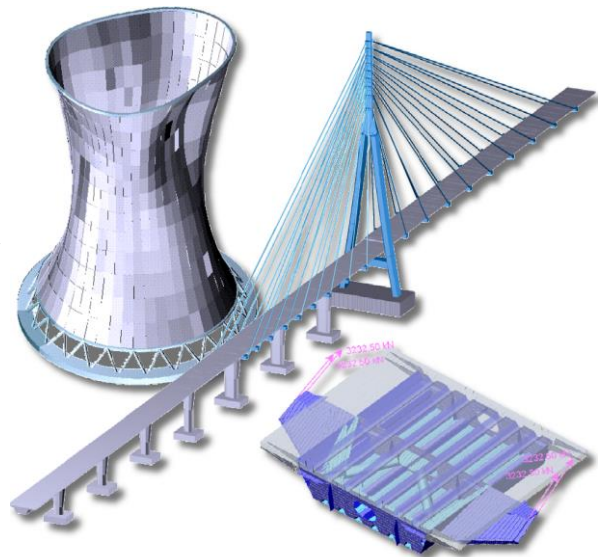


## RIBfem – prutové a plošné výpočetní modely FEM ve 2D a 3D

TRIMAS® kompakt                   obj.č.: 11.10.440  
 TRIMAS® rahmen                   obj.č.: 11.10.450  
 TRIMAS® fem                       obj.č.: 11.10.460

- **Aktuální Evropské normy včetně národních parametrů dle ČSN EN**
- **grafické prostředí obsluhy s funkcionalitou UnDo/ReDo**
- **optimální inženýrský nástroj na statické výpočty, návrhy a posuzování stavebních konstrukcí**
- **snadné zpracování komplexních rovinných a prostorových výpočetních modelů FEM**
- **všestranné použití pro analýzu nosných konstrukcí z různých materiálů (železobeton, ocel, dřevo, ...)**
- **četná funkční rozšíření pro specializované úlohy (frekvenční analýza, seizmicita, nelinearity, stabilita, spřažené konstrukce, bílé vany, mosty aj.)**

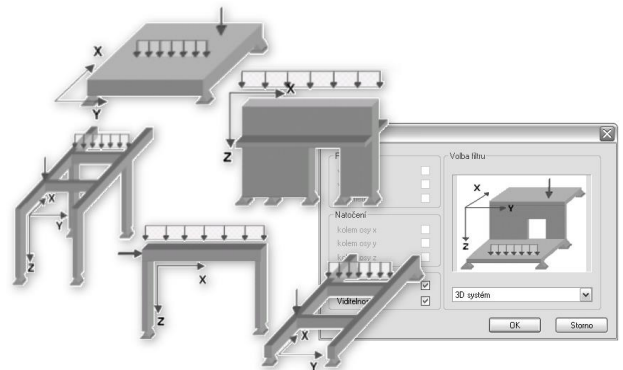


## Efektivní nástroj na řešení statiky běžných i náročných stavebních konstrukcí

### Volnost ve vytváření výpočetních modelů

TRIMAS® je obecný prostorový systém FEM s objektovým zadáním, vyhodnocením, návrhy a posuzováním konstrukčních dílců. Zadání rovinných (rámy, desky, stěny) a prostorových (kombinované prutové a plošné modely) konstrukčních dílců, popis jejich uložení a zatížení probíhají zcela nezávisle na dělení sítě konečných prvků. Pomocí standardních funkcí mohou být velmi efektivně vytvářeny běžné rovinné a prostorové výpočetní modely. Další specializované funkce pak umožňují zpracování náročných prostorových modelů nosných konstrukcí. Výkonnost RIBfem TRIMAS® se vyznačuje zejména následujícími vlastnostmi:

- objektová práce s konstrukčními dílci,
- integrace funkcí CAD pro konstruování ve 3D,
- komfortní grafické zadání a vyhodnocení,
- moderní numerická formulace konečných prvků,
- osvědčené a výkonné návrhové algoritmy,
- zpracování komplexních systémů,
- integrace s posudkovými a kreslicími nástroji.



### Zjednodušení práce pomocí systémových filtrů

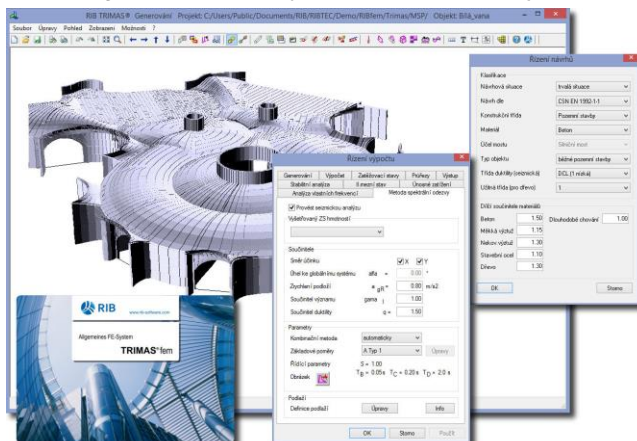
Pomocí předvolených systémových filtrů konstrukčních systémů je možné snadné a rychlé řešení standardních úloh. Tak např. volba systémového filtru „deska“ způsobí, že všechny nabídky, viditelnosti, pracovní rovina, jakož i zadání, uložení a zatížení odpovídají tomuto typu úlohy. Jedinou změnou nastavení tohoto filtru pak lze naopak např. z desky přepnout na obecnější prostorovou úlohu.

### Inteligentní komunikace

TRIMAS® podporuje přenos dat z libovolných systémů CAD prostřednictvím rozhraní 3D-DXF. Přiřazení objektů do jednotlivých hladin při tom zůstává při přenosu zachováno.

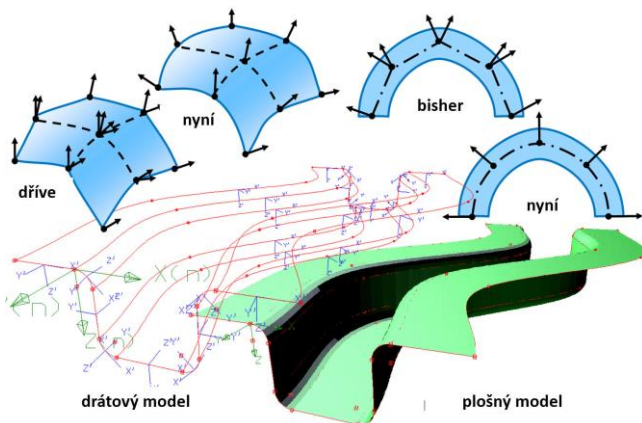
Mezi betonářským RIBcad ZEICON® se dále navíc přenáší definované konstrukční dílce typu stěna, sloup a prostup s příslušnými transformacemi do odpovídající prostorové polohy.

Nutné plochy výztuže lze načíst jako inteligentní podklad RIBcad ZEICON® a NEMETSCHek Allplan.



## Přehlednost díky subsystémům

U velkých prostorových výpočetních modelů je podpořena jejich přehlednost použitím tzv. subsystémů. Grafické zadání a vyhodnocení je rozhodujícím způsobem usnadněno jejich volně volitelnou paletou barev a viditelností. Hladiny CAD se při přenosu dat DXF interpretují jako subsystémy.



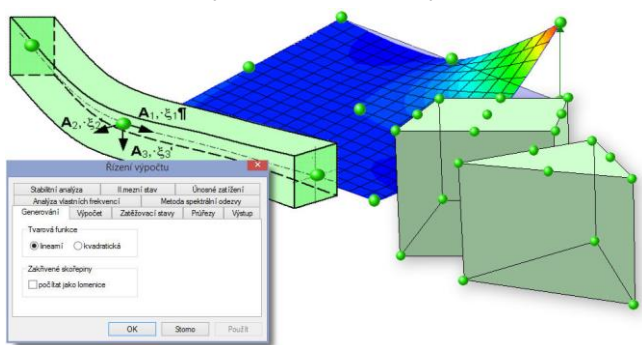
## Konstrukční prostředí

Geometrii výpočetního modelu lze zadat i zcela nezávisle ve 2D nebo 3D pomocí vlastních konstrukčních funkcí TRIMAS®. Sada těchto funkcí odpovídá základnímu standardu prostorového konstruování včetně možnosti přímé digitalizace na obrazovce.

## Moderní technologie FEM

Na výpočet deformací a vnitřních účinků se používají moderní a spolehlivé formulace konečných prvků. Knihovna konečných prvků byla sestavena na základě požadavku jejich vysoké robustnosti a spolehlivou, flexibilní a praktickou aplikovatelnost. Obsaženy jsou:

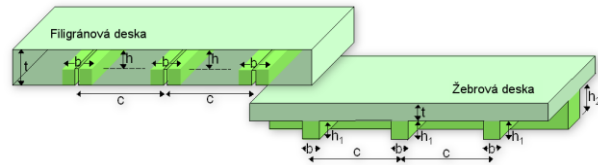
- prostorové prosté pruty (tah + tlak),
- prostorové nosíkové prvky (se 2 a 3 uzly) dle Timoshenkovi teorie,
- prostorové skořepinové prvky (se 3, 4, 6 a 9 uzly) dle Reissner-Mindlinovi teorie s formulací Shear GAP a Enhanced-Assumed-Strain,
- objemové prvky (se 6 a 8 uzly, pro interakci stavby a zeminy),
- kontaktní prvky (se 6, 8, 9 a 13 uzly).



## Všestranné použití

Uvedené formulace konečných prvků mají extrémně příznivé vlastnosti. Všechny nosíkové a skořepinové prvky mohou být používány bez jakýchkoliv přechodů pro tlustostěnné a tenkostěnné části konstrukce a zohledňují současně všechny druhy smykových deformací. U velkých modelů FEM může být výhodné přepínat mezi lineárními a kvadratickými prvky. Ve zvláštních případech (např. skelety) lze dále kombinovat deskové, stěnové a nosíkové prvky. Nosíkové a skořepinové prvky mohou mít libovolné zakřivení a zohledňují u vysoce namáhaných dílců prostřednictvím normálových vektorů interakci mezi ohybem a normálovou silou.

Filigránové, hřibové a kazetové stropy lze simulovat libovolně ortotropním chováním materiálu. U základových desek je možné stanovit kontaktní napětí a vnitřní účinky v desce pomocí modelu pružného poloprostoru.



## Všestranné modelování průběhů průřezů

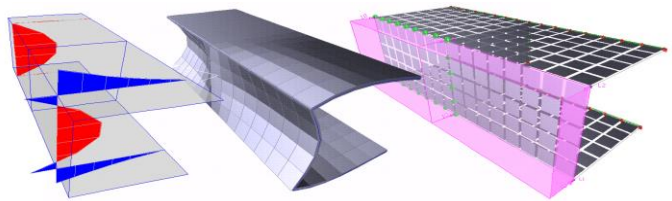
Pro modelování prostorových konstrukcí lze použít nosíkové nebo skořepinové prvky s lineárními náběhy. Standardně jsou podporovány geometrické tvary prutových průřezů typu obdélník, komora, kruh, prstenec, T, I, L, U, C a Z. Dále mohou být zadány přímo průřezové charakteristiky libovolné geometrie průřezu.

Dále je definován zvláštní návrhový typ průřezu T ŽB průvlaku integrovaného s deskou, který má jednostranný, konstantní nebo libovolně zadaný průběh spolupůsobící šířky a umožňuje současně plynulou změnu výšky stojiny.

Pro ocelové nosníky jsou k dispozici v interní databázi standardní válcované a svařované profily.

## Jednoduchá změna vlastností konstrukčních dílců

Pomocí tzv. ploch atributů mohou být lokálně předefinovány celoplošně přiřazené vlastnosti plošného konstrukčního dílce. Tímto způsobem lze např. pohodlně změnit průřezy v blízkosti základových patek nebo u hřibových stropů. Plochy atributů se využívají i pro změnu zadání materiálových parametrů ortotropních nebo tuhých oblastí, pro zvýšení parametrů elastického uložení v okrajových oblastech základových desek apod.



## Všestrannost spár a kloubů

Tuhá, resp. elastická liniová a bodová uložení se definují volně uvnitř nebo na okrajích konstrukčních dílců. Totéž platí v libovolných místech spojů konstrukce pro klouby a spáry s nulovou nebo požadovanou tuhostí.

Automatický generátor sítě identifikuje uložení, klouby a spáry a vytváří na těchto místech příslušné vazby sítě konečných prvků.

## Otevřená koncepce zatížení

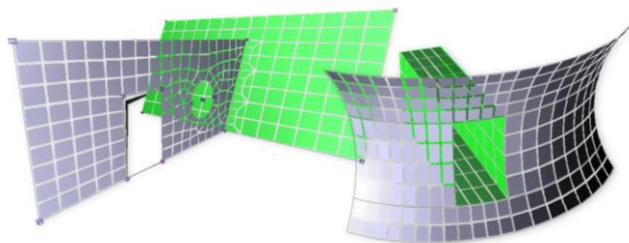
Bodová, rovnoměrná a lichoběžníková spojitá zatížení se zadávají nezávisle na síti konečných prvků. Totéž platí pro plošná zatížení, jakož i zatížení zásypem, v projekci, teplotou, pro dotvarování a smršťování, příčinkové čáry a plochy. Na elasticky uložených bodech a úsecích mohou být současně předepsány i posuvy podpor. Při vytváření komplexních zatěžovacích schémat lze využít definici zatěžovacích oblastí a zatěžovacích maker s generováním pojezdu zatěžovacích souprav. Ve standardních případech lze použít automatiku šachovnice užitných zatížení definovaných polí desky.

Problematické předpínání nosných konstrukcí je věnován zvláštní katalogový list „Předpětí“.

## Výkonný generátor sítě

U libovolných rovinných a prostorově zakřivených systémů je důsledně podporováno objektivně orientované zadávání. V případě generování prutových konstrukcí se k tomuto účelu využívají interpolační funkce nejrůznějších typů křivek.

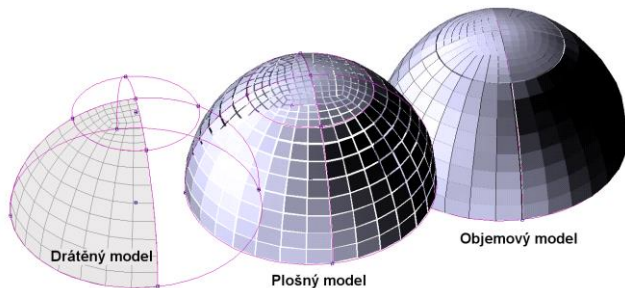
Tento typ zobrazení se využívá i u zakřivených ploch. V tomto případě mohou tvořit hrany trojúhelníkových a čtyřúhelníkových ploch libovolné prostorové křivky. Geometrické okrajové podmínky jako např. prostoro- vě zakřivených ploch zohledňují pouze prostřednictvím geometrie příslušných hran. Naproti tomu se u stavebně- běžných, libovolně polygonálně ohraničených rovinných ploch (stropních a základových desek, stěn, ...) pomocí generátoru tzv. rastrové sítě automaticky zohledňují přísluš- né geometrické podmínky: zohledňují se tak všechna bodo- vá a liniová uložení, příčné polygonální prostory, plochy atributů, nosníky a průvlaky v rovině plochy, spáry ležící uvnitř a na hranách plochy.



### Automatické spojování sítě FEM

Výhodou objektově orientovaného modelu a generování sítě konečných prvků je automatizované vzájemné propojení konstrukčních dílců uskutečňuje automaticky a nezávisle na jiných objektech zadání jako jsou např. podpory nebo zatížení. Tato výhoda se projevuje zejména při změnách v geometrii modelu nebo při parametrických studiích. Síť se automaticky adaptuje na aktuální stav.

**Plocha – plocha:** při vzájemném spojení různých rovinných rastrových ploch se automaticky vytvářejí společné hrany. Okamžitě se zohledňují případné další geometrické podmínky, jako např. příčné prostory. Principiálně se upravují přechody mezi plochami od jemnějšího směrem k hrubšímu dělení a od dělení rastrových ploch směrem k dělení prostoro- vě zakřivených izoparametrických ploch.



**Plocha – prut:** pokud se v rovinné rastrové ploše vyskytují prutové konstrukční prvky, pak se automaticky propojují se stávající sítí plochy. Při změnách v hustotě sítě plochy se přizpůsobuje i dělení prutů.

**Prut – prut:** objektově orientované zadání prutových dílců otevírá nové možnosti. Např. lze velmi snadno popsat a upravovat zakřivené nosníky. Stejným způsobem může být použito praktické dělení typických prutových konstrukčních dílců na sloupy, trámy, vzpěry, stojiny, příčle apod. Výhoda tohoto zpracování se pak projevuje zejména při vyhodnocování výsledků, v posudcích a dokumentaci statického návrhu.

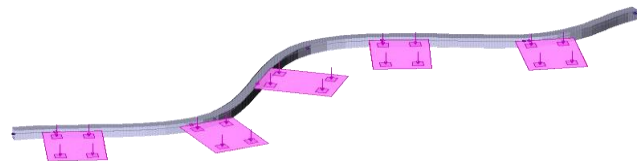
### Libovolné přizpůsobování sítě

U konstrukcí pozemních staveb nebo deskových mostů se často vyskytuje půdorysná geometrie s libovolně polygonálně ohraničeným obrysem. V těchto případech mohou být sítě rovinných ploch orientovány na zvolenou hranu. V častých případech je nutné lokální zhuštění sítě. Tomu je tak zejména v oblastech sloupů a při vyšetřování detailů.

Pro účely zadávání vlastností a orientace průřezů, materiá- lových vlastností a směrů výztuže mohou být po konstrukč- ních dílcích orientovány jejich lokální systémy.

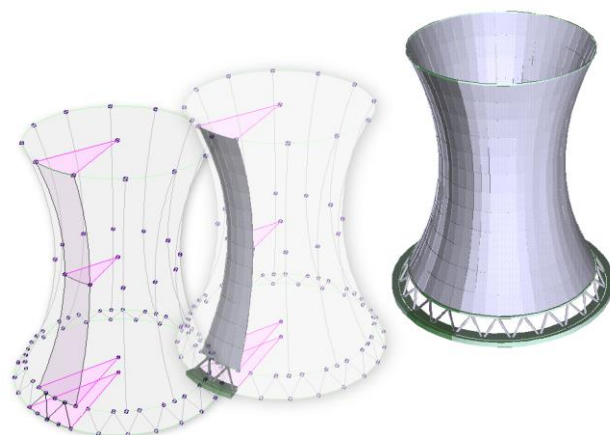
### Průběhy průřezů

Jak u prutových, tak u plošných prvků mohou být do modelu zahrnuty náběhové oblasti a excentrická připojení. U pruto- vých konstrukcích se vyskytují tyto detaily zejména u ocelo- vých konstrukcí a u spážených stropních desek.



### Efektivní generování výpočetních modelů

Při tvorbě výpočetních modelů velkých nosných konstrukcí hrají rozhodující roli výkonnost generátoru sítě FEM a mož- nosti kopírovacích funkcí. Při generování sítě průniků je nutné nejprve zkonstruovat hrany průniku pomocí průsečíků meridiánových křivek. Snadnou vizuální kontrolu sítě umoř- ňují a optimálně podporují četné možnosti zobrazování. Bez jakýchkoliv dalších vstupních parametrů je možná okamžitá vizualizace stínovaného objemového modelu.



### Výkonná technika kombinací

Vnější účinky na stavební konstrukce se podle jejich původu zpravidla dělí na různé druhy zatěžovacích stavů, které mohou působit trvale nebo časově omezeně, současně nebo se vzájemně vylučovat apod. Zpravidla je proto nutné spočtení a vyhodnocení více možných kombinací zatěžova- cích stavů a jejich obálky pak pro účely návrhů a posouzení sestavit do tzv. návrhových účinků. V určitých případech, jako např. vyloučení tahu v podloží, je nutné výsledkové veličiny ze série samostatných nelineárních výpočtů kombi- novat vzájemně vylučujícím způsobem.



### Přehledné kombinační předpisy

Jednotlivým zatěžovacím stavům jsou přiřazovány tzv. atri- buty. Atributům zatěžovacích stavů odpovídají logické ope- rátoři kombinačních předpisů, které lze tvořit uživatelsky, automaticky nebo pomocí šablony dané normou. Požadavky

zvolené normy, jako např. dílčí a kombinační součinitele, součinitele vlivu se zohledňují automaticky. K dispozici jsou následující operátory:

- nepodmíněný, vzájemně vylučující, vylučující včetně nuly, podmíněný.

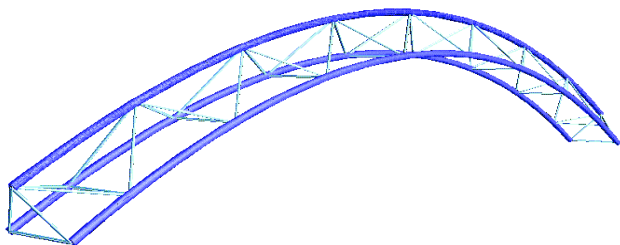
Vlastní kombinační předpis je pro tenzorové veličiny vyhodnocován metodou tenzorové růžice 360° a pro skalární veličiny přesnými postupy kombinatoriky.

Součinitele spolehlivosti materiálů, dle návrhové situace, se v návrzích, resp. posudcích zohledňují na straně odolností.

### Typy kombinací

Základní typy kombinací rozlišují výsledkové veličiny uzlů a plošných prvků. Typy kombinací vyplývají z modelování konstrukce a z působení konstrukčních dílců typu stěna, deska, skořepina nebo nosník a táhlo. K dispozici jsou následující typy:

- posuvy uzlů a reakce,
- membránové vnitřní účinky,
- hlavní momenty a hlavní posouvající síly,
- hlavní a směrová napětí, např. ve směrech výztuže,
- prutové vnitřní účinky a hranová napětí,
- kontaktní napětí.



### Návrhové normy ŽB v základním funkčním rozsahu

Návrhy železobetonových pozemních staveb na MSÚ podle:

- obecné EN 1992-1-1, národními parametry pro ČSN EN, DIN EN, ÖNORM EN, EN BS, starší DIN 1045-1

### Osvědčená návrhová koncepce ŽB

Návrhová metoda je dána typem namáhání konstrukčního dílce. Na mezním stavu únosnosti (MSÚ) jsou obsaženy kompletní návrhy pro skořepiny, desky, stěny a nosníky.

K dispozici jsou následující metody navrhování:

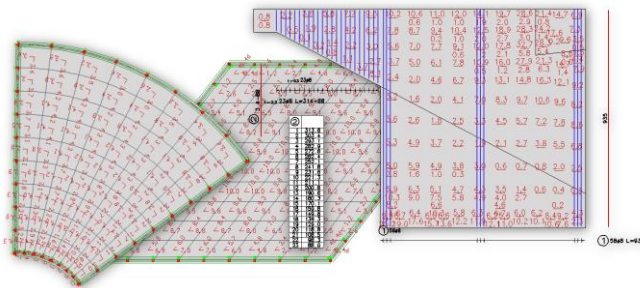
- návrh skořepiny rozšířenou "Baumannovou metodou",
- návrh desky, nezávisle pro horní a dolní povrch,
- návrh stěny příhradovým modelem ve střednicové rovině s jednoose účinnou tahovou výztuží,
- návrh desky na posouvající sílu a propíchnutí,
- návrh na ohyb s normálovou silou pro trámy, průvlaky nad a pod deskou včetně zohledněním spolupůsobící šířky desky,
- návrh na šikmý ohyb s normálovou silou (tlak bez vzpěru!) pro všechny typizované obdélníkové, kruhové, trubkové průřezy a průřezy T a H,
- návrh na posouvající sílu a kroucení pro nosník.

### Všestranné možnosti výstupů

Všechny výsledky a popř. jejich kombinované „obálky min/max“ (posuvy, reakce v podporách, vnitřní účinky v prvcích, nutné plochy výztuže aj. výsledky návrhů) lze vyhodnocovat graficky např. formou těchto zobrazení:

- číselné hodnoty v prvcích a v rastru,
- průběhy na prutech nebo na liniových a rovinných řezech plochy,
- diagramy pro nosníky nebo liniové a rovinné řezy s řídicími a závislými účinky,
- integrace úseků řezů linií s hodnotou min/max, střední nebo suma,

- zobrazení silového toku pomocí trajektorií,
- izolinie pro všechny směrové veličiny a jejich obálky.



Kromě uvedených možností lze generovat textové sestavy se strukturovanou volbou obsahu a grafickým výběrem tištěných oblastí modelu.

Cíleným dotazem lze v místě konstrukce zjistit podíly zatěžovacích stavů na zobrazené hodnotě. Tímto způsobem lze analyzovat i výsledky návrhů. Tato funkce je výhodná zejména při zpětné kontrole výpočetního modelu.

### Základní funkční rozsah pro pozemní stavby (MSÚ)

- **TRIMAS® rahmen:** pouze 2D a 3D prutové prvky, bez omezení velikosti úlohy,
- **TRIMAS® kompakt max.** 2000 konečných prvků 2D a 3D, z toho maximálně 200 prutových prvků,
- **TRIMAS® fem** obecné prutové a plošné modely 2D a 3D bez omezení velikosti úlohy.

### Četná funkční rozšíření

Licenční rozšíření nad rámec základního funkčního rozsahu TRIMAS® umožňují řešení specifických technických problémů. Nabízejí se tak např. tato možná rozšíření:

- **RTstahlbemessung:** posouzení napětí ocelových prutových konstrukcí (např. dle ČSN EN 1993-1 aj.),
- **RTholz bemessung:** posouzení napětí dřevěných prutových konstrukcí (např. dle ČSN EN 1995-1 aj.),
- **RTgzg-h:** navrhování ŽB pozemních staveb na MSP (trhliny, napětí, bílé vany, jímky, vodotěs, ...),
- **RTgzg-ZII:** kvazistálé průhyby s trhlinami a vlivem dotvarování a smršťování pro ŽB konstrukce,
- **RTnlgeo:** geometrická nelinearita,
- **RTnlmat:** ŽB a předpjaté prutové dílce s trhlinami,
- **RTbodenmodell:** vrstevnatý model podloží,
- **RTstabil:** stabilitní analýza,
- **RTfrequenz:** frekvenční analýza,
- **RTerdbeben:** rozšíření RTfrequenz o seismicitu a návrh ŽB na modální spektrální odezvu,
- **RTvorspannung: předpětí** pro pruty i plochy,
- **RTbauzustaende:** stavební stádia,
- **RTmassivbruecke:** výpočty a navrhování ŽB monolitických, segmentových a předpjatých mostů (např. dle ČSN EN 1992-2 aj.),
- **RTgzg-b:** navrhování ŽB mostních staveb na MSP,
- **RTbetonverbund:** výpočty a navrhování spřažených ŽB a předpjatých mostů typu prefabrikát + monolit,
- **RTstahlverbund:** výpočty a navrhování spřažených mostů typu ocelové nosníky + monolitická deska (např. dle EN 1994-1),
- **RTstahlverbundFT:** rozšíření RTstahlverbund o prefabrikované ztracené bednění,
- **RTstahlverbundKT:** rozšíření RTstahlverbund o profil ocelového truhlíku nebo jednodkomory,
- **RTnrr:** statické přepočty a sanace mostů dle předpisu Nachrechnungsrichtlinie, BMVBS.