

RIBtec – Navrhování a posudky ŽB a předpjatých průřezů

RTcdesign pozemní stavby obj.č.: 11.10.282

MSÚ a požární odolnost

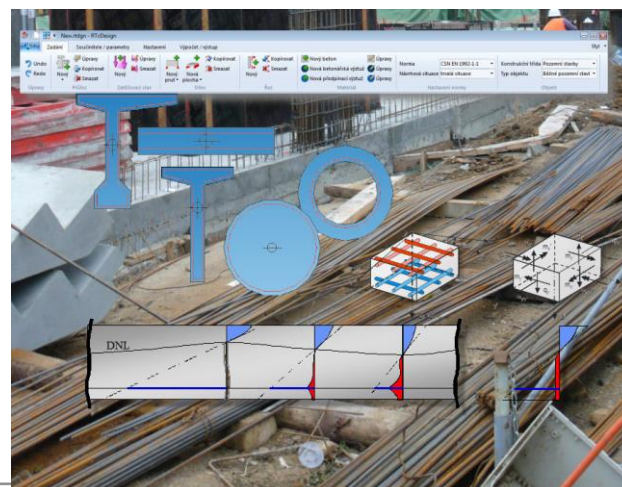
RTcdesign rozšíření o MSP obj.č.: 11.11.284

RTcdesign rozšíření o předpětí obj.č.: 11.11.290

RTcdesign rozšíření MS únavy obj.č.: 11.11.285

RTcdesign rozšíření o stavby mostů obj.č.: 11.11.286

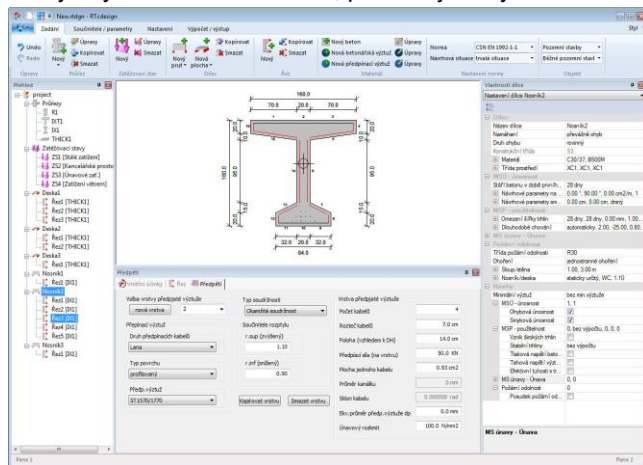
- **ŽB a předpjaté průřezy, nekovová výztuž**
- **nosníky, sloupy, desky, stěny a stěnodesky**
- **MSÚ, MSP, únava, tabelární požární odolnost**
- **napětí, trhliny, vodonepropustnost, vynucená přetvoření a hydratační teplo**
- **trvalá, mimořádná a seizmická situace**



Návrhový a posudkový software pro rutinní i náročná řešení

Rychlé a nezávislé navrhování

RTcdesign je samostatně funkčním programem pro Windows® s novým celoobrazovkovým, intuitivním prostředím na zpracování běžných železobetonových a předpjatých průřezů pozemních a mostních staveb namáhaných na šikmý ohyb s normálovou silou, posouvající síly a kroucení.



Typy průřezů, řešené dílce

V jednom zadání lze současně zpracovávat různé prutové a plošné konstrukční dílce s různými typy parametrizovaných průřezů, které tak mohou reprezentovat kritické návrhové řezy řešené stavebního konstrukce. U způsobu namáhání průřezu se rozlišují dva typy:

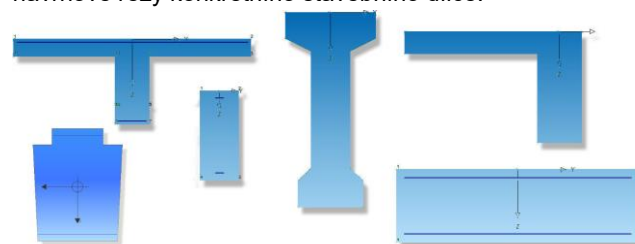
- namáhání převážené na rovinný nebo šikmý ohyb (nosníky, desky, stěnodesky),
- namáhání převážně na tlak (sloupy, stěny).

Parametrizovány jsou následující typy průřezů:

- deska / stěnodeska / stěna,
- obdélník, průřez T, zdvojené T (I),
- průřez tvaru V a V s tzv. korunou. Praktické využití tohoto nového průřezu je při modelování nosníků s konzolami na osazení navazujících prvků nebo bednění pro dobetonávku.

- zdvojené T (I) s různými náběhovými oblastmi horní a dolní pásnice a stojiny, osově nesymetrický průřez,
- plný kruh a mezikružší (trubka).

V rámci jednoho zadání (vstupního souboru) lze řešit libovolný počet návrhových řezů stejného typu pro různé návrhové účinky, které tak mohou např. reprezentovat kritické návrhové řezy konkrétního stavebního dílce.



Návrhové normy a předpisy

RTcdesign automaticky generuje ze zadaných zatížení návrhové kombinace, navrhuje a posuzuje podle aktuálních evropských norem a souvisejících předpisů, konkrétně dle:

- pozemní stavby: ČSN EN 1992-1-1, obecná EN 1992-1-1, DIN EN 1992-1-1, starší DIN 1045-1, ÖNorm B 1992-1-1 a BS EN 1992-1-1,
- stavby mostů: ČSN EN 1992-2, obecná EN 1992-2, DIN EN 1992-2, starší DIN Fb 102, ÖNorm B 1992-2, BS EN 1992-2.

V programu se dále zejména u návrhů na MSP uplatňují i další specializované předpisy a publikovaná řešení, jako např. pro vodonepropustný beton aj. Příslušné odkazy jsou podrobně uvedeny v uživatelské příručce aplikované teorie.

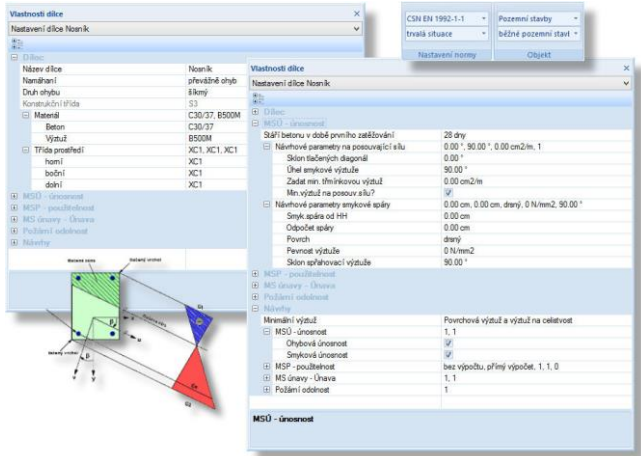
Řešené návrhy a posudky

Návrhy a posouzení lze volitelně provádět pro

- stálou a dočasnou návrhovou situaci,
- mimořádnou situaci (např. náraz, požár, exploze, extrémní stavy vody) a
- mimořádnou seizmickou situaci (zemětřesení).

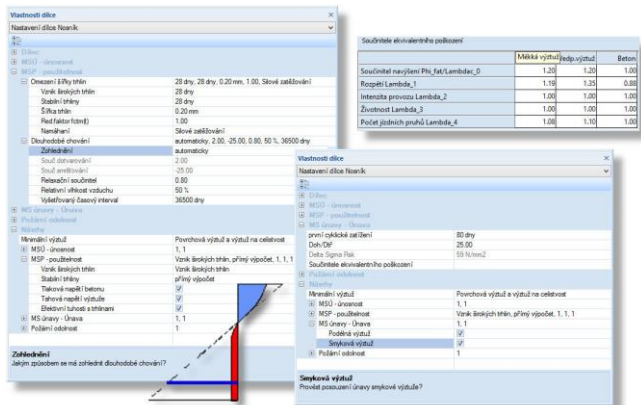
Na **mezních stavech únosnosti, MSÚ**, jsou řešeny následující návrhy a posouzení:

- únosnost na šikmý ohyb s normálovou silou,
- únosnost na posouvající síly,
- únosnost na kroucení,
- únosnost stěny,
- posouzení smykové spáry mezi stojinou a pásnicí,
- minimální výztuž na posouvající sílu,
- minimální povrchová výztuž,
- výztuž na zajištění tvárnosti, resp. výztuž na celistvost pro zajištění předvídatelnosti chování,
- návrh na požární odolnost tlačných a ohýbaných dílců analogicky k tabelárnímu posudku.



Na **mezních stavech použitelnosti, MSP**, jsou řešeny následující návrhy a posouzení:

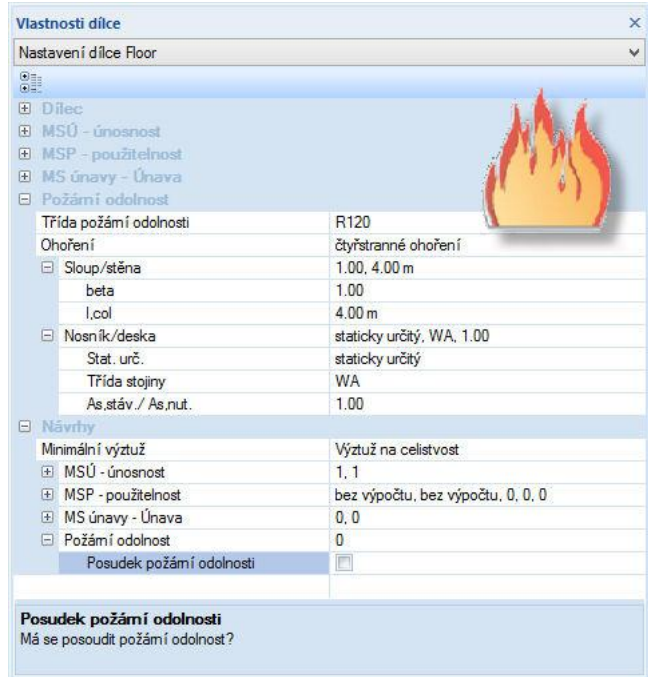
- omezení tlakových napětí v betonu, tahových napětí v betonářské a předpjaté výztuži,
- minimální výztuž proti vzniku širokých trhlin v důsledku vynuceného přetvoření vlivem odtoku hydratačního tepla (raná přetvoření) a v konečném stavu (pozdější přetvoření),
- omezení šířky trhlin – stabilita trhlin pro silové, silové a deformační namáhání a s rozlišením raného a pozdějšího vynuceného přetvoření včetně posouzení těsnosti dílce proti vodě,
- omezení šířky trhlin pro vodonepropustné betony s rozlišením raného a pozdějšího vynuceného přetvoření,
- výpočet efektivní tuhosti průřezu se zpevněním v tahových oblastech porušeného betonu (tension stiffening).



Na **mezních stavech únavy** jsou řešeny následující návrhy a posouzení:

- omezení rozkmitu napětí v podélné betonářské výztuži,

- omezení rozkmitu napětí v předpjaté výztuži,
- omezení rozkmitu tlakových napětí v betonu,
- omezení rozkmitu napětí v příčné výztuži,
- odhad zbytkové životnosti z $\lambda_{0.3}$.



Posouzení **požární odolnosti** tabelární metodou dle EN 1992-1-2, tj. kontrola min. rozměrů průřezů a krytí výztuže pro požadovanou třídu požární odolnosti při normové teplotní křivce (NTK), a to pro

- tlačené dílce, tj. pro sloupce tab. 5.2 a pro stěny tab. 5.4; popř. se zjištěním třídy požární odolnosti,
- ohýbané dílce, tj. pro nosníky staticky určité tab. 5.5, resp. neurčité tab. 5.6 a pro desky tab. 5.8.

Materiály

Součástí **RTcdesign** je databanka všech běžných typů materiálů pro beton, výztuž a předpjatou výztuž dle nastavené normy. Návrhové parametry materiálů s normativním označením nelze měnit.

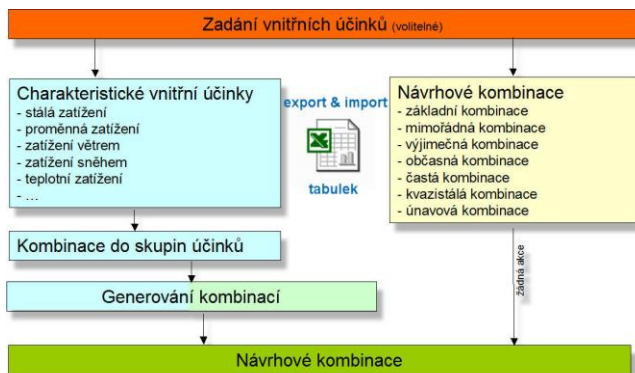
- běžné betony (do C50/60) a vysokopevnostní betony (C55/67 až C100/115),
- běžně tvárná (A) nebo vysoce tvárná žebírkovaná betonářská výztuž (B,C),
- nekovová výztuž Schoeck ComBAR,
- žebírkovaná, profilovaná a hladká předpínací výztuž do pevnosti St1660/1860.

Pod uživatelským označením materiálu je možné zadat libovolné materiály, např. ze starších norem po jejich přepočtu a zařazení ve smyslu norem řady EN.

Zatížení a návrhové účinky

RTcdesign řeší namáhání průřezu rovinným nebo šikmým ohybem s normálovou, posouvajícími silami a kroucením. Způsob namáhání průřezu je definován výběrem jeho typu. Návrhové vnitřní účinky se zadávají volitelně

- buď přímo jako již hotové návrhové kombinace (např. výsledky výpočtu z externího programu),
- nebo po jednotlivých zatěžovacích stavech, s klasifikací jejich druhu účinku. **RTcdesign** z těchto jednotlivých zatěžovacích stavů následně již samostatně vygeneruje v souladu s nastavenou návrhovou normou veškeré potřebné návrhové kombinace.

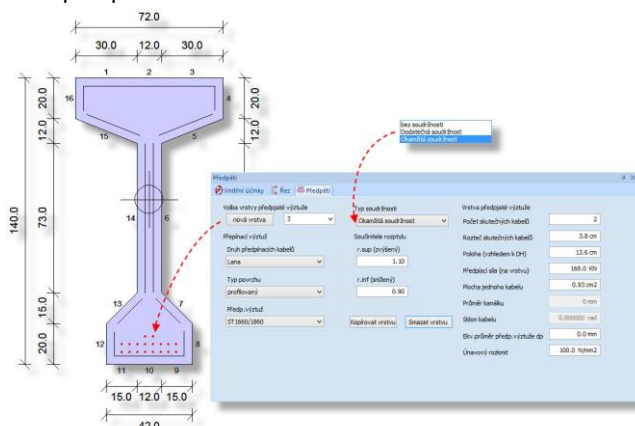


Vstupy hodnot zatížení, resp. kombinací jsou tabelární a lze tak snadno využít přes standardní schránku Windows funkce Cut&Paste, tj. kopírování celých nebo jen částí tabulek, např. z MS Excel.

Předpětí

V programu RTcdesign mohou být navrhovány a posuzovány předpjeté průřezy s interním předpětím. Zohlednit lze všechny 3 možné druhy soudržnosti předpínací výztuže, přičemž je na též návrhém řezu možná i jejich vzájemná kombinace (např. časté u mostů nebo sanací).

- Předpětí s okamžitou soudržností,
- předpětí s dodatečnou soudržností,
- předpětí bez soudržnosti.



Zadává se efektivní předpínací síla v kN, tj. její skutečná hodnota po započtení vlivů ztrát a DSR. Předpjeté plošné řezy stěnodesek a skořepin se řeší analogicky jako nosník s obdélníkovým průřezem o šířce 1 m.

MSÚ, tlačené dílce

Základní nastavení standardně předpokládá namáhání průřezů převážně na ohyb. Dle potřeby lze však uvažovat namáhání převážně na tlak (např. sloupy, stěny aj. tlačené dílce). Průřezově orientovaný program však v těchto případech nemůže poskytnout automatizované řešení komplexní problematiky vzpěrné stability. Pro usnadnění přibližného řešení tlačných dílců je možné zadání excentricity zatížení. Pokud je tato zadána, pak program vypočítá příslušný přídatný moment a přiřazuje jej k té straně průřezu, která má při daném namáhání větší natočení.

V případě nutnosti program navrhuje tlakovou výztuž. Návrhy a posouzení stěn používají příhradový model s ortogonální výztuží.

Hierarchie návrhů

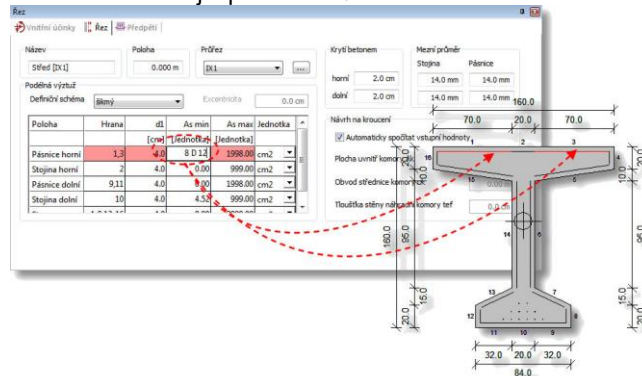
Čas návrhu se standardně uvažuje $t_0 = 28$ dnů, přičemž je možné tuto hodnotu libovolně zadat. Časově závislé materiálové parametry betonu, betonářské výztuže a předpjeté výztuže se pak dle normy přepočítávají na efektivní hodnoty odpovídající tomuto času. Globální vlivy dotvarování, smršťování a relaxace, vyplývající z celkového statického sché-

matu konstrukce a její historie, tento průřezově orientovaný program neuvažuje.

Výběrem druhu namáhání se současně řídí jak rozmístění výztuže v průřezu, tak i minimální a maximální výztuž. Návrhy probíhají hierarchicky, tj. nutná výztuž se přebírá jako min. As pro omezení šířky trhlin a nutná výztuž z omezení šířky trhlin se přebírá jako min. As pro posouzení únavy. Výsledkem celého výpočetního procesu je pak obálka max. hodnot staticky nutné výztuže tak, aby průřez vyhověl všem řešeným mezním stavům. V detailním protokolu jsou pak navíc k dispozici informace o dosažených stupních využití průřezu, resp. výztuže k jednotlivým řešeným mezním stavům.



Návrhové parametry jako druh namáhání, minimální výztuž, osové krytí výztuže a krytí výztuže betonem, sklon smykové výztuže, mezní průměr pro šířku trhliny, dovolená šířka trhliny, součinitele únavového poškození lambda aj. jsou přednastaveny a lze je uživatelsky měnit. Veškerá tato nastavení se ukládají spolu s vlastním zadáním dílce.



Návrh na posouvající sílu vychází z příhradové analogie dle Reinecka, tj. z předepsaného sklonu trhlin se v iterativním procesu vyhodnocuje – za daných kinematických vztahů – jak otevírání trhlin (šířka trhliny a vzájemný posun míst s trhlínami), tak i s využitím rovnic pro tření únosná napětí.

Navrhuje se na rozhodující návrhovou hodnotu posouvající síly Vsd. Posudek vyhovuje, pokud návrhová hodnota Vsd nepřekračuje zjištěnou odolnost dílce. Kruhové průřezy jsou řešeny metodikou podle Bendera / Marka.

Návrh na kroucení vychází z náhradní komory, resp. z náhradní příhradoviny. Omezují se tlaková napětí v betonu a navrhuje se výztuž v tažených diagonálách.

Zohledňuje se interakce mezi posouvající silou a kroucením.

Návrh na smykovou únosnost ve spárách zajišťuje přenos smykové síly mezi stojinou a pásnicí v podélném směru prutového dílce. Velikost únosné smykové síly je dána:

- kohezi v důsledku microdrsnosti spáry,
- třením pod vlivem normálové síly na smykovou spáru,
- tahovou silou ve výztuži křížující smykovou spáru.

Minimální povrchová výztuž zajišťuje na povrchu mostních staveb rovnoměrné rozložení trhlín od vlastní napjatosti. Stanovuje se volitelně automaticky, v místech bez výztuže na celistvost.

Výztuž na celistvost, nazývaná rovněž podélná tahová výztuž nebo výztuž na tvárnost, zaručuje tvárné chování a vylučuje náhlý kolaps konstrukce bez předcházejícího zjevného vzniku trhlin. Program obsahuje obě možné metody výpočtu, tj. včetně metodiky pro výpadek předpětí vlivem koroze pod napětím.

Vzniku širokých trhlin při přechodu průřezu z neporušeného stavu do stavu s trhlínami zabraňuje minimální výztuž proti vzniku širokých trhlin. Návrh probíhá pro rozhodující kombinaci v závislosti na konstrukční třídě dílce pro horní a dolní hranu průřezu odděleně dle metodiky EN.

Stabilita trhlin je řešena volitelně buď nepřímým výpočtem, kdy se v závislosti na přípustné šířce trhlin a stávajícím napětí výztuže v průřezu s trhlínami zjišťuje největší dovolený průměr výztuže nebo rozteč prutů, anebo přímým výpočtem, kdy se zjišťuje stávající šířka trhlin a porovnává se s dovolenou hodnotou. V závislosti na zvolené normě a NA se používá metodika MC90 a Beeby. Protokoluje se rovněž skutečná šířka trhliny.

Přetvoření hydrataci, resp. šířka trhlin pro ranná vynucená přetvoření, jsou řešena pro stáří betonu < 7 dnů.

Vodonepropustnost a těsnost betonu se prokazuje dodržáním šířky trhliny $w.k < 0,10$ mm (bílé vany), resp. 0,20 mm (voda se schopností utěsnění krystalizací) a dále pak minimální hloubkou tlačené zóny X_d při časté kombinaci.

Výpočet efektivních tuhostí: norma EN, příloha 4 doporučuje přizpůsobit přesnost výpočtu jeho účelu. V programu se proto stanovují efektivní křivosti, které se počítají – dle velikosti normálových napětí při výjimečné kombinaci – ve stavu bez nebo s trhlínami. Z křivosti a momentu lze pak vypočítat efektivní tuhosti.

Výpočet, resp. omezení napětí v betonu a ve výztuži na MSP uvažuje pro rozhodující návrhovou kombinaci redistribuční vnitřních účinků v průřezu vyplývající ze vzniku trhlin.

Návrh na MS únavy probíhá zvlášť pro beton a pro výztuž. Napětí se zjišťuje na průřezu s trhlínami. Pokud je stávající rozkmit napětí větší než únosný rozkmit měkké výztuže, automaticky se zvyšuje výztuž v tažené zóně. S modifikovanými plochami výztuže opět probíhá výpočet posouzení na únavu. Tato víceúrovňová iterace probíhá tak dlouho, dokud nejsou dodrženy předepsané, resp. dovolené mezní hodnoty. Zohledňuje se vliv posouvající síly.

Různá jazyková prostředí a výstupy

Jazyk aplikace **RTcdesign** lze volit

- buď pouze pro výstupy,
- anebo jak pro výstupy, tak i celé uživatelské prostředí, tj. ovládání.

Standardní součástí základní licence jsou všechny 3 následující jazyky:

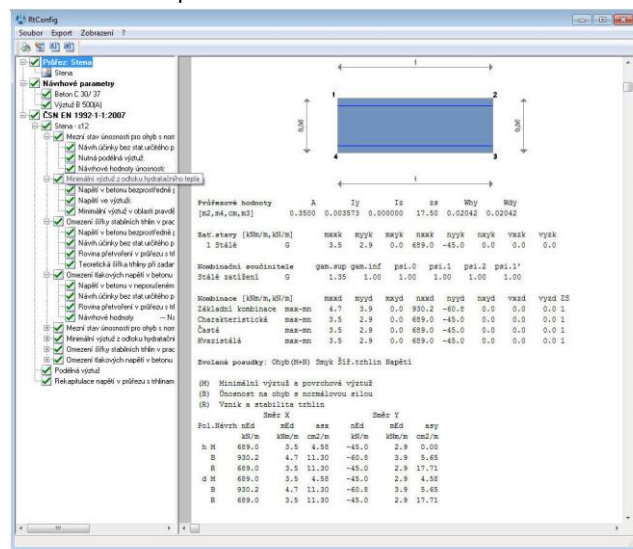
- čeština, angličtina, němčina.

Přehledné zobrazení výsledků

Protokol zadání, návrhů a výsledků se zobrazuje v komponentě RTconfig s náhledem na aktivní strukturu kapitol. Výstupy jsou koncipovány jako víceúrovňové:

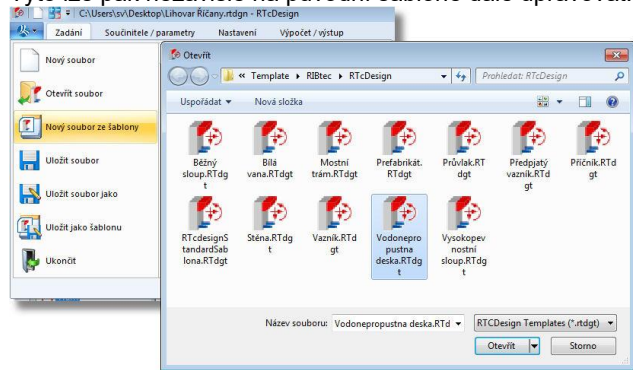
- Kompaktní protokol: po zadaných průřezích řešeného dílce všechny návrhy na jednu stránku A4.
- Standardní sestava: obsahuje navíc dílčí výsledky k rozhodujícím návrhovým kombinacím.
- Volitelně lze navíc připojit výstup detailního protokolu s podrobnými výsledky a mezivýsledky k jednotlivým návrhům, mezním stavům a obálce účinků min/max.

Je zaručena opakovatelnost výpočtu a výstupů po provedení změn na stisknutí tlačítka. Možný je export protokolu do formátu RTF např. do MS Word.



Šablony projektů

RTcdesign poskytuje přímou podporu vytváření vlastních šablon zadání. Libovolný projekt tak lze kdykoliv uložit jako šablonu projektu. Při pozdějším vytváření nových projektů lze vybírat z nabídky již existujících šablon. Do nového zadání se tak přenesou ze šablonového projektu veškeré definice průřezů, materiály, zatížení a nastavení návrhů. Tyto lze pak nezávisle na původní šabloně dále upravovat.



Nápověda a uživatelská příručka

Aplikaci RTcdesign doplňuje obsáhlá, aktuální nápověda a uživatelské příručky v češtině s popisy aplikovaných teorií a odkazy na příslušné normy.

Funkční rozsah

Program **RTcdesign** je modulárně strukturovaný a má různé licenční úrovně funkčního rozsahu. Momentální stav je následující:

- základní verze obsahuje MSÚ pro pozemní stavby včetně posouzení požární odolnosti,
- funkční rozšíření o MSP pro pozemní stavby,
- funkční rozšíření o MS únavy pro pozemní stavby (předpokladem je současně i rozšíření MSP),
- funkční rozšíření o stavby mostů (předpokladem jsou současně i rozšíření MSP a MS únavy),
- funkční rozšíření o předpjaté průřezy.