

**Vydání  
leden 2014**

**Přídavný modul**

# **RF-PUNCH**

**Posouzení desek na protlačení po-  
dle EN 1992-1-1**

## **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.

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

Tel.: +420 222 518 568  
Fax: +420 222 519 218  
Email: [info@dlupal.cz](mailto:info@dlupal.cz)  
Web: [www.dlupal.cz](http://www.dlupal.cz)



# Obsah

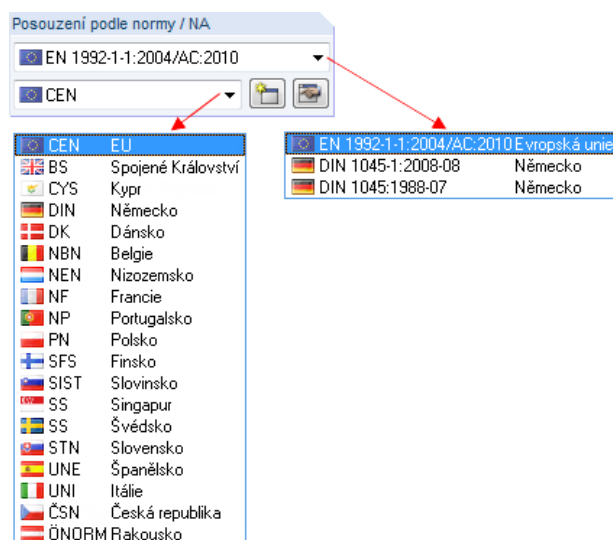
	Obsah	Strana		Obsah	Strana
<b>1.</b>	<b>Úvod</b>	<b>4</b>	3.1	Spuštění modulu RF-PUNCH	63
1.1	Přídavný modul RF-PUNCH	4	3.2	Dialogy	64
1.2	Tým pro vývoj přídavného modulu RF-PUNCH	5	3.3	Vstupní údaje	65
<b>2.</b>	<b>Teoretické základy</b>	<b>6</b>	3.3.1	Základní údaje	65
2.1	Určení zatížení pro protlačení	6	3.3.2	Materiály a plochy	68
2.1.1	Zatížení pro protlačení od uzlové podpory	7	3.3.3	Další otvory	71
2.1.2	Zatížení pro protlačení od uzlového zatížení	13	3.3.4	Podélná výztuž	74
2.1.3	Zatížení pro protlačení od normálové síly na prutu	14	3.3.5	Uzly protlačení	75
2.2	Normy pro posouzení na protlačení	16	3.3.5.1	Software pro posouzení smykových lišt HDB	77
2.2.1	DIN 1045-1	16	3.3.5.2	Tabulka s podrobnými údaji ke konkrétnímu uzlu pro posouzení	79
2.2.1.1	Posouzení minimálních momentů	17	3.3.6	Detaily návrhu	81
2.2.1.2	Výpočet namáhání $V_{Ed}$	24	3.4	Tabulky výsledků	82
2.2.1.3	Výpočet únosností	27	3.4.1	Posouzení na protlačení	82
2.2.1.4	Vyztužení na protlačení zakřivenými pruty	37	3.4.2	Nutná výztuž proti protlačení	84
2.2.2	EN 1992-1-1 (CEN)	41	3.5	Hlavní nabídky	87
2.2.2.1	Obecně	41	3.5.1	Soubor	87
2.2.2.2	Rozložení zatížení a základní kontrolovaný obvod	42	3.5.2	Nastavení	89
2.2.2.3	Výpočet namáhání	43	3.5.3	Nápověda	89
2.2.2.4	Únosnost ve smyku při protlačení bez smykové výztuže	46	<b>4.</b>	<b>Vyhodnocení výsledků</b>	<b>90</b>
2.2.2.5	Únosnost ve smyku při protlačení se smykovou výztuží	47	4.1	Zobrazení výsledků	90
2.2.2.6	Posouzení na protlačení v případě oboustranného působení zatížení	56	4.2	Výstup	92
2.2.3	EN 1992-1-1/NA:2013-04 (národní příloha DIN)	57	4.2.1	Výstupní protokol	92
2.2.3.1	Posouzení minimálních momentů podle 6.4.5 (NA.6)	57	4.2.2	Tisk zobrazení	93
2.2.3.2	Rozložení zatížení a základní kontrolovaný obvod	58	<b>5.</b>	<b>Příklad: Bodově podepřená deska</b>	<b>94</b>
2.2.3.3	Výpočet namáhání	59	<b>A:</b>	<b>Literatura</b>	<b>113</b>
2.2.3.4	Únosnost ve smyku při protlačení bez smykové výztuže	59	<b>B:</b>	<b>Index</b>	<b>114</b>
2.2.3.5	Únosnost ve smyku při protlačení se smykovou výztuží	60			
<b>3.</b>	<b>Práce v modulu RF-PUNCH</b>	<b>63</b>			

# 1. Úvod

## 1.1 Příkladný modul RF-PUNCH

V přídatném modulu RF-PUNCH hlavního programu RFEM se posuzují železobetonové desky na odolnost vůči protlačení při působení osamělých břemen. Posouzení se provádí podle následujících norem:

- EN 1992-1-1:2004/AC:2010 s národními přílohami
- DIN 1045-1: 2008-08
- DIN 1045: 1988-07



Obr. 1.1: Posouzení podle normy / národní přílohy

Můžeme přitom zadat a nechat posoudit podélnou výztuž nebo ji dimenzuje sám program. Nutná výztuž proti protlačení se v daném případě stanoví kvantitativně.

Do modulu RF-PUNCH je integrován návrhový software firmy HALFEN - DEHA.

Přejeme Vám mnoho zábavy a úspěchů při práci s naším programem RF-PUNCH.

Vaše společnost DLUBAL SOFTWARE s.r.o.

## 1.2 Tým pro vývoj přídatného modulu RF-PUNCH

Na vývoji modulu RF-PUNCH se podíleli:

### Koordinátoři programu

Dipl.-Ing. Georg Dlubal

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer

Dipl.-Ing. (FH) Younes El Frem

### Programátoři

Ing. Michal Balvon

Ing. Ivana Váňová

Mgr. Jaroslav Krul

Ing. Václav Rek

### Design programu, dialogů a ikon

Dipl.-Ing. Georg Dlubal

MgA. Robert Kolouch

Ing. Jan Milěř

### Vývoj programu a testování

Ing. Jan Fráňa

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer

Ing. Bohdan Šmíd

### Lokalizace programu a manuály

Ing. Fabio Borriello

Ing. Dmitry Bystrov

Eng. Rafael Duarte

Ing. Jana Duníková

Ing. Lara Freyer

Bc. Chelsea Jennings

Ing. Ladislav Kábrt

Ing. Aleksandra Kociołek

Eng.º Nilton Lopes

Mgr. Ing. Hana Macková

Ing. Téc. Ind. José Martínez

Dipl.-Ing. (FH) Alexander Meierhofer

Dipl.-Ü. Gundel Pietzcker

Mgr. Petra Pokorná

Ing. Zoja Rendlová

Ing. Bohdan Šmíd

Ing. Marcela Svitáková

Dipl.-Ing. (FH) Robert Vogl

### Technická podpora

Ing. Jakub Harazín

Ing. Petr Míchal

Ing. Jan Rotrekl

Ing. Bohdan Šmíd

## 2. Teoretické základy

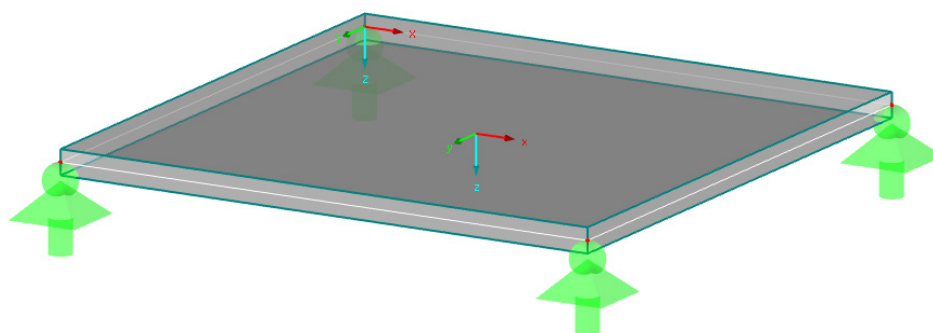
### 2.1 Určení zatížení pro protlačení

V programu RF-PUNCH lze posoudit, zda je železobetonová deska s výztuží nebo bez výztuže na protlačení schopna přenášet soustředěné osamělé zatížení. V souladu s jednotlivými normami lze s ohledem na hospodárnost umístit v konstrukci podélné výztuže a případně výztuže na protlačení.

Jako soustředěná osamělá břemena se v programu RFEM uvažují:

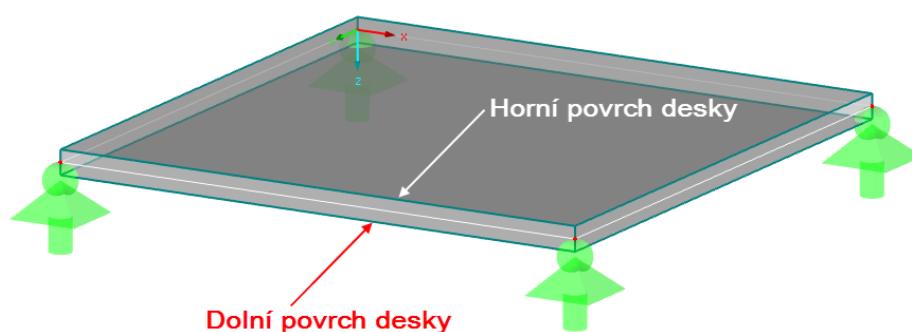
- Reakce v uzlových podporách
- Uzlová zatížení
- Normálové síly v prutech připojených kolmo na desku

Při posouzení na odolnost proti protlačení je rozhodující, která strana je nezatížená, resp. zatížená. Závisí na tom, zda se při výpočtu odolnosti proti protlačení bude uvažovat síťová výztuž dolní nebo horní strany desky. V RFEMu se jako dolní strana desky označuje strana ve směru kladné osy z lokálního souřadného systému desky.



Obr. 2.1: Lokální souřadný systém desky

V případě uspořádání lokálního souřadného systému desky tak, jak ho vidíme na obrázku, se tudíž za horní a dolní stranu desky považují:



Obr. 2.2: Horní a dolní strana desky

Pokud se v tomto manuálu hovoří o horní či dolní straně desky, lze příslušnou stranu určit vždy na základě lokálního souřadného systému desky.

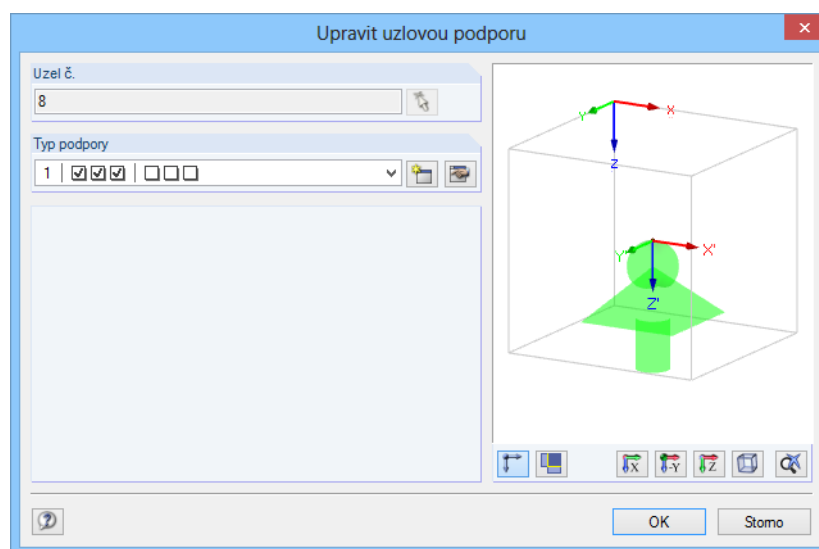
Jestliže se má v RFEMu modelovat spoj přenášející síly mezi osamělou podporou, sloupem nebo osamělým břemenem, vždy je k tomu třeba společný uzel místa působení soustředěného zatížení a desky. Všechna místa, v nichž se přenáší soustředěné zatížení, tak lze snadno určit výběrem daného uzlu.

Jakmile je stanoveno místo působení soustředěného zatížení, je třeba určit ještě směr a velikost zatížení. Z těchto údajů se vychází při stanovení rozhodujícího zatížení pro protlačení. Jedná se přitom o největší osamělé břemeno z určitého zatěžovacího stavu nebo kombinace zatížení či kombinace výsledků, které působí kolmo na danou stranu plochy. Důležité přitom je, že se hledá největší zatížení pro protlačení na každé straně desky: při zvažování soustředěných zatížení se přitom může stát, že se v určitém uzlu změní znaménka působících zatížení. Znamená to, že zatěžovanou plochou je jednou horní strana a jednou dolní strana desky, na kterou působí tlaková síla, anebo že zatížení sice působí stále na jedné straně desky, jedná se ovšem jednou o tlakovou sílu a podruhé o sílu tahovou. Tahová síla se přenáší příslušnou výztuží na druhou stranu desky, kde pak takřka rovna tlakové síle vede k vytvoření tlakové klenby.

Pokud jsou výsledkem výpočtu sil v určitém uzlu dvě rozhodující zatížení pro protlačení, z nichž jedno by způsobilo protlačení desky směrem k její dolní a druhé k její horní straně, pak je třeba provést samostatně dvě posouzení na protlačení. Jaký vliv na sebe výsledky navzájem mají, blíže osvětlíme poté, co představíme posouzení podle dané normy. Nejdříve ovšem popíšeme, jak se vypočítá rozhodující zatížení pro protlačení na každé straně desky pro jednotlivá možná soustředěná zatížení.

### 2.1.1 Zatížení pro protlačení od uzlové podpory

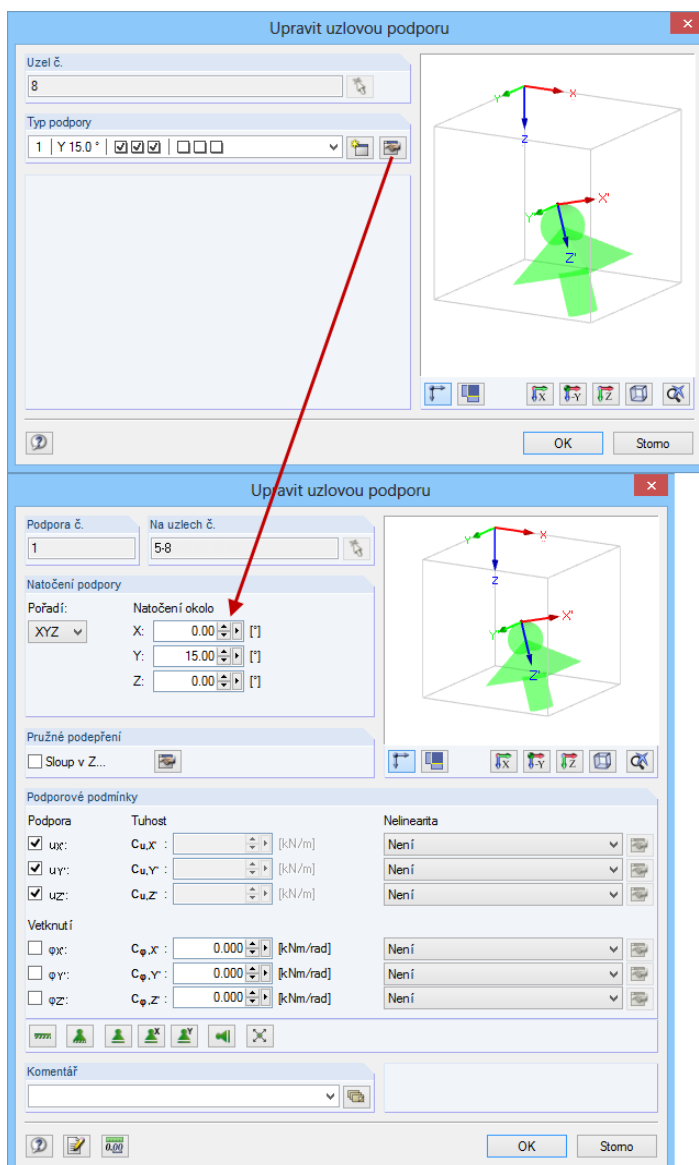
Uzlová podpora je umístěna na společném uzlu s podepřenou deskou. Je přitom důležité vědět, že každá podpora má vlastní souřadný systém ( $X',Y',Z'$ ), jehož uspořádání je rozhodující pro velikost a směr podporových sil.



Obr. 2.3: Dialog *Upravit uzlovou podporu*

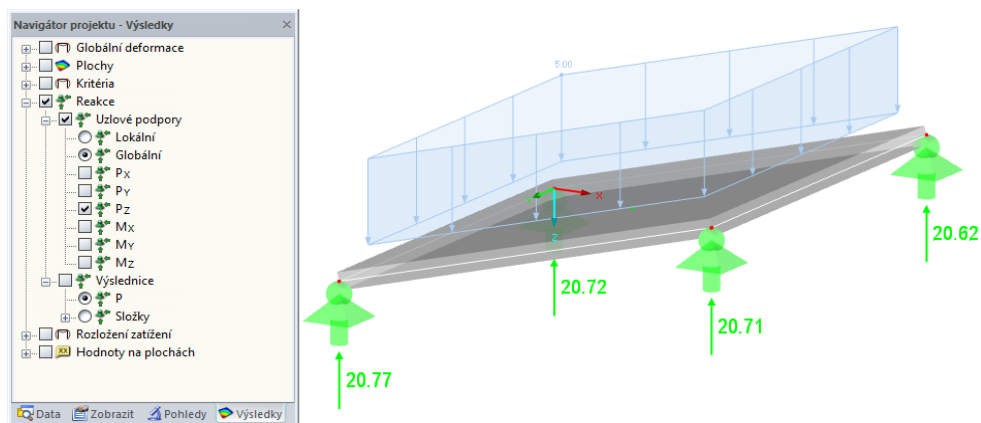
Obrázek, který vidíme výše, se nám naskytne, pokud klikneme pravým tlačítkem myši na uzlovou podporu a v její místní nabídce zvolíme funkci *Upravit uzlové podpory...* V grafickém zobrazení v tomto dialogu je znázorněn globální souřadný systém. Při zadání nové uzlové podpory se směr os jejího souřadného systému shoduje se směrem os globálního souřadného systému. Směr os souřadného systému podpory ovšem můžeme upravit po kliknutí na tlačítko [Upravit typ podpory...] (viz následující obrázek).





Obr. 2.4: Dialog *Upravit uzlovou podporu* s upraveným zobrazením podpory

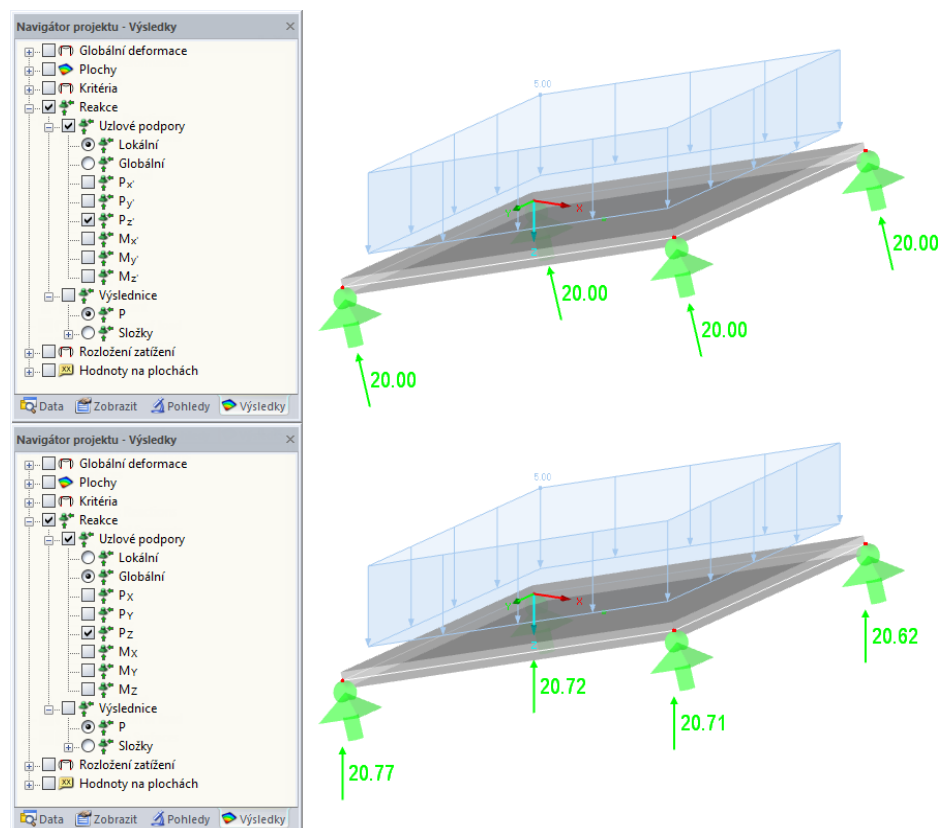
Pokud souřadný systém podpory nebyl natočen (tj. směr jejich os se shoduje se směrem os globálního souřadného systému), pak globální podporové síly odpovídají lokálním podporovým silám.



Obr. 2.5: Globální podporové síly



Pokud se ovšem souřadný systém podpory natočí, lokální podporové síly se změní.



Obr. 2.6: Lokální a globální podporové síly v případě natočeného souřadného systému

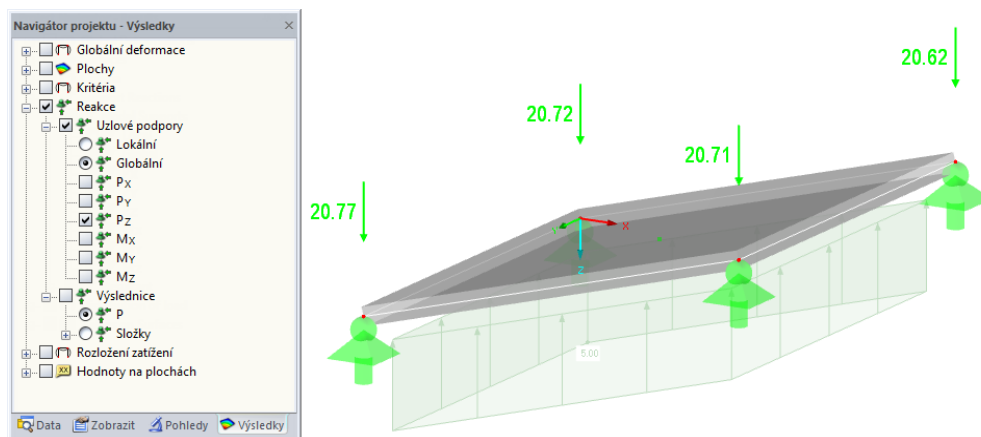
Jaké síly se zobrazí v tabulce 4.1 *Uzly - podporové síly*, závisí na nastavení v navigátoru projektu (*lokální*, resp. *globální*).

Uzel č.	Podporové síly [kN]			Podporové momenty [kNm]		
	P <sub>x</sub>	P <sub>y</sub>	P <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
5	-0.06	-3.42	20.72	0.00	0.00	0.00
6	0.33	3.11	20.62	0.00	0.00	0.00
7	-0.25	3.69	20.77	0.00	0.00	0.00
8	-0.02	-3.38	20.71	0.00	0.00	0.00
Σ síly	0.00	0.00	82.82			
Σ zatížení	0.00	0.00	82.82			

Obr. 2.7: Tabulka 4.1 *Uzly - podporové síly* se zobrazením globálních podporových sil

V případě hodnot v tabulce se jedná o síly, které působí na podporu. Oproti tomu v grafickém zobrazení v RFEMu se zobrazí vždy reakce ze strany podpory, tj. síly, které podpora vykazuje při přenosu zatížení. Podporové síly (hodnoty v tabulce) mají kladné znaménko, pokud působí jako globální podporové síly ve směru globálního souřadného systému. Reakce na obrázku mají zpravidla kladné znaménko; vektory míří ve směru působení sil.

Následující obrázky znázorňují globální podporové síly a reakce v případě, že zatížení mají opačná znaménka.



Obr. 2.8: Globální reakce v případě záporného zatížení

4.1 Uzly - podporové síly

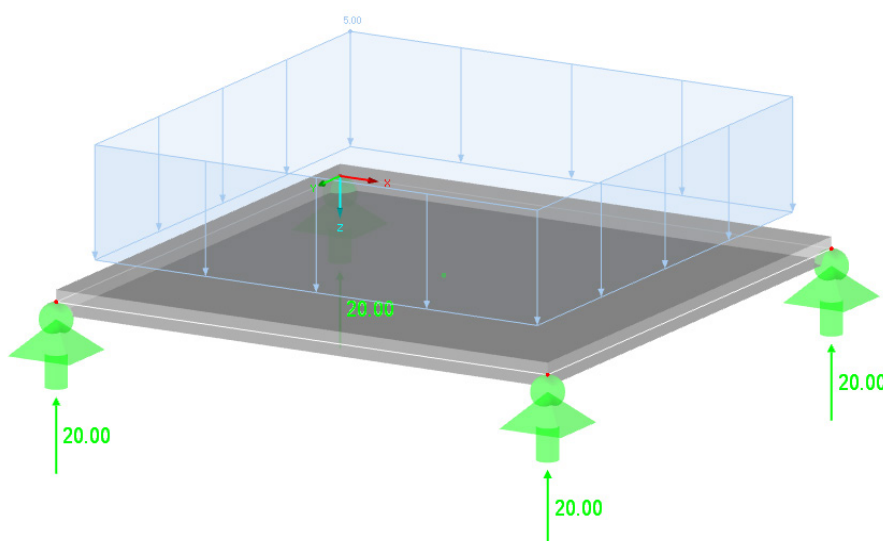
Uzel č.	Podporové síly [kN]			Podporové momenty [kNm]		
	P <sub>x</sub>	P <sub>y</sub>	P <sub>z</sub>	M <sub>x</sub>	M <sub>y</sub>	M <sub>z</sub>
5	0.06	3.42	-20.72	0.00	0.00	0.00
6	-0.33	-3.11	-20.62	0.00	0.00	0.00
7	0.25	-3.69	-20.77	0.00	0.00	0.00
8	0.02	3.38	-20.71	0.00	0.00	0.00
Σ síly	0.00	0.00	-82.82			
Σ zatíž.	0.00	0.00	-82.82			

Obr. 2.9: Globální podporové síly v případě záporného zatížení

Která podporová síla se tedy předá jako zatížení do modulu RF-PUNCH? Pro zodpovězení této otázky je třeba rozlišit, jaké je uspořádání os.

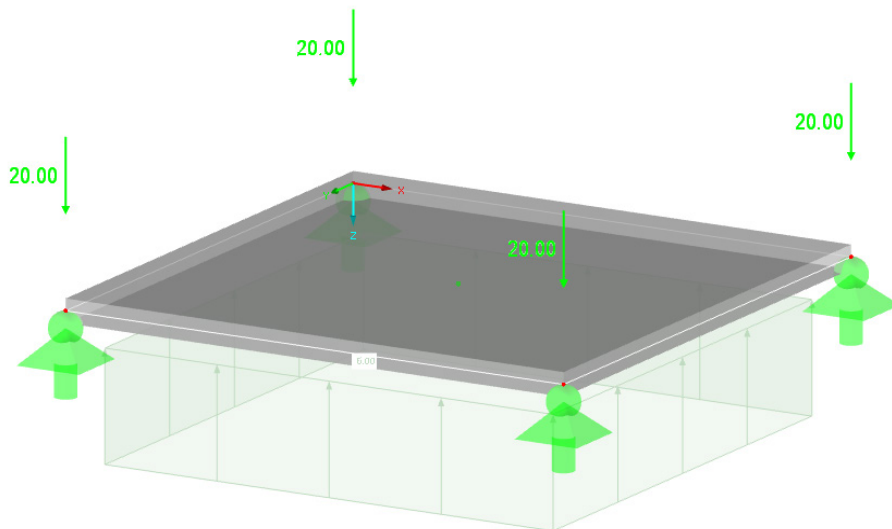
Pokud osy lokálního souřadného systému probíhají stejným směrem jako osy globálního souřadného systému, pak se jako zatížení pro protlačení převádí globální reakce podpory ve směru Z globálního souřadného systému.

V následujícím příkladu převezme modul RF-PUNCH jako rozhodující zatížení pro protlačení hodnotu  $Q = 20,00$  kN. Nezatíženou stranou je horní strana desky.



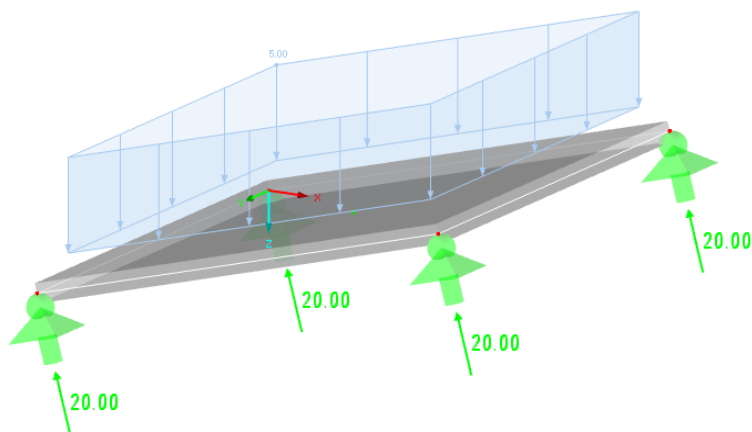
Obr. 2.10: Zatížení pro protlačení – souřadný systém podpory se stejným uspořádáním jako globální souřadný systém

Pokud má zatížení opačné znaménko, převede se do modulu RF-PUNCH rovněž rozhodující zatížení pro protlačení  $Q = 20,00$  kN. Nezatíženou stranou je ovšem dolní strana desky.



Obr. 2.11: Zatížení pro protlačení v případě záporného zatížení

Pokud osy globálního souřadného systému a souřadného systému podpory nejsou souběžné, osy souřadného systému podpory jsou ovšem rovnoběžné s osami lokálního souřadného systému desky, pak se jako zatížení pro protlačení bude uvažovat lokální reakce ve směru Z souřadného systému podpory. V následujícím příkladu se do modulu RF-PUNCH převezme rozhodující zatížení pro protlačení  $Q = 20,00$  kN pro pravou přední podporu. Nezatíženou stranou je horní strana desky.



Obr. 2.12: Zatížení pro protlačení – souřadný systém podpory se stejným uspořádáním jako souřadný systém plochy

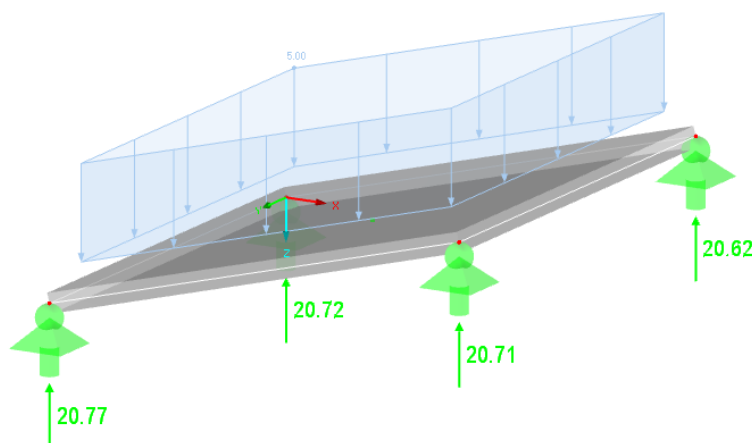
Výše uvedené případy nastávají v každodenní praxi nejčastěji. Přitom může uživatel zatížení pro protlačení posoudit již v RFEMu. Okamžitě lze rozpoznat také nezatížené a zatížené strany ploch: dolní strana desky je zatíženou stranou, pokud šipka reakce podpory míří proti směru osy z lokálního souřadného systému desky.

Jak se určí rozhodující zatížení pro protlačení, pokud souřadné systémy souběžné nejsou?

Při stanovení zatížení pro protlačení se vychází z hodnot sil, které se přenáší do podpory. Reakce ze strany podpory pak získáme záměnou znamének. Následně se transformují síly ve směru lokálního souřadného systému desky, protože jako zatížení pro protlačení se má uvažovat pouze složka sil působící kolmo na desku.

Pokud máme určeny síly vzhledem k lokálnímu souřadnému systému desky, lze na základě znaménka zatížení rozhodnout, která strana desky je nezatížená a která zatížená: dolní strana desky je zatížená, pokud vektor transformované podporové reakce ve směru Z míří proti směru vektoru osy z souřadného systému desky.

V následujícím příkladu se do modulu RF-PUNCH převezme rozhodující zatížení pro protlačení  $Q = 20,00$  kN pro pravou přední podporu. Nezátíženou stranou je horní strana desky.



Obr. 2.13: Zatížení pro protlačení – souřadný systém podpory s odlišným uspořádáním než souřadný systém plochy

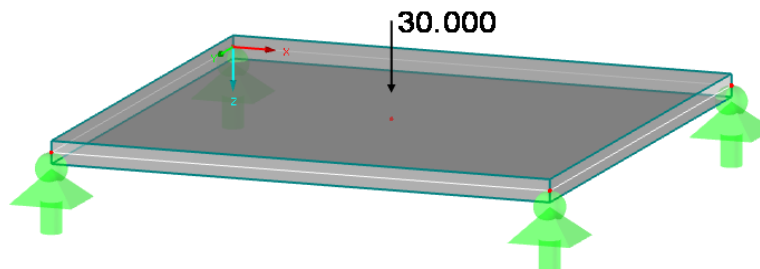
Je-li sklon roviny  $15^\circ$ , zatížení pro protlačení se vypočítá následovně:

$$Q = P_z \cdot \cos 15^\circ = 20,71 \cdot \cos 15^\circ = 20,00 \text{ kN}$$

Ze zatěžovacích stavů a z kombinací zatížení plyne jediná podporová síla. V případě kombinace výsledků je třeba pro každou vnitřní sílu v podpoře určit maximální a minimální hodnotu. Pokud některá z obou hodnot není nulová a obě hodnoty mají také odlišná znaménka, provede se na základě dané maximální a minimální hodnoty posouzení na protlačení (viz kapitola 2.2 *Normy pro posouzení na protlačení*).

### 2.1.2 Zatížení pro protlačení od uzlového zatížení

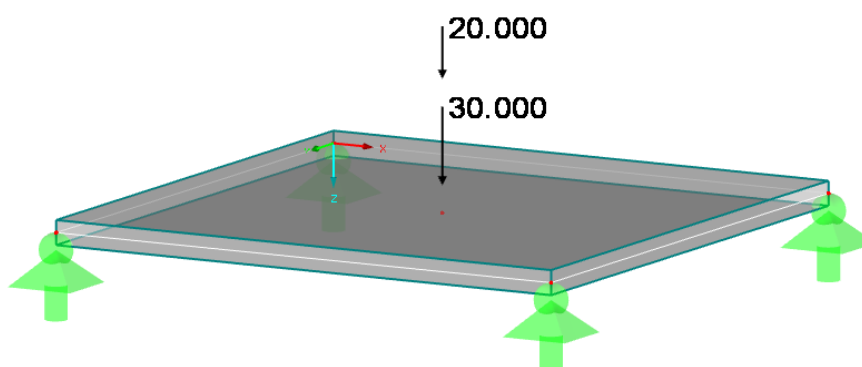
Uzlová zatížení jsou osamělá břemena na uzlu, který leží na ploše posuzované na protlačení.



Obr. 2.14: Zatížení na uzel

Směr a znaménko uzlového zatížení se stanoví na základě globálního souřadného systému: zatížení na uzel je kladné, pokud působí ve směru některé osy globálního souřadného systému. Pokud se uspořádání lokálního souřadného systému desky neshoduje s globálním souřadným systémem, platí totéž, co pro reakce na podporách (viz předchozí kapitola): je třeba určit složku síly uzlového zatížení, jejíž vektor je rovnoběžný s osou z souřadného systému desky.

Pokud v určitém zatěžovacím stavu působí na stejném uzlu několik uzlových zatížení, musí se sečíst složky sil ve směru příslušných os, abychom stanovili zatížení pro protlačení.



Obr. 2.15: Dvě uzlová zatížení na stejném uzlu

V takovém případě se nejdříve stanoví součet uzlových zatížení, která jsou rovnoběžná s některou osou globálního souřadného systému. Daný součet se pak transformuje ve směru osy z souřadného systému desky.

Pokud jsme v modulu RF-PUNCH vybrali k posouzení několik **zatěžovacích stavů**, pak se určí dané dva zatěžovací stavy, u nichž součet uzlového zatížení ve směru Z lokálního souřadného systému desky vyvoluje největší zatížení pro protlačení jednou ve směru dolní strany desky a podruhé ve směru horní strany desky.

V případě **kombinace zatížení** se sečtou zatížení ze zatěžovacích stavů s uvážením jednotlivých součinitelů. Následně se vypočítají příslušné vnitřní síly. Pro uzlová zatížení to znamená, že výsledná zatížení na uzel z jednotlivých zatěžovacích stavů se vynásobí odpovídajícími součiniteli a sečtou se.

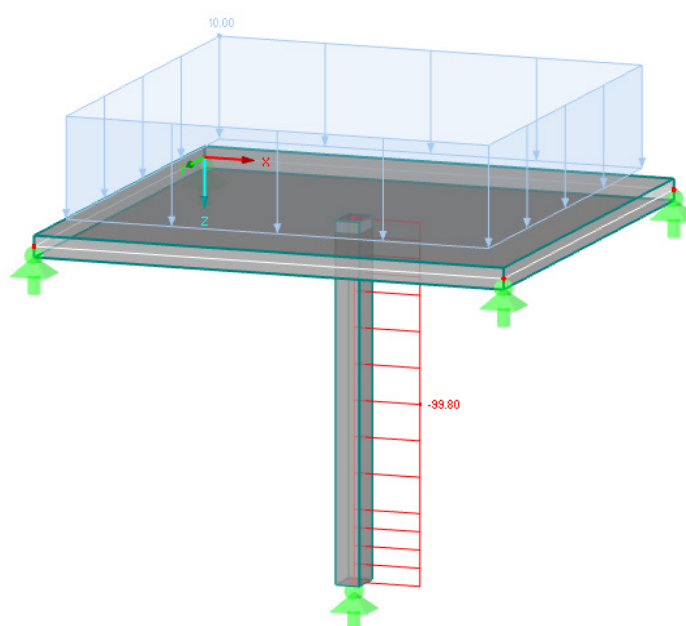
**Kombinace výsledků** se od kombinace zatížení liší nejen tím, že účinky nemusí být výlučně zatěžovací stavy, ale může se jednat také o kombinace zatížení nebo kombinace výsledků. Dále lze kromě jejich sečtení postavit účinky do alternativního stavu pomocí kritéria „Nebo“.

Podstatným rozdílem ovšem je, že se do kombinace neskládají zatížení, aby se z jejich součtu vycházelo při výpočtu vnitřních sil, nýbrž do kombinace vstupují výsledné vnitřní síly.

Pokud nahlížíme na statické posouzení tak, že se ze zatížení nejdříve spočítají vnitřní síly, na jejichž základě se následně konstrukční prvek posoudí, pak pro posouzení na protlačení není nutné, aby se ze zatížení nejdříve vypočítaly vnitřní síly, protože zatížení je totožné s vnitřní silou. Proto se při výpočtu rozhodujícího zatížení pro protlačení na každé straně desky vychází z rozhodujících zatížení pro protlačení ze zatěžovacích stavů, kombinací zatížení a kombinací výsledků dané kombinace výsledků.

### 2.1.3 Zatížení pro protlačení od normálové síly na prutu

Rozhodující zatížení pro protlačení u prutu, který je připojen k desce ve společném uzlu, se vypočítá z normálové síly na prutu.

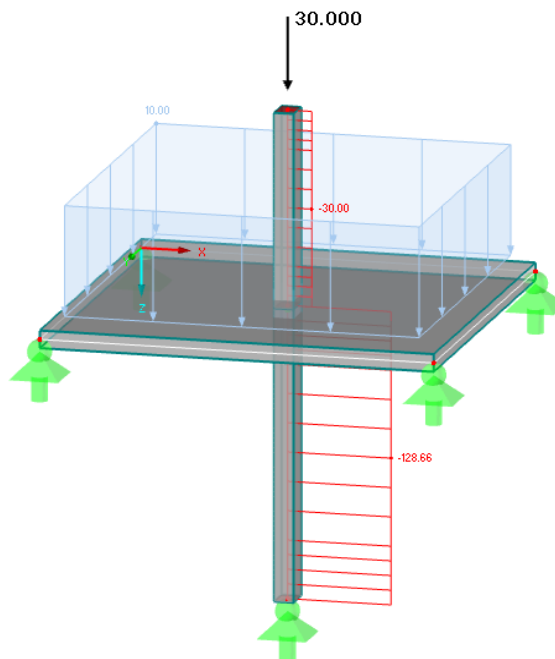


Obr. 2.16: Normálová síla v připojeném prutu

Pokud se jedná o tlakovou normálovou sílu, znázorní se v RFEMu červeně. Bude mít záporné znaménko. Znaménka a směr vnitřních sil jsou dány lokálním souřadným systémem prutu.

Pokud je sloup připojen na dolní stranu desky a vzniká tlaková síla, působí protlačení ve směru horní strany desky. V případě, že prut je připojen na stejnou stranu desky, ve sloupu ovšem vzniká tahová síla, působí protlačení ve směru dolní strany desky.

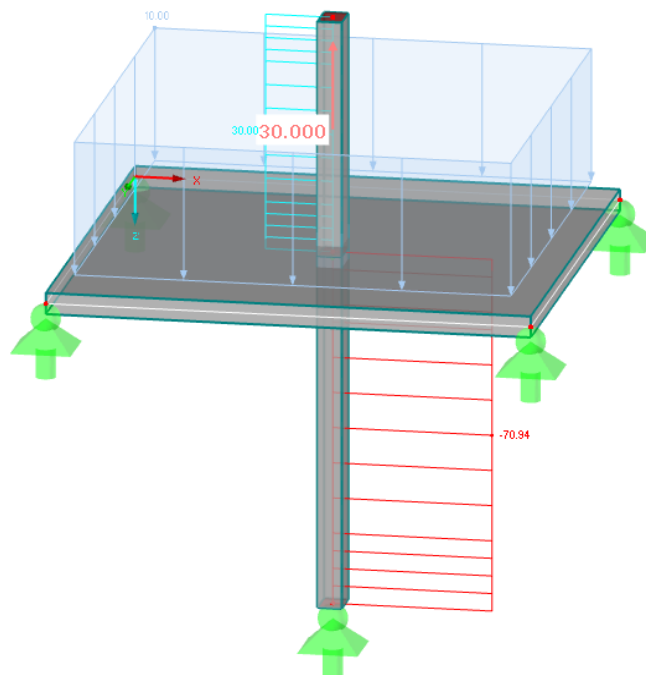
Podíváme se zde také na případ hojně se vyskytující v praxi, kdy sloup prostupuje několika podlažními (viz následující obrázek).



Obr. 2.17: Zatížení pro protlačení v případě průběžných sloupů

Pokud vznikají ve sloupech ve stejném zatěžovacím stavu, resp. stejné kombinaci zatížení tlakové síly, pak se ve svém účinku částečně ruší. Proto se jako rozhodující zatížení pro protlačení uvažuje pouze rozdílová síla. Směr účinku protlačení je dán tím, na které straně desky se nachází sloup s větší absolutní hodnotou normálové síly. Směr protlačení se pak předpokládá ve směru strany desky, která leží naproti straně připojení sloupu.

Pokud mají normálové síly ve sloupech rozdílná znaménka, sečtou se absolutní hodnoty sil. Směr působení opět vyplývá ze znaménka a místa připojení jednotlivých sloupů.



Obr. 2.18: Zatížení pro protlačení v případě rozdílných znamének v napojených prutech

To, co jsme dosud uvedli, platí neomezeně pro normálové síly ze stejných zatěžovacích stavů nebo kombinací zatížení. V případě vnitřních sil z kombinací výsledků lze oproti tomu provést součet, resp. rozdíl normálových sil ve sloupech vlastně pouze v případě, že plynou ze stejných zatěžovacích stavů nebo kombinací zatížení. V současnosti ještě technicky nelze v programu zdokumentovat, které účinky vyvozují maximální a minimální vnitřní síly. Buď proto upustíme od posouzení kombinací výsledků nebo budeme uvažovat maximální a minimální normálové síly obou sloupů, ačkoli se nemusí nutně vyskytnout při stejném zatížení, protože RFEM skládá do kombinací jako rozhodující jiné zatěžovací stavy nebo kombinace zatížení. Při posouzení kombinací výsledků jsme tak na straně bezpečnosti; výsledkem ovšem bývají občas nehospodárná řešení.

## 2.2 Normy pro posouzení na protlačení

### 2.2.1 DIN 1045-1

Podle DIN 1045-1 je třeba provést následující posouzení:

#### **Posouzení u desek s výztuží nebo bez výztuže na protlačení**

Posouzení minimální podélné výztuže v závislosti na působící posouvající síle podle čl. 10.5.6

#### **Posouzení u desek bez výztuže na protlačení**

$$R_{d,ct} \geq V V_{Ed}$$

Únosnost ve smyku  $V_{Rd,ct}$  bez výztuže na protlačení musí být větší nebo rovna působící posouvající síle  $V_{Ed}$ .

#### **Posouzení u desek s výztuží na protlačení**

1.  $V_{Rd,max} \geq V_{Ed}$

Únosnost betonové tlakové diagonály  $V_{Rd,max}$  musí být větší než působící posouvající síla  $V_{Ed}$ .

2.  $V_{Rd,sy} \geq V_{Ed}$

Únosnost výztuže na protlačení  $V_{Rd,sy}$  musí být větší než působící posouvající síla  $V_{Ed}$ .

3.  $V_{Rd,ct,a} \geq V_{Ed}$

Únosnost  $V_{Rd,ct,a}$  mimo oblast vyztuženou na protlačení musí být větší než působící posouvající síla  $V_{Ed}$ .



### 2.2.1.1 Posouzení minimálních momentů

K zajištění únosnosti ve smyku podle DIN 1045-1, čl. 10.5.6 je třeba desky posoudit v oblasti sloupů na minimální momenty  $m_{Ed}$ .

Podle tabulky 14 normy DIN 1045-1 se určí momentové součinitele  $\eta$ , které se uvažují při výpočtu minimálních momentů podle čl. 10.5.6 (2) k zajištění bezpečnosti proti protlačení.

Tabelle 14 — Momentenbeiwerte  $\eta$  und Verteilungsbreiten der Momente

Zeile	Spalte Lage der Stütze	$\eta_x$		anzusetzende Breite <sup>b</sup>	$\eta_y$		anzusetzende Breite <sup>b</sup>
		Zug an der Plattenoberseite	Zug an der Plattenunterseite		Zug an der Plattenoberseite <sup>c</sup>	Zug an der Plattenunterseite	
1	Innenstütze	0,125	0	$0,3 l_y$	0,125	0	$0,3 l_x$
2	Randstütze, Rand „x“ <sup>a</sup>	0,25	0	$0,15 l_y$	0,125	0,125	(je m Plattenbreite)
3	Randstütze, Rand „y“ <sup>a</sup>	0,125	0,125	(je m Plattenbreite)	0,25	0	$0,15 l_x$
4	Eckstütze	0,5	0,5	(je m Plattenbreite)	0,5	0,5	(je m Plattenbreite)

<sup>a</sup> Definition der Ränder und der Stützenabstände  $l_x$  und  $l_y$  siehe Bild 46  
<sup>b</sup> siehe Bild 46  
<sup>c</sup> Die Plattenoberseite bezeichnet die der Lasteinleitungsfläche entgegengesetzte Seite der Platte; die Plattenunterseite diejenige Seite, auf der die Lasteinleitungsfläche liegt.

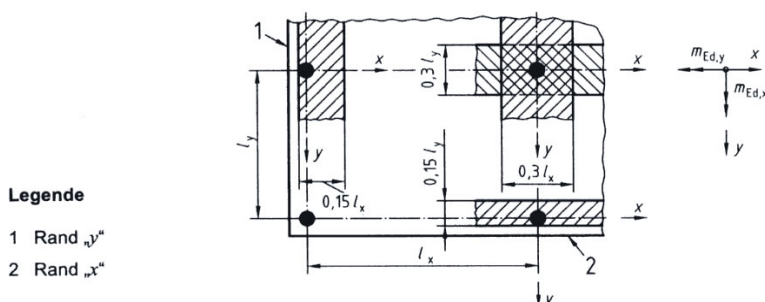


Bild 46 — Bereiche für den Ansatz der Mindestbiegemomente  $m_{Ed,x}$  und  $m_{Ed,y}$

Obr. 2.19: DIN 1045-1, obrázek 46

$$m_{Ed,1} = \eta_1 \cdot V_{Ed}$$

$$m_{Ed,2} = \eta_2 \cdot V_{Ed}$$

Chceme-li správně chápat údaje v tabulce 14, je užitečné vysvětlit „tah na horní straně desky“ a „tah na dolní straně desky“. „Tah“ znamená, že je třeba do konstrukce vložit ohybovou tahovou výztuž pro minimální moment stanovený pomocí tabulky. Na jaké straně se má výztuž vložit, pak závisí na určení „horní strany desky“ a „dolní strany desky“.

„Horní stranou desky“ se podle poznámky c tabulky 14 v normě DIN 1045-1 rozumí strana protilehlá ku ploše působení zatížení. Strana, na níž se nachází plocha působení zatížení, se pak v normě označuje jako „dolní strana desky“. Oproti tomu v RFEMu určuje uspořádání lokálního souřadného systému plochy, která je dolní strana desky: představuje ji strana ve směru kladné osy z dané plochy. Naopak podle DIN 1045-1 je pro určení „horní strany desky“ nebo „dolní strany desky“ směrodatná orientace působícího osamělého břemena.

Pokud na plochu působí na různých místech dvě osamělá břemena v opačném směru, pak podle DIN 1045-1 se strana plochy na jednom z těchto míst chápe jako horní strana plochy a na druhém místě jako dolní strana plochy. Vymezení horní a dolní strany plochy je v RFEMu ovšem nezávislé na zatížení, a proto se v modulu RF-PUNCH rozlišuje součinitel  $\eta$  tak, že se pro nezatíženou stranu použije součinitel  $\eta_{nez}$  a pro zatíženou stranu součinitel  $\eta_{zat}$ . Tyto

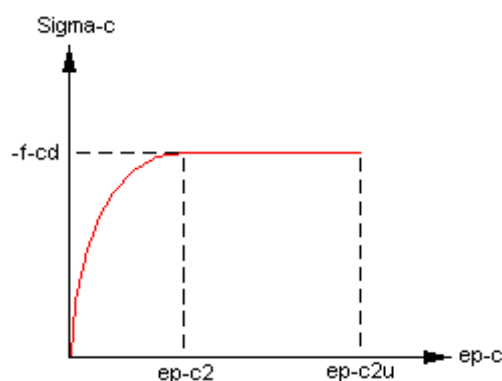
součinitele se automaticky stanoví na základě tabulky 14 normy DIN 1045-1, přičemž se zohledňuje poloha sloupu (okrajový sloup, rohový sloup nebo vnitřní sloup), pokud uspořádání desky a na ní se nacházejících uzlů protlačení odpovídá obrázku 46 normy DIN 1045-1 (tj. jedná se o obdélníkovou desku s pravouhle uspořádanými uzly protlačení). V případě jiného uspořádání se součinitele  $\eta_{nez}$ ,  $\eta_{zat}$  v programu nespočítají. Uživatel je ovšem může na základě svých odborných předpokladů zadat ručně. Součinitele se stanoví vždy pro první a druhý směr, do nichž se má vložit ohybová výztuž pro přenos minimálních momentů. Zadát lze také samotný směr výztuží. Je ovšem nezbytné, aby uživatel v souladu s normou DIN 1045-1 (obrázek 46) zadal minimální momenty kolmo na sebe.

Pro dva směry výztuže pro přenos minimálních momentů lze tedy zadat vždy dva součinitele. Vzhledem k tomu, že tyto součinitele musí být kladné, může být uzel protlačení opatřen podélnou výztuží sestávající až ze dvou křížících se výztuží na každé straně desky. Předpokladem pro výpočet výztuže pro minimální momenty v modulu RF-PUNCH je zadání příslušných směrů výztuže. Směry vrstev výztuže se stanoví v dialogu 1.4 *Podélná výztuž*. Proto se před posouzením prověřuje, zda je pro směry minimálních momentů na nezatížené straně desky a také pro minimální momenty na zatížené straně zadána vrstva výztuže v příslušném směru. Pokud tomu tak není, program posouzení přeruší. Při správném zadání se směry vrstev výztuže porovnají se zadanými směry minimálních momentů a vypočítá se nutná ohybová tahová výztuž a za určitých předpokladů také ohybová tlaková výztuž.

## Posouzení na ohyb

### Určení vnitřních sil (posouzení tlakové oblasti betonu)

S ohledem na mezní poměrná přetvoření betonu se hledá stav přetvoření, v němž je vnitřní moment v rovnováze s mezním momentem. Vychází se přitom z parabolického rozložení tlakového napětí v betonu podle obrázku 23 normy DIN 1045-1, čl. 9.1.6.



Obr. 2.20: Parabolický pracovní diagram

$\sigma_c$	Tlakové napětí v betonu
$f_{cd}$	Návrhová hodnota pevnosti betonu v jednoosém tlaku
$\epsilon_c$	Přetvoření betonu
$\epsilon_{c2}$	Přetvoření betonu při dosažení mezní pevnosti
$\epsilon_{c2u}$	Mezní přetvoření betonu při porušení

Návrhová hodnota pevnosti betonu v tlaku  $f_{cd}$  se vypočítá pomocí následující rovnice:

$$f_{cd} = \alpha \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

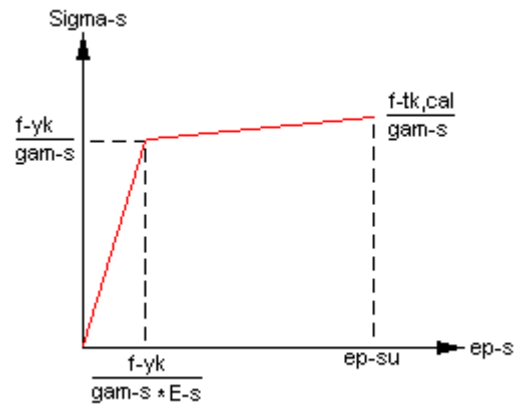
přičemž

$\alpha$  0,85 (součinitel)

$f_{ck}$  Charakteristická válcová pevnost v tlaku

$\gamma_c$  1,5 (dílní součinitel spolehlivosti betonu)

Výpočtový pracovní diagram betonářské oceli je podle obrázku 27 normy DIN 1045-1:



Obr. 2.21: Výpočtový pracovní diagram betonářské oceli pro posouzení

- $\sigma_s$  Tahové napětí v betonářské výztuži
- $f_{yk}$  Charakteristická mez kluzu betonářské výztuže
- $f_{tk,cal}$  Charakteristická pevnost betonářské výztuže v tahu pro posouzení
- $\gamma_s$  1.15 (dílní součinitel spolehlivosti betonářské oceli)
- $\epsilon_s$  Přetvoření betonářské oceli
- $\epsilon_{su}$  Výpočtové mezní přetvoření betonářské výztuže (omezeno hodnotou 25 ‰)
- $E_s$  200,000 N/mm<sup>2</sup> (modul pružnosti betonářské oceli)

Pokud vypočtené přetvoření oceli překročí přetvoření oceli na mezi kluzu, pak je napětí následující:

$$\sigma_s = f_{yk} + \left( \frac{f_{tk,cal} - f_{yk}}{\epsilon_u - \epsilon_y} \right) \cdot (\epsilon_s - \epsilon_{sy})$$

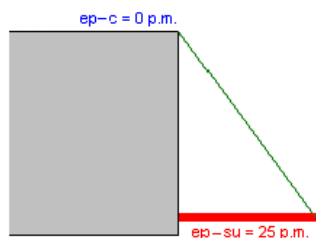
Je-li vypočtené přetvoření oceli  $\epsilon_s$  menší než přetvoření oceli na mezi kluzu, odpovídá napětí následující hodnotě:

$$\sigma_s = E_s \cdot \epsilon_s$$

## Posouzení průřezu

### Posouzení tlakové oblasti betonu

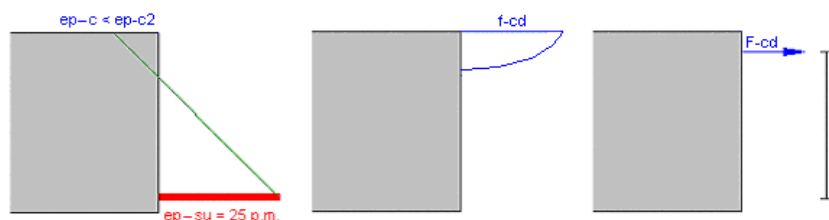
Nejdříve se ověří, jestli beton přenáší tlakovou sílu, která vyvozuje návrhovou momentovou únosnost  $M_{Rd}$  větší, než je návrhová hodnota působícího ohybového momentu  $M_{Ed}$ . Následující zobrazení platí pro DIN 1045-1.



Obr. 2.22: Počátek iterace

Stlačování betonu  $\epsilon_c$  se zvyšuje od počáteční hodnoty 0 ‰. Přitom nastávají následující stavy přetvoření a průběhy napětí.

### Stlačování betonu $\epsilon_c \leq \epsilon_{c2}$



Obr. 2.23: Lineární průběh napětí v betonu

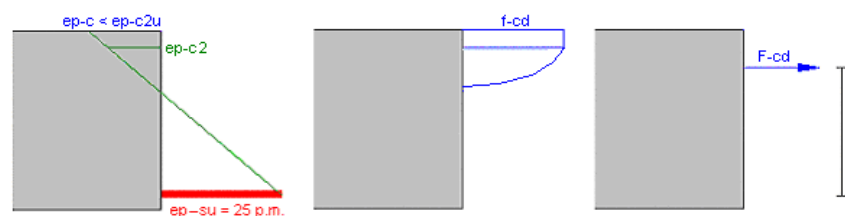
V závislosti na stlačování betonu  $\epsilon_c$  vzniká tlakové napětí v betonu  $f_{cd}$ .

Z prvku vyvolávajícího tlakové napětí nad tlakovou oblastí betonu se určí výsledná tlaková síla v betonu  $F_{cd}$ ,  $z$  je vzdálenost prvku od místa vložení ocelové výztuže. Součin  $F_{cd}$  a  $z$  odpovídá návrhové hodnotě momentové únosnosti  $M_{Rd}$ , kterou je beton v daném stavu přetvoření schopen vykázat.

$$M_{Rd} = F_{cd} \cdot z$$

Pokaždé, kdy se zvětší stlačení betonu  $\epsilon_c$ , se návrhová hodnota momentové únosnosti  $M_{Rd}$  porovná s návrhovou hodnotou působícího ohybového momentu  $M_{Ed}$ . Je-li  $M_{Rd}$  menší než  $M_{Ed}$ , míra stlačení betonu se dále zvětšuje.

### Stlačování betonu $\epsilon_{c2} \leq \epsilon_c \leq \epsilon_{cu}$

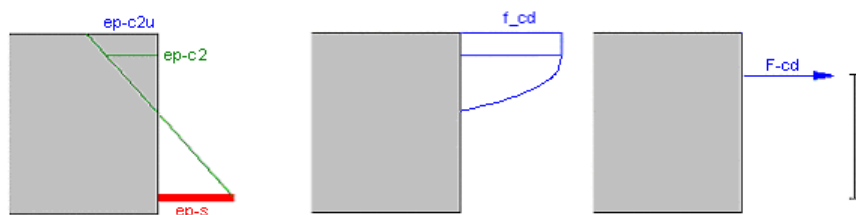


Obr. 2.24: Mezní poměrné přetvoření betonu

Od určité míry stlačení betonu  $\epsilon_{c2}$  zůstává napětí v betonu konstantní. Napětí v betonu pak odpovídá návrhové hodnotě  $f_{cd}$  jednoosé pevnosti betonu.

Ačkoli je  $M_{Rd}$  stále ještě menší než  $M_{Ed}$ , míra stlačení betonu se již nemění. Místo toho se zmenší přetvoření oceli, a vzroste tak výška tlakové oblasti betonu.

### Stlačování betonu $\epsilon_s < \epsilon_{c2} < \epsilon_{cu}$



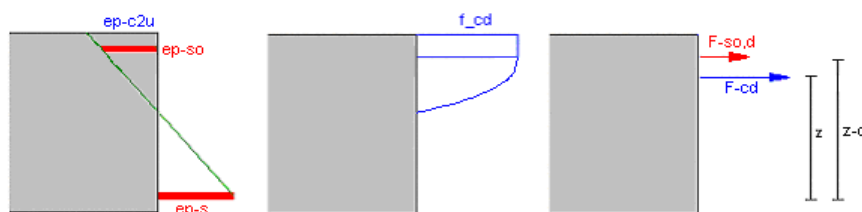
Obr. 2.25: Zmenšení přetvoření výztuže

Minimální protažení  $\min \epsilon_s$  plyne z maximálního přípustného poměru  $x/d_{max}$ , statické výšky dílce  $d$  a mezního přetvoření  $\epsilon_{c2u}$  betonu při porušení.

$$\min \epsilon_s = |\epsilon_{c2u}| \cdot \frac{1 - x_{d_{max}}}{x_{d_{max}}}$$

Pokud při samotném protažení oceli  $\min \epsilon_s$  není návrhová momentová únosnost  $M_{Rd}$  větší než návrhová hodnota působícího ohybového momentu  $M_{Ed}$ , pak sám beton není schopen přenášet zatížení. Únosnost tlakové oblasti průřezu se tak musí posílit tlakovou výztuží. Taková výztuž je ale možná pouze v případě, že byla pro protilehlou stranu desky definována vrstva výztuže se stejným směrem. Jinak se posouzení přeruší.

Pokud lze tlakovou výztuž vložit, je třeba nejdříve určit nutnou tlakovou sílu  $F_{so,d}$ .



Obr. 2.26: Určení tlakové síly

Uplatňuje se přitom následující vzorec:

$$F_{so} = \frac{M_{Ed} - M_{Rd}}{z_0}$$

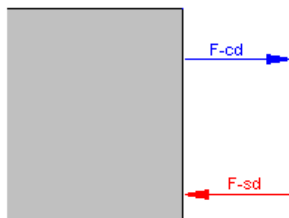
kdy

- $M_{Ed}$  Působící moment
- $M_{Rd}$  Momentová únosnost betonu
- $z_0$  Vzdálenost mezi tahovou a tlakovou výztuží

Následně lze stanovit potřebné průřezy tahové a tlakové výztuže.

**Posouzení oceli**

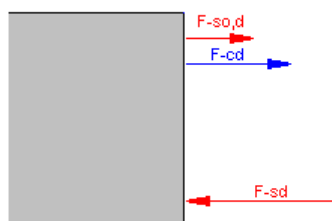
Pokud není žádná tlaková výztuž nutná, musí být z důvodu rovnováhy tahová síla ve výztuži stejná jako nutná tlaková síla v betonu  $F_{cd}$ :



Obr. 2.27: Rovnováha vnitřních sil bez tlakové výztuže

$$F_{sd} = F_{cd}$$

V případě vložení tlakové výztuže se návrhová hodnota tahové síly v dolní ocelové výztuži spočítá následovně:



Obr. 2.28: Rovnováha vnitřních sil s tlakovou výztuží

$$F_{sd} = F_{cd} + F_{so,d}$$

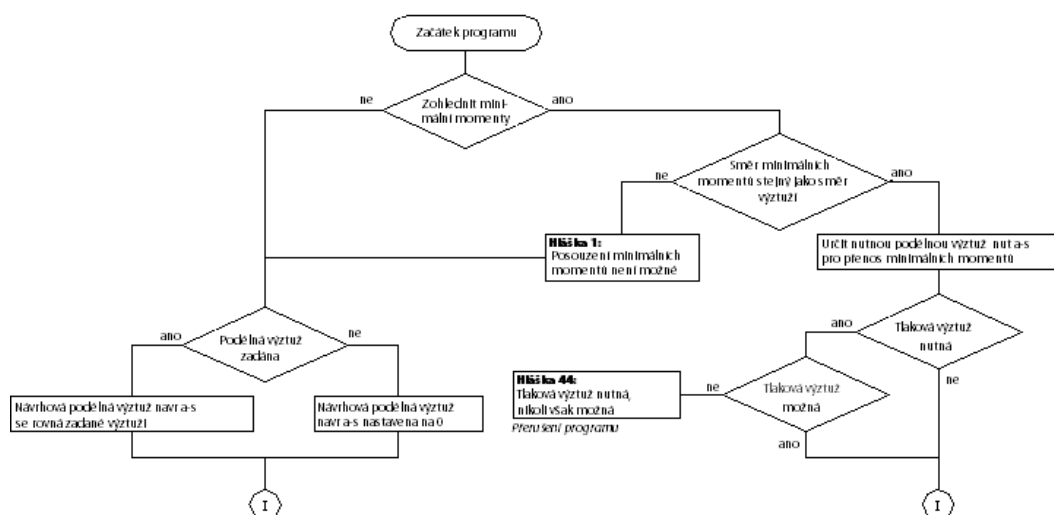
Pokud známe protažení oceli  $\epsilon_s$  a tahovou sílu  $F_{sd}$ , pak se potřebný ocelový průřez  $nuta_s$  vypočítá v závislosti na napětí  $\sigma_s$  ve výztužné oceli:

$$nuta_s = \frac{F_{sd}}{\sigma_s}$$

Případný nutný průřez tlakové výztuže  $nuta_{s_0}$  lze v případě, že známe stlačení tlakové výztuže, a tím i napětí  $\sigma_{s_0}$ , určit následovně:

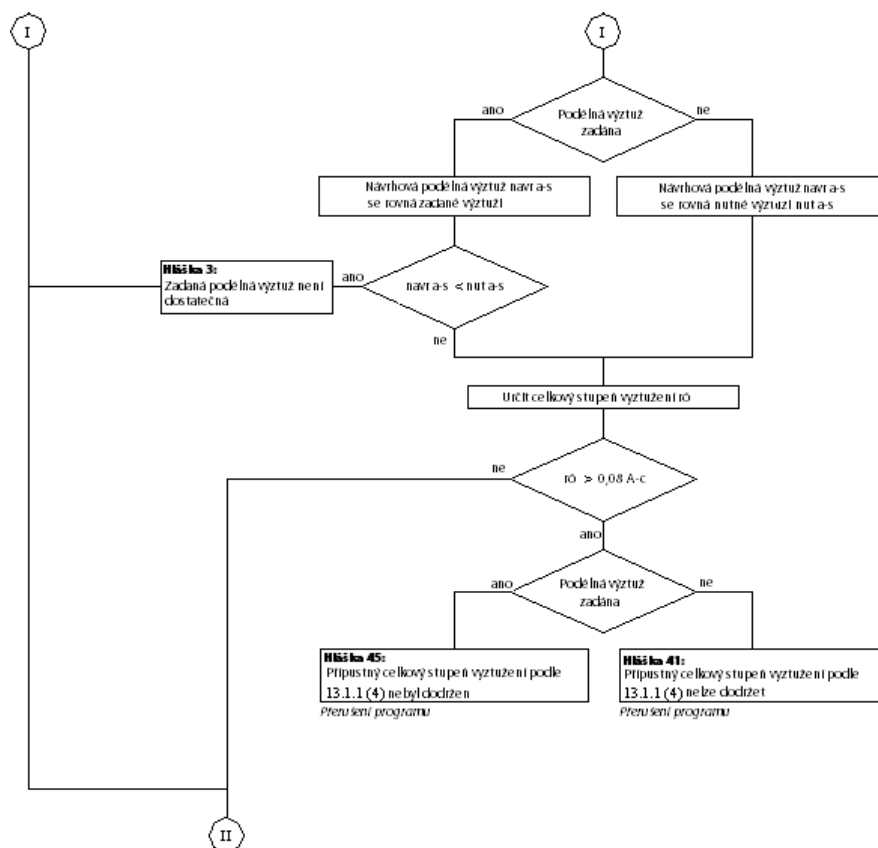
$$nuta_{s_0} = \frac{F_{so,d}}{\sigma_{s_0}}$$

Příslušným výpočetním algoritmem tak vždy stanovíme průřez výztuže, pokud ovšem není výpočet předčasně přerušen, neboť tlaková výztuž je nutná, nikoli však možná. Na následující straně je znázorněn postupový diagram při posouzení v programu s místem přerušení výpočtu, pokud není žádná tlaková výztuž možná.



Obr. 2.29: Postup při posouzení v programu s kontrolou tlakové výztuže

Průřezy výztuže, které program spočítal, také nemusí nutně představovat použitelné řešení: je třeba ověřit, zda byl dodržen přípustný celkový stupeň vyztužení  $0,08 \cdot A_c$  podle DIN 1045-1.



Obr. 2.30: Postup při posouzení v programu s ověřením přípustného stupně vyztužení

2.2.1.2 Výpočet namáhání  $V_{Ed}$

Pro posouzení na protlačení je třeba návrhovou smykovou únosnost  $V_{Ed}$  při uvážení příslušného součinitele vydělit délkou základního kontrolovaného obvodu  $u_{crit}$ . Návrhová smyková únosnost  $V_{Ed,crit}$  pro základní kontrolovaný obvod podle DIN 1045-1, čl. 10.5.3 (2) je:

$$V_{Ed,crit} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_{crit}}$$

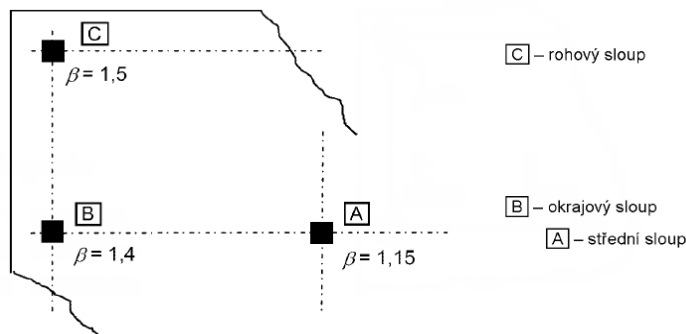
příčemž

$\beta$  Součinitel pro zohlednění nerovnoměrného rozdělení smyku v kontrolovaném obvodu u okrajových a rohových sloupů a u vnitřních sloupů v nepravidelných konstrukcích:

- = 1,05 (vnitřní sloup)
- = 1,40 (okrajový sloup)
- = 1,50 (rohový sloup)

$V_{Ed}$  Celková smyková únosnost

$u_{crit}$  Délka základního kontrolovaného obvodu



Obrázek 6.21N – Doporučené hodnoty  $\beta$

Obr. 2.31: Součinitel  $\beta$

V normě DIN 1045-1 není konkrétně určeno, kdy se má sloup považovat za vnitřní, okrajový nebo rohový. Proto musí tuto vlastnost sloupu stanovit sám uživatel a případně uvést čísla okrajových linií. RF-PUNCH pak vypočítá určující vzdálenosti od okraje.

Základní kontrolovaný obvod se pro vnitřní sloupy stanoví podle DIN 1045-1, obr. 39 následovně:

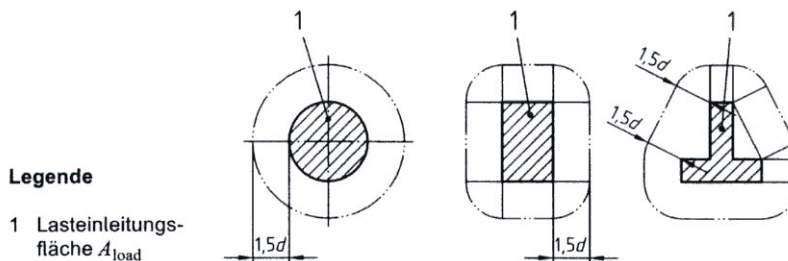
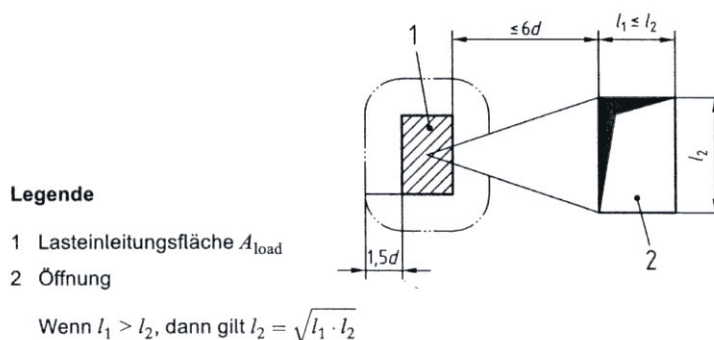


Bild 39 — Kritischer Rundschnitt um Lasteinleitungsflächen, die sich nicht in der Nähe eines freien Randes befinden

Obr. 2.32: Základní kontrolovaný obvod u vnitřních sloupů



Základní kontrolovaný obvod se uvažuje ve vzdálenosti 1,5násobku statické výšky od zatěžované plochy. „Statickou výškou“ se rozumí průměrná statická výška, která je dána výztuží na nezatížené straně. Pokud se v blízkosti základního kontrolovaného obvodu nachází otvor ve vzdálenosti menší, než je šestinásobek statické výšky, pak je třeba zvýšit zatížení na protlačení, čehož docílíme zkrácením délky základního kontrolovaného obvodu podle obrázku 40 normy DIN 1045-1.



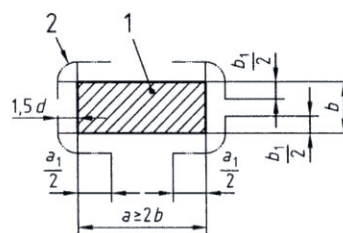
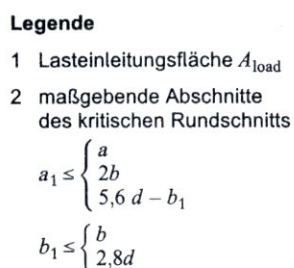
**Bild 40 — Kritischer Rundschnitt in der Nähe von Öffnungen**

Obr. 2.33: Základní kontrolovaný obvod v blízkosti otvorů

V modulu RF-PUNCH lze otvor umístit vůči zatěžované ploše libovolně. Vzdálenost otvoru, která se porovnává se šestinásobkem statické výšky, se uvažuje jako nejkratší vzdálenost mezi nejbližším okrajem otvoru a vnější stranou zatěžované plochy.

V případě natočených otvorů je třeba vést spojovací přímky mezi středem zatěžované plochy a od sebe nejvzdálenějšími rohy otvoru. Přípouští se také několik otvorů nebo kruhové, příp. libovolné polygonové otvory.

Podlouhlý tvar obdélníkové zatěžované plochy může vést rovněž ke zkrácení délky obvodu podle obrázku 38.

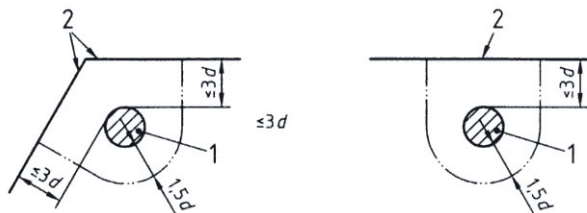


**Bild 38 — Maßgebende Abschnitte für den kritischen Rundschnitt bei ausgedehnten Auflagerflächen**

Obr. 2.34: Obvod v případě protáhlého tvaru zatěžovaných ploch

V modulu RF-PUNCH lze zohlednit zkrácenou délku základního kontrolovaného obvodu v důsledku protáhlého tvaru zatěžovaných ploch a otvorů zároveň.

Obrázek 41 v normě DIN 1045-1 znázorňuje, jaký je základní kontrolovaný obvod v případě, že se zatěžovaná plocha nachází od volného okraje desky v kratší vzdálenosti, než je trojnásobek statické výšky. Současně platí, že daný základní kontrolovaný obvod musí mít kratší délku, než kdyby byl veden zcela podél zatěžované plochy.



### Legende

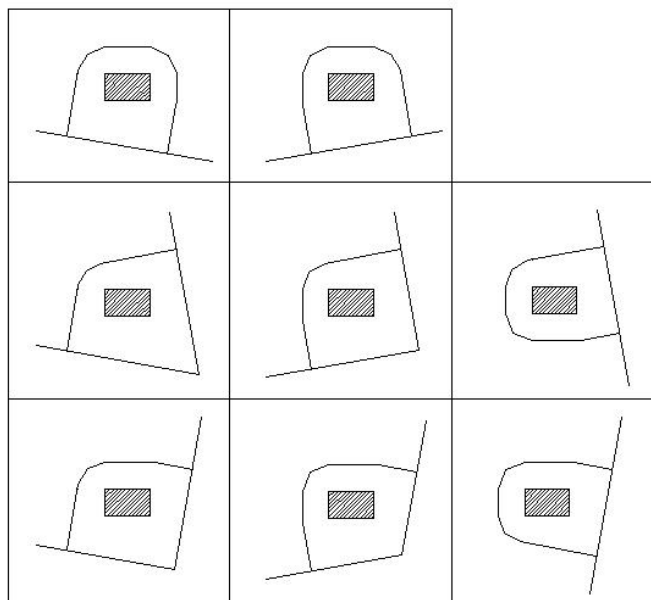
- 1 Lasteinleitungsfläche  $A_{load}$
- 2 freier Rand

**Bild 41 — Kritischer Rundschnitt nahe freien Rändern**

Obr. 2.35: Základní kontrolovaný obvod v blízkosti volných okrajů

V DIN 1045-1 najdeme jediný údaj o tom, jaký se má uvažovat základní kontrolovaný obvod v případě, že je zatěžovaná plocha umístěna blízko okraje nebo rohu desky a má kruhový tvar. Obrázek 41 lze vyložit následovně: pokud vedeme kolmici středem zatěžované plochy na okraj desky a její průsečík s okrajem zatěžované plochy leží od paty kolmice ve vzdálenosti kratší, než je trojnásobek statické výšky desky, pak je třeba kontrolovaný obvod prodloužit tangenciálně tak, aby byl kolmý na daný okraj desky. V případě obdélníkového tvaru zatěžované plochy je pro to, zda bude základní kontrolovaný obvod veden zcela podél zatěžované plochy nebo zda je třeba ho prodloužit na okraj desky, rozhodující vzdálenost rohu zatěžované plochy, který leží nejbližší okraji desky.

Pro obdélníkové zatěžované plochy tak rozlišujeme následující tvary základního kontrolovaného obvodu:



Obr. 2.36: Základní kontrolované obvody v případě obdélníkových zatěžovaných ploch v blízkosti okraje desky

### 2.2.1.3 Výpočet únosností

Posouvající síla  $V_{Rd,ct}$ , kterou lze přenést bez výztuže na protlačení, se vypočítá pomocí vzorce (105) v čl. 10.5.4 normy DIN 1045-1:

$$V_{Rd,ct} = 0,14 \cdot \eta_1 \cdot \kappa \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck}) \cdot d$$

kdy

$$\eta_1 = 1,0 \text{ pro normální beton}$$

$$\kappa = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0$$

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{1,1} \cdot \rho_{1,2}}$$

$$\leq 0,4 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}}$$

$$\leq 0,02$$

$$\rho_{1,1} = \frac{as_1}{1,0 \text{ m} \cdot d_1}$$

$$\rho_{1,2} = \frac{as_2}{1,0 \text{ m} \cdot d_2}$$

Pro případ více než dvou vrstev výztuže nejsou stanoveny žádné předpisy, jak vypočítat návrhový stupeň podélného vyztužení. Vzhledem k tomu, že je vzorec (105) empirický, nelze vyloučit, že ztratí platnost, pokud není splněn předpoklad právě dvou na sebe kolmých vrstev výztuže. Rozhodnutí je pak na uživateli. V takových případech lze stupeň podélného vyztužení vypočítat v programu následovně (za předpokladu, že tento postup budeme považovat za platný):

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{1,1} \cdot \rho_{1,2} \cdot \rho_{1,3}}$$

$f_{ck}$  Charakteristická pevnost betonu

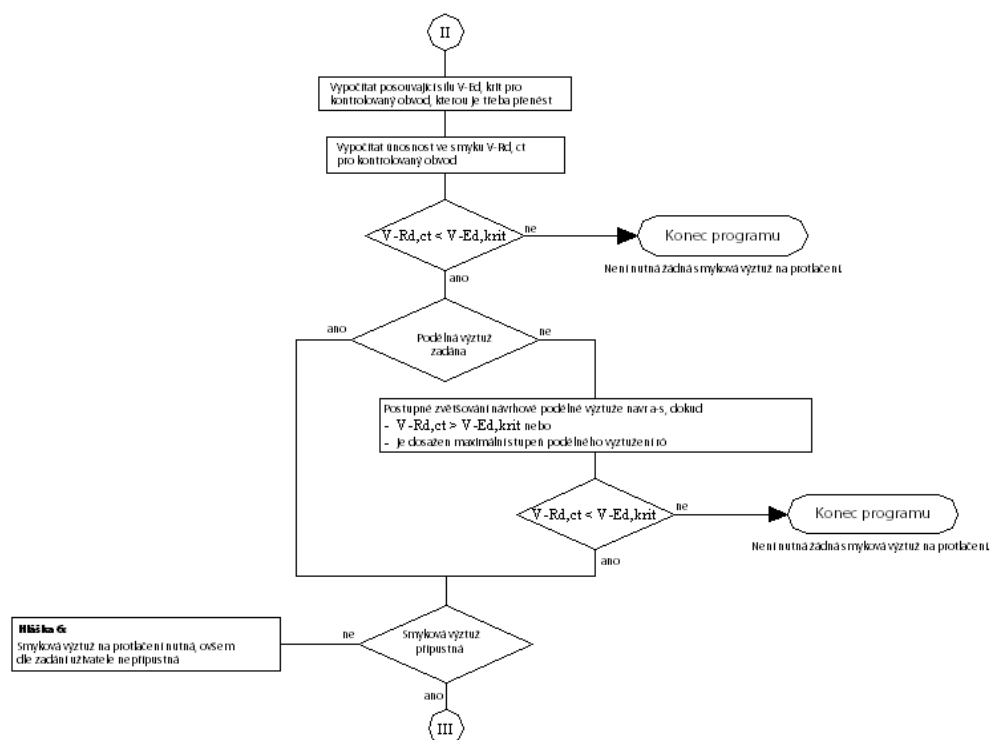
$d$  Průměrná staticky účinná výška:  $(d_1 + d_2) / 2$

V případě více než dvou vrstev výztuže nebo v případě dvou vrstev výztuže, které na sebe nejsou kolmé, musí uživatel rozhodnout, zda je přípustné spočítat průměrnou staticky účinnou výšku jako aritmetický průměr jednotlivých účinných výšek.

Následně se únosnost ve smyku  $V_{Rd,ct}$  porovná s posouvající silou  $V_{Ed,crit}$ , kterou je třeba přenést. Pokud je  $V_{Rd,ct}$  větší, je posouzení již splněno.

Pokud je  $V_{Rd,ct}$  menší než  $V_{Ed}$  a podélnou výztuž zadal sám uživatel, je posouzení neúspěšné a je ukončeno. Jestliže jsme ovšem rozvržení podélné výztuže nechali na programu, pak se stupeň podélné výztuže zvyšuje až na maximální dovolený stupeň podélného vyztužení  $0,02 A_c$ . Jestliže je i poté únosnost ve smyku  $V_{Rd,ct}$  menší než posouvající síla  $V_{Ed,crit}$ , kterou je třeba přenést, je nutná výztuž na protlačení. Pokud uživatel předem stanovil, že posouzení se má provést bez výztuže na protlačení, je posouzení rovněž neúspěšné a je ukončeno.

Průběh posouzení znázorňuje následující postupový diagram:



Obr. 2.37: Průběh posouzení v programu bez výztuže na protlačení

Pokud lze výztuž na protlačení v souladu se zadáním uživatele vložit, pak je pro desku vyztuženou proti protlačení třeba provést tři posouzení:

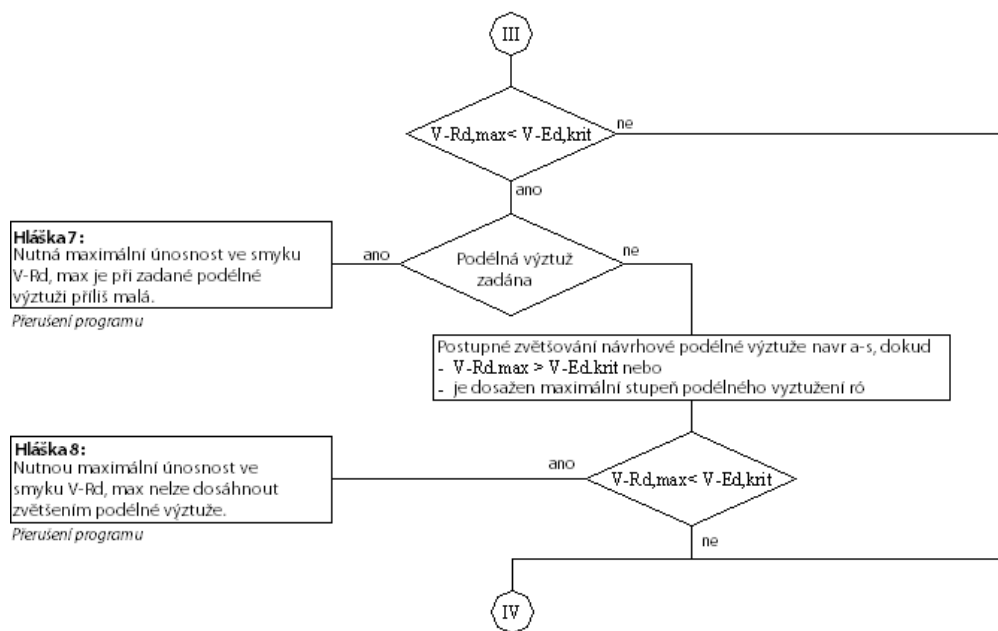
- Posouzení únosnosti betonové tlakové diagonály ( $V_{Rd,max} \geq V_{Ed}$ )
- Posouzení výztuže na protlačení ( $V_{Rd,sy} \geq V_{Ed}$ )
- Posouzení únosnosti ve smyku vně oblasti vyztužené proti protlačení ( $V_{Rd,cta} \geq V_{Ed}$ )

Únosnost betonové tlakové diagonály  $V_{Rd,max}$  se vypočítá pomocí následující rovnice:

$$V_{Rd,max} = 1,5 \cdot V_{Rd,ct}$$

Únosnost ve smyku bez smykové výztuže  $V_{Rd,ct}$  lze také zvětšit posílením vložené podélné výztuže. Umístěná podélná výztuž se pak v souladu se zadáním uživatele upravuje tak dlouho, dokud únosnost betonové tlakové diagonály  $V_{Rd,max}$  není větší než působící posouvající síla  $V_{Ed,krit}$  v základním kontrolovaném obvodu. Přitom se stále kontroluje, zda je dodržen dovolený stupeň podélné výztuže. Pokud není, program posouzení přeruší a zobrazí odpovídající hlášení.

Průběh posouzení znázorňuje následující postupový diagram:



Obr. 2.38: Průběh posouzení v programu s výztuží na protlačení

Pokud se ukáže, že výztuž na protlačení je nutná, je třeba určit velikost této výztuže pro iteračně stanovený počet vnitřních obvodů okolo zatěžované plochy. Vnitřní obvody je tak třeba opatřit výztuží, protože představují tahové diagonály uvnitř prostorové příhradové konstrukce, která slouží jako pomyslný model přenosu bodového zatížení do desky.

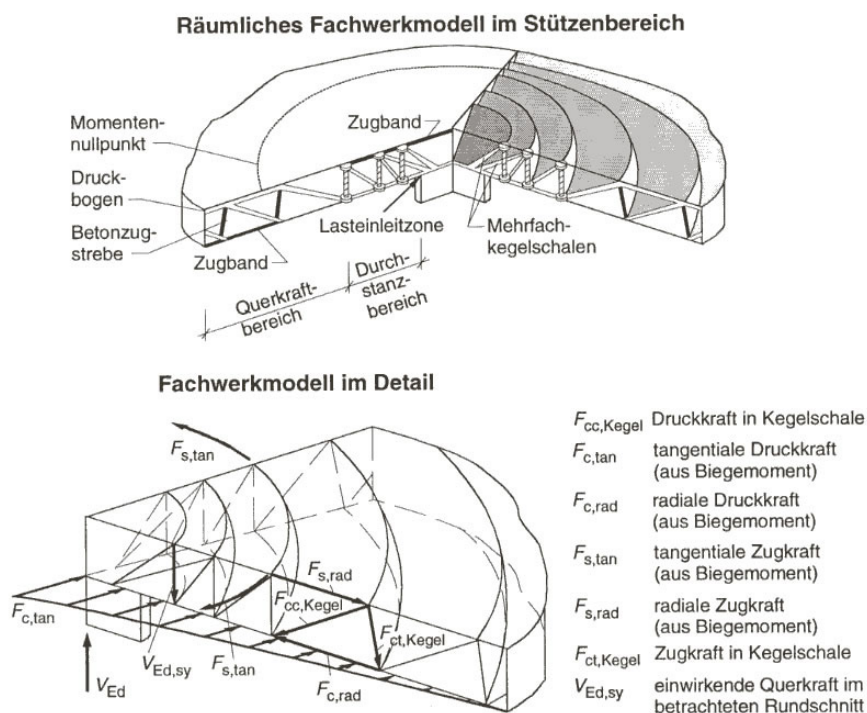


ABB 9.9: Fachwerkmodell für Durchstanzbewehrung

Obr. 2.39: Prostorový příhradový model v oblasti sloupů

První vnitřní obvod se podle DIN 1045-1 uvažuje ve vzdálenosti odpovídající polovině statické výšky desky od zatěžované plochy. Všechny další vnitřní obvody nesmí od sebe ležet ve větší vzdálenosti než 0,75 d.

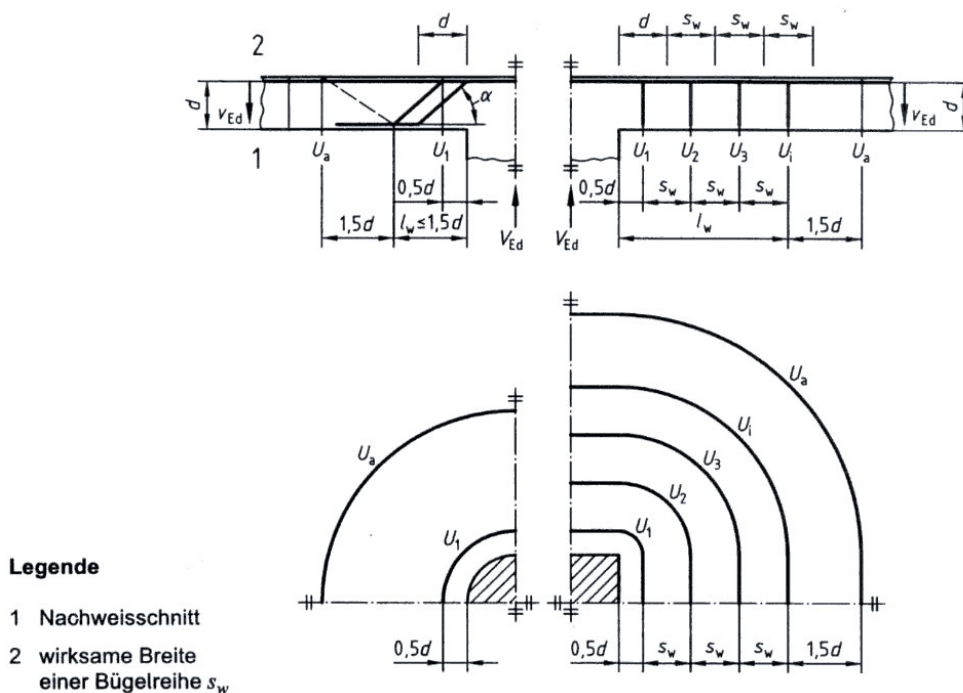


Bild 45 — Nachweisschnitte der Durchstanzbewehrung

Obr. 2.40: Uspořádání kontrolovaných obvodů podle DIN 1045-1

Po posledním vyztuženém vnitřním obvodu má následovat vnější nevyztužený obvod, jehož únosnost ve smyku  $V_{Rd,ct,a}$  musí být větší než posouvající síla, která na něj působí. Stanoví se iterační metodou, kdy se postupně zvyšuje počet vnitřních obvodů. U každého nového obvodu se ve vzdálenosti  $1,5d$  vytvoří vnější obvod a ověří se, zda jeho únosnost ve smyku  $V_{Rd,ct,a}$  převyšuje posouvající sílu  $V_{Ed,a}$ , která na něj působí.

Únosnost ve smyku  $V_{Rd,ct,a}$  se vypočítá podle DIN 1045-1, čl. 10.5.5 (4) následovně:

$$V_{Rd,ct,a} = \kappa_a \cdot V_{Rd,ct}$$

kdy

$V_{Rd,ct}$  Únosnost ve smyku bez výztuže na protlačení

$\kappa_a$  Součinitel pro zohlednění přechodu do oblasti desky s únosností  $V_{Rd,ct,a}$

$$\kappa_a = 1 - \frac{0,29 \cdot \sum s_w}{3,5d} \geq 0,71$$

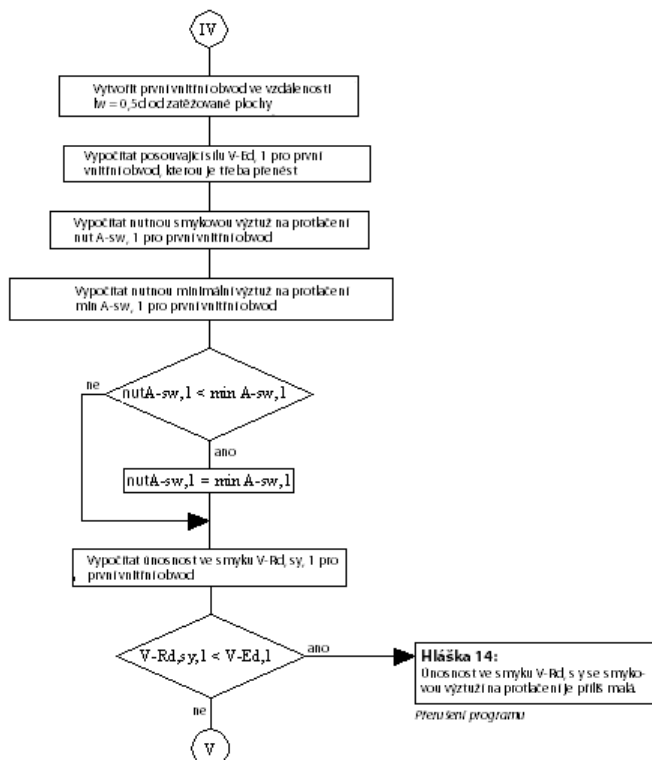
$\sum s_w$  Součet vzdáleností vnitřních obvodů

Posouvající síla  $V_{Ed,a}$ , kterou je třeba přenést, se jako obvykle vypočítá pomocí následující rovnice:

$$V_{Ed,a} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_a}$$

Při porovnání rovnic pro výpočet  $V_{Rd,ct,a}$  a  $V_{Ed,a}$  je zřejmé, že s rostoucí velikostí vnějšího obvodu nejdříve únosnost ve smyku  $V_{Rd,ct,a}$  klesá, dokud součinitel  $\kappa_a$  nedosáhne hodnoty 0,71. Poté ale zůstává konstantní, zatímco posouvající síla  $V_{Ed,a}$ , která se má přenést, se soustavně zmenšuje, protože délka  $u_a$  vnějšího obvodu ve jmenovateli s každým dalším vytvořeným vnitřním obvodem roste.

Žádné další vnitřní obvody se tak nebudou přidávat, pokud platí:  $V_{Rd,ct,a} \geq V_{Ed,a}$ . První vnitřní obvod se ovšem musí vytvořit.



Obr. 2.41: Postup v programu při vytváření kontrolovaných obvodů

Nutná výztuž na protlačení v prvním vnitřním obvodu (vzdálenost 0,5 d) se v případě výztuže na protlačení umístěné v kolmém směru stanoví následovně:

$$\text{nut } A_{sw} = \frac{(V_{Ed,1} - V_{Rd,c}) \cdot u_1}{\kappa_s \cdot f_{yd}}$$

kdy

$V_{Ed,1}$  Posouvající síla v prvním vnitřním obvodu, která se má přenést

$V_{Rd,c}$  Únosnost ve smyku bez výztuže na protlačení

$u_1$  Délka prvního vnitřního obvodu

$sw$  Vzdálenost prvního vnitřního obvodu od líce sloupu

$\kappa_s$  Součinitel pro zohlednění vlivu výšky dílce na účinnost výztuže

$$\kappa_s = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{d - 400}{400} \quad d \text{ v [mm]}$$

$$\geq 0,7$$

$$\leq 1,0$$

$f_{yd}$  Návrhová mez kluzu betonářské výztuže

$d$  Statická výška desky

Podle DIN 1045-1, čl. 10.5.5(5) se stanoví minimální výztuž  $\text{min } A_{sw}$ . V případě výztuží na protlačení s pravouhlým uspořádáním se určí následovně:

$$\text{min } A_{sw} = \rho_w \cdot sw \cdot u$$

Stupeň minimálního vyztužení  $\rho_w$  se vypočítá podle čl. 13.2.3 (5):

$$\min \rho_w = 1,0 \cdot \rho$$

Hodnoty  $\rho$  převezmeme z tabulky 29 normy DIN 1045-1. Odvíjí se od průměrné hodnoty pevnosti betonu v dostředném tahu  $f_{ctm}$  a charakteristické meze kluzu betonářské výztuže  $f_{yk}$ :

$$\rho = 0,16 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$$

Únosnost návrhové výztuže ve smyku  $V_{Rd,sy}$  se určí následovně.

První vnitřní obvod ve vzdálenosti  $0,5d$ :

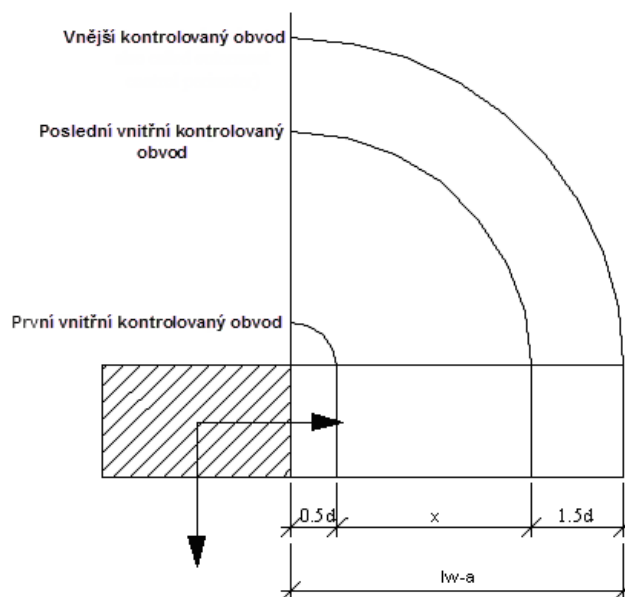
$$V_{Rd,sy,1} = V_{Rd,ct} + \frac{\kappa_s \cdot A_{sw} \cdot f_{yd}}{u}$$

První vnitřní obvod lze vytvořit pouze ve vzdálenosti, kterou jednoznačně stanoví DIN 1045-1. V případě dalších vnitřních obvodů a vnějšího obvodu existuje oproti tomu určitá vůle v rámci mezí stanovených pro vzdálenosti mezi nimi. Polohu vnějšího obvodu lze určit dvěma způsoby:

- Uživatel zadá vnější obvod tak, že stanoví vzdálenost  $l_{w,a}$ .
- Vnější obvod se určí iteračním výpočtem.

### Zadání vnějšího obvodu uživatelem

Z obrázku 45 v DIN 1045-1 vyplývá, že první vnitřní obvod se má uvažovat ve vzdálenosti  $0,5d$  a vnější obvod ve vzdálenosti  $1,5d$  od posledního vnitřního obvodu. Pokud tak uživatel zadá vzdálenost  $l_{w,a}$  vnějšího obvodu, lze vypočítat zbývající vzdálenost  $x$ .



Obr. 2.42: Obvody

Vzdálenost  $x$  se vypočítá následovně:

$$x = l_{w,a} - 2 \cdot d$$

Jestliže je  $x$  menší než  $0$ , je vzdálenost vnějšího obvodu, kterou uživatel zadal, příliš malá. V tomto ohledu proběhne před výpočtem kontrola. Pokud se  $x$  rovná  $0$ , je první vnitřní obvod totožný s posledním vnitřním obvodem; další vnitřní obvody jsou vyloučeny.

Je-li  $x$  větší než  $0$ , je třeba objasnit, kolik vnitřních obvodů se má uvažovat. Jsou tři možnosti:



- Možnost 1: Uživatel zadal počet  $n_i$  i polohu jednotlivých vnitřních obvodů tak, že stanovil jejich vzdálenost  $lw_i$  od zatěžované plochy.
- Možnost 2: Uživatel zadal počet  $n_i$  obvodů, nikoli však jejich polohu.
- Možnost 3: Uživatel neuvedl ani počet ani polohu obvodů.

### Možnost 1 – zadání počtu i polohy obvodů

Poloha vnitřních obvodů je jasně stanovena. Je třeba ještě ověřit, zda jsou dodrženy následující předpisy z DIN 1045-1:

- Vzdálenost prvního vnitřního obvodu činí podle obrázku 45 přesně 0,5 d.
- Vzdálenost mezi vnitřními obvody nepřekračuje maximální dovolenou vzdálenost 0,75 d podle čl. 10.5.5 2(b).
- Vzhledem k tomu, že byla stanovena také vzdálenost  $lw_a$  vnějšího obvodu, je třeba zkontrolovat, jestli vzdálenost mezi posledním vnitřním obvodem a vnějším obvodem odpovídá 1,5 d.

Všechny vzdálenosti budou považovány za správné, pokud se od přesné hodnoty odchylují méně než o 1 cm.

### Možnost 2 – zadání počtu obvodů bez určení polohy

Pokud uživatel zadá počet vnitřních obvodů a vzdálenost vnějšího obvodu, je třeba vypočítat, jaká bude vzdálenost mezi vnitřními obvody. Tato vzdálenost je konstantní pro všechny obvody.

$$sw_i = \frac{x}{n_i - 1}$$

### Možnost 3 – počet ani poloha obvodů nejsou stanoveny

Počet vnitřních obvodů  $n_i$  získáme tak, že zbývající vzdálenost  $x$  vydělíme maximální vzdáleností  $sw_{max} = 0,75 d$ .

$$n_i = \frac{x}{sw_{max}}$$

Počet takto vypočítaných vnitřních obvodů bývá pouze náhodně celé číslo. Získaný počet  $n_i$  se proto zaokrouhluje. Z počtu  $n_i$  vyplývá následující konstantní vzdálenost  $sw$  vnitřních obvodů:

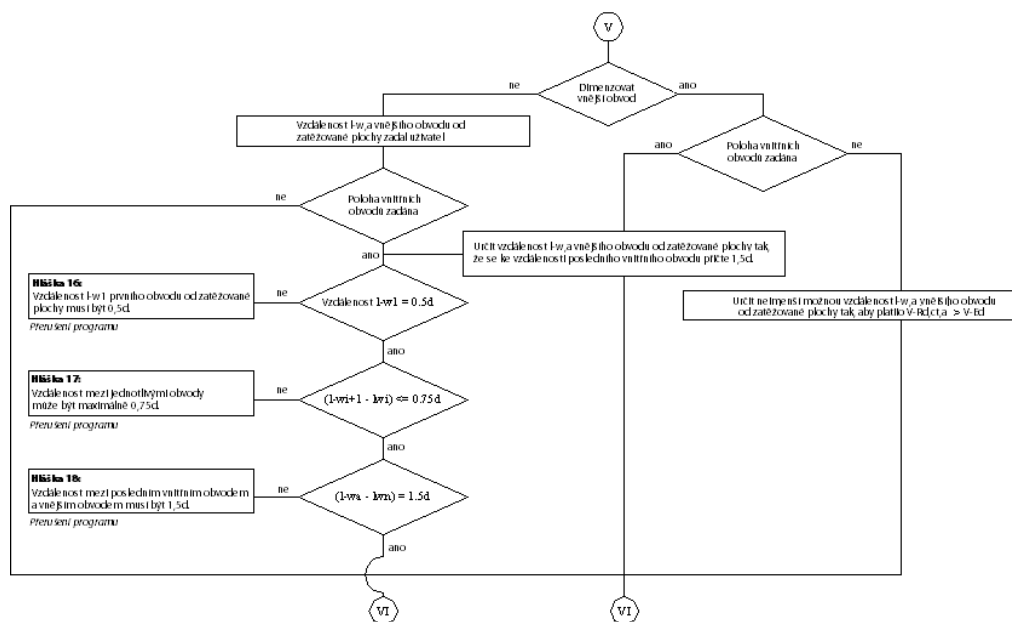
$$sw = \frac{x}{n_i}$$

### Iterační výpočet vnějšího obvodu

Pokud polohu vnějšího obvodu neurčil uživatel, stanoví RF-PUNCH optimální polohu vnějšího obvodu iteračním výpočtem. Poloha se určí v okamžiku, kdy únosnost ve smyku  $V_{Rd,cta}$  poprvé přesáhne sílu  $V_{Ed}$ , která se má přenést. Poloha vnitřních obvodů se poté vypočítá tak, jak popisujeme výše u jednotlivých možností v případě zadání vnějšího obvodu uživatelem.

Pro úplnost musíme ještě zmínit, že v případě, kdy uživatel zadá polohu vnitřních obvodů (možnost 1), se pochopitelně optimální poloha vnějšího obvodu nevypočítává. Bude se uvažovat ve vzdálenosti  $1,5d$  od posledního vnitřního obvodu.

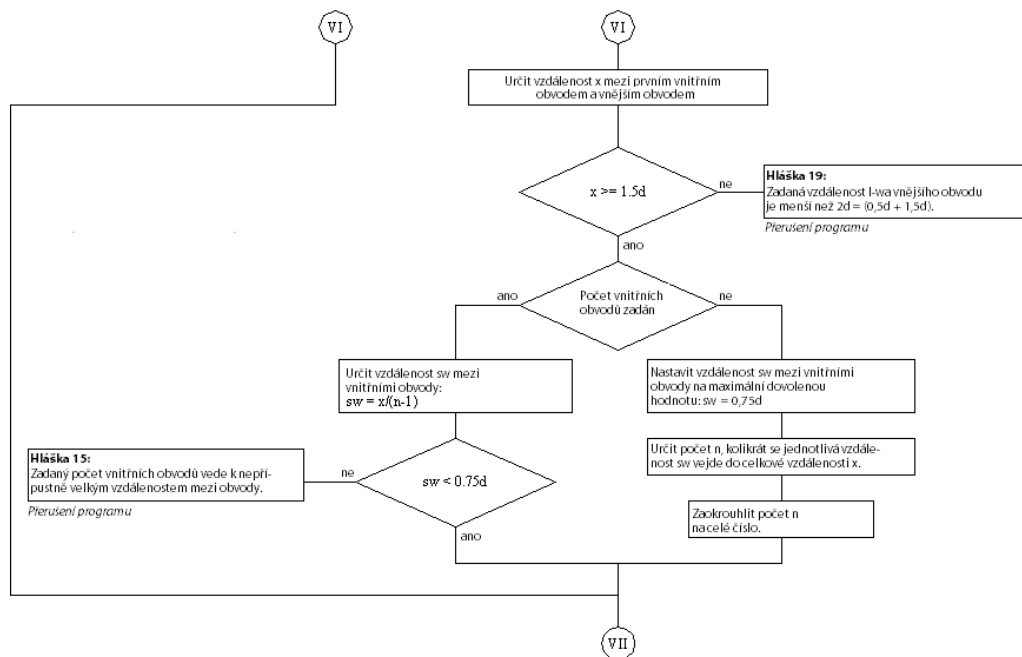
Následující diagram znázorňuje postup v případě výše popsaných tří možností.



Obr. 2.43: Postupový diagram při výpočtu obvodů

V levé části postupového diagramu vidíme, jak probíhá kontrola uživatelsky zadaných vzdáleností mezi vnitřními obvody, resp. vzdáleností k zatěžované ploše nebo k vnějšímu obvodu. V pravé části se stanoví nejhospodárnější poloha vnějšího obvodu.

Pokud poloha vnitřních obvodů nebyla zadána, postupuje RF-PUNCH podle následujícího podrobného diagramu.



Obr. 2.44: Postupový diagram při stanovení vnitřních obvodů

Z počtu vnitřních obvodů a vzdáleností mezi nimi lze nyní určit nutnou výztuž na protlačení v jednotlivých obvodech.

Podle DIN 1045-1, čl. 10.5.5 (2) b) se vypočítá únosnost ve smyku u každého dalšího vnitřního obvodu následovně:

$$V_{Rd,sy,i} = V_{Rd,ct} + \frac{\kappa_s \cdot A_{sw} \cdot f_{yd} \cdot d}{u \cdot sw}$$

Jakmile rovnici upravíme, získáme nutnou výztuž na protlačení:

$$nut A_{sw,i} = \frac{(V_{Ed,i} - V_{Rd,c}) \cdot u_j \cdot sw}{\kappa_s \cdot f_{yd} \cdot d}$$

kdy

- $V_{Ed,i}$  Posouvající síla ve vnitřním obvodu, která se má přenést
- $V_{Rd,c}$  Únosnost ve smyku bez výztuže na protlačení
- $U$  Délka kontrolovaného obvodu
- $Sw$  Vzdálenost předchozího vnitřního obvodu od líce sloupu
- $\kappa_s$  Součinitel pro zohlednění vlivu výšky dílce na účinnost výztuže

$$\kappa_s = 0,7 + 0,3 \cdot \frac{d - 400}{400} \quad d \text{ v [mm]}$$

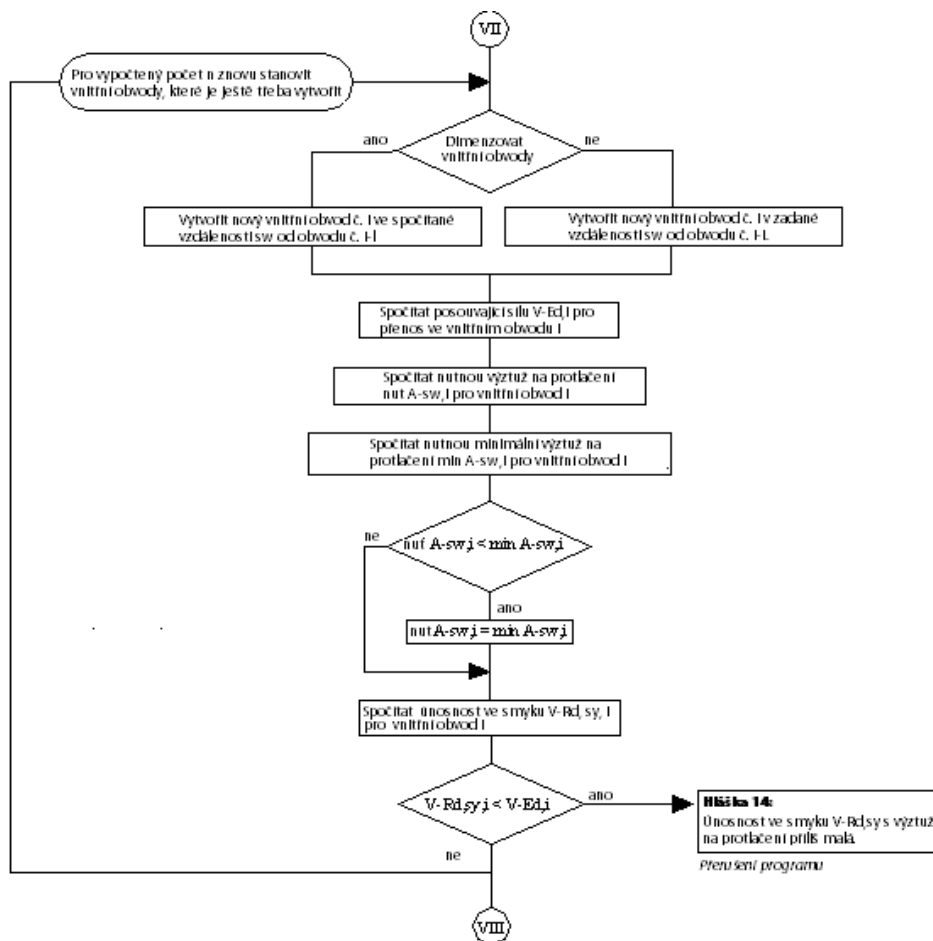
$$\geq 0,7$$

$$\leq 1,0$$

$f_{yd}$  Návrhová mez kluzu betonářské výztuže

$d$  Statická výška desky

V programu vypadá postup při výpočtu nutné výztuže na protlačení následovně:



Obr. 2.45: Postup v programu při výpočtu výztuže na protlačení

Hlášku 14 plánujeme pro pozdější verzi programu: umožňuje upravit velikost výztuže na protlačení, a tím ovlivnit únosnost ve smyku jednotlivých obvodů.

Následně se vytvoří vnější obvod ve vzdálenosti 1,5 d od vnitřního obvodu a provede se posouzení na únosnost ve smyku  $V_{Rd,ct,a}$  vně oblasti vyztužené proti protlačení.

Únosnost ve smyku  $V_{Rd,ct,a}$  se vypočítá podle DIN 1045-1, čl. 10.5.5, (4) následovně:

$$V_{Rd,ct,a} = \kappa_a \cdot V_{Rd,ct}$$

kdy

$\kappa_a$  Součinitel pro zohlednění přechodu do oblasti desky zatížené smykem

$$\kappa_a = 1 - \frac{0,29 \cdot l_w}{3,5 d} \quad d \text{ v [mm]}$$

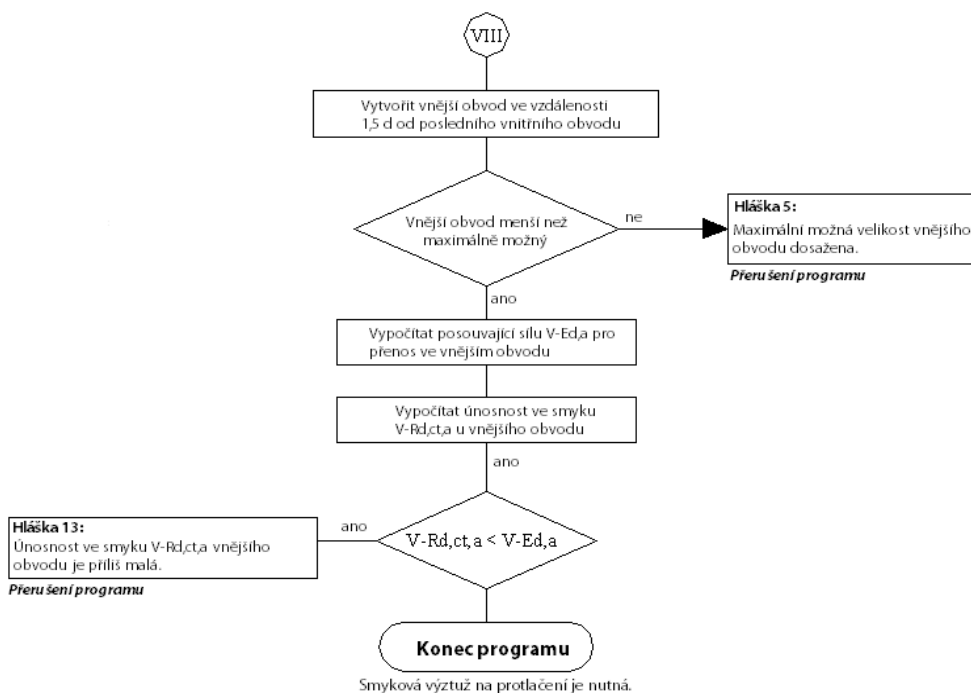
$$\geq 0,71$$

$l_w$  Šířka oblasti s výztuží na protlačení (vzdálenost mezi zatěžovanou plochou a posledním vnitřním obvodem)

$d$  Statická výška desky

$V_{Rd,ct}$  Únosnost ve smyku bez výztuže na protlačení

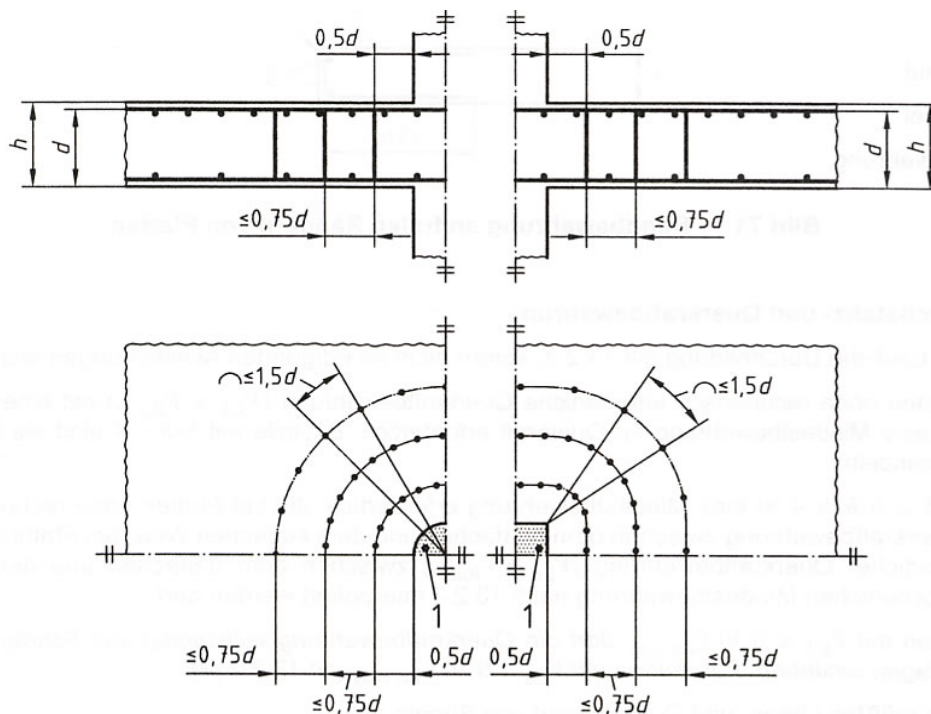
Poslední část postupového diagramu vypadá následovně.



Obr. 2.46: Konec programu

### 2.2.1.4 Vyztužení na protlačení zakřivenými pruty

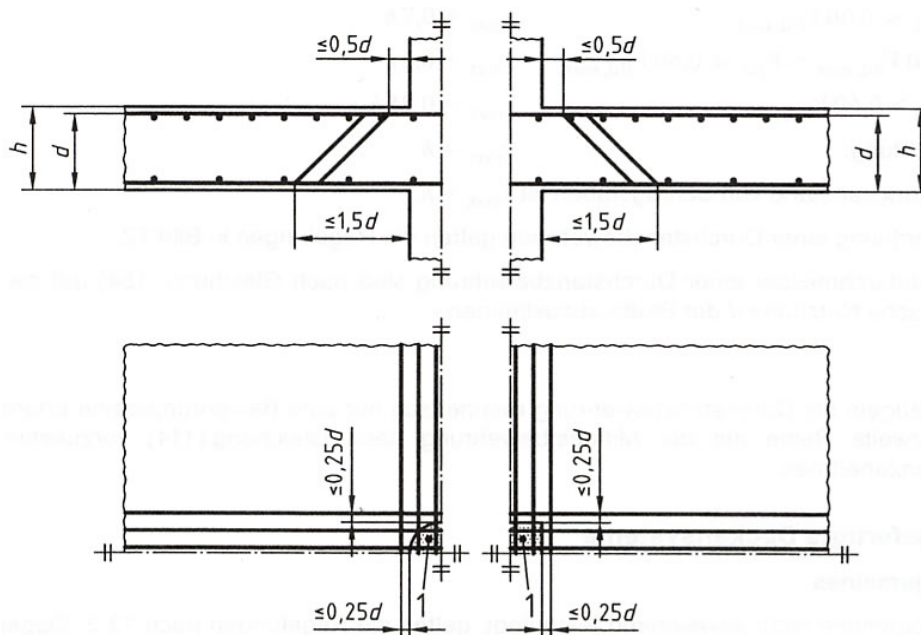
Na následujícím obrázku je znázorněn postup programu při posouzení svislé výztuže na protlačení podle DIN 1045-1, obr. 72a.



Obr. 2.47: Výztuž na protlačení se svislými sponami

Pro každý obvod se stanoví výztuž. Vzhledem k tomu, že obvody lze uspořádat libovolně (pokud odhlédneme od předpisů stanovených pro vzdálenost prvního obvodu a pro vzdálenosti mezi dalšími obvody), lze vzdálenost výztuže na protlačení od zatěžované plochy zvolit libovolně. Jiná je situace v případě použití zakřivených výztužných prutů: takové pruty

Ize podle čl. 10.5.5 (3) vložit pouze do oblasti  $1,5d$  statické výšky desky. Sklon k rovině desky může činit  $45^\circ$  až  $60^\circ$ .



Obr. 2.48: Vyztužení na protlačení zakřivenými pruty

RF-PUNCH uvažuje vzdálenost mezi zatěžovanou plochou a místem ohybu zakřivené výztuže automaticky jako  $0,5d$ . Ze sklonu  $\alpha$  zakřivené výztuže vyplývá místo druhého ohybu jako konec oblasti vyztužené proti protlačení.

Vzdálenost  $l_{wa}$  vnějšího obvodu od zatěžované plochy představuje konec oblasti vyztužené proti protlačení. Přitom je podle DIN 1045-1, obr. 45 třeba uvažovat  $1,5$ násobek průměrné statické výšky desky.

$$l_{wa} = l_w + \frac{d}{\tan \alpha^\circ} + 1,5 \cdot d$$

Plyne z toho podstatný rozdíl v postupovém diagramu: polohu vnějšího obvodu není třeba stanovit iteračním výpočtem, v případě zakřivené výztuže proti protlačení je již určena. Namáhání  $V_{Ed}$  vnějšího obvodu proto nelze upravovat zvětšováním jeho vzdálenosti od zatěžované plochy. Posouzení, při němž se zjišťuje, zda je únosnost  $V_{Rd,ct,a}$  vnějšího obvodu větší než namáhání  $V_{Ed}$ , lze ovlivnit pouze zvýšením únosnosti  $V_{Rd,ct,a}$ . K tomu je potřeba odpovídajícím způsobem zvětšit podélnou výztuž.

Pro uzly protlačení se zakřivenou výztuží se tak nevytváří další vyztužené obvody, nýbrž se pro rozhodující obvod vypočítá nutný průřez výztuže proti protlačení. Podle DIN 1045-1, čl. 10.5.5(3) lze nutnou únosnost ve smyku  $V_{Rd,sy}$  s výztuží na protlačení posoudit v jednom obvodu ve vzdálenosti  $0,5d$  od líce sloupu podle (111) z DIN 1045-1.

### Výztuž na protlačení se sklonem mezi $45^\circ$ a $60^\circ$ k rovině desky

$$V_{Rd,sy,1} = V_{Rd,ct} + \frac{1,3 \cdot A_{sw} \cdot \sin \alpha \cdot f_{yd}}{u}$$

Nutnou výztuž tak zjistíme následovně:

$$\text{nut } A_{sw} = \frac{(V_{Ed} - V_{Rd,c}) \cdot u}{1,3 \cdot \sin \alpha \cdot f_{yd}}$$

Daná výztuž nesmí být menší než minimální výztuž na protlačení:

$$\min A_{sw} = \frac{\rho_w \cdot s_w \cdot u}{\sin \alpha}$$

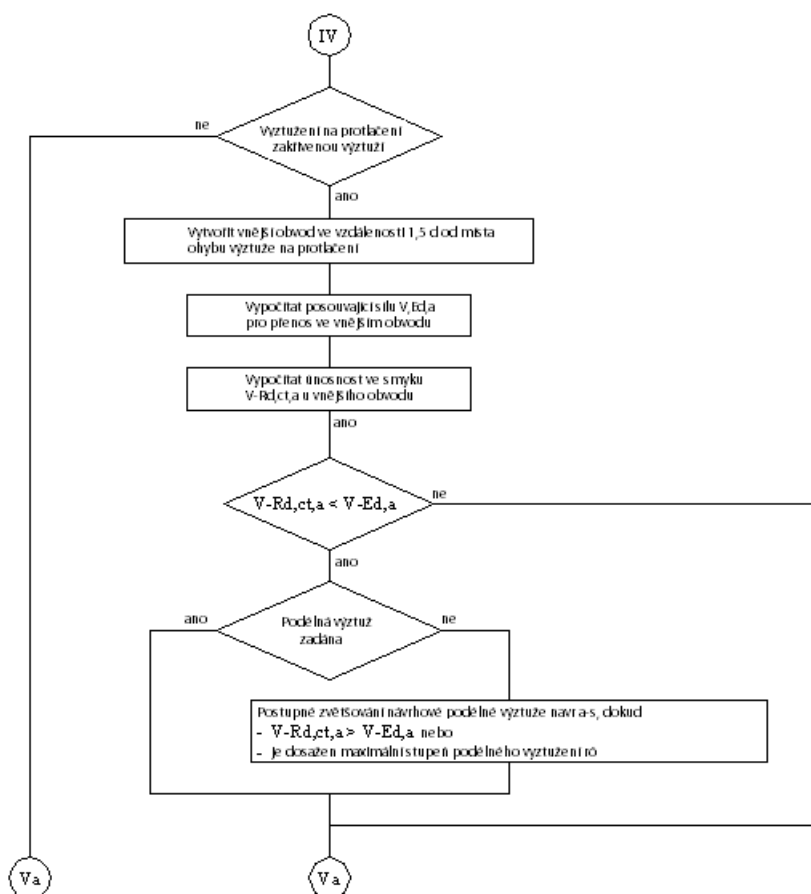
Stupeň minimálního vyztužení  $\rho_w$  se vypočítá podle čl. 13.2.3 (5):

$$\min \rho_w = 1,0 \cdot \rho$$

Hodnoty  $\rho$  se převezmou z tabulky 29 normy DIN 1045-1. Odvíjí se od průměrné hodnoty pevnosti betonu v dostředném tahu ( $f_{ctm}$ ) a charakteristické meze kluzu betonářské výztuže ( $f_{yk}$ ). Hodnota  $\rho$  se tak stanoví pomocí následující rovnice:

$$\rho = 0,16 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}}$$

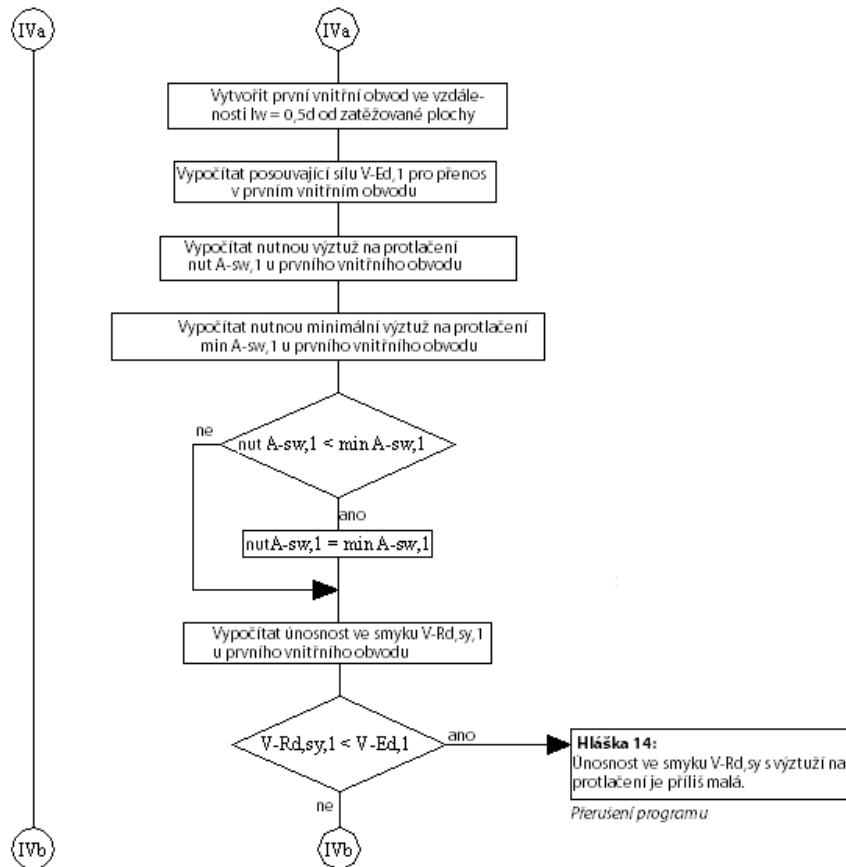
Pro zakřivenou výztuž na protlačení se postupový diagram neliší od výše uvedeného popisu až do větve IV (viz obr. 2.38, strana 29). Poté vypadá následovně:



Obr. 2.49: Postupový diagram v případě zakřivené výztuže na protlačení

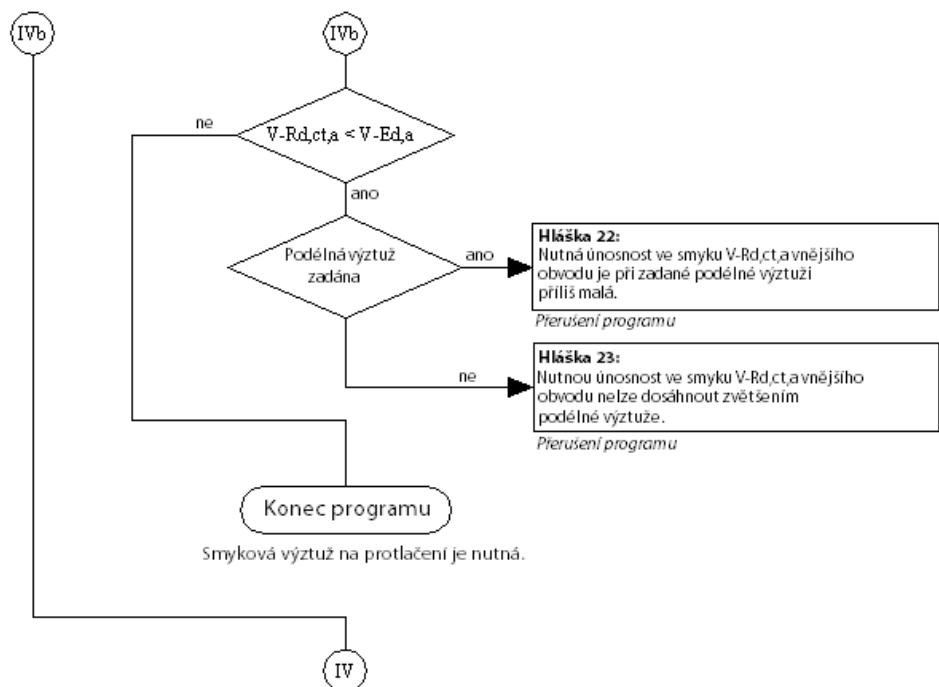
Nejdříve se určí namáhání  $V_{Ed,a}$  a únosnost  $V_{Rd,ct,a}$ . Pokud je únosnost  $V_{Rd,ct,a}$  menší než namáhání  $V_{Ed,a}$  a uživatel povolil zvětšení podélné výztuže, bude se množství podélné výztuže navyšovat tak dlouho, dokud se únosnost nebude rovnat namáhání nebo dokud nebude dosažen dovolený stupeň podélného vyztužení.

Následující část postupového diagramu znázorňuje výpočet výztuže na protlačení v závislosti na stupni podélného vyztužení.



Obr. 2.50: Postup v programu při výpočtu výztuže na protlačení

Nakonec se ověří, zda bylo provedeno posouzení únosnosti u vnějšího obvodu.



Obr. 2.51: Konec programu





Při vytvoření obvodu se ověří, zda daný obvod neprotíná obvody již posouzených uzlů protlačení. Pokud ano, upozorní program na nepřipustné protnutí obvodů. Výpočet se ovšem nepřerušuje.

V programu dále existuje možnost posoudit další vnější obvody. Posouzení probíhají podobně jako posouzení u vnějšího obvodu ve vzdálenosti  $1,5d$  od posledního vnitřního obvodu.

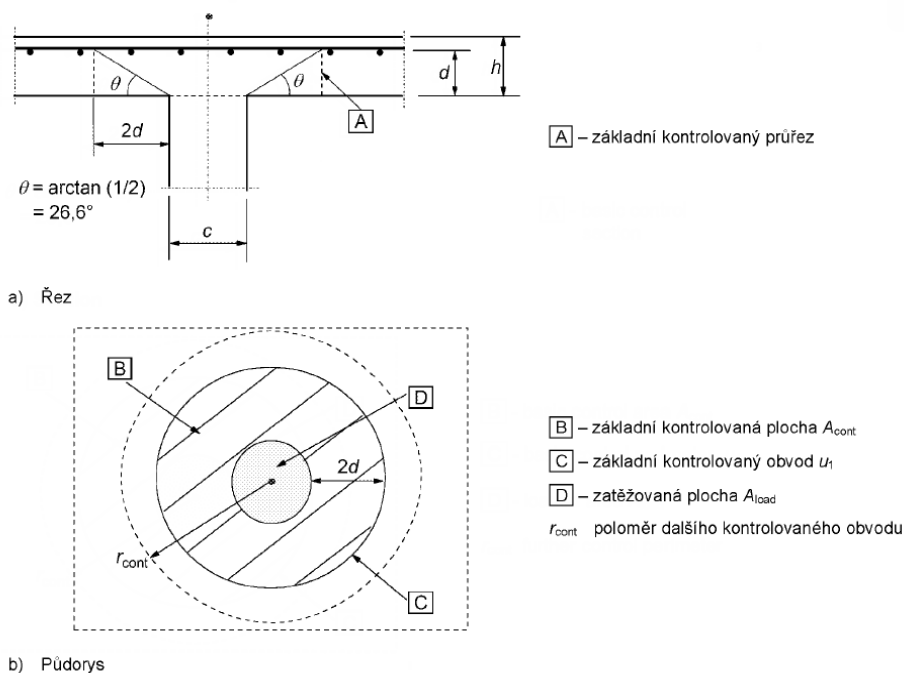
V případě oboustranného působení zatížení se posouzení na protlačení provádí tak, jak je popsáno v kapitole 2.2.2.6 na straně 56 pro EN 1992-1-1.

## 2.2.2 EN 1992-1-1 (CEN)

### 2.2.2.1 Obecně

Smyk při protlačení je výsledkem soustředěného zatížení nebo reakce působící na poměrně malou plochu, která se nazývá zatěžovaná plocha  $A_{load}$  desky nebo plošného základu.

EN 1992-1-1 používá pro ověření porušení protlačení v mezním stavu únosnosti model, který je uveden na následujícím obrázku.



Obrázek 6.12 – Model pro ověření únosnosti ve smyku při protlačení v mezním stavu únosnosti

Obr. 2.52: Model s obvodem pro vnitřní sloup

Podle EN 1992-1-1 je třeba provést následující posouzení:

#### Posouzení u desek bez výztuže na protlačení

$$E_d < V V_{Rd,c}$$

Návrhová hodnota únosnosti ve smyku při protlačení desky  $v_{Rd,c}$  bez smykové výztuže na protlačení musí být na jednotku plochy větší nebo rovna působící posouvající síle  $v_{Ed}$  v uvažovaném kontrolovaném obvodu  $u_1$ .

#### Posouzení u desek a plošných základů s výztuží na protlačení

$$1. \quad v_{Ed} < v_{Rd,max}$$

Návrhová hodnota maximální únosnosti ve smyku při protlačení desky  $v_{Rd,max}$  musí být na jednotku plochy větší nebo rovna působící posouvající síle  $v_{Ed}$ .

2.  $V_{Ed} < V_{Rd,cs}$

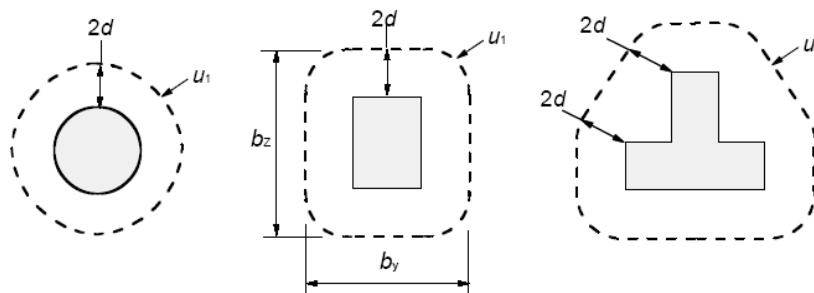
Návrhová hodnota únosnosti ve smyku při protlačení desky  $v_{Rd,cs}$  u smykové výztuže na protlačení musí být na jednotku plochy větší nebo rovna působící posouvající síle  $V_{Ed}$ .

3.  $V_{Rd,c} \geq V_{Ed,out}$

Návrhová hodnota únosnosti ve smyku při protlačení desky  $v_{Rd,c}$  bez výztuže na protlačení musí být na jednotku plochy větší nebo rovna působící posouvající síle  $V_{Ed,out}$  vně oblasti vyztužené proti protlačení ve vnějším obvodu  $u_{out}$ .

2.2.2.2 Rozložení zatížení a základní kontrolovaný obvod

Základní kontrolovaný obvod  $u_1$  lze obvykle uvažovat ve vzdálenosti  $2,0d$  od zatěžované plochy. Má být vytvořen tak, aby byla minimalizována jeho délka.



Typické základní kontrolované obvody u zatěžovaných ploch

Obr. 2.53: Typické základní kontrolované obvody u zatěžovaných ploch

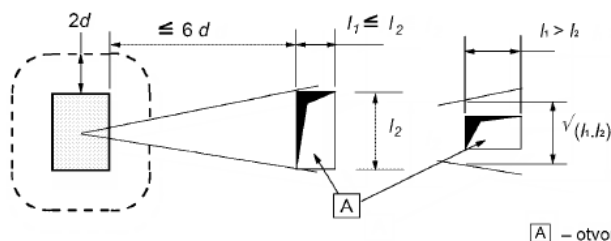


Kontrolované obvody ve vzdálenosti menší než  $2,0d$  je třeba uvažovat, pokud soustředěné síle odporuje vysoký tlak (např. tlak zeminy na základ), nebo při účinných zatížení nebo reakcí působících do vzdálenosti  $2d$  od obvodu plochy, na kterou působí soustředěná síla.

Účinná výška desky se předpokládá konstantní a lze ji obvykle uvažovat podle vztahu:

$$d_{eff} = \frac{d_y + d_z}{2} \tag{6.32}$$

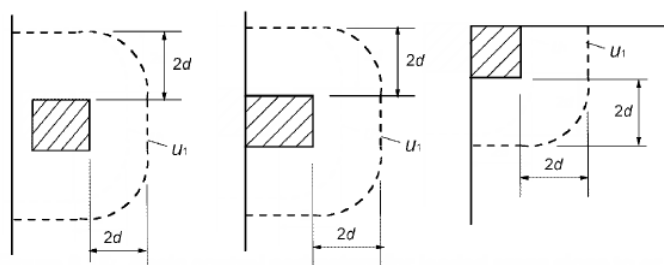
Pro zatěžovanou plochu umístěnou v blízkosti otvorů, pokud nejkratší vzdálenost mezi obvodem zatěžované plochy a okrajem otvoru nepřestoupí hodnotu  $6d$ , je část kontrolovaného obvodu, mezi tečnami vedenými k obrysu otvoru ze středu zatěžované plochy, považována za neúčinnou (viz následující obrázek).



Obrázek 6.14 – Kontrolovaný obvod v blízkosti otvoru

Obr. 2.54: Kontrolovaný obvod v blízkosti otvoru

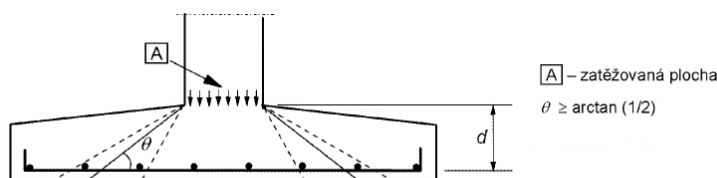
Pro zatěžovanou plochu umístěnou blízko okraje nebo rohu desky má být kontrolovaný obvod uvažován podle následujícího obrázku.



Obrázek 6.15 – Základní kontrované obvody pro zatěžovanou plochu v blízkosti okraje nebo rohu

Obr. 2.55: Základní kontrované obvody pro zatěžovanou plochu v blízkosti okraje nebo rohu

Kontrovaný průřez je ten, který sleduje kontrovaný obvod a má účinnou výšku  $d$ . Pro desky s konstantní výškou je kontrovaný průřez kolmý na střednicovou rovinu desky. Pro desky nebo základové patky s proměnnou výškou, kromě stupňovitých patek, lze účinnou výšku uvažovat na obvodu zatěžované plochy podle následujícího obrázku.

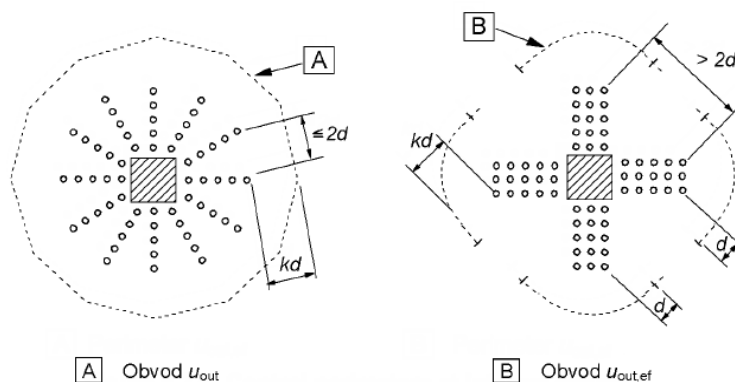


Obrázek 6.16 – Účinná výška kontrovaného průřezu u patky s proměnnou výškou

Obr. 2.56: Účinná výška kontrovaného průřezu u patky s proměnnou výškou

Únosnost ve smyku při protlačení se má posuzovat v líci sloupu a na základním kontrovaném obvodu  $u_1$ . Pokud je požadována smyková výztuž na protlačení, je třeba nalézt další obvod  $u_{out,ef}$ , kde již není smyková výztuž nutná.

Nejvzdálenější obvod smykové výztuže je třeba umístit ve vzdálenosti ne větší než  $k \cdot d$  uvnitř obvodu  $u_{out,ef}$ . Doporučená hodnota  $k$  je 1,5. Výpočet  $u_{out}$  popisujeme v kapitole 2.2.2.5.



A Obvod  $u_{out}$

B Obvod  $u_{out,ef}$

Obrázek 6.22 – Kontrované obvody u vnitřních sloupů

Obr. 2.57: Vnější obvod

### 2.2.2.3 Výpočet namáhání

Při výpočtu maximální působící posouvající síly na jednotku plochy rozlišuje EN 1992-1-1:2004 mezi maximální posouvající silou u **desky** podle (6.38) a u **základu sloupu** podle (6.49), resp. (6.51).

### Působící posouvající síla u desek

Pro výpočet působící posouvající síly je třeba návrhovou hodnotu celkové posouvající síly  $V_{Ed}$ , kterou je třeba přenést, vydělit součinem délky  $u_1$  uvažovaného kontrolovaného obvodu a průměrné účinné výšky  $d$  a dále vynásobit součinitelem  $\beta$ , kterým se zohledňuje nerovnoměrné rozdělení smyku. Návrhová hodnota působící posouvající síly  $v_{Ed}$  na jednotku plochy je tak podle EN 1992-1-1, čl. 6.4.3 následující:

$$v_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed}}{u_1 \cdot d} \quad (6.38)$$

příčemž

- $V_{Ed}$  Celková posouvající síla, která se má přenést
- $u_1$  Délka základního kontrolovaného obvodu
- $d$  Průměrná účinná výška desky, kterou lze uvažovat hodnotou  $(d_y + d_z)/2$
- $d_y, d_z$  Účinná výška kontrolovaného průřezu ve směru  $y$  a  $z$
- $\beta$  Součinitel pro zohlednění nerovnoměrného rozdělení smyku  
Součinitel  $\beta$  se stanoví za předpokladu plně plastického rozdělení smykového napětí podle 6.4.3(3) nebo lze pro něj zjednodušeně použít přibližné hodnoty podle obrázku 6.21 (viz následující strany).

### Součinitel $\beta$ při zohlednění plně plastického rozdělení smykového napětí

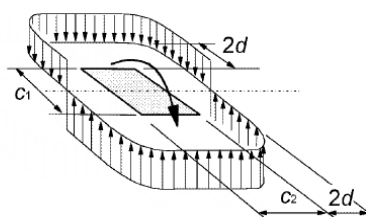
$$\beta = 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_1} \quad (6.39)$$

kdy

- $k$  Součinitel závisející na poměru mezi rozměry sloupu  $c_1$  a  $c_2$
- $c_1$  Rozměr sloupu rovnoběžný s výstředností zatížení
- $c_2$  Rozměr sloupu kolmý na výstřednost zatížení

Tabulka 6.1 – Hodnoty  $k$  pro obdélníkové zatěžované plochy

$c_1/c_2$	$\leq 0,5$	1,0	2,0	$\geq 3,0$
$k$	0,45	0,60	0,70	0,80



Obrázek 6.19 – Rozdělení smyku vyvolané nevyváženým momentem při spojení desky s vnitřním sloupem

Obr. 2.58: Hodnoty  $k$

- $u_1$  Délka základního kontrolovaného obvodu
- $W_1$   $W_1 = c_1^2/2 + c_1 \cdot c_2 + 4 \cdot c_2 \cdot d + 16 \cdot d^2 + 2 \cdot \pi \cdot d \cdot c_1$

Pomocí rovnice (6.39) se podle EN (CEN) vypočítá součinitel  $\beta$  pro jednoosou výstřednost zatížení při protlačení. Německá národní příloha nabízí řešení pro dvouosou výstřednost, která se v programu používá také pro všechny ostatní národní přílohy:

$$\beta = 1 + \sqrt{\left( k_x \frac{M_{Ed,x}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1,x}} \right)^2 + \left( k_y \frac{M_{Ed,y}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1,y}} \right)^2} \quad (NA.6.39.1)$$

### Přibližné hodnoty součinitelů $\beta$

Podle EN 1992-1-1: 2004, čl. 6.4.3 (6) lze pro konstrukce, u kterých příčná stabilita nezávisí na rámovém působení mezi deskami a sloupy a u nichž se rozpětí sousedních polí neliší o více než 25 %, užít následující přibližné hodnoty součinitelů  $\beta$ :

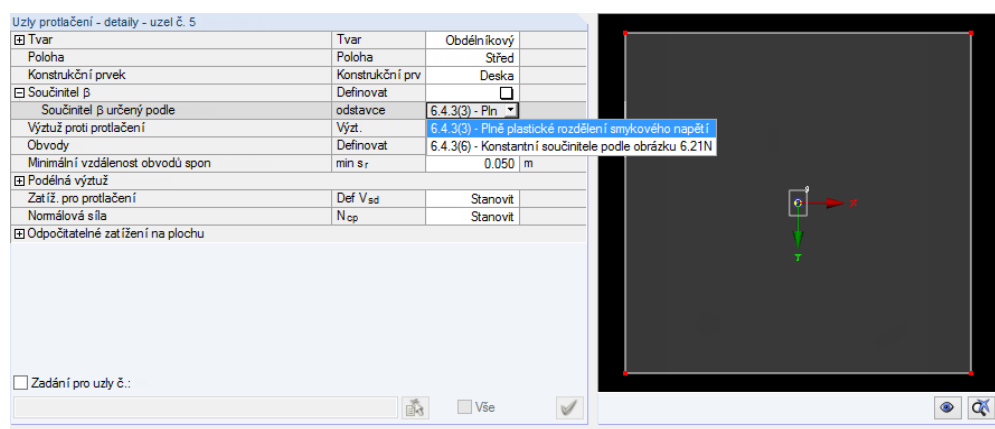
$$\beta = 1,15 \text{ (vnitřní sloup)}$$

$$\beta = 1,4 \text{ (okrajový sloup)}$$

$$\beta = 1,5 \text{ (rohový sloup)}$$

Jedná se o doporučené hodnoty. Hodnoty  $\beta$ , které se použijí v příslušném stáťe, lze nalézt v národní příloze.

Zdali je možné použít přibližné hodnoty, musí rozhodnout sám uživatel u každého uzlu protlačení, protože program nemůže ověřit výše uvedené předpoklady. Rozhodnutí je třeba učinit v dialogu 1.5 *Uzly protlačení* (viz následující obrázek).



Obr. 2.59: Stanovení součinitele  $\beta$  v dialogu 1.5 *Uzly protlačení*

### Působící posouvající síla u základů sloupů

Únosnost ve smyku základů sloupů při protlačení se má ověřit na kontrovaných obvodech ve vzdálenostech do  $2d$  od obvodu sloupu. Poloha základního kontrovaného obvodu se stanoví iteračním výpočtem.

Výpočet posouvající síly podle čl. 6.4.4 (2) závisí na typu zatížení.

#### Dostředné zatížení

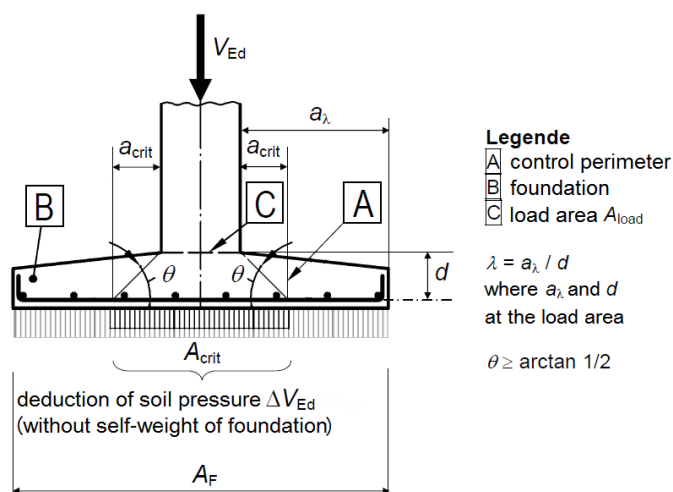
$$E_{d,red} = VV_{Ed} - \Delta V_{Ed} \quad (6.48)$$

kdy

$V_{Ed}$  Působící posouvající síla

$$V_{Ed} = V_{Ed,red} / (u \cdot d) \quad (6.49)$$

$\Delta V_{Ed}$  Síla působící vzhůru uvnitř uvažovaného kontrovaného obvodu, tj. reakce zemního tlaku zmenšená o vlastní tíhu základu



Obr. 2.60: Základní kontrolovaný obvod a odečtení zemního tlaku u základů

**Excentrické zatížení**

$$V_{Ed} = \frac{V_{Ed,red}}{u \cdot d} \left( 1 + k \frac{M_{Ed}}{V_{Ed,red}} \cdot \frac{u}{W} \right) \quad (6.51)$$

Část rovnice v závorce nepředstavuje nic jiného než faktor zvýšení zatížení  $\beta$ .

**2.2.2.4 Únosnost ve smyku při protlačení bez smykové výztuže**

Únosnost ve smyku při protlačení **desek** nebo základů sloupů bez smykové výztuže na protlačení se vypočítá podle EN 1992-1-1, čl. 6.4.4(1) následovně:

$$R_{d,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq (v_{vmin} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \quad (6.47)$$

kdy

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$$

$$k = 1 + \sqrt{(200 / d)} \leq 2,0 \quad \text{přičemž } d \text{ je v [mm]}$$

$$l = \sqrt{(\rho_{lz} \cdot \rho_{ly})} \leq 0,02$$

$l_z, \rho_{ly}$  Stupeň výztužení vztahující se k soudržné tahové výztuži ve směrech  $y$  a  $z$

$f_{ck}$  Charakteristická pevnost betonu v tlaku v [MPa]

$$k_1 = 0,1$$

$$\sigma_{cp} = (\sigma_{cy} + \sigma_{cz}) / 2$$

Normálová napětí v betonu v kritickém průřezu ve směru os  $y$  a  $z$  v [MPa], pro tlak kladné hodnoty):  $\sigma_{cy} = N_{Ed,y} / A_{cy}$  a  $\sigma_{cz} = N_{Ed,z} / A_{cz}$

$$v_{vmin} = 0,035 k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} \quad (6.3)$$

Únosnost ve smyku **základů sloupů** při protlačení bez smykové výztuže na protlačení se stanoví podle čl. 6.4.4 (2).

$$R_{d,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \cdot 2 \cdot d / a \geq (v_{vmin} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot 2 \cdot d / a \quad (6.50)$$

kdy

$a$  Vzdálenost uvažovaného kontrolovaného obvodu od obvodu sloupu

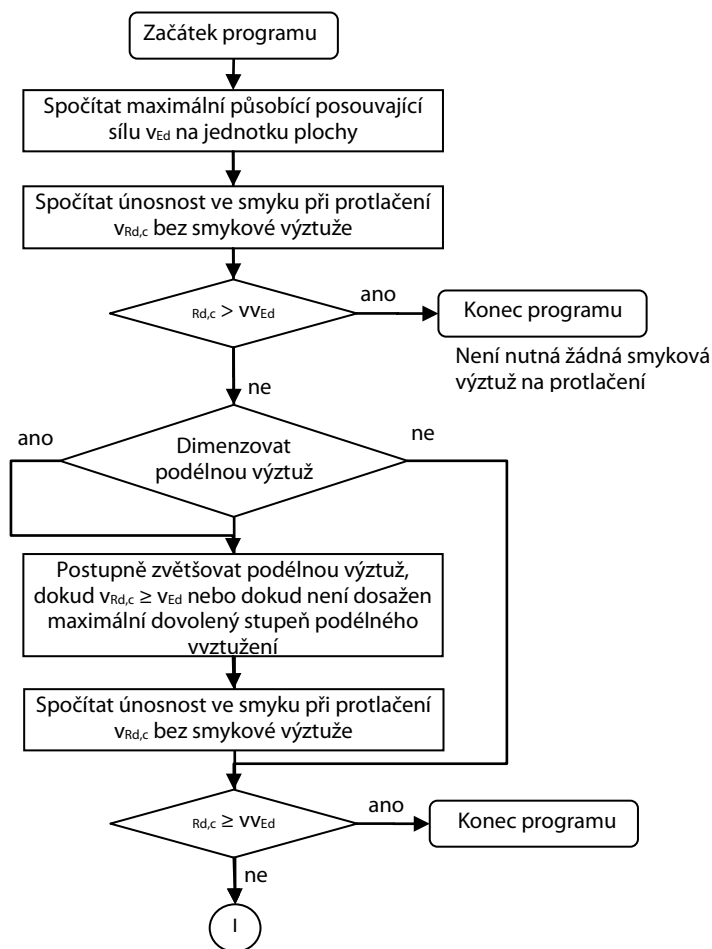
$d$  Průměrná účinná výška desky, kterou lze uvažovat hodnotou  $(d_y + d_z) / 2$

Zda je smyková výztuž na protlačení nutná, závisí na tom, jestli je únosnost ve smyku při protlačení  $V_{Rd,c}$  větší než maximální působící posouvající síla  $V_{Ed}$  na jednotku plochy. Pokud je

$v_{Rd,c}$  větší, posouzení je splněno a program ho úspěšně ukončí. Jestliže je ovšem  $v_{Rd,c}$  menší než  $v_{Ed}$ , pak je smyková výztuž na protlačení nutná.

V případě, že uživatel povolil dimenzování podélné výztuže pro posouzení na protlačení, bude program zvětšováním podélné výztuže postupně zvyšovat stupeň podélného vyztužení. Jestliže je ovšem únosnost ve smyku při protlačení  $v_{Rd,c}$  bez smykové výztuže i při maximálním dovoleném stupni podélného vyztužení menší než maximální působící posouvající síla  $v_{Ed}$  na jednotku plochy, je smyková výztuž na protlačení nevyhnutelná.

Posouzení bez smykové výztuže na protlačení je znázorněno v následujícím postupovém diagramu.



Obr. 2.61: Průběh posouzení v programu bez výztuže na protlačení

### 2.2.2.5 Únosnost ve smyku při protlačení se smykovou výztuží

Pokud uživatel v nastavení připustil použití smykové výztuže na protlačení, provedou se pro desku dvě posouzení:

- Posouzení maximální únosnosti ve smyku při protlačení ( $v_{Rd,max} > v_{Ed}$ )
- Posouzení únosnosti ve smyku při protlačení se smykovou výztuží ( $v_{Rd,cs} > v_{Ed}$ )

Maximální únosnost ve smyku při protlačení  $v_{Rd,max}$  se neposuzuje na základním kontrolovaném obvodu, nýbrž podle 6.4.5 (3) na obvodu sloupu.

Maximální působící posouvající síla na jednotku plochy  $v_{Ed}$  na zatěžované ploše se vypočítá následovně:

$$v_{Ed} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{u_0 \cdot d} \leq v_{Rd,max} \quad (6.53)$$

kdy

$\beta$  Součinitel pro maximální posouvající sílu v kontrolovaném obvodu (viz kapitola 2.2.2.3)

$u_0$  pro vnitřní sloup  $u_0 = \text{délka obvodu sloupu}$

pro okrajový sloup  $u_0 = c_2 + 3d \leq c_2 + 2c_1$

pro rohový sloup  $u_0 = 3d \leq c_1 + c_2$

$c_1, c_2$

Rozměry sloupů podle EN 1992-1-1, obrázku 6.20

Hodnotu maximální únosnosti ve smyku při protlačení  $v_{Rd,max}$ , která se použije v příslušném státě, lze nalézt v národní příloze.

Doporučená hodnota je:

$$v_{Rd,max} = 0,5 \cdot v \cdot f_{cd}$$

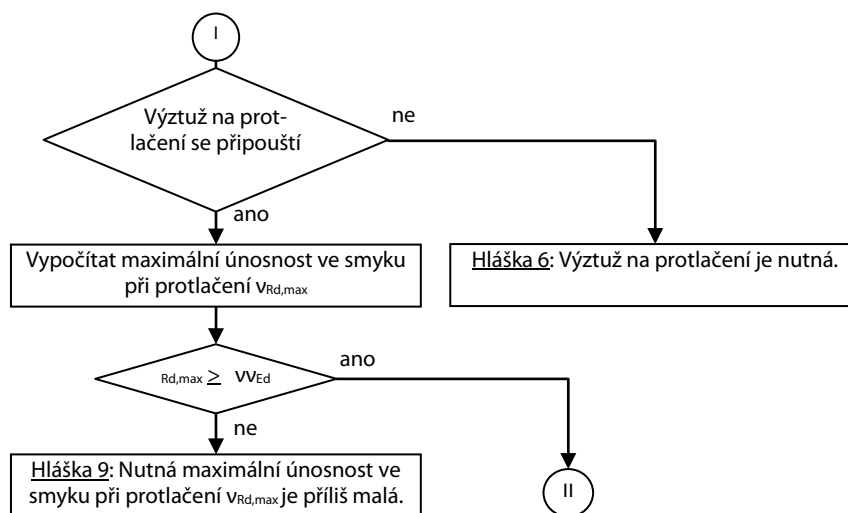
přičemž

$$v = 0,6 \cdot (1 - f_{ck} / 250) \quad \text{kdy } f_{ck} \text{ v [MPa]} \quad (6.6)$$

$f_{cd}$  Návrhová pevnost betonu v tlaku [MPa]

Podle CEN EN 1992-1-1 nelze maximální únosnost ve smyku při protlačení  $v_{Rd,max}$  ovlivnit zvětšením podélné výztuže. Některé národní přílohy ovšem s takovou možností počítají (viz kapitola 2.2.3).

Postupový diagram pro posouzení maximální únosnosti ve smyku při protlačení  $v_{Rd,max}$  podle CEN EN 1992-1-1 vypadá následovně:



Přerušení programu

Obr. 2.62: Průběh posouzení v programu s výztuží na protlačení

Jak ukazuje postupový diagram, nejdříve se ověří, zda uživatel povolil výztuž na protlačení. Následně se vypočítá maximální únosnost ve smyku při protlačení  $v_{Rd,max}$ . Pokud je menší než maximální působící posouvající síla  $v_{Ed}$  na jednotku plochy, posouzení se ukončí.

Jestliže  $v_{Rd,max}$  je větší než  $v_{Ed}$ , může se nutná výztuž na protlačení  $A_{sw}$  stanovit na jednom obvodu okolo sloupu pomocí rovnice (6.52) z EN 1992-1-1.



$$\text{nut } A_{sw} = \frac{(v_{Ed} - 0,75 \cdot v_{Rd,c}) \cdot u_1 \cdot d}{1,5 \cdot \left(\frac{d}{s_r}\right) \cdot f_{ywd,ef} \cdot \sin \alpha} \quad v \text{ [mm}^2\text{]}$$

příčemž

$v_{Ed}$	Maximální působící posouvající síla na jednotku plochy v kontrolovaném obvodu
$s_r$	Radiální vzdálenost obvodů smykové výztuže v [mm]
$f_{ywd,ef}$	Účinná návrhová pevnost smykové výztuže na protlačení podle vztahu $f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d \leq f_{ywd}$ v [MPa]
$u_1$	Délka základního kontrolovaného obvodu v [mm]
$\alpha$	Úhel, který svírá smyková výztuž s rovinou desky

### Minimální smyková výztuž na protlačení

EN 1992-1-1 stanoví minimální výztuž na protlačení: podle čl. 9.4.3 (2) platí, že nutná smyková výztuž na protlačení nesmí být menší než následující hodnota:

$$A_{sw,min} \geq \frac{0,08 \cdot \sqrt{\frac{f_{ck}}{f_{yk}}}}{1,5 \cdot \sin \alpha + \cos \alpha} \cdot s_r \cdot s_t \quad (9.11)$$

kdy

$\alpha$	Úhel, který svírá smyková výztuž s nosnou výztuží (tj. pro svislé třmínky $\alpha = 90^\circ$ a $\sin \alpha = 1$ )
$s_r$	Osová vzdálenost spon ve směru radiálním
$s_t$	Osová vzdálenost spon ve směru tangenciálním
$f_{ck}$	Pevnost betonu v tlaku v [MPa]

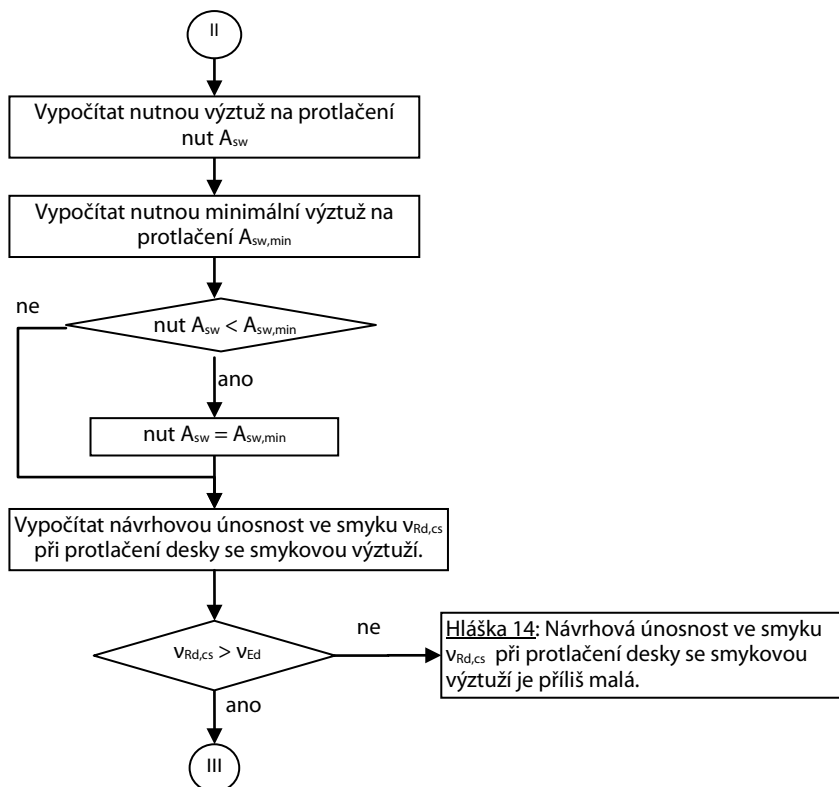
Návrhová únosnost ve smyku při protlačení na jednotku plochy u desky se smykovou výztuží se vypočítá následovně:

$$v_{Rd,cs} = 0,75 \cdot v_{Rd,c} + 1,5 \frac{d}{s_r} \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} \cdot \frac{1}{u_1 \cdot d} \cdot \sin \alpha \quad (6.52)$$

kdy

$d$	Průměrná účinná výška v ortogonálních směrech v [mm]
$u_1$	Délka základního kontrolovaného obvodu
$s_r$	Radiální vzdálenost obvodů smykové výztuže v [mm]
$A_{sw}$	Plocha smykové výztuže na jednom obvodu okolo sloupu v [mm <sup>2</sup> ]
$f_{ywd,ef}$	Účinná návrhová pevnost smykové výztuže na protlačení podle vztahu $f_{ywd,ef} = 250 + 0,25d \leq f_{ywd}$ v [MPa]
$\alpha$	Úhel, který svírá smyková výztuž s rovinou desky

Následující postupový diagram znázorňuje výpočet nutné smykové výztuže na protlačení.



Obr. 2.63: Postup v programu při výpočtu výztuže na protlačení



Vzhledem k tomu, že podle EN 1992-1-1 se nutná smyková výztuž na protlačení počítá vždy v základním kontrolovaném obvodu, postup se v případě svislých a zakřivených smykových výztuží na protlačení neliší.

První vnitřní obvod lze podle EN 1992-1-1 vytvořit ve vzdálenosti  $0,5d$ . Oblast vyztužená proti protlačení končí ve vzdálenosti  $1,5d$  od vnějšího obvodu. Určuje se podle pravidel stanovených v čl. 6.4.5 (4). Délka  $u_{out,ef}$  vnějšího obvodu se vypočítá následovně:

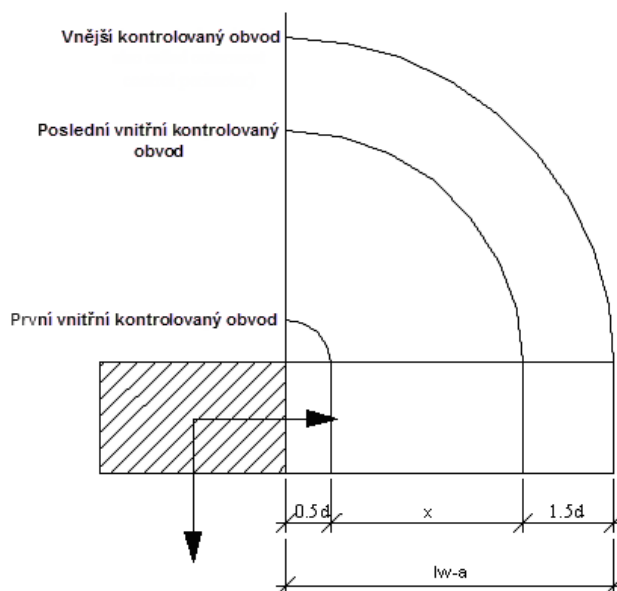
$$u_{out,ef} = \beta \cdot \frac{V_{Ed}}{v_{Rd,c} \cdot d} \quad (6.54)$$

Uvnitř oblasti vyztužené proti protlačení lze obvody výztuže uspořádat v libovolných vzdálenostech mezi sebou s ohledem na stanovenou maximální hodnotu. Polohu vnějšího obvodu lze určit dvěma způsoby:

- Uživatel zadá vnější obvod tak, že stanoví vzdálenost  $l_{wa}$ .
- Vnější obvod se určí iteračním výpočtem.

### Zadání vnějšího obvodu uživatelem

V čl. 9.4.3 (4) a na obrázku 9.10 se stanoví, že první vnitřní obvod se má uvažovat ve vzdálenosti od  $0,3d$  do  $0,5d$  a vnější obvod ve vzdálenosti  $1,5d$  od posledního vnitřního obvodu. Pokud tak uživatel zadá vzdálenost  $l_{wa}$  vnějšího obvodu, lze vypočítat zbývající vzdálenost  $x$ . První vyztužený obvod se přitom předpokládá ve vzdálenosti  $0,5d$ .



Obr. 2.64: Obvody

Vzdálenost  $x$  se vypočítá následovně:

$$x = l_{wa} - 2 \cdot d$$

Jestliže je  $x$  menší než 0, je vzdálenost vnějšího obvodu, kterou uživatel zadal, příliš malá. V tomto ohledu proběhne před výpočtem kontrola. Výpočet se pak neprovede. Pokud se  $x$  rovná 0, je první vnitřní obvod totožný s posledním vnitřním obvodem; další vnitřní obvody jsou vyloučeny.

Je-li  $x$  větší než 0, je třeba objasnit, kolik vnitřních obvodů se má uvažovat. Jsou tři možnosti:

- Možnost 1: Uživatel zadal počet  $n$  i polohu jednotlivých vnitřních obvodů tak, že stanovil jejich vzdálenost  $l_{wi}$  od zatěžované plochy.
- Možnost 2: Uživatel zadal počet  $n_i$  obvodů, nikoli však jejich polohu.
- Možnost 3: Uživatel neuvedl ani počet ani polohu obvodů.

#### Možnost 1 – zadání počtu i polohy obvodů

Poloha vnitřních obvodů je jasně stanovena. Je třeba ještě ověřit, zda jsou dodrženy následující předpisy z EN 1992-1-1:

- Vzdálenost prvního vnitřního obvodu je podle čl. 9.4.3 (4) a obrázku 9.10 mezi  $0,3d$  a  $0,5d$ .
- Vzdálenost mezi vnitřními obvody nepřekračuje maximální dovolenou vzdálenost  $0,75d$  podle čl. 9.4.3 (1).
- Vzhledem k tomu, že byla stanovena také vzdálenost  $l_{wa}$  vnějšího obvodu, je třeba zkontrolovat, jestli vzdálenost mezi posledním vnitřním obvodem a vnějším obvodem odpovídá  $1,5d$ .

#### Možnost 2 – zadání počtu obvodů bez určení polohy

Pokud uživatel zadá počet vnitřních obvodů a vzdálenost vnějšího obvodu, je třeba vypočítat, jaká bude vzdálenost mezi vnitřními obvody. Tato vzdálenost je konstantní pro všechny obvody.

$$s_{r,i} = \frac{x}{n_i - 1}$$

### Možnost 3 – počet ani poloha obvodů nejsou stanoveny

Počet vnitřních obvodů  $n_i$  získáme tak, že zbývající vzdálenost  $x$  vydělíme maximální vzdáleností  $s_{r,max} = 0,75 d$ .

$$n_i = \frac{x}{s_{r,max}}$$

Počet takto vypočítaných vnitřních obvodů bývá pouze náhodně celé číslo. Získaný počet  $n_i$  se proto zaokrouhluje. Podle čl. 9.4.3 (1) musí mít  $n_i$  alespoň hodnotu 2. Ze zaokrouhleného počtu  $n_i$  vyplývá následující konstantní vzdálenost  $s_r$  vnitřních obvodů:

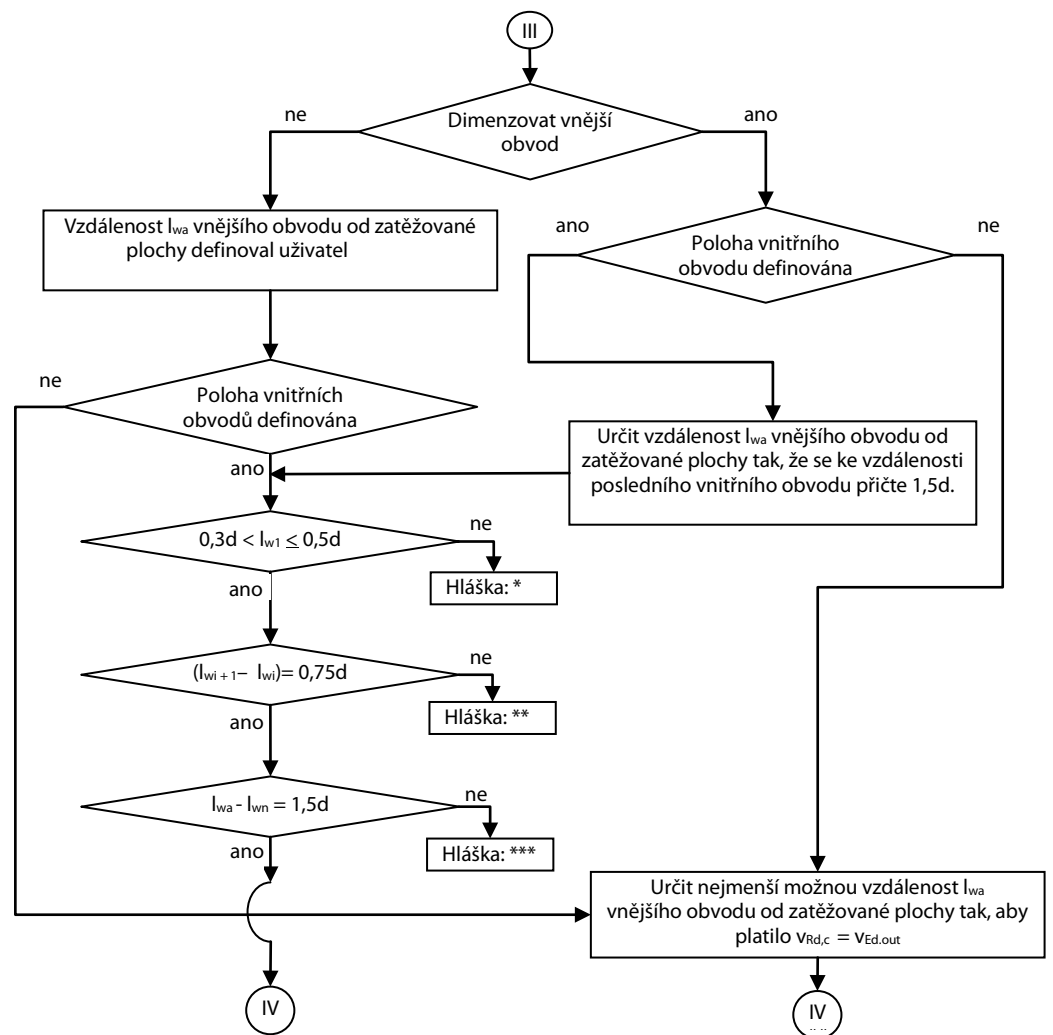
$$s_r = \frac{x}{n_i}$$

### Iterační výpočet vnějšího obvodu

Pokud polohu vnějšího obvodu neurčil uživatel, stanoví RF-PUNCH optimální polohu vnějšího obvodu iteračním výpočtem. Poloha se určí v okamžiku, kdy únosnost ve smyku  $V_{Rd,cta}$  poprvé překročí sílu  $V_{Ed}$ , která se má přenést. Poloha vnitřních obvodů se poté vypočítá tak, jak popisujeme výše u jednotlivých možností v případě zadání vnějšího obvodu uživatelem.

Pro úplnost musíme ještě zmínit, že v případě, kdy uživatel zadá polohu vnitřních obvodů (možnost 1), se pochopitelně optimální poloha vnějšího obvodu nevypočítává. Bude se uvažovat ve vzdálenosti  $1,5d$  od posledního vnitřního obvodu.

Následující diagram znázorňuje postup v případě výše popsanych tří možností.



Hláška: \*  
Vzdálenost  $l_{w1}$  prvního obvodu od zatěžované plochy musí být  $0,5d$ .  
Přerušení programu

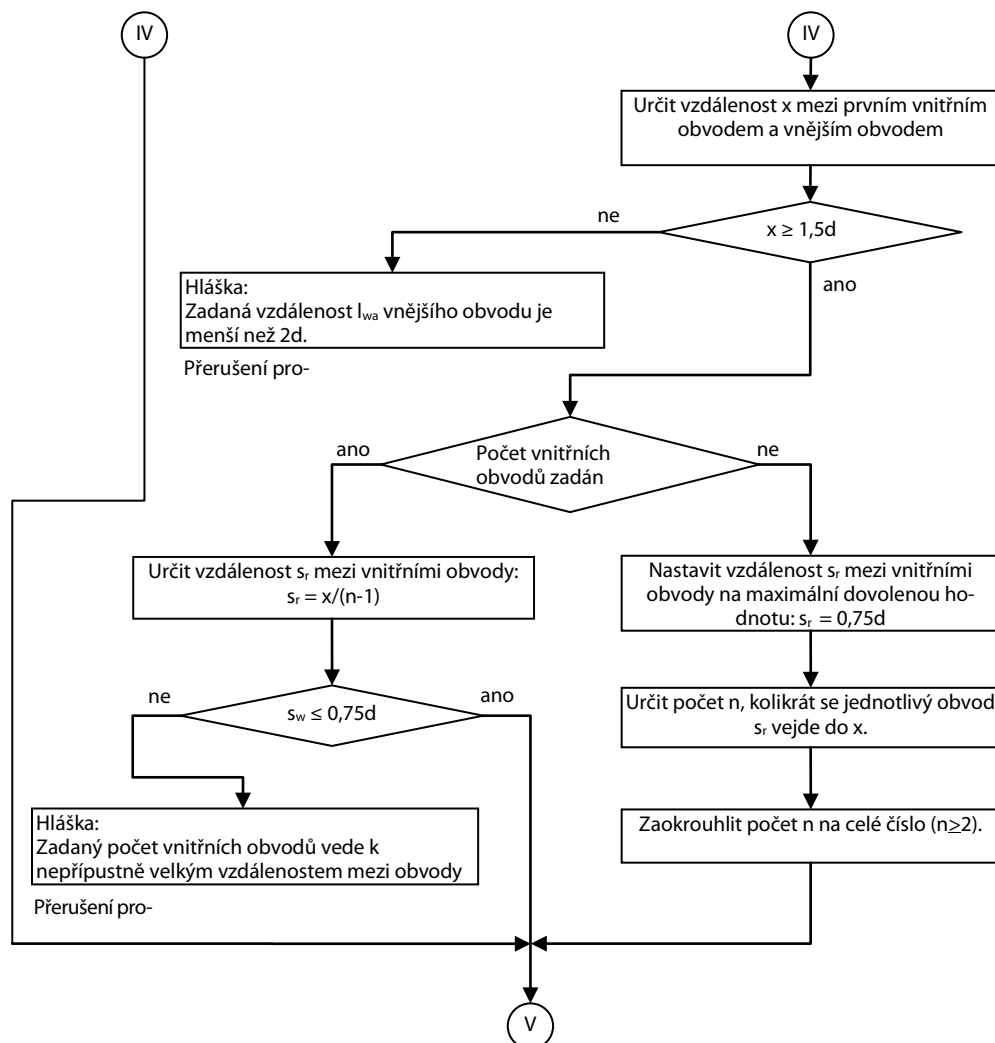
Hláška: \*\*  
Vzdálenost mezi jednotlivými obvody může být maximálně  $0,75d$ .  
Přerušení programu

Hláška: \*\*\*  
Vzdálenost mezi posledním vnitřním obvodem a vnějším obvodem musí být  $1,5d$ .  
Přerušení programu

Obr. 2.65: Postupový diagram při výpočtu obvodů

V levé části postupového diagramu vidíme, jak probíhá kontrola uživatelsky zadaných vzdáleností mezi vnitřními obvody, resp. vzdáleností k zatěžované ploše nebo k vnějšmu obvodu. V pravé části se stanoví nejvhodnější poloha vnějšího obvodu.

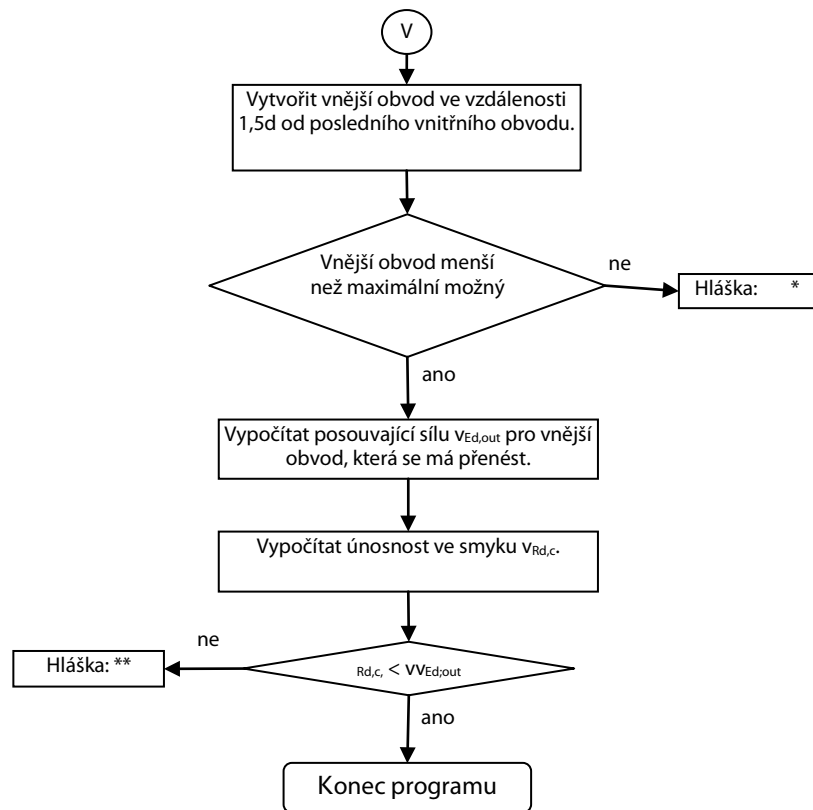
Pokud poloha vnitřních obvodů nebyla zadána, postupuje RF-PUNCH podle následujícího diagramu.



Obr. 2.66: Postupový diagram při stanovení vnitřních obvodů

Z počtu vnitřních obvodů a ze vzdáleností mezi nimi lze nyní určit nutnou výztuž na protlačení v jednotlivých obvodech. Nakonec se vytvoří vnější obvod a provede se posouzení únosnosti ve smyku  $v_{Ed,out}$  vně oblasti vyztužené proti protlačení.

Poslední část programu se odvíjí tak, jak vidíme na následujícím obrázku.



Hláška: \*  
Maximální možná velikost vnějšího obvodu dosažena.

Přerušení programu

Hláška: \*\*  
Únosnost ve smyku  $v_{Rd,c}$  u vnějšího obvodu je příliš malá.

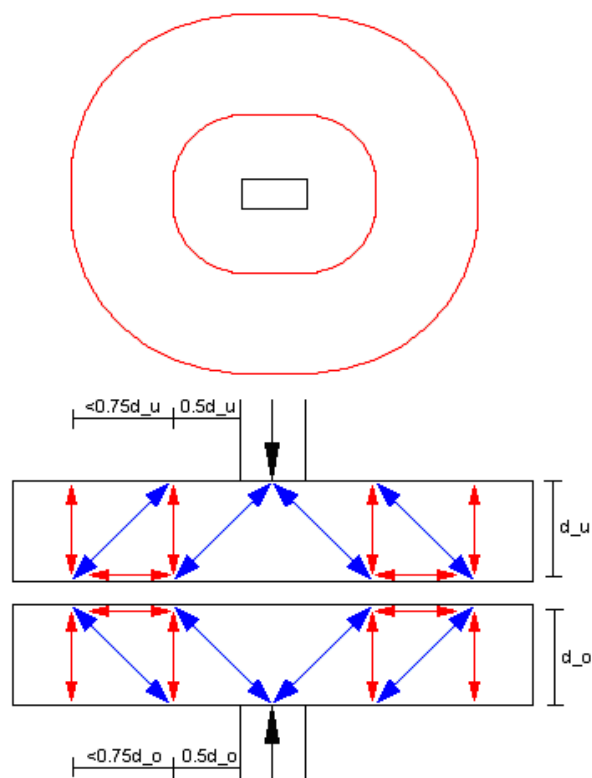
Přerušení programu

Obr. 2.67: Postup v programu při výpočtu výztuže na protlačení

### 2.2.2.6 Posouzení na protlačení v případě oboustranného působení zatížení

Pokud v určitém uzlu působí zatížení, z nichž jedno může vést k protlačení na horní straně a druhé na dolní straně desky, pak je třeba obě posoudit samostatně. Při posouzení minimálních momentů lze jako řešení vypočítat podélnou výztuž, která bude mít největší průřez na jednotlivých stranách desky. V případě výztuže na protlačení je takové řešení myslitelné jen s určitým omezením.

Následující obrázek nám přibližuje stavbu tlakové klenby při působení zatížení z horní, resp. dolní strany desky.



Obr. 2.68: Tlaková klenba v případě působení zatížení z obou stran

Pro tahové diagonály, které jsou dány zatížením na horní straně desky, se určí svislá smyková výztuž na protlačení u každého vnitřního obvodu. Totéž se pak provede pro vnitřní obvody ze zatížení na dolní straně desky.

Za předpokladu, že vnitřní obvody pro zatížení na horní a dolní straně leží ve stejné vzdálenosti od zatěžované plochy, by bylo možné porovnat uvažované smykové výztuže na protlačení a jako řešení stanovit pouze větší z nich. Vnitřní obvody ovšem leží ve stejné vzdálenosti od zatěžované plochy pouze v případě, že je účinná výška pro horní a dolní stranu stejná. U zakřivené výztuže na protlačení nelze rozhodující průřez výztuže stanovit, protože výztuže pro obě zatížení jsou na sebe kolmé.

Program proto postupuje následovně: ze zatížení, která se ukázala být rozhodující pro protlačení, se určí větší z nich a pro ně se stanoví výztuž na protlačení. Bude se označovat jako „hlavní zatížení“. Pro menší z obou zatížení se provede posouzení na protlačení bez smykové výztuže na protlačení.



### 2.2.3 EN 1992-1-1/NA:2013-04 (národní příloha DIN)

Německá národní příloha (NA) pozměňuje nebo doplňuje určité části EN 1992-1-1. V této kapitole představíme nejvýznamnější rozdíly.

#### 2.2.3.1 Posouzení minimálních momentů podle 6.4.5 (NA.6)

K zajištění únosnosti ve smyku je třeba desky posoudit v oblasti sloupů na minimální moment  $m_{Ed}$ . Posouzení minimální podélné výztuže se provádí tak, jak popisujeme v kapitole 2.2.1.1 na straně 17 v případě DIN 1045-1, ovšem s jedním podstatným rozdílem: podle DIN EN 1992-1-1 nesmí ani stupeň celkového vyztužení ani stupeň tahového a tlakového vyztužení překročit určitý podíl plochy průřezu. Proto se ověří, jestli je dodržen stupeň tahového vyztužení  $A_{s,max}$  podle čl. 9.2.1.1 (3). Také pro tlakovou výztuž je třeba splnit příslušnou podmínku podle 9.2.1.1 (3). V opačném případě program posouzení ukončí a zobrazí chybové hlášení.

Jinak platí v případě DIN EN 1992-1-1 stejná ustanovení jako u DIN 1045-1.

Podle čl. (NA.6) bychom měli uvažovat následující minimální momenty na jednotku délky:

$$m_{Ed,x} = \eta_x \cdot V_{Ed} \quad \text{a} \quad m_{Ed,y} = \eta_y \cdot V_{Ed} \quad (\text{NA.6.54.1})$$

kdy

$V_{Ed}$  Posouvající síla, která se má přenést

$\eta_x, \eta_y$  Momentové součinitele podle tab. 2.1 pro směr x a y (srov. obr. 2.69)

Minimální momenty by se měly uvažovat vždy s příslušnou šířkou uvedenou v tab. 2.1.

Zeile	Spalte Lage der Stütze	$\eta_x$		Anzu- setzende Breite <sup>b</sup>	$\eta_y$		Anzu- setzende Breite <sup>b</sup>
		Zug an der Platten- oberseite	Zug an der Platten- unterseite		Zug an der Platten- oberseite	Zug an der Platten- unterseite	
1	Innenstütze	0,125	0	$0,3 l_y$	0,125	0	$0,3 l_x$
2	Randstütze, Rand „x“ <sup>a</sup>	0,25	0	$0,15 l_y$	0,125	0,125	(je m Platten- breite)
3	Randstütze, Rand „y“ <sup>a</sup>	0,125	0,125	(je m Platten- breite)	0,25	0	$0,15 l_x$
4	Eckstütze	0,5	0,5	(je m Platten- breite)	0,5	0,5	(je m Platten- breite)

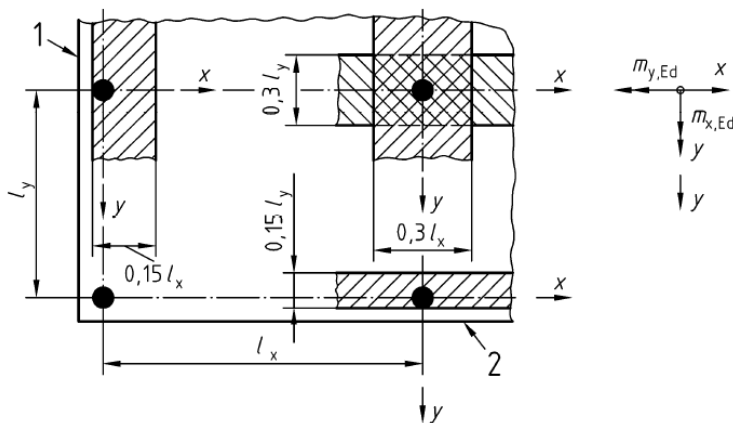
Tab. 2.1: Momentové součinitele a roznášecí šířka minimální podélné výztuže (tabulka NA6.1.1)

Poznámky u tab. 2.1 znamenají:

- a Zadání okrajů a vzdáleností sloupů  $l_x$  a  $l_y$  podle obr. 2.69
- b Šířka podle obr. 2.69

Jako **horní strana desky** se označuje strana plochy, která leží naproti zatěžované ploše, **dolní strana desky** je pak ta strana, na které leží zatěžovaná plocha.

Na následujícím obrázku jsou znázorněny oblasti pro uvážení minimálních ohybových momentů  $m_{Ed,x}$  a  $m_{Ed,y}$ .



Obr. 2.69: Oblasti pro uvážení minimálních ohybových momentů  $m_{Ed,x}$  a  $m_{Ed,y}$  podle NA.6

### 2.2.3.2 Rozložení zatížení a základní kontrolovaný obvod

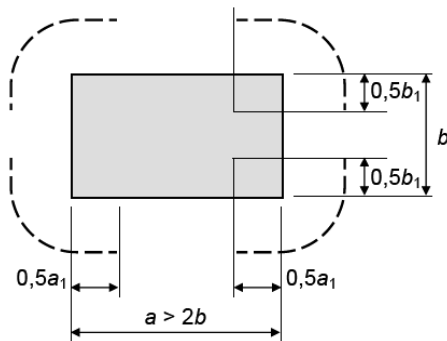
Německá národní příloha omezuje použití pravidel z čl. 6.4.1 na následující typy zatěžovaných ploch  $A_{load}$ :

- Obdélníkové a kruhové s obvodem  $u_0 \leq 12d$  a poměrem stran  $a/b \leq 2$  (d: průměrná účinná výška posuzovaného dílce)
- Libovolně, ovšem logicky ohraničené jako výše uvedené tvary

V případě větších zatěžovaných ploch  $A_{load}$  je posouzení na protlačení třeba vztáhnout na dílčí obvody:

$$b_1 = \min \{b; 3d\}$$

$$a_1 = \min \{a; 2b; 6d - b_1\}$$

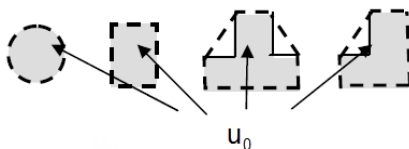


Obr. 2.70: Základní kontrolovaný obvod v případě rozsáhlých zatěžovaných ploch

U kruhových sloupů s  $u_0 > 12d$  je třeba posoudit ploché desky namáhané smykem podle čl. 6.2. Přitom lze v čl. 6.2.2 (1) použít následující hodnotu  $C_{Rd,c}$ :

$$C_{Rd,c} = \frac{12d}{u_0} \cdot \frac{0,18}{\gamma_c} \geq \frac{0,15}{\gamma_c}$$

Německá národní příloha navíc doplňuje tvary kontrolovaných obvodů  $u_0$  okolo zatěžovaných ploch:

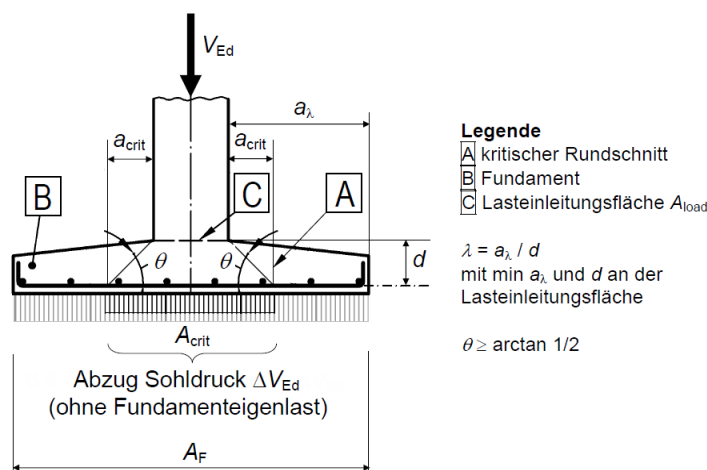


Obr. 2.71: Základní kontrolované obvody  $u_0$  doplněné k EN 1992-1-1, obrázku 6.13

Kontrolované obvody ve vzdálenosti menší než  $2,0d$  je třeba uvažovat, pokud soustředěné síle odporuje vysoký tlak (např. tlak zeminy na základ), nebo při účinných zatížení nebo reakcí působících do vzdálenosti  $2,0d$  od obvodu plochy, na kterou působí soustředěná síla.

Vzdálenost  $a_{crit}$  rozhodujícího obvodu se stanoví iteračním výpočtem. U půdních desek a štíhlých základů s  $\lambda > 2,0$  lze zjednodušeně uvažovat konstantní obvod ve vzdálenosti  $1,0d$ .

Štíhlost základu  $\lambda = a_\lambda / d$  se vztahuje k nejkratší vzdálenosti  $a_\lambda$  mezi zatěžovanou plochou a okrajem základu:



Obr. 2.72: Základní kontrolovaný obvod a odečet zemního tlaku u základů podle obrázku NA.6.21.1

Uvnitř obvodu určeného iteračním výpočtem lze odečíst 100% tlaku zeminy. V případě, že základní kontrolovaný obvod se stanovil zjednodušeně ve vzdálenosti  $1d$ , smí se odečíst pouze 50% tlaku zeminy.

### 2.2.3.3 Výpočet namáhání

Pro výpočet součinitele zvýšení zatížení  $\beta$  zavádí německá národní příloha zvláštní pravidla. Menší hodnoty než  $1,10$  nejsou u součinitele zvýšení zatížení  $\beta$  přípustné. Tato mezní hodnota platí také při výpočtu  $\beta$  při zohlednění plně plastického rozdělení smykového napětí.

Pokud pro součinitele  $\beta$  použijeme přibližné hodnoty podle EN 1992-1-1, obrázku 6.21, je také třeba dodržet minimální hodnotu  $1,10$ . Součinitel zvýšení zatížení se tak u vnitřních sloupů mění na hodnotu  $1,10$ .

Minimální hodnota  $\beta$  se zohledňuje rovněž při stanovení účinků u základů sloupů podle EN 1992-1-1, rovnice (6.49) a (6.51). Podle DIN EN 1992-1-1 se má výsledná působící posouvající síla  $V_{Ed,red}$  z rovnice (6.48) v každém případě zvýšit alespoň součinitelem  $\beta = 1,10$ . V případě excentrického zatížení na základy sloupů, kdy se výsledná posouvající síla počítá pomocí rovnice (6.51), by tak mělo platit  $[1 + k \cdot (M_{Ed} / V_{Ed}) \cdot (u / W)] \geq 1,10$ .

Zatímco původní vydání Eurokódu 2 neobsahuje žádné údaje pro výpočet  $\beta$  u plně plastického obvodu v případě dvouosé excentricity, lze podle DIN EN 1992-1-1 u stropních uzlů nad sloupy s dvouosou výstředností použít následující rovnici:

$$\beta = 1 + \sqrt{\left( k_x \frac{M_{Ed,x}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1,x}} \right)^2 + \left( k_y \frac{M_{Ed,y}}{V_{Ed}} \cdot \frac{u_1}{W_{1,y}} \right)^2} \quad (\text{NA.6.39.1})$$

### 2.2.3.4 Únosnost ve smyku při protlačení bez smykové výztuže

Výpočet únosnosti ve smyku při protlačení bez smykové výztuže popisujeme v kapitole 2.2.2.4 na straně 46 pro EN 1992-1-1. Pro rovnici

$$R_{d,c} = C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \geq (v_{vmin} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \quad (6.47)$$

stanoví německá národní příloha následující doplňková pravidla:

- Ploché desky:  $C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c$
- Vnitřní sloupy u plochých desek s  $u_0/d < 4$ :  $C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c \cdot (0,1 u_0 / d + 0,6)$
- Základy a půdní desky:  $C_{Rd,c} = 0,15 / \gamma_c$
- $\rho_l \leq \min[0,5 \rho_{cd} / f_{yd}; 0,02]$
- $v_{min}$  jako v čl. 6.2.2 (1)

### 2.2.3.5 Únosnost ve smyku při protlačení se smykovou výztuží

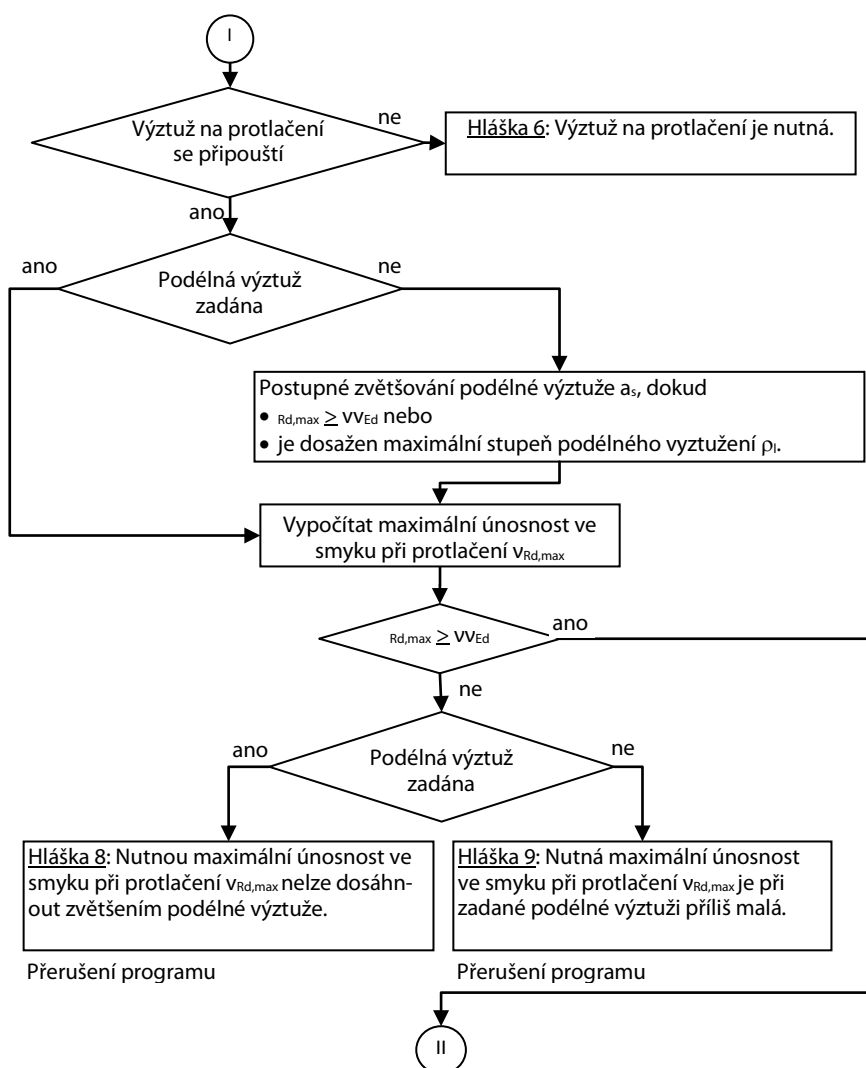
Německá národní příloha stanoví, že při posouzení maximální únosnosti  $v_{Rd,max}$  v základním kontrolovaném obvodu  $u_1$  se má uplatnit rovnice (NA.6.53.1). Výpočet  $v_{Rd,max}$  se upravuje následovně:

$$v_{Rd,max} = 1,4 \cdot v_{Rd,c} \quad (NA.6.53.1)$$

$v_{Rd,c}$  se přitom počítá pomocí rovnice (6.47) (viz kapitola 2.2.3.4).

Jestliže porovnáme rovnice pro výpočet maximální únosnosti ve smyku při protlačení  $v_{Rd,max}$  podle EN 1992-1-1 a podle německé národní přílohy, bude nám zřejmé, jaký zásadní rozdíl z toho plyne pro postup v programu: pokud se držíme doporučení EN 1992-1-1, nelze maximální únosnost ve smyku při protlačení  $v_{Rd,max}$  ovlivnit zvětšením podélné výztuže; v případě použití německé národní přílohy je to ovšem možné.

RF-PUNCH proto uplatňuje specifické postupy v případě národních příloh. Pro německou národní přílohu vypadá část postupového diagramu I-II následovně:



Obr. 2.73: Postup v programu při výpočtu výztuže na protlačení podle německé národní přílohy

Nejdříve se ověří, jestli se v souladu se zadáním uživatele přípouští výztuž ve smyku na protlačení.

Pokud lze vložit podélnou výztuž, bude se podélná výztuž zvětšovat tak dlouho, dokud návrhová maximální únosnost ve smyku při protlačení  $v_{Rd,max}$  není dostatečná nebo dokud není dosažen maximální dovolený stupeň podélného vyztužení 0,02 podle 6.4.4 (1).

Pokud je maximální únosnost ve smyku při protlačení  $v_{Rd,max}$  příliš nízká, pak je posouzení ukončeno a zobrazí se hlášení, že zvyšování podélné výztuže nevede k řešení, resp. zadaná podélná výztuž je příliš malá.

Ohledně smykové výztuže na protlačení  $A_{sw}$  u plochých desek, spočítané pomocí rovnice (6.52), lze v německé národní příloze najít ustanovení, které předepisuje navýšení nutné výztuže na protlačení ve dvou prvních obvodech součinitelem  $\kappa_{sw}$ :

- První obvod (kdy  $0,3d < a_1 < 0,5d$ ):  $\kappa_{sw,1} = 2,5$
- Druhý obvod (kdy  $s_r < 0,75d$ ):  $\kappa_{sw,2} = 1,4$

Parametry rovnice (6.52) popisujeme v kapitole 2.2.2.5 na straně 49.

Německá národní příloha stanoví také další pravidla týkající se rovnice (6.52):

- V případě různých radiálních vzdáleností obvodů smykové výztuže  $s_{r,i}$  se do rovnice (6.52) dosadí největší z nich.
- Pokud je výztuž na protlačení tvořena ohybovými kozlíky, lze hodnotu 0,67 pro poměr  $d/s_r$  v rovnici (6.52) nahradit hodnotou 0,53. Při využití ohybových kozlíků lze uvažovat  $f_{ywd,ef} = f_{ywd}$ .

Pro výpočet smykové výztuže na protlačení u základů a půdních desek předkládá německá národní příloha postup, který se zásadně odlišuje od postupu podle EN 1992-1-1. Vzhledem k většímu sklonu tlakových diagonál platí pro základy a půdní desky následující pravidla:

Redukovanou působící posouvající sílu  $V_{Ed,red}$  podle rovnice (6.48) mají přenášet první dva obvody smykové výztuže vedle  $A_{load}$ , aniž se odečítá nosný podíl betonu. Množství výztuže  $A_{sw,1+2}$  se přitom rovnoměrně rozdělí na oba obvody, které se mají uvažovat ve vzdálenosti  $a_1 = 0,3d$  a  $a_2 = 0,8d$ . Přitom platí pro

$$\beta \cdot V_{Ed,red} \leq V_{Rd,s} = A_{sw,1+2} \cdot f_{ywd,ef} \quad (NA.6.52.1)$$

$$\beta \cdot V_{Ed,red} \leq V_{Rd,s} = 1,3 \cdot A_{sw,1+2} \cdot f_{ywd} \cdot \sin \alpha \quad (NA.6.52.2)$$

kdy

$\beta$  Součinitel zvětšení pro posouvající sílu podle rovnice (NA.6.51.1)

$A_{sw,1+2}$  Smyková výztuž na protlačení v prvním a druhém obvodu

$\alpha$  Úhel, který svírá šikmá smyková výztuž s rovinou desky

Pokud jsou u základů nebo půdních desek nutné další obvody výztuže, má se u každého obvodu uvažovat vždy 33 % výztuže  $A_{sw,1+2}$  podle rovnice (NA.6.52.1). Odečítanou hodnotou zemního tlaku  $\Delta V_{Ed}$  v rovnici (6.48) lze přitom zohlednit s plochou základu uvnitř uvažovaného obvodu výztuže.

V každém případě se mají do oblasti dílce ohraničené obvodem  $u_{out}$  podle čl. 6.4.5 (4) vložit alespoň dva obvody výztuže.

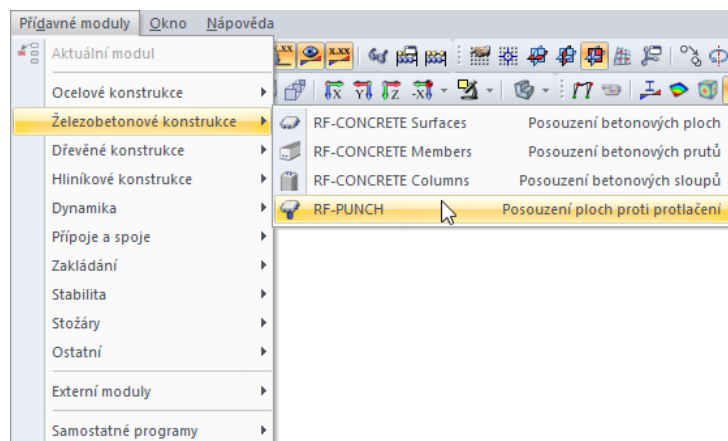
Radiální vzdálenost prvního obvodu výztuže se u stlačených základů má omezit na  $0,3d$  od okraje zatěžované plochy a vzdálenosti  $s_r$  mezi prvními třemi obvody výztuže na  $0,5d$ .

## 3. Práce v modulu RF-PUNCH

### 3.1 Spuštění modulu RF-PUNCH

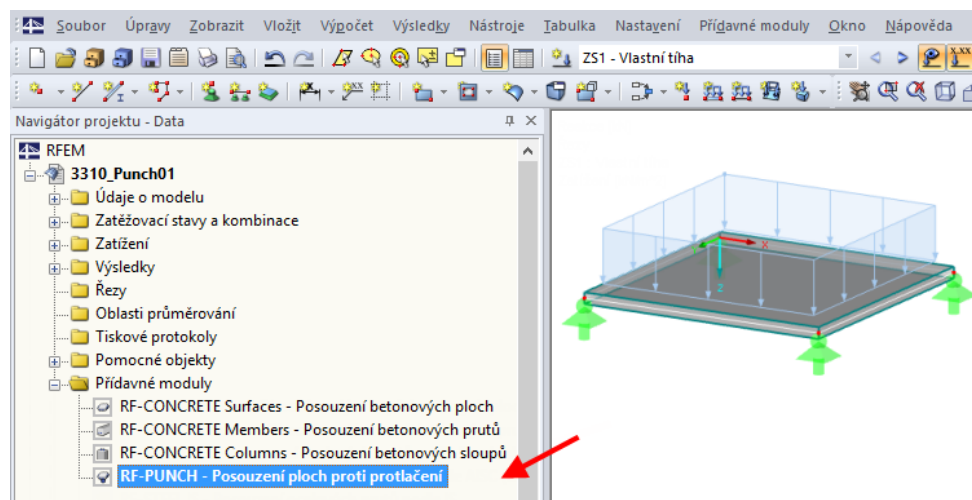
Přídavný modul RF-PUNCH lze spustit z hlavní nabídky RFEMu

**Přídavné moduly → Železobetonové konstrukce → RF-PUNCH.**



Obr. 3.1: Spuštění modulu RF-PUNCH z hlavní nabídky *Přídavné moduly*

RF-PUNCH lze také spustit z navigátoru projektu.

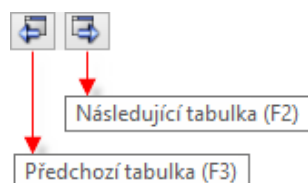


Obr. 3.2: Spuštění modulu RF-PUNCH z *navigátoru projektu*

## 3.2 Dialogy

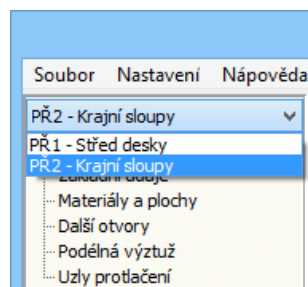
Zadání vstupních údajů k návrhovým případům v modulu RF-PUNCH a stejně tak zobrazení číselných výsledků probíhá v dialogích.

Jednotlivé dialogy navolíme kliknutím na jejich název v navigátoru modulu RF-PUNCH v levé části dialogu nebo je můžeme nalistovat pomocí kláves **F2** a **F3**, resp. pomocí tlačítek, která vidíme na obrázku níže.

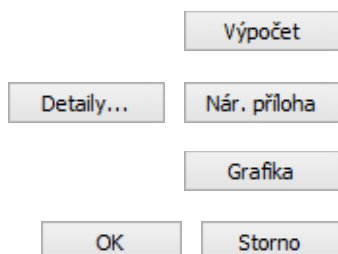


Obr. 3.3: Tlačítka pro přepínání mezi dialogy

Nad navigátorem se nachází rozbalovací seznam návrhových případů vytvořených v modulu RF-PUNCH. Tlačítkem [▼] seznam rozbalíme a kliknutím můžeme vybrat požadovaný případ.



Obr. 3.4: Výběr návrhového případu



Po kliknutí na tlačítko [Výpočet] se po zadání všech vstupních údajů posouzení spustí. Následně se zobrazí výsledky ve výstupních dialogích a v pracovním okně RFEMu.

Tlačítko [Detaily...] slouží k otevření dialogu *Detaily návrhu*, v kterém si můžeme prohlédnout součinitele podle příslušné normy (viz obr. 3.47, strana 81). 66

Tlačítkem [Grafika] zapneme zobrazení výsledků v pracovním okně RFEMu.

Tlačítkem [OK] uložíme zadané údaje a výsledky a zavřeme modul RF-PUNCH, zatímco tlačítkem [Storno] modul ukončíme bez uložení dat.

Tlačítkem [?] či klávesou [F1] aktivujeme online nápovědu.

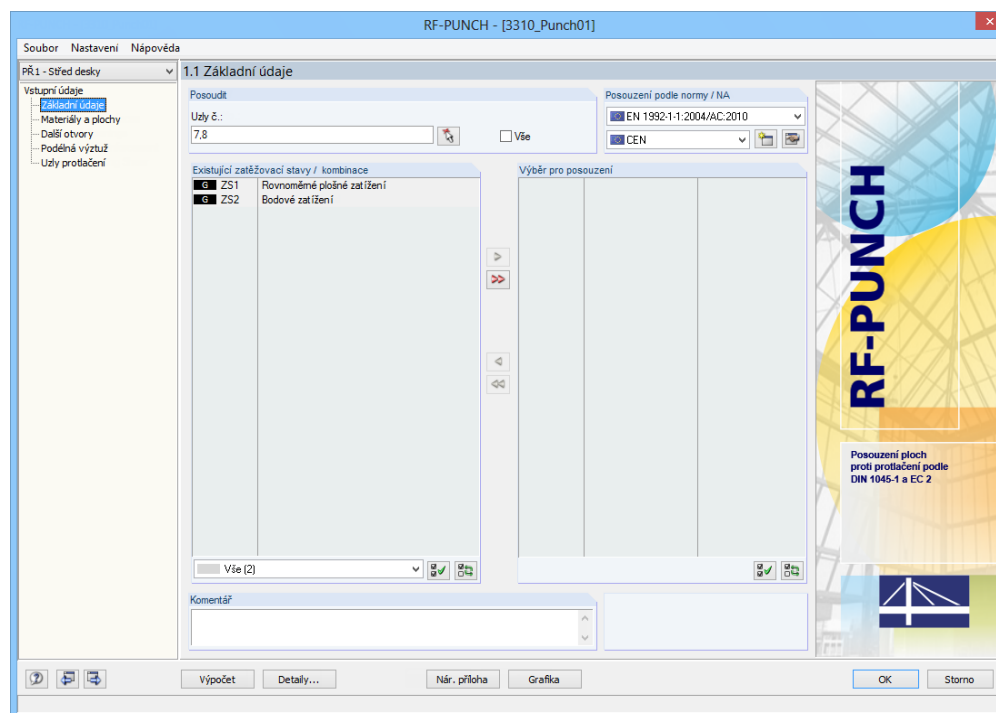


## 3.3 Vstupní údaje

Údaje se zadávají v pěti vstupních dialogích. Dialogy přitom vstupní data doplňují.

### 3.3.1 Základní údaje

V dialogu 1.1 *Základní údaje* je třeba stanovit normu, kterou se budeme při posouzení řídit, a dále zatěžovací stavy a kombinace zatížení či kombinace výsledků, které připadají v úvahu pro posouzení na protlačení.

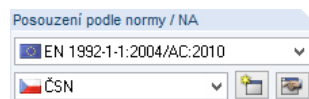


Obr. 3.5: Dialog 1.1 *Základní údaje*

### Posoudit

V zadávacím poli v této sekci je třeba uvést čísla posuzovaných *uzlů*. Pokud se mají posoudit jen určité uzly, je třeba zrušit označení u políčka *Vše*: zpřístupní se tak příslušné políčko pro zadání čísel požadovaných uzlů. Seznam předem nastavených čísel můžeme vybrat dvojitým kliknutím a následně ručně přepsat. Tlačítko [↵] umožňuje vybrat objekty také graficky v pracovním okně RFEMu.

### Národní příloha

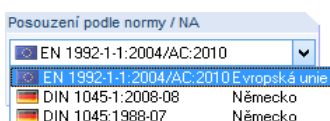


Obr. 3.6: Norma a národní příloha pro posouzení železobetonové konstrukce

### Norma

Uživatel musí stanovit, kterou normou se budou řídit posouzení na protlačení. Seznam nabízí následující normy pro železobetonové konstrukce:

- EN 1992-1-1:2004/AC:2010      Evropská unie
- DIN 1045-1:2008-08              Německo
- DIN 1045:1988-07                Německo



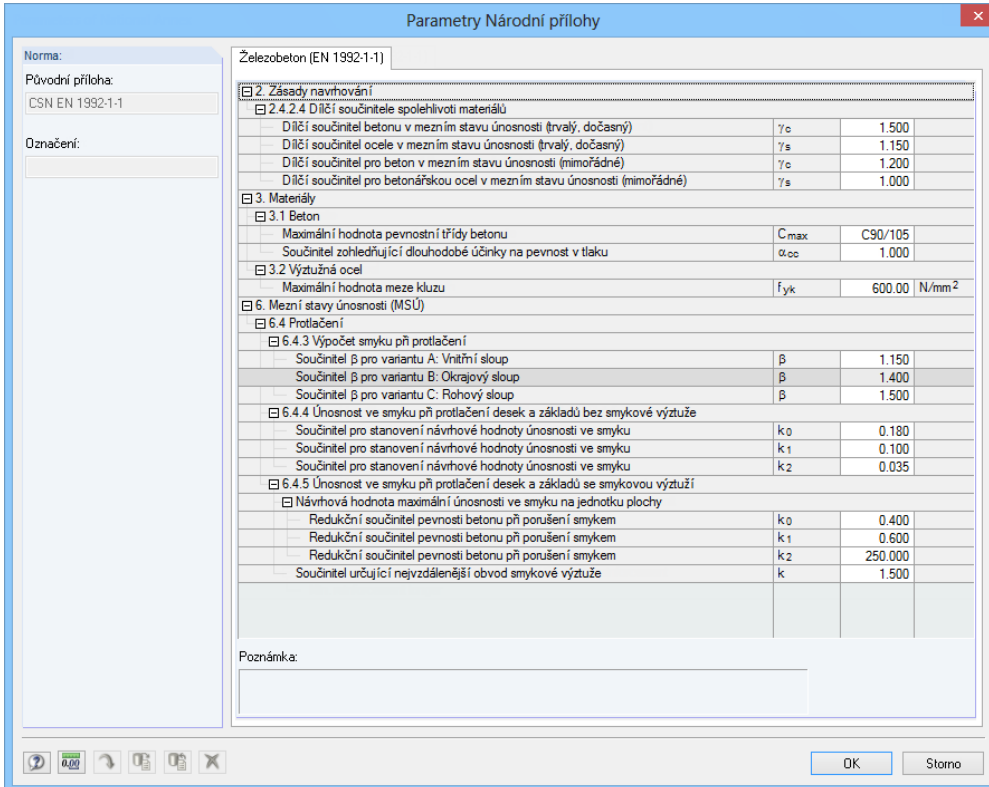
### Národní příloha

V případě posouzení podle Eurokódu (EN 1992-1-1:2004/AC:2010) je třeba určit národní přílohu, jejíž parametry budou pro posouzení platit.

	CEN	EU
	BS	Spojené Království
	CYS	Kypr
	DIN	Německo
	DK	Dánsko
	NBN	Belgie
	NEN	Nizozemsko
	NF	Francie
	NP	Portugalsko
	PN	Polsko
	SFS	Finsko
	SIST	Slovinsko
	SS	Singapur
	SS	Švédsko
	STN	Slovensko
	UNE	Španělsko
	UNI	Itálie
	CSN	Česká republika
	ÖNORM	Rakousko

Obr. 3.7: Národní přílohy EN 1992-1-1

Pokud klikneme na tlačítko [Upravit nastavení pro Eurokód...], můžeme si prohlédnout předem nastavené hodnoty.



Parametry Národní přílohy

Norma: Zelezobeton (EN 1992-1-1)

Původní příloha: CSN EN 1992-1-1

Označení:

<b>2. Zásady navrhování</b>			
2.4.2.4 Dílčí součinitele spolehlivosti materiálů			
Dílčí součinitel betonu v mezním stavu únosnosti (trvalý, dočasný)	$\gamma_c$		1.500
Dílčí součinitel ocele v mezním stavu únosnosti (trvalý, dočasný)	$\gamma_s$		1.150
Dílčí součinitel pro beton v mezním stavu únosnosti (mimořádné)	$\gamma_c$		1.200
Dílčí součinitel pro betonářskou ocel v mezním stavu únosnosti (mimořádné)	$\gamma_s$		1.000
<b>3. Materiály</b>			
3.1 Beton			
Maximální hodnota pevnosti třídy betonu	$C_{max}$		C90/105
Součinitel zohledňující dlouhodobé účinky na pevnost v tlaku	$\alpha_{cc}$		1.000
3.2 Výztužná ocel			
Maximální hodnota meze kluzu	$f_{yk}$		600.00 N/mm <sup>2</sup>
<b>6. Mezní stavy únosnosti (MSÚ)</b>			
6.4 Protlačení			
6.4.3 Výpočet smyku při protlačení			
Součinitel $\beta$ pro variantu A: Vnitřní sloup	$\beta$		1.150
Součinitel $\beta$ pro variantu B: Okrajový sloup	$\beta$		1.400
Součinitel $\beta$ pro variantu C: Rohový sloup	$\beta$		1.500
6.4.4 Únosnost ve smyku při protlačení desek a základů bez smykové výztuže			
Součinitel pro stanovení návrhové hodnoty únosnosti ve smyku	$k_0$		0.180
Součinitel pro stanovení návrhové hodnoty únosnosti ve smyku	$k_1$		0.100
Součinitel pro stanovení návrhové hodnoty únosnosti ve smyku	$k_2$		0.035
6.4.5 Únosnost ve smyku při protlačení desek a základů se smykovou výztuží			
Návrhová hodnota maximální únosnosti ve smyku na jednotku plochy			
Redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem	$k_0$		0.400
Redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem	$k_1$		0.600
Redukční součinitel pevnosti betonu při porušení smykem	$k_2$		250.000
Součinitel určující nejdálší obvod smykové výztuže	$k$		1.500

Poznámka:

OK Storno

Obr. 3.8: Dialog Nastavení pro Eurokód

V tomto dialogu se uvádí všechny součinitele, které mají pro posouzení význam a které upravují národní přílohy. Jsou seřazeny podle čísel článků Eurokódu.

Pokud mají pro dílčí a redukční součinitele atd. platit jiná ustanovení, můžeme parametry upravit. Nejdříve vytvoříme pomocí tlačítka [Vytvořit nové nastavení pro Eurokód...] kopii aktuální národní přílohy. V dané kopii pak můžeme parametry upravit.

### Existující zatěžovací stavy a kombinace

V tomto sloupci se zobrazí seznam všech zatěžovacích stavů, kombinací zatížení a kombinací výsledků vytvořených v RFEMu.





Tlačítkem [▶] lze vybrané položky zařadit na seznam vpravo *Výběr pro posouzení*. Jednotlivé položky můžeme převést i tak, že na ně dvakrát klikneme. Tlačítkem [▶▶] převedeme do tabulky vpravo celý seznam.

Vícenásobný výběr zatěžovacích stavů lze provést (tak jak je ve Windows běžné) se stisknutou klávesou [Ctrl]. Můžeme tak převést do seznamu několik zatěžovacích stavů najednou.

Pokud je některý zatěžovací stav označen hvězdičkou (\*), pak ho nelze posoudit: jedná se o zatěžovací stav, v němž nejsou definovány údaje o zatížení, nebo se jedná o imperfekci. Při převádění takového stavu do tabulky *Výběr pro posouzení* se zobrazí příslušné varovné hlášení.

Pod seznamem máme k dispozici filtrovací funkce. Umožňují třídít položky podle toho, zda se jedná o zatěžovací stav nebo kombinaci, příp. podle kategorie účinku. Tlačítka mají následující funkce:

	Slouží k výběru všech zatěžovacích stavů v seznamu.
	Výběr zatěžovacích stavů se obrátí.

Tabulka 3.1: Tlačítka pro výběr v seznamu

### Výběr pro posouzení

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





Zatěžovací stavy a kombinace zatížení, resp. kombinace výsledků lze přiřadit k následujícím návrhovým situacím:

- *Základní*
- *Mimořádná*

Dané přiřazení má vliv na dílčí součinitele spolehlivosti  $\gamma_c$  a  $\gamma_s$  podle EN 1992-1-1, tabulky 2.1 (viz obr. 3.8, strana 66 a obr. 3.47, strana 81).

Návrhovou situaci můžeme změnit v seznamu, který otevřeme tlačítkem [▼] na konci vstupního políčka.

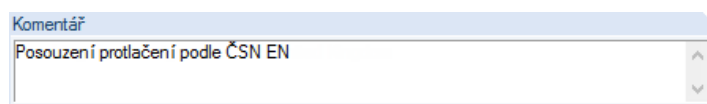
	ZS1	Vlastní tíha	Trvalá a dočasná
	ZS2	Užitné zatížení	Trvalá a dočasná
	KZ1	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2	Trvalá a dočasná
			Trvalá a dočasná
			Mimořádná

Obr. 3.9: Přiřazení návrhové situace

I v tomto případě můžeme pomocí stisknuté klávesy [Ctrl] provést vícenásobný výběr, a upravit tak několik položek najednou.

Posouzení kombinace výsledků Max/Min je rychlejší než posouzení všech úhrnem převzatých zatěžovacích stavů a kombinací zatížení. Při posouzení kombinace výsledků je třeba dbát pokynů, které uvádíme v kapitole 2.1.

### Komentář

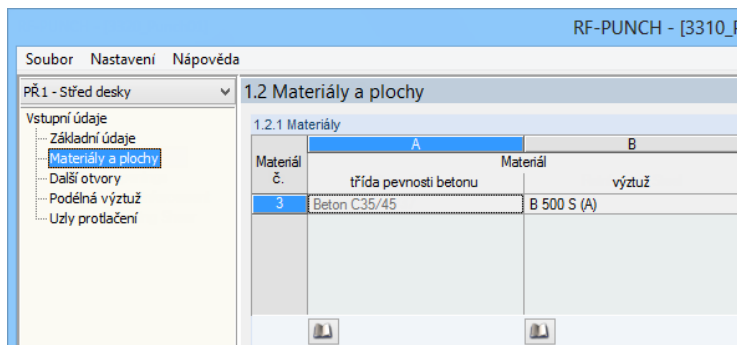


Obr. 3.10: Komentář od uživatele

V tomto vstupním poli může uživatel uvést vlastní poznámku.

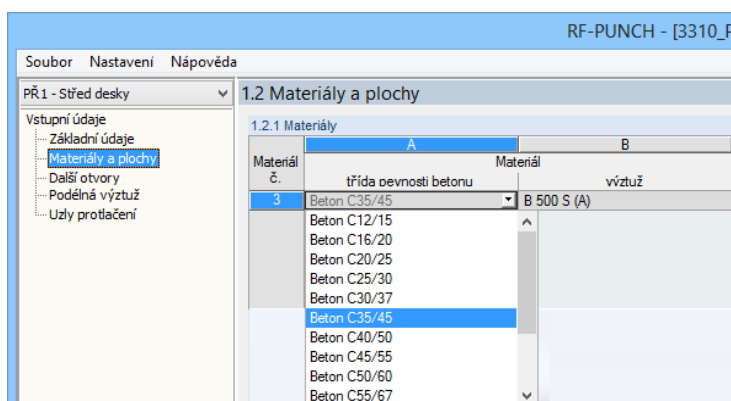
### 3.3.2 Materiály a plochy

Dialog 1.2 *Materiály a plochy* je rozdělen do dvou částí. V horní sekci je uveden seznam betonových a ocelových materiálů, které byly při návrhu použity. Z kategorie *Beton* jsou tu předem nastaveny všechny materiály, které se vyskytují v RFEMu pro plochy.



Obr. 3.11: Dialog 1.2 *Materiály a plochy*, tabulka 1.2.1 *Materiály*

Pokud klikneme do buňky, v níž je uvedena třída pevnosti betonu nebo jakost výztuže, zobrazí se tlačítko [▼]. Otevřeme jím seznam, který máme k dispozici pro vybranou normu a v němž můžeme vybrat požadovanou třídu pevnosti betonu, resp. druh oceli.



Obr. 3.12: Změna třídy pevnosti betonu

Materiály lze vybrat také z příslušných knihoven (viz následující strana).

V dolní sekci vidíme seznam ploch, které přicházejí v úvahu pro posouzení.

1.2.2 Plochy				
Plocha č.	A	B	C	D
	Materiál č.	Tloušťka Typ	Tloušťka d [cm]	Komentář
209	6	Konstantní	20.00	
234	1	Konstantní	18.00	
235	1	Konstantní	18.00	
366	1	Konstantní	25.00	
368	6	Konstantní	20.00	

Obr. 3.13: Dialog 1.2 *Materiály a plochy*, tabulka 1.2.2 *Plochy*

Materiály zadané v sekci výše pod příslušnými čísly jsou přiřazeny jednotlivým plochám.

Ve sloupci C je předem nastavena tloušťka ploch z RFEMu. Pro posouzení v modulu RF-PUNCH je lze v případě potřeby upravit.

### Databáze materiálů

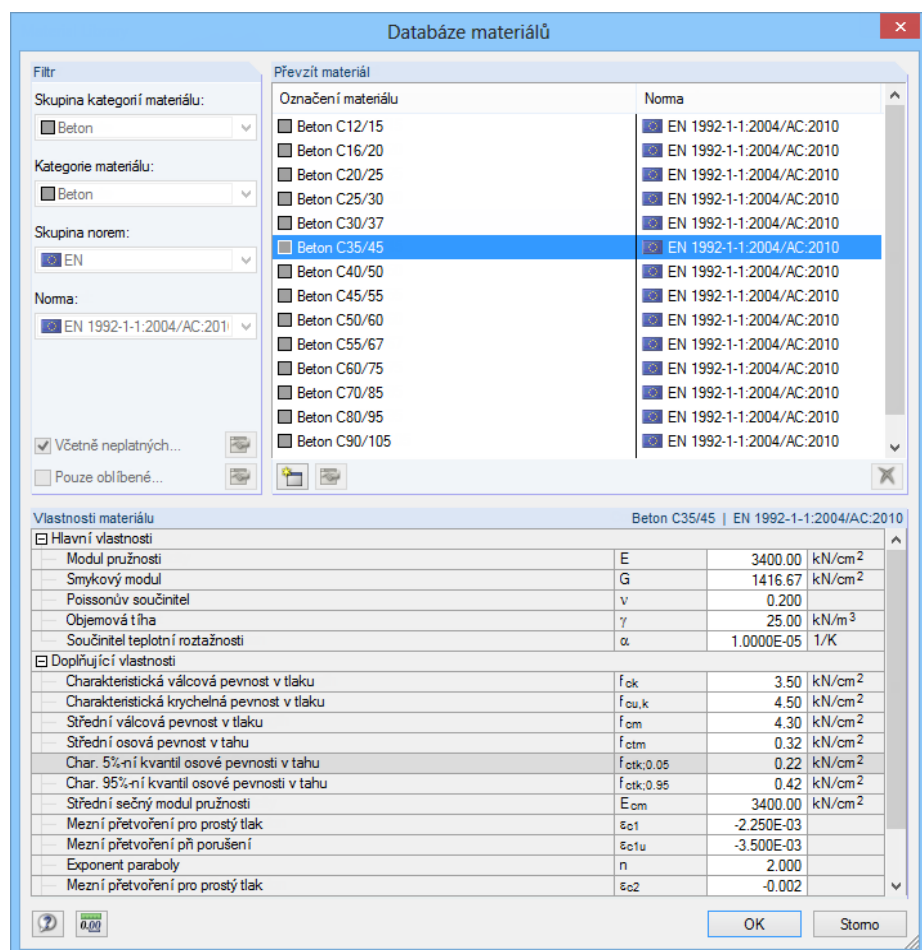
Mnoho materiálů je uloženo v databázi. Tlačítka [Databáze materiálů...] nám poskytují přístup do knihoven materiálů z kategorie *Beton* a *Výztužná ocel*.



Databáze materiálů - beton...

Obr. 3.14: Tlačítko [Databáze materiálů - beton...]

Otevře se následující dialog:



Obr. 3.15: Dialog *Databáze materiálů*

Materiály, které se tu automaticky zobrazí, odpovídají vybrané normě. V sekci *Filtr* tak nelze vybírat žádné jiné kategorie ani normy. Požadovanou třídu pevnosti betonu můžeme nastavit v seznamu *Převzít materiál*; vlastnosti materiálu můžeme přezkontrolovat v dolní sekci.

Tlačítkem [OK] nebo klávesou [↵] převezmeme zvolenou jakost betonu do dialogu 1.2 modulu RF-PUNCH.

V kapitole 4.3 v manuálu k hlavnímu programu RFEM je podrobně popsáno, jak lze přidávat nové materiály do databáze nebo materiály nově třídit a filtrovat.

OK

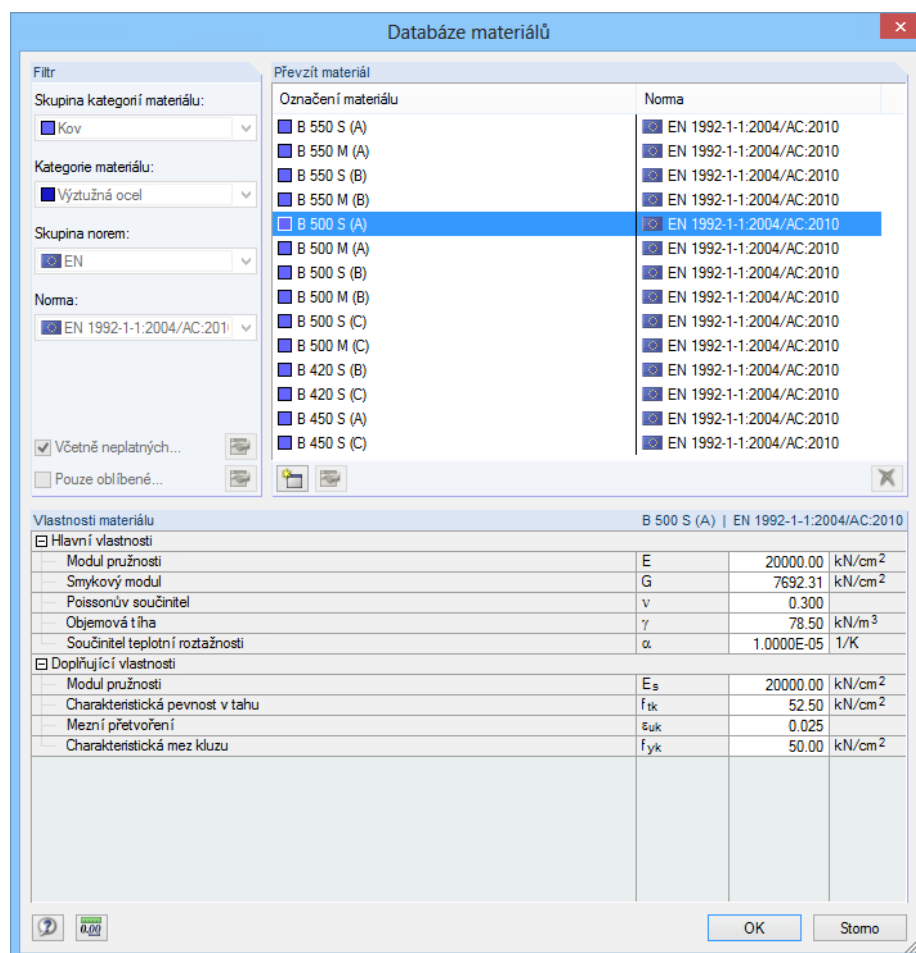
Každé třídě pevnosti betonu je třeba přiřadit druh výztužné oceli. Tlačítkem [Databáze materiálů - výztuž] otevřeme příslušnou knihovnu.



Databáze materiálů - výztuž

Obr. 3.16: Tlačítko [Databáze materiálů - výztuž]

Otevře se následující dialog:

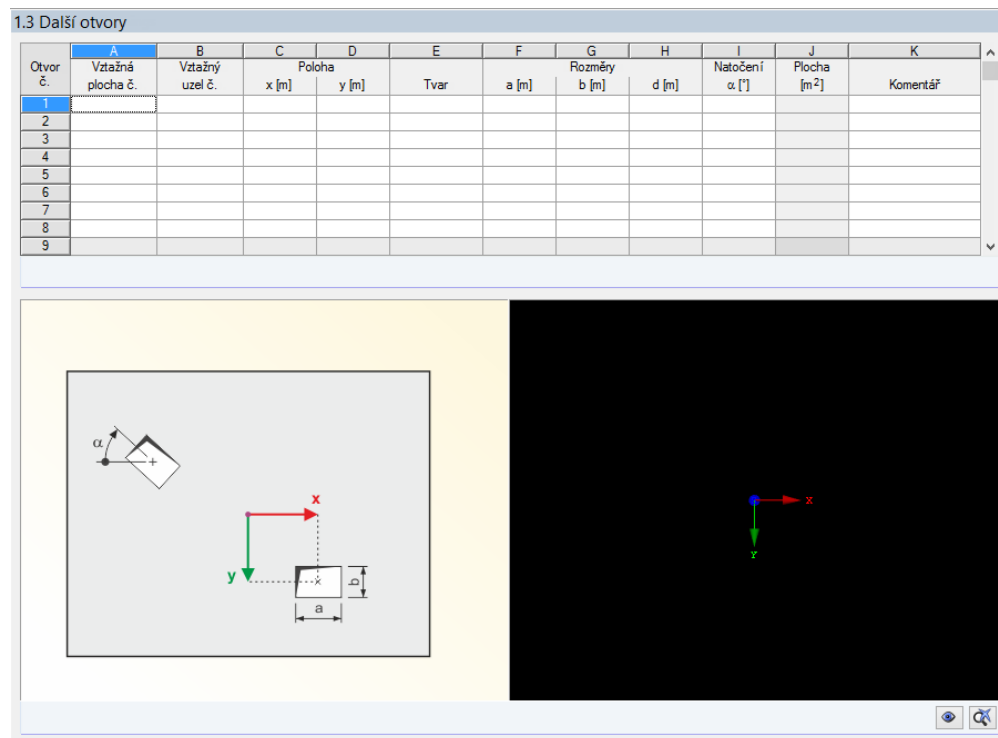


Obr. 3.17: Dialog Databáze materiálů

V sekci *Filtr* jsou opět předem nastaveny výztuže přípustné podle zvolené normy.

### 3.3.3 Další otvory

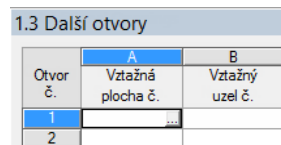
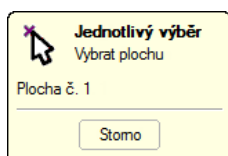
Všechny otvory, které model konstrukce v RFEMu obsahuje, budou automaticky zohledněny při jeho posouzení na protlačení. V dialogu 1.3 *Další otvory* můžeme zadat další otvory, které nebudou mít na tuhost modelu v RFEMu žádný vliv: dané otvory se budou uvažovat pouze při posouzení na protlačení.



Obr. 3.18: Dialog 1.3 *Další otvory*

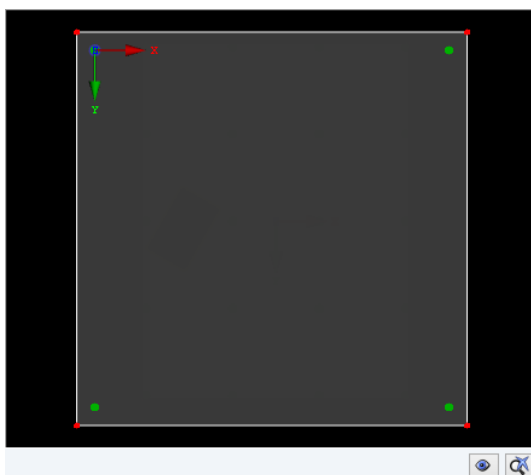
V levém okně pod tabulkou jsou zadávané parametry znázorněny v náčrtu. Interaktivní grafický obrázek na pravé straně představuje plochu, v níž má být vytvořen další otvor.

Zpočátku vypadá dialog 1.3 tak, jak vidíme na obrázku výše. Grafické okno vpravo ještě neobsahuje žádnou plochu, protože jsme dosud žádnou plochu ani otvor nevybrali. Pro stanovení plochy, v které se má otvor nacházet, je třeba ve sloupci *Vztažná plocha č.* uvést číslo konkrétní plochy. Další možností je použít tlačítko [...] a zvolit plochu graficky v pracovním okně RFEMu.



Obr. 3.19: Tlačítko [...] pro výběr plochy

Jakmile číslo plochy stanovíme, zobrazí se plocha také v grafickém okně v pravé dolní části dialogu (viz následující obrázek).



Obr. 3.20: Znáznornění plochy

Na obrázku lze vidět také uzly, v nichž se má provést posouzení na protlačení (zde uzel ve středu plochy).

V následujících sloupcích tabulky nyní můžeme zadat polohu otvoru na ploše. Ve sloupci B uvedeme číslo *vztažného uzlu* nebo ho opět vybereme po kliknutí na tlačítko [...] graficky v pracovním okně RFEMu. Jako vztažný uzel může sloužit jakýkoli uzel na vybrané ploše.

Souřadnice středu otvoru se pak zadávají ve vztahu k tomuto uzlu v obou sloupcích pro zadání *polohy* nebo je lze stanovit pomocí tlačítka [...] opět graficky.

Otvor č.	A	B	C		D
	Vztažná plocha č.	Vztažný uzel č.	Poloha		
			x [m]	y [m]	
1	1	5	1.000	2.000	

Obr. 3.21: Vztažný uzel a poloha

Pokud ponecháme „0“ jako vztažný uzel, budou se údaje pro zadání polohy otvoru vztahovat ke vzdálenosti ve směru osy x a y lokálního souřadného systému plochy tak, jak je znázorněno v pravém dolním okně.

Ve sloupci E pak můžeme ze seznamu vybrat *tvar* otvoru.

Otvor č.	A	B	C	D	E
	Vztažná plocha č.	Vztažný uzel č.	Poloha		Tvar
			x [m]	y [m]	
1	1	5	1.000	2.000	Obdélníkový

Obr. 3.22: Tvar otvoru

V závislosti na vybraném tvaru můžeme ve sloupcích *Rozměry* stanovit buď délku a šířku nebo průměr otvoru.

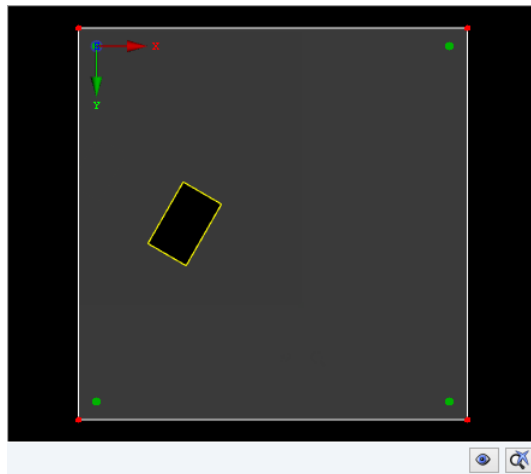
V případě obdélníkového otvoru můžeme navíc zadat natočení (kladná hodnota ve směru hodinových ručiček, vztaženo ke kladné ose x souřadného systému plochy).



Otvor se zobrazí na obrázku plochy, jakmile definujeme všechny jeho vlastnosti.

Otvor č.	A	B	C		D	E	F	G		H	I	J
	Vztažná plocha č.	Vztažný uzel č.	Poloha			Tvar	a [m]	b [m]	d [m]	Natočení $\alpha$ [°]	Plocha [m <sup>2</sup> ]	
1	1	5	x [m]	y [m]	1.000	2.000	Obdélníkový	0.500	0.800		30.000	0.400

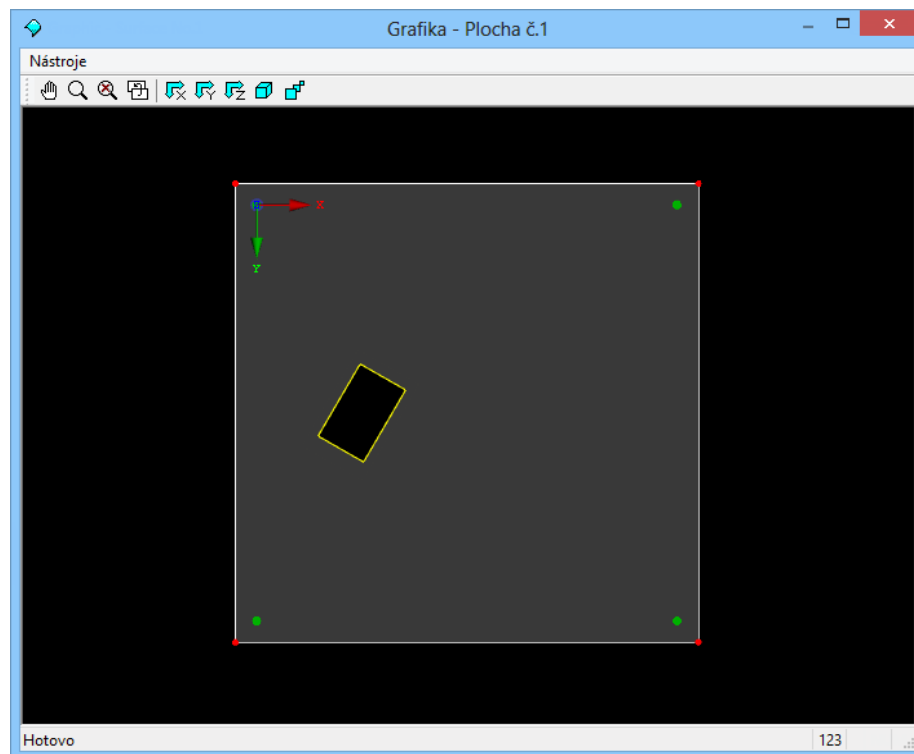
Obr. 3.23: Obdélníkový otvor s natočením



Obr. 3.24: Znárodnění otvoru



Pod obrázkem se nachází tlačítko [👁️]. Slouží k otevření velkého okna se zobrazením plochy.



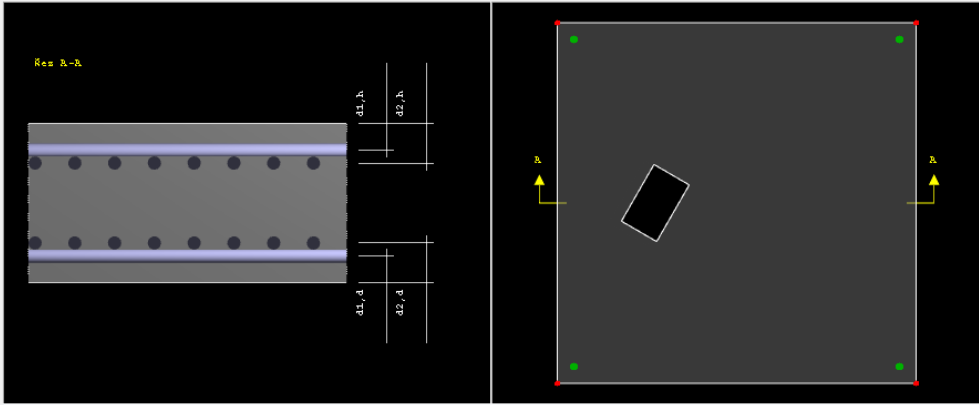
Obr. 3.25: Grafické zobrazení plochy s přidáním otvorem

### 3.3.4 Podélná výztuž

V dialogu 1.4 *Podélná výztuž* lze u každé plochy stanovit počet a směr vrstev výztuže a také krytí výztuže. Údaje lze zadat zvlášť pro horní a dolní stranu desky.

1.4 Podélná výztuž

Plocha č.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	Poloha	Počet vrstev	Druh zadání krytí výztuže	$d_1$	Krytí výztuže [cm] $d_2$	$d_3$	$\varphi_1$	Směr vrstvy [°] $\varphi_2$	$\varphi_3$	Komentář
1	horní	2	Osová vzdálenost	4.000	6.000		0.000	90.000		
	dole	2	Osová vzdálenost	4.000	6.000		0.000	90.000		

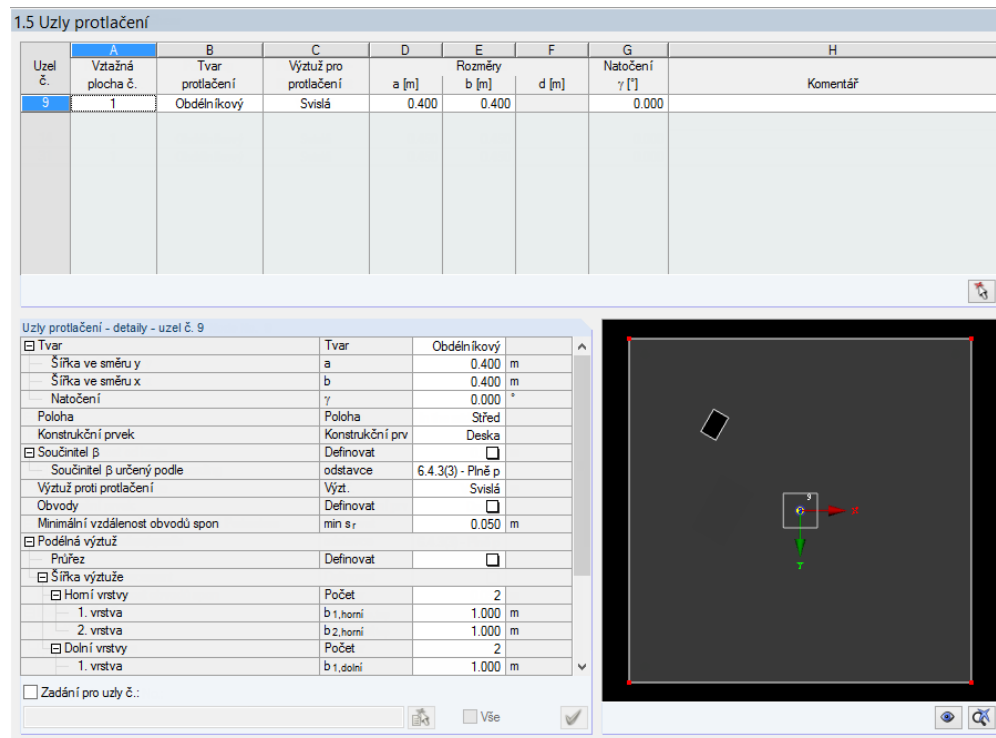
  


Obr. 6.26: Dialog 1.4 *Podélná výztuž*

Dvě interaktivní grafická zobrazení pod tabulkou znázorňují, k čemu se výše zadané údaje vztahují. Obrázek vlevo zachycuje řez deskou. Při zadání betonového krytí vrstvy výztuže se v obrázku vyberou schematicky znázorněné výztužné pruty. Umístění řezu si lze prohlédnout na obrázku vpravo.

### 3.3.5 Uzly protlačení

Dialog 1.5 *Uzly protlačení* se skládá ze dvou tabulek a z grafického okna se znázorněním uzlu protlačení, který jsme právě vybrali v horní tabulce. Uzly, které se mají posuzovat na protlačení, mají zelenou barvu, právě vybraný uzel je pak žlutý.



Obr. 3.27: Dialog 1.5 *Uzly protlačení*

Horní tabulka podává přehled o všech uzlech, které jsme v dialogu 1.1 *Základní údaje* vybrali pro posouzení na protlačení. Přehledně tu jsou uvedeny také nejdůležitější vlastnosti (viz obr. 3.28).

Další vlastnosti uzlu můžeme definovat tak, že v horní tabulce klikneme do řádku příslušného uzlu. Ve spodní tabulce *Uzly protlačení - detaily* následně můžeme zadat v bílých políčkách další údaje k vybranému uzlu (viz kapitola 3.3.5.2).

Uzel č.	A	B	C	D	E	F	G
Uzel č.	Vztažná plocha č.	Tvar protlačení	Výztuž pro protlačení	a [m]	b [m]	d [m]	Natočení $\gamma$ [°]
9	1	Obdélníkový	Svislá	0.400	0.400		0.000

Obr. 3.28: Hlavní tabulka s nejdůležitějšími vlastnostmi uzlu posuzovaného na protlačení

Ve sloupci A se uvádí vztažné plochy uzlů.

Ve sloupci B lze ze seznamu zvolit *tvar protlačení* po kliknutí na tlačítko [▼]. Tvar zatěžované plochy může být buď obdélníkový nebo kruhový.

V závislosti na vybraném tvaru můžeme ve sloupcích *Rozměry* stanovit buď délku a šířku nebo průměr otvoru. V případě obdélníkového tvaru zatěžované plochy můžeme navíc zadat natočení.

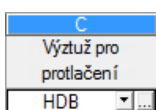
Typ *výztuže pro protlačení* se stanoví ve sloupci C. Na výběr máme z několika možností (viz následující obrázek).

1.5 Uzly protlačení							
Uzel č.	A	B	C	D	E	F	G
	Vztažná plocha č.	Tvar protlačení	Výztuž pro protlačení	a [m]	Rozměry b [m]	d [m]	Natočení $\gamma$ [°]
9	1	Obdélníkový	Svislá	0.400	0.400		0.000
			Žádná				
			Svislá				
			Šikmá				
			HDB				

Obr. 3.29: Výběr typu výztuže na protlačení

Pokud nastavíme volbu *Žádná*, při posouzení desky se pouze ověří, zda je samotná únosnost desky ve smyku dostatečná. Na průběh posouzení má rozhodující vliv, je-li výztuž na protlačení *svislá* nebo *šikmá*.

V určitých případech máme k dispozici volbu *HDB*. Posouzení pak provede návrhový software od výrobce smykových lišt HALFEN-DEHA (software je potřeba samostatně nainstalovat). V modulu RF-PUNCH tento program vyvoláme pomocí tlačítka [...].



Obr. 3.30: Vyvolání návrhového softwaru od firmy HALFEN-DEHA

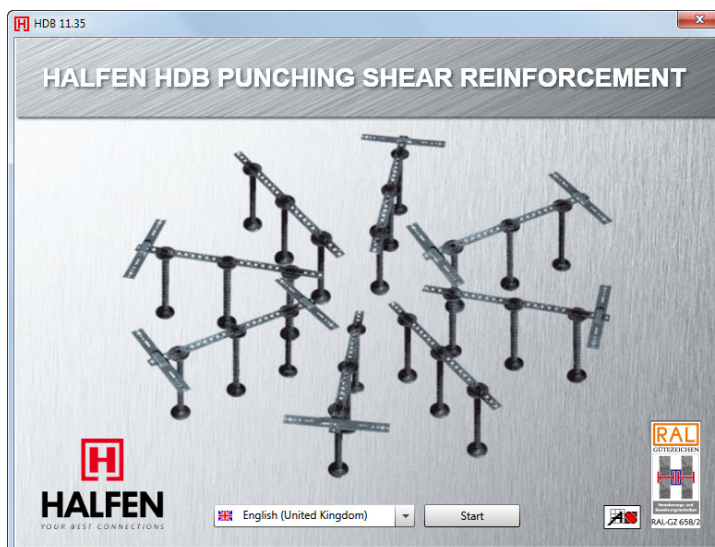
Vyvolat program HDB z modulu RF-PUNCH lze pouze při nastavení určitých norem:



Obr. 3.31: Nastavení normy pro HDB

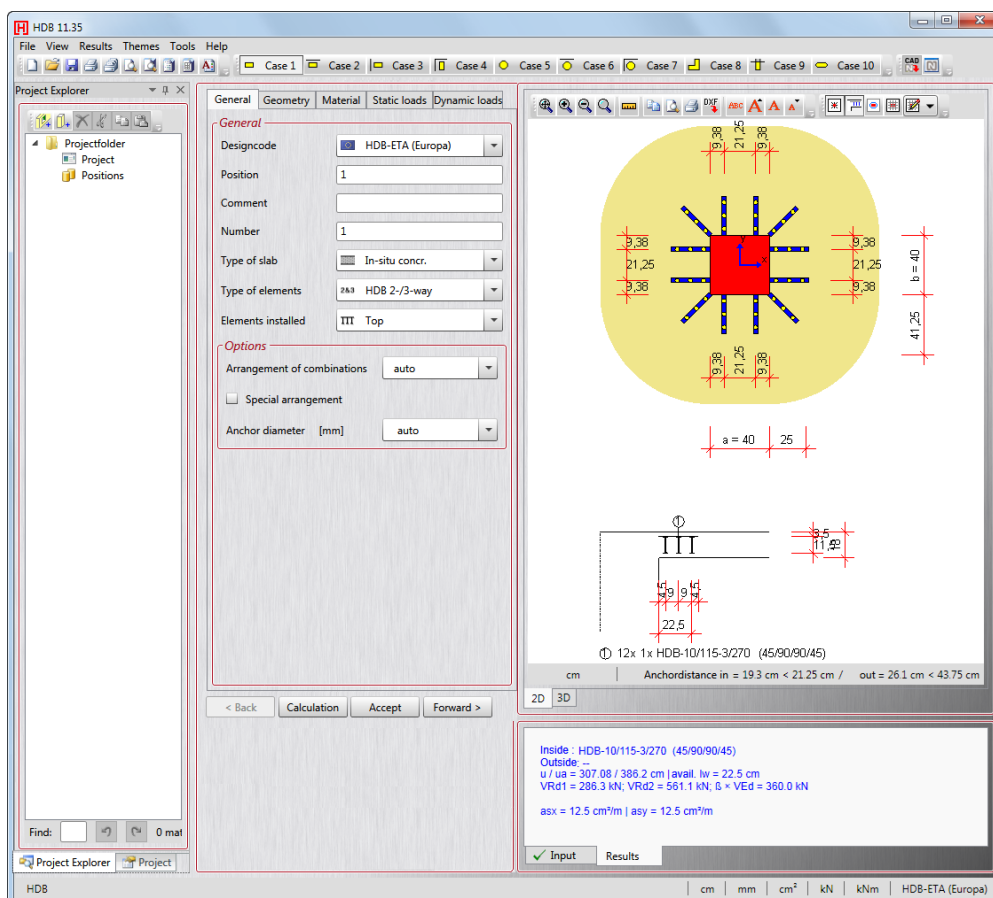
## 3.3.5.1 Software pro posouzení smykových lišt HDB

Zobrazí se spouštěcí dialog HDB.



Obr. 3.32: Spouštěcí dialog HDB

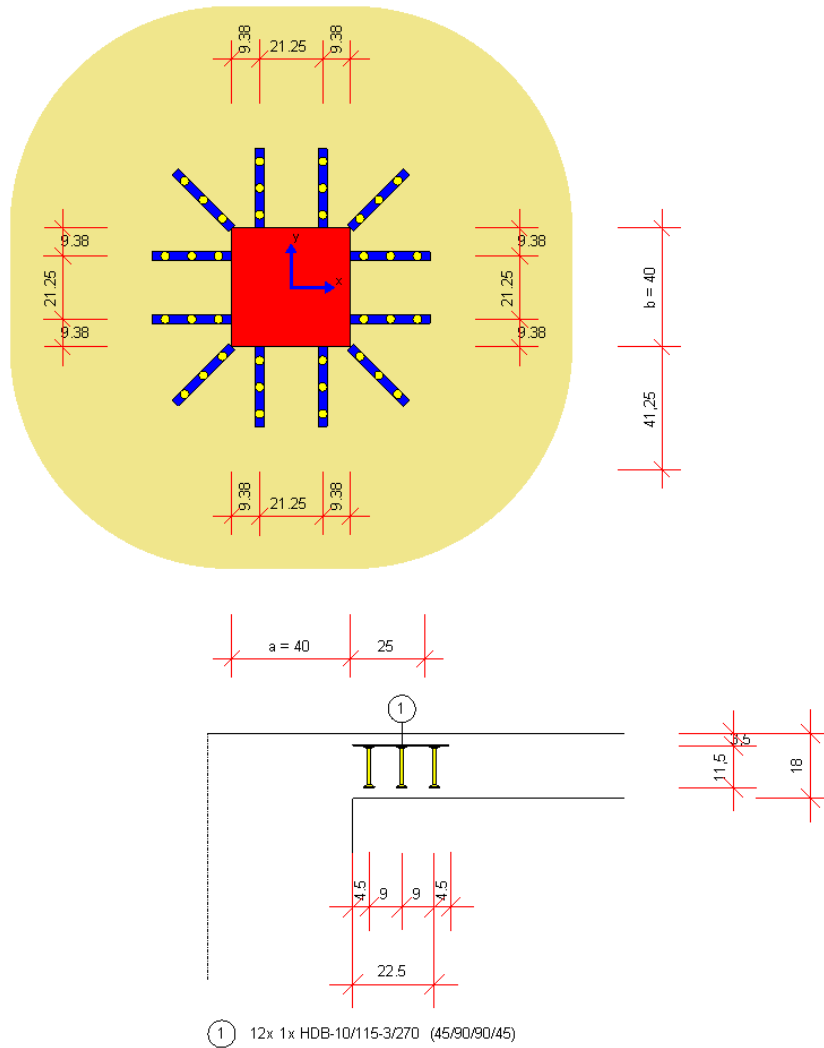
V něm klikneme na [Start]. Poté se otevře následující dialog:



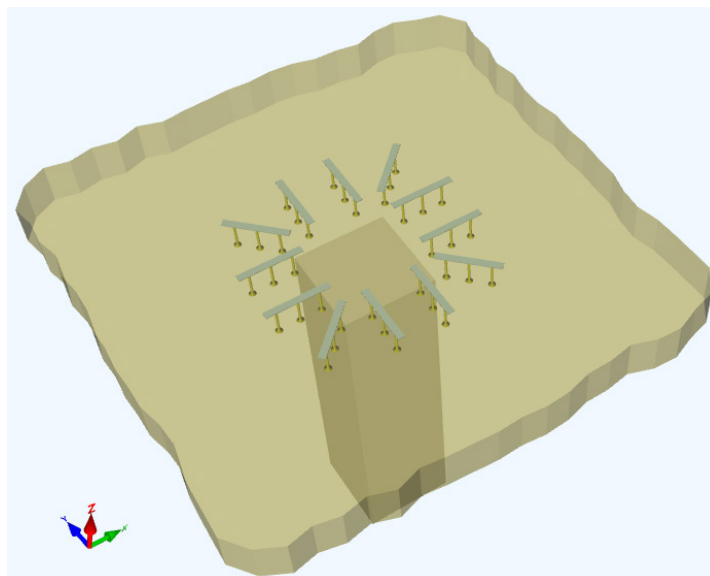
Obr. 3.33: Dialog HDB pro výpočet smykových lišt

Jakmile máme kompletně zadány údaje v záložkách *Obecné*, *Geometrie*, *Materiál* a *Statická zatížení*, lze spočítat výsledky.

Po výpočtu se výsledky zobrazí jako 2D a 3D grafická znázornění.



Obr. 3.34: Výsledky HDB v 2D (základní náčrt a řez)



Obr. 3.35: Výsledky HDB v 3D

## 3.3.5.2 Tabulka s podrobnými údaji ke konkrétnímu uzlu pro posouzení

V tabulce *Uzly protlačení - details* se zadávají přesné údaje pro posouzení.

<input type="checkbox"/> Tvar	Tvar	Obdélníkový	
<input type="checkbox"/> Šířka ve směru y	a	0.400	m
<input type="checkbox"/> Šířka ve směru x	b	0.400	m
<input type="checkbox"/> Natočení	$\gamma$	0.000	°
Poloha	Poloha	Střed	
Konstrukční prvek	Konstrukční prv	Deska	
<input type="checkbox"/> Součinitel $\beta$	Definovat	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Součinitel $\beta$ určený podle	odstavce	6.4.3(3) - Plně p	
Výztuž proti protlačení	Výzt.	Svislá	
Obvody	Definovat	<input type="checkbox"/>	
Minimální vzdálenost obvodů spon	min $s_r$	0.050	m
<input type="checkbox"/> Podélná výztuž			
<input type="checkbox"/> Průřez	Definovat	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Šířka výztuže			
<input type="checkbox"/> Horní vrstvy	Počet	2	
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	$b_{1, \text{horní}}$	1.000	m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	$b_{2, \text{horní}}$	1.000	m
<input type="checkbox"/> Dolní vrstvy	Počet	2	
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	$b_{1, \text{dolní}}$	1.000	m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	$b_{2, \text{dolní}}$	1.000	m
Zatížení pro protlačení	Def $V_{sd}$	Stanovit	
Normálová síla	$N_{cp}$	Stanovit	
<input type="checkbox"/> Odpočitatelné zatížení na plochu			
<input type="checkbox"/> Velikost	q	0.00	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Odpočitatelný podíl	Podíl	100.00	%
<input type="checkbox"/> Max. odečitatelná plocha	Vzdálenost	1.0	d

Obr. 3.36: Tabulka s podrobnými údaji

Zatěžovaná plocha může mít *obdélníkový* nebo *kruhový* tvar.

<input type="checkbox"/> Tvar	Tvar	Obdélníkový	
<input type="checkbox"/> Šířka ve směru y	a	0.400	m
<input type="checkbox"/> Šířka ve směru x	b	0.400	m
<input type="checkbox"/> Natočení	$\gamma$	0.000	°
<input type="checkbox"/> Tvar	Tvar	Kruhový	
<input type="checkbox"/> Šířka	D	0.400	m

Obr. 3.37: Tvar

Pro polohu sloupu můžeme zvolit buď *střed*, *okraj* nebo *roh* plochy.

Poloha	Poloha	Střed	
Poloha	Poloha	Okraj	
<input type="checkbox"/> Další okraj	Linie č.	1	
<input type="checkbox"/> Vzdálenost od kraje	$d_R$	0.200	m
<input type="checkbox"/> Poloha	Poloha	Roh	
<input type="checkbox"/> Další okraj	Linie č.	1	
<input type="checkbox"/> Vzdálenost od kraje	$d_R$	0.200	m
<input type="checkbox"/> Další okraj	Linie č.	2	
<input type="checkbox"/> Vzdálenost od kraje	$d_R$	0.200	m

Obr. 3.38: Poloha

V dalším řádku můžeme stanovit, o jaký konstrukční prvek se jedná: zda o *desku* nebo *základ*.

Konstrukční prvek	Konstrukční prvek	Deska
		Základ

Obr. 3.39: Konstrukční prvek – deska nebo základ

Součinitel  $\beta$  lze *určit* podle příslušné normy nebo *definovat* ručně.

<input type="checkbox"/> Součinitel $\beta$	Definovat	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Součinitel $\beta$ určený podle	odstavce	6.4.3(3) - Plně plastické rozdělení smykového napětí 6.4.3(6) - Konstantní součinitele podle obrázku 6.21N
<input type="checkbox"/> Součinitel $\beta$	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Definovaný faktor $\beta$	$\beta_{def}$	1.000

Obr. 3.40: Součinitel  $\beta$

Výztuž na protlačení není buď *žádná* nebo může být *svislá* či *šikmá*, případně ji lze spočítat v programu *HDB*. HDB je k dispozici pouze při posouzení podle normy EN (CEN), DIN EN nebo DIN 1045-1:2008-08.

<input type="checkbox"/> Výztuž proti protlačení	Výzt.	Žádná Svislá Šikmá HDB
<input type="checkbox"/> Výztuž proti protlačení	Výzt.	Šikmá
<input type="checkbox"/> Sklon	$\alpha$	90.00 °

Obr. 3.41: Výztuž proti protlačení

Obvody se vypočítají automaticky; lze je ovšem *definovat* také ručně.

<input type="checkbox"/> Obvody	Definovat	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Obvody	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Základní kontrolovaný obvod		
<input type="checkbox"/> Vzdálenost	$l_{w,krit}$	0.380 m
<input type="checkbox"/> Obvod	$u_{krit}$	3.644 m
<input type="checkbox"/> Iterační kritický obvod pro základ	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Vzdálenost k zatížené ploše	$l_{w,it}$	0.380 m
<input type="checkbox"/> Vnitřní obvody	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Počet	$n_i$	2
<input type="checkbox"/> Vzdálenost k zatížené ploše	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> 1. Vzdálenost	$l_{w,1}$	0.300 m
<input type="checkbox"/> Radiální vzdálenost	$s_r$	0.200 m
<input type="checkbox"/> Vnější kontrolovaný obvod	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Vzdálenost k zatížené ploše	$l_{w,a}$	2.000 m

Obr. 3.42: Obvody

Podélnou výztuž pro únosnost ve smyku spočítá program pro obě strany. Opět ji může *definovat* i sám uživatel.

<input type="checkbox"/> Podélná výztuž	Definovat	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Průřez		
<input type="checkbox"/> Podélná výztuž	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Průřez	Počet	2
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	navr. a 1,s,horní	0.00 cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	navr. a 2,s,horní	0.00 cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Dolní vrstvy	Počet	2
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	navr. a 1,s,dolní	0.00 cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	navr. a 2,s,dolní	0.00 cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Šířka výztuže		
<input type="checkbox"/> Horní vrstvy	Počet	2
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	b 1,horní	1.000 m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	b 2,horní	1.000 m
<input type="checkbox"/> Dolní vrstvy	Počet	2
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	b 1,dolní	1.000 m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	b 2,dolní	1.000 m

Obr. 3.43: Podélná výztuž



Zatížení pro protlačení zpravidla spočítá program. Může ho ale také *zadat* uživatel ručně.

Zatíž. pro protlačení	Def $V_{sd}$	Stanovit	
<input type="checkbox"/> Zatíž. pro protlačení	Def $V_{sd}$	Zadat	
<input type="checkbox"/> Velikost	$V_{sd}$	100.00	kN
<input type="checkbox"/> Směr	$V_{sd}$ -Směr	V+Z	

Obr. 3.44: Zatížení pro protlačení

Totéž platí pro normálovou sílu v desce.

Normálová síla	$N_{cp}$	Stanovit	
<input type="checkbox"/> Normálová síla	$N_{cp}$	Zadat	
<input type="checkbox"/> Velikost	$N_{cp}$	0.00	kN/m

Obr. 3.45: Normálová síla

Odpočitatelné zatížení na plochu lze zadat do vzdálenosti 1,0 d pro desku nebo základ, případně do  $a_{crit}$  pouze v případě základu.

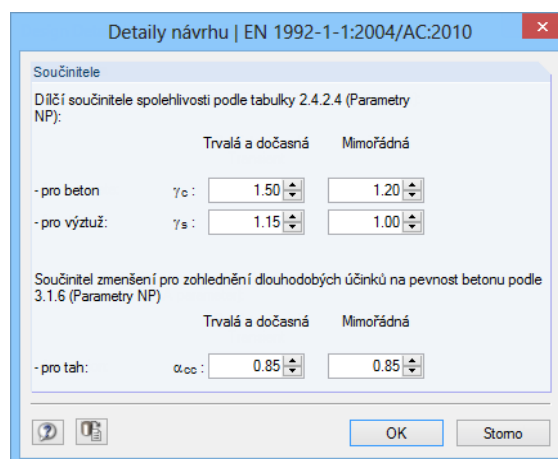
<input type="checkbox"/> Odpočitatelné zatížení na plochu			
<input type="checkbox"/> Velikost	q	0.00	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Odpočitatelný podíl	Podíl	100.00	%
<input type="checkbox"/> Max. odečitatelná plocha	Vzdálenost	1.0 d	
		$a_{crit}$	

Obr. 3.46: Odpočitatelné zatížení na plochu

### 3.3.6 Detaily návrhu

Detaily...

Po kliknutí na tlačítko [Detaily...], které máme k dispozici ve všech vstupních dialogích, můžeme překontrolovat a v případě potřeby upravit specifické součinitele. Jejich hodnoty se odvíjí od zvolené normy a národní přílohy.



Detaily návrhu | EN 1992-1-1:2004/AC:2010

Součinitele

Dílčí součinitele spolehlivosti podle tabulky 2.4.2.4 (Parametry NP):

	Trvalá a dočasná	Mimořádná
- pro beton $\gamma_c$ :	1.50	1.20
- pro výztuž: $\gamma_s$ :	1.15	1.00

Součinitel zmenšení pro zohlednění dlouhodobých účinků na pevnost betonu podle 3.1.6 (Parametry NP)

	Trvalá a dočasná	Mimořádná
- pro tah: $\alpha_{cc}$ :	0.85	0.85

OK Storno

Obr. 3.47: Dialog *Detaily návrhu* v případě normy EN 1992-1-1:2004/AC:2010

V dialogu *Detaily návrhu* můžeme překontrolovat a v případě potřeby upravit dílčí součinitele spolehlivosti materiálů pro různé návrhové situace. Tabulka 2.1N v normě EN 1992-1-1 obsahuje doporučené hodnoty  $\gamma_c$  a  $\gamma_s$ . Hodnoty platné pro konkrétní země upravují jednotlivé národní přílohy.

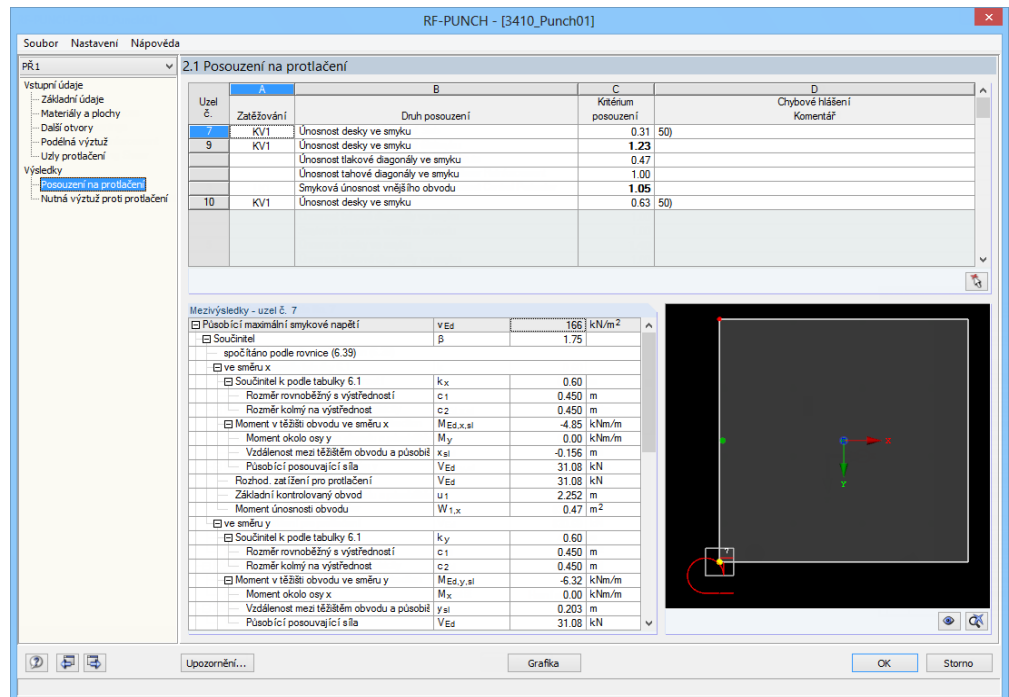
V tomto dialogu se uvádí také součinitel  $\alpha_{cc}$  pro zohlednění dlouhodobých účinků (vliv dotvarování a smršťování) v různých návrhových situacích podle EN 1992-1-1, čl. 3.1.6 (1).

## 3.4 Tabulky výsledků

### 3.4.1 Posouzení na protlačení

Výpočet

Okamžitě po výpočtu se zobrazí dialog 2.1 *Posouzení na protlačení*. Skládá se ze dvou tabulek a interaktivního grafického okna.



Uzel č.	Zatěžování	Druh posouzení	Kritérium posouzení	Cybové hlášení Komentář
7	KV1	Únosnost desky ve smyku	0.31	50)
9	KV1	Únosnost desky ve smyku	1.23	
		Únosnost tlakové diagonály ve smyku	0.47	
		Únosnost tahové diagonály ve smyku	1.00	
		Smyková únosnost vnějšího obvodu	1.05	
10	KV1	Únosnost desky ve smyku	0.63	50)

Mezivýsledky - uzel č. 7			
<input type="checkbox"/>	Působící maximální smykové napětí	$v_{Ed}$	166 kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/>	Součinitel	$\beta$	1.75
spočítáno podle rovnice (6.39)			
<input type="checkbox"/> ve směru x			
<input type="checkbox"/>	Součinitel k podle tabulky 6.1	$k_x$	0.60
<input type="checkbox"/>	Rozměr rovnoběžný s výtředností	$c_1$	0.450 m
<input type="checkbox"/>	Rozměr kolmý na výtřednost	$c_2$	0.450 m
<input type="checkbox"/>	Moment v těžišti obvodu ve směru x	$M_{Ed,x,sl}$	-4.85 kNm/m
<input type="checkbox"/>	Moment okolo osy y	$M_{y,sl}$	0.00 kNm/m
<input type="checkbox"/>	Vzdálenost mezi těžištěm obvodu a působící posouvající síla	$x_{sl}$	-0.156 m
<input type="checkbox"/>	Rozhod. zatížení pro protlačení	$V_{Ed}$	31.08 kN
<input type="checkbox"/>	Základní kontrolovaný obvod	$u_1$	2.252 m
<input type="checkbox"/>	Moment únosnosti obvodu	$W_{1,x}$	0.47 m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> ve směru y			
<input type="checkbox"/>	Součinitel k podle tabulky 6.1	$k_y$	0.60
<input type="checkbox"/>	Rozměr rovnoběžný s výtředností	$c_1$	0.450 m
<input type="checkbox"/>	Rozměr kolmý na výtřednost	$c_2$	0.450 m
<input type="checkbox"/>	Moment v těžišti obvodu ve směru y	$M_{Ed,y,sl}$	-6.32 kNm/m
<input type="checkbox"/>	Moment okolo osy x	$M_{x,sl}$	0.00 kNm/m
<input type="checkbox"/>	Vzdálenost mezi těžištěm obvodu a působící posouvající síla	$y_{sl}$	0.203 m
<input type="checkbox"/>	Rozhod. zatížení pro protlačení	$V_{Ed}$	31.08 kN

 Obr. 3.48: Dialog 2.1 *Posouzení na protlačení*

#### Tabulka s přehledem

V horní tabulce jsou v prvním sloupci uvedeny všechny uzly, které jsme vybrali pro posouzení na protlačení. Ve sloupci *ZS / KZ / KV* můžeme vidět, jaký zatěžovací stav, kombinace zatížení nebo kombinace výsledků vyvolává rozhodující zatížení pro protlačení. Ve sloupci *Druh posouzení* se vyjmenovávají jednotlivá posouzení, která vstupují do celkového posouzení uzlu.

Sloupec *Kritérium posouzení* nám podává kvantitativní i kvalitativní informace o tom, zda bylo možné posouzení úspěšně provést. V posledním sloupci vidíme v mnoha řádcích čísla poznámek. Poznámka se zobrazuje na dolním okraji dialogu; obsahuje komentář k výsledku posouzení.

Tabulka s přehledem údajů je vzájemně propojena s grafickým zobrazením: pokud umístíme kurzor myši do některého řádku, uzel z daného řádku se i s plochou zobrazí v grafickém okně v pravé dolní části dialogu.

#### Mezivýsledky

Dolní tabulka nás informuje o všech průběžných krocích posouzení, které jsme vybrali v tabulce v horní části dialogu. Jako první se zde uvádí rozhodující namáhání. Následuje výpočet únosnosti. Při posouzení se obě dané hodnoty porovnávají a na jejich základě se stanoví kritérium posouzení.

Pro zhuštění informací je tabulka uspořádána hierarchicky. Konečné výsledky výpočtu se uvádí na vyšší úrovni stromu než příslušné mezivýsledky. Nižší úroveň rozbalíme kliknutím na znaménko [+].

Pokud klikneme do některého řádku této tabulky, objeví se v grafickém okně názorný obrázek pro daný mezivýsledek.

### Grafický výběr

V tabulkách máme možnost vybrat objekty graficky. Slouží k tomu tlačítko [^], které se nachází vpravo pod tabulkou.

2.1 Posouzení na protlačení				
Uzel č.	A	B	C	D
	Zatěžování	Druh posouzení	Kritérium posouzení	Chybové hlášení Komentář
7	KV1	Únosnost desky ve smyku	0.31	50)
9	KV1	Únosnost desky ve smyku	1.23	
		Únosnost tlakové diagonály ve smyku	0.47	
		Únosnost tahové diagonály ve smyku	1.00	
		Smyková únosnost vnějšího obvodu	1.05	
10	KV1	Únosnost desky ve smyku	0.63	50)

Obr. 3.49: Tlačítko [^]

Pokud na dané tlačítko klikneme, zobrazí se pracovní okno RFEMu. V modelu konstrukce pak můžeme vybrat některý z uzlů, které byly posouzeny na protlačení. Jakmile některý uzel označíme myší, vrátíme se do modulu RF-PUNCH. V tabulce se nyní zobrazí výsledky daného uzlu.

### Zobrazení mezivýsledků

Mezivýsledky posouzení na protlačení jsou uspořádány do několika úrovní. Nejvyšší úroveň vypadá následovně:

Mezivýsledky - uzel č. 7		
<input checked="" type="checkbox"/> Působící maximální smykové napětí	$V_{Ed}$	738 kN/m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Maximální návrhová smyková únosnost		
<input checked="" type="checkbox"/> Posouzení		

Obr. 3.50: Mezivýsledky – hlavní body

Nižší úrovně, které do nich spadají, jsou znázorněny na následujících obrázcích.

<input checked="" type="checkbox"/> Působící maximální smykové napětí	$V_{Ed}$	738	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Součinitel	$\beta$	3.12	
— spočítáno podle rovnice (6.39)			
<input type="checkbox"/> ve směru x			
<input checked="" type="checkbox"/> Součinitel k podle tabulky 6.1	$k_x$	0.60	
<input checked="" type="checkbox"/> Moment v těžišti obvodu ve směru x	$M_{Ed,x,sl}$	11.25	kNm/m
— Rozhod. zatížení pro protlačení	$V_{Ed}$	31.08	kN
— Základní kontrolovaný obvod	$u_1$	0.906	m
— Moment únosnosti obvodu	$W_{1,x}$	0.13	m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> ve směru y			
<input checked="" type="checkbox"/> Součinitel k podle tabulky 6.1	$k_y$	0.60	
<input checked="" type="checkbox"/> Moment v těžišti obvodu ve směru y	$M_{Ed,y,sl}$	11.25	kNm/m
— Rozhod. zatížení pro protlačení	$V_{Ed}$	31.08	kN
— Základní kontrolovaný obvod	$u_1$	0.906	m
— Moment únosnosti obvodu	$W_{1,y}$	0.13	m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Působící posouvající síla	$V_{Ed}$	31.08	kN
— Zat. stav	ZS	LK1	
— Nezatížená strana	Nezatíž	Homí strana	
<input type="checkbox"/> Základní kontrolovaný obvod	$u_1$	0.906	m
— Vzdálenost k zatížené ploše	$l_{w,1}$	0.290	m
<input type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška	$d$	14.50	cm
— Stat. účinná výška 1. vrstva	$d_1$	14.00	cm
— Stat. účinná výška 2. vrstva	$d_2$	15.00	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Maximální návrhová smyková únosnost			
<input checked="" type="checkbox"/> Posouzení			

Obr. 3.51: Body pod hlavním bodem Působící posouvající síla

<input checked="" type="checkbox"/> Působící maximální smykové napětí	V <sub>Ed,out</sub>	166	kN/m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Smyková únosnost bez smykové výztuže			
<input type="checkbox"/> Základní smyková únosnost podle (6.47)			
— Hodnota národní přílohy	V <sub>Rd,c,calc,1</sub>	0	kN/m <sup>2</sup>
— Součinitel (ovlivněný tloušťkou)	C <sub>Rd,c</sub>	0.12	
— Střední staticky účinná výška	k	2.00	
<input type="checkbox"/> Střední stupeň podélné výztuže			
— Stat. účinná výška 1. vrstvy	d <sub>1</sub>	15.00	cm
— Stat. účinná výška 2. vrstvy	d <sub>2</sub>	14.00	cm
— Střední staticky účinná výška	d	14.50	cm
<input type="checkbox"/> Střední stupeň podélné výztuže			
<input checked="" type="checkbox"/> Stupeň 1. vrstvy	ρ <sub>1</sub>	0.02	
<input checked="" type="checkbox"/> Stupeň 2. vrstvy	ρ <sub>2</sub>	0.02	
— Střední stupeň podélné výztuže	ρ	0.02	
— Maximální přípustný stupeň vyztužení	ρ <sub>max</sub>	0.02	
— Charakteristická válcová pevnost	f <sub>ck</sub>	30000.00	kN/m <sup>2</sup>
— Hodnota národní přílohy	k <sub>1</sub>	0.10	
<input type="checkbox"/> Napětí v betonu			
— Membránová síla	σ <sub>cp</sub>	0	kN/m <sup>2</sup>
— Membránová síla	N <sub>cp</sub>	0.00	kN/m
<input type="checkbox"/> Minimální smyková únosnost podle (6.47)			
— Hodnota národní přílohy	V <sub>min</sub>	542	kN/m <sup>2</sup>
— Hodnota národní přílohy	k <sub>1</sub>	0.10	
<input type="checkbox"/> Napětí v betonu			
— Membránová síla	σ <sub>cp</sub>	0	kN/m <sup>2</sup>
— Membránová síla	N <sub>cp</sub>	0.00	kN/m
— Rozhodující smyková únosnost	V <sub>Rd,c</sub>	542	kN/m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Posouzení			

Obr. 3.52: Body pod hlavním bodem *Smyková únosnost*

<input checked="" type="checkbox"/> Působící maximální smykové napětí	V <sub>Ed,out</sub>	166	kN/m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Smyková únosnost bez smykové výztuže			
<input checked="" type="checkbox"/> Posouzení			
— Působící maximální smykové napětí	V <sub>Ed</sub>	166	kN/m <sup>2</sup>
— Rozhodující smyková únosnost	V <sub>Rd,c</sub>	542	kN/m <sup>2</sup>
— Kritérium posouzení	kritérium	0.31	

Obr. 3.53: Body pod hlavním bodem *Posouzení*

### 3.4.2 Nutná výztuž proti protlačení

Obsah druhé výstupní tabulky závisí na vybraném druhu výztuže.

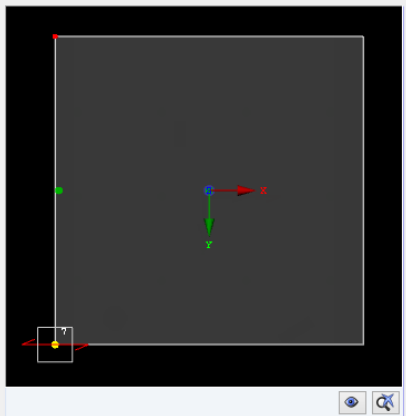
2.2 Nutná výztuž proti protlačení

Uzel č.	A	B	C	D	E
Zatěžování	Druh výztuže		Plocha výztuže	Jednotky	Chybové hlášení Komentář
7	LK1	<input type="checkbox"/> Horní strana desky ve směru φ <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> Horní strana desky ve směru φ <sub>2</sub> <input type="checkbox"/> Dolní strana desky ve směru φ <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> Dolní strana desky ve směru φ <sub>2</sub>	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
		1. Obvod	0.73	cm <sup>2</sup>	
		2. Obvod	0.73	cm <sup>2</sup>	
		3. Obvod	0.73	cm <sup>2</sup>	
9	LK1	<input type="checkbox"/> Horní strana desky ve směru φ <sub>1</sub> <input type="checkbox"/> Horní strana desky ve směru φ <sub>2</sub> <input type="checkbox"/> Dolní strana desky ve směru φ <sub>1</sub>	0.00	cm <sup>2</sup> /m	
			0.00	cm <sup>2</sup> /m	
			0.00	cm <sup>2</sup> /m	

Mezivýsledky - uzel č. 7

<input checked="" type="checkbox"/> Pro smykovou únosnost			
<input type="checkbox"/> Nutný stupeň podélné výztuže			
<input checked="" type="checkbox"/> Stupeň 1. vrstvy	ρ	0.000	
<input checked="" type="checkbox"/> Stupeň 2. vrstvy	ρ <sub>1</sub>	0.000	
<input checked="" type="checkbox"/> Stupeň 2. vrstvy	ρ <sub>2</sub>	0.000	
— Maximální přípustný stupeň vyztužení	ρ <sub>max</sub>	0.020	
— Nutná výztuž	nut. a <sub>s</sub>	0.00	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Definovaná podélná výztuž			
— Šířka výztuže	b <sub>1,t</sub>	1.00	m
— Definovaná podélná výztuž	navr. a <sub>s,1,t</sub>	0.00	cm <sup>2</sup> /m



Obr. 3.54: Dialog 2.2 *Nutná výztuž proti protlačení*

Také tento dialog obsahuje tabulku s přehledem, tabulku s podrobnými informacemi a interaktivní grafické okno.

### Tabulka s přehledem



V prvním sloupci se uvádí všechny *uzly*, které byly posouzeny na protlačení. Pomocí tlačítka [↖] můžeme i v tomto případě vybrat uzel graficky v modelu konstrukce v RFEMu. Ve sloupci ZS / KZ / KV můžeme vidět, jaký zatěžovací stav, kombinace zatížení nebo kombinace výsledků vyvozuje rozhodující zatížení pro protlačení.

Ve sloupci *Druh výztuže* se uvádí, jaké jednotlivé výztuže se v konstrukci použily. Počet vrstev výztuže jsme stanovili v dialogu 1.4 *Podélná výztuž*. Pokud jsme určili, že na horní straně desky budou dvě vrstvy výztuže, zobrazí se v prvních dvou řádcích údaje o podélné výztuži na horní straně desky ve směru  $\varphi_1$  a  $\varphi_2$  podle dialogu 1.4. Jestliže jsme zadali tři vrstvy výztuže, přibude řádek pro směr  $\varphi_3$ . Následující řádky obdobně obsahují údaje o podélné výztuži na dolní straně desky. Údaje u každého uzlu pak uzavírají informace o smykové výztuži na protlačení pro jednotlivé obvody.

Sloupec *Plocha výztuže* nás informuje o průřezech vložených výztuží. *Jednotky* se uvádí ve sloupci D. Nutná podélná výztuž se udává vždy na metr šířky desky; smyková výztuž na protlačení představuje oproti tomu absolutní veličinu.

V posledním sloupci se opět nacházejí čísla poznámek, jejichž text se zobrazí na spodním okraji dialogu.

### Mezivýsledky

Tabulka s podrobnými údaji nás opět informuje o všech průběžných krocích výpočtu výztuže pro uzel, který jsme vybrali v horní tabulce.

Na následujících obrázcích můžeme vidět různé úrovně stromu s mezivýsledky.

Mezivýsledky - uzel č. 7			
<input type="checkbox"/> Pro smykovou únosnost			
<input type="checkbox"/> Nutný stupeň podélné výztuže	$\rho$	0.000	
<input type="checkbox"/> Reinf. Ratio of 1st Layer	$\rho_1$	0.000	
Required Longitudinal Reinforcement	req $a_{s,1}$	0.00	cm <sup>2</sup> /m
Effective Depth 1st Layer	$d_1$	15.00	cm
<input type="checkbox"/> Reinf. Ratio of 2nd Layer	$\rho_2$	0.000	
Required Longitudinal Reinforcement	req $a_{s,2}$	0.00	cm <sup>2</sup> /m
Effective Depth 2nd Layer	$d_2$	14.00	cm
Maximální přípustný stupeň vyztužení	$\rho_{max}$	0.020	
<input type="checkbox"/> Nutná výztuž	nut. $a_s$	0.00	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Definovaná podélná výztuž			
<input type="checkbox"/> Šířka výztuže	$b_{1,t}$	1.00	m
<input type="checkbox"/> Definovaná podélná výztuž	navr. $a_{s,1,t}$	0.00	cm <sup>2</sup> /m

Obr. 3.55: Body pod hlavními body *Smyková únosnost a Podélná výztuž*

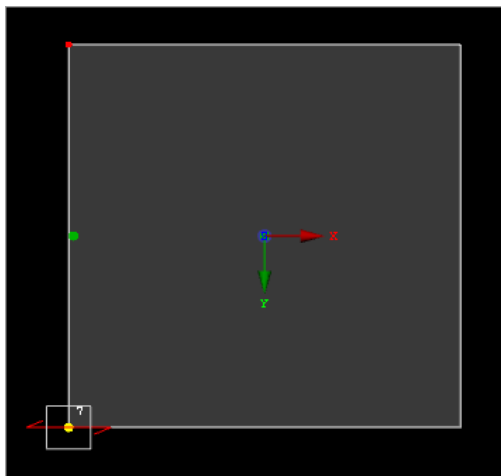
## Mezivýsledky - uzel č. 1

<input type="checkbox"/> Výpočet počtu vnitřních obvodů			
<input type="checkbox"/> Vzdálenost mezi druhým a posledním vnitřním obvodem	$x_{in}$	0.21	m
<input type="checkbox"/> Max. dovolená vzdálenost vnitřních obvodů	$max s_r$	0.11	m
<input type="checkbox"/> Výp. poř. počet odstupů	$n_{dis,calc}$	1.91	
<input type="checkbox"/> Navržený počet odstupů	$n_{dis}$	2	
<input type="checkbox"/> Navržený počet obvodů	$n_{in}$	3	
<input type="checkbox"/> Poloha 1. kontrolovaného obvodu			
<input type="checkbox"/> Délka kontrolovaného obvodu	$u$	0.56	m
<input type="checkbox"/> Vzdálenost k zatížené ploše	$l_w$	0.07	m
<input type="checkbox"/> Působící maximální smykové napětí			
<input type="checkbox"/> Součinitel	$\beta$	3.12	
<input type="checkbox"/> Působící posouvající síla	$V_{Ed}$	31.08	kN
<input type="checkbox"/> Základní kontrolovaný obvod	$u_t$	0.906	m
<input type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška	$d$	14.50	cm
<input type="checkbox"/> Smyková únosnost bez smykové výztuže			
<input type="checkbox"/> Základní smyková únosnost podle (6.47)	$V_{Rd,c,calc,1}$	0	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Minimální smyková únosnost podle (6.47)	$V_{Rd,c,calc,2}$	542	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Rozhodující smyková únosnost	$V_{Rd,c}$	542	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Staticky nutná výztuž proti protlačení			
<input type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška	$d$	14.50	cm
<input type="checkbox"/> Radiální vzdálenost obvodů výztuže	$s_r$	0.10	m
<input type="checkbox"/> Účinná pevnost výztuže	$f_{ywd,ef}$	297500.00	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Základní kontrolovaný obvod	$u_t$	0.906	m
<input type="checkbox"/> Faktor zvýšení smykové výztuže	$k_{sw}$	2.50	
<input type="checkbox"/> Staticky požadovaná smyková výztuž	$A_{sw,stat}$	0.73	cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Minimální výztuž proti protlačení			
<input type="checkbox"/> Minimální průřezová plocha jednoho ramena třmínku	$A_{sw,min,třmínek}$	0.11	cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Minimální počet ramen třmínků			
<input type="checkbox"/> Minimální výztuž proti protlačení	$A_{sw,min}$	0.34	cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Maximální průměr ramena třmínku	$max \Phi_{sw}$	0.009	cm
<input type="checkbox"/> Rozhodující smyková výztuž $A_{sw}$			
<input type="checkbox"/> Staticky požadovaná smyková výztuž	$A_{sw,stat}$	0.73	cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Minimální výztuž proti protlačení	$A_{sw,min}$	0.34	cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Rozhodující smyková výztuž	$A_{sw}$	0.73	cm <sup>2</sup>

Obr. 3.56: Body pod hlavním bodem *Obvody*


## Grafické okno

Grafické okno slouží ke znázornění výsledků z řádku, který jsme právě vybrali v tabulkách.



Obr. 3.57: Grafické okno pro nutnou smykovou výztuž proti protlačení

Zobrazení plochy a aktuálního uzlu protlačení umožňuje snáze najít výsledky konkrétního uzlu v tabulce. Rovněž tu lze překontrolovat aktuální výztuž, která se se svým směrem v obrázku schematicky znázorní.

Pod obrázkem se nachází tlačítko . Slouží k otevření velkého okna se zobrazením plochy.

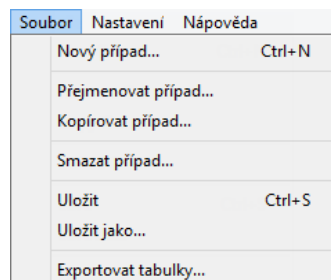


## 3.5 Hlavní nabídky

Hlavní nabídky obsahují důležité funkce pro práci s návrhovými případy v modulu RF-PUNCH.

### 3.5.1 Soubor

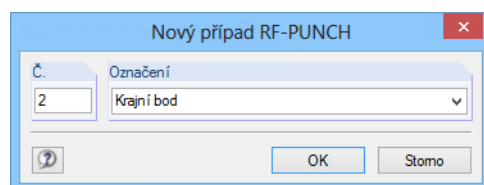
...nabízí funkce pro zpracování případů v modulu RF-PUNCH.



Obr. 3.58: Hlavní nabídka *Soubor*

### Nový případ

Tato funkce slouží k vytvoření nového návrhového případu.



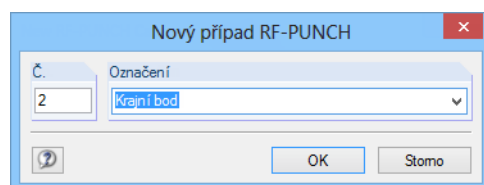
Obr. 3.59: Dialog *Nový případ RF-PUNCH*

Otevře se dialog, v kterém je třeba vyplnit (dosud nezadané) číslo nového návrhového případu. *Označení* nám později usnadní výběr případu ze seznamu.

Po kliknutí na tlačítko [OK] se zobrazí dialog 1.1 *Základní údaje* modulu RF-PUNCH, kde definujeme nové údaje pro posouzení.

### Přejmenování případu

Pokud vybereme tento příkaz v hlavní nabídce, zobrazí se dialog, v kterém lze změnit označení právě otevřeného návrhového případu v modulu RF-PUNCH.

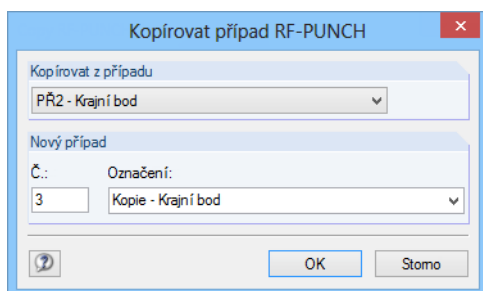


Obr. 3.60: Dialog *Přejmenovat případ RF-PUNCH*

Změnit lze nejen *označení*, ale také *číslo* návrhového případu.

### Kopírování případu

Vstupní údaje aktuálního návrhového případu lze zkopírovat.

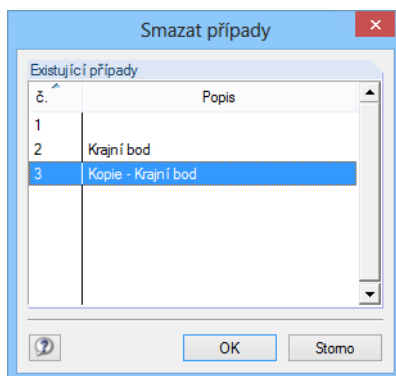


Obr. 3.61: Dialog *Kopírovat případ RF-PUNCH*

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

### Smazání případu

Uživatel má možnost návrhové případy opět smazat.



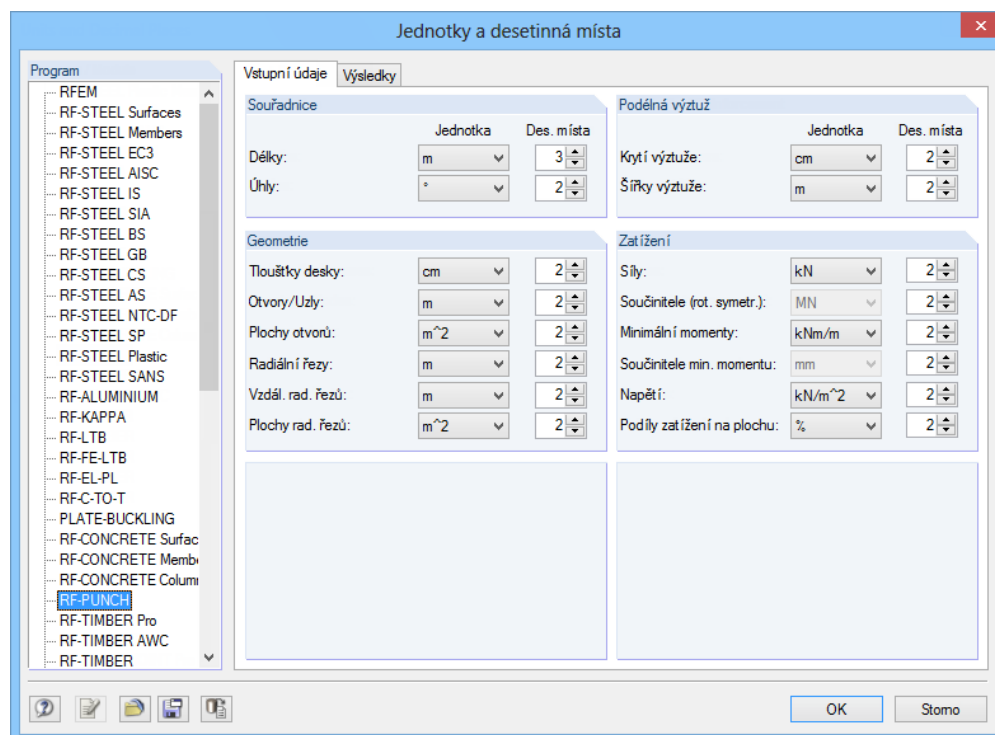
Obr. 3.62: Smazat případy

Pokud vybereme příslušnou funkci v hlavní nabídce, otevře se dialog, v kterém můžeme ze seznamu *Existující případy* vybrat určitý případ, který se po kliknutí na tlačítko [OK] smaže.

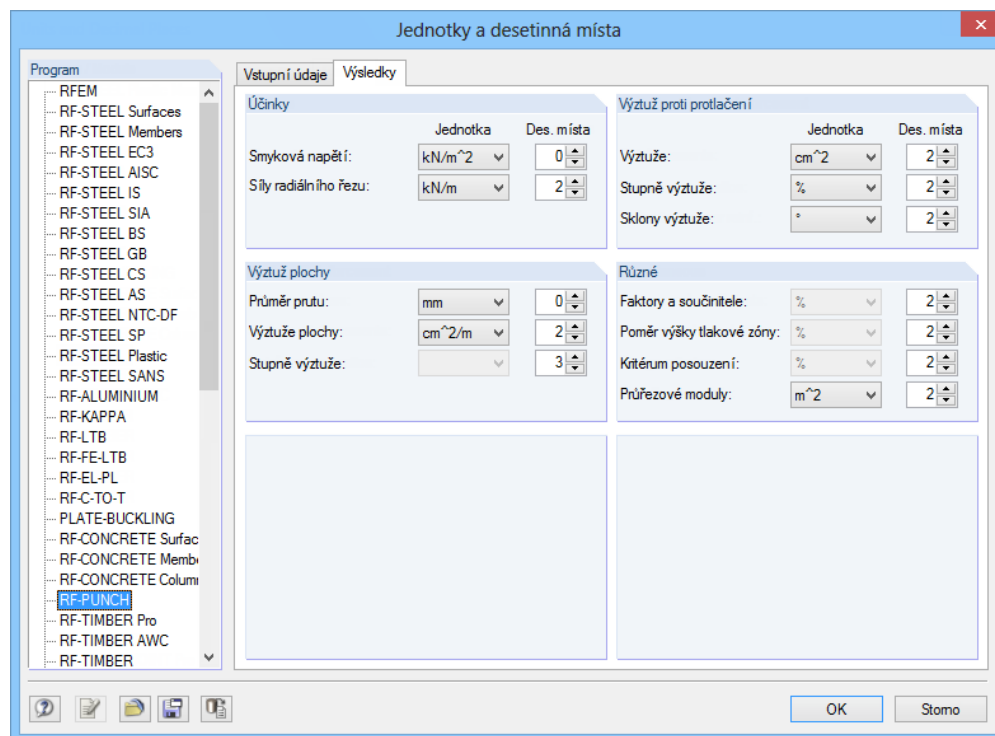


### 3.5.2 Nastavení

...umožňuje otevřít dialog pro nastavení jednotek a desetinných míst.



Obr. 3.63: Dialog *Jednotky a desetinná místa*, záložka *Vstupní údaje*



Obr. 3.64: Dialog *Jednotky a desetinná místa*, záložka *Výsledky*

### 3.5.3 Nápořěda

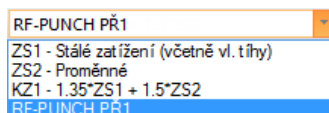
...slouží k zobrazení indexu, autorského týmu a aktualizací.

## 4. Vyhodnocení výsledků

### 4.1 Zobrazení výsledků

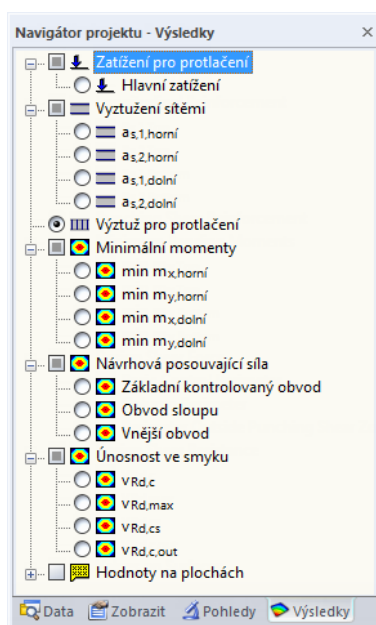
Grafika

K vyhodnocení výsledků můžeme použít také pracovní okno hlavního programu RFEM: klikneme na tlačítko [Grafika], a vystoupíme tak z modulu RF-PUNCH. V pracovním okně RFEMu se nyní zobrazí výztuže a návrhové vnitřní síly. Příklad z modulu RF-PUNCH je nastaven v seznamu zatěžovacích stavů.

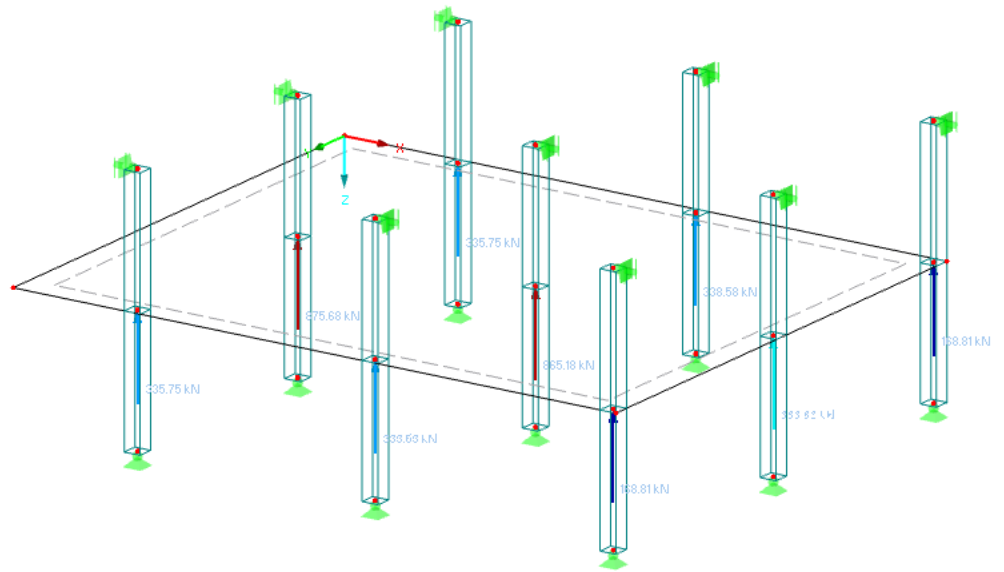


Obr. 4.1: Příklad RF-PUNCH v seznamu zatěžovacích stavů

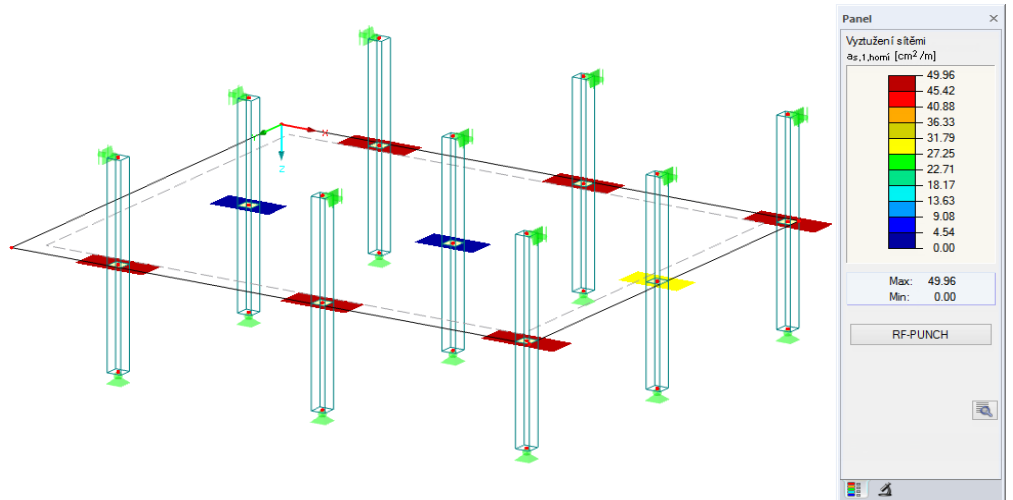
Navigátor *Výsledky* je uzpůsoben modulu RF-PUNCH.


 Obr. 4.2: Navigátor *Výsledky* pro zobrazení dat z případu RF-PUNCH

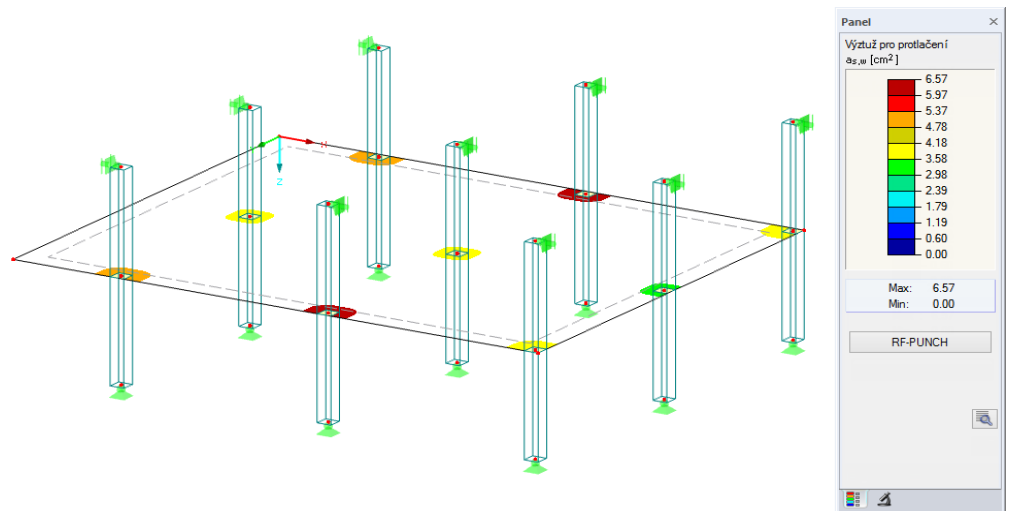
Lze tak zobrazit různé typy výsledků na modelu konstrukce v RFEMu (viz následující obrázky).



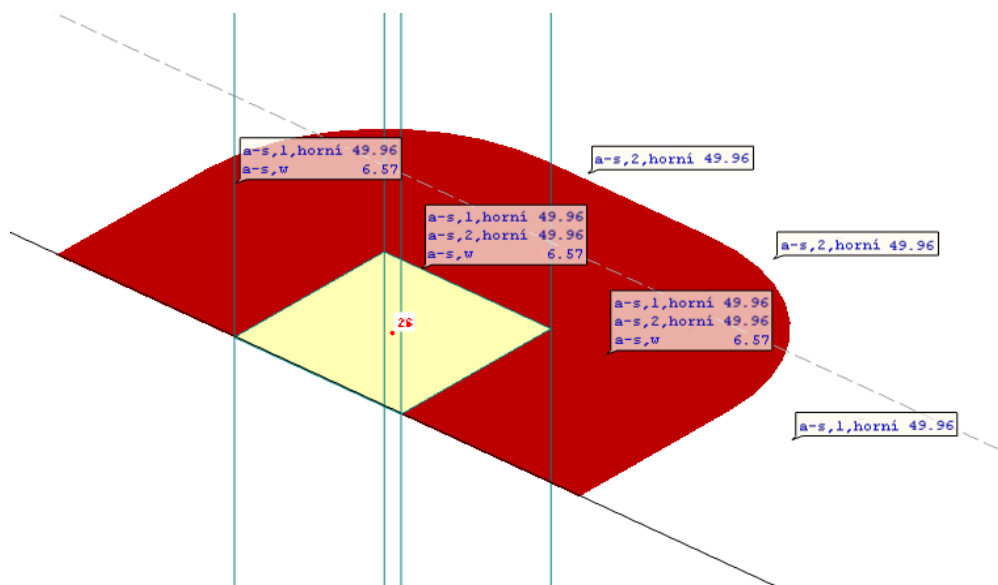
Obr. 4.3: Zatížení pro protlačení



Obr. 4.4:  $A_{s,1\text{ horní}}$  (podélná výztuž pro horní stranu plochy ve směru 1)



Obr. 4.5: Výztuž pro protlačení



Obr. 4.6: Detailní zobrazení s hodnotami



V řídicím panelu máme k dispozici obvyklé funkce pro filtrování. Popisujeme je v kapitole 3.4.6 manuálu k hlavnímu programu RFEM.

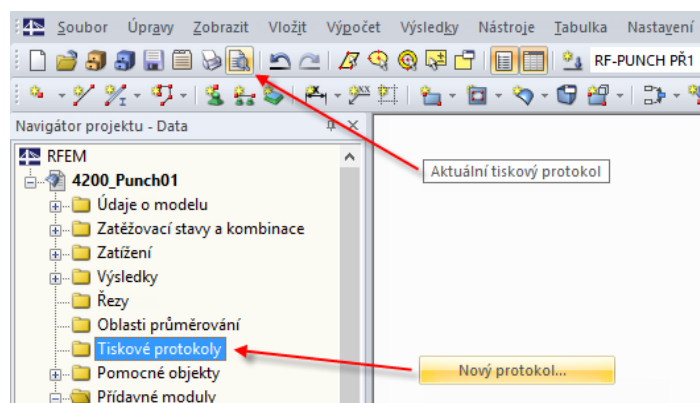


Také u případů z modulu RF-PUNCH lze použít *viditelnost* (viz manuál k RFEMu, kapitola 9.9.1), a vybrat tak pro vyhodnocení pouze konkrétní plochy.

## 4.2 Výstup

### 4.2.1 Výstupní protokol

Pokud si přejeme číselné výsledky vytisknout, je třeba nejdříve modul RF-PUNCH ukončit kliknutím na tlačítko [OK]. Z RFEMu pak můžeme otevřít výstupní protokol.



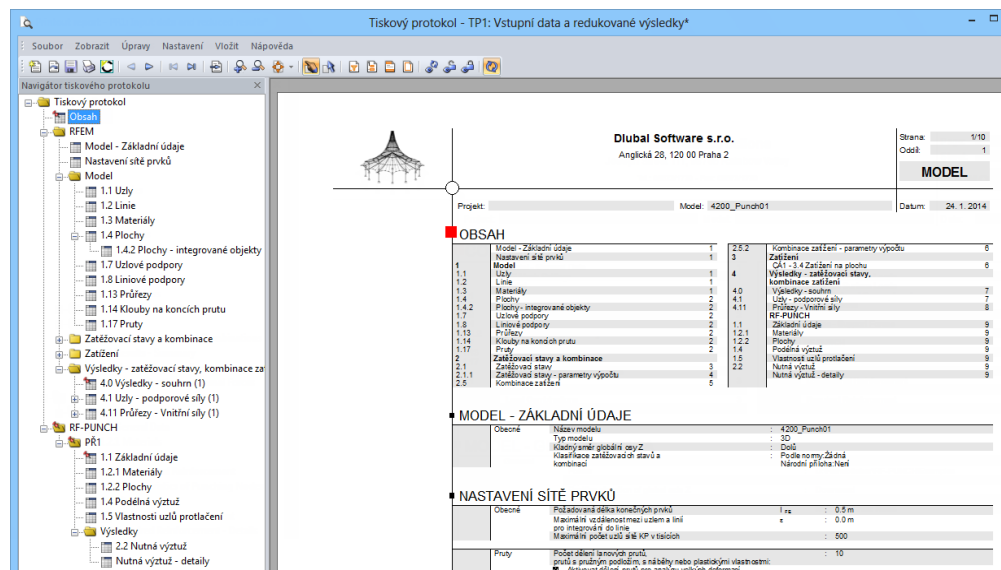
Obr. 4.7: Tiskový protokol v RFEMu

Pro údaje z modulu RF-PUNCH se, stejně jako v RFEMu, nejdříve vytvoří výstupní protokol, do něhož může uživatel vkládat grafická zobrazení nebo vlastní vysvětlivky. Ve výstupním protokolu lze pak vybrat, které údaje se z modulu 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 z přídatných modulů pro tisk.

V případě rozsáhlých konstrukcí s mnoha návrhovými případy přispívá rozdělení dat do několika výstupních protokolů k větší přehlednosti.



Obr. 4.8: Výstupní protokol s údaji z modulu RF-PUNCH

### 4.2.2 Tisk zobrazení

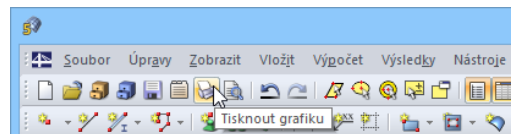
Každý obrázek, který se zobrazí v pracovním okně RFEMu, lze začlenit do výstupního protokolu nebo poslat přímo na tiskárnu. Do výstupu lze tak zařadit rovněž výztuže či návrhové vnitřní síly znázorněné na modelu konstrukce v RFEMu.



Aktuální zobrazení lze vytisknout příkazem v hlavní nabídce

**Soubor → Tisk grafiky...**

nebo pomocí příslušného tlačítka v panelu nástrojů.



Obr. 4.9: Tlačítko *Tisknout grafiku* v panelu nástrojů RFEMu



Tisku grafických zobrazení se věnujeme v kapitole 10.2 manuálu k hlavnímu programu RFEM.

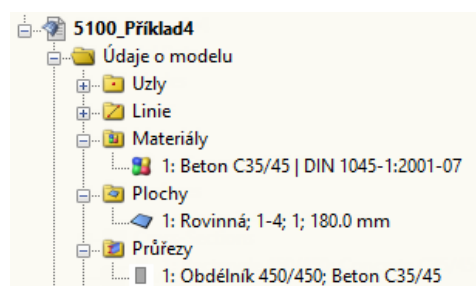
Grafické zobrazení lze ve výstupním protokolu přesunout na jiné místo pomocí funkce Drag&Drop.

## 5. Příklad: Bodově podepřená deska

Vycházet budeme z příkladu 4. Vyšetříme přitom *bodově podepřenou desku*, kterou jsme převzali z [3]. Příručka německé betonářské společnosti nám předkládá současně výpočet podle EN CEN i podle EN DIN. V tomto příkladu je provedeme také my.

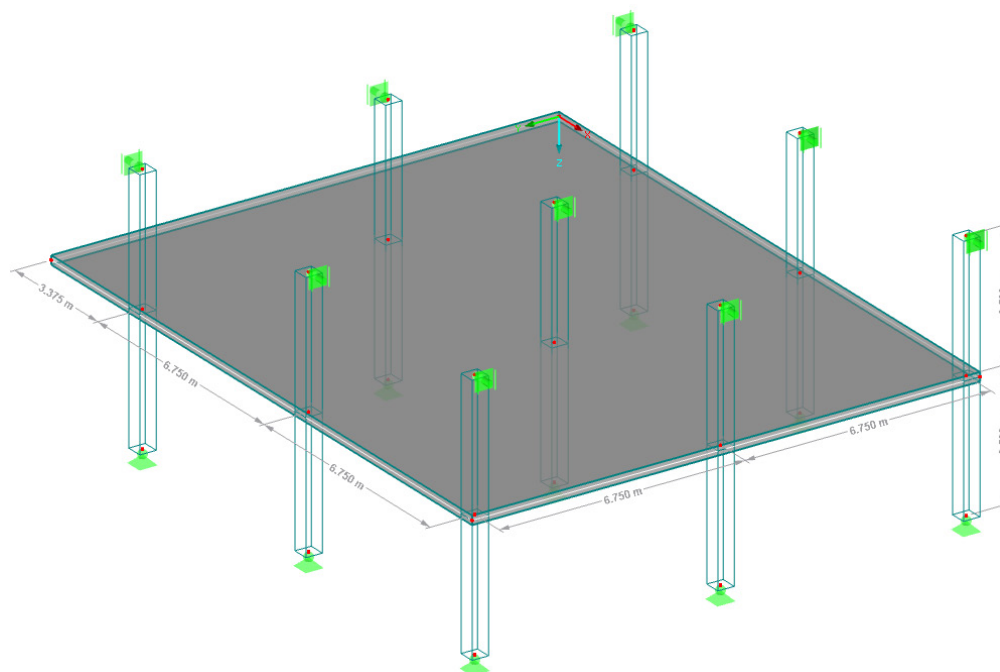
### Model konstrukce

Pro konstrukci zvolíme beton C35/45. Tloušťka desky činí 24 cm, průřez všech sloupů je čtvercový, přičemž délka strany odpovídá 45 cm.



Obr. 5.1: Materiál, plocha a průřez sloupů

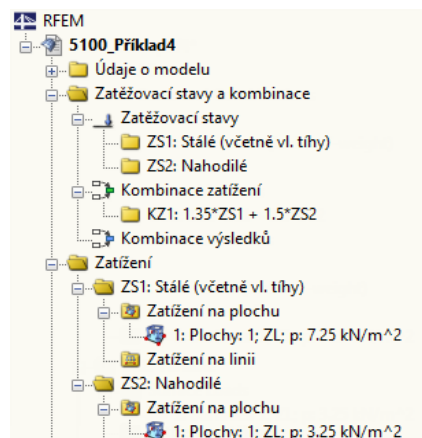
Model vytvoříme v hlavním programu RFEM.



Obr. 5.2: Geometrie modelu v RFEMu

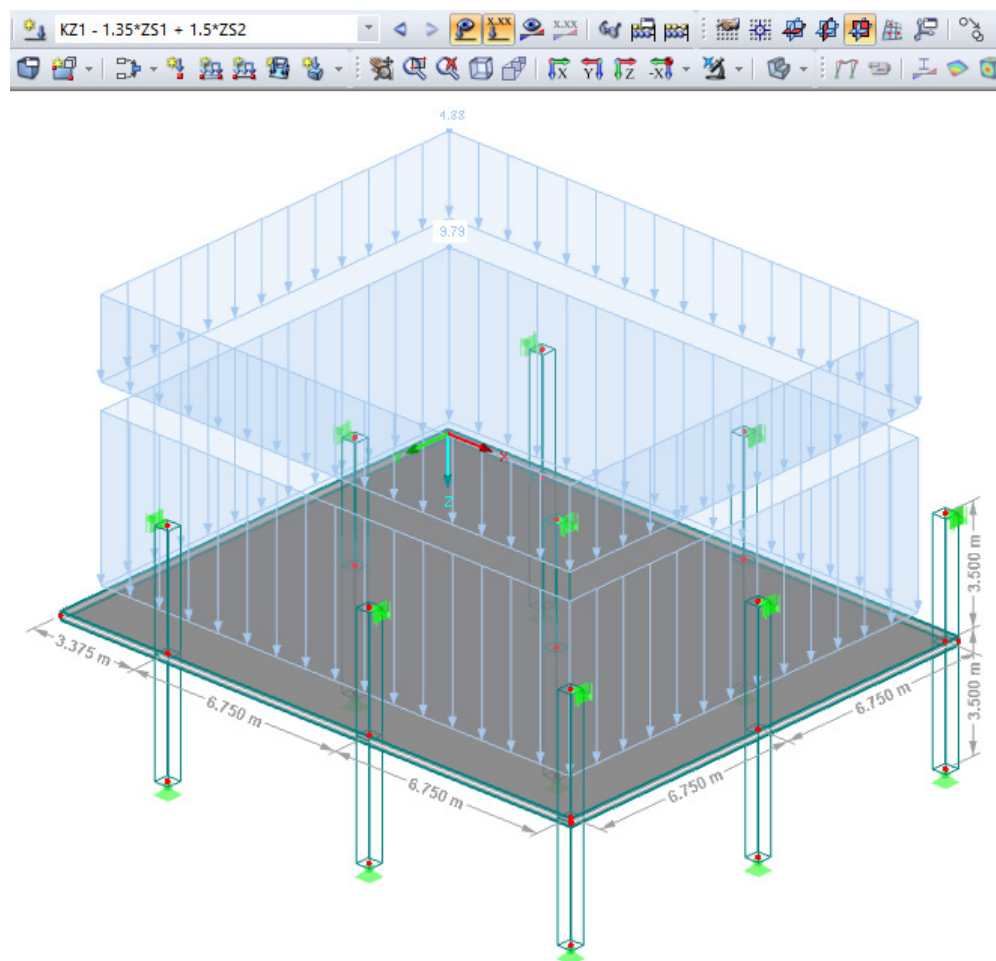
### Zatěžovací stavy a kombinace

Vytvoří se dva zatěžovací stavy a jedna kombinace zatížení a následně se pro ně definují zatížení.



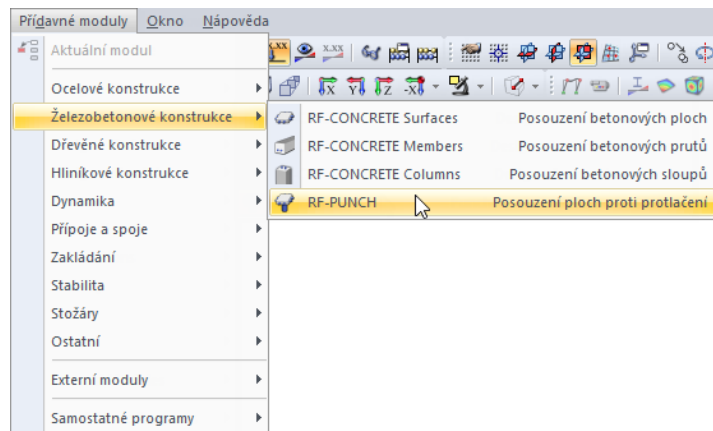
Obr. 5.3: Zatěžovací stavy, kombinace zatížení a zatížení

Kombinaci zatížení KZ1 zkontrolujeme v grafickém okně.



Obr. 5.4: Zatížení v KZ1

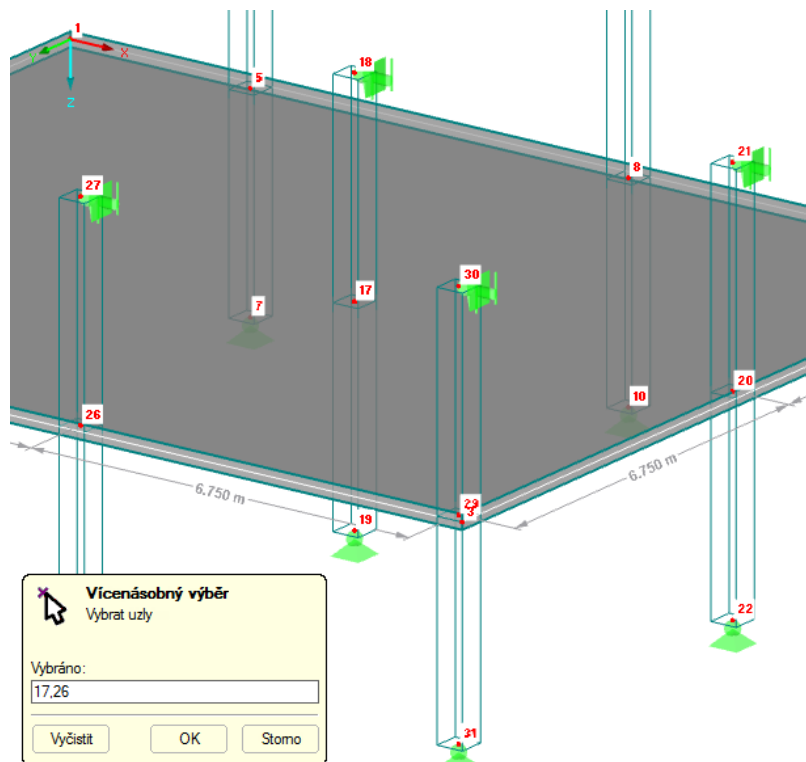
Jakmile kompletně zadáme model konstrukce, vybereme a spustíme přídatný modul RF-PUNCH ze skupiny programů pro posouzení železobetonových konstrukcí.



Obr. 5.5: Spuštění modulu RF-PUNCH

V modulu RF-PUNCH nejdříve stanovíme údaje pro posouzení podle CEN. Po zadání všech parametrů můžeme později údaje zkopírovat do nového návrhového případu pro posouzení podle EN DIN.

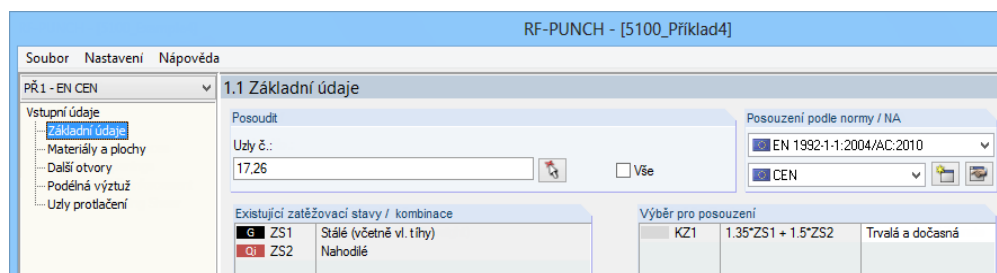
Pro posouzení na protlačení vybereme v grafickém okně uzel **17** (středový sloup) a uzel **26** (okrajový sloup).



Obr. 5.6: Výběr uzlů protlačení



V dialogu 1.1 *Základní údaje* potom nastavíme normu **EN 1992-1-1** s přílohou **CEN**. Pro posouzení vybereme kombinaci zatížení **KZ1**.



RF-PUNCH - [5100\_Příklad4]

Soubor Nastavení nápověda

PR1 - EN CEN

Vstupní údaje

- Základní údaje
- Materiály a plochy
- Další otvory
- Podélná výztuž
- Uzly protažení

1.1 Základní údaje

Posoudit

Uzly č.: 17,26  Vše

Posouzení podle normy / NA

EN 1992-1-1:2004/AC:2010

CEN

Existující zatěžovací stavy / kombinace

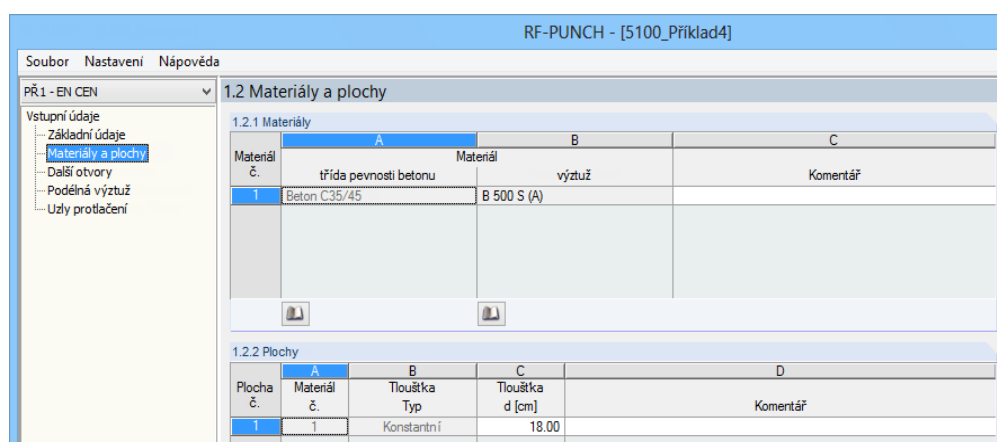
G	ZS1	Stálé (včetně vl. tíhy)
Q	ZS2	Nahodilé

Výběr pro posouzení

KZ1	1.35*ZS1 + 1.5*ZS2	Trvalá a dočasná
-----	--------------------	------------------

Obr. 5.7: Dialog 1.1 *Základní údaje*

V dialogu 1.2 *Materiály a plochy* můžeme zkontrolovat materiálové charakteristiky betonové konstrukce i výztuže a také tloušťku plochy. Předem nastavené údaje ponecháme beze změny.



RF-PUNCH - [5100\_Příklad4]

Soubor Nastavení nápověda

PR1 - EN CEN

Vstupní údaje

- Základní údaje
- Materiály a plochy
- Další otvory
- Podélná výztuž
- Uzly protažení

1.2 Materiály a plochy

1.2.1 Materiály

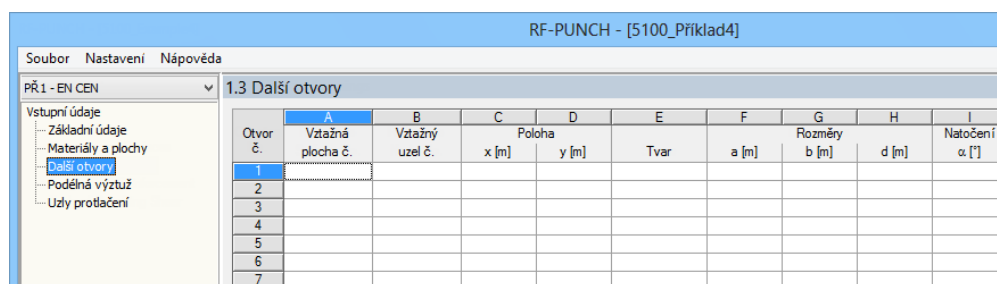
Materiál č.	A		B		Komentář
	třída pevnosti betonu	Materiál	výztuž		
1	Beton C35/45	B 500 S (A)			

1.2.2 Plochy

Plocha č.	A		B	C	Komentář
	Materiál č.	Tloušťka Typ	Tloušťka d [cm]		
1	1	Konstantní	18,00		

Obr. 5.8: Dialog 1.2 *Materiály a plochy*

Dialog 1.3 *Další otvory* zůstane prázdný, protože do konstrukce nebudeme přidávat žádné další otvory.



RF-PUNCH - [5100\_Příklad4]

Soubor Nastavení nápověda

PR1 - EN CEN

Vstupní údaje

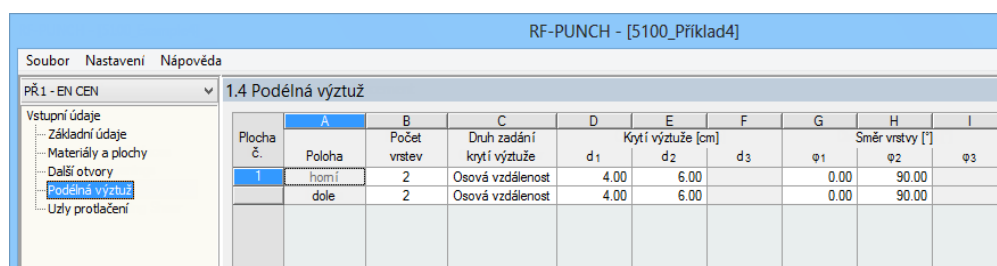
- Základní údaje
- Materiály a plochy
- Další otvory
- Podélná výztuž
- Uzly protažení

1.3 Další otvory

Otvor č.	A		B	C	D		E	F	G		H	I
	Vztažná plocha č.	Vztažný uzel č.	Poloha	Poloha	x [m]	y [m]			Tvar	a [m]		
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												

Obr. 5.9: Dialog 1.3 *Další otvory*

V dialogu 1.4 *Podélná výztuž* se bude uvažovat následující krytí výztuže:



RF-PUNCH - [5100\_Příklad4]

Soubor Nastavení nápověda

PR1 - EN CEN

Vstupní údaje

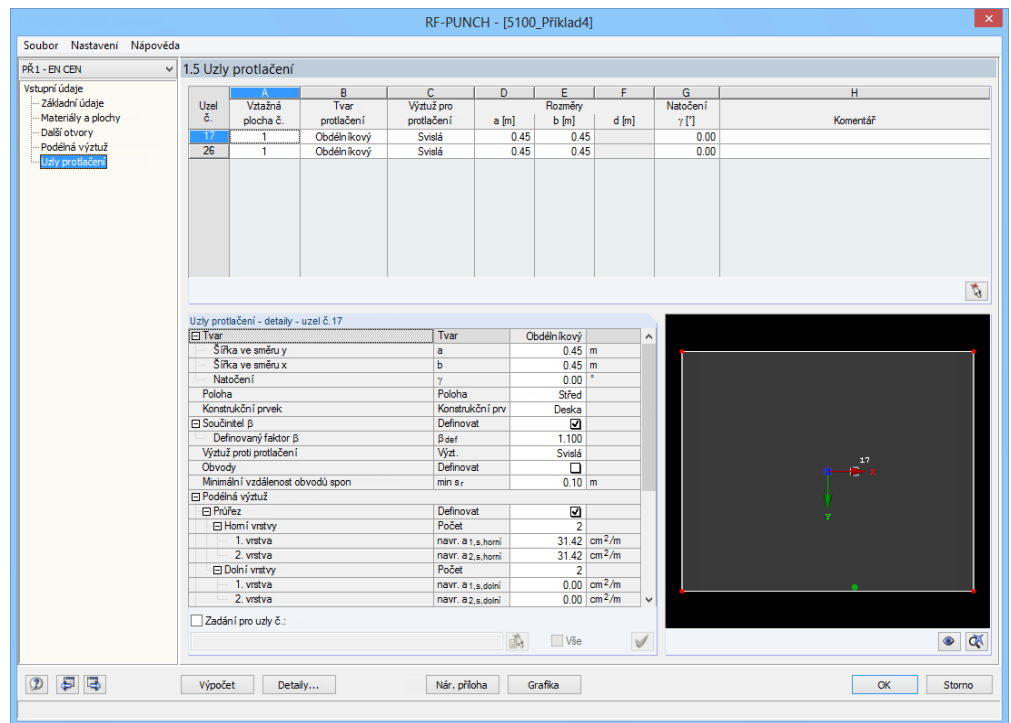
- Základní údaje
- Materiály a plochy
- Další otvory
- Podélná výztuž
- Uzly protažení

1.4 Podélná výztuž

Plocha č.	A		B	C	D			E			G		H	I
	Poloha	Počet vrstev	Druh zadání krytí výztuže	D	Krytí výztuže [cm]		F	Směr vrstvy [°]						
					d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	φ <sub>1</sub>	φ <sub>2</sub>	φ <sub>3</sub>				
1	horní	2	Osová vzdálenost		4,00	6,00		0,00	90,00					
	dole	2	Osová vzdálenost		4,00	6,00		0,00	90,00					

Obr. 5.10: Dialog 1.4 *Podélná výztuž*

V dialogu 1.5 *Uzly protlačení* se vstupní údaje pro oba příslušné uzly zadají následovně:



Obr. 5.11: Dialog 1.5 *Uzly protlačení*

## Uzel 17

Sloup na uzlu 17 se nachází ve **středu desky**. V tomto případě zadáme podle [3] součinitel  $\beta$  a upravíme hodnotu  $min s_r$ .

Uzly protlačení - detaily - uzel č. 17			
<input type="checkbox"/> Tvar	Tvar	Obdélníkový	
<input type="checkbox"/> Šířka ve směru y	a	0.45 m	
<input type="checkbox"/> Šířka ve směru x	b	0.45 m	
<input type="checkbox"/> Natočení	$\gamma$	0.00 °	
<input type="checkbox"/> Poloha	Poloha	Střed	
<input type="checkbox"/> Konstruktivní prvek	Konstruktivní prv	Deska	
<input type="checkbox"/> Součinitel $\beta$	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Definovaný faktor $\beta$	$\beta_{def}$	1.100	
<input type="checkbox"/> Výztuž proti protlačení	Výzt.	Svislá	
<input type="checkbox"/> Obvody	Definovat	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Minimální vzdálenost obvodů spon	min $s_r$	0.10 m	
<input type="checkbox"/> Podélná výztuž	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Průřez	Počet	2	
<input type="checkbox"/> Horní vrstvy			
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	navr. a 1, s, horní	31.42 cm <sup>2</sup> /m	
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	navr. a 2, s, horní	31.42 cm <sup>2</sup> /m	
<input type="checkbox"/> Dolní vrstvy			
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	navr. a 1, s, dolní	0.00 cm <sup>2</sup> /m	
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	navr. a 2, s, dolní	0.00 cm <sup>2</sup> /m	
<input type="checkbox"/> Šířka výztuže			
<input type="checkbox"/> Horní vrstvy	Počet	2	
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	b 1, horní	1.00 m	
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	b 2, horní	1.00 m	
<input type="checkbox"/> Dolní vrstvy			
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	b 1, dolní	1.00 m	
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	b 2, dolní	1.00 m	
<input type="checkbox"/> Zatížení pro protlačení	Def $V_{sd}$	Zadat	
<input type="checkbox"/> Velikost	$V_{sd}$	809.00 kN	
<input type="checkbox"/> Směr	$V_{sd}$ -Směr	V-Z	
<input type="checkbox"/> Normálová síla	$N_{op}$	Stanovit	
<input type="checkbox"/> Odepočítatelné zatížení na plochu			
<input type="checkbox"/> Velikost	q	0.00 N/mm <sup>2</sup>	
<input type="checkbox"/> Odepočítatelný podíl	Podíl	100.00 %	
<input type="checkbox"/> Max. odečítatelná plocha	Vzdálenost	1.0 d	

Obr. 5.12: Detaily uzlu protlačení 17 podle CEN

Pro stanovení součinitele  $\beta$  můžeme zvolit také výpočet podle 6.4.3(3) (plně plastické rozdělení smykového napětí) nebo podle 6.4.3(6) (konstantní součinitele podle obrázku 6.21N).

Výztuž proti protlačení je **svislá**.

Důležité je **definovat** podélnou výztuž na horní straně desky, aby bylo možno ji zohlednit.

Jako zatížení pro protlačení zadáme hodnotu **809 kN** podle [3]. Zatížení pro protlačení by mohl stanovit také program.

### Uzel 26

Sloup na uzlu 26 se nachází na **okraji desky**. Číslo příslušné okrajové linie **2** můžeme stanovit v grafickém okně. Pro kontrolu se zobrazí vzdálenost od kraje.

Součinitel  $\beta$  definujeme opět podle [3] a upravíme hodnotu  $\min s_r$ .

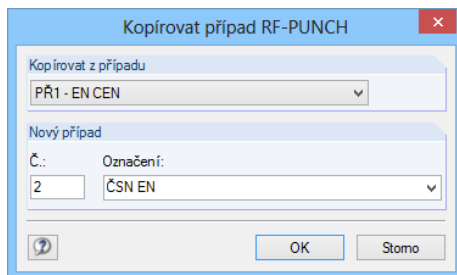
Uzly protlačení - detaily - uzel č. 26			
<input type="checkbox"/> Tvar	Tvar	Obdélníkový	
<input type="checkbox"/> Šířka ve směru y	a	0.45	m
<input type="checkbox"/> Šířka ve směru x	b	0.45	m
<input type="checkbox"/> Natočení	$\gamma$	0.00	°
Poloha	Poloha	Okraj	
<input type="checkbox"/> Další okraj	Linie č.	2	
<input type="checkbox"/> Vzdálenost od kraje	$d_R$	0.225	m
Konstrukční prvek	Konstrukční prv	Deska	
<input type="checkbox"/> Součinitel $\beta$	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Definovaný faktor $\beta$	$\beta_{def}$	1.400	
Výztuž proti protlačení	Výzt.	Svislá	
<input type="checkbox"/> Obvody	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Základní kontrolovaný obvod			
<input type="checkbox"/> Vzdálenost	$l_{w,krit}$	0.380	m
<input type="checkbox"/> Obvod	$u_{krit}$	2.544	m
<input type="checkbox"/> Vnitřní obvody	Definovat	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Vnější kontrolovaný obvod	Definovat	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Minimální vzdálenost obvodů spon	$\min s_r$	0.95	m
<input type="checkbox"/> Podélná výztuž			
<input type="checkbox"/> Průřez	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Horní vrstvy	Počet	2	
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	navr. a 1,s,horní	20.11	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	navr. a 2,s,horní	31.42	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Dolní vrstvy	Počet	2	
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	navr. a 1,s,dolní	0.00	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	navr. a 2,s,dolní	0.00	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Šířka výztuže			
<input type="checkbox"/> Horní vrstvy	Počet	2	
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	b 1,horní	1.00	m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	b 2,horní	1.00	m
<input type="checkbox"/> Dolní vrstvy	Počet	2	
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	b 1,dolní	1.00	m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	b 2,dolní	1.00	m
<input type="checkbox"/> Zatíž. pro protlačení	Def $V_{sd}$	Zadat	
<input type="checkbox"/> Velikost	$V_{sd}$	319.00	kN
<input type="checkbox"/> Směr	$V_{sd}$ -Směr	V-Z	
Normálová síla	$N_{cp}$	Stanovit	
<input type="checkbox"/> Odpočitatelné zatížení na plochu			
<input type="checkbox"/> Velikost	q	0.00	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Odpočitatelný podíl	Podíl	100.00	%
<input type="checkbox"/> Max. odečitatelná plocha	Vzdálenost	1.0	d

Obr. 5.13: Detaily uzlu protlačení 26 podle CEN

Také u uzlu 26 zadáme podélnou výztuž na horní straně desky.

Jako zatížení pro protlačení zadáme podle [3] hodnotu **319 kN**.

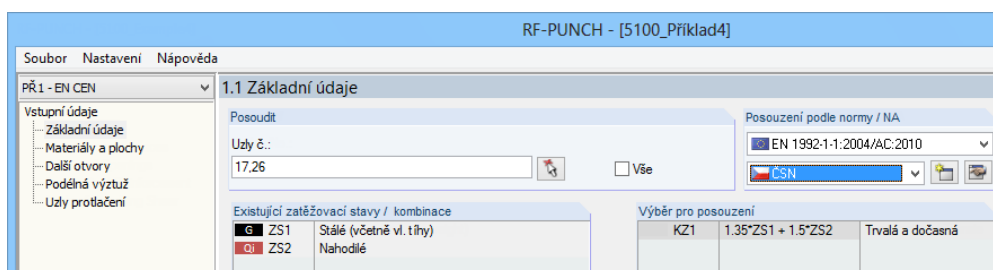
Nyní příkazem z hlavní nabídky **Soubor** → **Kopírovat případ...** zkopírujeme data návrhového případu.



Obr. 5.14: Dialog *Kopírovat případ RF-PUNCH*

Uvedeme **označení EN DIN**. Po kliknutí na [OK] a zobrazení dotazu, zda se mají uložit změny v původním návrhovém případě, se vytvoří případ 2.

V dialogu 1.1 *Základní údaje* nového případu změním národní přílohu. V seznamu nastavíme DIN:



Obr. 5.15: Dialog 1.1 *Základní údaje* případu 2

V dialogu 1.5 *Uzly protlačení* upravíme údaje u uzlů 17 a 26 následovně.

Uzly protlačení - detaily - uzel č. 17			
<input type="checkbox"/> Tvar	Tvar	Obdélníkový	
<input type="checkbox"/> Šířka ve směru y	a	0.45	m
<input type="checkbox"/> Šířka ve směru x	b	0.45	m
<input type="checkbox"/> Natočení	$\gamma$	0.00	°
Poloha	Poloha	Střed	
Konstrukční prvek	Konstrukční prv	Deska	
<input type="checkbox"/> Součinitel $\beta$	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Definovaný faktor $\beta$	$\beta_{def}$	1.100	
Výztuž proti protlačení	Výzt.	Svislá	
Obvody	Definovat	<input type="checkbox"/>	
Minimální vzdálenost obvodů spon	min $s_r$	0.10	m
<input type="checkbox"/> Podélná výztuž			
<input type="checkbox"/> Průřez	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Horní vrstvy	Počet	2	
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	navr. $a_{1,s,horní}$	31.42	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	navr. $a_{2,s,horní}$	31.42	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Dolní vrstvy	Počet	2	
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	navr. $a_{1,s,dolní}$	0.00	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	navr. $a_{2,s,dolní}$	0.00	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Šířka výztuže			
<input type="checkbox"/> Horní vrstvy	Počet	2	
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	$b_{1,horní}$	1.00	m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	$b_{2,horní}$	1.00	m
<input type="checkbox"/> Dolní vrstvy	Počet	2	
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	$b_{1,dolní}$	1.00	m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	$b_{2,dolní}$	1.00	m
<input type="checkbox"/> Zatížení pro protlačení	Def $V_{sd}$	Zadat	
<input type="checkbox"/> Velikost	$V_{sd}$	809.00	kN
<input type="checkbox"/> Směr	$V_{sd}$ -Směr	V-Z	
Normálová síla	$N_{op}$	Stanovit	
<input type="checkbox"/> Odpočítatelné zatížení na plochu			
<input type="checkbox"/> Velikost	q	0.00	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Odpočítatelný podíl	Podíl	100.00	%
<input type="checkbox"/> Max. odečítatelná plocha	Vzdálenost	1.0	d

Obr. 5.16: Detaily uzlu protlačení 17 podle EN DIN

Uzly protlačení - detaily - uzal č. 26

<input type="checkbox"/> Tvar	Tvar	Obdélníkový	
<input type="checkbox"/> Šířka ve směru y	a	0.45	m
<input type="checkbox"/> Šířka ve směru x	b	0.45	m
<input type="checkbox"/> Natočení	$\gamma$	0.00	°
<input type="checkbox"/> Poloha	Poloha	Okraj	
<input type="checkbox"/> Další okraj	Linie č.	2	
<input type="checkbox"/> Vzdálenost od kraje	d <sub>R</sub>	0.225	m
<input type="checkbox"/> Konstrukční prvek	Konstrukční prv	Deska	
<input type="checkbox"/> Součinitel $\beta$	Definovat	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Součinitel $\beta$ určený podle	odstavce	6.4.3(3) - Plně p	
<input type="checkbox"/> Výztuž proti protlačení	Výzt.	Svislá	
<input type="checkbox"/> Obvody	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Základní kontrolovaný obvod			
<input type="checkbox"/> Vzdálenost	$l_{w,krit}$	0.380	m
<input type="checkbox"/> Obvod	u <sub>krit</sub>	2.544	m
<input type="checkbox"/> Vnitřní obvody	Definovat	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Vnější kontrolovaný obvod	Definovat	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Minimální vzdálenost obvodů spon	min s <sub>r</sub>	0.95	m
<input type="checkbox"/> Podélná výztuž			
<input type="checkbox"/> Průřez	Definovat	<input checked="" type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> Horní vrstvy	Počet	2	
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	navr. a <sub>1,s,horní</sub>	20.11	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	navr. a <sub>2,s,horní</sub>	31.42	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Dolní vrstvy	Počet	2	
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	navr. a <sub>1,s,dolní</sub>	0.00	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	navr. a <sub>2,s,dolní</sub>	0.00	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Šířka výztuže			
<input type="checkbox"/> Horní vrstvy	Počet	2	
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	b <sub>1,horní</sub>	1.00	m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	b <sub>2,horní</sub>	1.00	m
<input type="checkbox"/> Dolní vrstvy	Počet	2	
<input type="checkbox"/> 1. vrstva	b <sub>1,dolní</sub>	1.00	m
<input type="checkbox"/> 2. vrstva	b <sub>2,dolní</sub>	1.00	m
<input type="checkbox"/> Zatížení pro protlačení	Def V <sub>sd</sub>	Zadat	
<input type="checkbox"/> Velikost	V <sub>sd</sub>	319.00	kN
<input type="checkbox"/> Směr	V <sub>sd</sub> -Směr	V-Z	
<input type="checkbox"/> Normálová síla	N <sub>op</sub>	Stanovit	
<input type="checkbox"/> Odpočítatelné zatížení na plochu			
<input type="checkbox"/> Velikost	q	0.00	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Odpočítatelný podíl	Podíl	100.00	%
<input type="checkbox"/> Max. odečítatelná plocha	Vzdálenost	1.0	d
<input type="checkbox"/> Max. Ductible Surface	Distance	1.0	d

Obr. 5.17: Detaily uzlu protlačení 26 podle EN DIN

Výpočet

Vstupní údaje máme kompletně zadány. Nyní můžeme postupně spustit výpočet daných dvou návrhových případů EN CEN a EN DIN.

Na následujícím obrázku lze porovnat výsledky, které se u obou návrhových případů zobrazí v dialogu 2.1 Posouzení na protlačení.

RF-PUNCH - [3410_Punch01]			
Soubor	Nastavení	Nápověda	
PŘ1 - EN CEN	2.1 Posouzení na protlačení		
Vstupní údaje			
Základní údaje			
Materiály a plochy			
Další otvory			
Podélná výztuž			
Uzly protlačení			
Výsledky			
Posouzení na protlačení			
Nutná výztuž proti protlačení			
Uzel č.	Zatěžování	Druh posouzení	Kritérium posouzení
17	Def	Únosnost desky ve smyku	1.20
		Únosnost tlakové diagonály ve smyku	0.54
		Únosnost tahové diagonály ve smyku	1.00
		Smyková únosnost vnějšího obvodu	1.00
26	Def	Únosnost desky ve smyku	1.07
		Únosnost tlakové diagonály ve smyku	0.48
		Únosnost tahové diagonály ve smyku	1.00
		Smyková únosnost vnějšího obvodu	0.96
RF-PUNCH - [3410_Punch01]			
Soubor	Nastavení	Nápověda	
PŘ2 - EN DIN	2.1 Posouzení na protlačení		
Vstupní údaje			
Základní údaje			
Materiály a plochy			
Další otvory			
Podélná výztuž			
Uzly protlačení			
Výsledky			
Posouzení na protlačení			
Nutná výztuž proti protlačení			
Uzel č.	Zatěžování	Druh posouzení	Kritérium posouzení
17	Def	Únosnost desky ve smyku	1.20
		Únosnost tlakové diagonály ve smyku	0.86
		Únosnost tahové diagonály ve smyku	1.00
		Smyková únosnost vnějšího obvodu	0.99
26	Def	Únosnost desky ve smyku	1.07
		Únosnost tlakové diagonály ve smyku	0.77
		Únosnost tahové diagonály ve smyku	1.00
		Smyková únosnost vnějšího obvodu	0.96

Obr. 5.18: Posouzení na protlačení podle EN CEN (výše) a EN DIN (níže)

Ve spodní části dialogu se zobrazí mezivýsledky jednotlivých posouzení (únosnost desky, tlakové a tahové diagonály, vnějšího obvodu ve smyku). My se tu blíže podíváme na mezivýsledky u uzlu 17 při posouzení podle EN CEN.

<input checked="" type="checkbox"/> Působící maximální smykové napětí	$V_{Ed}$	1118	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Součinitel	$\beta$	1.10	
Součinitel $\beta$ je definovaný uživatelem			
<input checked="" type="checkbox"/> Působící posouvající síla	$V_{Ed}$	809.00	kN
<input type="checkbox"/> Zat. stav	ZS	Def	
<input type="checkbox"/> Nezatížená strana	Nezatíř	Homí strana	
<input checked="" type="checkbox"/> Základní kontrolovaný obvod	$u_1$	4.188	m
<input type="checkbox"/> Vzdálenost k zatížené ploše	$l_{w,1}$	0.380	m
<input checked="" type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška	$d$	19.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstvy	$d_1$	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstvy	$d_2$	20.00	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Smyková únosnost bez smykové výztuže			
<input checked="" type="checkbox"/> Základní smyková únosnost podle (6.47)	$V_{Rd,c,calc,1}$	929	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$C_{Rd,c}$	0.12	
<input type="checkbox"/> Součinitel (ovlivněný tloušťkou)	$k$	2.00	
<input checked="" type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška			
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstvy	$d_1$	20.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstvy	$d_2$	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška	$d$	19.00	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Střední stupeň podélné výztuže			
<input checked="" type="checkbox"/> Stupeň 1. vrstvy	$\rho_1$	0.016	
<input type="checkbox"/> Navržená podélná výztuž	$navr a_{s,1}$	31.42	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstvy	$d_1$	20.00	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Stupeň 2. vrstvy	$\rho_2$	0.017	
<input type="checkbox"/> Navržená podélná výztuž	$navr a_{s,2}$	31.42	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstvy	$d_2$	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Střední stupeň podélné výztuže	$\rho$	0.017	
<input type="checkbox"/> Maximální přípustný stupeň vyztužení	$\rho_{max}$	0.020	
<input type="checkbox"/> Charakteristická válcová pevnost	$f_{ck}$	35.00	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$k_1$	0.10	
<input checked="" type="checkbox"/> Napětí v betonu	$\sigma_{cp}$	0	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Membránová síla	$N_{cp}$	0.00	kN/m
<input checked="" type="checkbox"/> Minimální smyková únosnost podle (6.47)	$V_{Rd,c,calc,2}$	586	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$V_{min}$	586	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$k_1$	0.10	
<input checked="" type="checkbox"/> Napětí v betonu	$\sigma_{cp}$	0	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Membránová síla	$N_{cp}$	0.00	kN/m
<input type="checkbox"/> Rozhodující smyková únosnost	$V_{Rd,c}$	929	kN/m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Posouzení			
<input type="checkbox"/> Působící maximální smykové napětí	$V_{Ed}$	1118	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Rozhodující smyková únosnost	$V_{Rd,c}$	929	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Kritérium posouzení	kritérium	1.20	

Obr. 5.19: Mezivýsledky u uzlu 17 podle EN CEN – druh posouzení *Únosnost desky ve smyku*

Pro srovnání se provede výpočet podle [3].

$$d = (d_x + d_y) / 2 = (0,20 + 0,18) / 2 = 0,19 \text{ m}$$

$$u_i = 2 \cdot (2 \cdot 0,45 + \pi \cdot 2,0 \cdot 0,19) = 4,19 \text{ m}$$

$$v_{Ed} = \beta \cdot V_{Ed} / (u_i \cdot d)$$

$$V_{Ed} = 809 \text{ kN}$$

$$\beta = 1,10$$

$$v_{Ed} = 1,10 \cdot 0,809 / (4,19 \cdot 0,19) = 1,118 \text{ MN/m}^2$$

$$V_{Rd,c} = (0,18 / \gamma_c) \cdot k (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0,10 \cdot \sigma_{cp} \geq v_{min} + 0,10 \cdot \sigma_{cp}$$

$$\text{kdy } k = 1 + (200 / d)^{1/2} \leq 2,0$$

$$= 1 + (200 / 190)^{1/2} \leq 2,0$$

$$v_{min} = (0,0525 / \gamma_c) \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2}$$

$$v_{min} = (0,0525 / 1,5) \cdot 2,0^{3/2} \cdot 35^{1/2} = 0,586 \text{ MN/m}^2$$

$$\rho_{lx} = 31,42 / (100 \cdot 20) = 0,0157$$

$$\rho_{ly} = 31,42 / (100 \cdot 18) = 0,0175$$

$$\rho_l = (0,0157 \cdot 0,0175)^{1/2} = 0,0166$$

$$\leq 2,0$$

$$\leq 0,50 \cdot f_{cd} / f_{yd} = 0,5 \cdot 19,8 / 435 = 0,023$$

$$V_{Rd,c} = (0,18 / 1,5) \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,0166 \cdot 35)^{1/3} = 0,928 \text{ MN/m}^2$$

$$> 0,586 \text{ MN/m}^2 = v_{\min}$$

$$< 1,118 \text{ MN/m}^2 = v_{\text{ed}}$$

<input checked="" type="checkbox"/> Působící maximální smykové napětí	$V_{Ed}$	2602	kN/m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Součinitel	$\beta$	1.10	
Součinitel $\beta$ je definovaný uživatelem			
<input checked="" type="checkbox"/> Působící posouvající síla	$V_{Ed}$	809.00	kN
<input type="checkbox"/> Zat. stav	ZS	Def	
<input type="checkbox"/> Nezatížená strana	Nezatíř	Homí strana	
<input checked="" type="checkbox"/> Délka kontrolovaného obvodu	$u_0$	1.800	m
<input type="checkbox"/> Vzdálenost od zatížené plochy	$l_{w,0}$	0.0	m
<input checked="" type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška	$d$	19.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstva	$d_1$	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstva	$d_2$	20.00	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Maximální návrhová smyková únosnost			
<input checked="" type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$\psi$	0.52	
<input type="checkbox"/> Charakteristická válcová pevnost	$f_{ck}$	35.00	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Návrhová hodnota pevnosti betonu	$f_{cd}$	23.33	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Maximální smyková únosnost	$V_{Rd,max}$	4816	kN/m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Posouzení			
<input type="checkbox"/> Působící maximální smykové napětí	$V_{Ed}$	2602	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Maximální smyková únosnost	$V_{Rd,max}$	4816	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Kritérium posouzení	kritérium	0.54	

Obr. 5.20: Mezivýsledky u uzlu 17 podle EN CEN – druh posouzení *Únosnost tlakové diagonály ve smyku*

<input checked="" type="checkbox"/> Působící maximální smykové napětí	$V_{Ed}$	1118	kN/m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Součinitel	$\beta$	1.10	
Součinitel $\beta$ je definovaný uživatelem			
<input checked="" type="checkbox"/> Působící posouvající síla	$V_{Ed}$	809.00	kN
<input type="checkbox"/> Zat. stav	ZS	Def	
<input type="checkbox"/> Nezatížená strana	Nezatíř	Homí strana	
<input checked="" type="checkbox"/> Základní kontrolovaný obvod	$u_1$	4.188	m
<input type="checkbox"/> Vzdálenost k zatížené ploše	$l_{w,1}$	0.380	m
<input checked="" type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška	$d$	19.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstva	$d_1$	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstva	$d_2$	20.00	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Smyková únosnost se smykovou výztuží	$V_{Rd,cs}$	1118	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Smyková únosnost bez smykové výztuže	$V_{Rd,c}$	929	kN/m <sup>2</sup>
<input checked="" type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška			
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstva	$d_1$	20.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstva	$d_2$	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška	$d$	19.00	cm
<input type="checkbox"/> Radiální vzdálenost obvodů výztuže	$s_r$	0.137	m
<input type="checkbox"/> Smyková výztuž na jednom obvodu	$A_{sw}$	5.42	cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Účinná pevnost výztuže	$f_{ywd,ef}$	297.50	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Základní kontrolovaný obvod	$u_1$	4.188	m
<input type="checkbox"/> Úhel výztuže s rovinou desky	$\alpha$	90.00	°
<input checked="" type="checkbox"/> Posouzení			
<input type="checkbox"/> Působící maximální smykové napětí	$V_{Ed}$	1118	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Smyková únosnost se smykovou výztuží	$V_{Rd,cs}$	1118	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Kritérium posouzení	kritérium	1.00	

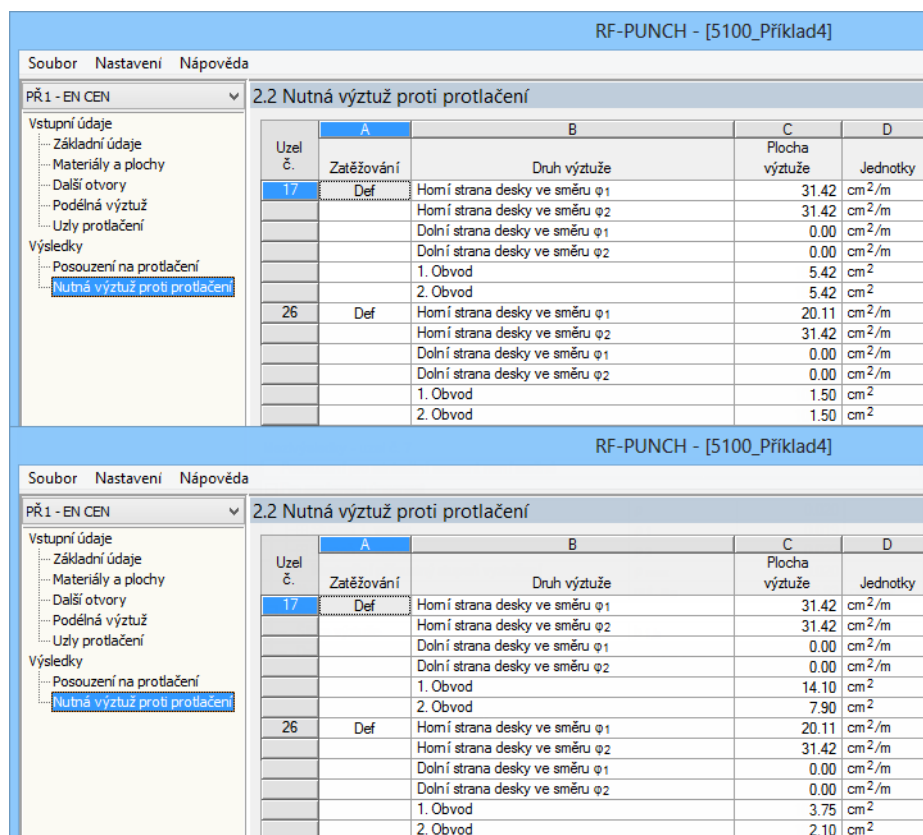
Obr. 5.21: Mezivýsledky u uzlu 17 podle EN CEN – druh posouzení *Únosnost tahové diagonály ve smyku*

<input checked="" type="checkbox"/> Působící maximální smykové napětí	$v_{Ed,out}$	928	$\text{kN/m}^2$
<input type="checkbox"/> Součinitel	$\beta$	1.10	
Součinitel $\beta$ je definovaný uživatelem			
<input checked="" type="checkbox"/> Působící posouvající síla	$V_{Ed}$	809.00	kN
<input type="checkbox"/> Zat. stav	ZS	Def	
<input type="checkbox"/> Nezatížená strana	Nezatíž	Homí strana	
<input checked="" type="checkbox"/> Vnější kontrolovaný obvod	$u_a$	5.048	m
<input type="checkbox"/> Vzdálenost od zatížené plochy	$l_{w,out}$	0.517	m
<input checked="" type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška	$d$	19.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstva	$d_1$	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstva	$d_2$	20.00	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Smyková únosnost bez smykové výztuže			
<input checked="" type="checkbox"/> Základní smyková únosnost podle (6.47)	$v_{Rd,c,calc,1}$	929	$\text{kN/m}^2$
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$C_{Rd,c}$	0.12	
<input type="checkbox"/> Součinitel (ovlivněný tloušťkou)	$k$	2.00	
<input checked="" type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška			
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstva	$d_1$	20.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstva	$d_2$	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška	$d$	19.00	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Střední stupeň podélné výztuže			
<input checked="" type="checkbox"/> Stupeň 1. vrstvy	$\rho_1$	0.016	
<input type="checkbox"/> Navržená podélná výztuž	$navr a_{s,1}$	31.42	$\text{cm}^2/\text{m}$
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstva	$d_1$	20.00	cm
<input checked="" type="checkbox"/> Stupeň 2. vrstvy	$\rho_2$	0.017	
<input type="checkbox"/> Navržená podélná výztuž	$navr a_{s,2}$	31.42	$\text{cm}^2/\text{m}$
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstva	$d_2$	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Střední stupeň podélné výztuže	$\rho$	0.017	
<input type="checkbox"/> Maximální přípustný stupeň vyztužení	$\rho_{max}$	0.020	
<input type="checkbox"/> Charakteristická válcová pevnost	$f_{ck}$	35.00	$\text{N/mm}^2$
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$k_1$	0.10	
<input checked="" type="checkbox"/> Napětí v betonu	$\sigma_{cp}$	0	$\text{kN/m}^2$
<input type="checkbox"/> Membránová síla	$N_{cp}$	0.00	$\text{kN/m}$
<input checked="" type="checkbox"/> Minimální smyková únosnost podle (6.47)	$v_{Rd,c,calc,2}$	586	$\text{kN/m}^2$
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$v_{min}$	586	$\text{kN/m}^2$
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$k_1$	0.10	
<input checked="" type="checkbox"/> Napětí v betonu	$\sigma_{cp}$	0	$\text{kN/m}^2$
<input type="checkbox"/> Membránová síla	$N_{cp}$	0.00	$\text{kN/m}$
<input type="checkbox"/> Rozhodující smyková únosnost	$v_{Rd,c}$	929	$\text{kN/m}^2$
<input checked="" type="checkbox"/> Posouzení			
<input type="checkbox"/> Působící maximální smykové napětí	$v_{Ed}$	928	$\text{kN/m}^2$
<input type="checkbox"/> Rozhodující smyková únosnost	$v_{Rd,c}$	929	$\text{kN/m}^2$
<input type="checkbox"/> Kritérium posouzení	kritérium	1.00	

Obr. 5.22: Mezivýsledky u uzlu 17 podle EN CEN – druh posouzení Smyková únosnost vnějšího obvodu



V dialogu 2.2 *Nutná výztuž proti protlačení* se zobrazí plocha výztuže u jednotlivých druhů výztuže.



The image shows two screenshots of a software dialog box titled 'RF-PUNCH - [5100\_Příklad4]'. The dialog is for '2.2 Nutná výztuž proti protlačení'. The left sidebar shows a tree view with 'Nutná výztuž proti protlačení' selected. The main area contains a table with columns: Uzel č., Zatěžování, Druh výztuže, Plocha výztuže, and Jednotky. The table is split into two parts, one for EN CEN (top) and one for EN DIN (bottom). Node 17 is highlighted in blue.

Uzel č.	Zatěžování	Druh výztuže	Plocha výztuže	Jednotky		
17	Def	Homí strana desky ve směru φ1	31.42	cm <sup>2</sup> /m		
		Homí strana desky ve směru φ2	31.42	cm <sup>2</sup> /m		
		Dolní strana desky ve směru φ1	0.00	cm <sup>2</sup> /m		
		Dolní strana desky ve směru φ2	0.00	cm <sup>2</sup> /m		
		1. Obvod	5.42	cm <sup>2</sup>		
		2. Obvod	5.42	cm <sup>2</sup>		
		26	Def	Homí strana desky ve směru φ1	20.11	cm <sup>2</sup> /m
				Homí strana desky ve směru φ2	31.42	cm <sup>2</sup> /m
				Dolní strana desky ve směru φ1	0.00	cm <sup>2</sup> /m
				Dolní strana desky ve směru φ2	0.00	cm <sup>2</sup> /m
1. Obvod	1.50			cm <sup>2</sup>		
2. Obvod	1.50			cm <sup>2</sup>		

Uzel č.	Zatěžování	Druh výztuže	Plocha výztuže	Jednotky		
17	Def	Homí strana desky ve směru φ1	31.42	cm <sup>2</sup> /m		
		Homí strana desky ve směru φ2	31.42	cm <sup>2</sup> /m		
		Dolní strana desky ve směru φ1	0.00	cm <sup>2</sup> /m		
		Dolní strana desky ve směru φ2	0.00	cm <sup>2</sup> /m		
		1. Obvod	14.10	cm <sup>2</sup>		
		2. Obvod	7.90	cm <sup>2</sup>		
		26	Def	Homí strana desky ve směru φ1	20.11	cm <sup>2</sup> /m
				Homí strana desky ve směru φ2	31.42	cm <sup>2</sup> /m
				Dolní strana desky ve směru φ1	0.00	cm <sup>2</sup> /m
				Dolní strana desky ve směru φ2	0.00	cm <sup>2</sup> /m
1. Obvod	3.75			cm <sup>2</sup>		
2. Obvod	2.10			cm <sup>2</sup>		

Obr. 5.23: Nutná výztuž proti protlačení podle EN CEN (výše) a EN DIN (níže)

Pro srovnání se provede výpočet podle [3] u uzlu 17 podle EN CEN i EN DIN.

$$R_{d,cs} = 0,75 \cdot v_{Rd,c} + 1,5 \cdot (d / s_r) \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd,ef} / (u_1 \cdot d) \cdot \sin \alpha$$

přičemž

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 \cdot d \leq f_{ywd}$$

$$f_{ywd,ef} = 250 + 0,25 \cdot 190 = 297 \text{ MN/m}^2 < 435 \text{ MN/m}^2$$

$$s_r = 0,75 \cdot d$$

$$A_{sw} = (v_{ed} - 0,75 \cdot v_{Rd,c}) \cdot u_1 \cdot d / [1,5 \cdot (d / s_r) \cdot f_{ywd,ef}]$$

$$A_{sw} = (1,118 - 0,75 \cdot 0,928) \cdot 4,19 \cdot 0,19 / [1,5 \cdot (1 / 0,75) \cdot 297] \cdot 10^4 = 5,66 \text{ cm}^2$$

### V případě EN CEN:

$$\text{nut } A_{sw,1} = \text{nut } A_{sw,2} = 5,66 \text{ cm}^2$$

### V případě EN DIN:

V prvních dvou obvodech se množství výztuže navýší pomocí součinitele  $k_{sw}$ .

$$\text{nut } A_{sw,1} = k_{sw,1} \cdot A_{sw,1} = 2,5 \cdot 5,66 = 14,1 \text{ cm}^2$$

$$\text{nut } A_{sw,2} = k_{sw,2} \cdot A_{sw,2} = 1,4 \cdot 5,66 = 7,92 \text{ cm}^2$$

Podrobné údaje k jednotlivým posouzením (horní strana desky ve směru  $\varphi_1$  a  $\varphi_2$ , dolní strana desky ve směru  $\varphi_1$  a  $\varphi_2$ , 1. a 2. obvod) najdeme v dolní části dialogu. Představíme je zde u uzlu 17 v případě posouzení podle EN CEN.

☐ Pro smykovou únosnost			
<input type="checkbox"/>	Nutný stupeň podélné výztuže	$\rho$	0.020
<input type="checkbox"/>	Stupeň 1. vrstvy	$\rho_1$	0.019
<input type="checkbox"/>	Pož. podélná výztuž	pož. $a_{s,1}$	37.95 cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/>	Stat. účinná výška 1. vrstva	$d_1$	20.00 cm
<input type="checkbox"/>	Stupeň 2. vrstvy	$\rho_2$	0.021
<input type="checkbox"/>	Pož. podélná výztuž	pož. $a_{s,2}$	37.95 cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/>	Stat. účinná výška 2. vrstva	$d_2$	18.00 cm
<input type="checkbox"/>	Maximální přípustný stupeň vyztužení	$\rho_{max}$	0.020
<input type="checkbox"/>	Nutná výztuž	nut. $a_s$	37.95 cm <sup>2</sup> /m
☐ Definovaná podélná výztuž			
<input type="checkbox"/>	Šířka výztuže	$b_{1,h}$	1.000 m
<input type="checkbox"/>	Definovaná podélná výztuž	navr. $a_{s,1,h}$	31.42 cm <sup>2</sup> /m

Obr. 5.24: Mezivýsledky u uzlu 17 podle EN CEN – druh výztuže *Horní strana desky ve směru  $\varphi_1$*

☐ Pro smykovou únosnost			
<input type="checkbox"/>	Nutný stupeň podélné výztuže	$\rho$	0.020
<input type="checkbox"/>	Stupeň 1. vrstvy	$\rho_1$	0.019
<input type="checkbox"/>	Pož. podélná výztuž	pož. $a_{s,1}$	37.95 cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/>	Stat. účinná výška 1. vrstva	$d_1$	20.00 cm
<input type="checkbox"/>	Stupeň 2. vrstvy	$\rho_2$	0.021
<input type="checkbox"/>	Pož. podélná výztuž	pož. $a_{s,2}$	37.95 cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/>	Stat. účinná výška 2. vrstva	$d_2$	18.00 cm
<input type="checkbox"/>	Maximální přípustný stupeň vyztužení	$\rho_{max}$	0.020
<input type="checkbox"/>	Nutná výztuž	nut. $a_s$	37.95 cm <sup>2</sup> /m
☐ Definovaná podélná výztuž			
<input type="checkbox"/>	Šířka výztuže	$b_{2,h}$	1.000 m
<input type="checkbox"/>	Definovaná podélná výztuž	navr. $a_{s,2,h}$	31.42 cm <sup>2</sup> /m

Obr. 5.25: Mezivýsledky u uzlu 17 podle EN CEN – druh výztuže *Horní strana desky ve směru  $\varphi_2$*

☐ Pro smykovou únosnost			
<input type="checkbox"/>	Podélná výztuž na této straně nemá žádný vliv		
☐ Definovaná podélná výztuž			
<input type="checkbox"/>	Šířka výztuže	$b_{1,d}$	1.00 m
<input type="checkbox"/>	Definovaná podélná výztuž	navr. $a_{s,1,d}$	0.00 cm <sup>2</sup> /m

Obr. 5.26: Mezivýsledky u uzlu 17 podle EN CEN – druh výztuže *Dolní strana desky ve směru  $\varphi_1$*

☐ Pro smykovou únosnost			
<input type="checkbox"/>	Podélná výztuž na této straně nemá žádný vliv		
☐ Definovaná podélná výztuž			
<input type="checkbox"/>	Šířka výztuže	$b_{2,d}$	1.00 m
<input type="checkbox"/>	Definovaná podélná výztuž	navr. $a_{s,2,d}$	0.00 cm <sup>2</sup> /m

Obr. 5.27: Mezivýsledky u uzlu 17 podle EN CEN – druh výztuže *Dolní strana desky ve směru  $\varphi_2$*

<input type="checkbox"/> Výpočet počtu vnitřních obvodů			
<input type="checkbox"/> Vzdálenost mezi druhým a posledním vnitřním obvodem	$x_{in}$	0.137	m
<input type="checkbox"/> Max. dovolená vzdálenost vnitřních obvodů	$max s_r$	0.142	m
<input type="checkbox"/> Vyp. pož. počet odstupů	$n_{dis,calc}$	0.96	
<input type="checkbox"/> Navržený počet odstupů	$n_{dis}$	1	
<input type="checkbox"/> Navržený počet obvodů	$n_{in}$	2	
<input type="checkbox"/> Poloha 1. kontrolovaného obvodu			
<input type="checkbox"/> Délka kontrolovaného obvodu	$u$	2.397	m
<input type="checkbox"/> Vzdálenost k zatížené ploše	$l_w$	0.095	m
<input type="checkbox"/> Působící maximální smykové napětí			
<input type="checkbox"/> Součinitel	$\beta$	1.10	
<input type="checkbox"/> Součinitel $\beta$ je definovaný uživatelem			
<input type="checkbox"/> Působící posouvající síla			
<input type="checkbox"/> Zat. stav	ZS		Def
<input type="checkbox"/> Nezatížená strana	Nezatíž		Homí strana
<input type="checkbox"/> Základní kontrolovaný obvod			
<input type="checkbox"/> Vzdálenost k zatížené ploše	$l_{w,1}$	0.380	m
<input type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška			
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstva	$d_1$	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstva	$d_2$	20.00	cm
<input type="checkbox"/> Smyková únosnost bez smykové výztuže			
<input type="checkbox"/> Základní smyková únosnost podle (6.47)			
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$V_{Rd,c,calc,1}$	929	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Součinitel (ovlivněný tloušťkou)	$C_{Rd,c}$	0.12	
<input type="checkbox"/> Součinitel	$k$	2.00	
<input type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška			
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstva	$d_1$	14.00	cm
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstva	$d_2$	12.00	cm
<input type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška	$d$	13.00	cm
<input type="checkbox"/> Střední stupeň podélné výztuže			
<input type="checkbox"/> Stupeň 1. vrstvy			
<input type="checkbox"/> Navržená podélná výztuž	$navr a_{s,1}$	31.42	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstva	$d_1$	20.00	cm
<input type="checkbox"/> Stupeň 2. vrstvy			
<input type="checkbox"/> Navržená podélná výztuž	$navr a_{s,2}$	31.42	cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstva	$d_2$	18.00	cm
<input type="checkbox"/> Střední stupeň podélné výztuže	$\rho$	0.017	
<input type="checkbox"/> Maximální přípustný stupeň vyztužení	$\rho_{max}$	0.020	
<input type="checkbox"/> Charakteristická válcová pevnost	$f_{ck}$	35.00	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$k_1$	0.10	
<input type="checkbox"/> Napětí v betonu			
<input type="checkbox"/> Membránová síla	$\sigma_{cp}$	0	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Membránová síla	$N_{cp}$	0.00	kN/m
<input type="checkbox"/> Minimální smyková únosnost podle (6.47)			
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$V_{min}$	586	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$k_1$	0.10	
<input type="checkbox"/> Napětí v betonu	$\sigma_{cp}$	0	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Membránová síla	$N_{cp}$	0.00	kN/m
<input type="checkbox"/> Rozhodující smyková únosnost	$V_{Rd,c}$	929	kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Staticky nutná výztuž proti protlačení			
<input type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška	$d$	19.00	cm
<input type="checkbox"/> Radiální vzdálenost obvodů výztuže	$s_r$	0.137	m
<input type="checkbox"/> Účinná pevnost výztuže	$f_{ywd,ef}$	297.50	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Základní kontrolovaný obvod			
<input type="checkbox"/> Vzdálenost k zatížené ploše	$l_{w,1}$	0.380	m
<input type="checkbox"/> Staticky požadovaná smyková výztuž	$A_{sw,stat}$	5.42	cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Minimální výztuž proti protlačení			
<input type="checkbox"/> Minimální průřezová plocha jednoho ramena třmínků			
<input type="checkbox"/> Charakteristická válcová pevnost	$f_{ck}$	35.00	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Charakteristická pevnost výztuže	$f_{yk}$	500.00	N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Sklon výztuže proti protlačení	$\alpha$	90.00	°
<input type="checkbox"/> Radiální vzdálenost obvodů výztuže	$s_r$	0.137	m
<input type="checkbox"/> Tangenciální vzdálenost spon			
<input type="checkbox"/> Délka kontrolovaného obvodu	$u_1$	2.397	m
<input type="checkbox"/> Minimální počet	$n$	9	
<input type="checkbox"/> Minimální počet ramen třmínků			
<input type="checkbox"/> Vyp. pož. minimální počet			
<input type="checkbox"/> Délka kontrolovaného obvodu	$u_1$	1.97	m
<input type="checkbox"/> Max. tangenciální odstup smykové výztuže			
<input type="checkbox"/> Vnitřní obvod uvnitř základního kontrolovaného obvodu	$max s$	0.195	m
<input type="checkbox"/> Minimální počet	$n$	8.41	
<input type="checkbox"/> Minimální výztuž proti protlačení			
<input type="checkbox"/> Minimální počet	$A_{sw,min}$	2.397	cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Minimální průřezová plocha jednoho ramena třmínků	$A_{sw,min,třmíněk}$	0.285	cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Rozhodující smyková výztuž $A_{sw}$			
<input type="checkbox"/> Staticky požadovaná smyková výztuž	$A_{sw,stat}$	2.07	cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Minimální výztuž proti protlačení	$A_{sw,min}$	9	cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Rozhodující smyková výztuž	$A_{sw}$	0.23	cm <sup>2</sup>

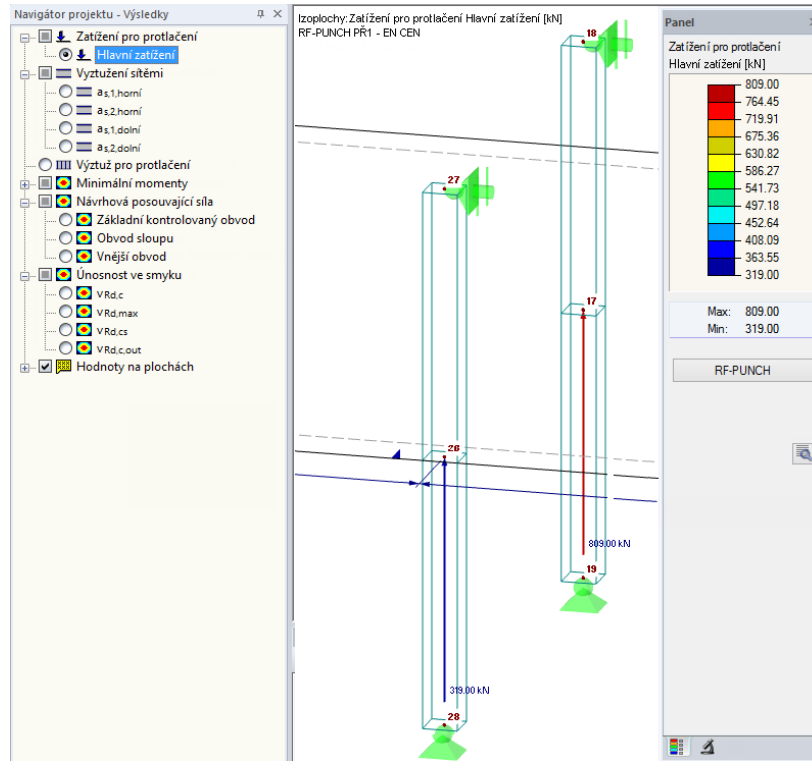
Obr. 5.28: Mezivýsledky u uzlu 17 podle EN CEN – druh výztuže 1. obvod

<input type="checkbox"/> Výpočet počtu vnitřních obvodů		
<input type="checkbox"/> Vzdálenost mezi druhým a posledním vnitřním obvodem	$x_{in}$	0.137 m
<input type="checkbox"/> Max. dovolená vzdálenost vnitřních obvodů	$max s_r$	0.142 m
<input type="checkbox"/> Výp. pož. počet odstupů	$n_{dis,calc}$	0.96
<input type="checkbox"/> Navržený počet odstupů	$n_{dis}$	1
<input type="checkbox"/> Navržený počet obvodů	$n_{in}$	2
<input type="checkbox"/> Poloha 2. kontrolovaného obvodu		
<input type="checkbox"/> Délka kontrolovaného obvodu	$u$	3.258 m
<input type="checkbox"/> Vzdálenost k zatížené ploše	$l_w$	0.232 m
<input type="checkbox"/> Působící maximální smykové napětí		
<input type="checkbox"/> Součinitel	$\beta$	1.10
<input type="checkbox"/> Součinitel $\beta$ je definovaný uživatelem		
<input type="checkbox"/> Působící posouvající síla		
<input type="checkbox"/> Zat. stav	ZS	Def
<input type="checkbox"/> Nezatížená strana	Nezatíž	Homí strana
<input type="checkbox"/> Základní kontrolovaný obvod		
<input type="checkbox"/> Vzdálenost k zatížené ploše	$l_{w,1}$	0.380 m
<input type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška		
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstva	$d_1$	18.00 cm
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstva	$d_2$	20.00 cm
<input type="checkbox"/> Smyková únosnost bez smykové výztuže		
<input type="checkbox"/> Základní smyková únosnost podle (6.47)		
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$V_{Rd,c,calc,1}$	929 kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Součinitel (ovlivněný tloušťkou)	$C_{Rd,c}$	0.12
<input type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška	$k$	2.00
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstva	$d_1$	14.00 cm
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstva	$d_2$	12.00 cm
<input type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška	$d$	13.00 cm
<input type="checkbox"/> Střední stupeň podélné výztuže		
<input type="checkbox"/> Stupeň 1. vrstvy		
<input type="checkbox"/> Navržená podélná výztuž	$\rho_1$	0.022
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstva	$navr a_{s,1}$	31.42 cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 1. vrstva	$d_1$	14.00 cm
<input type="checkbox"/> Stupeň 2. vrstvy		
<input type="checkbox"/> Navržená podélná výztuž	$\rho_2$	0.026
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstva	$navr a_{s,2}$	31.42 cm <sup>2</sup> /m
<input type="checkbox"/> Stat. účinná výška 2. vrstva	$d_2$	12.00 cm
<input type="checkbox"/> Střední stupeň podélné výztuže	$\rho$	0.020
<input type="checkbox"/> Maximální přípustný stupeň vyztužení	$\rho_{max}$	0.020
<input type="checkbox"/> Charakteristická válcová pevnost	$f_{ck}$	35.00 N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$k_1$	0.10
<input type="checkbox"/> Napětí v betonu		
<input type="checkbox"/> Membránová síla	$\sigma_{op}$	0 kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Membránová síla	$N_{op}$	0.00 kN/m
<input type="checkbox"/> Minimální smyková únosnost podle (6.47)		
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$V_{min}$	586 kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Hodnota národní přílohy	$k_1$	0.10
<input type="checkbox"/> Napětí v betonu		
<input type="checkbox"/> Membránová síla	$\sigma_{op}$	0 kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Membránová síla	$N_{op}$	0.00 kN/m
<input type="checkbox"/> Rozhodující smyková únosnost	$V_{Rd,c}$	929 kN/m <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Staticky nutná výztuž proti protlačení		
<input type="checkbox"/> Střední staticky účinná výška	$d$	19.00 cm
<input type="checkbox"/> Radiální vzdálenost obvodů výztuže	$s_r$	0.137 m
<input type="checkbox"/> Účinná pevnost výztuže	$f_{ywd,ef}$	297.50 N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Základní kontrolovaný obvod		
<input type="checkbox"/> Vzdálenost k zatížené ploše	$l_{w,1}$	0.380 m
<input type="checkbox"/> Staticky požadovaná smyková výztuž	$A_{sw,stat}$	5.42 cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Minimální výztuž proti protlačení		
<input type="checkbox"/> Minimální průřezová plocha jednoho ramena třmínků		
<input type="checkbox"/> Charakteristická válcová pevnost	$A_{sw,min,třmínků}$	0.23 cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Charakteristická pevnost výztuže	$f_{ck}$	35.00 N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Sklon výztuže proti protlačení	$f_{yk}$	500.00 N/mm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Radiální vzdálenost obvodů výztuže	$\alpha$	90.00 °
<input type="checkbox"/> Radiální vzdálenost obvodů výztuže	$s_r$	0.137 m
<input type="checkbox"/> Tangenciální vzdálenost spon		
<input type="checkbox"/> Délka kontrolovaného obvodu	$s_t$	0.271 m
<input type="checkbox"/> Minimální počet	$u_2$	3.258 m
<input type="checkbox"/> Minimální počet ramen třmínků		
<input type="checkbox"/> Výp. pož. minimální počet	$n$	12
<input type="checkbox"/> Délka kontrolovaného obvodu	$n_{calc}$	11.43
<input type="checkbox"/> Max. tangenciální odstup smykové výztuže	$u$	3.258 m
<input type="checkbox"/> Vnitřní obvod vně základního kontrolovaného obvodu	$max s$	0.285 m
<input type="checkbox"/> Minimální počet	$n$	12
<input type="checkbox"/> Minimální výztuž proti protlačení		
<input type="checkbox"/> Minimální počet	$A_{sw,min}$	2.82 cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Minimální průřezová plocha jednoho ramena třmínků	$n$	12
<input type="checkbox"/> Minimální průřezová plocha jednoho ramena třmínků	$A_{sw,min,třmínků}$	0.23 cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Rozhodující smyková výztuž $A_{sw}$		
<input type="checkbox"/> Staticky požadovaná smyková výztuž	$A_{sw,stat}$	5.42 cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Minimální výztuž proti protlačení	$A_{sw,min}$	2.82 cm <sup>2</sup>
<input type="checkbox"/> Rozhodující smyková výztuž	$A_{sw}$	5.42 cm <sup>2</sup>

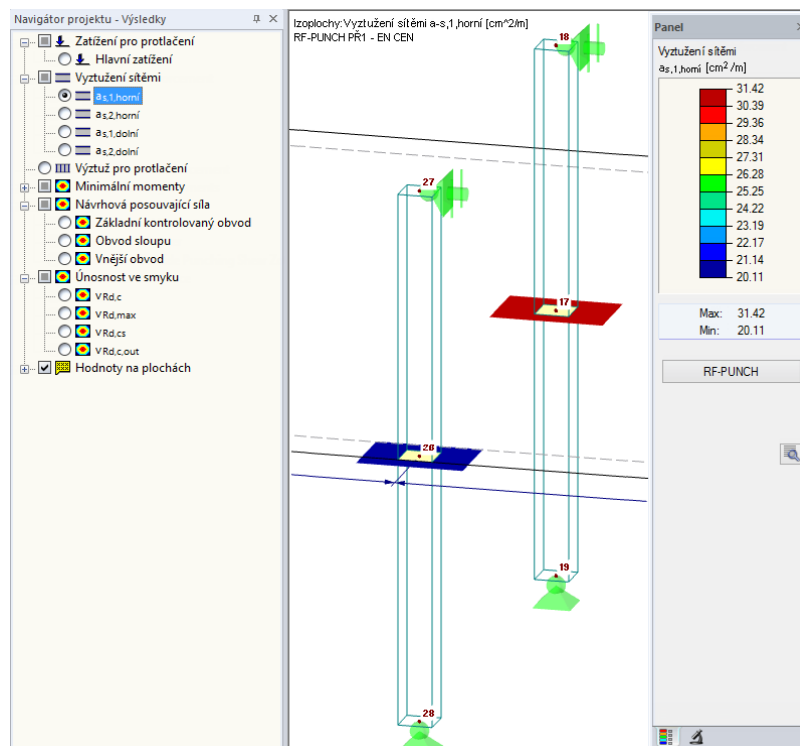
Obr. 5.29: Mezivýsledky u uzlu 17 podle EN CEN – druh výztuže 2. obvod

Grafika

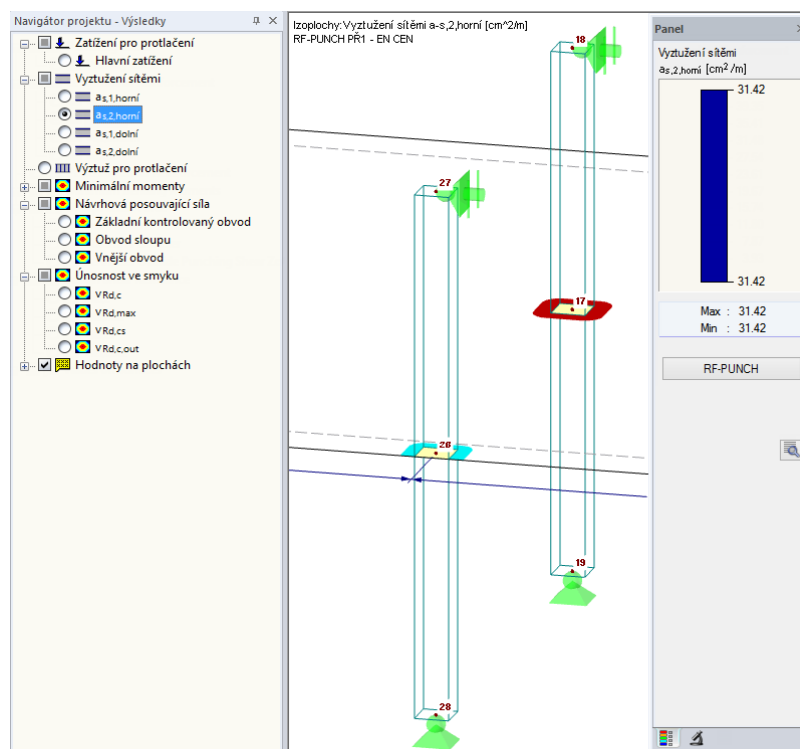
Výsledky můžeme po kliknutí na tlačítko [Grafika] znázornit také v pracovním okně RFEMu (viz níže).



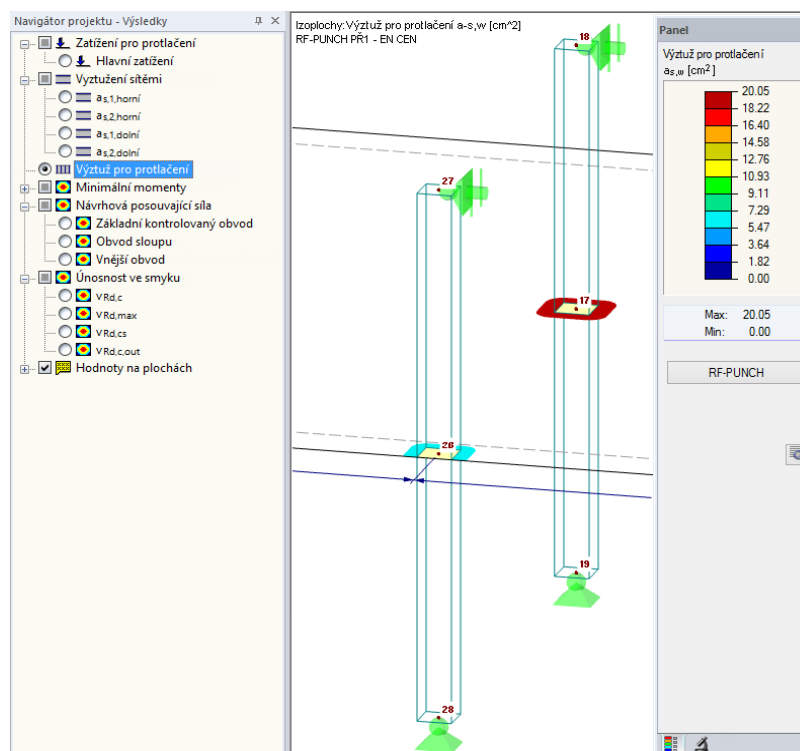
Obr. 5.30: Grafické znázornění hlavního zatížení (EN CEN)



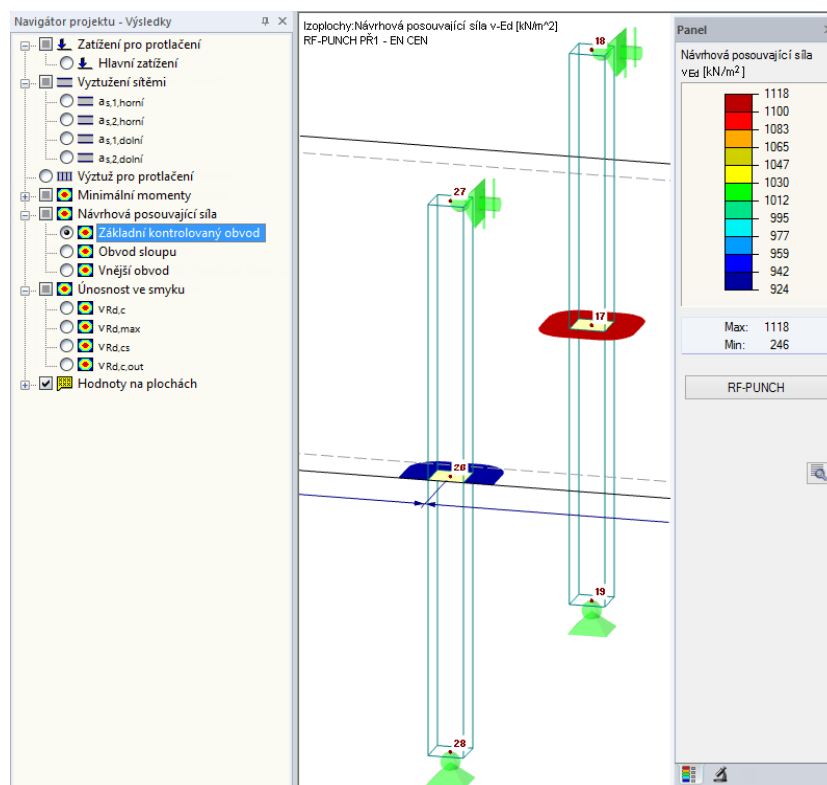
Obr. 5.31: Vyztužení  $a_{s,1,horní}$  (EN CEN)



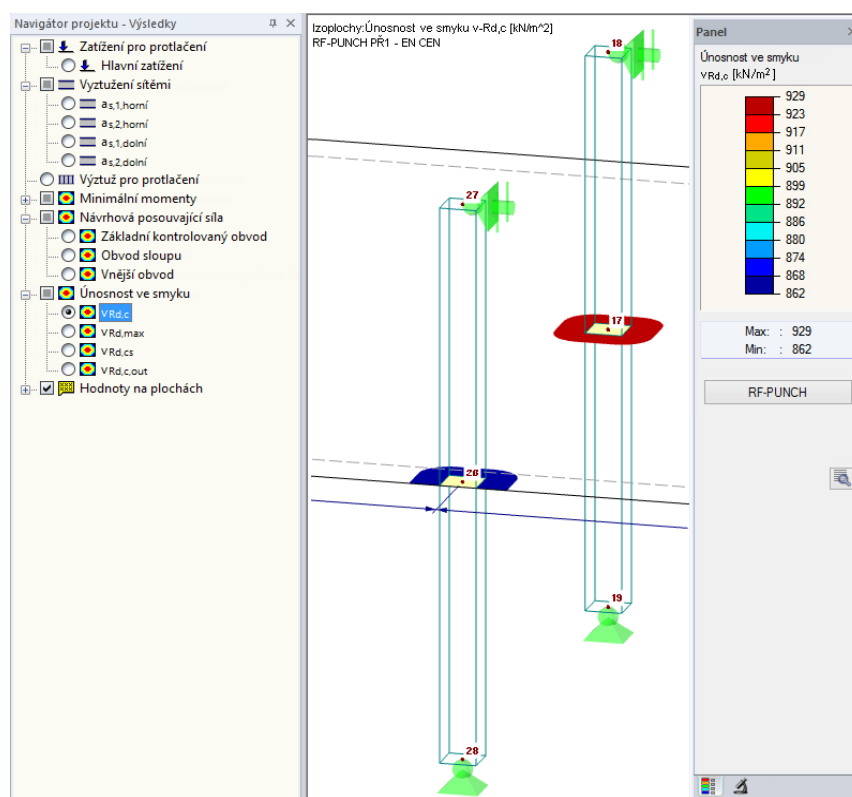
Obr. 5.32: Výztužení a<sub>s,2,horní</sub> (EN CEN)



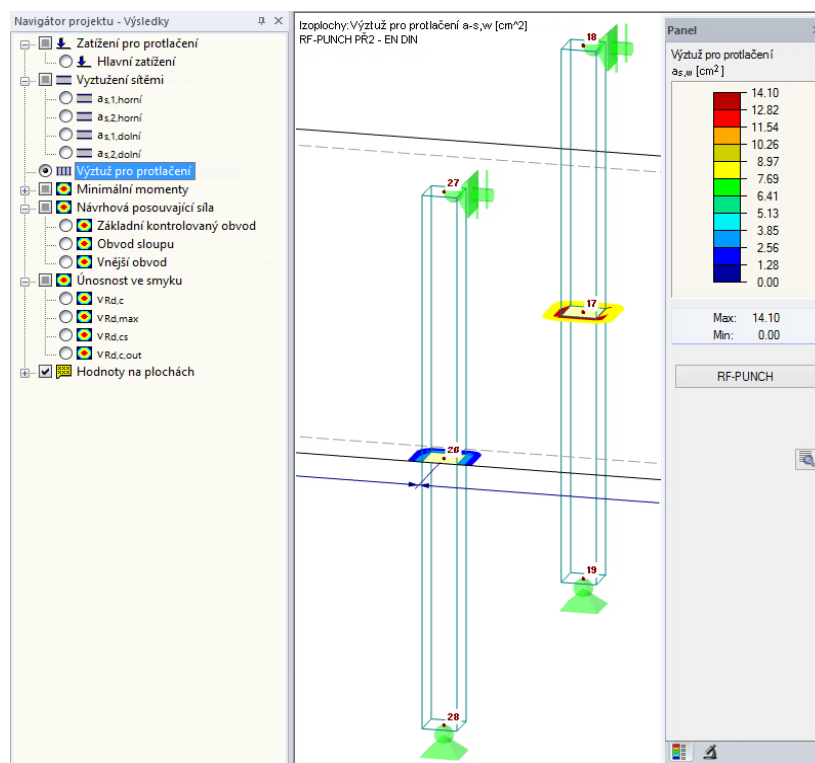
Obr. 5.33: Výztuž pro protlačení (EN CEN)



Obr. 5.34: Základní kontrolovaný obvod (EN CEN)



Obr. 5.35: Únosnost ve smyku (EN CEN)



Obr. 5.36: Výztuž pro protlačení (EN DIN)

Veškerá posouzení byla splněna. Výsledné hodnoty odpovídají výsledkům příkladu v [3].



## **A: Literatura**

- [1] ČSN EN 1992-1-1. Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby
- [2] DIN EN 1992-1-1:2004/AC:2010 -02 Eurocode 2 : Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken – Teil 1-1 : Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau
- [3] Deutscher Beton-Verein E.V.: Beispiele zur Bemessung von Betontragwerken nach Eurocode2. Band 1: Hochbau Bauverlag, Wiesbaden und Berlin 2011.
- [4] Schneider, Klaus-Jürgen.: Bautabellen für Ingenieure mit Berechnungshinweisen und Beispielen, 16. Auflage. Werner Verlag, Düsseldorf 2004.

# B: Index

## B

Beton .....	18, 39, 68, 69
Betonářská ocel.....	19, 70
Betonářská výztuž.....	39, 68
Betonová tlaková diagonála.....	16

## C

Celkový stupeň vyztužení .....	23
--------------------------------	----

## D

Databáze materiálů .....	69
Desetinná místa.....	89
Deska.....	79
Detaily .....	81
Detaily návrhu.....	81
Dialogy.....	64
Dílčí součinitel spolehlivosti.....	66, 67, 81
DIN 1045-1.....	16
Dlouhodobé účinky.....	81
Dolní strana desky.....	6, 17, 57, 74

## E

EN 1992-1-1 .....	41, 57
-------------------	--------

## G

Grafika .....	90
---------------	----

## H

HALFEN-DEHA.....	76
HDB.....	76, 77
Horní strana desky .....	6, 17, 57, 74

## J

Jednotky.....	89
---------------	----

## K

Kombinace výsledků.....	12, 13, 16, 67
Kombinace zatížení .....	67
Komentář .....	67
Kritérium posouzení.....	82
Krytí výztuže.....	74

## M

Materiál.....	68
Mezivýsledky .....	82, 85
Mimořádná situace.....	67
Minimální momenty.....	17, 57
Minimální výztuž .....	16, 49

## N

Namáhání .....	43, 59, 82
Národní příloha.....	65, 66, 81
Navigátor <i>Výsledky</i> .....	90
Návrhová situace.....	67, 81
Návrhový případ.....	64, 87, 88
Norma.....	65, 76, 81
Normálová síla .....	81
Normálová síla na prutu .....	14

## O

Oboustranné působení zatížení.....	56
Obvod.....	25, 29, 32, 34, 51, 52, 80, 86
Obvod smykové výztuže .....	49
Obvod výztuže.....	62
Odpočitatelné zatížení na plochu .....	81
Okrajový sloup.....	79
Otvor .....	25, 42, 71, 72

## P

Panel.....	92
Parametry .....	66
Plně plastické rozdělení smykového napětí .....	44
Plocha .....	68, 71
Podélná výztuž.....	28, 39, 47, 48, 61, 74, 80, 85
Poloha.....	79
Posouzení na protlačení .....	82
Pracovní okno RFEMu.....	90
Případ RF-PUNCH.....	87, 90

## R

Rohový sloup.....	79
-------------------	----

## S

Sloup.....	14, 24
Směr vrstvy výztuže .....	74
Směr výztuže .....	85
Smyková únosnost .....	84
Součinitel $\beta$ .....	24, 44, 45, 80
Spuštění programu .....	63

## T

Tisk.....	93
Tisk zobrazení.....	93
Tlaková oblast betonu.....	18
Tlaková výztuž.....	21

Tloušťka .....	69	Výstupní protokol .....	92, 93
Tvar protlačení .....	75	Výztuž.....	85
<b>U</b>		Výztuž proti protlačení 16, 28, 35, 37, 41, 46, 47, 50, 60, 75, 80, 84, 85	
Únosnost.....	27, 41, 82	<b>Z</b>	
Únosnost ve smyku .....	35, 59	Základ .....	79
Únosnost ve smyku při protlačení 41, 43, 46, 47, 49, 61		Základ sloupu.....	45, 46
Uzel .....	65, 75, 82, 85	Základní kontrolovaný obvod 24, 26, 42, 43, 49, 50, 59, 80	
Uzel protlačení.....	65, 75, 83, 86	Základní situace.....	67
Uzlová podpora .....	7	Základní údaje .....	65
Uzlové zatížení .....	13	Zakřivené pruty .....	37, 62, 76
<b>V</b>		Zatěžovací stav .....	67
Viditelnosti .....	92	Zatěžovaná plocha .....	25, 26, 42, 58, 79
Volný okraj.....	26, 42	Zatížení pro protlačení.....	6, 7, 81, 82
Vrstva výztuže .....	74, 85	Znaménko .....	9