3.125	6	ZS7	Sigma-v	6.76	32.73	0.21
	HE A 140 DIN 1025-3:1994							
10	35	3.000	1	ZS5	Sigma celkem	4.82	21.82	0.22
	35	0.000	13	ZS5	Tau celkem	-0.38	12.60	0.03
	35	3.000	3	ZS5	Sigma-v	4.82	21.82	0.22
12	QRO 80x4 DIN 59410:1974							
	92	0.000	1	ZS4	Sigma celkem	-2.02	21.82	0.09
	91	0.000	16	ZS1	Tau celkem	0.04	12.60	0.00
	92	0.000	1	ZS4	Sigma-v	2.02	21.82	0.09












1 - IPE 500 | DIN 1025-5:1994
Sigma celkem
Prut č. 21, x: 6.000 m

Min.: -10.12 kN/cm² (6)
Max.: 9.30 kN/cm² (5)

Obr. 4.2: Tlačítka pro vyhodnocení výsledků v modulu RF-STEEL Members

Tlačítka mají následující funkce:

Tlačítko	Název	Funkce
	Detaily průřezu	Otevře dialog <i>Informace o průřezu</i> → obr. 3.11, strana 51
	Vybrat napětí pro zobrazení	Otevře dialog <i>Filtrovat napětí</i> → kapitola 4.2.1, strana 78
	Zobrazit nebo vytisknout průřezové hodnoty a průběhy napětí	Otevře dialog <i>Průřezové charakteristiky a průběh napětí</i> → kapitola 4.2.2, strana 80
	Zobrazit barvy v tabulce	Zobrazí barevné pruhy v tabulkách výsledků podle referenční stupnice
	Zobrazit řádky s poměrem > 1	Zobrazí pouze řádky s využitím větším než 1, kdy posouzení není splněno
	Zobrazit grafy výsledků aktuálního prutu	Otevře diagram <i>Průběhy výsledků na prutu</i> → kapitola 4.2.4, strana 84
	Exportovat do MS Excelu nebo	Otevře dialog <i>Export tabulky</i> → kapitola 6.4.2, strana 99

	OpenOffice.org Calcu	
	Vybrat prut v grafice a přejít na tento prut do tabulky	Umožňuje graficky vybrat určitý prut v pracovním okně RFEMu, jehož výsledné hodnoty chceme zobrazit v tabulce
	Skok do grafiky pro změnu zobrazení	Umožňuje přepnout do pracovního okna RFEMu, kde lze změnit náhled

Tabulka 4.2: Tlačítka v tabulkách výsledků modulu RF-STEEL Members

4.1 RF-STEEL Surfaces

4.1.1 Výběr napětí

Ve výstupních tabulkách se standardně zobrazí následující druhy napětí:



- Smyková napětí τ_{\max}
- Hlavní napětí σ ve směru hlavních os 1 a 2 na horní (-) a dolní (+) straně plochy
- Membránová napětí σ_m ve směru hlavních os 1 a 2
- Srovnávací napětí σ_v
- Membránové srovnávací napětí $\sigma_{v,m}$

Tlačítka [Detaily..] a [Spustit dialog 'Detaily' a vybrat napětí pro zobrazení...] umožňují aktivovat nebo naopak zrušit zobrazení požadovaných složek napětí.

Otevře se dialog *Detaily* (viz obr. 2.15, strana 20). V záložce *Napětí* můžeme stanovit, která napětí se mají zobrazit v tabulkách. Na obrázku vlevo vidíme, jaké druhy napětí lze zvolit.

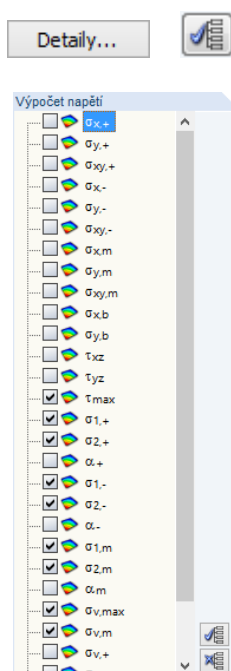
Jednotlivá napětí popisujeme v kapitole 2.2.1.1 na straně 21.

Ke snazšímu výběru požadovaných druhů napětí slouží tlačítka, která se nacházejí vedle seznamu:

Tlačítko	Název	Funkce
	Vybrat vše	Označí zaškrťovací políčka u všech druhů napětí
	Zrušit celý výběr	Zruší označení všech zaškrťovacích políček

Tab. 4.3: Tlačítka v sekci *Výpočet napětí*

Nastavení v dialogu *Detaily* nemá vliv pouze na obsah výstupních tabulek, ale také tiskového protokolu: objeví se v něm pouze druhy napětí, které se zobrazí ve výstupních tabulkách.

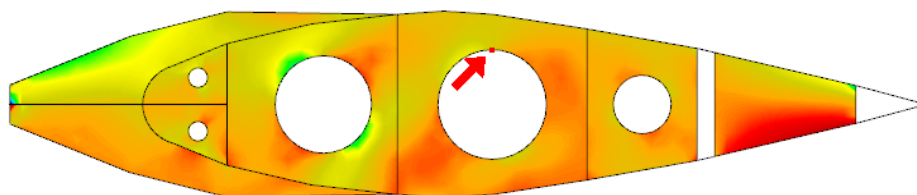


4.1.2 Výsledky na modelu v RFEMu

Pro vyhodnocení výsledků posouzení lze využít i pracovní okno RFEMu.

Grafické zobrazení v RFEMu na pozadí a režim prohlížení

Pokud máme pracovní okno RFEMu otevřeno na pozadí, můžeme rychle v modelu ověřit polohu určitého bodu sítě prvků nebo rastrového bodu. Bod, který jsme vybrali ve výstupní tabulce v modulu RF-STEEL Surfaces, se v grafickém zobrazení na pozadí označí šipkou. Příslušná plocha je zvýrazněna odlišnou barvou. Pokud je aktivováno tlačítko [Zobrazit aktuální výsledky v grafice RFEMu], zobrazí se také aktuální napětí.



RF-STEEL Surfaces - [Model - Steel surfaces]										
Soubor Úpravy Nastavení nápověda										
PR1 - Allgemeine Spannungsans: 2.3 Napětí po plochách										
Plocha č.	Bod sítě KP č.	Souřadnice bodu [m]			Zatěžování	Symbol	Napětí [N/mm ²]		Využití [%]	
		X	Y	Z			Návrh. hodn	Mezní hodn		
45		Materiál : Ocel S 235 - Tloušťka d: 20.0 mm								
311		-0.393	-0.370	1.375	ZS2	τ_{max}	11.94	125.97	0.09	
310		-0.393	0.370	1.375	ZS2	$\sigma_{1,+}$	52.74	218.18	0.24	
311		-0.393	-0.370	1.375	ZS2	$\sigma_{2,+}$	-49.28	218.18	0.23	
310		-0.393	0.370	1.375	ZS2	$\sigma_{1,-}$	30.08	218.18	0.14	
456		0.000	-0.225	1.375	ZS2	$\sigma_{2,-}$	-39.70	218.18	0.18	
310		-0.393	0.370	1.375	ZS2	$\sigma_{1,m}$	32.18	218.18	0.15	
456		0.000	-0.225	1.375	ZS2	$\sigma_{2,m}$	-41.38	218.18	0.19	
311		-0.393	-0.370	1.375	ZS2	$\sigma_{v,max}$	47.55	218.18	0.22	
456		0.000	-0.225	1.375	ZS2	$\sigma_{v,m}$	39.88	218.18	0.18	

Obr. 4.3: Vyznačení plochy a právě vybraného bodu sítě prvků v modelu v RFEMu



Informace

Nacházíte se v režimu prohlížení.

Zpět

Pokud ani posunem okna modulu RF-STEEL Surfaces nezískáme lepší náhled, lze pomocí tlačítka [Do grafiky pro změnu zobrazení] přepnout do takzvaného režimu prohlížení: okno modulu RF-STEEL se vypne a na ploše RFEMu lze nyní upravit náhled. V režimu prohlížení máme k dispozici funkce z nabídky *Zobrazit*, například zoom, posun nebo natočení náhledu. Šipka, která vyznačuje aktuální bod v modelu konstrukce, přitom nezmizí.

Tlačítkem [Zpět] se můžeme do modulu RF-STEEL Surfaces vrátit.

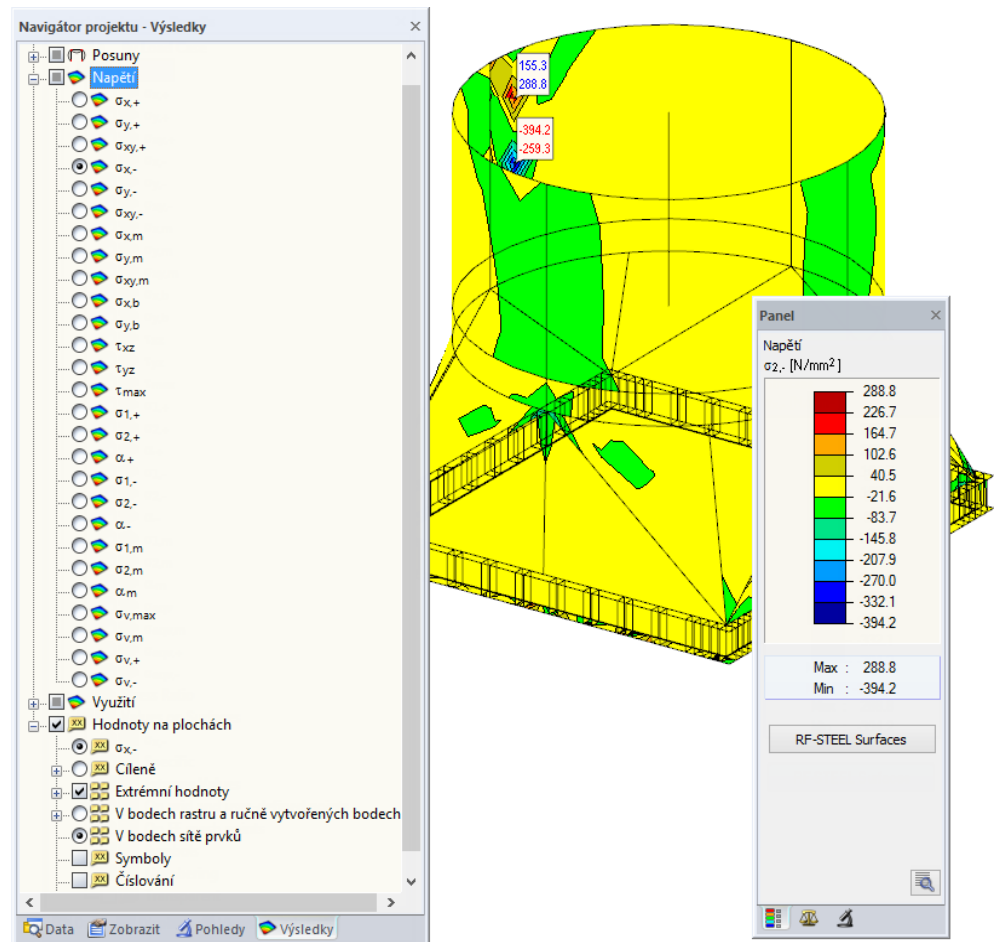
Grafika

Pracovní okno RFEMu

Napětí a využití lze také zkontrolovat graficky v modelu konstrukce v RFEMu. Pomocí tlačítka [Grafika] modul RF-STEEL zavřeme. V pracovním okně RFEMu se pak výsledky posouzení zobrazí graficky.

Navigátor Výsledky

Navigátor *Výsledky* je uzpůsoben modulu RF-STEEL Surfaces. U každého návrhového případu lze zobrazit a graficky vyhodnotit jednotlivé druhy napětí a příslušné stupně využití.



Obr. 4.4: Pracovní okno RFEMu s navigátorem *Výsledky* uzpůsobeným modulu RF-STEEL Surfaces

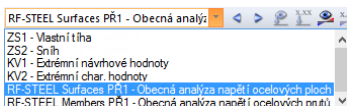
Stejně jako v případě vnitřních sil lze pomocí tlačítka [Zobrazit výsledky] aktivovat nebo deaktivovat zobrazení výsledků posouzení.

Vzhledem k tomu, že tabulky RFEMu nemají pro vyhodnocení výsledků z modulu RF-STEEL Surfaces žádný význam, lze je skrýt pomocí vlevo zobrazeného tlačítka.

Konkrétní návrhový případ lze vybrat ze seznamu případů v panelu nástrojů RFEMu.

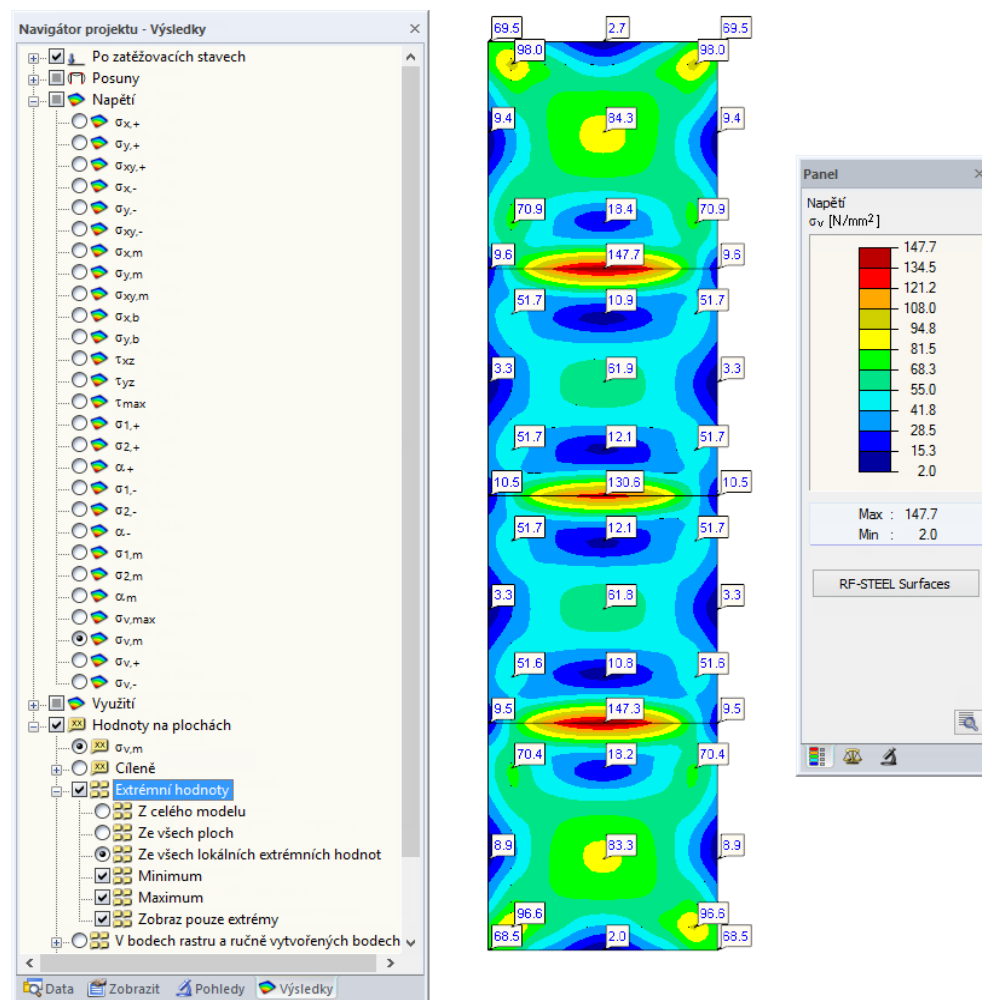
Panel

Pro vyhodnocení výsledků posouzení má uživatel k dispozici také panel se všemi jeho běžnými možnostmi nastavení. Funkce panelu podrobně popisujeme v manuálu k programu RFEM v kapitole 3.4.6. V jeho druhé záložce lze nastavit *faktory zobrazení* pro napětí či využití. V třetí záložce panelu lze vybrat konkrétní plochy, jejichž výsledky si přejeme zobrazit (viz kapitola 4.3, strana 86).



Hodnoty na plochách

Chceme-li zobrazit a vyhodnotit výsledné hodnoty napětí a využití na plochách, nabízí se nám všechny standardní funkce hlavního programu RFEM. Jejich podrobný popis najdeme v kapitole 9.4 manuálu k programu RFEM. Na následujícím obrázku jsou znázorněny maximální extrémní hodnoty ze všech lokálních vrcholových hodnot na plochách.



Obr. 4.5: Srovnávací napětí s maximálními lokálními vrcholovými hodnotami

Grafická zobrazení výsledků posouzení lze začlenit do výstupního protokolu (viz kapitola 5.2, strana 87).

RF-STEEL Surfaces

Do modulu se můžeme vrátit kliknutím na tlačítko [RF-STEEL Surfaces] v řídicím panelu.

4.2 RF-STEEL Members

4.2.1 Výběr napětí

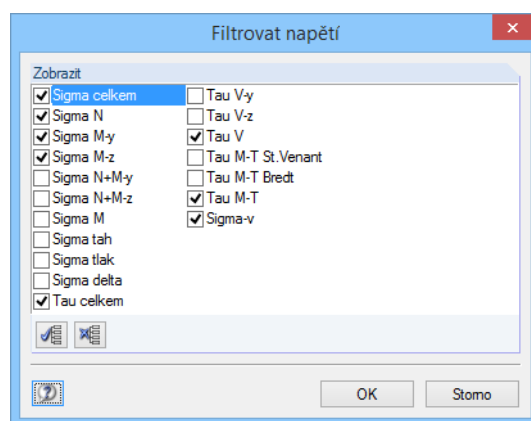
Ve výstupních tabulkách se standardně zobrazí následující druhy napětí:

- Normálové napětí σ_{celkem}
- Smykové napětí τ_{celkem}
- Srovnávací napětí σ_v



Po kliknutí na tlačítko [Vybrat napětí pro zobrazení] máme možnost aktivovat zobrazení dalších druhů napětí. Můžeme tak zkontrolovat složky celkových napětí. Tlačítko se nachází pod tabulkou (viz obr. 4.2).

Otevřeme jím dialog *Filtrovat napětí*, v němž lze vybírat druhy napětí.



Obr. 4.6: Dialog *Filtrovat napětí*

Jednotlivé druhy napětí popisujeme v tab. 3.3 a tab. 3.4 na straně 55 až 57.

Ke snazšímu výběru požadovaných druhů napětí slouží tlačítka pod seznamem. Jejich popis najdeme v tab. 4.3 na straně 74.



Analýza se provádí pro každý jednotlivý napěťový bod, takže při kombinovaném posouzení (např. σ_{celkem}) zpravidla nelze sčítat maximální hodnoty složek napětí, protože se většinou vztahují k různým napěťovým bodům. Kombinovat lze pouze složky napětí stejného napěťového bodu.



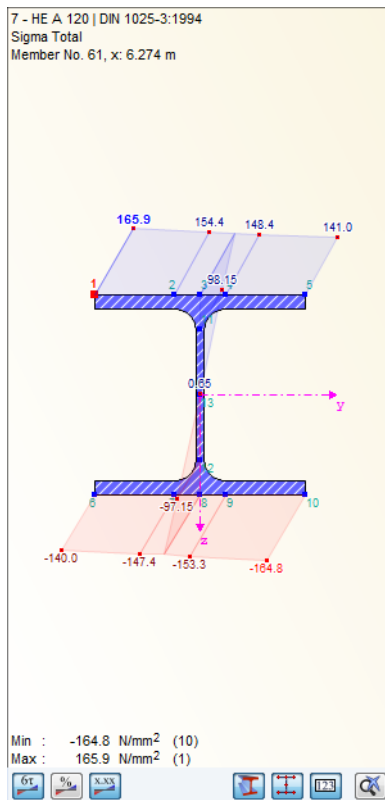
Zadání v dialogu *Filtrovat napětí* má vliv také na obsah výstupního protokolu: objeví se v něm pouze druhy napětí, které se zobrazí ve výstupních tabulkách.

4.2.2 Výsledky na průřezu

Seznam napětí v tabulkách je doplněn dynamickým grafickým zobrazením napětí. Toto grafické zobrazení znázorňuje průběh zvoleného typu napětí na průřezu v aktuálním místě x. Jestliže v tabulce vybereme kliknutím myši jiné místo x nebo jiný druh napětí, zobrazení se aktualizuje. Rozhodující napěťový bod je vyznačen červeně.










V obrázku lze znázornit jak napětí tak využití.



Obr. 4.7: Průběh normálových napětí na průřezu

Tlačítka pod obrázkem mají následující funkce:

Tlačítko	Název	Funkce
	Zobrazit průběh napětí	Zapne, příp. vypne zobrazení napětí
	Zobrazit využití napětí	Zapne, příp. vypne zobrazení využití
	Zobrazit hodnoty	Zapne, příp. vypne zobrazení výsledných hodnot
	Zobrazit plný průřez	Zapne, příp. vypne zobrazení obrysu profilu
	Zobrazit napěťové body průřezu	Zobrazí, resp. skryje napěťové body
	Zobrazit číslování napěťových bodů	Zobrazí, resp. skryje čísla napěťových bodů
	Zobrazit celý obrázek	Obnoví celkový náhled na průřez

Tabulka 4.4: Tlačítka pro grafické zobrazení ve výstupních tabulkách 2.1 až 2.5

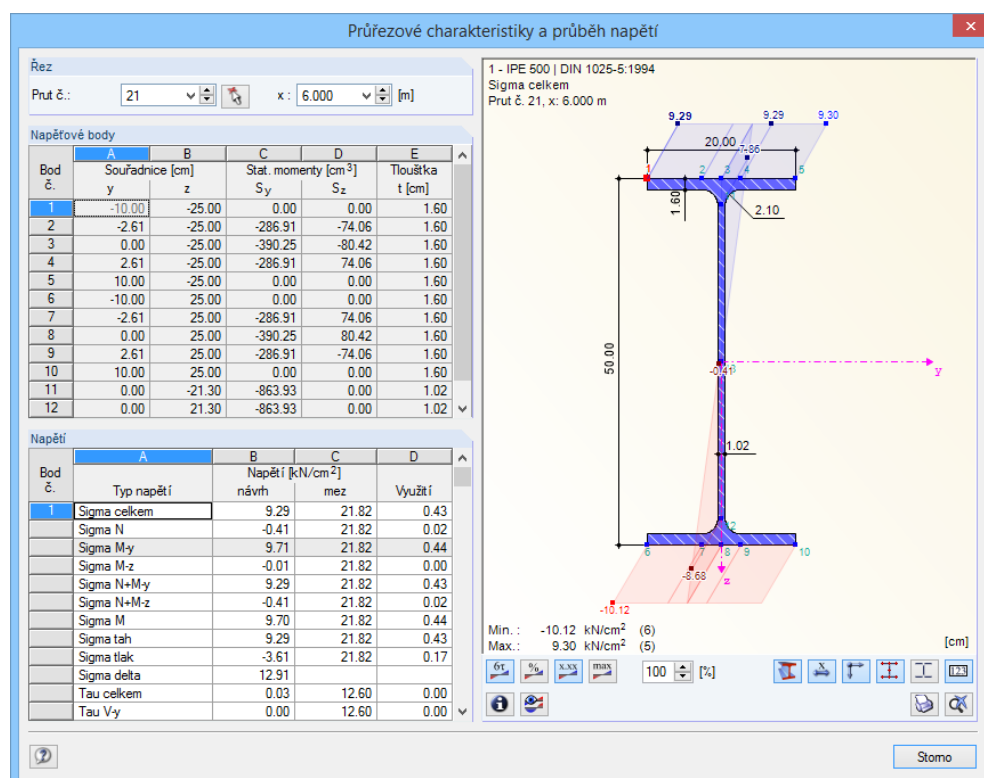


Zobrazení lze zvětšovat, resp. zmenšovat rolováním kolečka myši. Pomocí funkce Drag&Drop lze zobrazení napětí přesunout na jiné místo. Vlevo znázorněné tlačítko umožňuje znovu zobrazit celý obrázek.



Zobrazit nebo vytisknout průřezové hodnoty a průběhy napětí

Tlačítko [Zobrazit nebo vytisknout průřezové hodnoty a průběhy napětí] umožňuje cíleně vyhodnotit napětí u každého napětového bodu. Tlačítkem otevřeme dialog *Průřezové charakteristiky a průběh napětí*.



Průřezové charakteristiky a průběh napětí

Řez
Prut č.: 21 x: 6.000 [m]

1 - IPE 500 | DIN 1025-5:1994
Sigma celkem
Prut č. 21, x: 6.000 m

Bod č.	Souřadnice [cm]		Stat. momenty [cm ³]		Tloušťka t [cm]
	y	z	S _y	S _z	
1	-10.00	-25.00	0.00	0.00	1.60
2	-2.61	-25.00	-286.91	-74.06	1.60
3	0.00	-25.00	-390.25	-80.42	1.60
4	2.61	-25.00	-286.91	74.06	1.60
5	10.00	-25.00	0.00	0.00	1.60
6	-10.00	25.00	0.00	0.00	1.60
7	-2.61	25.00	-286.91	74.06	1.60
8	0.00	25.00	-390.25	80.42	1.60
9	2.61	25.00	-286.91	-74.06	1.60
10	10.00	25.00	0.00	0.00	1.60
11	0.00	-21.30	-863.93	0.00	1.02
12	0.00	21.30	-863.93	0.00	1.02

Bod č.	Typ napětí	Napětí [kN/cm ²]		Využití
		návrh	mez	
1	Sigma celkem	9.29	21.82	0.43
	Sigma N	-0.41	21.82	0.02
	Sigma M-y	9.71	21.82	0.44
	Sigma M-z	-0.01	21.82	0.00
	Sigma N+M-y	9.29	21.82	0.43
	Sigma N+M-z	-0.41	21.82	0.02
	Sigma M	9.70	21.82	0.44
	Sigma tah	9.29	21.82	0.43
	Sigma tlak	-3.61	21.82	0.17
	Sigma delta	12.91		
	Tau celkem	0.03	12.60	0.00
	Tau V-y	0.00	12.60	0.00

Min.: -10.12 kN/cm² (6)
Max.: 9.30 kN/cm² (5)

Obr. 4.8: Dialog *Průřezové charakteristiky a průběh napětí*

V sekci *Řez* je předem nastaveno číslo aktuálního *prutu* a místo *x* na prutu. V seznamu můžeme ovšem vybrat i jiné pruty nebo jiná místa *x*.

V sekci *Napětové body* vidíme seznam všech napětových bodů průřezu. Ve sloupcích *Souřadnice* se zobrazí vzdálenosti těžiště *y* a *z*, ve sloupcích *Statické momenty* příslušné plošné momenty 1. stupně *S_y* a *S_z*. V posledním sloupci je uvedena *tloušťka t* části průřezu, která je důležitá pro výpočet smykových napětí.

V sekci *Napětí* ve spodní části dialogu se zobrazí seznam jednotlivých složek napětí v aktuálním napětovém bodu (tzn. bodu vybraném v sekci výše). I v tomto dialogu můžeme kliknutím myši vybrat určitý typ napětí, jehož průběh se pak dynamicky zobrazí v obrázku vpravo.



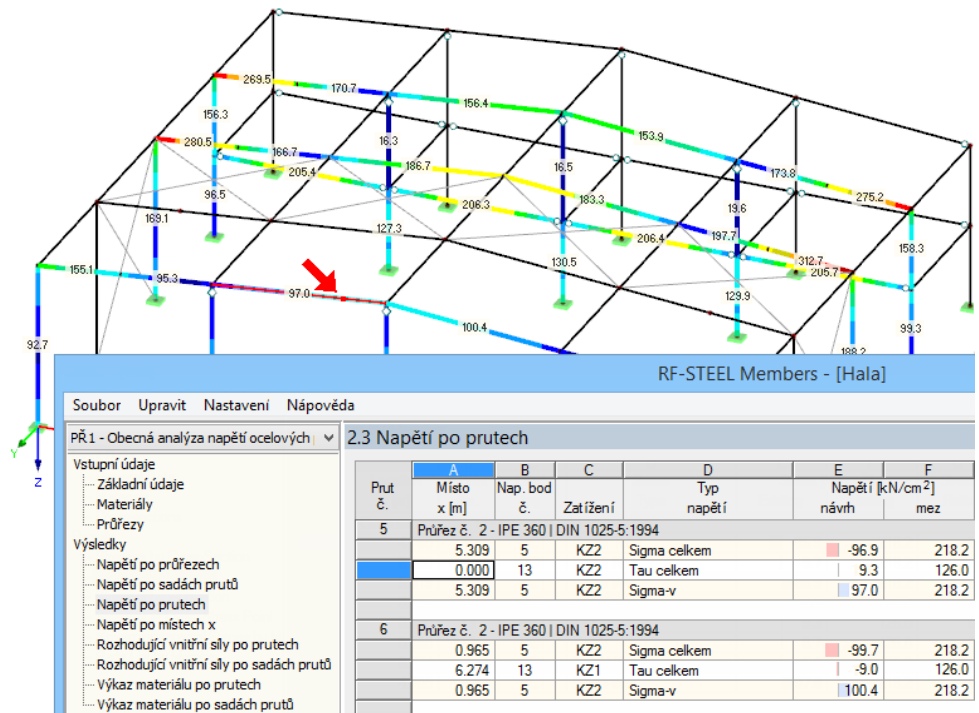
Tlačítka pod obrázkem jsou z větší části stejná jako tlačítka ve výstupních tabulkách (viz tabulka 4.4, strana 79). Pokud na chvíli zastavíme kurzorem myši na některém tlačítku, zobrazí se nám krátká informace o jeho funkci. Zvláště důležité je tlačítko [Tisk...], které umožňuje vytisknout aktuální zobrazení napětí na průřezu (viz kapitola 5.2.2, strana 89).

4.2.3 Výsledky na modelu v RFEMu

Pro vyhodnocení výsledků posouzení lze využít i pracovní okno RFEMu.

Grafické zobrazení v RFEMu na pozadí a režim prohlížení

Pracovní okno RFEMu na pozadí může být užitečné, pokud chceme zkontrolovat polohu určitého prutu v modelu. Prut vybraný v tabulce výsledků v modulu RF-STEEL Members se v grafickém okně RFEMu na pozadí zvýrazní odlišnou barvou. Kromě toho se šipkou označí místo x na prutu, které je uvedeno jako rozhodující v aktuálně vybraném řádku v tabulce.



Obr. 4.9: Vyznačení prutu a aktuálního místa x v modelu konstrukce v RFEMu

Pokud ani posunem okna modulu RF-STEEL Members nezískáme lepší náhled, lze pomocí tlačítka [Skok do grafiky pro změnu zobrazení] přepnout do takzvaného režimu prohlížení: okno modulu RF-STEEL se vypne a na ploše RFEMu lze nyní upravit náhled. V režimu prohlížení máme k dispozici funkce z nabídky *Zobrazit*, například zoom, posun nebo natočení náhledu. Šipka, která vyznačuje rozhodující místo x na prutu, přitom nezmizí.

Tlačítkem [Zpět] se můžeme do modulu RF-STEEL Members vrátit.



Informace

Nacházíte se v režimu prohlížení.

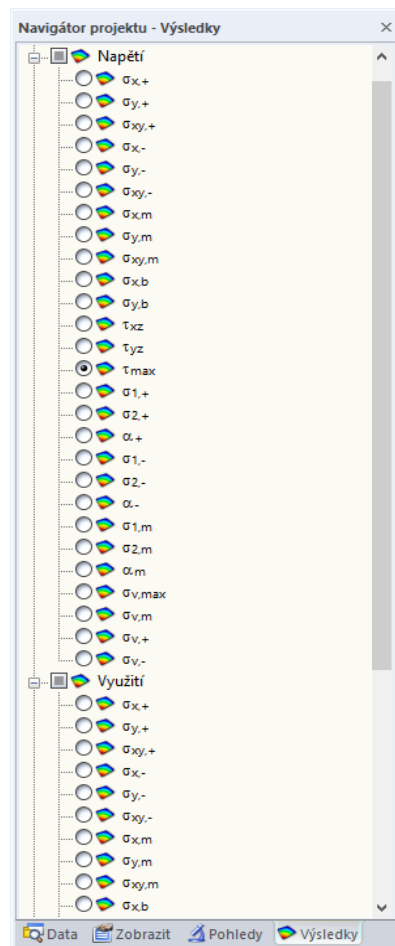
Zpět

Grafika

Pracovní okno RFEMu

Napětí a využití lze také zkontrolovat graficky v modelu konstrukce v RFEMu. Pomocí tlačítka [Grafika] modul RF-STEEL Members zavřeme. V pracovním okně RFEMu se pak výsledky posouzení zobrazí graficky.

Navigátor *Výsledky* je uzpůsoben výsledkům posouzení v modulu RF-STEEL Members. U každého návrhového případu lze zobrazit a graficky vyhodnotit jednotlivé druhy napětí a příslušné stupně využití.



Obr. 4.10: Navigátor *Výsledky* pro data z modulu RF-STEEL Members

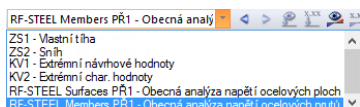


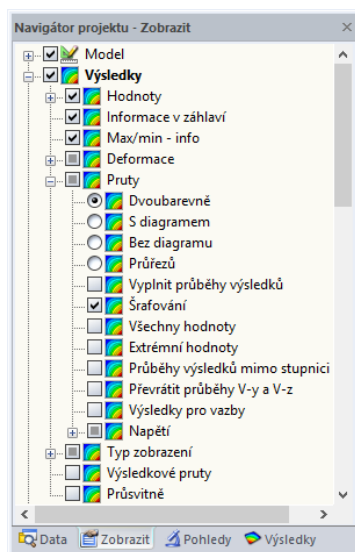
Stejně jako v případě vnitřních sil lze pomocí tlačítka [Zobrazit výsledky] aktivovat nebo deaktivovat zobrazení výsledků posouzení, pomocí tlačítka po pravé straně [Zobrazit výsledky s hodnotami] lze nastavit zobrazení výsledných číselných hodnot v obrázku.

Vzhledem k tomu, že tabulky RFEMu nemají pro vyhodnocení výsledků z modulu RF-STEEL Members žádný význam, lze je skrýt pomocí vlevo zázorněného tlačítka.

Konkrétní návrhový případ lze vybrat ze seznamu případů v panelu nástrojů RFEMu.

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

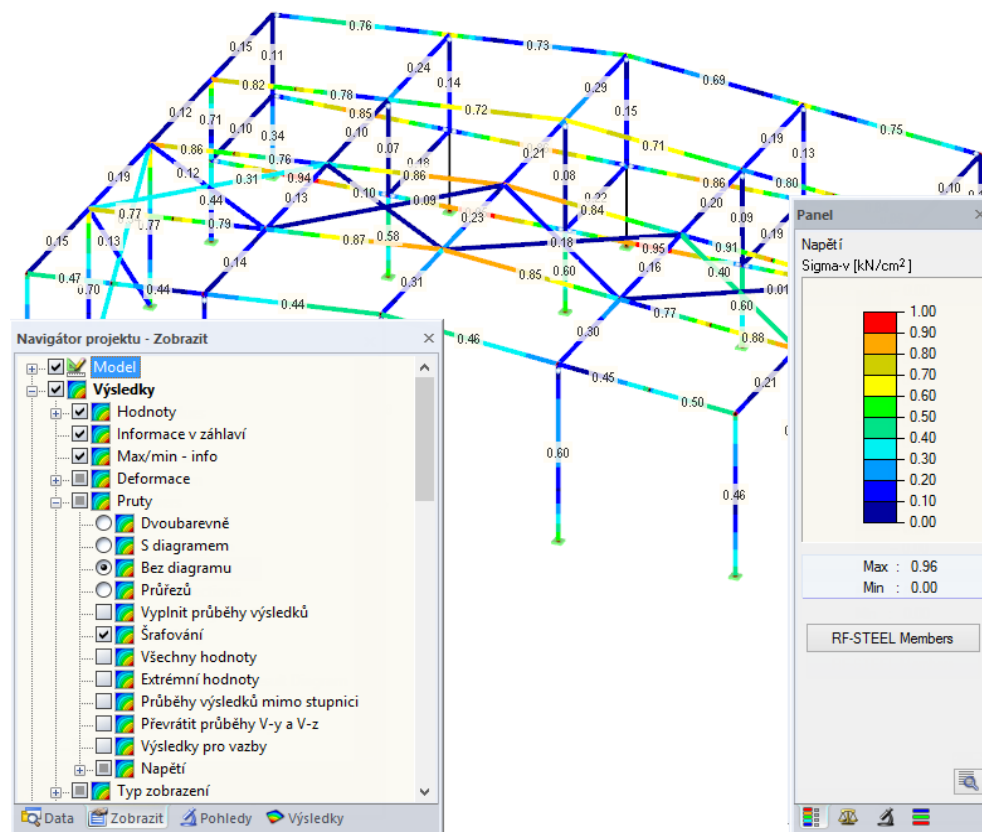




Obr. 4.11: Navigátor *Zobrazit*: Výsledky → Pruty



Pokud zvolíme vícebarevné zobrazení výsledků (volby *Průřezy* či *S diagramem/Bez diagramem*), budeme mít k dispozici panel s různými možnostmi nastavení barevného zobrazení. Funkce panelu podrobně popisujeme v manuálu k programu RFEM v kapitole 3.4.6.



Obr. 4.12: Stupně využití při označení možnosti zobrazení *Bez diagramem*

Grafická zobrazení napětí a využití lze začlenit do výstupního protokolu (viz kapitola 5.2, strana 87).

Do modulu se můžeme vrátit kliknutím na tlačítko [RF-STEEL Members] v řídicím panelu.

RF-STEEL Members

4.2.4 Průběhy výsledků

Pokud si uživatel chce prohlédnout průběh výsledků na určitém prutu, má k dispozici graf výsledků.



Nejdříve vybereme daný prut nebo sadu prutů ve výstupní tabulce modulu RF-STEEL tak, že kurzor myši umístíme do řádku s příslušným prutem, a následně pomocí vlevo znázorněného tlačítka graf výsledků otevřeme. Tlačítko se nachází pod tabulkou (viz obr. 4.2, strana 73).

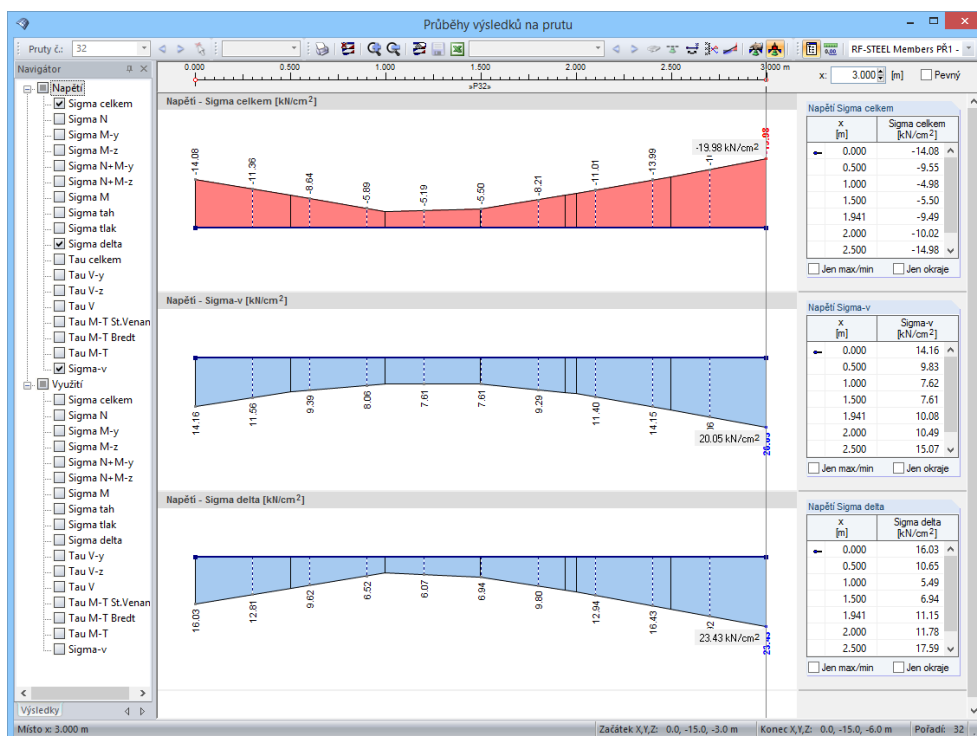
V okně RFEMu lze průběhy výsledků zobrazit příkazem z hlavní nabídky



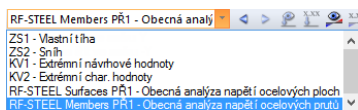
Výsledky → Průběhy výsledků na vybraných prutech...

nebo pomocí příslušného tlačítka v panelu nástrojů.

Otevře se okno, v němž je znázorněn průběh výsledků na vybraném prutu nebo sadě prutů.



Obr. 4.13: Dialog *Průběhy výsledků na prutu*



V seznamu v panelu nástrojů můžeme přepínat mezi jednotlivými návrhovými případy.

Podrobný popis dialogu *Průběhy výsledků na prutu* najdeme v manuálu k programu RFEM v kapitole 9.5.

4.3 Filtrování výsledků

Výstupní tabulky modulů RF-STEEL umožňují již svým uspořádáním filtrovat výsledky podle určitých kritérií. V některých tabulkách modulu RF-STEEL Surfaces pak má uživatel k dispozici další funkce pro filtrování objektů a zatížení (viz obr. 2.26, strana 36). Navíc lze ke grafickému vyhodnocení výsledků tohoto modulu použít filtrovací funkce, které jsou popsány v manuálu k programu RFEM v kapitole 9.9.



Pro filtrování ploch a prutů k jejich vyhodnocení lze využít takzvané *viditelnosti* (viz manuál k programu RFEM, kapitola 9.9.1).



Dále se nám nabízí již vytvořené řezy v modelu v RFEMu nebo můžeme pro cílené vyhodnocení výsledků vytvořit řezy nové (viz manuál k RFEMu, kapitola 9.6.1). Lze přitom použít funkci vyhlazení, a vyhnout se tak singularitám.



Zobrazit řádky s poměrem > 1

Vlevo znázorněné tlačítko umožňuje zobrazit ve výstupní tabulce pouze řádky, kdy podmínka posouzení nebyla splněna a využití je >1. Můžeme tak například blíže prozkoumat příčiny nemožnosti provést úspěšně posouzení.

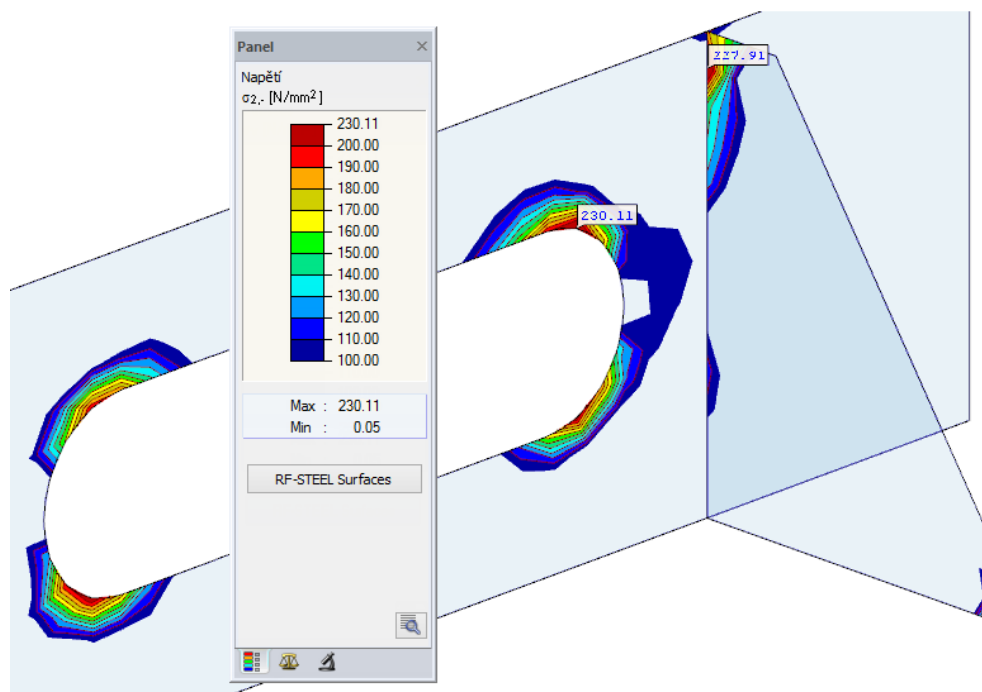
Filtrování výsledků v pracovním okně

Napětí a využití lze použít jako kritérium pro filtrování výsledků v pracovním okně RFEMu. Otevřeme ho tlačítkem [Grafika]. 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.

Tento panel popisujeme v kapitole 3.4.6 manuálu k programu RFEM. Kritéria pro filtrování výsledků se nastavují v první záložce panelu (stupnice barev). Vzhledem k tomu, že tato záložka není k dispozici v případě dvoubarevného zobrazení na prutech, je třeba v navigátoru *Zobrazit* přepnout na volbu *S diagramem/Bez diagramu* nebo na volbu *Průřezy* (viz obr. 4.12, strana 83).



Obr. 4.14: Filtrování srovnávacích napětí pomocí upravené stupnice barev

Grafika

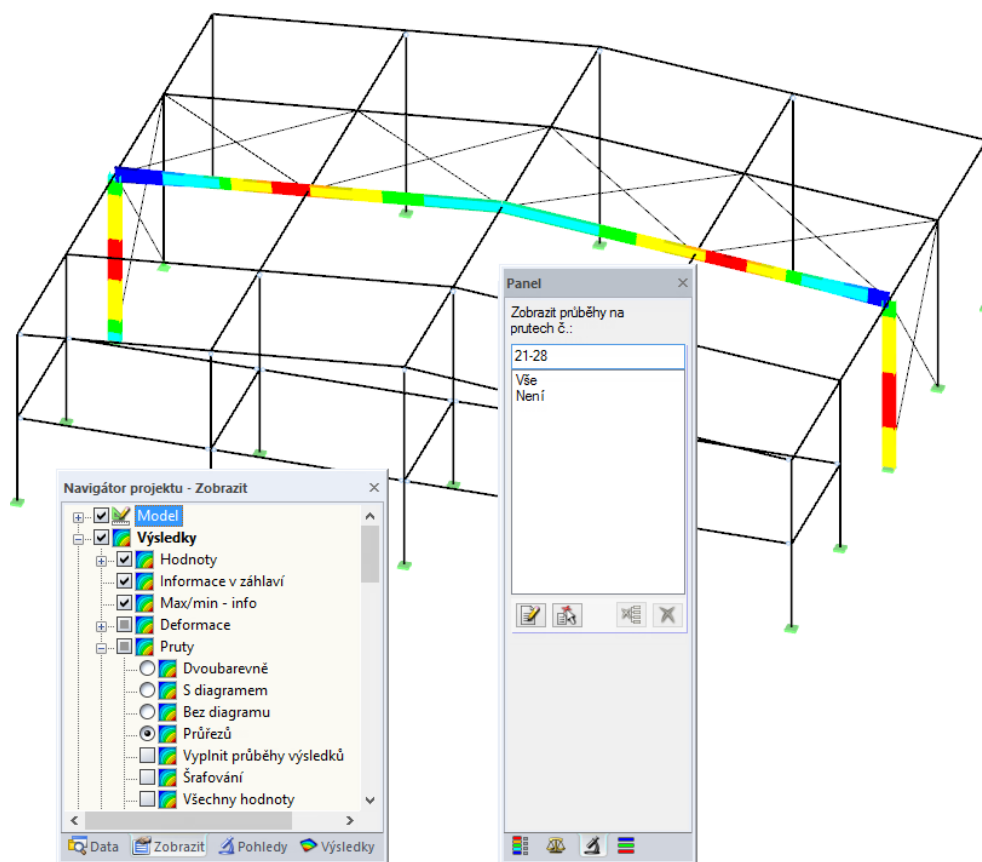


Jak vidíme na obr. 4.14, stupnici hodnot v panelu můžeme nastavit tak, aby se zobrazily v barevném rozsahu mezi modrou a červenou barvou pouze srovnávací napětí větší než 100 N/mm^2 . Stupnici barev přitom můžeme upravit tak, aby jedna barevná oblast pokrývala vždy 10 N/mm^2 .

Pro zobrazení hodnot v bodech rastru nebo v uzlech sítě prvků v grafickém okně má uživatel v RFEMu k dispozici obvyklé možnosti nastavení. Popisujeme je v kapitole 9.4 manuálu k programu RFEM.

Filtrování ploch a prutů v pracovním okně

Pokud si přejeme zobrazit v grafickém okně výsledky pouze u některých ploch či prutů, můžeme v záložce *Filtr* řídicího panelu zadat jejich čísla. Tuto funkci popisujeme v manuálu k programu RFEM v kapitole 9.9.3.



Obr. 4.15: Filtrování prutů pro zobrazení normálových napětí na rámu

Na rozdíl od funkce výřezu se přitom zobrazí kompletní model konstrukce. Na obrázku výše jsou znázorněna normálová napětí na rámu haly. Ostatní pruty dané konstrukce se v modelu také zobrazí, ovšem bez napětí.

5. Výstup

5.1 Výstupní protokol

Pro údaje z modulů RF-STEEL můžeme stejně jako pro data z hlavního programu RFEM vytvořit výstupní protokol, do něhož lze vkládat obrázky nebo vlastní vysvětlivky. Ve výstupním protokolu můžeme také stanovit, které údaje z návrhových modulů se nakonec vytisknou.



Výstupní protokol popisujeme v manuálu k programu RFEM. Důležitá je především kapitola 10.1.3.4 *Výběr dat přídatných modulů*, která pojednává o výběru vstupních a výstupních dat přídatných modulů.



Ve výstupním protokolu se objeví pouze složky napětí, které jsme v RF-STEELu nastavili pro zobrazení v tabulkách výsledků. Pokud tedy například chceme, aby výstupní protokol obsahoval napětí od normálových sil, je třeba aktivovat $\sigma_{1,m}$ a $\sigma_{2,m}$ v modulu RF-STEEL Surfaces, resp. σ_N v modulu RF-STEEL Members. Výběr napětí popisujeme pro RF-STEEL Surfaces v kapitole 4.1.1 na straně 74 a pro RF-STEEL Members v kapitole 4.2.1 na straně 78.



V případě rozsáhlých konstrukcí s mnoha návrhovými případy doporučujeme místo jednoho objemného protokolu vytvořit pro přehlednost a rychlejší zpracování několik menších protokolů.

5.2 Tisk zobrazení

5.2.1 Výsledky na modelu v RFEMu

Každý obrázek lze z pracovního okna RFEMu převést do výstupního protokolu nebo poslat přímo na tiskárnu. Do protokolu tak lze převzít také napětí a využít zobrazená na modelu konstrukce v RFEMu.



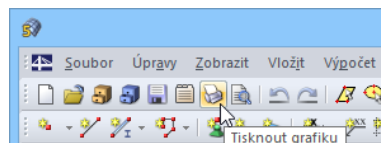
Tisk grafických zobrazení popisujeme v kapitole 10.2 manuálu k hlavnímu programu RFEM.



Aktuální grafické znázornění výsledků z RF-STEELu lze vytisknout příkazem z hlavní nabídky

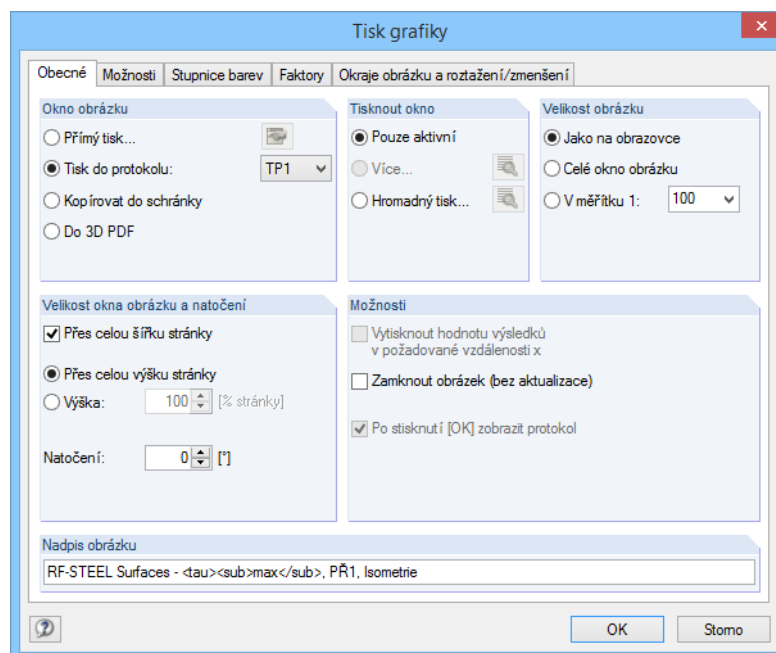
Soubor → **Tisk grafiky...**

nebo kliknutím na příslušné tlačítko v panelu nástrojů.



Obr. 5.1: Tlačítko *Tisknout grafiku* v panelu nástrojů RFEMu

Otevře se následující dialog:

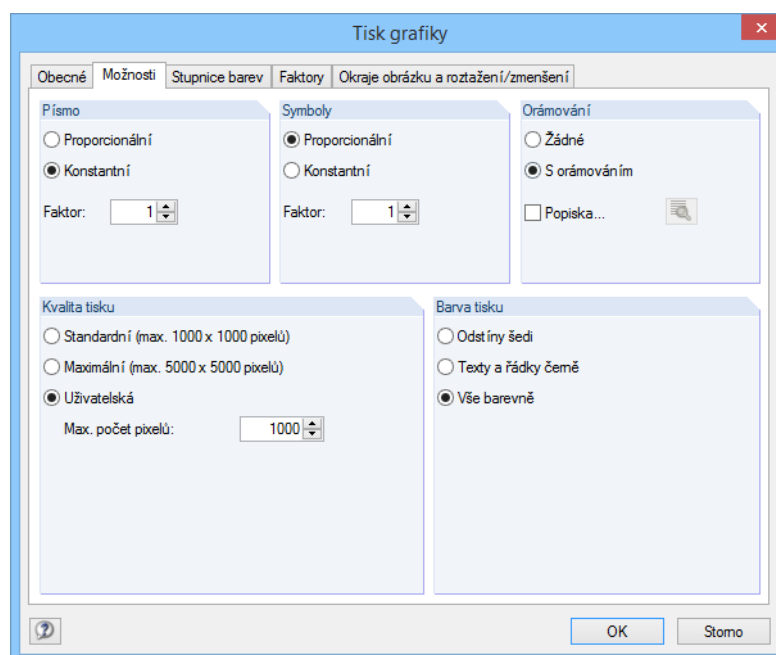
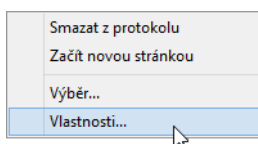


Obr. 5.2: Dialog *Tisk grafiky*, záložka *Obecné*

Tento dialog popisujeme v kapitole 10.2 manuálu k hlavnímu programu RFEM. Zabýváme se v ní i dalšími záložkami *Možnosti* a *Stupnice barev*.

Grafické zobrazení 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. 5.3: Dialog *Tisk grafiky*, záložka *Možnosti*

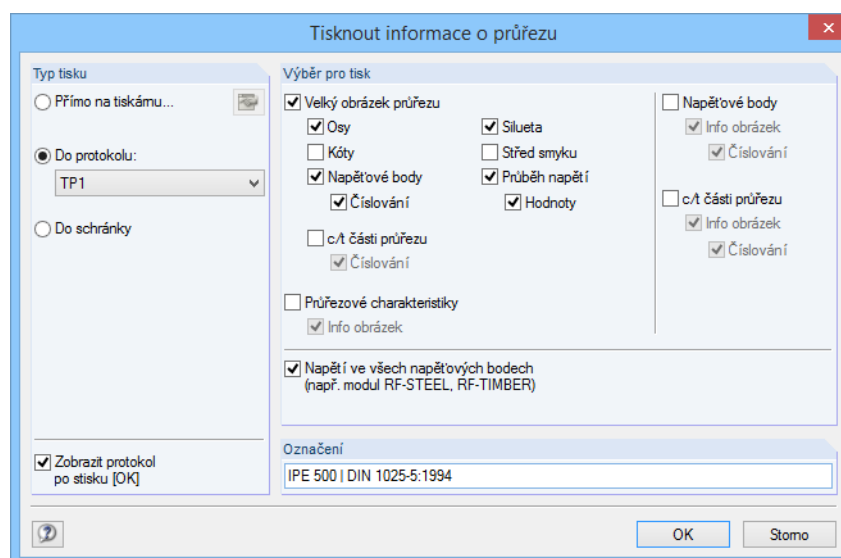
5.2.2 Výsledky na průřezu



Daná funkce tisku je přístupná z dialogu *Průřezové charakteristiky a průběh napětí*. Tento dialog lze otevřít v tabulkách výsledků pomocí tlačítka [Zobrazit nebo vytisknout průřezové hodnoty a průběhy napětí]. Tlačítko se nachází pod tabulkou (viz obr. 4.2, strana 73).



V dialogu *Průřezové charakteristiky a průběh napětí* (viz obr. 4.8, strana 80) nastavíme požadovaný prut, relevantní místo x a také typ napětí, jehož průběh si přejeme vytisknout. Pomocí tlačítka [Tisk...] v dialogu vpravo pod obrázkem pak otevřeme dialog pro tisk.



Obr. 5.4: Dialog *Tisknout informace o průřezu*

Typ tisku

V této sekci máme na výběr z následujících možností, které již známe z RFEMu:

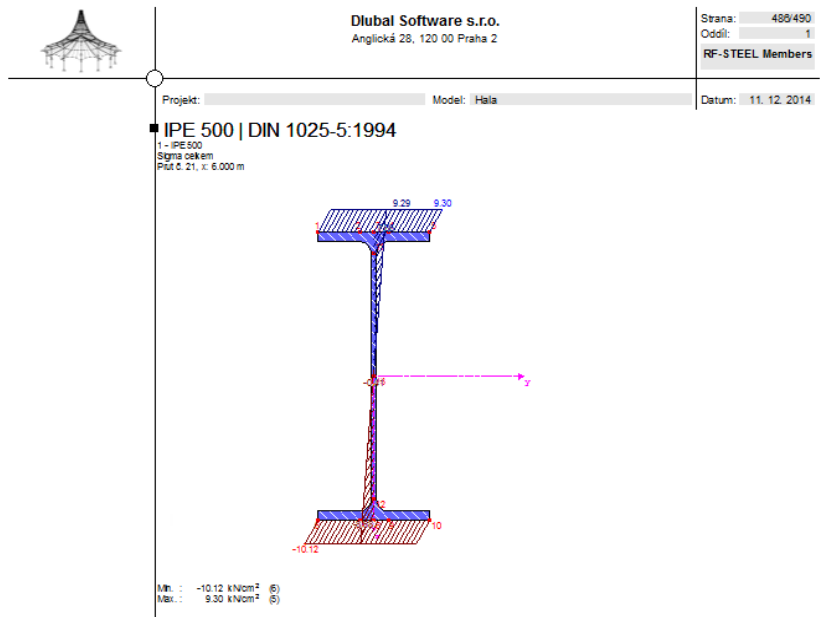
- *Přímo na tiskárnu* – aktuální grafické zobrazení se odešle přímo k tisku
- *Do protokolu* – grafické zobrazení se zařadí do výstupního protokolu
- *Do schránky* – grafické zobrazení je k dispozici i v jiných aplikacích

Pokud bylo již vytvořeno několik protokolů, pak v seznamu vedle výběrového pole *Do protokolu* vybereme příslušné označení požadovaného protokolu.

Pokud chceme do protokolu zařadit po sobě několik grafických zobrazení, pak by mělo být kontrolní políčko *Zobrazit protokol po stisku [OK]* deaktivováno.

Výběr pro tisk

Tato sekce slouží k nastavení prvků, které se objeví v tištěném obrázku a ve výstupní tabulce. Pokud si přejeme znázornit na obrázku objekty, které jsou uvedeny v oddílu *Velký obrázek průřezu*, zaškrtneme příslušné políčko. Jestliže označíme volbu *Průřezové charakteristiky*, hodnoty průřezu se vytisknou v tabulce, kterou bude možné doplnit *info obrázkem* na okraji. Stejně tak lze do výstisku zahrnout hodnoty *napětových bodů* a *(c/t) částí průřezu* nebo *napětí ve všech napětových bodech*.



Obr. 5.5: Znáznornění napětí ve výstupním protokolu

6. Obecné funkce

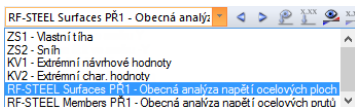
V této kapitole jsou popsány běžně používané funkce z hlavní nabídky a také možnosti exportu výsledků posouzení.

6.1 Návrhové případy

Uživatel má možnost seskupovat plochy, příp. pruty do samostatných návrhových případů. Lze tak například posoudit zvlášť určité stavební celky nebo objekty se specifickým zadáním (např. v případě jiné jakosti oceli, odlišného způsobu výpočtu kombinací výsledků nebo v případě optimalizace).

Tutéž plochu nebo prut můžeme bez problému posuzovat v různých návrhových případech.

Seznam zatěžovacích stavů v panelu nástrojů RFEMu obsahuje také návrhové případy z modulů RF-STEEL.

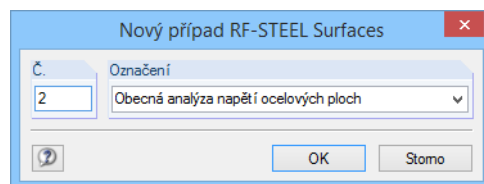


Vytvoření nového návrhového případu

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

Soubor → **Nový případ...**

Otevře se následující dialog:



Obr. 6.1: Dialog *Nový případ RF-STEEL Surfaces*

V tomto dialogu je třeba vyplnit (dosud nezadané) *číslo* nového návrhového případu. *Označení* slouží ke snadšímu výběru případů ze seznamu zatěžovacích stavů.

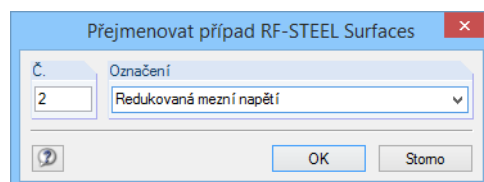
Po kliknutí na [OK] se zobrazí dialog modulu RF-STEEL 1.1 *Základní údaje*, kde zadáme údaje pro posouzení.

Přejmenování návrhového případu

Označení návrhového případu lze změnit příkazem z hlavní nabídky modulu RF-STEEL

Soubor → **Přejmenovat případ...**

Otevře se následující dialog:



Obr. 6.2: Dialog *Přejmenovat případ RF-STEEL Surfaces*

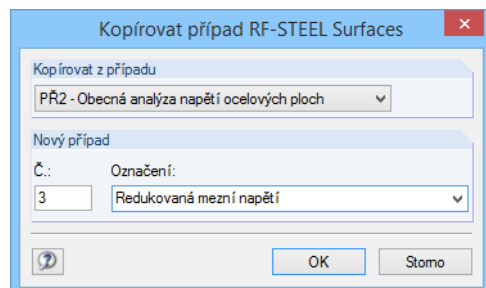
V tomto dialogu můžeme zadat u vybraného návrhového případu nejen jiné *označení*, ale také jiné *číslo*.

Kopírování návrhového případu

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

Soubor → **Kopírovat případ...**

Otevře se následující dialog:



Obr. 6.3: Dialog *Kopírovat případ RF-STEEL Surfaces*

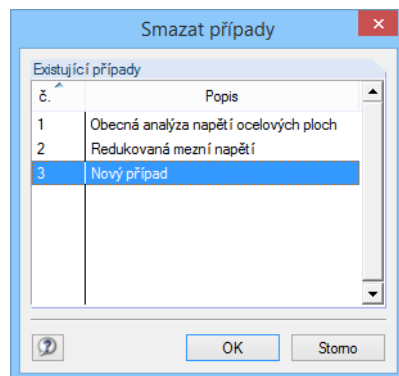
V něm uvedeme *číslo* a případně *označení* nového případu, do něhož se vybraný případ zkopíruje.

Smazání návrhového případu

Uživatel má možnost návrhové případy opět smazat příkazem z hlavní nabídky v modulu RF-STEEL

Soubor → **Smazat případ...**

Otevře se následující dialog:



Obr. 6.4: Dialog *Smazat případy*

Návrhový případ můžeme vybrat ze seznamu *Existující případy*. Po kliknutí na tlačítko [OK] se případ smaže.

6.2 Optimalizace

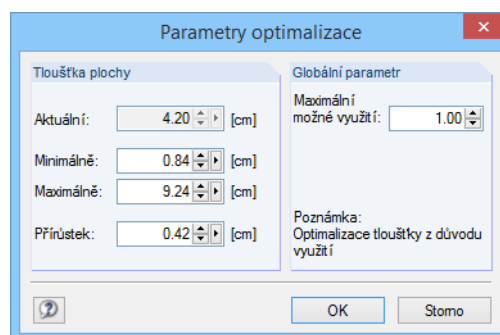
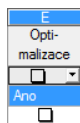
Moduly RF-STEEL nabízí možnost optimalizovat tloušťku ploch, resp. průřezy.



Při optimalizaci je třeba mít na paměti, že vnitřní síly se po úpravě průřezů nebo tloušťky ploch automaticky znovu nespočítají. Záleží na rozhodnutí uživatele, zda upravené tloušťky či průřezy převede do RFEMu a nechá provést nový výpočet. V důsledku změny tuhosti v konstrukci se mohou vnitřní síly spočítané na základě optimalizované tloušťky, resp. průřezu značně lišit. Doporučujeme proto po první optimalizaci vnitřní síly přepočítat a následně plochy, resp. průřezy ještě jednou optimalizovat.

6.2.1 RF-STEEL Surfaces

Možnost optimalizace máme výhradně v dialogu 1.3 *Plochy*. Pokud se má určitá plocha optimalizovat, je třeba u ní zaškrtnout příslušné políčko ve sloupci D, resp. E (viz obr. 3.9, strana 48). Otevře se následující dialog:



Obr. 6.5: Dialog *Parametry optimalizace*

Ve vstupních polích *Minimálně* a *Maximálně* se stanoví dolní a horní hranice přípustné tloušťky plochy. Pro kontrolu se uvede i aktuální tloušťka. *Přírůstek* určuje, v jakých intervalech se bude měnit tloušťka během optimalizačního procesu.

Při optimalizaci se spočítá tloušťka plochy, která je pro posouzení „optimální“, tzn. nejvíce se blíží maximálnímu využití, které se stanoví v sekci *Globální parametry*. Předem nastaven je stupeň využití, který jsme určili v dialogu *Detaily* v záložce *Možnosti* (viz obr. 2.17, strana 26). U každé plochy tak lze zadat před optimalizací jiné maximální možné využití.

Výpočet

Po novém výpočtu se optimalizované tloušťky ploch zobrazí v dialogu 1.3 *Plochy*.

Upravené tloušťky ploch můžeme převést do RFEMu: nastavíme dialog 1.3 *Plochy* a v hlavní nabídce vybereme příkaz

Úpravy → Exportovat všechny plochy do RFEMu.

Možnost exportovat optimalizované tloušťky ploch do RFEMu nabízí i místní nabídka tabulky 1.3.

1.3 Plochy								
Plocha č.	A	B		C	D	E	F	
	Materiál č.	Tloušťka		d [cm]	Optimalizace	Upozornění	Plocha A [m ²]	Hmotnost G [t]
1	1	Konstantní		4,20			15,99	15,12

- Optimalizovat tloušťku
- Parametry pro optimalizaci tloušťky...
- Exportovat plochu do RFEMu**
- Exportovat všechny plochy do RFEMu
- Importovat plochu z RFEMu
- Importovat všechny plochy z RFEMu

Obr. 6.6: Místní nabídka tabulky 1.3 Plochy

Před převodem se zobrazí dotaz, zda se mají smazat výsledky v RFEMu (viz obr. 6.10, strana 96).

Výpočet

Pokud pak v modulu RF-STEEL Surfaces spustíme [Výpočet], spočítají se vnitřní síly pro RFEM a výsledky posouzení v RF-STEELu v jednom výpočetním cyklu.

Jestliže jsme upravené tloušťky ploch dosud do RFEMu neexportovali, lze pomocí příslušných funkcí (viz obr. 6.6) znovu načíst původní tloušťky z RFEMu do modulu RF-STEEL Surfaces. Je třeba upozornit na to, že tato možnost je k dispozici pouze v dialogu 1.3 Plochy.

6.2.2 RF-STEEL Members

Modul RF-STEEL Members nabízí možnost přetížené nebo málo využitě průřezy optimalizovat. Příslušné profily vybereme v dialogu 1.3 Průřezy: ve sloupci C, resp. D u nich nastavíme v seznamu, zda se mají spočítat z *aktuální řady* nebo z průřezů zařazených uživatelem mezi *oblíbené* (viz obr. 3.9, strana 48). Optimalizovat průřez lze také příkazem z místní nabídky v tabulkách výsledků.

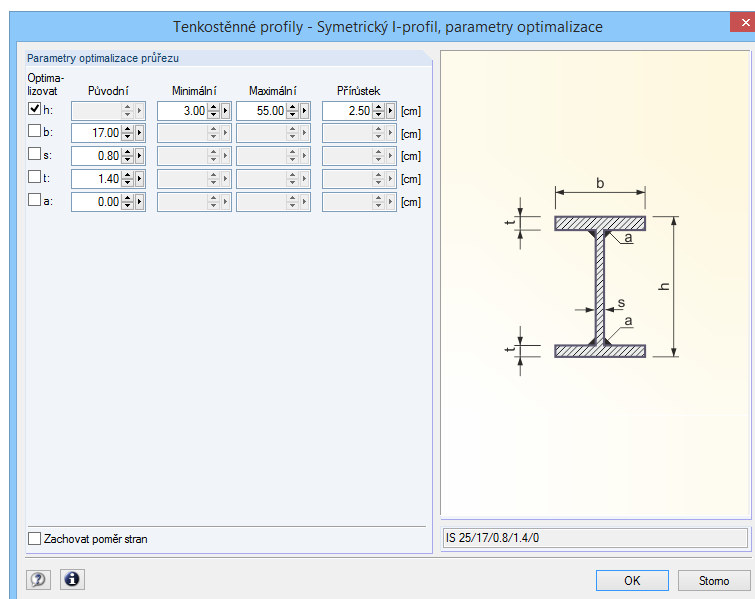
D
Optimalizovat
Ne
Ne
Z aktuální řady

2.3 Napětí po prutech				
Prut č.	A	B	C	D
	Místo x [m]	Nap. bod č.	Zatížení	Napětí- typ
1	Průřez č. 1 - IPE 500 DIN 1025-5:1994			
			Jdi na průřez	Dvojklik
			Průřezové charakteristiky...	
			Optimalizovat průřez	
			Parametry optimalizace průřezu...	
2	Průřez			
	0.000	8	ZS4	Tau celkem
	3.000	1	ZS4	Sigma-v

Obr. 6.7: Místní nabídka s funkcí pro optimalizaci průřezu

Při optimalizaci program prověří, který průřez „optimálně“ vyhovuje posouzení, tzn. nejvíce se blíží maximálnímu přípustnému využití, které jsme stanovili v dialogu *Detaily* (viz obr. 3.13, strana 52). Na základě vnitřních sil z RFEMu se spočítají nutné průřezové charakteristiky, a pokud se ukáže být některý jiný průřez vhodnější, použije se při posouzení. V dialogu 1.3 se pak zobrazí dva průřezy, jak vidíme na obr. 6.9 – původní průřez z RFEMu a optimalizovaný průřez.

Jakmile zvolíme optimalizaci u parametrických průřezů z databáze, otevře se následující dialog:



Obr. 6.8: Dialog Svařované profily – Symetrický I-profil, parametry optimalizace

Ve sloupci *Optimalizovat* nejdříve označíme, které parametry chceme upravit. Zpřístupní se tak sloupce *Minimální* a *Maximální*, v nichž lze uvést horní a dolní hranici optimalizovaného parametru. Ve sloupci *Přírůstek* je uvedeno, v jakém intervalu se budou měnit rozměry parametru při optimalizačním procesu.

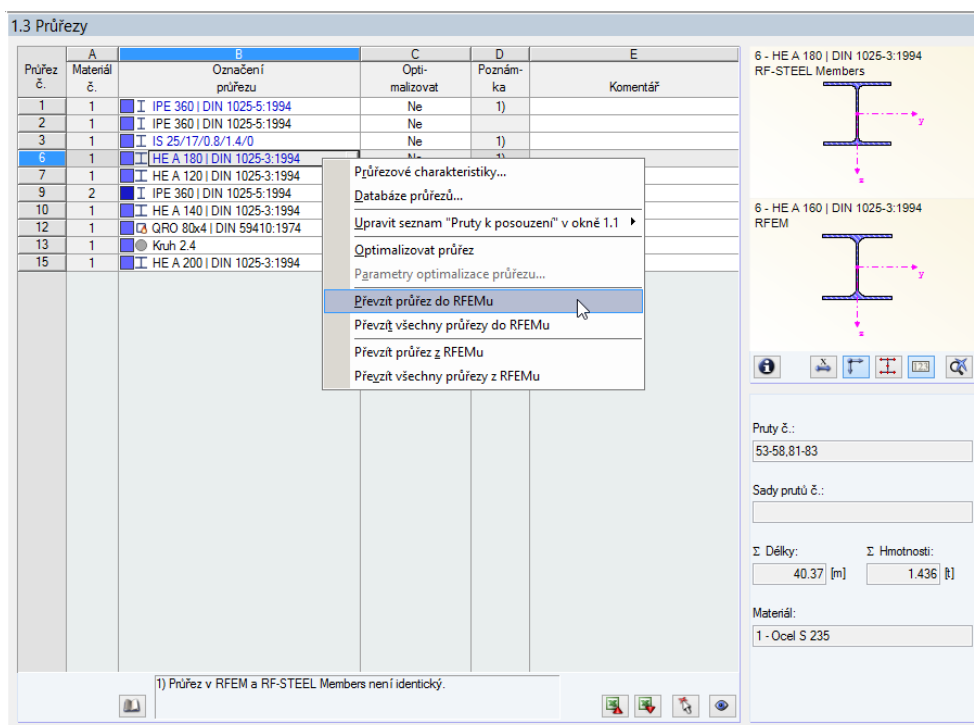
Pokud chceme *zachovat poměr stran*, musíme označit příslušné políčko ve spodní části dialogu. Dále je třeba zaškrtnout alespoň dva parametry pro optimalizaci.

Průřezy z válcovaných profilů nelze optimalizovat.

Upravené průřezy můžeme převést do RFEMu: otevřeme dialog 1.3 *Průřezy* a v hlavní nabídce vybereme příkaz

Upravit → Převzít všechny průřezy do RFEMu.

Možnost exportovat optimalizované průřezy do RFEMu nabízí i místní nabídka tabulky 1.3.



Obr. 6.9: Místní nabídka tabulky 1.3 Průřezy

Před převzetím průřezů do RFEMu program zobrazí kontrolní dotaz, protože při tomto kroku se smažou výsledky.



Obr. 6.10: Kontrolní dotaz před převzetím upravených průřezů do RFEMu

Výpočet

Jakmile pak v modulu RF-STEEL Members spustíme [Výpočet], spočítají se vnitřní síly pro RFEM a využití v jednom výpočetním cyklu.

Jestliže jsme upravené průřezy dosud do RFEMu neexportovali, lze pomocí příslušných funkcí (viz obr. 6.9) znovu načíst původní průřezy z RFEMu do modulu RF-STEEL Members. Je třeba upozornit na to, že tato možnost je k dispozici pouze v dialogu 1.3 Průřezy.



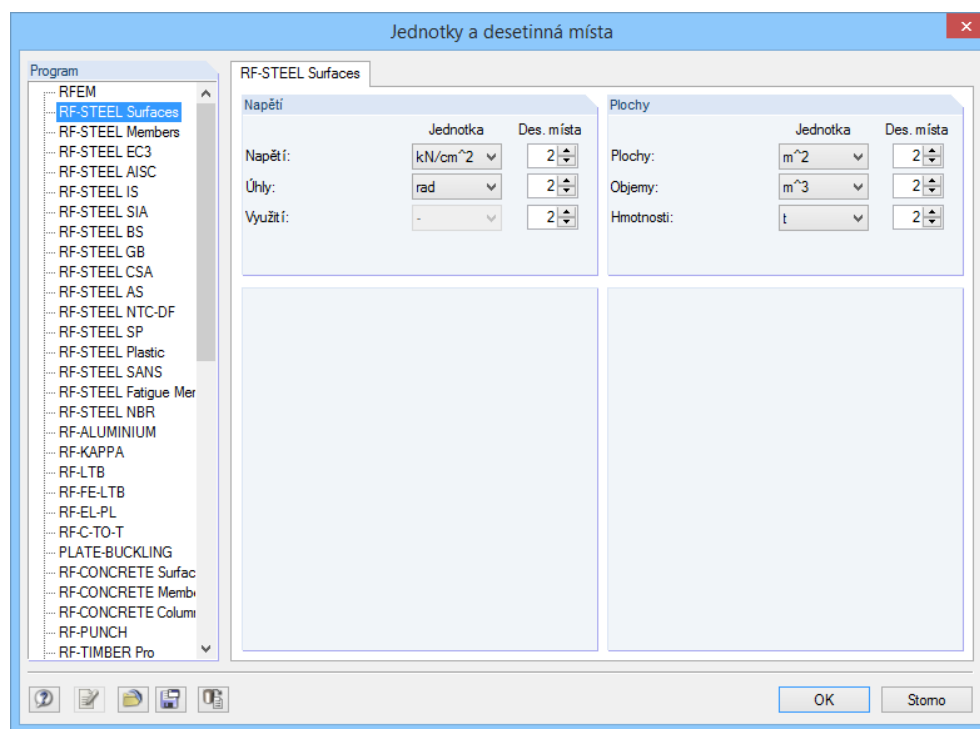
Pokud chceme optimalizovat prut s náběhy, optimalizují se místa na počátku a konci prutu. Následně se provede lineární interpolace momentů setrvačnosti v mezilehlých bodech. Vzhledem k tomu, že do výpočtu vstupují ve čtvrté mocnině, mohou být posouzení v případě velkých rozdílů ve výšce počátečního a koncového průřezu nepřesná. V takovém případě doporučujeme rozdělit náběhy do několika prutů, jejichž počáteční a koncové průřezy nevykazují tak velké rozdíly.

6.3 Jednotky a desetinná místa

Jednotky a desetinná místa se pro RFEM i všechny jeho přidavné moduly nastavují společně. V obou modulech RF-STEEL otevřeme dialog pro úpravu jednotek příkazem z hlavní nabídky

Nastavení → Jednotky a desetinná místa...

Otevře se dialog již dobře známý z RFEMu. V seznamu *Program* je předem nastaven modul RF-STEEL Surfaces, resp. RF-STEEL Members.



Obr. 6.11: Dialog *Jednotky a desetinná místa*



Nastavení lze uložit jako uživatelský profil a použít i v jiných modelech. Popis příslušných funkcí najdeme v kapitole 11.1.3 v manuálu k programu RFEM.

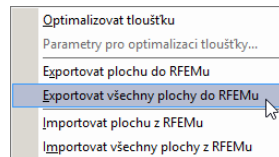
6.4 Výměna dat

6.4.1 Export materiálů do RFEMu

Pokud v modulu RF-STEEL změníme pro posouzení materiály, pak je lze stejně jako plochy a průřezy exportovat do RFEMu. Otevřeme dialog 1.2 *Materiály* a v hlavní nabídce vybereme příkaz

Upravit → Exportovat všechny materiály do RFEMu.

Možnost exportovat upravené materiály do RFEMu nabízí i místní nabídka tabulky 1.2.



Obr. 6.12: Místní nabídka tabulky 1.2 *Materiály*

Výpočet

Před převzetím materiálů do RFEMu program zobrazí kontrolní dotaz, protože při tomto kroku se smažou výsledky. Jakmile pak v modulu RF-STEEL spustíme [Výpočet], spočítají se vnitřní síly pro RFEM a využití v jednom výpočetním cyklu.

Jestliže jsme upravené materiály dosud do RFEMu neexportovali, lze pomocí příslušných funkcí (viz obr. 6.12) znovu načíst původní materiály z RFEMu do modulu RF-STEEL. Je třeba upozornit na to, že tato možnost je k dispozici pouze v dialogu 1.2 *Materiály*.

6.4.2 Export výsledků

Výsledky posouzení z modulů RF-STEEL lze použít i v jiných programech.

Schránka

Označené řádky v tabulkách výsledků modulu RF-STEEL 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 RF-STEEL lze zařadit do výstupního protokolu (viz kapitola 5.1, strana 87) a odtud pak exportovat příkazem z hlavní nabídky

Soubor → Export do RTF...

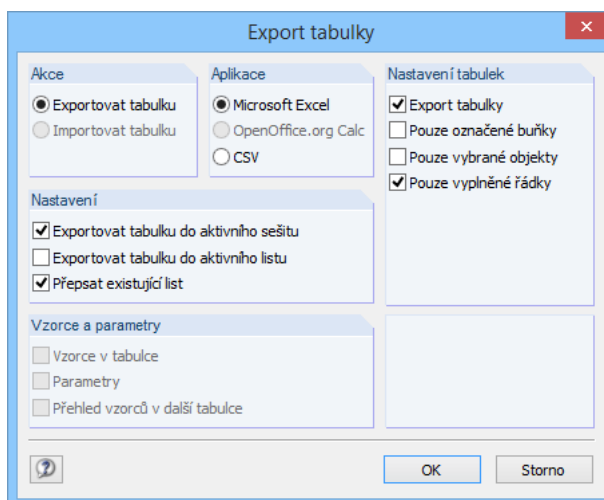
Tuto funkci popisujeme v kapitole 10.1.11 manuálu k programu RFEM.

Excel / OpenOffice

RF-STEEL umožňuje přímý export dat do MS Excelu i do aplikace Calc z balíku OpenOffice.org či do formátu CSV. Tuto funkci vyvoláme z hlavní nabídky

Soubor → Exportovat tabulky...

Otevře se následující dialog pro export dat:



Obr. 6.13: Dialog Export - MS Excel

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

1	Sada	Prut	Místo	Napětový		Typ	Napětí [kN/cm ²]		Vy-
2	prutů č.	č.	x [m]	bod č.	Zatížení	napětí	návrh	mez	užití
3	1	1 (prut č. 1-8)							
4		1	3,000	1	ZS4	Sigma celkem	4,61	21,82	0,21
5		8	3,011	13	ZS2	Tau celkem	-0,32	12,60	0,03
6		1	3,000	1	ZS4	Sigma-v	4,61	21,82	0,21
7									
8	2	(prut č. 11-18)							
9		18	3,011	6	ZS2	Sigma celkem	-29,89	21,82	1,37
10		18	3,011	13	ZS2	Tau celkem	-2,42	12,60	0,19
11		18	3,011	8	ZS2	Sigma-v	29,90	21,82	1,37
12									

Obr. 6.14: Výsledky v Excelu

A Literatura

- [1] DIN 18800 Teil 1: Stahlbauten, Bemessung und Konstruktion, 1990
- [2] DIN 18800 Teil 2: Stahlbauten, Stabilitätsfälle, Knicken von Stäben und Stabwerken, 1990
- [3] Erläuterungen zu DIN 18 800 Teil 1 bis 4, Beuth-Kommentar, Beuth Verlag, 2. Auflage 1994
- [4] Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, 2006
- [5] PETERSEN, Chr.: Stahlbau, Vieweg und Sohn, Braunschweig/Wiesbaden, 3. Auflage 1993
- [6] SCHNEIDER Bautabellen, Werner Verlag, 20. Auflage 2012
- [7] Stahlbau Handbuch, Band 1, Stahlbau-Verlagsgesellschaft mbH, Köln 1993
- [8] ZIENKIEWICZ, O. C., CHEUNG, Y.K.: The Finite Element Method in Structural and Continuum Mechanics, McGraw-Hill, New York/London, 1967
- [9] KOLÁR, V. et al.: Berechnung von Flächen- und Raumtragwerken nach der Methode der finiten Elemente, Springer Verlag, Wien/New York, 1975
- [10] TIMOSHENKO, S. P., WOINOWSKI-KRIEGER, S.: Theory of Plates and Shells, 2. Auflage, McGraw - Hill, New York, 1959
- [11] KOLÁR, V., NEMEC, I.: Finite Element Analysis of Structures. United Nations Development Program, Economic Com. for Europe, Workshop on CAD Techniques, June 1984, Prague/Geneva, Vol. 1, 248 pp.
- [12] BERGAN, P.G. - FELIPPA, C. A.: A Triangular Membrane Element With Rotational Degrees of Freedom. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, 50 (1985), 25 - 69
- [13] ZIENKIEWICZ, O.C.: The Finite Element Method in Engineering Science, Mc Graw - Hill, London 3rd Ed., repr. 1979, 787 pp., Chapter 18 - 19 (Nonlinear Problems)
- [14] ŠEVČÍK, I., 3D Finite Element with Rotational Degrees of Freedom, FEM-Consulting s.r.o., Brno
- [15] MANG, H., HOFSTETTER, G.: Festigkeitslehre, Springer Verlag, Wien/New York, 2000

B Index

B	
Bach	29
Barevné pruhy v tabulce	82, 84
Bod rastru	31, 34, 35, 41
Bod sítě prvků	31, 34, 35, 41
C	
c/t část průřezu	102
Častá kombinace	13, 30, 44
Charakteristická kombinace	13, 30, 44
D	
Databáze materiálů	16, 54
Databáze průřezů	56
Délka	79
Desetinná místa	14, 51, 110
Detailní nastavení	60
Detaily	22
Dialogy	9, 47
Dvojité napěťové body	67
E	
Excel	111
Excentrické příčné zatížení	63
Export	111
Export materiálů	111
Export ploch	107
Export průřezu	108
Extrémní hodnota	61
F	
Faktory zobrazení	87
Filtrování	41, 84, 89, 97, 98
G	
Graf výsledků	96
Grafické okno na pozadí	86, 93
Grafické zobrazení napětí	90, 102
Grafické zobrazení průřezu	58
Grafické zobrazení v RFEMu	100
Grafika	87, 94
H	
Hlavní napětí	36
Hliník	15, 52
Hmotnost	20, 46, 80
Hypotéza energie napjatosti pro změnu tvaru	26
Hypotéza hlavní deformace	29
Hypotéza normálového napětí	28
Hypotéza smykového napětí	28
I	
Informace o průřezu	58
Instalace	7
J	
Jednotky	14, 51, 110
K	
Kladná strana plochy	23, 24, 26, 36
Kombinace	43
Kombinace výsledků	11, 12, 30, 48, 50, 60, 61, 67, 77
Kombinace zatížení	11, 48
Kombinační metoda	31
Komentář	10, 20, 50
Komplexní metoda	30
Konzola	22, 30
Korozivzdorná ocel	17, 54
Kroucení	63, 66, 67
Kvazistálá kombinace	13, 30, 44
L	
Linie	40
Listování v dialogích	9, 47
M	
Materiál	14, 17, 38, 50, 55, 111
Materiálové charakteristiky	14, 50
Maximum	42, 106
Membránové napětí	24, 25, 36
Membránové srovnávací napětí	25, 27
Mez kluzu $f_{y,k}$	15, 18, 52, 55
Mezní τ	16, 37, 53, 72
Mezní σ_v	16, 37, 53, 72
Mezní σ_x	16, 37, 53, 72
Mezní napětí	15, 37, 52, 53, 61, 72
Mezní posun	44
Mezní stav únosnosti	11
Minimum	42, 106
Místo x	71, 75
N	
Náběh	58, 74, 109
Napětí	23, 24, 34, 35, 37, 64, 66, 70, 72, 74

Napětí na průřezu	90, 102	Průběh napětí	83, 90
Napětí od kroucení	23, 24	Průběh vnitřních sil	32
Napětový bod.....	59, 60, 64, 67, 71, 76, 90, 91, 102	Průběhy výsledků.....	96
Navigátor	9, 47	Průřez.....	56, 107
Navigátor <i>Výsledky</i>	87, 94	Prut	48, 74
Navigátor <i>Zobrazit</i>	94, 97	R	
Návrhová situace.....	13, 43	Rankine.....	28
Návrhový případ.....	87, 94, 104, 105	Referenční délka.....	21, 30
Nesymetrický průřez.....	65	Renderování.....	97
Norma pro posouzení.....	9, 47	Řez.....	97
Normálové napětí	64	Režim prohlížení.....	83, 84, 86, 93
O		RF-DYNAM.....	11, 49
Objem	45, 80	RF-FE-LTB.....	67
Oblast průměrování	32	Řídicí panel.....	97
Oblíbený průřez.....	107	Rozhodující vnitřní síly	60, 77
OpenOffice	111	Rozkmit.....	43
Optimalizace.....	20, 31, 57, 63, 106, 107	Rozkmity napětí.....	42
Optimalizace průřezu	107	Ruční zadání mezních napětí.....	15, 53
Ortotropie.....	19	Ruční zadání referenční délky.....	21
Osy plochy.....	44	S	
Otevřený průřez.....	67	Sada prutů.....	48, 73, 78, 81
Označení materiálu	14, 52	Schránka.....	111
P		SHAPE-MASSIVE	72
Panel.....	8, 87, 95, 97	SHAPE-THIN	72
Parametrizovaný průřez.....	107	Singularita	32, 97, 98
Plastický materiálový model	32	Složky napětí	87, 89, 94
Plastifikace.....	61	Smykové napětí.....	24, 36, 66, 67, 91
Plocha.....	10, 19, 20, 21, 39, 45, 80	Součet.....	46, 80
Položka	45, 79	Součinitel spolehlivosti γ_M	15, 18, 52, 55
Posouzení	10, 48	Součinitel tvaru α_{pl}	63, 64
Posouzení barevně	97	Souřadnice	35
Posouzení deformací	43	Souřadnice bodu.....	35
Posouzení na únavu.....	64	Souřadnice napětového bodu	91
Posouzení napětí.....	37, 68, 72	Spuštění modulů RF-STEEL.....	7
Posouzení použitelnosti	21	Spuštění výpočtu	32, 69
Posouzení provozní odolnosti.....	42	Srovnávací napětí	25, 26, 36, 37, 61, 63, 68
Posuny	43, 44	Statický moment.....	91
Použitelnost.....	12, 21, 29, 44	Strana plochy	36
Povrch	45	Stupnice barev.....	97
Poznámka	57	Symbol.....	35
Pracovní okno RFEMu.....	86, 93	T	
Příčné zatížení	63	Tabulky výsledků.....	31, 34, 70
Případ v modulu RF-STEEL.....	63	Tisk.....	100, 102
Přírůstek	106	Tisk zobrazení.....	100
Proměnná tloušťka	45		

Tlačítka.....	82, 83	Výběr pro tisk	102
Tloušťka	19, 45	Výběrová metoda	30
Tloušťka plochy.....	106	Vyhlazení.....	32
Tloušťka prvku.....	18, 55, 91	Vyhodnocení výsledků.....	82
Torzní deplanace.....	67	Výkaz materiálu	44, 79, 81
Tresca	28	Výpočet	22, 60
Typ modelu 2D.....	65	Výsledné hodnoty.....	94
Typ napětí.....	35, 72, 84	Výsledné hodnoty graficky	88
U		Výstupní protokol	100, 101
Únosnost.....	11, 35	Využití	19, 37, 44, 57, 68, 72, 90, 97
Upozornění	20	Vyvolání programu.....	7
Ušlechtilá ocel	15, 52	Z	
Uzavřený průřez	67	Základní údaje	9, 47
Uživatелеm zadaný průřez.....	72	Záporná strana plochy	23, 25, 26, 36
Uživatelský profil	110	Zatěžovací stav	11, 13, 48, 72, 77
V		Zatížení.....	42, 43, 72, 77
Viditelnosti	97	Zavření modulu RF-STEEL	9, 47
Vnitřní síly	31, 32, 77, 106	Znaménka.....	64, 65
von Mises	26	Zobrazení výsledků	94
Výběr napětí.....	84, 89	Způsob výpočtu	60