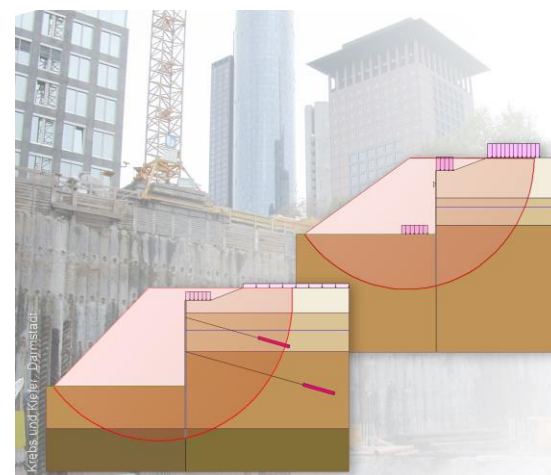


RIBgeo – Statické výpočty a návrh pažicích konstrukcí stavebních jam

RTwalls obj.č.: 11.10.357
RTwalls expert obj.č.: 11.10.358

- geotechnické výpočty dle nových norem EN 1997-1 s národními přílohami pro CZ, D, A
- řešení pro všechny typy zajištění včetně jeho konstrukčního návrhu a dimenzování
- záporové pažení, štetové, pilotové a podzemní stěny, jedno- a vícenásobné kotvení
- stavební fáze, komfortní prostředí obsluhy
- konfigurovatelný protokol výpočtu a návrhu s grafickými a tabelárními výsledky



Geotechnický software pro inženýrská řešení náročných stavebních jam

Zakládání pozemních a dopravních staveb v městských oblastech husté zástavby souvisí často s vysokými nároky na zajištění hlubokých stavebních jam. Zpravidla jsou v těchto případech nutné četné statické výpočty více možných konstrukčních variant a až na podkladě těchto výsledků je navrženo konečné optimální inženýrské řešení, které pak vyhovuje nejen základním technickým hlediskům únosnosti a použitelnosti dotčených objektů, dílců a materiálů, ale zejména splňuje všechny výrobně-technologické, prostorové, ekonomické a administrativní požadavky.

RTwalls je specializovaný, samostatně funkční, geotechnický software na výpočty stavebních jam. Volitelné výpočetní metodiky umožňují, v závislosti na okolních poměrech a zvoleném konstrukčním uspořádání, nastavovat hodnoty všech podstatných řídicích parametrů. Tím se nabízí efektivní řešení pro všechny stavebně-praktické typy kotvených, nekotvených nebo rozpíraných pažicích konstrukcí stavebních jam, budovaných v různých geologických a hydrologických podmínkách.

Základní výpočetní model

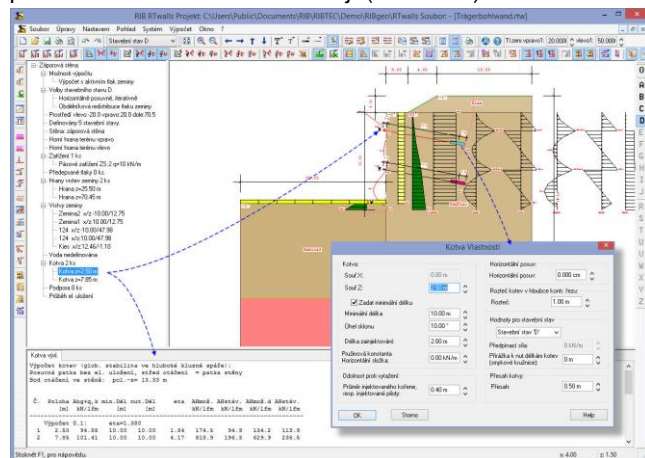
Základní statický výpočetní model pažicích konstrukcí je v **RTwalls** konzola, prostý nebo spojitý. Patka stěny (nosníku) je zpravidla elasticky uložena (Blum) nebo vodorovně podepřená, popř. vetknutá prostřednictvím odolnosti zeminy nebo vrstvy horniny. Lze uvažovat i systém bez vetknutí, tj. s min. 2 podporami. Vetknutí patky lze zadáním procentuálního stupně vetknutí uvažovat jako plné nebo jen částečné. Elastickým vetknutím patky je chování stěny modelováno nejuvstížeňji. Volba iterativní adaptace elastického uložení patky zaručuje, že kontaktní napětí v daném bodě stěny nepřevyšuje kapacitu odolnosti okolní zeminy.

RTwalls vnitřně využívá pro výpočet nosíkového modelu jádro MKP **RIBfem TRIMAS®**, které umožňuje efektivní stanovení vnitřních účinků a posuvů pro každou stavební fázi. Současně se tak zohledňují ohyb s normálovou silou, smykové deformace nebo proměnný průběh elastického uložení patky stěny.

Snadné ovládání

Zadání a úpravy dat projektu, včetně jeho stavebních fází výkopu a zpětného zasypaní, probíhají v komfortním kontextu

ve vhodném prostředí s parametrickým grafickým schématem vyšetřovaného řezu stavební jámy, se zobrazením hierarchie struktury objektů zadání a jejich parametrů. V interní databance, která je libovolně rozšiřitelná, se nabízí typizované průběhy povrchu terénu a vlastnosti geologických vrstev. Např. změnu geometrie řezu lze provést výběrem a úpravou hodnoty kóty příslušného rozměru. Všechny úpravy parametrů se okamžitě zobrazují (WISIWIG).



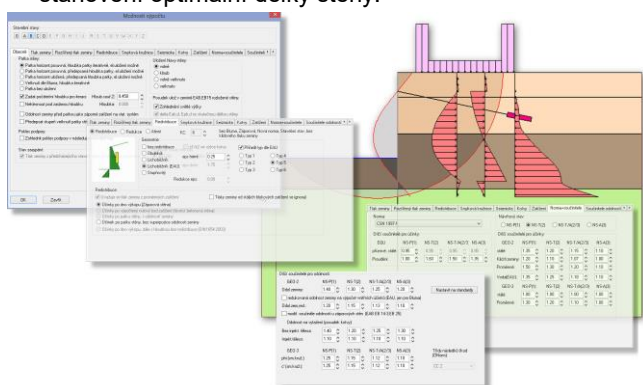
Program je licenčně dodáván v základní verzi **RTwalls** a v rozšířené verzi **RTwalls expert**.

Praktický rozsah základní verze RTwalls

Základní verze **RTwalls** poskytuje dostatečný funkční rozsah pro řešení běžných stavebních jam a pažicích konstrukcí, které mohou být definovány s využitím následujících možností:

- libovolně polygonální hrana povrchu terénu s lávkami a svahováním před i za pažicích konstrukcí, databanka tvarů povrchu terénu,
- libovolný sled a 5 různých horizontálních geologických vrstev před a za stěnou s možností individuální definice součinitelů k průběhům tlaků a odolností,
- stavební fáze výkopu a zásypu s definicí až 5 tuhých podpor nebo kotev,

- svise stojící těsnící stěny, záporová pažení, pilotové stěny nebo podzemní stěny modelované jako konzola nebo jako nosník o jednom a více polích s volitelnými podmínkami vetknutí patky,
- liniová, bloková, pásová a železniční zatížení na povrchu terénu a ve vrstvách za stěnou, bloková a pásová zatížení před stěnou – vše v závislosti na stavebních fázích,
- zohlednění přímo předepsaných posuvů stěny nebo posuvů stěny spočtených v předcházející st. fázi,
- hydrostatické zohlednění hladin vody před a za stěnou, se změnami výšky hladiny za stěnou po st. fázích,
- výpočet průběhů tlaku zeminy od vlastní tíhy a zadaných zatížení při aktivním nebo zvýšeném aktivním nebo klidovém tlaku zeminy,
- výpočet vnitřních účinků stěny, kotevních sil, posuvů a reakcí, stanovení nutné hloubky vetknutí patky,
- volitelně volba schématu redistribuce tlaku zeminy dle směrnice EAB, popř. vlastní uživatelské schéma,
- geotechnické posouzení reakcí pro různé podmínky vetknutí patky stěny a využití stupňů vetknutí stěny ke stanovení optimální délky stěny.



Rozšířený rozsah plné verze RTwalls expert

Oproti základní verzi poskytuje rozšířená verze **RTwalls expert** následující další možnosti:

- geologické vrstvy se šikmým a polygonálním průběhem,
- neomezený počet podpor a kotev,
- elastické kotvy s libovolným sklonem a vícenásobným předpjetím po stavebních fázích,
- zohlednění skutečných kontaktních napětí a spojitého elastického uložení při adaptaci elastického uložení,
- alternativní výpočet aktivního tlaku zeminy dle Culmanna a odolnosti zeminy dle Gudehuse metodou kinematických částic (KEA),
- volitelně vlastní zadání průběhu aktivního a klidového tlaku a odolnosti zeminy,
- výpočet výšek vodních hladin při laminárním proudění, zohlednění vrstvení vodních hladin, vlastní předepsané hydrostatické tlaky,
- zohlednění otevřených vodních hladin, které lze kombinovat s tlakem proudění,
- zohlednění současného seizmického zatížení a proudění ve výpočtu dynamického vodního tlaku a tlaku zeminy,
- posudek hydraulické stability podloží
- volitelné zohlednění odolnosti zeminy před patkou stěny jako záporné zatížení,
- volitelně potlačení vlivu zatížení na straně výkopu, na straně terénu, odolností zeminy,
- volitelně vlastní průběh elastického uložení,
- měřítkové výkresy projektu a průběhů výsledků.

Evropské normy a národní parametry

Geotechnické výpočty a návrhy obsažené v **RTwalls** respektují aktuální evropské normy a pro výpočet nastavenou národní přílohu. Obsaženy jsou:

- ČSN EN 1997-1,
- obecná EN 1997-1,
- DIN EN 1997-1,
- ÖNORM EN 1997-1,
- starší (1976) i novější (2010) DIN 1054.

Zpracovány jsou dále volby výpočtu dle požadavků předpisů EAB Empfehlungen des Arbeitskreises "Baugruben" a EAU Empfehlungen des Arbeitsausschusses "Ufereinfassungen".

Další související aplikované normy, předpisy a literatura:

- Grundbautaschenbuch a Weißenbachovi pojednání „Baugruben II + III“,
- stabilita podloží dle DIN 4017,
- stabilita svahů DIN 4084,
- výpočet tlaku zeminy DIN 4085,
- návrhy pažící konstrukce, resp. stěny: železobeton EC2, ocel EC3, dřevo EC5

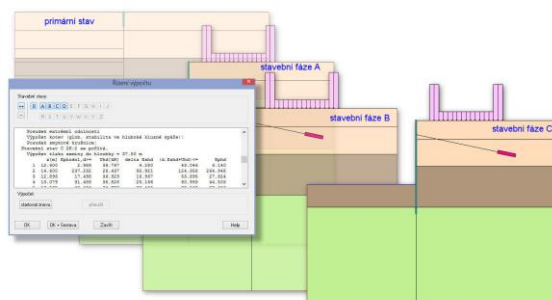
Standardní normové hodnoty dílčích součinitelů lze v případě potřeby uživatelsky měnit.

Stavební fáze

Stavební fáze se popisují výškou dna výkopu a počtem a polohou aktivních podpor nebo kotev. Na jednotlivých tematických záložkách centrálního panelu vlastností stavební fáze se nastavují detailní požadavky na její výpočet:

- způsob uložení patky,
- metodika výpočtů tlaků zeminy a jejich redistribuce,
- volby smykové kružnice,
- seizmicita,
- stanovení délek kotev,
- přiřazení a způsob zohlednění zatížení,
- druh návrhové situace a související hodnoty dílčích kombináčnických součinitelů a dílčích součinitelů spolehlivosti,
- zohlednění tlaku vody a proudění,
- volby posouzení svislého směru.

Kromě výchozího stavu může být popsáno až 10 fází výkopu a dalších 9 fází zpětného zasypání. Deformace stěny z předcházející stavební fáze mohou být zohledněny v následující fázi. Po stavebních fázích mohou být libovolně upraveny podpory a kotvy, tvar povrchu terénu, zatížení, vodní hladiny aj.

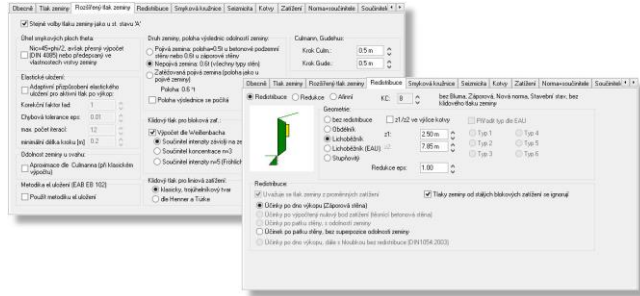


Zatížení v okolí stavební jámy

Na povrch terénu nebo kdekoliv uvnitř geologických vrstev mohou být umísťovány nejrůznější typy zatížení. V definičním panelu se zadává jejich velikost a prostorový rozsah, přiřazení k zatěžovacímu stavu a druhu návrhového účinku. Jednotlivá zatížení se aktivují podle svého přiřazení ke stavebním fázím.

Možnosti redistribuce tlaku zeminy

Podle typu podepření pažící konstrukce lze volit redistribuci tlaku zeminy. Tlak zeminy může být redistribuován podle různých schémat (obdélníkové, lichoběžníkové, trojúhelníkové, stupňovitě) nebo automaticky vedle požadavků předpisů EAB a EAU. Navíc lze předepsat dle potřeby zvláštní průběhy tlaků zeminy; stejně tak průběhy klidového tlaku zeminy a tlaku vody. Způsob redistribuce tlaku zeminy se nastavuje výběrem grafického schématu a zadáním požadovaných parametrů.

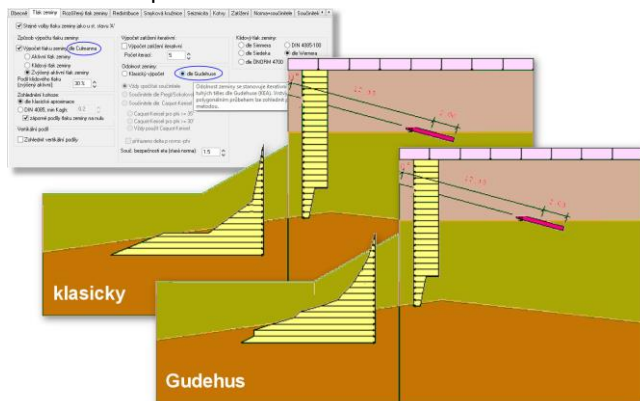


Alternativní výpočet aktivního tlaku zeminy

Pro výpočet aktivního tlaků zeminy lze při libovolné geometrii povrchu terénu, geologických vrstev a umístění zatížení zvolit metodu dle Culmanna. Tato dříve grafická a nyní v **RTwalls** numericky realizovaná metoda zohledňuje podle uvažované hloubky stěny korespondující nutnou smykovou plochu s příslušným schématem porušení a výslednicemi tlaku zeminy.

Alternativní výpočet odolnosti zeminy

Metoda výpočtu odolnosti zeminy dle Gudehuse umožňuje zohlednění libovolných průběhů geologických vrstev, svahů a hladin vody. Nejnižší možná odolnost zeminy se stanovuje iterativní optimalizací KEA (Kinematic Element Analysis) mechanismu porušení.



Komplexní posouzení

Obsažené výpočetní kroky **RTwalls** poskytují následující podklady a posouzení:

- grafické zobrazení řešeného statického systému, průběhy tlaků zeminy a tlaků vody a vnitřní účinky v pažící konstrukci, resp. stěně,
- statický výpočet a stanovení nutné hloubky vetknutí patky stěny,
- stanovení nutné délky kotev z podmínek globální stability v hluboké kluzné spáře,
- stabilita svahů dle Kreye (smyková kružnice),
- posouzení výslednice svislých účinků.

Posudek stability podle Kreye předpokládá cylindrickou smykovou plochu (kružnici). Vyšetření stability terénu probíhá pro kružnici danou středem a poloměrem. Pokud toto zadání chybí, pak se vyšetřují všechny smykové kružnice procházející koncovým bodem patky stěny a stanovuje se kružnice s nejmenší bezpečností.

Přehledná kontrola výsledků

Během vlastního výpočtu stavební jámy se kontroluje logika zadání a protokolují se vstupní parametry včetně grafických schémat stavebních fází. Pro každou stavební fázi se dokumentuje nutná hloubka vetknutí. Dále se porovnávají reakce v patce stěny s kapacitou odolnosti zeminy; v případě záporových konstrukcí se uvažuje odolnost zeminy na malých tlakových plochách. Při vlastním zadání hloubky vetknutí se porovnávají stávající a únosné horizontální reakce.

Graficky a tabelárně se tisknou průběhy tlaků a odolnosti zeminy, vodní tlaky, vnitřních účinků a posuvů stěny, protokoly se síly v kotevch a podporách. U elasticity uložených stěn se dokumentují iterativně stanovené pružinové konstanty a korespondující reakce.

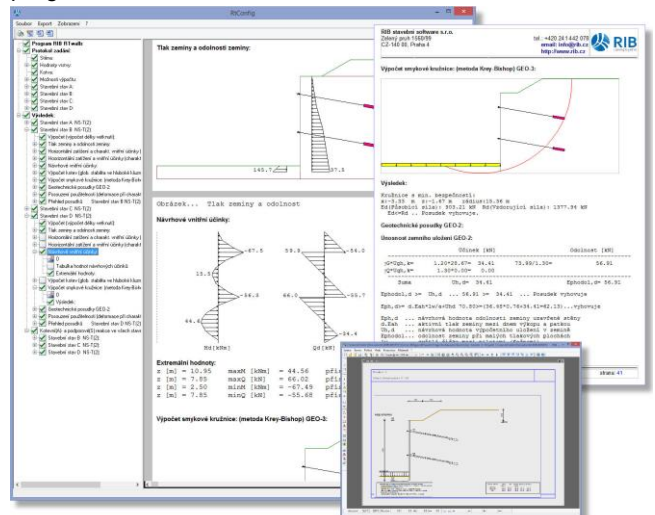
V posudku svislých účinků se tisknou všechny relevantní komponenty před a za stěnou. U kotev se přes všechny stavební fáze rekapituluje jejich poloha, sklon, předpínací síla a součet horizontálních kotevních sil. Zobrazení minimální smykové kružnice může současně obsahovat zobrazení kotev včetně jejich délek.

Konfigurovatelný dokument výsledků

Protokol výpočtu a výsledků se nabízí v náhledu se strukturou kapitol a obrázků, které mohou být pro konečný výstup cíleně deaktivovány. Tento způsob má zejména následující výhody:

- přehledný protokol s geometrií řešené stavební jámy a všech stavebních fází,
- tabelární numerické výsledky doplněné grafickými průběhy v jednom dokumentu,
- vizuální kontrola a výběr požadovaných výsledků před vlastním výstupem.

Nastavená konfigurace obsahu protokolu výsledků se ukládá spolu s projektem pro jeho pozdější přepočty, může být však kdykoliv opět změněna. Části vstupního protokolu lze přenášet přes schránku Windows do libovolných dalších aplikací. Možný je přímý export výsledků ve formátu RTF do programů.



Měřítkové výkresy projektu a průběhů výsledků

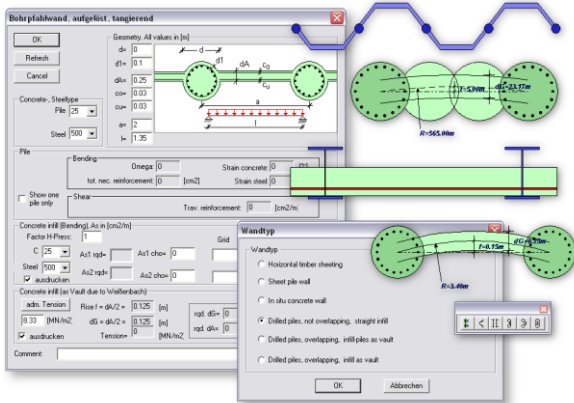
Vedle běžného protokolu výpočtu poskytují plná verze **RTwalls expert** navíc měřítkové, technické výkresy výpočetního modelu řešené stavební jámy a korespondujících průběhů relevantních výsledků. Tyto výkresy lze následně v doplňkovém softwaru **RTviewer** sestavovat do tiskových archů, plotrovat nebo exportovat jako DXF/DWG do jiných systémů CAD.

Integrované návrhy pažící konstrukce v RTwalls

Efektivitu statické analýzy stavebních jam v **RTwalls** významně zvyšuje zabudovaný nástroj **WWdim** (součást již

základní licence) na navrhování konkrétního konstrukčního řešení pažení nebo stěny. Po vlastním geotechnickém výpočtu **RTwalls** tak lze okamžitě přistoupit k dimenzování potřebných konstrukčních dílců. Rozměry stěny a návrhové vnitřní účinky M, V a N se automaticky přebírají v kumulovaných hodnotách obálek přes všechny stavební fáze.

Pro návrh pažící konstrukce se úvodem nabízí její stejný typ, jaký byl nastaven v projektu **RTwalls**, možná je však i změna tohoto typu, např. pro účely rychlého posouzení jiné varianty.



Následuje stručný popis postupu návrhu pro jednotlivé typy pažících konstrukcí.

Záporová pažení

Volba profilu zápor se nabízí z databanky běžných typů dodávaných ocelových profilů I a 2xU. Po volbě typové řady program může již sám nabídnout vhodnou velikost profilu, která optimálně vyhovuje dovoleným hranovým, smykovým a srovnávacím napětím.

Pažiny mohou být uvažovány buď dřevěné nebo železobetonové. Pažiny se posuzují jako ohýbaný prostý nosník, přičemž se zohledňuje rozdíl v rozteči zápor a pažin.

Štětové stěny

V databance profilů štětovnic jsou obsaženy všechny jejich běžně dodávané typy výrobců Acelor/ARBED (Thyssen Krupp, série PU a AZ), HOESCH (série LARSEN, běžné profily, vylehčené profily, stokové fošny) a British Steel (série LX, GSP, 6) aj.. Vedle posouzení ohybu, ohybu s tlakem, smyku a srovnávacích napětí se u štětých stěn se zámekem ve výšce nulové čáry počítají nutné výrobní rozteče svrných bodů na smyk.

Podzemní železobetonové stěny

Tento typ stěn se navrhuje na požadavky MSÚ a MSP jako obdélníkový průřez běžného metru stěny namáhaného ohybem s normálovou silou a posouvající silou. Obsaženy jsou pozemní a mostní národní betonářské normy, např. ČSN EN, obecná EN, DIN EN, DIN 1045-1, ÖNORM EN, BS EN a starší normy DIN 1045-1.

Volné a tangenciální pilotové stěny

Železobetonové piloty s rotačně symetrickým uspořádáním výztuže se navrhují na požadavky MSÚ a MSP pro obálku ohybových momentů s korespondující normálovou silou. Předpokládá se dvojitřžná smyková výztuž ve tvaru šroubovice a počítá se její nutná plocha v cm²/m piloty. Výplň mezi pilotami lze uvažovat buď jako přímou, tj. namáhanou pouze na ohyb, nebo s klenbou, tj. ohyb + tlak. Statický systém výplně ze stříkaného betonu namáhané na ohyb je prostý nosník. V případě klenby se zadává její vzepětí a kontroluje se únosné tlakové napětí. Obsaženy jsou stejné betonářské normy jako u ŽB stěny.

Převrtávané pilotové stěny

Uspořádání výztuže a návrh je analogický jako u pilotové stěny s příomou výplní. Geometrickým uspořádáním pilot se zadává počet převrtaných, nevyztužených pilot mezi pilota-

mi s výztuž. Variací vzepětí klenby nevyztužených pilot se pro zadanou geometrii uspořádání stanovují únosné a stávající parametry tlačené klenby.

Návrh kotev

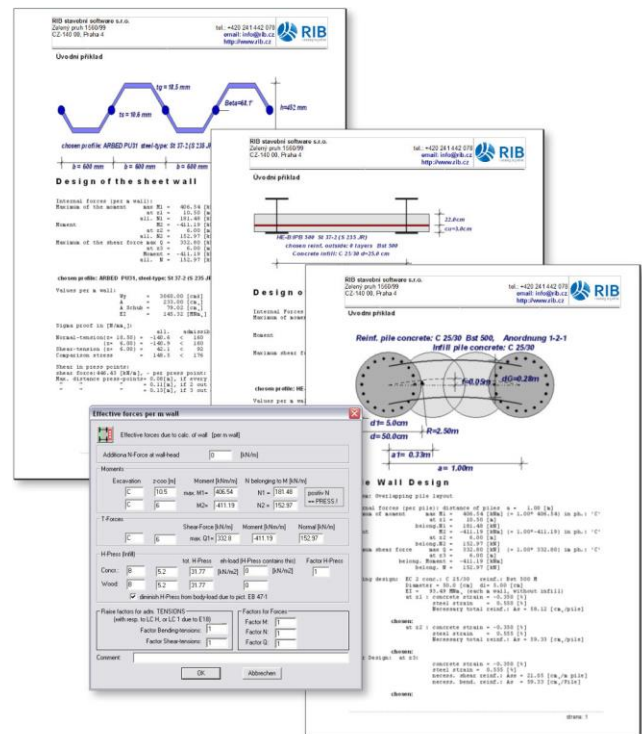
Pro každou kotvu se ze všech stavebních fází kumulují maximální horizontální složky kotevní síly a příslušné geometrické rozměry. Kotvy mohou být posuzovány jako dočasné nebo trvalé. Provedení kotev může být lanové, tyčové nebo jako Ischebeck TITAN. Vedle nutného počtu lan, resp. průměru tyče se posuzuje stávající kotevní síla s její únosnou hodnotou.

Návrh převázky

Jako statický systém převázky se uvažuje prostý nosník s nebo bez převislých konců. Parametr "Sklon" určuje úhel mezi převázkou a stěnou (standard 0°). Profily převázky se vybírají z libovolně rozšiřitelné databanky běžných profilů I, U, 2xU a profilů štětovnic. Stanovené hodnoty hranových, smykových a srovnávacích napětí se porovnávají s dovolenými hodnotami a určuje se tak procento využití profilu.

Výstup návrhu a posouzení pažící konstrukce

Výsledky návrhů pažící konstrukce, kotev a převázky se sestavují do samostatného dokumentu a obsahují měřítková schémata.



Přechod od projektů RTwalls do FEwalls

Pro účely posouzení na MSP, zejména deformací stěny a poklesů v okolí stavební jámy nebo detailního vyšetření stability, lze projekty **RTwalls** importovat do nelineárního výpočtu 2D FEM **RIBgeo FEwalls** (obsahuje řešič **PLAXIS**).

