

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra konstrukcí



Ocelobetonová patrová budova s železobetonovým jádrem
Composite steel-concrete multi-storey building

Student:

Bc. Martin Kubečka

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Miroslav Rosmanit, Ph.D.

Ostrava 2010

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra konstrukcí

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Martin Kubečka**

Studijní program: N3607 Stavební inženýrství

Studijní obor: 3607T037 Konstrukce staveb

Téma: **Ocelobetonová patrová budova s železobetonovým jádrem.
Composite steel-concrete multi-storey building.**

Zásady pro vypracování:

V rámci diplomové práce vypracujte:

1. Teoretický rozbor konstrukcí ocelových patrových budov.
2. Dispoziční řešení vybrané patrové budovy. Volba konstrukčního systému.
3. Podrobné dispoziční a architektonické řešení typické části objektu (část dokumentace pro stavební řízení).
4. Statický výpočet rozhodujících nosných prvků a ztužení konstrukce.
5. Návrh a posouzení vybraných spojů.
6. Výrobní dokumentace důležitých nebo zvláštní části konstrukce.

Rozsah grafických prací: dle potřeby

Rozsah průvodní zprávy: dle potřeby

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí.
- [2] ČSN EN 1991: Zatížení konstrukcí.
- [3] ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [4] ČSN EN 1993-1-1: Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.
- [5] Studnička, J., Macháček, J. Votlučka, L.: Ocelové konstrukce 20 – Pozemní stavby, Praha 1998
- [6] Wald, F., Sokol, S.: Navrhování styčníků, Praha, 1998.
- [7] Odborné časopisy – Konstrukce, Stavitel, Structural Engineering, Stahlbau
- [8] Internet

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 30. 11. 2010

.....

Bc. Martin Kubečka

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 30. 11. 2010

Anotace

Předmětem diplomové práce je statický návrh a posouzení rozhodujících prvků patrové budovy, především části tvořené ocelovou konstrukcí. Práce obsahuje problematiku ocelových patrových budov, návrh patrové budovy a její dispozice, výkresovou dokumentaci v rozsahu dokumentace pro stavební řízení nutnou pro seznámení se s objektem a následný statický výpočet a posouzení. Výpočet je doplněn návrhem rozhodujících spojů nosné ocelové konstrukce a její výrobní dokumentací.

Klíčová slova

Ocelová patrová budova, železobetonové jádro, ocelobetonová spřažená konstrukce, spoje ocelových konstrukcí.

Abstract

Subject of this thesis is the structural design and assessment of critical elements of multi-story building, consisting mainly of steel structures. The work includes the issue of multi-storey steel buildings, design of multi-storey building and layout, scale drawings in the detailed design necessary to become familiar with the subject and the subsequent structural analysis and assessment. The calculation is completed critical design boards supporting steel structure and specifications.

Key words

Steel multi-storey building, Steel-concrete core, composite construction.

Struktura diplomové práce

- A -

Textová část

Teoretický rozbor konstrukcí ocelových patrových budov

Dispoziční řešení vybrané patrové budovy

Volba konstrukčního systému

- B -

Statický výpočet

Výpočet nosných prvků ocelové konstrukce

Návrh a posouzení vybraných spojů

Návrh železobetonového jádra

- C -

Výkresová dokumentace

Dispoziční a architektonické řešení typické části objektu

Výrobní dokumentace důležitých částí konstrukce

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra konstrukcí



ČÁST -A-
Textová část

Obsah

1	VÝŠKOVÉ BUDOVOY	- 11 -
1.1	CO JE VÝŠKOVÁ BUDOVA	- 11 -
1.2	HISTORIE VÝŠKOVÝCH BUDOV	- 11 -
1.3	VÝŠKOVÉ BUDOVOY A SOUČASNOST	- 13 -
2	OCELOVÉ KONSTRUKCE POZEMNÍCH STAVEB	- 13 -
2.1	ÚVOD	- 13 -
2.2	NÁVRH NOSNÉ OCELOVÉ KONSTRUKCE	- 14 -
3	OCELOVÉ KONSTRUKCE PATROVÝCH BUDOV	- 16 -
3.1	NÁVRH PROSTOROVĚ TUHÉ KONSTRUKCE PATROVÝCH BUDOV	- 17 -
3.2	DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ.....	- 17 -
3.2.1	<i>Rozmístění sloupů v půdoryse.....</i>	- 18 -
3.2.2	<i>Návrh stropní konstrukce.....</i>	- 19 -
3.2.3	<i>Rozmístění a předběžný návrh ztužidel.....</i>	- 20 -
3.3	STROPNÍ KONSTRUKCE.....	- 22 -
3.3.1	<i>Stropní desky.....</i>	- 22 -
3.3.2	<i>Stropnice.....</i>	- 23 -
3.3.3	<i>Průvlaky.....</i>	- 24 -
3.4	SLOUPY	- 24 -
3.4.1	<i>Vnitřní síly a dimenzování sloupů.....</i>	- 25 -
3.4.2	<i>Průřezy sloupů.....</i>	- 25 -
3.4.3	<i>Montážní styky.....</i>	- 26 -
3.4.4	<i>Patky sloupů</i>	- 27 -
3.5	VERTIKÁLNÍ ZTUŽIDLA	- 28 -
3.5.1	<i>Rozdělení zatížení na ztužidla.....</i>	- 28 -
3.5.2	<i>Příhradová ztužidla</i>	- 28 -
3.5.3	<i>Rámová ztužidla.....</i>	- 29 -

4	ŘEŠENÁ PATROVÁ BUDOVA.....	- 29 -
4.1	DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ.....	- 29 -
4.2	KONSTRUKČNÍ SYSTÉM.....	- 31 -
5	TECHNICKÁ SPECIFIKACE OBJEKTU.....	- 32 -
5.1	INFORMACE O OBJEKTU.....	- 32 -
5.2	KONSTRUKCE OBJEKTU.....	- 32 -
5.3	DISPOZICE OBJEKTU.....	- 34 -
5.4	FASÁDA OBJEKTU.....	- 34 -
5.5	VÝPIS PRVKŮ MONTÁŽNÍHO DÍLCE OCELOVÉ KONSTRUKCE.....	- 35 -
6	LITERATURA	- 36 -
7	INTERNETOVÉ ZDROJE	- 36 -
8	SOFTWAREOVÁ PODPORA	- 36 -

1 Výškové budovy

1.1 Co je výšková budova

Za výškovou budovu lze označit budovu, která přesahuje určitou výšku a přitom slouží obytnému či administrativnímu účelu, takže z této kategorie lze vyloučit vysílače, rozhledny a jiné budovy s podobným účelem. Za hranici kdy je budova považována již za výškovou lze uvažovat výšku nad 23 m (některé zdroje uvádějí 20-25 m).

Zvláštním typem výškové budovy jsou mrakodrapy, takto lze nazvat výškové budovy, které přesahují výšku 100 až 150 m.

1.2 Historie výškových budov

První obytné výškové budovy se objevily již v antice, ve Starém Římě jako *Insuly* (z *latinského insula/insulae*) a sloužily jako velké nájemní domy pro nižší a střední třídy obyvatelstva (tzv. *plebeje*). Některé z těchto prvních výškových budov měly až 10 podlaží a údajně až 200 schodů. Ovšem výškový rozvoj těchto staveb byl omezen císařem Augustem (r. 30 př.n.l. - 14 př.n.l.) z důvodu nebezpečí ohně a zřízení na 70 římských stop (20,7 m) a posléze, po velkém požáru Říma, byla tato výška ještě snížena císařem Neronem na 60 římských stop (17,75 m).



Obr. 1.1 - *Insula*. Zdroj: Internet

Další zmínka o výškových stavbách v historii pochází z dob Muslimského Egypta (r. 639 - 1517 n.l.), konkrétněji z v té době hlavního města Fustat. Zde bylo postaveno mnoho obytných budov pro stovky lidí, které byly vysoké 10 až 14 pater a se střešními zahradami. Rovněž také Káhira nezůstávala pozadu a na počátku 16. století v tomto městě bylo postaveno několik výškových domů, ovšem s daleko širším účelem - spodní dvě patra sloužily jako obchody či skladovací plochy a vyšší patra byla pronajímána veřejnosti.

Co se týče významných evropských měst, tak mnoho z nich mělo stavby, které lze považovat za výškové, ovšem byly to v naprosté většině městské věže a plnily tedy funkci reprezentativní či obrannou. Nejvíce věží, které plnily i obytný účel, se nacházelo v italském městě Boloni a byly postaveny v období 12. až 13. století. Počet těchto věží dosahoval 80 až



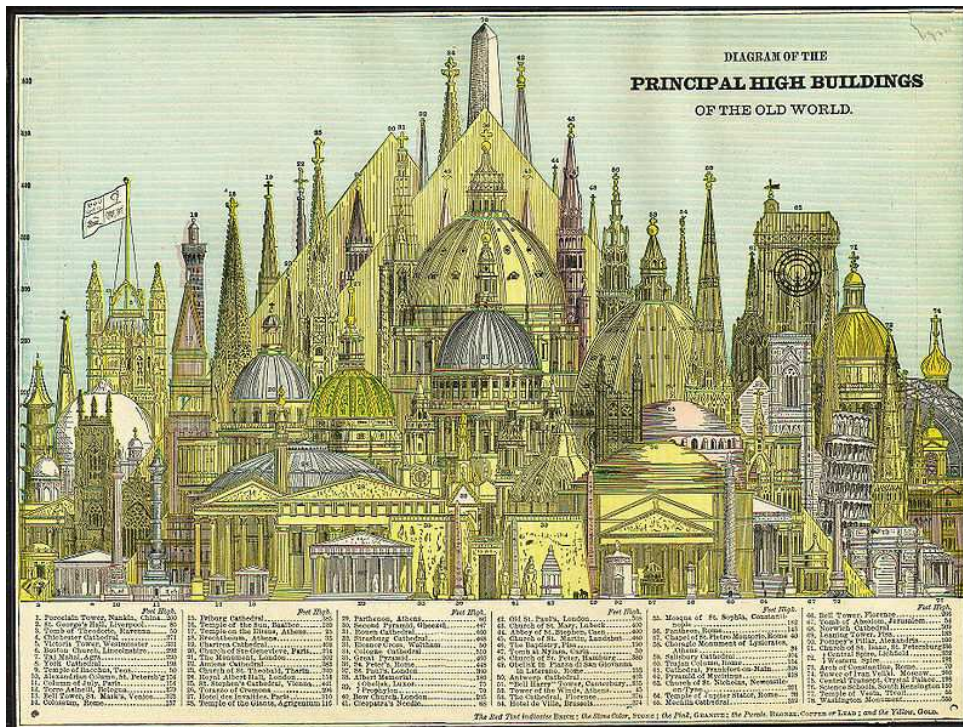
100 (některé zdroje hovoří až o 180 výškových stavbách) a nejvyšší z nich měří 97,2 m. Nejznámější z těchto věží jsou známy pod názvem "Dvě věže". Výškový rozvoj ale i zde zbrzdilo nařízení, které bylo vydáno ve Florencii roku 1251, a to že budovy nesmí být vyšší než 26 m. Ovšem považovat výstavbu výškových budov jako výsadu pouze významných a velkých

Obr. 1.2 - Dvě věže v Bologni, 1767. měšť je omyl, například i středně velké město San Gimignano je známo, že má 72 věží vysokých až 51 m.

Další podobné "panelové" domy byly postaveny ve městě Shibam, v Jemenu, v 16. století. Tyto domy byly celé postavené z hliněných cihel a většina z těchto 500 domů jsou 5 až 6 poschodí vysoké s jedním až dvěma byty na podlaží. Tyto domy měly kromě obytného účelu také účel obranný. Toto město má zároveň nejvyšší hliněné stavby na světě - některé dosahují výšky přes 30 m. Proto je Shibam také někdy nazývá "Manhattan pouště".^[8]



Obr. 1.3 - město Shibam. Zdroj: Internet



Obr. 1.4 - Nejvyšší budovy světa, r.1884. Zdroj: Internet

1.3 Výškové budovy a současnost

Rozvoj výškových budov v moderní době nastal vynálezem výtahu a levnějších a kvalitnějších stavebních materiálů. Jako nejvhodnější materiál pro stavbu výškových budov se ukázal železobeton a ocel, přičemž u obytných výškových staveb se uplatňovaly především betonové a železobetonové bloky, tak u mrakodrapů se využívalo lehčí konstrukční řešení, a to použití ocelových rámu apod.

Výstavba výškových budov ve větším měřítku nastala ve druhé polovině 19. století, a to v USA. Mnohé z prvních mrakodrapů výškových budov vyrostly v Chicagu během oprav města z důvodu velkého požáru roku 1871. Naprostá většina výškových budov, především mrakodrapů, se stavěla z oceli, tento trend byl udržován až do dnešní doby, kdy se začaly pro mrakodrapy používat železobetonové konstrukce apod.

2 Ocelové konstrukce pozemních staveb

2.1 Úvod

Největší výhodou ocelových konstrukcí je rychlost výstavby, která je při srovnání s ostatními stavebními technologiemi bezkonkurenční. Další výhodou je vysoká kvalita materiálu, jehož pevnost je ideální pro velká rozpětí, výšek apod. V dnešní době se navíc čím dál víc upřednostňuje snadná rekonstruovatelnost a případná následná demolice, při níž u ocelových konstrukcí se až 95% materiálu vrací zpět do oceláren k dalšímu využití. V tomto smyslu je ocel velmi ekologickým materiálem.

Nevýhodou ocelových konstrukcí je nutnost chránit ocel proti korozi a snížení pevnosti oceli při vysokých teplotách při požáru. Proto je nutné tuto konstrukci chránit, ovšem zvyšuje se tím cena stavby.^[5]

V dnešní době při rozhodování o volbě materiálu nosné konstrukce stavby rozhoduje především výhradně cena, do které se velmi výrazně promítá rychlost výstavby, náklady na údržbu a cena za demolici objektu. A v tomto ohledu ocelové konstrukce například v porovnání s betonem vyhrává.

2.2 Návrh nosné ocelové konstrukce

Návrh nosné ocelové konstrukce musí respektovat řadu hledisek (funkci a provoz objektu, architektonické stavebně-konstrukční řešení, technologické a technické vybavení, podmínky zakládání, podmínky montáže, údržby apod.), a proto vychází ze spolupráce různých profesních odvětví. Zásadou konstrukčního řešení je postupovat od principu k detailu. Vlastní návrh nosné ocelové konstrukce spočívá ve vyřešení několika dílčích otázek, jejichž řešení probíhá často souběžně. Cílem návrhu je zaručit:

- funkčnost stavby po celou dobu její plánované životnosti (u pozemních staveb 50 let);
- bezpečnost a hospodárnost stavby, rychlost výstavby;
- estetické a architektonické řešení.

Ze všeho nejdřív je při návrhu třeba určit rozměrové uspořádání konstrukce, nosný systém (nosníky, rošt, rám, oblouk, lanová konstrukce apod.) a vytvoření prostorově tuhé konstrukce. Ocelové konstrukce tvoří prakticky vždy prostorově působící konstrukci. Ve většině případů ale postačí vyřešit staticky jednodušší rovinnou soustavu. Pouze konstrukčně složitá a velkorozponová konstrukce je nezbytné řešit jako prostorové. Co se týče prostorové tuhosti, je třeba zajistit především:

- přenos všech zatížení do základů a zajištění tuhosti konstrukce (splnění požadovaných limitů deformací a kmitání);
- zajištění tvaru a polohy konstrukce;
- zajištění stability všech částí konstrukce.

Ocelové konstrukce jsou specifické především tím, že jednotlivé prvky konstrukce často plní při prostorové tuhosti objektu více funkcí. zejména důležité je to, že prostorovou tuhost je třeba zajistit při každém montážním stádiu výsledného objektu.

S volbou statického a konstrukčního systému souvisí i koncepce řešení prvků a detailů konstrukce, které musí zabezpečit předpokládané chování nosného systému. Protože ocelové konstrukce umožňují použití velkého množství variant při řešení detailů, je jejich význam vazby celku na detail velmi důležitá. Proto je třeba zásady řešení detailů promýšlet již v úvodních fázích projektu.^[5]

Co se týče materiálu, tak je pro nosné konstrukce převážně používána běžná konstrukční ocel, a to S235 a S355. Uplatnění pevnějších a kvalitnějších ocelí je také možné v případech, kdy je efektivní. V některých případech je vhodné použít ocel se zvýšenou odolností proti atmosférické korozi.

Při návrhu konstrukce je třeba zvážit i další hlediska. Patří sem:

- podmínky výroby (dostupnost hutních výrobků apod.);
- podmínky dopravy (např. pro dopravu po železnici je max. šířka 3150 mm, běžné délky do 12 m nečiní problémy, jinak vyžaduje přeprava zvláštní opatření);
- montáž (hmotnost a rozměr dílců, montážní pomůcky, montážní spoje šroubované nebo spojované, chování v jednotlivých fázích montáže);
- ochrana ocelových konstrukcí (protipožární, protikoroze);
- údržba (možnost pravidelné údržby, přístupnost důležitých detailů apod.).

Kromě samozřejmého požadavku na bezpečnost konstrukce musí návrh splňovat také hledisko ekonomické. Cena konstrukce je dána hmotností materiálu a pracností výroby a montáže. Ke snížení nákladů a zároveň bez snížení funkčnosti konstrukce na úkor kvality přispívá aplikace progresivních technických a technologických postupů. Patří sem využívání prostorových konstrukčních systémů, používání nových typů konstrukčních prvků (tenkostěnné a ocelobetonové konstrukce), respektování pružnoplastického chování materiálu, výstižnější modelování prvků a detailů, moderní způsoby spojování konstrukcí (třecí spoje, zainjektované šrouby, progresivní způsoby svařování), aplikace nových materiálů apod.

Proto je třeba při návrhu konstrukce vycházet z více variant řešení a jejich vzájemného porovnávání. K hospodárnosti konstrukce tak často vede řešení, které je technicky složitější a ekonomicky náročnější.^[5]

3 Ocelové konstrukce patrových budov

Ze všech typů ocelových konstrukcí pozemních staveb je právě u patrových budov nejvýraznější komplexnost návrhu a vzájemná provázanost všech dílčích oblastí. Důležitá je proto spolupráce jednotlivých profesí při navrhování a kompromis při prosazování dílčích požadavků z hlediska vytvoření optimálně funkčního a hospodárneho objektu.

Vhodnost ocelové nosné konstrukce je pro patrové budovy dána uplatněním již zmíněných výhod ocelových konstrukcí. Optimální rozpětí oceli jsou větší než u železobetonu, což vede k uvolnění prostoru. V důsledku velké únosnosti mají nosné konstrukce také menší rozměry. Menší hmotnost konstrukce je výhodná i z hlediska dopravy hmot na stavbu a má příznivý vliv na založení objektu. Montáž je rychlá a málo závisí na klimatických vlivech. Přesnost výroby ocelových prvků se příznivě projevuje v návaznosti na průmyslovou výrobu doplňkových konstrukcí.^[5]

K nevýhodám oceli u patrových budov patří především snížení únosnosti konstrukce při působení vysokých teplot. Proto je nutné ocelovou konstrukci chránit proti působení požáru po celou dobu nutnou k evakuaci objektu. Naproti tomu ochrana oceli proti korozi není náročná, protože konstrukce není vystavena přímo povětrnostním vlivům. Obvykle se proto vystačí s cenově nenáročnými nátěry.

U patrových budov se výrazně projevuje vliv vodorovných zatížení (tj. od větru, případně od seizmických sil) na utváření konstrukčního systému. S přibývajícím výškou budovy význam vodorovného zatížení narůstá a způsob jeho přenesení se stává základní charakteristikou konstrukčního systému. Odtud vyplývá běžné rozdělení budov na:

- patrové (popř. vícepodlažní) budovy do cca 30 pater, u nichž dominuje svislé zatížení a potřebná tuhost v horizontálním směru je zajištěna obvyklými konstrukčními systémy;
- vysoké budovy, kde dominuje vodorovné zatížení a tuhost zajišťují speciální systémy.^[5]

3.1 Návrh prostorově tuhé konstrukce patrových budov

Obvyklý prostorově tuhý konstrukční systém nosné ocelové konstrukce vícepodlažních budov se skládá z:

- konstrukční části přenášejících svislá zatížení (stropní konstrukce, sloupy)
- konstrukční části přenášející vodorovná zatížení (vertikální ztužidla, tuhé stropní desky, horizontální ztužidla)

Tyto ztužidla mají za úkol přenášet silové působení od stálého a nahodilého zatížení. Přičemž při návrhu konstrukce vícepodlažních budov hraje významnou roli zatížení od účinků větru. Se vzrůstající výškou od zemského povrchu roste rychlost větru a tím i základní hodnota tlaku větru a proto s výškou budovy rostou jeho účinky na konstrukci. Zatížení větrem může na konstrukci působit všemi směry, u pravoúhlých půdorysů však obvykle postačí uvažovat vítr v příčném a podélném směru. V běžných výpočtech se vítr považuje za kvazistické zatížení, pouze u zvlášť vysokých budov se počítá s dynamickým účinkem zatížení. Co se týče dalšího nahodilého zatížení, tak ještě je třeba počítat ještě se zatížením sněhem na stropní konstrukci, to však je vzhledem k výšce budovy a působením ostatních sil zanedbatelné. V případě specifických zeměpisných oblastí je dále uvažovat s účinky zemětřesení a poklesem podpor.

Standardní ocelové skelety používají jednoduché kloubové styčníky a příhradová ztužidla. Dílenské spoje jsou svařované, zatímco montážní styky mohou být svařované nebo šroubované. Ocel svislých konstrukcí se zpravidla u vodorovných konstrukcí kombinuje s betonem (stropní desky) a oba materiály často staticky spolupůsobí ve spřažené konstrukci.^[8]

3.2 Dispoziční řešení

Dispoziční řešení plyne ze stavební a provozní dispozice budovy a musí respektovat příslušné požadavky. Zahrnuje rozměrové a konstrukční uspořádání nosné konstrukce a proto nutně vyžaduje spolupráci projektanta a statika. U jednoduchých konstrukcí jde zejména o:

- rozmístění sloupů v půdorysu;
- návrh stropní konstrukce

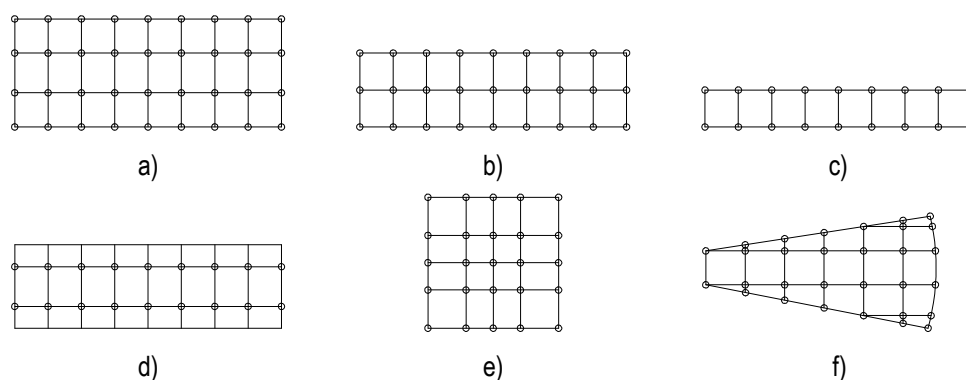
- rozmístěný a předběžný návrh počtu ztužidel

3.2.1 Rozmístění sloupů v půdoryse

V zájmu zjednodušení celé konstrukce je optimální pravidelná síť sloupů tvořena příčnými a podélnými řadami s jednotnými roztečemi. Vzhledem k návaznosti doplňkových stavebních dílců se doporučuje respektovat modulové a unifikované rozměry.

Patrové budovy obdélníkového půdorysu se obvykle řeší v kratším směru jako dvoj- nebo trojtakty. Méně se navrhuje jednotraky.

U půdorysů, které se blíží čtverci (věžové budovy) je snaha o symetrické rozmístění sloupů k oběma osám objektu. Ocelové konstrukce jsou vhodné i pro nepravidelné půdorysy, případně půdorysy oblé. Šikmé přípoje nosníků mezi sebou nebo ke sloupům nečiní obvykle potíže ve svařování ani ve šroubovém spoji.



Obr. 3.1- Rozmístění sloupů v půdorysu (bez vyznačení stropnic): a) trojtakt, b) dvojtrakt, c) jednotrakt, d) jednotrak s konzolami, e) čtvercový půdorys, f) nepravidelný půdorys

Optimální rozteče sloupů závisí na řadě okolností a je třeba je stanovit pro konkrétní případy. Obecně platí, že se zvětšováním roztečí roste spotřeba oceli na stropy a klesá spotřeba na sloupy. Optimální rozpětí se pohybují mezi 6 až 9 m. Moderní rozpory dosahují až 18m. Rozteče menší než 6m je pro ocel nutné považovat za výjimečné a neekonomické.^[5]

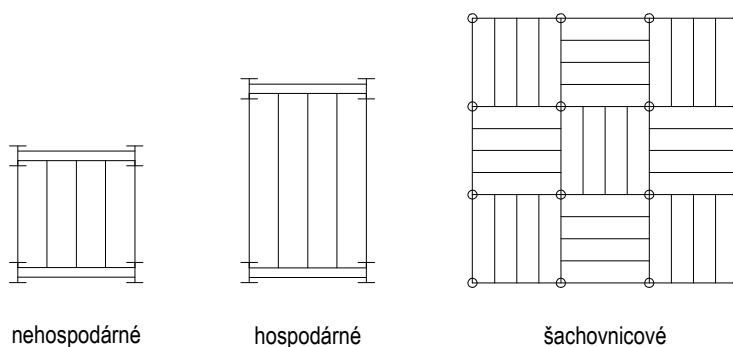
3.2.2 Návrh stropní konstrukce

Navržená stropní konstrukce musí splňovat především požadavky statické, konstrukční, izolační a ekonomické. Přitom je třeba vyřešit kompromis mezi některými požadavky, které mohou být protichůdné (např. hledisko ekonomické a akustické). Obecně ocelový strop dosahuje větších tloušťek než stropy betonové, a to o cca 100 až 200 mm, je-li jeho výška měřená v místě nosníku. Tuto nevýhodu lze ovšem zanedbat v případě, že se konstrukční výšky stropu umístí potřebné instalace (tzv. integrovaný systém stropu).

Z hlediska uspořádání nosných prvků rozlišujeme:

- stropnicový systém (stropní deska, stropnice, průvlaky);
- bezstropnicový systém (stropní deska průvlaky).

Stropnicový systém je běžnější a častěji užívaný. Z ekonomického hlediska je nejefektivnější uspořádání půdorysu mezi sloupy obdélníkové, kde stropnice jsou uloženy ve směru většího rozpětí a průvlaky ve směru menšího rozpětí. běžně se stropnice kladou v rozteči 2,4 až 3 m. Optimální návrh roztečí je ovšem vybrat z několika variant, jelikož počet stropnic výrazně ovlivňuje hmotnost celé konstrukce. V případě čtvercové sítě sloupů lze směr stropnic šachovnicově střídat. Výhodou je menší výška průvlaků, ovšem na úkor větší hmotnosti stropní konstrukce.



Obr. 3.2 - Uložení stropnic

Bezstropnicové systémy jsou konstrukčně jednodušší, ale mají některé nevýhody:

- ekonomické jsou pro menší vzdálenost průvlaků (kolem 4 m), jinak je hmotnost desky příliš velká;
- větší výška stropní desky zvyšuje při normální uložení desky na průvlak shora konstrukční výšku stropu;

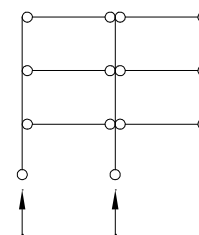
- vznikají problémy při řešení prostupů pro instalace, podhled v úrovni dolních pásnic vyžaduje zavěšení na stropní desku (nebo samostatnou nosnou kostru).

3.2.3 Rozmístění a předběžný návrh ztužidel

Konstrukční části přenášející svislé zatížení vytvářejí ve svislých rovinách podélné a příčné vertikální vazby. Z hlediska přenosu zatížení lze rozlišovat vazby:

- netuhé (kyvné);
- tuhé.

Netuhé (kyvné) vazby přenášejí pouze svislé zatížení. Spoje vodorovných nosníků a sloupů jsou kloubové.

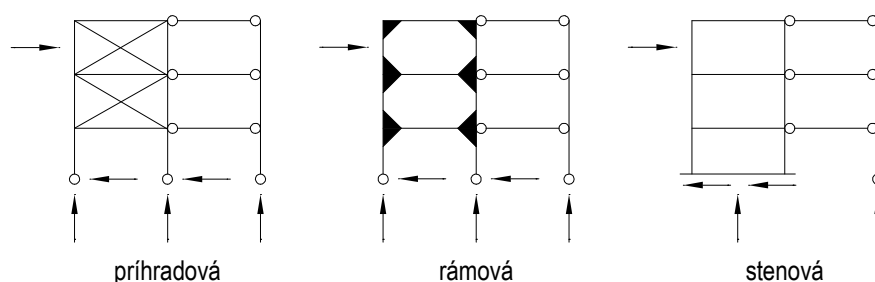


Obr. 3.3 - Netuhá vazba skeletu

Tuhé vazby (svislá ztužidla) zajišťují přenos vodorovného zatížení a tuhost budovy pro omezení vodorovného průhybu. Omezení se požaduje jednak v rámci výšky patra ($h/300$) a jednak pro celou výšku budovy ($H/500$). Tuhá ztužidla mohou být pouze v některých místech budovy, přičemž přenos vodorovného zatížení působícího v příčném nebo podélném směru na kyvné vazby přenáší tuhá stropní deska.

Svislá ztužidla mohou být:

- příhradová, která vzniknou přidáním dalších prutů (diagonál) do kyvné vazby;
- rámová, kterými se vytvoří ohybově tuhé spojení stropních prvků se sloupy;
- stěnová, kde tuhost zajišťuje plošná konstrukce smykově spojená se sloupy, nebo stěna přenášející svislé i vodorovné zatížení.



Obr. 3.4 - Svislá ztužidla

Příhradová ztužidla mají u ocelových konstrukcí obecně přednost, a to z následujících důvodů:

- spotřebují méně materiálu (důsledek namáhání prvků pouze osovou silou);
- spoje jsou jednodušší a méně pracné (z hlediska výpočtu se považují pouze za kloubové);
- mají větší tuhost (zajistí menší vodorovné deformace budovy při srovnatelné spotřebě materiálu).

Nevýhodou v porovnání s rámovými ztužidly je ovšem to, že omezují provozní dispozici vnitřního prostoru. Tuto nevýhodu lze částečně eliminovat volbou vhodného systému příhradoviny.

Rámová ztužidla se používají, je-li třeba uvolnit dispozici. Nevýhodou tohoto typu ztužení v porovnání s příhradovými ztužidly je zejména ta, že sloupy jsou namáhány kombinací tlaku a ohybu a potřebují větší průřezy, rámové spoje jsou pracné a drahé a rám jako celek je měkčí než příhradovina.

Stěnová ztužidla působí v ohybu a zejména ve smyku. Vzhledem k velké průřezové ploše mají proto obvykle velkou tuhost a jejich počet může být malý. V půdorysu se vyskytují jako:

- stěny,
- jádra (více spojených stěn).

Z hlediska použitého materiálu mohou být stěnová ztužidla:

- železobetonová
- ocelová (rovný nebo trapézový plech připevněný po obvodě),
- zděná (jejich nosná funkce se připouští pouze je u velmi nízkých budov a musí se prokázat výpočtem).

Návrh rozmístění ztužidel musí respektovat:

- ekonomické hledisko;
- dispoziční hledisko;
- statická hlediska.

Z ekonomického hlediska je zřejmé, že zbytečná ztužidla zdražují konstrukci a je tedy potřeba jejich počet optimalizovat. Ostatní vazby potom působí jako kyvné. Přitom platí, pokud to ostatní hlediska umožňují, že jsou nejlevnější ztužidla příhradová. Z dispozičního hlediska je proto výhodné navrhnout příhradová (příp. stěnová) ztužidla tam, kde nevedí provozní dispozici.

Statická hlediska potom určí počet ztužidel. Je zřejmé, že ztužidla musí přenést vodorovná zatížení a musí udržet deformace budovy v přijatelných mezích. Kromě toho je vhodné, jsou-li ztužidla navržena tak, že ani v nejnepříznivějších případech nevzniknou tahy ve sloupech. Sloupy v tahu je totiž nutné náročným způsobem kotvit do základů, což stavbu zdražuje.^[6]

3.3 Stropní konstrukce

Nosná konstrukce je u většiny objektů pouze částí stropní konstrukce, kterou tvoří ještě podlaha a podhled. Kromě statické funkce musí stropní konstrukce splňovat ještě požadavek na funkci akustickou (u občanských staveb), tepelně izolační (u střech) a požární odolnost. Konstrukční uspořádání stropu může významně ovlivnit potřeba horizontálních rozvodů TZB.

Nosnou konstrukci stropu (střechy) tvoří obvykle stropní desky, stropnice a průvlaky. Nosná konstrukce stropu nemá mít zbytečně velkou konstrukční tloušťku.

3.3.1 Stropní desky

V ocelových skeletech se používá více druhů stropních desek, které jsou stále doplňovány novými typy. Obecné požadavky na stropní konstrukce jsou:

- dostatečná nosnost, dostatečná ohybová tuhost (rozhoduje o průhybu) a dostatečná stěnová tuhost (pro přenesení účinků z netuhých vazeb do rovin ztužidel);
- snadná montáž;
- malá hmotnost (je ale nutné také zvážit akustické hledisko).

Nejčastěji jsou používány tyto typy stropních desek:

- železobetonové monolitické desky
- železobetonové prefabrikované desky
- ocelové stropní desky

V dnešní době se nejčastěji z těchto možností používají monolitické stropní desky v kombinaci ocelovými stropními deskami (trapézový plech), které plní funkci ztraceného bednění. Tloušťka betonové vrstvy nad trapézovým plechem je obvykle 70 až 120 mm, nejméně však 50 mm.

3.3.2 Stropnice

Navržené stropnice je třeba posoudit na mezní stav únosnosti (MSÚ) a na mezní stav použitelnosti (MSP). Hlavním faktorem pro výběr typu stropnic je rozpětí a požadavky na vedení instalací. Pro úspory v dimenzaci ocelových nosníků se navrhuje spřažení nosníku spolu se stropní deskou.

Při požadavku větší požární odolnosti stropnic je možno navrhnout plnostěnné nosníky I, resp. širokopřírubové nosníky H s obetonovanou stojnou. Při stanovení požární odolnosti takového nosníku rozhoduje i krytí horní pásnice (vlny trapézového plechy lze vyplnit izolací). Požární odolnost lze určit výpočtem.

Používané konstrukční typy stropnic:

- plnostěnné nosníky (válcované průřezy I, IPE, HEB, výjimečně U, UPE pro krajní stropnice, svařované průřezy, tenkostěnné stropnice),
- prolamované a členěné nosníky,
- příhradové, rámové a kombinované nosníky.

3.3.3 Průvlaky

Z důvodu většího působícího zatížení na průvlak než na stropnici se průvlak obvykle kladou ve směru menšího rozpětí. Pro dimenzování podle MSÚ a MSP platí stejná pravidla jako při návrhu stropnic a používají se také stejné konstrukční typy nosníků. Na plošné průvlaky průřezu I se častěji než v případě stropnic používají svařované profily. U obvykle svařovaných nosníků s konstantní výškou se prostupy pro instalace vytvářejí pomocí otvorů ve stěně průvlaků. Možnost vedení instalací lze při větším rozpětí získat také návrhem nosníků proměnné výšky. V případě průvlaků namáhaných ohybem a kroucením, je možno navrhnout průřez jako svařovaný uzavřený.

Statically se průvlaky navrhují jako:

- prosté nosníky (nejčastěji, přípoj k tuhé i měkké ose sloupů),
- rámové příčle (tzn. tuhé nebo polotuhé styčníky na tuhou osu sloupů),
- spojitě nosníky.

Napojení průvlaku na sloup lze vyřešit následujícími způsoby:

- prostý přípoj – je nejjednodušší, dává se přednost šroubovému provedení pomocí dvojice úhelníků. Další možností je připojení pomocí čelní desky anebo uložení na konzolku sloupu;
- rámové připojení – je vždy složitější než připojení kloubové, ze statického hlediska je třeba počítat s možností ztráty příčné a torzní stability rámové příčle;
- přípoj k železobetonovému jádru – je třeba počítat s dohodnutou tolerancí monolitického betonu (± 20 mm), běžný je přípoj svařovaný na ocelovou desku kotvenou při betonáži do jádra, přípoj nosníku může být i šroubový.

3.4 Sloupy

Při návrhu sloupů je třeba zohlednit jejich statické chování v konstrukci (vnitřní síly podle druhu vazby a stabilitní účinky), konstrukční požadavky (snadné stykování a přípoje vodorovných konstrukcí, možnost zachování obrysu sloupu po výšce budovy) požadavky hospodárnosti a protipožární ochrany.

3.4.1 Vnitřní síly a dimenzování sloupů

Sloupy kyvných vazeb jsou namáhány osovou silou od stálého a nahodilého zatížení. Síly pravidelně narůstají. Pro více pater lze účinky nahodilého zatížení redukovat.

U sloupu příhradového ztužidla přibude ještě navíc tlak nebo tak způsobený zatížení větrem. Stejný vliv má nevyhnutelná imperfekce celé soustavy.

U sloupů vznikají kromě osových sil také ale ohybové momenty z excentricit přípojů stropních nosníků. Tyto momenty lze zpravidla zanedbat. Sloupy se potom navrhuje jako centricky tlačené pruty se vzpěrnou délkou rovnou výšce patra. Štíhlost sloupů se doporučuje omezit hodnotou $\lambda \leq 180$.

Sloupy rámových vazeb jsou namáhány osovou silou a momenty od zatížení a posuzují se tedy na oba tyto účinky. Vliv momentů je ale výraznější než v předchozím případě.

3.4.2 Průřezy sloupů

Sloupy namáhané osovou silou mají obvykle v rovinách příčných i podélných vazeb stejnou vzpěrnou délku, která je rovna konstrukční výšce podlaží. Ideálním průřezem je tedy je tedy průřez se stejnou tuhostí v obou hlavních rovinách. Toto splňuje pouze kruhová trubka.

V praxi se nejvíce používají širokopřírubové průřezy HEB, které mají do šířky 300 mm čtvercový obrys. Naopak válcované profily I nebo IPE danému účelu nevyhovují. Nejlepší tuhosti lze však dosáhnout u svařovaných průřezů I, kde je možno volit si průřezy pásnic a stojiny dle momentální potřeby. Přitom pracnost jejich výroby je relativně malá, neboť se využívá automatizovaná výroba.

Uzavřené průřezy jsou výhodné staticky (mají velký poloměr setrvačnosti), z estetického hlediska i z hlediska provedení protipožární a povrchové ochrany. Náročnější jsou však jejich styky a přípoje stropních nosníků či diagonál ztužidel a jsou výrobně pracnější než otevřené průřezy. Průřezy svařené z pásnic a stojin nebo z válcovaných profilů s příložkami se užívají pro více namáhané konstrukce. Průřezy ze dvou profilů U se navrhuje u nižších průmyslových skeletů.

U trubkových sloupů se výhody ale i nevýhody uzavřených průřezů projevují nejvýrazněji, navíc jsou dražší. Užívají se hlavně z estetických důvodů.

V dnešní době jsou moderní ocelobetonové sloupy vytvářené buď jako obetonované průřezy, nebo jako průřezy vyplněné betonem, případně jako průřezy s obetonovanou stojinou. Kombinací materiálu se zvyšuje únosnost i požární odolnost.

Sloupy namáhané kromě osově síly i výrazným momentem mají mít průřez s větší tuhostí v rovině ohybu. Vhodné jsou průřezy tvaru I válcované i svařované, pro značně namáhané konstrukce lze použít i uzavřené průřezy. Sloupy namáhané ohybem ve dvou rovinách mohou mít uzavřený nebo křížový průřez.

3.4.3 Montážní styky

Namáhání sloupů se směrem dolů zvětšuje, a proto vyžaduje větší průřez sloupu. Odstupňování průřezu v každém podlaží by však znamenalo značný nárůst dílenské nebo montážní pracnosti.

Proto se změna průřezu provádí po montážních dílech. Umístění montážního styku určuje:

- výrobní délka dílu sloupu: obvykle 2. až 4. patra (běžně do 12 m, max. přibližně 15 m)
- snadná montáž styku: blízko nad stropem, jednoduchý montážní styk vyžaduje umístění do čtvrtiny výšky patra (běžně do 800 mm nad stropem),
- nutná změna průřezu (může být provedena i dílensky, mimo montážní styk).

Výhodné je odstupňování průřezu při zachování jeho vnějších rozměrů. Změna vnějších rozměrů se totiž nepříznivě odrazí v rozdílných délkách kompletačních konstrukcí (příčky apod.) a stropních nosníků v jednotlivých podlažích.

Svařované montážní styky sloupů lze provést přímým svařením obou dílů. Tupý svar vyžaduje, aby oba díly kolmé k ose sloupu a ukončení bylo rovné. Pro usnadnění montáže lze použít montážní pásky nebo profily, které jsou přišroubovány nebo přivařeny.

Šroubované montážní styky sloupů se provádějí zpravidla pomocí čelních desek, přičemž se využívá kontaktu mezi deskami k přenosu zatížení. Je-li sloup namáhán nezanedbatelným ohybovým momentem, provede se styk s příložkami.

3.4.4 Patky sloupů

Patka sloupu tvoří přechod mezi sloupem a základem a přenáší namáhání z ocelového sloupu na betonový základ. Styk oceli s betonem zajišťuje podlití cementovou maltou.

U skeletů budov se pro sloupy všech typů vazeb navrhuje jednoduché patky, které se považují za kloubové.

Kloubové patky se podle konstrukčního provedení dělí na patky:

- nevyztužené – tvoří ji pouze patní plech, podlití cementovou maltou cca 0,1 až 0,2 šířky patky;
- vyztužené – zmenšuje tloušťku patního plechu a tím celou hmotnost celé patky, je ovšem pracnější.

Vyztužené patky se kotví do základu kotevními šrouby. Podle požadované funkce lze rozlišit:

- konstrukční (lehké, nenosné) kotvení, které nepřenáší tahové síly,
- nosné kotvení, které přenáší do základu tahové síly.

Montáž sloupů se provádí na montážní podložky umístěvané pod patní plech, nověji na stavěcí desky tl. 6 mm nebo stavěcí matici. Stavěcí desky jsou vhodné pro patky do rozměru 500 mm, kdy jsou pro montáž mnohem vhodnější než klasické podložky. Podlití se provádí na vlhký beton ze strany, u velkých patek i z otvoru uvnitř patního plechu. Po zatvrdnutí podlití se kotevní šrouby utahují silou cca 60% jejich pevnosti v tahu.^[5]

3.5 Vertikální ztužidla

Vertikální ztužidla přenášejí účinky vodorovných sil (tj. větru, imperfekce soustavy a účinky zemětřesení) do základů budovy. Zatížení větrem se s výškou zvětšuje a podle norem lze zatížení nahradit stupňovitým průběhem. Imperfekce se nahrazuje vodorovnými silami v jednotlivých patrech.

3.5.1 Rozdělení zatížení na ztužidla

Skelet vyztužený ztužidly se deformuje při namáhání větrem jako prostorová soustava, kde se podstatně projevuje vliv tuhosti stropních desek. Jednotlivá ztužidla se chovají jako prostorové konzoly uložené do základů. Obvykle lze stropní desky považovat za dokonale tuhé a ztužidla jsou potom pružnými podporami tuhého nosníku. Vodorovný průhyb budovy nesmí překročit $1/500$ výšky budovy.

Půdorysné rozdělení zatížení na vertikální ztužidla potom vychází z jednoduchých vztahů v závislosti na tuhosti jednotlivých ztužidel.

3.5.2 Příhradová ztužidla

K návrhu příhradového ztužidla patří určit osově síly diagonál a sloupů, posoudit jejich průřezy, zkontrolovat celkový vodorovný průhyb budovy ($\leq H/500$) a navrhnout přípoje.

Při volbě příhradovin lze volit jednoduchou konzolu nebo tužší tvary, např. konzolu proměnné výšky, příhradový rám a zapojení obvodových sloupů do spolupůsobení. Při návrhu vedení diagonál je nutné zvažovat požadavky na otvory i statická a konstrukční hlediska.

Tažené diagonály se většinou navrhují z kulatiny, ploché tyče nebo úhelníku. U tlačných diagonál je třeba vysoká únosnost ve vzpěru.

Při řešení detailů styčnicků příhradových ztužidel je nutné respektovat předpokládané statické působení stropních nosníků, vyvarovat se zbytečných excentricit a navrhnout vhodné tvary a přípoje styčnickových plechů z hlediska jeho namáhání. O tom, který ze způsobů řešení

bude v daném konkrétním případě nejvýhodnější, většinou rozhoduje sklon diagonál a vzájemný poměr výšky průřezu sloupu a stropního nosníku.

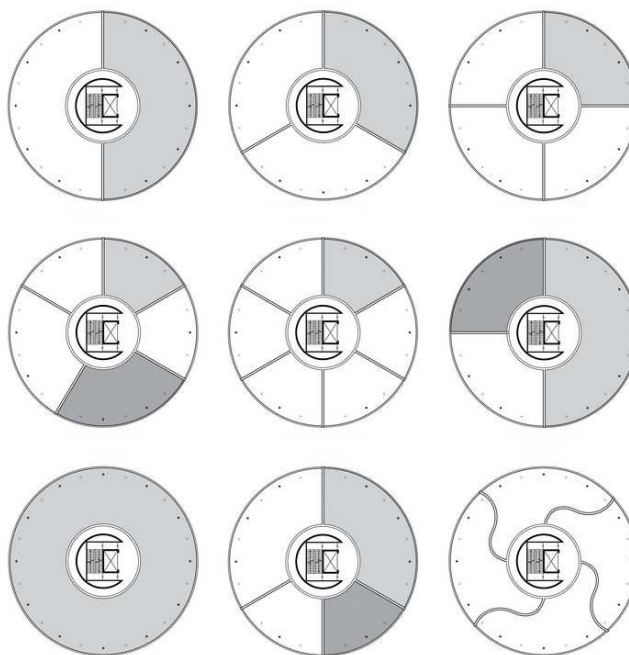
3.5.3 Rámová ztužidla

Ocelová rámová ztužidla jsou měkčí než příhradová a pro zajištění požadované tuhosti jich musí být více. Jejich styčníky jsou svařované nebo šroubované.^[6]

4 Řešená patrová budova

4.1 Dispoziční řešení

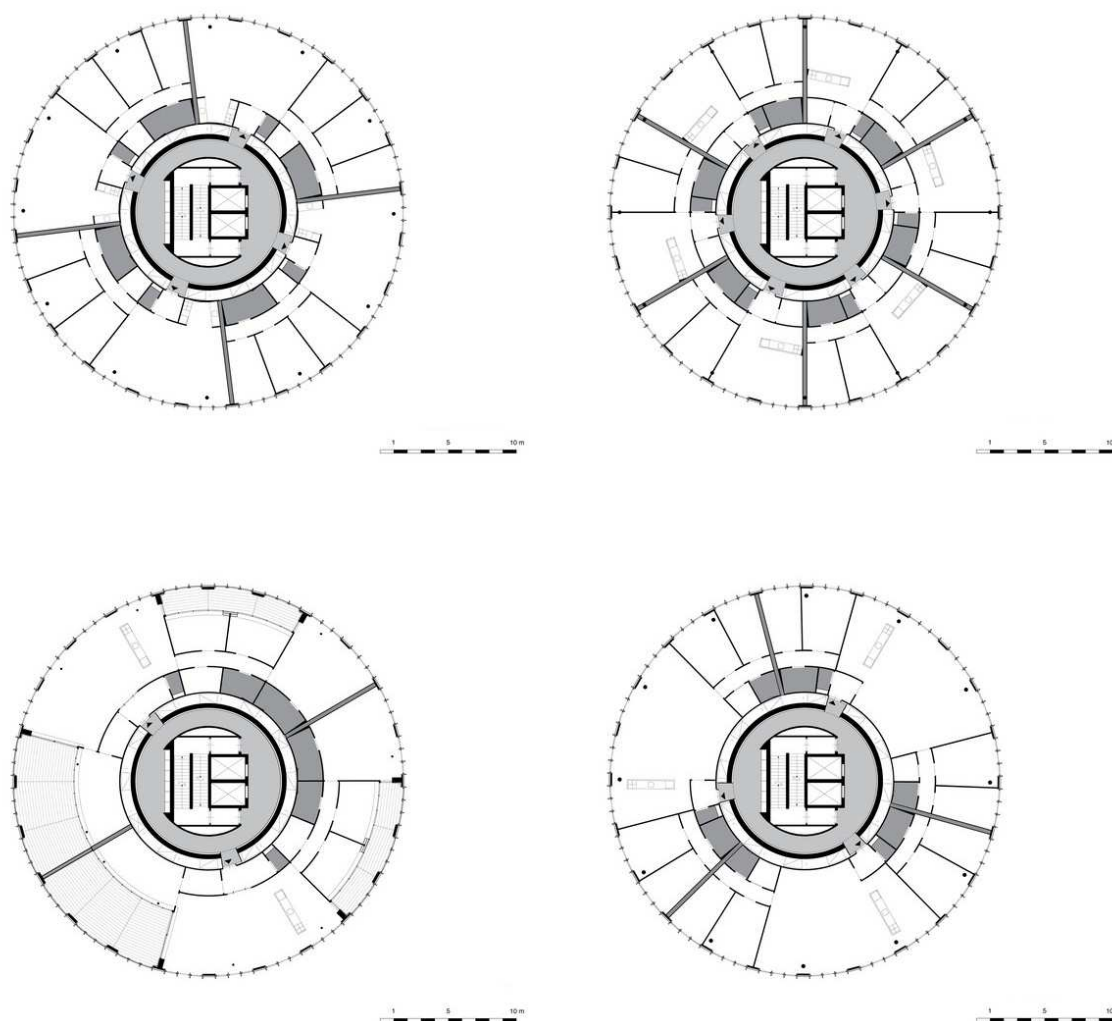
Při výběru patrové budovy byl kladen důraz především na "unikátnost" jejího konstrukčního řešení. Jinými slovy, cílem bylo najít takové řešení, které nebude podobné ostatním obytným budovám. Nakonec byl vybrán kruhový půdorys, který umožňuje vysokou variabilitu z hlediska zacházení s vnitřním prostorem a zároveň nabízí zajímavé konstrukční řešení.



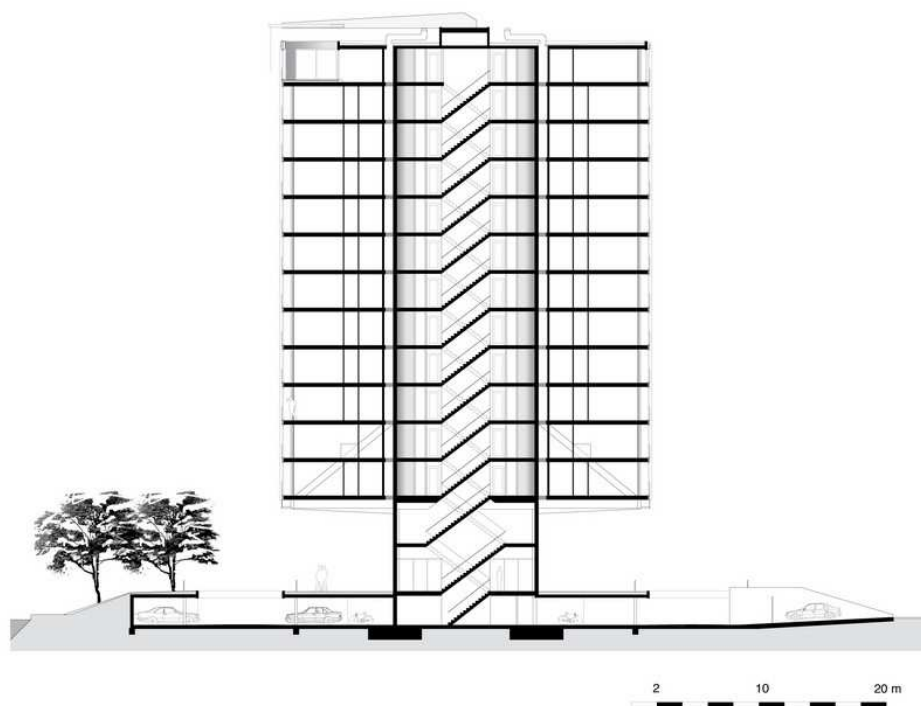
Obr. 4.1 - Možnosti uspořádání vnitřního prostoru. Zdroj: internet

Budova je tedy navržena jako válec, který je 7 m nad zemí. V této výškové úrovni je stavba vykonzolována kolem válcového jádra. Na standardním podlaží je velká variabilita dispozice. V kruhových částech kolem jádra se nachází prostor pro šachty s vedením a potrubím. Mezi těmito šachtami jsou ústupky pro vstupy do jednotlivých bytů. Za nimi se nachází obslužné zóny a samostatné byty a bývající část půdorysné plochy je volná až k fasádě. V této části se nenachází žádné nosné stěny, takže je umožněno libovolně pracovat s rozložením vnitřního prostoru. Ovšem ve spodních dvou podlažích je variabilita půdorysu částečně omezena konstrukčními požadavky.

Dělicí stěny jsou vytvořeny ze sádkkartonu, takže je ještě více podpořena variabilita jednotlivých podlaží.



Obr. 4.2 - Varianty dispozic podlaží



Obr. 4.3 - Řez objektem

4.2 Konstrukční systém

Rozhodujícím kritériem při návrhu nosné konstrukce byla hmotnost. Z tohoto důvodu se jako ideální konstrukční materiál hodila ocel, resp. ocelobetonová konstrukce. Nosné jádro tvoří železobetonový válec, ve kterém je ukrytá veřejná část bytového domu - schodiště a výtahy. Z tohoto jádra je vykonzlováno celkem 12 válcovaných nosníků IPE (dělení na válci po 30°) na kterých jsou uloženy jednotlivé stropnice, které nesou ocelobetonový spřažený strop. Jednotlivé průvlaky v každém patře nese ocelobetonový sloup válcového průřezu (s výjimkou spodního obytného podlaží, kde je válcový průřez sloupu nahrazen válcovaným profilem HEB).

5 Technická specifikace objektu

5.1 Informace o objektu

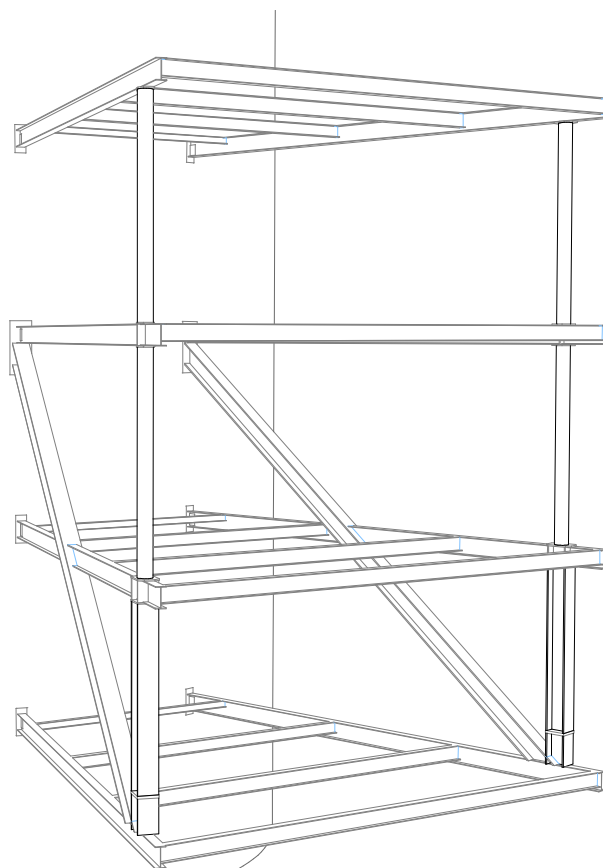
Rozměry:	- průměr žb. jádra	13,9	m
	- celkový průměr objektu	31,4	m
	- délka předsazení konstrukce	8,7	m
	- konstrukční výška patra	3,5	m
	- výška obytné části nad zemí	7,0	m
	- výška obytného válce	43,0	m
	- celková výška objektu	50,5	m
Materiál:	- železobetonové jádro: - beton	C40/50	
	- výztuž	R 10 505	
	- předsazená konstrukce: - ocel	S235	
	- beton	C20/25	
Další informace:	- počet obytných pater	12	
	- počet neobytných pater	2	
	- počet pater celkem	14	
	- obytná plocha jednoho podlaží	620	m ²
	- obytná plocha jednoho bytu	individuální	

5.2 Konstrukce objektu

Hlavním nosným prvkem celého objektu je střední železobetonové jádro. Toto jádro je ve formě válce a má průměr 13,9 m a tloušťka žb. stěny je 400 mm. Samostatné jádro je vyrobeno z vysokopevnostního betonu C40/50 a vyztuženo vertikální betonářskou výztuží R 10 505 Ø16 po 330 mm. Uvnitř válcového jádra se nachází vertikální komunikace, konkrétně se jedná o tříramenné schodiště dva samostatné výtahy. V každém podlaží uvnitř žb. jádra je po okraji chodba, ze které je přístup do samostatných bytů. Výška žb jádra je 50,5 m nad zemský povrch.

Na tento železobetonový válec je zavěšena ocelová/ocelobetonová konstrukce, která se napojuje na úrovni 3.NP. Napojení ocelových nosníků je zajištěno pomocí ocelových styčných plechů, které se do žb. jádra umístí při jeho betonáži. Na tyto plechy poté dojde k navaření spojů samostatné ocelové konstrukce (viz výkresová dokumentace). Ocelová konstrukce se skládá z průvlaků, které jsou napojeny na železobetonové jádro, se stropnic, sloupů, které přenášejí svislé zatížení od průvlaků, a z táhla, které přenáší celkové svislé zatížení od všech pater. Toto táhlo má tvar válcovaného nosníku a je formou diagonály spojené s žb. jádrem a posledním průvlakem v místě sloupu. Táhlo vede skrz výšku dvou podlaží, takže v těchto podlažích nelze uplatnit typové půdorysy.

Stropní konstrukce v žb. jádru je řešená jako monolitická betonová deska (*není předmětem řešení této DP*). Stropní konstrukce v obytné části je řešena jako ocelobetonová spřažená konstrukce z trapézového plechu. Tloušťka této skladby je 100 mm (beton+TP). Celková tloušťka stropní konstrukce i s průvlakem činí 400 mm (bez skladby podlahy).



Obr. 5.1 - Ocelová zavěšená konstrukce

5.3 Dispozice objektu

Vnitřní dispozice objektu je rozdělena pomocí lehkých sádrokartonových příček. Jednotlivé bytové prostory jsou rozděleny dvojitou sádrokartonovou příčkou, prostory v rámci každé bytové jednotky jsou rozděleny jednoduchou sádrokartonovou příčkou. Stropní konstrukce je opatřena sádrokartonovým podhledem.

5.4 Fasáda objektu

Z důvodu volnosti fasády bylo zvoleno uskočení sloupů dovnitř dispozice. Toto řešení umožnilo nezávislé řešení fasády na konstrukčním systému, proto byl zvolen systém hliníkových sloupových profilů, které jsou vyplněny hliníkovými panely se skleněnými tabulemi a jsou připevněny po vzoru zavěšených stěn.

5.5 Výpis prvků montážního dílce ocelové konstrukce

Pozn: Montážní dílec viz výkresová dokumentace.

VÝPIS POLOŽEK OK PRO MONTÁŽNÍ DÍL TYPOVÉHO PODLAŽÍ									
Pol.	Profil	ks.	Délka [mm]	Šířka [mm]	Délka/plocha celkem [m] ([m ²])	Hmotnost jedn. [kg/m] ([kg/m ²])	Hmotnost [kg]	Materiál	
P1	IPE 300	2	8725		17,450	42,2	736,4	S235	
S1	IPE 120	1	4040		4,040	10,4	42,0	S235	
S2	IPE 200	1	5380		5,380	22,4	120,5	S235	
S3	IPE 240	1	6720		6,720	30,7	206,3	S235	
S4	IPE 240	1	8060		8,060	30,7	247,4	S235	
SL1	Ø219x20	2	3160		6,320	98,15	620,3	S235	
1	P10	2	135	240	0,065	80	5,2	S235	
11	P10	4	110	180	0,079	80	6,3	S235	
12	P10	4	70	150	0,042	80	3,4	S235	
13	P10	4	60	90	0,022	80	1,7	S235	
15	P20	2	440	310	0,273	160	43,6	S235	
16	P20	4	330	230	0,304	160	48,6	S235	
17	P20	4	150	330	0,198	160	31,7	S235	
Celkem profily							2113	kg	
Přídavek na svary 2%							42	kg	
Spojovací materiály									
901	M20x60	16							
902	Podl. M20	16							
903	Matice M20	16							
907	M12x25	4							
908	Podl. M12	4							
909	Matice M12	4							
910	M16x30	4							
911	Podl. M16	4							
912	Matice M16	4							
913	M24x60	2							
914	Podl. M24	2							
915	Matice M24	2							
Celková hmotnost na montážní dílec							2156	kg	

6 Literatura

- [1] ČSN EN 1990: *Zásady navrhování konstrukcí.*
- [2] ČSN EN 1991: *Zatížení konstrukcí.*
- [3] ČSN EN 1992-1-1: *Navrhování betonových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- [4] ČSN EN 1993-1-1: *Navrhování ocelových konstrukcí. Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby.*
- [5] STUDNIČKA, J., Macháček, J. Votlučka, L.: *Ocelové konstrukce 20 – Pozemní stavby*, Praha 1998
- [6] WALD, F., Sokol, S.: *Navrhování styčníků*, Praha, 1998.
- [7] Odborné časopisy – *Konstrukce, Stavitel, Structural Engineering, Stahlbau*

7 Internetové zdroje

- [8] *Wikipedia* [online]. Dostupný z WWW: <<http://www.wikipedia.org>>
- [9] *Kovové profily* [online]. Dostupný z WWW: <<http://www.kovprof.cz>>
- [10] *Ferona* [online]. Dostupný z WWW: <<http://www.ferona.cz>>
- [11] *Spoje ocelových konstrukcí* [online]. Dostupný z WWW: <<http://www.ocel.wz.cz>>

8 Softwarová podpora

AUTOCAD 2010 Studentská verze, SCIA Engineering 2010 Studentská verze, ArchiCAD 13 Studentská verze, GIMP 2.0, MS Office 2007

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra konstrukcí



ČÁST -B-
Statický výpočet

Obsah

1	NAVRHOVANÝ OBJEKT	- 42 -
1.1	CHARAKTERISTIKA	- 42 -
1.2	KONSTRUKCE	- 42 -
1.3	PŮSOBÍCÍ ZATÍŽENÍ NA OBJEKT	- 43 -
2	TRAPÉZOVÝ PLECH	- 45 -
2.1	ZATÍŽENÍ NA TRAPÉZOVÝ PLECH	- 45 -
2.2	POSOUZENÍ Z HLEDISKA MSÚ.....	- 46 -
2.3	POSOUZENÍ Z HLEDISKA MSP	- 46 -
3	STROPNICE S1	- 48 -
3.1	MONTÁŽNÍ STAV	- 48 -
3.1.1	<i>Zatížení na stropnici.....</i>	- 48 -
3.1.2	<i>Posouzení z hlediska MSÚ.....</i>	- 49 -
3.1.3	<i>Posouzení z hlediska MSP</i>	- 49 -
3.2	PROVOZNÍ STAV	- 49 -
3.2.1	<i>Zatížení na stropnici</i>	- 49 -
3.2.2	<i>Posouzení z hlediska MSÚ.....</i>	- 50 -
3.2.3	<i>Posouzení z hlediska MSP</i>	- 52 -
4	STROPNICE S2	- 54 -
4.1	MONTÁŽNÍ STAV	- 54 -
4.1.1	<i>Zatížení na stropnici</i>	- 54 -
4.1.2	<i>Posouzení z hlediska MSÚ.....</i>	- 55 -
4.1.3	<i>Posouzení z hlediska MSP</i>	- 55 -
4.2	PROVOZNÍ STAV	- 56 -
4.2.1	<i>Zatížení na stropnici</i>	- 56 -
4.2.2	<i>Posouzení z hlediska MSÚ.....</i>	- 57 -
4.2.3	<i>Posouzení z hlediska MSP</i>	- 59 -
5	STROPNICE S3	- 61 -
5.1	MONTÁŽNÍ STAV	- 61 -
5.1.1	<i>Zatížení na stropnici</i>	- 61 -

5.1.2	Posouzení z hlediska MSÚ.....	- 62 -
5.1.3	Posouzení z hlediska MSP.....	- 62 -
5.2	PROVOZNÍ STAV	- 63 -
5.2.1	Zatížení na stropnici.....	- 63 -
5.2.2	Posouzení z hlediska MSÚ.....	- 64 -
5.2.3	Posouzení z hlediska MSP.....	- 66 -
6	STROPNICE S4	- 68 -
6.1	MONTÁŽNÍ STAV	- 68 -
6.1.1	Zatížení na stropnici.....	- 68 -
6.1.2	Posouzení z hlediska MSÚ.....	- 69 -
6.1.3	Posouzení z hlediska MSP.....	- 69 -
6.2	PROVOZNÍ STAV	- 69 -
6.2.1	Zatížení na stropnici.....	- 69 -
6.2.2	Posouzení z hlediska MSÚ.....	- 70 -
6.2.3	Posouzení z hlediska MSP.....	- 72 -
7	PRŮVLAK	- 74 -
7.1	ZATÍŽENÍ NA PRŮVLAK	- 74 -
7.1.1	MSÚ.....	- 75 -
7.1.2	MSP.....	- 78 -
8	SLOUP.....	- 81 -
8.1	SLOUPY V 11.-14.NP.....	- 82 -
8.2	SLOUPY V 7.-10.NP	- 84 -
8.3	SLOUPY V 3.-6.NP.....	- 86 -
8.3.1	Nahrazení průřezu za HEB 320.....	- 88 -
9	ZTUŽIDLO.....	- 90 -
9.1	ZATÍŽENÍ NA ZTUŽIDLO.....	- 90 -
9.2	POSOUZENÍ Z HLEDISKA MSÚ.....	- 92 -
10	SPOJ K1	- 93 -
10.1	ŠROUBOVÝ SPOJ	- 93 -
10.1.1	Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitu	- 94 -
10.1.2	Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení.....	- 94 -
10.2	KOUTOVÝ SVAR	- 95 -
10.3	VYTRŽENÍ SKUPINY ŠROUBŮ Z NOSNÍKU PŘI NAMÁHÁNÍ VE SMYKU.....	- 96 -

10.4	VYTRŽENÍ SKUPINY ŠROUBŮ Z PLECHU PŘI NAMÁHÁNÍ VE SMYKU.....	- 97 -
11	SPOJ K2.....	- 98 -
11.1	ŠROUBOVÝ SPOJ VE STOJINĚ	- 98 -
11.1.1	Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitu	- 99 -
11.1.2	Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení.....	- 99 -
11.2	ŠROUBOVÝ SPOJ V PÁSNICI	- 100 -
11.2.1	Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitu	- 101 -
11.2.2	Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení.....	- 101 -
11.3	KOUTOVÝ SVAR	- 102 -
12	SPOJ K3.....	- 103 -
12.1	ŠROUBOVÝ SPOJ	- 103 -
12.1.1	Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitu	- 104 -
12.1.2	Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení.....	- 104 -
12.1.3	Návrhová únosnost jednoho šroubu v tahu.....	- 105 -
12.1.4	Návrhová únosnost na protlačení jednoho šroubu v tahu	- 105 -
12.1.5	Únosnost při kombinaci tahu a stříhu.....	- 106 -
12.2	KOUTOVÝ SVAR	- 106 -
13	SPOJ K4.....	- 107 -
13.1	ŠROUBOVÝ SPOJ	- 107 -
13.1.1	Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitu	- 107 -
13.1.2	Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení.....	- 108 -
14	SPOJ K5.....	- 109 -
15	SPOJ K6.....	- 110 -
15.1	ŠROUBOVÝ SPOJ	- 110 -
15.1.1	Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitu	- 111 -
15.1.2	Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení.....	- 111 -
15.2	KOUTOVÝ SVAR	- 112 -
15.3	VYTRŽENÍ SKUPINY ŠROUBŮ Z NOSNÍKU PŘI NAMÁHÁNÍ VE SMYKU.....	- 113 -
15.4	VYTRŽENÍ SKUPINY ŠROUBŮ Z PLECHU PŘI NAMÁHÁNÍ VE SMYKU.....	- 113 -
16	SPOJ K6.....	- 114 -
16.1	ŠROUBOVÝ SPOJ	- 114 -
16.1.1	Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitu	- 115 -
16.1.2	Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení.....	- 116 -

16.2	KOUTOVÝ SVAR	- 117 -
16.3	VYTRŽENÍ SKUPINY ŠROUBŮ Z NOSNÍKU PŘI NAMÁHÁNÍ VE SMYKU.....	- 117 -
16.4	VYTRŽENÍ SKUPINY ŠROUBŮ Z PLECHU PŘI NAMÁHÁNÍ VE SMYKU.....	- 118 -
17	SPOJ K8	- 119 -
17.1	ŠROUBOVÝ SPOJ	- 119 -
17.1.1	<i>Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitu</i>	<i>- 120 -</i>
17.1.2	<i>Návrhová únosnost jednoho šroubu v otlačení.....</i>	<i>- 120 -</i>
17.2	KOUTOVÝ SVAR	- 121 -
17.3	VYTRŽENÍ SKUPINY ŠROUBŮ Z NOSNÍKU PŘI NAMÁHÁNÍ VE SMYKU.....	- 122 -
17.4	VYTRŽENÍ SKUPINY ŠROUBŮ Z PLECHU PŘI NAMÁHÁNÍ VE SMYKU.....	- 122 -
18	ZATÍŽENÍ VĚTREM NA ŽB JÁDRO	- 124 -
19	NÁVRH ŽB JÁDRA	- 128 -
19.1	VNITŘNÍ SÍLY PŮSOBÍCÍ NA JÁDRO	- 128 -
19.2	PŘEMÍSTĚNÍ UZLŮ	- 132 -
19.3	MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY	- 135 -
19.4	GEOMETRIE	- 136 -
19.5	NÁVRH VÝZTUŽE	- 136 -
19.6	KONTROLA VYZTUŽENÍ.....	- 137 -
19.7	VÝPOČET BODŮ INTERAKČNÍHO DIAGRAMU.....	- 137 -
20	SHRNUTÍ.....	- 140 -

1 Navrhovaný objekt

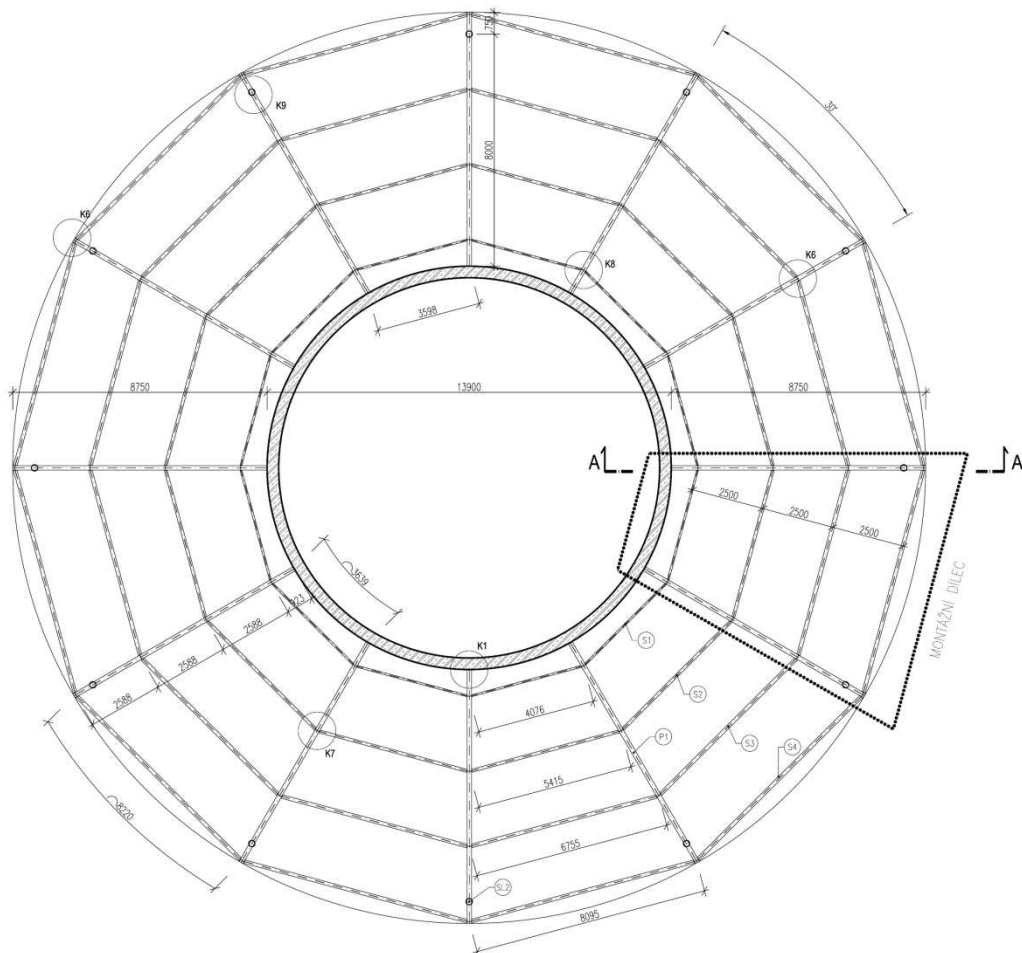
1.1 Charakteristika

Rozměry:	- celkový průměr	31,40 m
	- průměr betonového jádra	13,90 m
	- vyložení ocelobetonvé konstrukce	8,75 m
	- výška	50,5 m
	- počet pater	14 NP

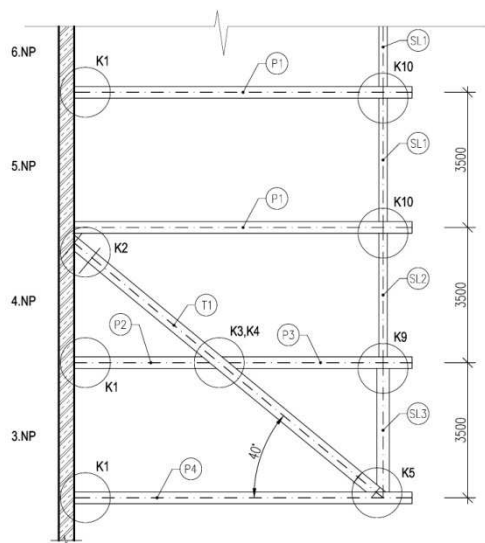
Materiál:	- ocel	S235
	- beton ve stropě	C25/30
	- beton jádra	C40/50
	- výztuž	R 10 505

1.2 Konstrukce

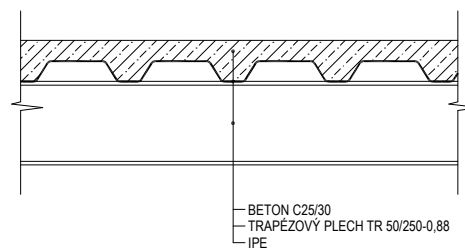
PŮDORYS TYPOVÉHO PODLAŽÍ
5.-14.NP



ŘEZ A-A'



SKLADBA STROPNÍ KONSTRUKCE



1.3 Působící zatížení na objekt

Pozn: Následující zatížení bylo zadáváno vždy v charakteristických hodnotách do programu SCIA Engineering, pomocí kterého byly vypočítány potřebné vnitřní síly v konstrukcích za pomoci vhodných kombinací v souladu s platnými normami (EC).

Stálé zatížení

Je uvažováno se zatížením od vlastní tíhy samostatné konstrukce. Výpočet stálého zatížení viz každá kapitola statického výpočtu.

Nahodilé zatížení

- při betonáži - uvažováno s namáháním vyvolaným při betonování spřažených ocelo-betonových stropů.
- užité zatížení - počítáno se zatížením od budoucího provozu.

Zatížením sněhem

Statický posudek obsahuje návrh typového podlaží obytného domu. Tudíž není se zatížením od sněhu počítáno. Pro celkové zatížení na konstrukci bylo zatížení sněhem nahrazeno užitným zatížením.

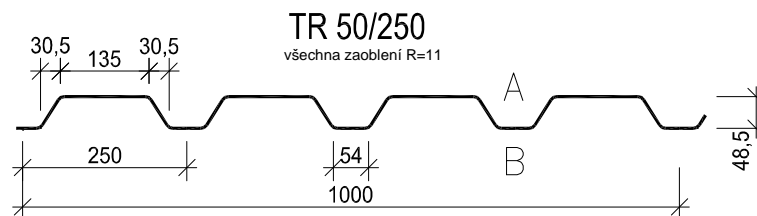
Zatížení větrem

Zatížení větrem je počítáno až na žb. jádro. Toto zatížení je přenášeno z fasády do jádra pomocí průvlaků, proto nebylo nutné s ním počítat dříve. Výpočet účinků větru viz kapitola 18.

2 Trapézový plech

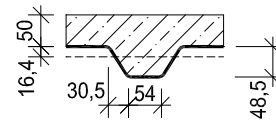
- Poloha pozitivní (viz. obrázek)
- Trapézový plech TR 50/250-0,88 mm

Tloušťka [mm]	Hmotnost [kg/m ²]	PLNÝ PRŮŘEZ		EFEKTIVNÍ PRŮŘEZ				Materiál dle EN 10147
		A _g [mm ²]	I _{y,g} [mm ⁴] x10 ⁶	W _{y,eff} ⁺ [mm ³] x10 ³	W _{y,eff} ⁻ [mm ³] x10 ³	I _{y,eff} ⁺ [mm ⁴] x10 ⁶	I _{y,eff} ⁻ [mm ⁴] x10 ⁶	
0,88	8,86	1053	0,413	10,24	10,57	0,262	0,347	S 320G



Srovnávací tloušťka žeber

$$t_s = \frac{4 \cdot (54 + 30,5) \cdot 48,5}{1000} = 16,4 \text{ mm}$$

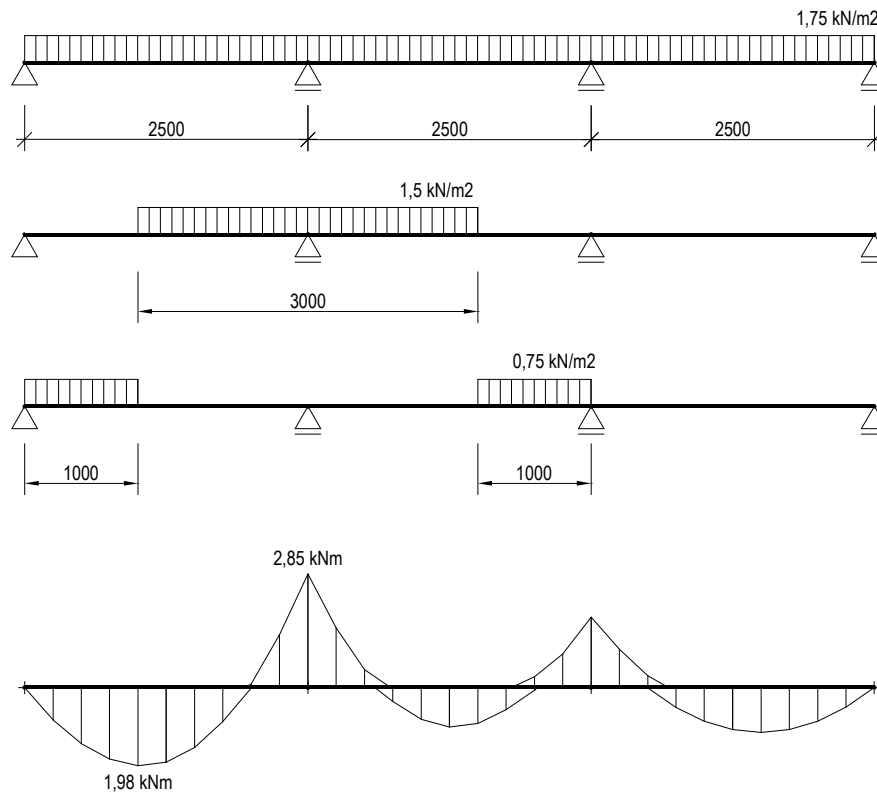


2.1 Zatížení na trapezový plech

Stálé zatížení	výpočet	char.	návrhové
- TR 50/250-0,88		0,09 · 1,35 =	0,12 kN/m ²
- beton (tl. 66,4 mm)	25 · (0,0164 + 0,050)	1,66 · 1,35 =	2,24 kN/m ²
Stálé zatížení celkem		1,75	2,36 kN/m²

Nahodilé při betonáži

- na délce 3 m	1,50 · 1,50 =	2,25 kN/m ²
- jinde	0,75 · 1,50 =	1,13 kN/m ²



2.2 Posouzení z hlediska MSÚ

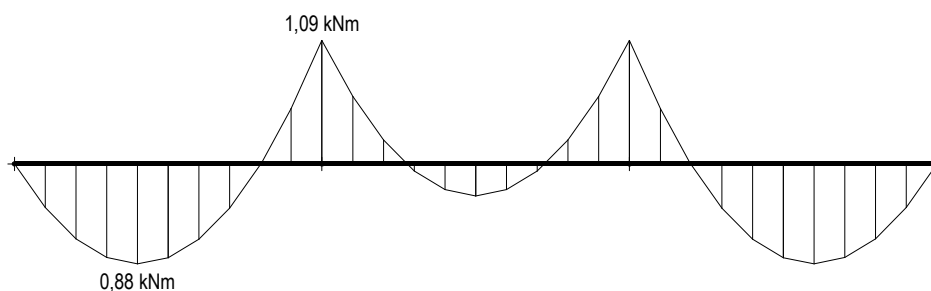
- Materiál TP - S320

$$M_a = \frac{W_{y,eff^+} \cdot f_y}{\gamma_{Ma}} = \frac{17,05 \cdot 320 \cdot 10^{-3}}{1} = 3,28 \text{ kNm} \geq M_{sd} = 2,85 \text{ kNm}$$

Navržený profil TR50/250-0,88mm VYHOVUJE

2.3 Posouzení z hlediska MSP

- průhyb jen od stálého zatížení
- $M_l = 1,09 \cdot 10^6 \text{ Nmm}$ - moment nad podporou pouze od stálého zatížení



Maximální průhyb v prvním poli

$$\delta = \frac{1}{E_a \cdot I_{y,eff+}} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot g \cdot L^4 - \frac{1}{16} \cdot M_1 \cdot L^2 \right)$$

$$\delta = \frac{1}{210 \cdot 262 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot 1,75 \cdot 2500^4 - \frac{1}{16} \cdot 1,09 \cdot 10^6 \cdot 2500^2 \right) = 8,44 \text{ mm}$$

$$\delta = 8,44 \text{ mm} \leq \frac{L}{290} = 8,62 \text{ mm}$$

Navržený profil TR50/250-0,88mm **VYHOVUJE**

Navržen trapézový plech **TR 50/250-0,88mm**

3 Stropnice S1

3.1 Montážní stav

Působí pouze ocelový nosník IPE 120

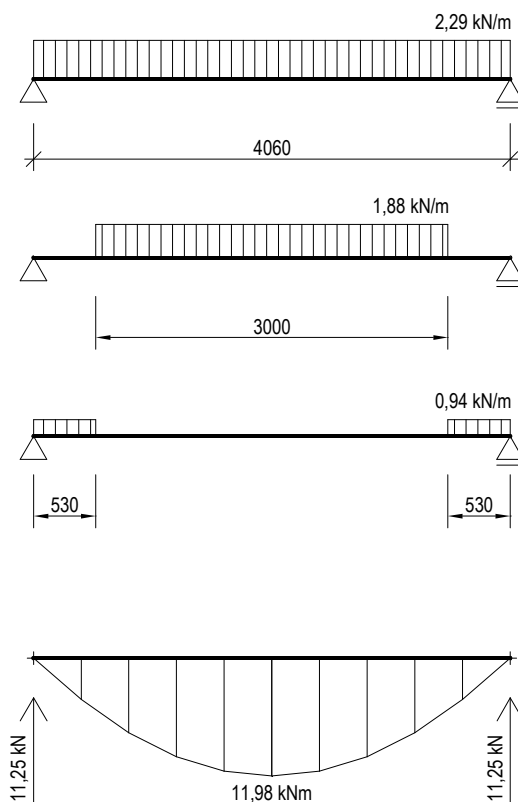
3.1.1 Zatížení na stropnici

Zatěžovací šířka 1250 mm

Stálé zatížení	výpočet	char.	návrhové
- IPE 120		$0,10 \cdot 1,35 =$	0,14 kN/m
- TR 50/250-0,88	$0,09 \cdot 1,25$	$0,11 \cdot 1,35 =$	0,15 kN/m
- beton (tl. 66,4 mm)	$25 \cdot (0,0164 + 0,050) \cdot 1,25$	$2,08 \cdot 1,35 =$	2,81 kN/m
Stálé zatížení celkem		2,29	3,10 kN/m

Nahodilé při betonáži

- na délce 3 m	$1,50 \cdot 1,25$	$1,88 \cdot 1,50 =$	2,82 kN/m
- jinde	$0,75 \cdot 1,25$	$0,94 \cdot 1,50 =$	1,41 kN/m



3.1.2 Posouzení z hlediska MSÚ

$$A_v = 1,04 \cdot h \cdot t_w = 1,04 \cdot 120 \cdot 4,4 = 549 \text{ mm}^2$$

$$V_a = A_v \cdot \frac{f_y}{\gamma_a \cdot \sqrt{3}} = 549 \cdot \frac{235}{1 \cdot \sqrt{3}} = 74,49 \text{ kN} \geq 2 \cdot V_{sd} = 2 \cdot 11,25 = 22,50 \text{ kN}$$

Navržený nosník IPE 120 **VYHOVUJE**

$$M_a = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{Ma}} = \frac{60,73 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} = 14,27 \text{ kNm} \geq M_{sd} = 11,98 \text{ kNm}$$

Navržený nosník IPE 120 **VYHOVUJE**

3.1.3 Posouzení z hlediska MSP

Průhyb jen od stálého zatížení

$$\delta = \frac{1}{E_a \cdot I_a} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot g \cdot L^4 \right)$$

$$\delta = \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 3,178 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot 2,29 \cdot 4060^4 \right) = 12,14 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = 16,24 \text{ mm}$$

$$\leq 20 \text{ mm}$$

Navržený nosník IPE 120 **VYHOVUJE**

3.2 Provozní stav

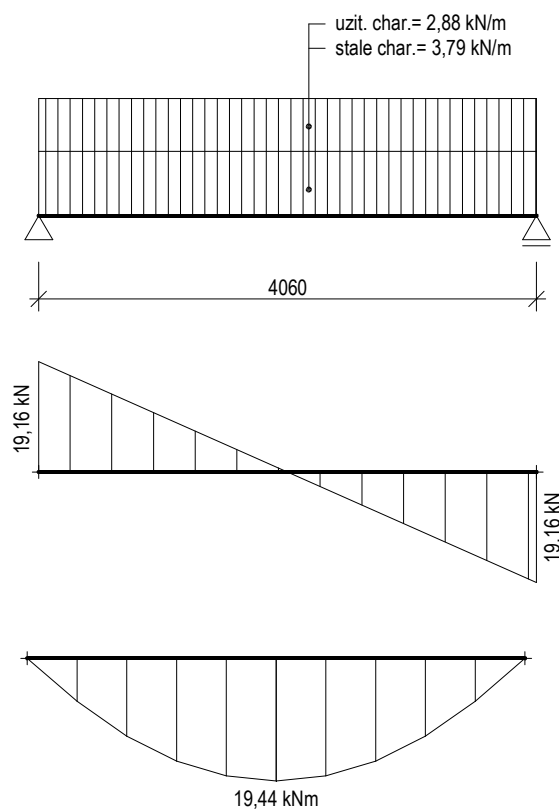
3.2.1 Zatížení na stropnici

Zatěžovací šířka 1250 mm

Stálé zatížení	výpočet	char.	návrhové
- IPE 120		0,10 · 1,35 =	0,14 kN/m
- TR 50/250-0,88	0,09 · 1,25	0,11 · 1,35 =	0,15 kN/m
- beton (tl. 66,4 mm)	25 · (0,0164 + 0,050) · 1,25	2,08 · 1,35 =	2,81 kN/m
- podlaha+podhled (odhad)		1,50 · 1,35 =	2,03 kN/m
Stálé zatížení celkem		3,79	5,13 kN/m

Nahodilé zatížení

- užité zatížení - byty	1,50 · 1,25	1,88 · 1,50 =	2,82 kN/m
- přemístitelné příčky ≤ 2 kN/m	0,8 · 1,25	1,00 · 1,50 =	1,50 kN/m
Užité zatížení celkem		2,88	4,32 kN/m



3.2.2 Posouzení z hlediska MSÚ

a) Únosnost ve smyku

$$A_v = 1,04 \cdot h \cdot t_w = 1,04 \cdot 120 \cdot 4,4 = 549 \text{ mm}^2$$

$$V_a = A_v \cdot \frac{f_y}{\gamma_a \cdot \sqrt{3}} = 549 \cdot \frac{235}{1 \cdot \sqrt{3}} = 74,49 \text{ kN} \geq 2 \cdot V_{sd} = 2 \cdot 19,16 = 38,32 \text{ kN}$$

Navržený nosník IPE 120 **VYHOVUJE**

b) Únosnost v ohybu

Spolupůsobící šířka desky

$$b_{eff} = x + \frac{L}{8} = 32 + \frac{4060}{8} = 540 \text{ mm}$$

Poloha neutrální osy

- vzdálenost od horního okraje betonové desky
- předpokladem je průběh neutrální osy betonovou deskou

$$x = \frac{\frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a}}{\frac{b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c}} = \frac{\frac{1321 \cdot 235}{1}}{\frac{540 \cdot 0,85 \cdot 25}{1,5}} = 40,6 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a} \cdot h_a = \frac{1321 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} \cdot \left(0,160 - \frac{0,0406}{2}\right) = 43,37 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 43,37 \text{ kNm} > M_{Sd} = 19,44 \text{ kNm}$$

*Navržený nosník IPE 120 **VYHOVUJE***

c) Spřažení

- trny o průměru 18,2 mm, výšky 87 mm z oceli s mezí pevnosti po přivaření $f_u = 340 \text{ MPa}$
- zohlednění zkrácení trnu po přivaření – výška $h_{sc} = 80 \text{ mm}$

Únosnost trnu v plné délce

$$\alpha = \begin{cases} 0,2 \cdot \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1\right) & \text{pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 & \text{jinak} \end{cases} \dots \frac{h_{sc}}{d} = \frac{80}{18,2} = 4,4 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$P_{Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,8 \cdot 340 \cdot \frac{\pi \cdot 18,2^2}{4} = 70,76 \cdot 10^3 \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} = 0,29 \cdot 1 \cdot 18,2^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 29 \cdot 10^3} = 81,79 \cdot 10^3 \end{array} \right\} = 70,76 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v} = \frac{70,76 \cdot 10^3}{1,25} = 56,62 \text{ kN}$$

Redukovaná únosnost v žebrové desce

$$k_1 = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \frac{h_{sc} - h_p}{h_p} = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \cdot \frac{84,5}{48,5} \cdot \frac{80 - 48,5}{48,5} = 0,792$$

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_1 = 56,61 \cdot 0,792 = 44,835 \text{ kN}$$

$$F_{cf} = \left\{ \begin{array}{l} F_{cf,a} = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a} = \frac{1321 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} = 310,44 \cdot 10^3 \text{ N} \\ F_{cf,c} = \frac{A_c \cdot 0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} + \frac{A_s \cdot f_{sk}}{\gamma_s} = \frac{50 \cdot 540 \cdot 0,85 \cdot 25}{1,5} + 0 = 382,5 \cdot 10^3 \end{array} \right\} = 310,44 \text{ kN}$$

$$N_f = \frac{F_{cf,a}}{P_{Rd,r}} = \frac{310,44}{44,835} = 6,92$$

- - 7 trnů na půl nosníků
- rozteč trnů $2030/7 = 290 \text{ mm}$
- vlny plechu TR 50/250 po 250 mm
- - **Navrženo úplné sprážen**

Navrženy trny **Ø18,2 mm** výšky **87 mm**. Umístění v každé vlně, **celkem 8 trnů** na $\frac{1}{2}$ nosníku.

3.2.3 Posouzení z hlediska MSP

- posouzení průhybu spráženého nosníku za předpokladu pružného působení

Účinný modul pružnosti

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{29}{2} = 14,5 \text{ GPa}$$

Pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210}{14,5} = 14,5$$

Poloha neutrální osy

$$x = \frac{A_a \cdot h_a + \frac{1}{n} \cdot t_c \cdot b_{eff} \cdot \frac{t_c}{2}}{A_a + \frac{1}{n} \cdot t_c \cdot b_{eff}} = \frac{1321 \cdot 160 + \frac{1}{14,5} \cdot 50 \cdot 540 \cdot \frac{50}{2}}{1321 + \frac{1}{14,5} \cdot 50 \cdot 540}$$

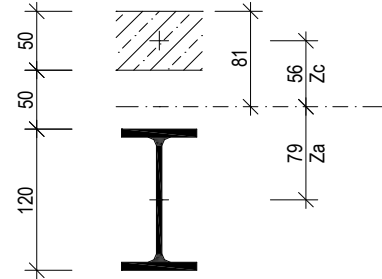
$$x = 81,0 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_a + A_a \cdot z_a^2 + \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot t_c^3 + t_c \cdot b_{eff} \cdot z_c^2 \right)$$

$$I_i = 3,178 \cdot 10^6 + 1321 \cdot 79^2 + \frac{1}{14,5} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 540 \cdot 50^3 + 50 \cdot 540 \cdot 56^2 \right)$$

$$I_i = 17,65 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$



Průhyb od nahodilého zatížení

- nahodilé zatížení (byty + přemístitelné příčky) $q_k = 2,88 \text{ kN/m}$

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I_i} = \frac{5}{384} \cdot \frac{2,88 \cdot 4060^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 17,65 \cdot 10^6} = 2,11 \text{ mm} \leq \frac{L}{300} = 13,5 \text{ mm}$$

Navržený nosník IPE 120 **VYHOVUJE**

Navržen nosník **IPE 120 / S235**.

4 Stropnice S2

4.1 Montážní stav

Působí pouze ocelový nosník IPE 200

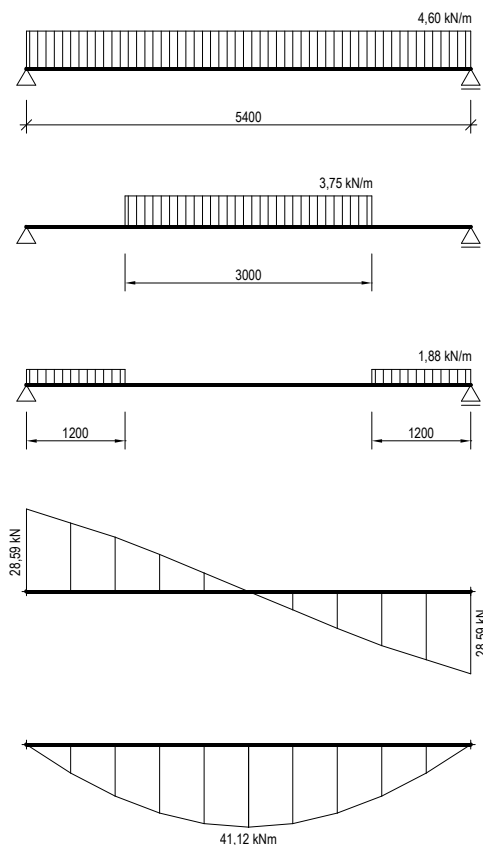
4.1.1 Zatížení na stropnici

Zatěžovací šířka 2500 mm

Stálé zatížení	výpočet	char.	návrhové
- IPE 200		$0,22 \cdot 1,35 =$	$0,30 \text{ kN/m}$
- TR 50/250-0,88	$0,09 \cdot 2,5$	$0,23 \cdot 1,35 =$	$0,31 \text{ kN/m}$
- beton (tl. 66,4 mm)	$25 \cdot (0,0164 + 0,050) \cdot 2,5$	$4,15 \cdot 1,35 =$	$5,60 \text{ kN/m}$
Stálé zatížení celkem		4,60	6,21 kN/m

Nahodilé při betonáži

- na délce 3 m	$1,50 \cdot 2,5$	$3,75 \cdot 1,50 =$	$5,63 \text{ kN/m}$
- jinde	$0,75 \cdot 2,5$	$1,88 \cdot 1,50 =$	$2,81 \text{ kN/m}$



4.1.2 Posouzení z hlediska MSÚ

$$A_v = 1,04 \cdot h \cdot t_w = 1,04 \cdot 200 \cdot 5,6 = 1165 \text{ mm}^2$$

$$V_a = A_v \cdot \frac{f_y}{\gamma_a \cdot \sqrt{3}} = 1165 \cdot \frac{235}{1 \cdot \sqrt{3}} = 158,06 \text{ kN} \geq 2 \cdot V_{sd} = 2 \cdot 28,59 = 57,18 \text{ kN}$$

Navržený nosník IPE 200 **VYHOVUJE**

$$M_a = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{Ma}} = \frac{220,6 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} = 51,84 \text{ kNm} \geq M_{sd} = 41,12 \text{ kNm}$$

Navržený nosník IPE 200 **VYHOVUJE**

4.1.3 Posouzení z hlediska MSP

Průhyb jen od stálého zatížení

$$\delta = \frac{1}{E_a \cdot I_a} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot g \cdot L^4 \right)$$

$$\delta = \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 19,43 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot 4,60 \cdot 5400^4 \right) = 12,48 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = 21,6 \text{ mm}$$

$$\leq 20 \text{ mm}$$

Navržený nosník IPE 200 **VYHOVUJE**

4.2 Provozní stav

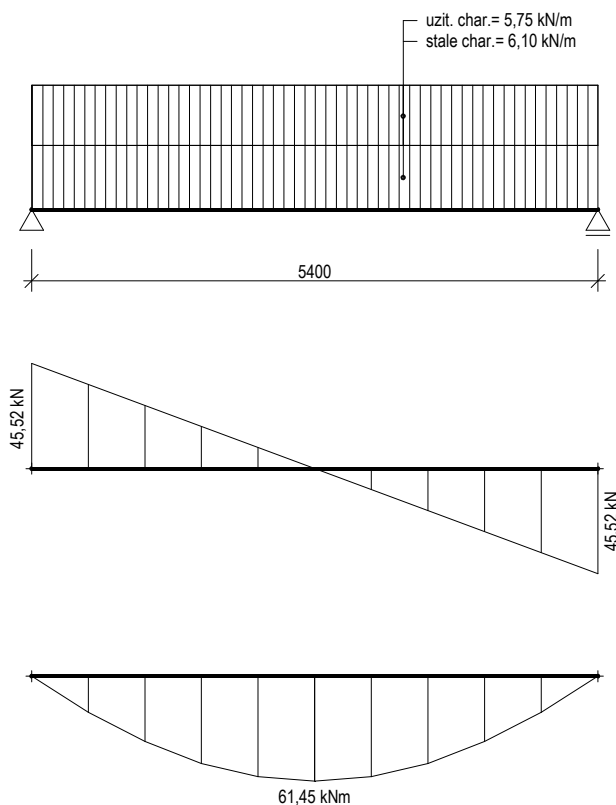
4.2.1 Zatížení na stropnici

Zatěžovací šířka 2500 mm

Stálé zatížení	výpočet	char.	návrhové
- IPE 200		$0,22 \cdot 1,35 =$	0,30 kN/m
- TR 50/250-0,88	$0,09 \cdot 2,5$	$0,23 \cdot 1,35 =$	0,31 kN/m
- beton (tl. 66,4 mm)	$25 \cdot (0,0164 + 0,050) \cdot 2,5$	$4,15 \cdot 1,35 =$	5,60 kN/m
- podlaha+podhled (odhad)		$1,50 \cdot 1,35 =$	2,03 kN/m
Stálé zatížení celkem		6,10	8,24 kN/m

Nahodilé zatížení

- užitné zatížení - byty	$1,50 \cdot 2,5$	$3,75 \cdot 1,50 =$	5,63 kN/m
- přemístitelné příčky ≤ 2 kN/m	$0,8 \cdot 2,5$	$2,00 \cdot 1,50 =$	3,00 kN/m
Užitné zatížení celkem		5,75	8,63 kN/m



4.2.2 Posouzení z hlediska MSÚ

a) Únosnost ve smyku

$$A_v = 1,04 \cdot h \cdot t_w = 1,04 \cdot 200 \cdot 5,6 = 1165 \text{ mm}^2$$

$$V_a = A_v \cdot \frac{f_y}{\gamma_a \cdot \sqrt{3}} = 1165 \cdot \frac{235}{1 \cdot \sqrt{3}} = 158,06 \text{ kN} \geq 2 \cdot V_{sd} = 2 \cdot 45,52 = 91,04 \text{ kN}$$

Navržený nosník IPE 200 **VYHOVUJE**

b) Únosnost v ohybu

Spolupůsobící šířka desky

$$b_{eff} = 2 \cdot \frac{L}{8} = 2 \cdot \frac{5400}{8} = 1350 \text{ mm}$$

Poloha neutrální osy

- vzdálenost od horního okraje betonové desky
- předpokladem je průběh neutrální osy betonovou deskou

$$x = \frac{\frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a}}{\frac{b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c}} = \frac{\frac{2848 \cdot 235}{1}}{\frac{1350 \cdot 0,85 \cdot 25}{1,5}} = 35,0 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a} \cdot h_a = \frac{2848 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} \cdot \left(0,200 - \frac{0,035}{2}\right) = 122,14 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 122,14 \text{ kNm} > M_{sd} = 61,45 \text{ kNm}$$

Navržený nosník IPE 200 **VYHOVUJE**

c) Spřezení

- trny o průměru 18,2 mm, výšky 87 mm z oceli s mezí pevnosti po přivaření $f_u = 340 \text{ MPa}$
- zohlednění zkrácení trnu po přivaření – výška $h_{sc} = 80 \text{ mm}$

Únosnost trnu v plné délce

$$\alpha = \begin{cases} 0,2 \cdot \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1\right) & \text{pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 & \end{cases} \dots \frac{h_{sc}}{d} = \frac{80}{18,2} = 4,4 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$P_{Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,8 \cdot 340 \cdot \frac{\pi \cdot 18,2^2}{4} = 70,76 \cdot 10^3 \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} = 0,29 \cdot 1 \cdot 18,2^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 29 \cdot 10^3} = 81,79 \cdot 10^3 \end{array} \right\} = 70,76 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v} = \frac{70,76 \cdot 10^3}{1,25} = 56,62 \text{ kN}$$

Redukovaná únosnost v žebrové desce

$$k_1 = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \frac{h_{sc} - h_p}{h_p} = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \cdot \frac{84,5}{48,5} \cdot \frac{80 - 48,5}{48,5} = 0,792$$

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_1 = 56,62 \cdot 0,792 = 44,835 \text{ kN}$$

$$F_{cf} = \left\{ \begin{array}{l} F_{cf,a} = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a} = \frac{2848 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} = 669,28 \cdot 10^3 \text{ N} \\ F_{cf,c} = \frac{A_c \cdot 0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} + \frac{A_s \cdot f_{sk}}{\gamma_s} = \frac{50 \cdot 1350 \cdot 0,85 \cdot 25}{1,5} + 0 = 956,25 \cdot 10^3 \end{array} \right\} = 669,28 \text{ kN}$$

$$N_f = \frac{F_{cf,a}}{P_{Rd,r}} = \frac{669,28}{44,835} = 14,93$$

- - 15 trnů na půl nosníků
- rozteč trnů $2700/15 = 180 \text{ mm}$
- vlny plechu TR 50/250 po 250 mm
- - je třeba navrhnout částečné spřažení

Neúplné sprážení

$$M_{apl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_a} = \frac{220,6 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} = 51,84 \text{ kNm}$$

$$F_c = \frac{M_{sd} - M_{apl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{apl,Rd}} \cdot F_{cf} = \frac{61,45 - 51,84}{122,14 - 51,84} \cdot 669,28 = 91,49 \text{ kN}$$

$$N_{f,reduk} = \frac{F_c}{P_{rd,r}} = \frac{91,49}{44,835} = 2,04 \text{ ks} \quad - \text{ na polovinu nosníku}$$

Navrženy trny $\text{Ø}18,2 \text{ mm}$ výšky 87 mm . Umístění v každé vlně, celkem 10 trnů na $\frac{1}{2}$ nosníku.

4.2.3 Posouzení z hlediska MSP

- posouzení průhybu spráženého nosníku za předpokladu pružného působení

Účinný modul pružnosti

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{29}{2} = 14,5 \text{ GPa}$$

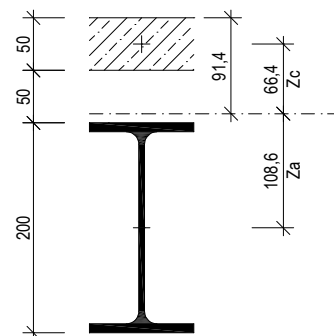
Pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210}{14,5} = 14,5$$

Poloha neutrální osy

$$x = \frac{A_a \cdot h_a + \frac{1}{n} \cdot t_c \cdot b_{eff} \cdot \frac{t_c}{2}}{A_a + \frac{1}{n} \cdot t_c \cdot b_{eff}} = \frac{2848 \cdot 200 + \frac{1}{14,5} \cdot 50 \cdot 1350 \cdot \frac{50}{2}}{2848 + \frac{1}{14,5} \cdot 50 \cdot 1350}$$

$$x = 91,4 \text{ mm}$$



Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_a + A_a \cdot z_a^2 + \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot t_c^3 + t_c \cdot b_{eff} \cdot z_c^2 \right)$$

$$I_i = 19,43 \cdot 10^6 + 2848 \cdot 108,6^2 + \frac{1}{14,5} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 1350 \cdot 50^3 + 50 \cdot 1350 \cdot 66,4^2 \right)$$

$$I_i = 74,51 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Průhyb od nahodilého zatížení

- nahodilé zatížení (byty + přemístitelné příčky) $q_k = 5,75 \text{ kN/m}$

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I_i} = \frac{5}{384} \cdot \frac{5,75 \cdot 5400^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 74,51 \cdot 10^6} = 4,07 \text{ mm} \leq \frac{L}{300} = 18 \text{ mm}$$

Vliv částečného sprážení

$$\delta_a = \delta \cdot \frac{I_i}{I_a} = 4,07 \cdot \frac{74,51}{19,43} = 15,61 \text{ mm}$$

$$\delta_{celkové} = \delta \cdot \left[1 + 0,3 \cdot \left(1 - \frac{n}{n_f} \right) \cdot \left(\frac{\delta_a}{\delta} - 1 \right) \right] = 4,07 \cdot \left[1 + 0,3 \cdot \left(1 - \frac{8}{14,93} \right) \cdot \left(\frac{15,61}{4,07} - 1 \right) \right]$$

$$\delta_{celkové} = 5,68 \text{ mm} \leq \frac{L}{300} = 18 \text{ mm}$$

Navržený nosník IPE 200 **VYHOVUJE**

Navržen nosník **IPE 200 / S235**.

5 Stropnice S3

5.1 Montážní stav

Působí pouze ocelový nosník IPE 240

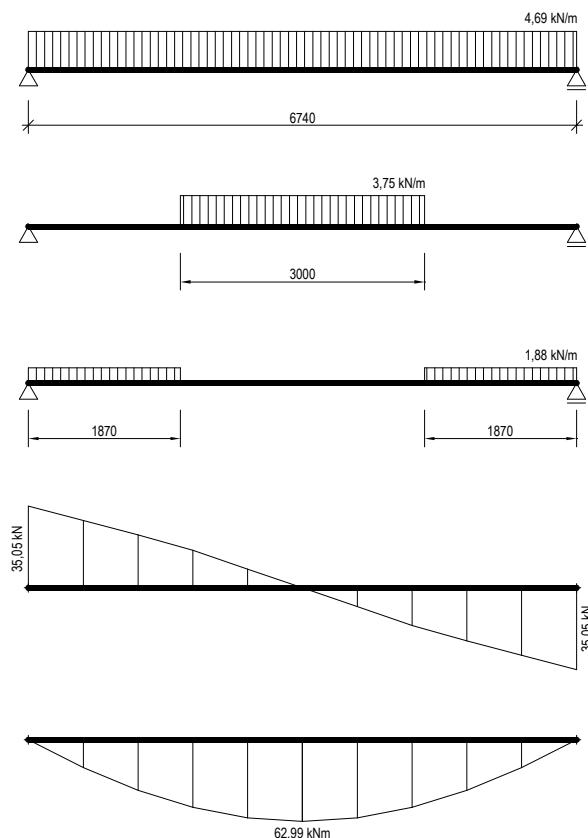
5.1.1 Zatížení na stropnici

Zatěžovací šířka 2500 mm

Stálé zatížení	výpočet	char.	návrhové
- IPE 240		$0,31 \cdot 1,35 =$	$0,42 \text{ kN/m}$
- TR 50/250-0,88	$0,09 \cdot 2,5$	$0,23 \cdot 1,35 =$	$0,31 \text{ kN/m}$
- beton (tl. 66,4 mm)	$25 \cdot (0,0164 + 0,050) \cdot 2,5$	$4,15 \cdot 1,35 =$	$5,60 \text{ kN/m}$
Stálé zatížení celkem		4,69	6,33 kN/m

Nahodilé při betonáži

- na délce 3 m	$1,50 \cdot 2,5$	$3,75 \cdot 1,50 =$	$5,63 \text{ kN/m}$
- jinde	$0,75 \cdot 2,5$	$1,88 \cdot 1,50 =$	$2,81 \text{ kN/m}$



5.1.2 Posouzení z hlediska MSÚ

$$A_v = 1,04 \cdot h \cdot t_w = 1,04 \cdot 240 \cdot 6,2 = 1548 \text{ mm}^2$$

$$V_a = A_v \cdot \frac{f_y}{\gamma_a \cdot \sqrt{3}} = 1548 \cdot \frac{235}{1 \cdot \sqrt{3}} = 210,03 \text{ kN} \geq 2 \cdot V_{sd} = 2 \cdot 35,05 = 70,10 \text{ kN}$$

Navržený nosník IPE 240 **VYHOVUJE**

$$M_a = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{Ma}} = \frac{366,6 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} = 86,15 \text{ kNm} \geq M_{sd} = 62,99 \text{ kNm}$$

Navržený nosník IPE 240 **VYHOVUJE**

5.1.3 Posouzení z hlediska MSP

Průhyb jen od stálého zatížení

$$\delta = \frac{1}{E_a \cdot I_a} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot g \cdot L^4 \right)$$

$$\delta = \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 38,92 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot 4,69 \cdot 6740^4 \right) = 15,42 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = 27 \text{ mm}$$

$$\leq 20 \text{ mm}$$

Navržený nosník IPE 240 **VYHOVUJE**

Pozn.: Profil IPE nelze navrhnout menšího průřezu, a to z důvodu příliš velkého průhybu a následnému příliš velkému přitížení betonem, které překročí MSP IPE220.

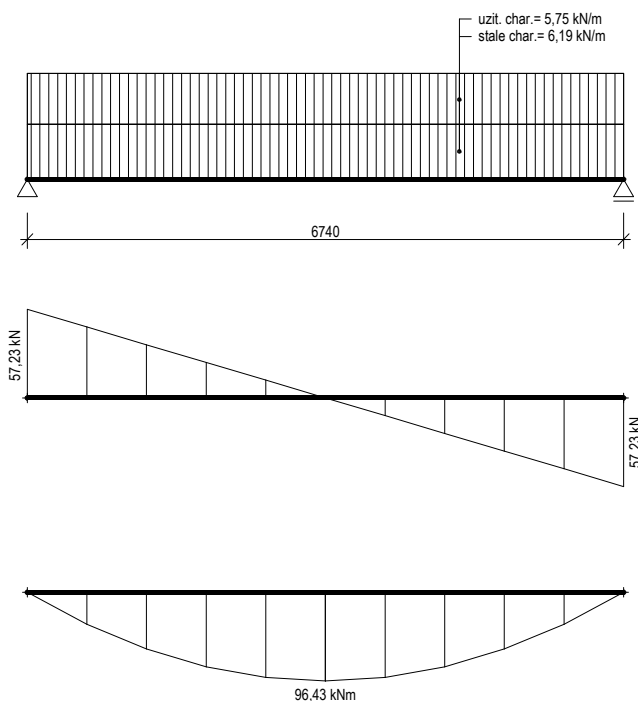
5.2 Provozní stav

5.2.1 Zatížení na stropnici

Zatěžovací šířka 2500 mm

Stálé zatížení	výpočet	char.	návrhové
- IPE 240		$0,31 \cdot 1,35 =$	$0,42 \text{ kN/m}$
- TR 50/250-0,88	$0,09 \cdot 2,5$	$0,23 \cdot 1,35 =$	$0,31 \text{ kN/m}$
- beton (tl. 66,4 mm)	$25 \cdot (0,0164 + 0,050) \cdot 2,5$	$4,15 \cdot 1,35 =$	$5,60 \text{ kN/m}$
- podlaha+podhled (odhad)		$1,50 \cdot 1,35 =$	$2,03 \text{ kN/m}$
Stálé zatížení celkem		6,19	8,36 kN/m

Nahodilé zatížení			
- užitné zatížení - byty	$1,50 \cdot 2,5$	$3,75 \cdot 1,50 =$	$5,63 \text{ kN/m}$
- přemístitelné příčky $\leq 2 \text{ kN/m}$	$0,8 \cdot 2,5$	$2,00 \cdot 1,50 =$	$3,00 \text{ kN/m}$
Užitné zatížení celkem		5,75	8,63 kN/m



5.2.2 Posouzení z hlediska MSÚ

a) Únosnost ve smyku

$$A_v = 1,04 \cdot h \cdot t_w = 1,04 \cdot 240 \cdot 6,2 = 1548 \text{ mm}^2$$

$$V_a = A_v \cdot \frac{f_y}{\gamma_a \cdot \sqrt{3}} = 1548 \cdot \frac{235}{1 \cdot \sqrt{3}} = 210,28 \text{ kN} \geq 2 \cdot V_{sd} = 2 \cdot 57,23$$

$$= 114,46 \text{ kN}$$

Navržený nosník IPE 240 **VYHOVUJE**

b) Únosnost v ohybu

Spolupůsobící šířka desky

$$b_{eff} = 2 \cdot \frac{L}{8} = 2 \cdot \frac{6740}{8} = 1685 \text{ mm}$$

Poloha neutrální osy

- vzdálenost od horního okraje betonové desky
- předpokladem je průběh neutrální osy betonovou deskou

$$x = \frac{\frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a}}{\frac{b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c}} = \frac{\frac{3912 \cdot 235}{1}}{\frac{1685 \cdot 0,85 \cdot 25}{1,5}} = 38,51 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a} \cdot h_a = \frac{3912 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} \cdot \left(0,220 - \frac{0,03851}{2}\right) = 184,55 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 184,55 \text{ kNm} > M_{sd} = 96,43 \text{ kNm}$$

Navržený nosník IPE 240 **VYHOVUJE**

c) Spřažení

- trny o průměru 18,2 mm, výšky 87 mm z oceli s mezí pevnosti po přivaření
 $f_u = 340 \text{ MPa}$
- zohlednění zkrácení trnu po přivaření – výška $h_{sc} = 80 \text{ mm}$

Únosnost trnu v plné délce

$$\alpha = \begin{cases} 0,2 \cdot \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1 \right) & \text{pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 & \end{cases} \dots \frac{h_{sc}}{d} = \frac{80}{18,2} = 4,4 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$P_{Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,8 \cdot 340 \cdot \frac{\pi \cdot 18,2^2}{4} = 70,76 \cdot 10^3 \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} = 0,29 \cdot 1 \cdot 18,2^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 29 \cdot 10^3} = 81,79 \cdot 10^3 \end{array} \right\} = 70,76 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v} = \frac{70,76 \cdot 10^3}{1,25} = 56,62 \text{ kN}$$

Redukovaná únosnost v žebrové desce

$$k_1 = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \frac{h_{sc} - h_p}{h_p} = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \cdot \frac{84,5}{48,5} \cdot \frac{80 - 48,5}{48,5} = 0,792$$

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_1 = 56,62 \cdot 0,792 = 44,835 \text{ kN}$$

$$F_{cf} = \left\{ \begin{array}{l} F_{cf,a} = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a} = \frac{3912 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} = 919,32 \cdot 10^3 \text{ N} \\ F_{cf,c} = \frac{A_c \cdot 0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} + \frac{A_s \cdot f_{sk}}{\gamma_s} = \frac{50 \cdot 1685 \cdot 0,85 \cdot 25}{1,5} + 0 = 1193,54 \cdot 10^3 \end{array} \right\} = 919,32 \text{ kN}$$

$$N_f = \frac{F_{cf,a}}{P_{Rd,r}} = \frac{919,32}{44,835} = 20,51$$

- - 21 trnů na půl nosníků
- rozteč trnů $3370/21 = 160,48 \text{ mm}$
- vlny plechu TR 50/250 po 250 mm
- - je třeba navrhnout částečné spřažení

Neúplné sprážení

$$M_{apl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_a} = \frac{366,6 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} = 86,15 \text{ kNm}$$

$$F_c = \frac{M_{sd} - M_{apl,Rd}}{M_{pl,Rd} - M_{apl,Rd}} \cdot F_{cf} = \frac{96,43 - 86,15}{184,55 - 86,15} \cdot 919,32 = 96,04 \text{ kN}$$

$$N_{f,reduk} = \frac{F_c}{P_{rd,r}} = \frac{96,04}{44,835} = 2,14 \text{ ks} \quad - \text{ na polovinu nosníku}$$

Navrženy trny **Ø18,2 mm** výšky **87 mm**. Umístění v každé druhé vlně, **celkem 11 trnů** na ½ nosníku.

5.2.3 Posouzení z hlediska MSP

- posouzení průhybu spráženého nosníku za předpokladu pružného působení

Účinný modul pružnosti

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{29}{2} = 14,5 \text{ GPa}$$

Pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210}{14,5} = 14,5$$

Poloha neutrální osy

$$x = \frac{A_a \cdot h_a + \frac{1}{n} \cdot t_c \cdot b_{eff} \cdot \frac{t_c}{2}}{A_a + \frac{1}{n} \cdot t_c \cdot b_{eff}} = \frac{3912 \cdot 220 + \frac{1}{14,5} \cdot 50 \cdot 1685 \cdot \frac{50}{2}}{3912 + \frac{1}{14,5} \cdot 50 \cdot 1685}$$

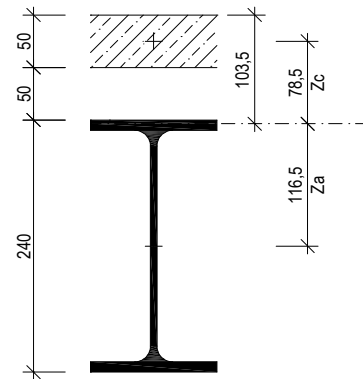
$$x = 103,5 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_a + A_a \cdot z_a^2 + \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot t_c^3 + t_c \cdot b_{eff} \cdot z_c^2 \right)$$

$$I_i = 38,92 \cdot 10^6 + 3912 \cdot 116,5^2 + \frac{1}{14,5} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 1685 \cdot 50^3 + 50 \cdot 1685 \cdot 78,5^2 \right)$$

$$I_i = 129,03 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$



Průhyb od nahodilého zatížení

- nahodilé zatížení (byty + přemístitelné příčky) $q_k = 6,19 \text{ kN/m}$

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I_i} = \frac{5}{384} \cdot \frac{6,19 \cdot 6740^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 129,03 \cdot 10^6} = 6,14 \text{ mm} \leq \frac{L}{300} = 22,47 \text{ mm}$$

Vliv částečného spřažení

$$\delta_a = \delta \cdot \frac{I_i}{I_a} = 6,14 \cdot \frac{129,03}{38,92} = 20,36 \text{ mm}$$

$$\delta_{celkové} = \delta \cdot \left[1 + 0,3 \cdot \left(1 - \frac{n}{n_f} \right) \cdot \left(\frac{\delta_a}{\delta} - 1 \right) \right] = 6,14 \cdot \left[1 + 0,3 \cdot \left(1 - \frac{11}{14,93} \right) \cdot \left(\frac{20,36}{6,14} - 1 \right) \right]$$

$$\delta_{celkové} = 7,26 \text{ mm} \leq \frac{L}{300} = 22,47 \text{ mm}$$

Navržený nosník IPE 240 **VYHOVUJE**

Navržen nosník **IPE 240 / S235**.

6 Stropnice S4

6.1 Montážní stav

Působí pouze ocelový nosník IPE 240

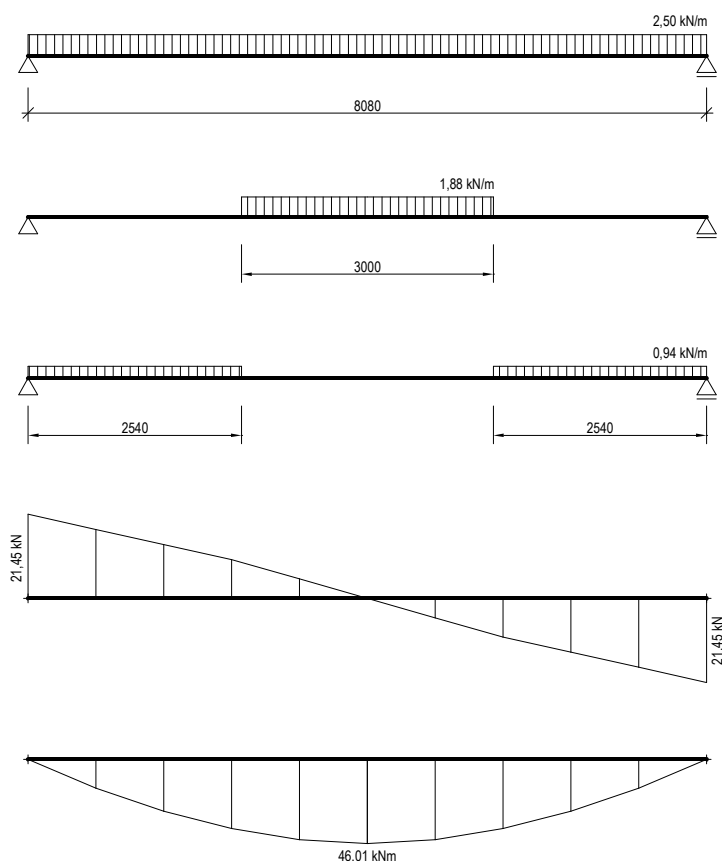
6.1.1 Zatížení na stropnici

Zatěžovací šířka 1250 mm

Stálé zatížení	výpočet	char.	návrhové
- IPE 240		$0,31 \cdot 1,35 =$	$0,42 \text{ kN/m}$
- TR 50/250-0,88	$0,09 \cdot 1,25$	$0,11 \cdot 1,35 =$	$0,15 \text{ kN/m}$
- beton (tl. 66,4 mm)	$25 \cdot (0,0164 + 0,050) \cdot 2,5$	$2,08 \cdot 1,35 =$	$2,81 \text{ kN/m}$
Stálé zatížení celkem		2,50	3,38 kN/m

Nahodilé při betonáži

- na délce 3 m	$1,50 \cdot 1,25$	$1,88 \cdot 1,50 =$	$2,82 \text{ kN/m}$
- jinde	$0,75 \cdot 1,25$	$0,94 \cdot 1,50 =$	$1,41 \text{ kN/m}$



6.1.2 Posouzení z hlediska MSÚ

$$A_v = 1,04 \cdot h \cdot t_w = 1,04 \cdot 240 \cdot 6,2 = 1548 \text{ mm}^2$$

$$V_a = A_v \cdot \frac{f_y}{\gamma_a \cdot \sqrt{3}} = 1548 \cdot \frac{235}{1 \cdot \sqrt{3}} = 210,03 \text{ kN} \geq 2 \cdot V_{sd} = 2 \cdot 21,45 = 42,90 \text{ kN}$$

Navržený nosník IPE 240 **VYHOVUJE**

$$M_a = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{Ma}} = \frac{366,6 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} = 86,15 \text{ kNm} \geq M_{sd} = 46,01 \text{ kNm}$$

Navržený nosník IPE 240 **VYHOVUJE**

6.1.3 Posouzení z hlediska MSP

Průhyb jen od stálého zatížení

$$\delta = \frac{1}{E_a \cdot I_a} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot g \cdot L^4 \right)$$

$$\delta = \frac{1}{210 \cdot 10^3 \cdot 38,92 \cdot 10^6} \cdot \left(\frac{5}{384} \cdot 2,5 \cdot 8080^4 \right) = 16,98 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = 32,32 \text{ mm}$$

$$\leq 20 \text{ mm}$$

Navržený nosník IPE 240 **VYHOVUJE**

6.2 Provozní stav

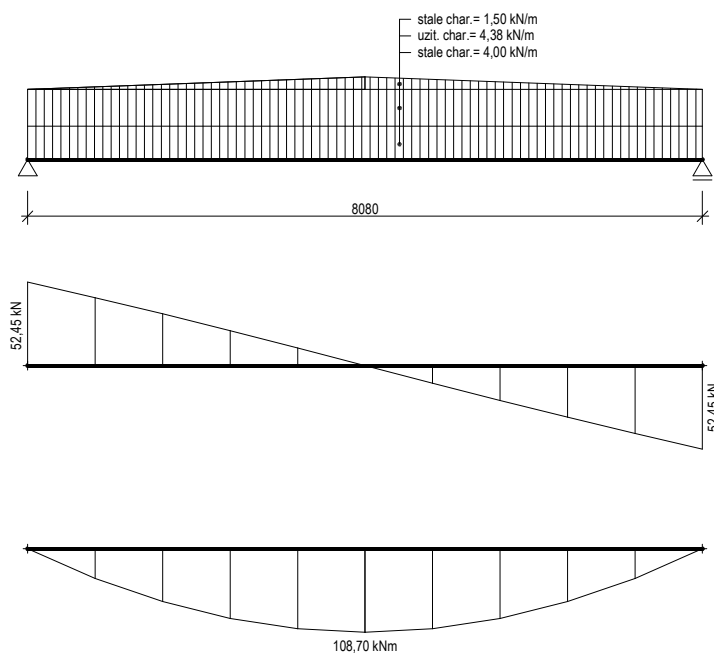
6.2.1 Zatížení na stropnici

Zatěžovací šířka 1250 mm

Stálé zatížení	výpočet	char.	návrhové
- IPE 240		0,31 · 1,35 =	0,42 kN/m
- TR 50/250-0,88	0,09 · 1,25	0,11 · 1,35 =	0,15 kN/m
- beton (tl. 66,4 mm)	25 · (0,0164 + 0,050) · 1,25	2,08 · 1,35 =	2,81 kN/m
- podlaha+podhled (odhad)		1,50 · 1,35 =	2,03 kN/m
Stálé zatížení celkem		4,00	5,41 kN/m

Stálé zatížení – lich.	výpočet	char.	návrhové
- beton. konzola 600mm (šířka uprostřed nosníku)	0,6 · 0,1 · 25	1,50 · 1,35 =	2,03 kN/m
Celkem		1,50	2,03 kN/m

Nahodilé zatížení			
- užitné zatížení - byty	1,50 · 1,25	1,88 · 1,50 =	2,82 kN/m
- přemístitelné příčky ≤ 2 kN/m	0,8 · 1,25	1,00 · 1,50 =	1,50 kN/m
- přemístitelné příčky ≤ 3 kN/m (zavěš. stěna)	1,2 · 1,25	1,50 · 1,50 =	2,25 kN/m
Užitné zatížení celkem		4,38	6,57 kN/m



6.2.2 Posouzení z hlediska MSÚ

a) Únosnost ve smyku

$$A_v = 1,04 \cdot h \cdot t_w = 1,04 \cdot 240 \cdot 6,2 = 1548 \text{ mm}^2$$

$$V_a = A_v \cdot \frac{f_y}{\gamma_a \cdot \sqrt{3}} = 1548 \cdot \frac{235}{1 \cdot \sqrt{3}} = 210,28 \text{ kN} \geq 2 \cdot V_{sd} = 2 \cdot 52,45 = 104,90 \text{ kN}$$

Navržený nosník IPE 240 **VYHOVUJE**

b) Únosnost v ohybu

Spolupůsobící šířka desky

$$b_{eff} = x + \frac{L}{8} = 60 + \frac{8080}{8} = 1070 \text{ mm}$$

Poloha neutrální osy

- vzdálenost od horního okraje betonové desky
- předpokladem je průběh neutrální osy betonovou deskou

$$x = \frac{\frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a}}{\frac{b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c}} = \frac{\frac{3912 \cdot 235}{1}}{\frac{1070 \cdot 0,85 \cdot 25}{1,5}} = 60,65 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a} \cdot h_a = \frac{3912 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} \cdot \left(0,220 - \frac{0,06065}{2}\right) = 174,37 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 174,37 \text{ kNm} > M_{Sd} = 108,70 \text{ kNm}$$

Navržený nosník IPE 240 **VYHOVUJE**

c) Spřažení

- trny o průměru 18,2 mm, výšky 87 mm z oceli s mezí pevnosti po přivaření $f_u = 340 \text{ MPa}$
- zohlednění zkrácení trnu po přivaření – výška $h_{sc} = 80 \text{ mm}$

Únosnost trnu v plné délce

$$\alpha = \begin{cases} 0,2 \cdot \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1\right) & \text{pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 & \text{jinak} \end{cases} \dots \frac{h_{sc}}{d} = \frac{80}{18,2} = 4,4 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$P_{Rk} = \left\{ \begin{array}{l} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,8 \cdot 340 \cdot \frac{\pi \cdot 18,2^2}{4} = 70,76 \cdot 10^3 \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} = 0,29 \cdot 1 \cdot 18,2^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 29 \cdot 10^3} = 81,79 \cdot 10^3 \end{array} \right\} = 70,76 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v} = \frac{70,76 \cdot 10^3}{1,25} = 56,62 \text{ kN}$$

Redukovaná únosnost v žebrové desce

$$k_1 = \frac{0,7}{\sqrt{n_r}} \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \frac{h_{sc} - h_p}{h_p} = \frac{0,7}{\sqrt{1}} \cdot \frac{84,5}{48,5} \cdot \frac{80 - 48,5}{48,5} = 0,792$$

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_1 = 56,61 \cdot 0,792 = 44,835 \text{ kN}$$

$$F_{cf} = \left\{ \begin{array}{l} F_{cf,a} = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a} = \frac{3912 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} = 919,32 \cdot 10^3 \text{ N} \\ F_{cf,c} = \frac{A_c \cdot 0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} + \frac{A_s \cdot f_{sk}}{\gamma_s} = \frac{50 \cdot 1070 \cdot 0,85 \cdot 25}{1,5} + 0 = 1136,88 \cdot 10^3 \end{array} \right\} = 919,32 \text{ kN}$$

$$N_f = \frac{F_{cf,a}}{P_{Rd,r}} = \frac{919,32}{44,835} = 20,51$$

- - 21 trnů na půl nosníků
- rozteč trnů $8080/21 = 384,76 \text{ mm}$
- vlny plechu TR 50/250 po 250 mm
- - **Navrženo úplné sprážen**

Navrženy trny **Ø18,2 mm** výšky **87 mm**. Umístění v každé druhé vlně, **celkem 16 trnů** na $\frac{1}{2}$ nosníku.

6.2.3 Posouzení z hlediska MSP

- posouzení průhybu spráženého nosníku za předpokladu pružného působení

Účinný modul pružnosti

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{29}{2} = 14,5 \text{ GPa}$$

Pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210}{14,5} = 14,5$$

Poloha neutrální osy

$$x = \frac{A_a \cdot h_a + \frac{1}{n} \cdot t_c \cdot b_{eff} \cdot \frac{t_c}{2}}{A_a + \frac{1}{n} \cdot t_c \cdot b_{eff}} = \frac{3912 \cdot 220 + \frac{1}{14,5} \cdot 50 \cdot 1070 \cdot \frac{50}{2}}{3912 + \frac{1}{14,5} \cdot 50 \cdot 1070}$$

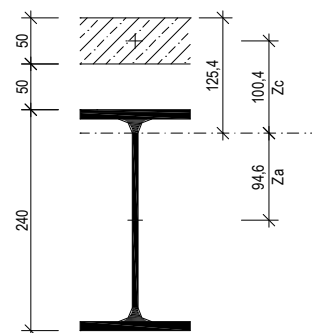
$$x = 125,4 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti ideálního průřezu

$$I_i = I_a + A_a \cdot z_a^2 + \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot t_c^3 + t_c \cdot b_{eff} \cdot z_c^2 \right)$$

$$I_i = 38,92 \cdot 10^6 + 3912 \cdot 116,5^2 + \frac{1}{14,5} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 1685 \cdot 50^3 + 50 \cdot 1685 \cdot 78,5^2 \right)$$

$$I_i = 129,03 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$



Průhyb od náhodilého zatížení

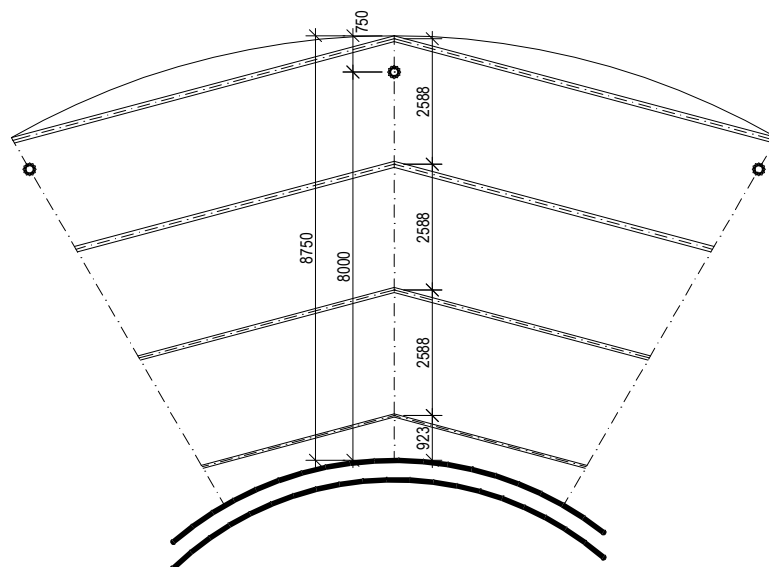
- náhodilé zatížení (byty + přemístitelné příčky) $q_k = 4,38 \text{ kN/m}$

$$\delta = \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E \cdot I_i} = \frac{5}{384} \cdot \frac{4,38 \cdot 8080^4}{210 \cdot 10^3 \cdot 129,03 \cdot 10^6} = 8,97 \text{ mm} \leq \frac{L}{300} = 26,93 \text{ mm}$$

Navržený nosník IPE 240 **VYHOVUJE**

Navržen nosník **IPE 240 / S235**.

7 Průvlak



7.1 Zatížení na průvlak

Stálé zatížení - spojité		char.	návrhové
--------------------------	--	-------	----------

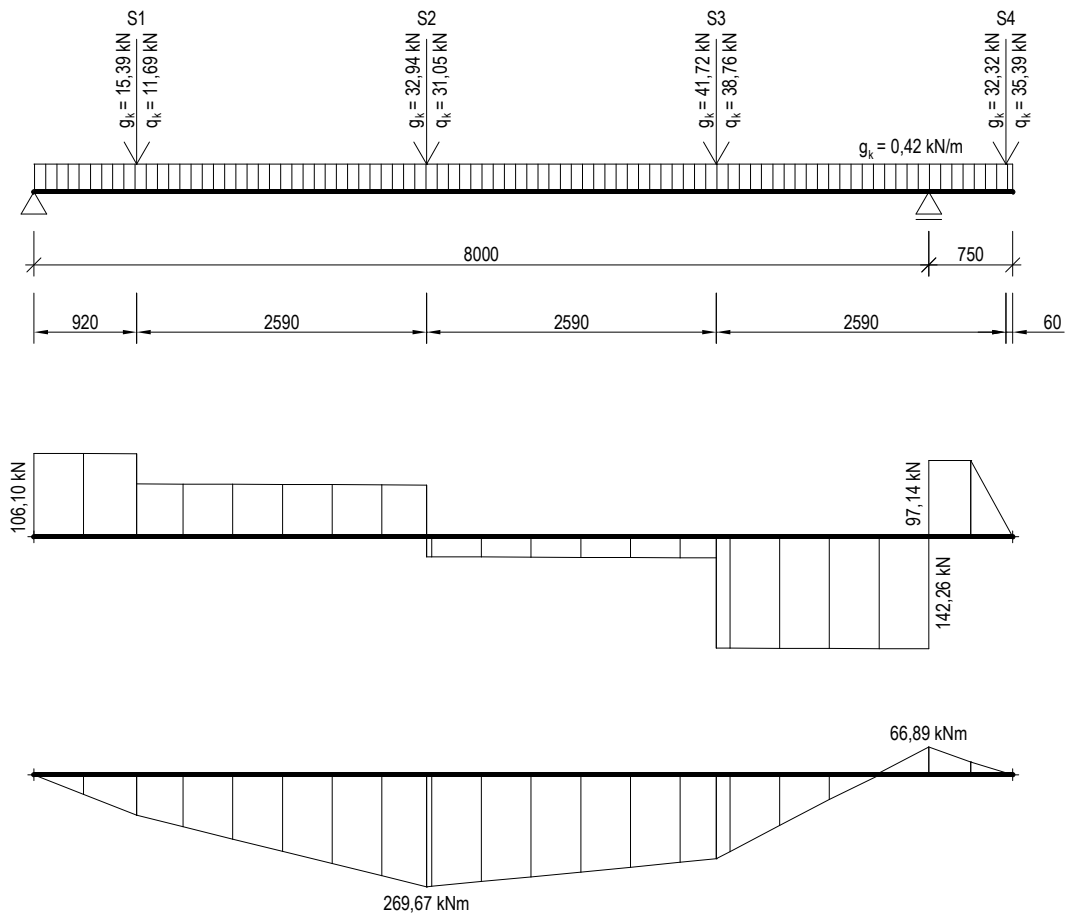
- IPE 300		$0,42 \cdot 1,35 =$	$0,57 \text{ kN/m}$
-----------	--	---------------------	---------------------

Stálé zatížení - osově síly		char.	návrhové
-----------------------------	--	-------	----------

- stropnice S1 (zatěžovací šířka 4,06m)	$3,79 \cdot 4,06$	$15,39 \cdot 1,35 =$	$20,78 \text{ kN/m}$
- stropnice S2 (zatěžovací šířka 5,40m)	$6,10 \cdot 5,40$	$32,94 \cdot 1,35 =$	$44,47 \text{ kN/m}$
- stropnice S3 (zatěžovací šířka 6,74m)	$6,19 \cdot 6,74$	$41,72 \cdot 1,35 =$	$56,32 \text{ kN/m}$
-stropnice S4 (zatěžovací šířka 8,08m)	$4,00 \cdot 8,08$	$32,32 \cdot 1,35 =$	$43,63 \text{ kN/m}$

Nahodilé zatížení - osově síly		char.	návrhové
--------------------------------	--	-------	----------

- stropnice S1 (zatěžovací šířka 4,06m)	$2,88 \cdot 4,06$	$11,69 \cdot 1,50 =$	$17,54 \text{ kN/m}$
- stropnice S2 (zatěžovací šířka 5,40m)	$5,75 \cdot 5,40$	$31,05 \cdot 1,50 =$	$46,58 \text{ kN/m}$
- stropnice S3 (zatěžovací šířka 6,74m)	$5,75 \cdot 6,74$	$38,76 \cdot 1,50 =$	$58,14 \text{ kN/m}$
-stropnice S4 (zatěžovací šířka 8,08m)	$4,38 \cdot 8,08$	$35,39 \cdot 1,50 =$	$53,09 \text{ kN/m}$



7.1.1 MSÚ

a) Únosnost ve smyku

$$A_v = 1,04 \cdot h \cdot t_w = 1,04 \cdot 300 \cdot 7,1 = 2215 \text{ mm}^2$$

$$V_a = A_v \cdot \frac{f_y}{\gamma_a \cdot \sqrt{3}} = 2215 \cdot \frac{235}{1 \cdot \sqrt{3}} = 301 \text{ kN} \geq 2 \cdot V_{sd} = 2 \cdot 142,26 = 284,52 \text{ kN}$$

b) Únosnost v ohybu

Spolupůsobící šířka desky

$$b_{eff} = \frac{2 \cdot L}{8} = \frac{2 \cdot 8750}{8} = 2188 \text{ mm}$$

Poloha neutrální osy

- vzdálenost od horního okraje betonové desky
- předpokladem je průběh neutrální osy betonovou deskou

$$x = \frac{\frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a}}{\frac{b_{eff} \cdot 0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c}} = \frac{\frac{5381 \cdot 235}{1}}{\frac{2188 \cdot 0,85 \cdot 25}{1,5}} = 27,20 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a} \cdot h_a = \frac{5381 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} \cdot \left(250 - \frac{27,20}{2}\right) = 298,94 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd} = 298,94 \text{ kNm} > M_{Sd} = 269,67 \text{ kNm}$$

Navržený nosník IPE 300 **VYHOVUJE**

c) Spřažení

- trny o průměru 18,2 mm, výšky 87 mm z oceli s mezí pevnosti po přivaření
 $f_u = 340 \text{ MPa}$
- zohlednění zkrácení trnu po přivaření – výška $h_{sc} = 80 \text{ mm}$

Únosnost trnu v plné délce

$$\alpha = \begin{cases} 0,2 \cdot \left(\frac{h_{sc}}{d} + 1\right) & \text{pro } 3 \leq \frac{h_{sc}}{d} \leq 4 \\ 1,0 & \text{jinak} \end{cases} \dots \frac{h_{sc}}{d} = \frac{80}{18,2} = 4,4 \rightarrow \alpha = 1,0$$

$$P_{Rk} = \left. \begin{cases} 0,8 \cdot f_u \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,8 \cdot 340 \cdot \frac{\pi \cdot 18,2^2}{4} = 70,76 \cdot 10^3 \\ 0,29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}} = 0,29 \cdot 1 \cdot 18,2^2 \cdot \sqrt{25 \cdot 29 \cdot 10^3} = 81,79 \cdot 10^3 \end{cases} \right\} = 70,76 \cdot 10^3 \text{ N}$$

$$P_{Rd} = \frac{P_{Rk}}{\gamma_v} = \frac{70,76 \cdot 10^3}{1,25} = 56,62 \text{ kN}$$

Redukovaná únosnost v žebrové desce

$$k_1 = 0,6 \cdot \frac{b_0}{h_p} \cdot \left(\frac{h}{h_p} - 1 \right) = 0,6 \cdot \frac{84,5}{48,5} \cdot \left(\frac{80}{48,5} - 1 \right) = 0,679$$

$$P_{Rd,r} = P_{Rd} \cdot k_1 = 56,61 \cdot 0,679 = 38,438 \text{ kN}$$

$$F_{cf} = \left\{ \begin{array}{l} F_{cf,a} = \frac{A_a \cdot f_y}{\gamma_a} = \frac{5381 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{1} = 1264,54 \cdot 10^3 \text{ N} \\ F_{cf,c} = \frac{A_c \cdot 0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} + \frac{A_s \cdot f_{sk}}{\gamma_s} = \frac{50 \cdot 2188 \cdot 0,85 \cdot 25}{1,5} + \frac{549,8 \cdot 410}{1} = 1775,25 \cdot 10^3 \end{array} \right\} = 1264,54 \text{ kN}$$

Pozn.: Uvažovaná výztuž $\varnothing 10 \text{ mm}$ po 200 mm ; $f_{sk} = 410 \text{ MPa}$ (ocel 10 425)

$$N_f = \frac{F_{cf,a}}{P_{Rd,r}} = \frac{1264,54}{38,438} = 32,9$$

- - 33 trnů na půl nosníků
- rozteč trnů $4000/33 = 121,21 \text{ mm}$
- min. vzd. $5d = 5 \cdot 18,2 = 91 \text{ mm}$
- - navrženo **úplné spřažení**

Navrženy **trny $\varnothing 18,2 \text{ mm}$ výšky 87 mm** . Umístění po 120 mm , **celkem 33 trnů** na $\frac{1}{2}$ nosníku.

7.1.2 MSP

a) průhyb IPE 300 - zatížený čerstvým betonem a vlastní tíhou

Průhyb průvlaku v montážním stavu **není třeba** počítat, uvažuje se **podepření** po dobu betonáže až po zatvrdnutí desky

b) průhyb spráženého nosníku za předpokladu pružného působení

Účinný modul pružnosti

$$E'_c = \frac{E_{cm}}{2} = \frac{29}{2} = 14,5 \text{ GPa}$$

Pracovní součinitel

$$n = \frac{E_a}{E'_c} = \frac{210}{14,5} = 14,5$$

Poloha neutrální osy v žeburu

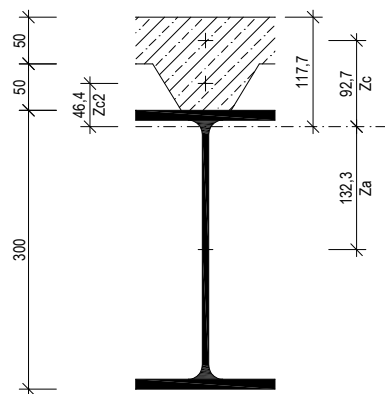
$$x_{lich} = \frac{b_{dolní} \cdot h_p \cdot \frac{h_p}{2} + \frac{1}{2} \cdot (b_{horní} - b_{dolní}) \cdot h_p \cdot \frac{h_p}{3}}{b_0 \cdot h_p}$$

$$x_{lich} = \frac{54 \cdot 48,5 \cdot \frac{48,5}{2} + \frac{1}{2} \cdot (115 - 54) \cdot 48,5 \cdot \frac{48,5}{3}}{84,5} = 21,33 \text{ mm}$$

Poloha neutrální osy

$$x = \frac{A_a \cdot h_a + \frac{1}{n} \cdot \left(t_c \cdot b_{eff} \cdot \frac{t_c}{2} + h_p \cdot b_0 \cdot (t_c + x_{lich}) \right)}{A_a + \frac{1}{n} \cdot (t_c \cdot b_{eff} + h_p \cdot b_0)}$$

$$x = \frac{5381 \cdot 250 + \frac{1}{14,5} \cdot \left(50 \cdot 2188 \cdot \frac{50}{2} + 48,5 \cdot 84,5 \cdot (50 + 21,33) \right)}{5381 + \frac{1}{14,5} \cdot (50 \cdot 2188 + 48,5 \cdot 84,5)} = 117,7 \text{ mm}$$



Moment setrvačnosti ideálního průřezu

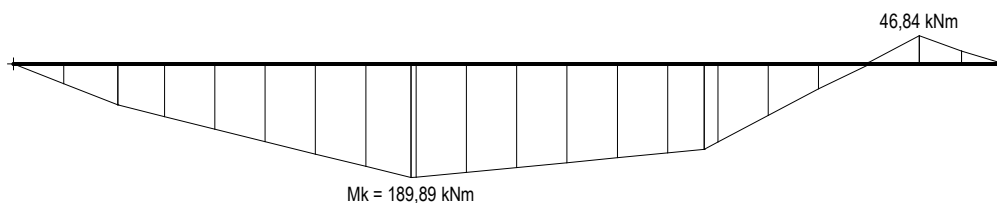
$$I_i = I_a + A_a \cdot z_a^2 + \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot b_{eff} \cdot t_c^3 + t_c \cdot b_{eff} \cdot z_c^2 + \frac{1}{12} \cdot b_0 \cdot h_p^3 + b_0 \cdot h_p \cdot z_{c2}^2 \right)$$

$$I_i = 83,56 \cdot 10^6 + 5381 \cdot 132,3^2 +$$

$$+ \frac{1}{14,5} \cdot \left(\frac{1}{12} \cdot 2188 \cdot 50^3 + 50 \cdot 2188 \cdot 92,7^2 + \frac{1}{12} \cdot 84,5 \cdot 48,5^3 + 84,5 \cdot 48,5 \cdot 46,4^2 \right)$$

$$I_i = 244,82 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Kontrola napjatosti v provozním stavu



$$\sigma_{k,a} = \frac{M_k \cdot (h - z_a)}{I_i} = \frac{189,89 \cdot (400 - 117,7)}{244,82 \cdot 10^6} = 218,96 \text{ MPa} \leq f_y = 235 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{k,c} = \frac{1}{n} \cdot \frac{M_k \cdot z_a}{I_i} = \frac{1}{14,5} \cdot \frac{189,89 \cdot 117,7}{244,82 \cdot 10^6} = 6,30 \text{ MPa} \leq f_c = \frac{0,85 \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{0,85 \cdot 25}{1,5} = 14,17 \text{ MPa}$$

Nosník působí v provozním stavu pružně - **VYHOVUJE**

Průhyb průvlaku

$$\delta = 15 \text{ mm} \leq \frac{L}{250} = 32 \text{ mm}$$

Pozn.: Výpočet průhybu pomocí programu SCIA Engineering

Kontrola prokluzu ve spřažení

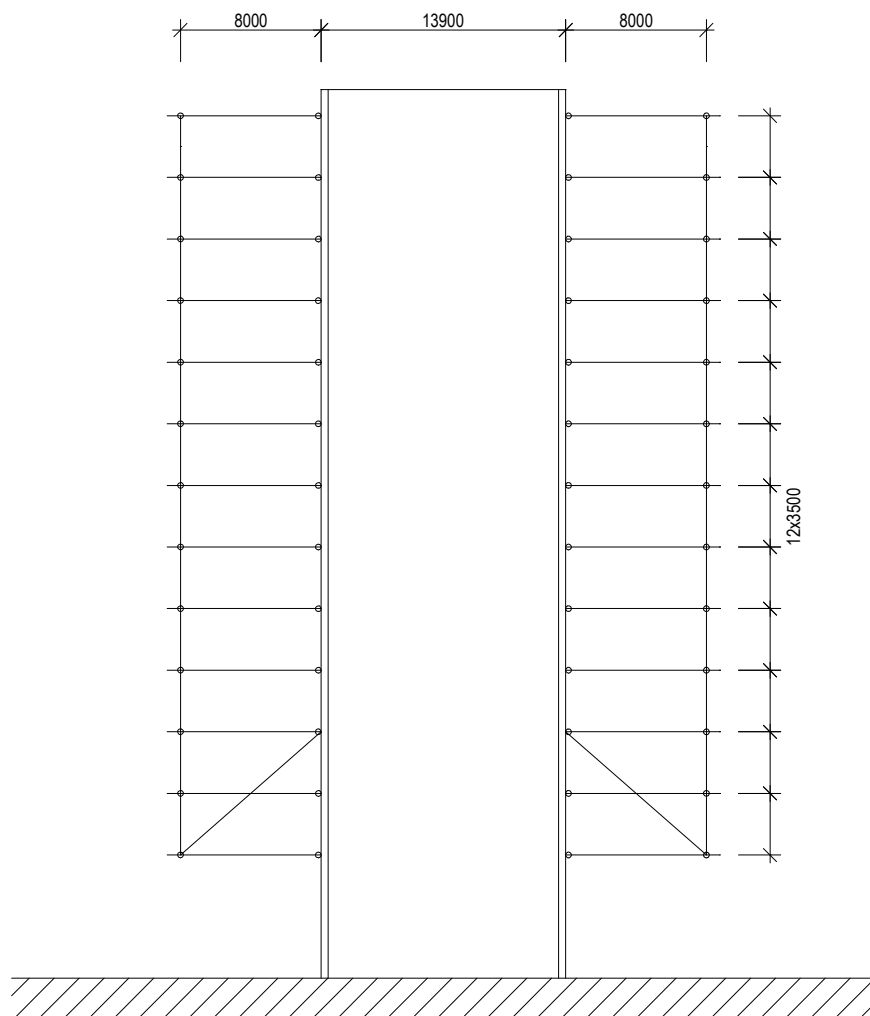
$$\frac{n}{n_f} = \frac{24}{25} = 0,96 \geq 0,5$$

- lze vliv prokluzu ve spřažení na průhyb zanedbat

Navržen nosník **IPE 300 / S235**.

8 Sloup

Reakce od průvlaku:	239,40 kN
Počet pater:	12
Počet pater se stejnými sloupy:	3 patra po 4 sloupech



8.1 Sloupy v 11.-14.NP

Předběžný návrh:	Ø 219x6,3, S235
Zatížení od průvlaku:	4x 239,40 = 957,6 kN (návrhové)
VI. tíha sloupů:	3x 5,29 + = 15,87 kN (návrhové)
Celkové zatížení na spodní sloup:	973,47 kN (návrhové)

Průřezové hodnoty

Ø 219,x6,3, S235	$A_a = 4210 \text{ mm}^2, I_a = 23,83 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
C25/30	$A_c = 33459 \text{ mm}^2, I_c = \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot d^4 = 89,09 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Lokální boulení

$$\frac{d}{t} = \frac{159}{6,3} = 34,76 \leq 90$$

Ø 219x6,3 **VYHOVUJE**

Návrhové pevnosti

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_a} = \frac{235}{1,0} = 235 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_c}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,7 \text{ MPa}$$

Návrhová únosnost spřaženého průřezu

$$N_{pl,Rd} = A_a \cdot f_{yd} + A_c \cdot f_{cd} = 4210 \cdot 235 + 33459 \cdot 16,7 = 1548,11 \text{ kN}$$

Charakteristická únosnost spřaženého průřezu

$$N_{pl,Rk} = A_a \cdot f_y + A_c \cdot f_{ck} = 4210 \cdot 235 + 33459 \cdot 25 = 1825,82 \text{ kN}$$

Ohybová tuhost

$$(EI)_{eff} = E_a \cdot I_a + K_e \cdot E_{cm} \cdot I_c = 210000 \cdot 23,83 \cdot 10^6 + 0,6 \cdot 30500 \cdot 89,09 \cdot 10^6$$

$$(EI)_{eff} = 6,63 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Kritická síla

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot (EI)_{eff}}{L^2} = \frac{\pi^2 \cdot 6,63 \cdot 10^{12}}{3500^2} = 5345,35 \text{ kN}$$

Vzpěrná pevnost - křivka zpěrnosti $a \rightarrow \alpha = 0,21$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{Cr}}} = \sqrt{\frac{1825,82}{5345,35}} = 0,58$$

$$\phi = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = \frac{1}{2} \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,58 - 0,2) + 0,52^2] = 0,71$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,71 + \sqrt{0,71^2 - 0,58^2}} = 0,90$$

Únosnost sloupu

$$\chi N_{pl,Rd} = 0,90 \cdot 1548,11 = 1386,79 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 973,47 \text{ kN}$$

Ø 219x6,3 VYHOVUJE

8.2 Sloupy v 7.-10.NP

Předběžný návrh:	Ø 219x12,5, S235
Zatížení od průvlaku:	8x 239,40 = 1915,20 kN (návrhové)
Vlastní tíha sloupů:	4x 5,29 + 3x 6,52 = 40,72 kN (návrhové)
Celkové zatížení na spodní sloup:	1955,92 kN (návrhové)

Průřezové hodnoty

$$\text{Ø 219x12,5, S235} \quad A_a = 8109 \text{ mm}^2, I_a = 43,38 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

$$\text{C25/30} \quad A_c = 29559 \text{ mm}^2, I_c = \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot d^4 = 69,53 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Lokální boulení

$$\frac{d}{t} = \frac{219}{12,5} = 17,52 \leq 90$$

Ø 219x12,5 **VYHOVUJE**

Návrhové pevnosti

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_a} = \frac{235}{1,0} = 235 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_c}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,7 \text{ MPa}$$

Návrhová únosnost spřaženého průřezu

$$N_{pl,Rd} = A_a \cdot f_{yd} + A_c \cdot f_{cd} = 8109 \cdot 235 + 29559 \cdot 16,7 = 2399,25 \text{ kN}$$

Charakteristická únosnost spřaženého průřezu

$$N_{pl,Rk} = A_a \cdot f_y + A_c \cdot f_{ck} = 8109 \cdot 235 + 29559 \cdot 25 = 2644,60 \text{ kN}$$

Ohybová tuhost

$$(EI)_{eff} = E_a \cdot I_a + K_e \cdot E_{cm} \cdot I_c = 210000 \cdot 43,38 \cdot 10^6 + 0,6 \cdot 30500 \cdot 69,53 \cdot 10^6$$

$$(EI)_{eff} = 10,38 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Kritická síla

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot (EI)_{eff}}{L^2} = \frac{\pi^2 \cdot 10,38 \cdot 10^{12}}{3500^2} = 8364,76 \text{ kN}$$

Vzpěrná pevnost - křivka zpěrnosti $a \rightarrow \alpha = 0,21$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{Cr}}} = \sqrt{\frac{2644,60}{8364,76}} = 0,56$$

$$\phi = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = \frac{1}{2} \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,56 - 0,2) + 0,56^2] = 0,70$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,70 + \sqrt{0,70^2 - 0,56^2}} = 0,90$$

Únosnost sloupu

$$\chi N_{pl,Rd} = 0,90 \cdot 2399,25 = 2168,3 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 1955,92 \text{ kN}$$

Ø 219x12,5 VYHOVUJE

8.3 Sloupy v 3.-6.NP

Předběžný návrh:	Ø 219x20, S235
Zatížení od průvlaku:	12x 239,40 = 2872,80 kN (návrhové)
Vlastní tíha sloupů:	4x 5,29 + 4x 6,52 + 3x 7,60 = 70,04 kN (návrh.)
Celkové zatížení na spodní sloup:	2942,84 kN (návrhové)

Průřezové hodnoty

Ø 219x20, S235	$A_a = 12504 \text{ mm}^2, I_a = 62,52 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$
C25/30	$A_c = 25165 \text{ mm}^2, I_c = \frac{1}{64} \cdot \pi \cdot d^4 = 50,39 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Lokální boulení

$$\frac{d}{t} = \frac{219}{20} = 10,95 \leq 90$$

Ø 219x20 **VYHOVUJE**

Návrhové pevnosti

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_a} = \frac{235}{1,0} = 235 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_c}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,7 \text{ MPa}$$

Návrhová únosnost spřaženého průřezu

$$N_{pl,Rd} = A_a \cdot f_{yd} + A_c \cdot f_{cd} = 12504 \cdot 235 + 25165 \cdot 16,7 = 3358,69 \text{ kN}$$

Charakteristická únosnost spřaženého průřezu

$$N_{pl,Rk} = A_a \cdot f_y + A_c \cdot f_{ck} = 12504 \cdot 235 + 25165 \cdot 25 = 3567,56 \text{ kN}$$

Ohybová tuhost

$$(EI)_{eff} = E_a \cdot I_a + K_e \cdot E_{cm} \cdot I_c = 210000 \cdot 62,52 \cdot 10^6 + 0,6 \cdot 30500 \cdot 50,39 \cdot 10^6$$

$$(EI)_{eff} = 14,05 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$$

Kritická síla

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot (EI)_{eff}}{L^2} = \frac{\pi^2 \cdot 14,05 \cdot 10^{12}}{3500^2} = 11320,97 \text{ kN}$$

Vzpěrná pevnost - křivka zpěrnosti $a \rightarrow \alpha = 0,21$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{N_{pl,Rk}}{N_{Cr}}} = \sqrt{\frac{3567,56}{11320,94}} = 0,56$$

$$\phi = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = \frac{1}{2} \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,56 - 0,2) + 0,56^2] = 0,70$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,70 + \sqrt{0,70^2 - 0,56^2}} = 0,90$$

Únosnost sloupu

$$\chi N_{pl,Rd} = 0,90 \cdot 3358,69 = 3036,47 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 2942,84 \text{ kN}$$

Ø 219x20 VYHOVUJE

Poznámka:

Z konstrukčních důvodů spodní sloup nahrazen válcovaným profilem HEB 320/S235.

8.3.1 Nahrazení průřezu za HEB 320

Vzpěrná délka

$$L_{cr,y} = L_{cr,z} = 3,5 \text{ m}$$

Pružná kritická síla

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210 \cdot 92,39 \cdot 10^{-3}}{3,5^2} = 15631,76 \text{ kN}$$

Vzpěrná pevnost - křivka zpěrnosti $c \rightarrow \alpha = 0,49$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{16130 \cdot 235 \cdot 10^{-3}}{15631,76}} = 0,49$$

$$\phi = \frac{1}{2} \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2] = \frac{1}{2} \cdot [1 + 0,49 \cdot (0,49 - 0,2) + 0,49^2] = 0,69$$

$$\chi = \frac{1}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = \frac{1}{0,69 + \sqrt{0,69^2 - 0,49^2}} = 0,85$$

Únosnost sloupu

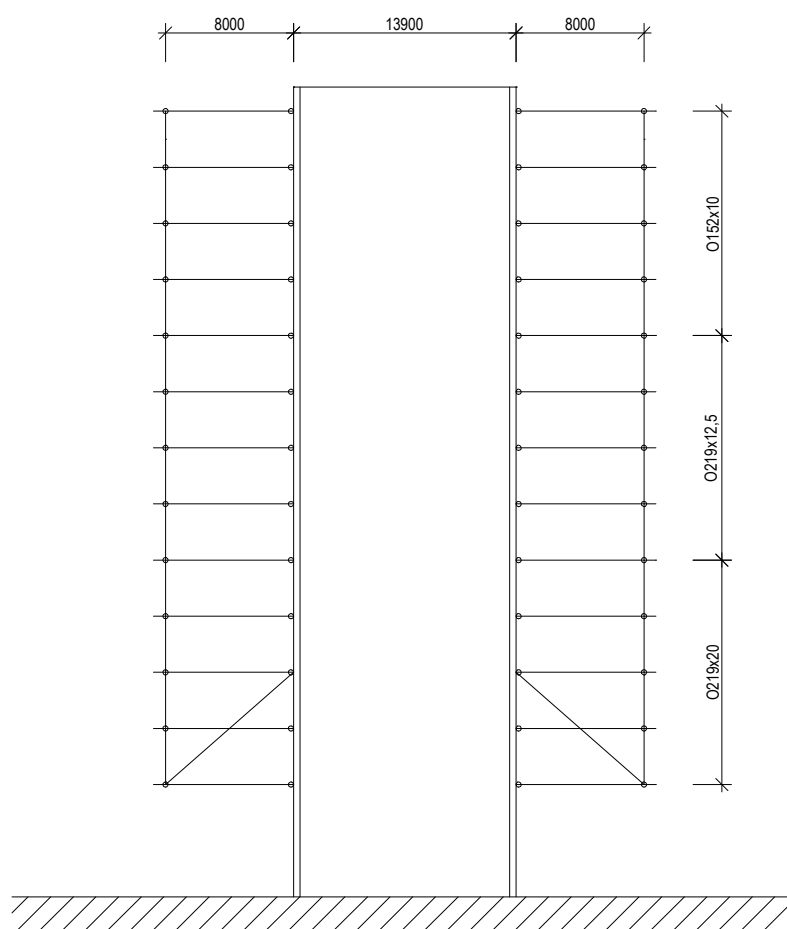
$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd} = 0,85 \cdot 16130 \cdot 235 \cdot 10^{-3} = 3221,97 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 2942,84 \text{ kN}$$

HEB 320 VYHOVUJE

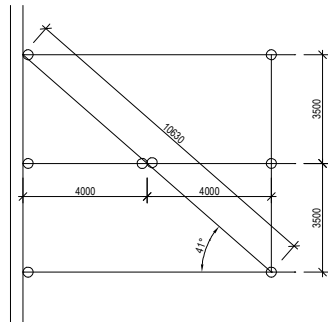
Navržený náhradní průřez má větší únosnost než původní sloup a zároveň menší vlastní hmotnost. Proto není třeba v následujícím statické výpočtu měnit uvažované zatížení obsahující sloupy ve všech podlažích.

Navrženy tyto sloupy:

3. NP	HEB 320
4.-6. NP	Ø219x20
7.-10. NP	Ø219x12,5
11.-14. NP	Ø219x6,3



9 Ztužidlo



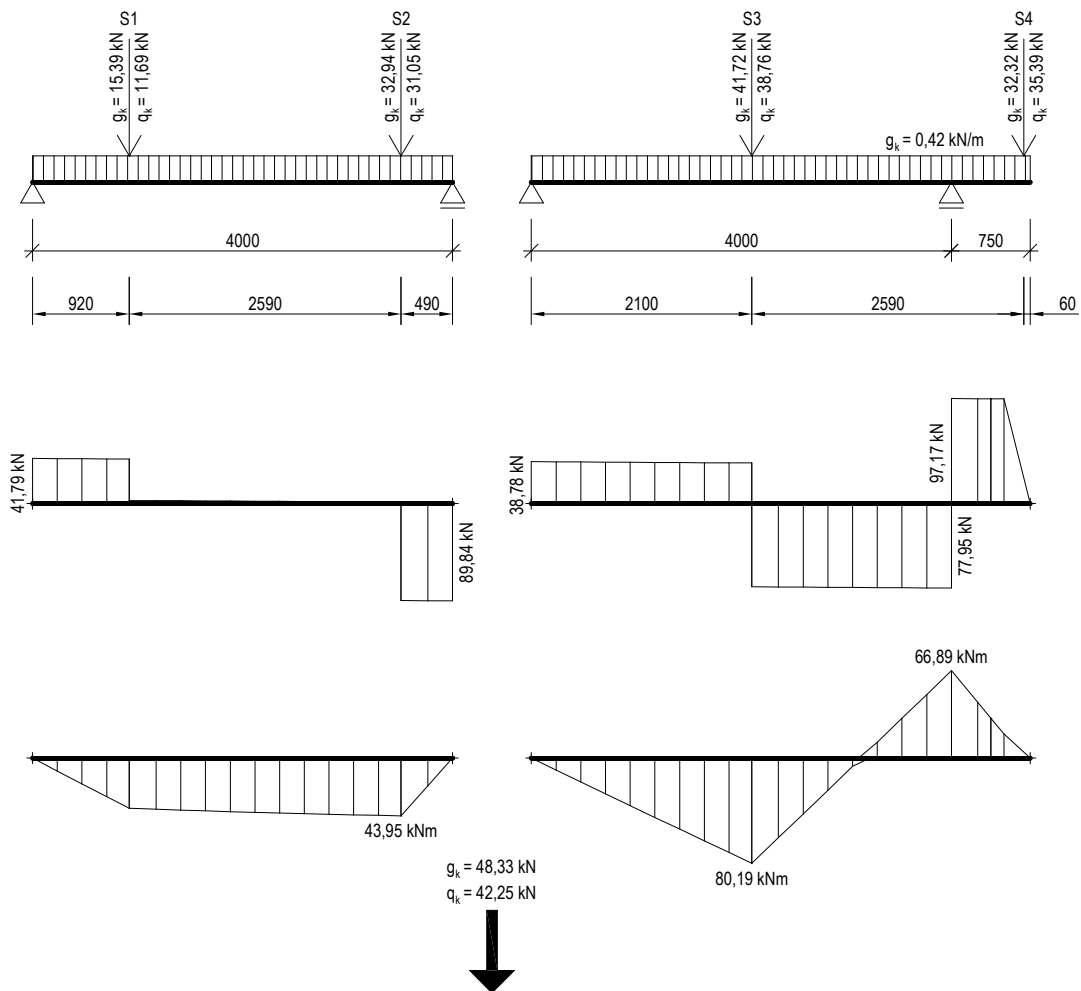
Délka: 10630 mm

Materiál: ocel S235

Předběžný návrh: HEB 320

9.1 Zatížení na ztužidlo

Zatížení od průvlaku



Stálé zatížení - spojitě

char.

návrhové

- HEB 320

$$1,27 \cdot 1,35 = 1,72 \text{ kN/m}$$

Stálé zatížení - osově síly

char.

návrhové

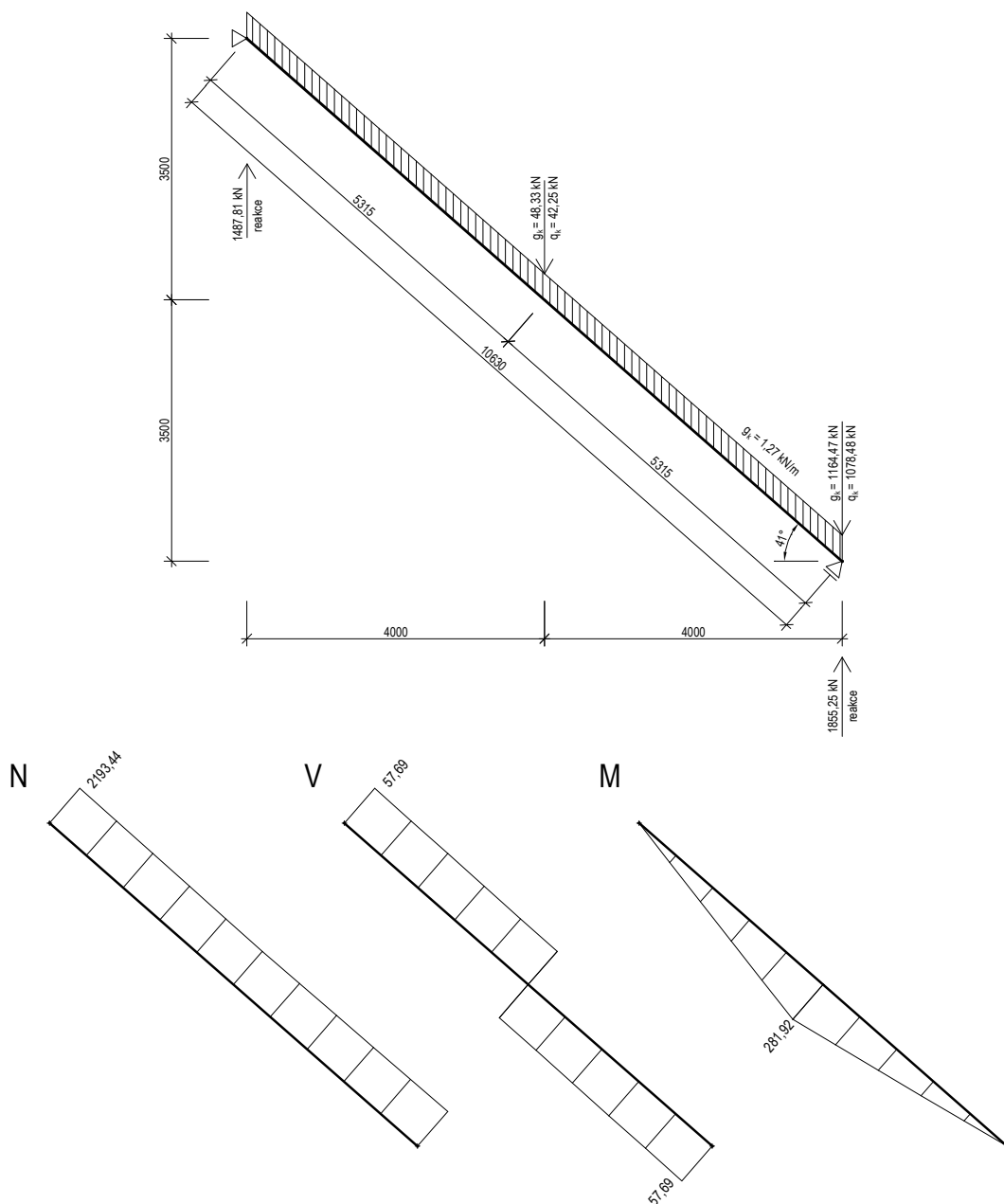
- průvlak - střed $48,33 \cdot 1,35 = 62,25 \text{ kN/m}$
- průvlaky + sloupy (vl.tíha) $13 \cdot 85,15 + 4 \cdot 3,92 +$ $1164,47 \cdot 1,35 = 1572,04 \text{ kN/m}$
 $+ 4 \cdot 4,83 + 4 \cdot 5,63$

Užitné zatížení - osově síly

char.

návrhové

- průvlak - střed $42,25 \cdot 1,50 = 62,25 \text{ kN/m}$
- průvlaky $1078,48 \cdot 1,50 = 1617,72 \text{ kN/m}$
 $13 \cdot 82,96$



9.2 Posouzení z hlediska MSÚ

Únosnost v tahu

$$N_{pl,Rd} = A_a \cdot f_{yd} = 16130 \cdot 235 \cdot 10^{-3} = 3790,55 \text{ kN} \geq N_{Ed} = 2193,44 \text{ kN}$$

Navržený nosník HEB 320 **VYHOVUJE**

Únosnost za ohybu průřezu oslabeného ohybem

$$M_{pl,Rd} = W_{y,pl} \cdot f_{yd} = 2149 \cdot 235 \cdot 10^{-3} = 505,02 \text{ kNm}$$

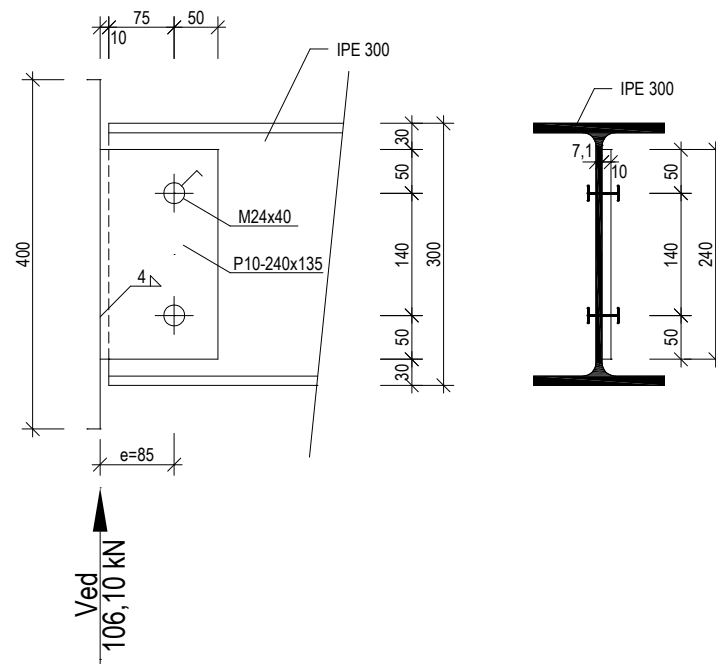
$$M_{N,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot \left[1 - \left(\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} \right)^2 \right] = 505,02 \cdot \left[1 - \left(\frac{2181,18}{3790,55} \right)^2 \right] = 337,80 \text{ kNm}$$

$$M_{N,Rd} = 337,80 \text{ kNm} \geq M_{Ed} = 281,92 \text{ kNm}$$

Navržený nosník HEB 320 **VYHOVUJE**

Navržen nosník **HEB 320 / S235**.

10 Spoj K1



10.1 Šroubový spoj

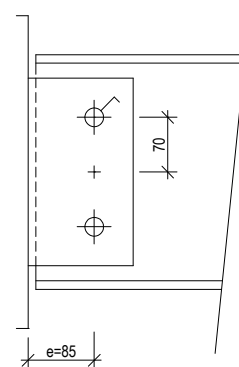
Počet šroubů	2
Typ spoje	jednostřížný
Materiál šroubu	8.8
Průměr šroubu	M 24
Průměr otvoru	26 mm

Síla v jednom šroubu

$$M = V_{Ed} \cdot e = 106,10 \cdot 0,085 = 9,02 \text{ kNm}$$

$$F_m = M \cdot \frac{r_1}{\sum r_i^2} = 9,02 \cdot \frac{0,07}{2 \cdot 0,07^2} = 64,43 \text{ kN}$$

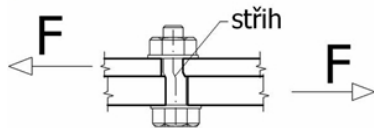
$$F_v = \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{106,10}{2} = 53,05 \text{ kN}$$



Výsledná síla v jednom šroubu

$$F_{v,Ed} = \sqrt{F_v^2 + F_m^2} = \sqrt{53,05^2 + 64,43^2} = 83,46 \text{ kN}$$

10.1.1 Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitu

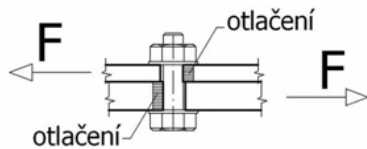


$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 353 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 135,55 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 135,55 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 83,46 \text{ kN}$$

Navržený šroub M24 - 8.8 **VYHOVUJE**

10.1.2 Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení



a) Otláčení styčnickového plechu

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \\ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{0,050}{0,026} - 1,7 = 3,68 \end{array} \right\} = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,05}{3 \cdot 0,026} = 0,64 \end{array} \right\} = 0,64$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,64 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 110,59 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 110,59 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 83,46 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

b) Otláčení stěny připojovaného nosníku

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,075}{3 \cdot 0,024} = 1,04 \end{array} \right\} = 1,0$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{1,0 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 24 \cdot 7,1 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 122,69 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 122,69 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 83,46 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

10.2 Koutový svar

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot L_w} = \frac{106,10}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,24} = 55,26 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{V_{Ed} \cdot e}{\frac{2}{6} \cdot a \cdot L_w^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{106,10 \cdot 0,085}{\frac{2}{6} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,24 \cdot \sqrt{2}} = 19,93 \text{ MPa}$$

Výsledné namáhání

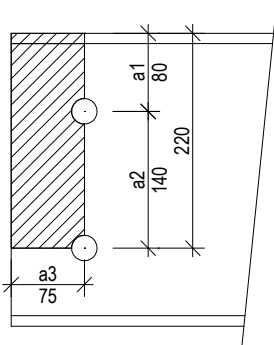
$$\sqrt{\sigma_{\perp} + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{19,93 + 3 \cdot (19,93^2 + 55,26^2)} = 101,85 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$101,85 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 19,93 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360}{1,25} = 288 \text{ MPa}$$

Navržený svar **VYHOVUJE**

10.3 Vytržení skupiny šroubů z nosníku při namáhání ve smyku



Plocha přenášející tahovou sílu

$$A_{nt} = t_{w,b} \cdot (a_3 - 0,5 \cdot d_0) = 7,1 \cdot (75 - 0,5 \cdot 26) = 440,20 \text{ mm}^2$$

Plocha přenášející smykovou sílu

$$A_{nv} = t_{w,b} \cdot (a_1 + a_2 - 1,5 \cdot d_0) = 7,1 \cdot (80 + 140 - 1,5 \cdot 26) = 1285,10 \text{ mm}^2$$

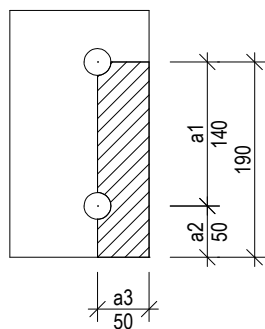
$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{u,b} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_{y,b} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot 360 \cdot 440,20 \cdot 10^{-3}}{1,25} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{235 \cdot 1285,10 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 237,75 \text{ kN}$$

$$V_{eff,Rd} = 237,75 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 106,10 \text{ kN}$$

Plocha nosníku na vytržení **VYHOVUJE**

10.4 Vytržení skupiny šroubů z plechu při namáhání ve smyku



Plocha přenášející tahovou sílu

$$A_{nt} = t_{w,b} \cdot (a_3 - 0,5 \cdot d_0) = 10 \cdot (50 - 0,5 \cdot 26) = 370,00 \text{ mm}^2$$

Plocha přenášející smykovou sílu

$$\begin{aligned} A_{nv} &= t_{w,b} \cdot (a_1 + a_2 - 1,5 \cdot d_0) = 10 \cdot (140 + 50 - 1,5 \cdot 26) \\ &= 1510,00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

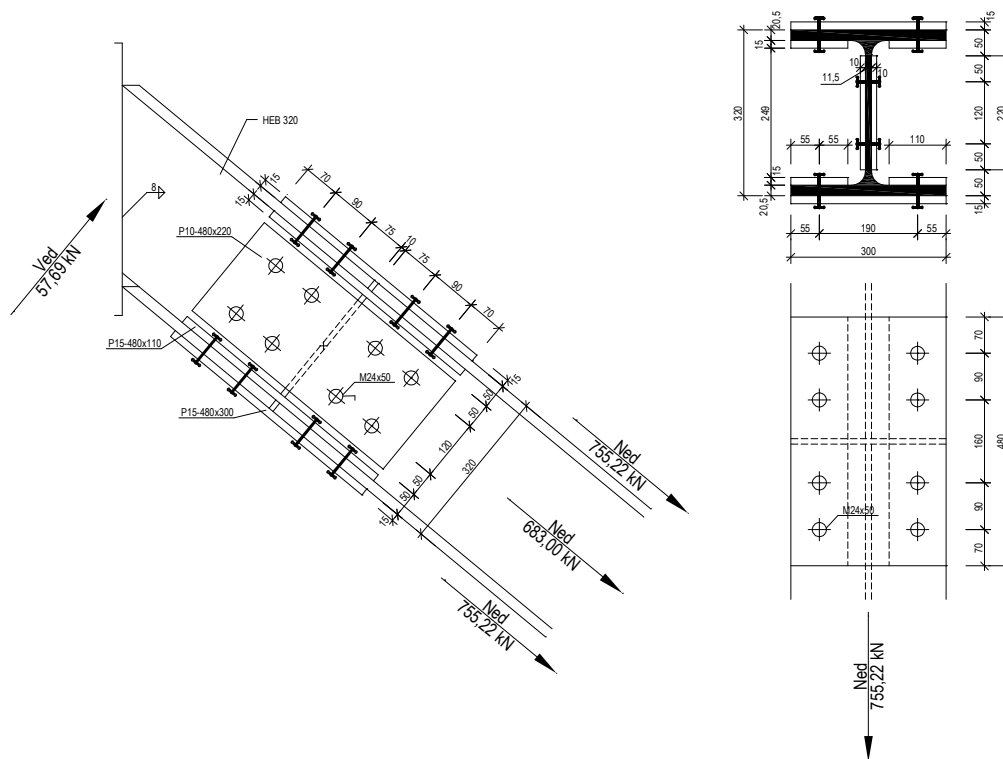
$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{u,b} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_{y,b} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot 360 \cdot 370 \cdot 10^{-3}}{1,25} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{235 \cdot 1510 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 258,15 \text{ kN}$$

$$V_{eff,Rd} = 258,15 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 106,10 \text{ kN}$$

*Plocha plechu na vytržení **VYHOVUJE***

11 Spoj K2



11.1 Šroubový spoj ve stojně

Počet šroubů	2x 4
Typ spoje	dvojtřížný
Materiál šroubu	8.8
Průměr šroubu	M 27
Průměr otvoru	30 mm

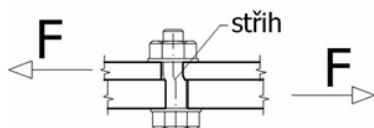
Výsledná síla působící na spoj

$$F_{v,Ed} = \sqrt{F_v^2 + F_n^2} = \sqrt{57,96^2 + 683,00^2} = 685,43 \text{ kN}$$

Síla v jednom šroubu

$$F_v = \frac{N_{Ed}}{4} = \frac{685,43}{4} = 171,36 \text{ kN}$$

11.1.1 Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitu

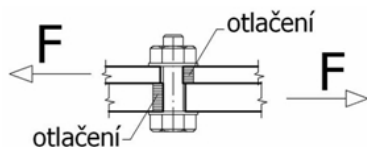


$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 459 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 352,51 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 352,51 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 171,36 \text{ kN}$$

Navržený šroub M27 - 8.8 **VYHOVUJE**

11.1.2 Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení



a) Otláčení styčnickového plechu

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \\ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{0,070}{0,030} - 1,7 = 4,83 \end{array} \right\} = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,05}{3 \cdot 0,03} = 0,56 \end{array} \right\} = 0,56$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,56 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 27 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 217,73 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 217,73 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 171,36 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

b) Otláčení stěny připojovaného nosníku

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,075}{3 \cdot 0,03} = 0,83 \end{array} \right\} = 0,83$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,83 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 27 \cdot 11,5 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 185,56 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 185,56 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 171,36 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

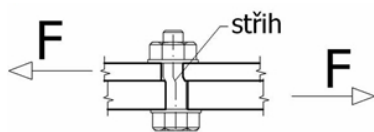
11.2 Šroubový spoj v pásnici

Počet šroubů	2x 4
Typ spoje	dvojstřížný
Materiál šroubu	8.8
Průměr šroubu	M 27
Průměr otvoru	30 mm

Síla v jednom šroubu

$$F_{v,Ed} = \frac{N_{Ed}}{4} = \frac{755,22}{4} = 188,81 \text{ kN}$$

11.2.1 Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitu

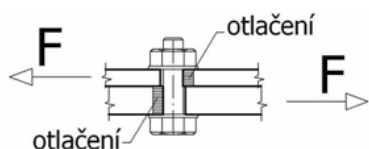


$$F_{v,Rd} = n \cdot \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = 2 \cdot \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 459 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 352,51 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 352,51 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 188,81 \text{ kN}$$

Navržený šroub M27 - 8.8 **VYHOVUJE**

11.2.2 Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení



a) Otláčení styčnickového plechu

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \\ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{0,055}{0,030} - 1,7 = 3,43 \end{array} \right\} = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,07}{3 \cdot 0,03} = 0,78 \end{array} \right\} = 0,78$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,78 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 27 \cdot 2 \cdot 15 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 454,90 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 454,90 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 188,81 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

b) Otláčení stěny připojovaného nosníku

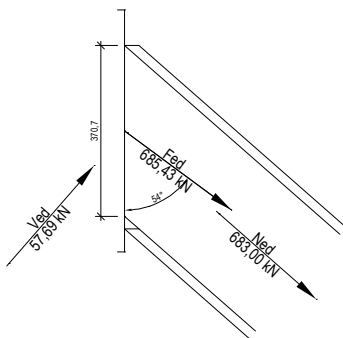
$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,075}{3 \cdot 0,03} = 0,83 \end{array} \right\} = 0,83$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,83 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 27 \cdot 20,5 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 330,77 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 330,77 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 188,81 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

11.3 Koutový svar



Síla působící na svar

$$F_{v,Ed} = \sqrt{N_{Ed}^2 + V_{Ed}^2} = \sqrt{683,00^2 + 57,69^2} = 685,43 \text{ kN}$$

Maximální síla ve svaru

$$F_{v,Rd} = \frac{f_u}{\beta_u \cdot \gamma_{M2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{4 \cdot \left(\frac{\sin \alpha \cdot \cos 45}{a \cdot L_w}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\cos \alpha}{a \cdot L_w}\right)^2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} \cdot \frac{1}{\sqrt{4 \cdot \left(\frac{\sin 54 \cdot \cos 45}{8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3707}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\cos 54}{8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3707}\right)^2}} = 697,11 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 697,11 \text{ kN} > F_{v,Ed} = 685,43 \text{ kN}$$

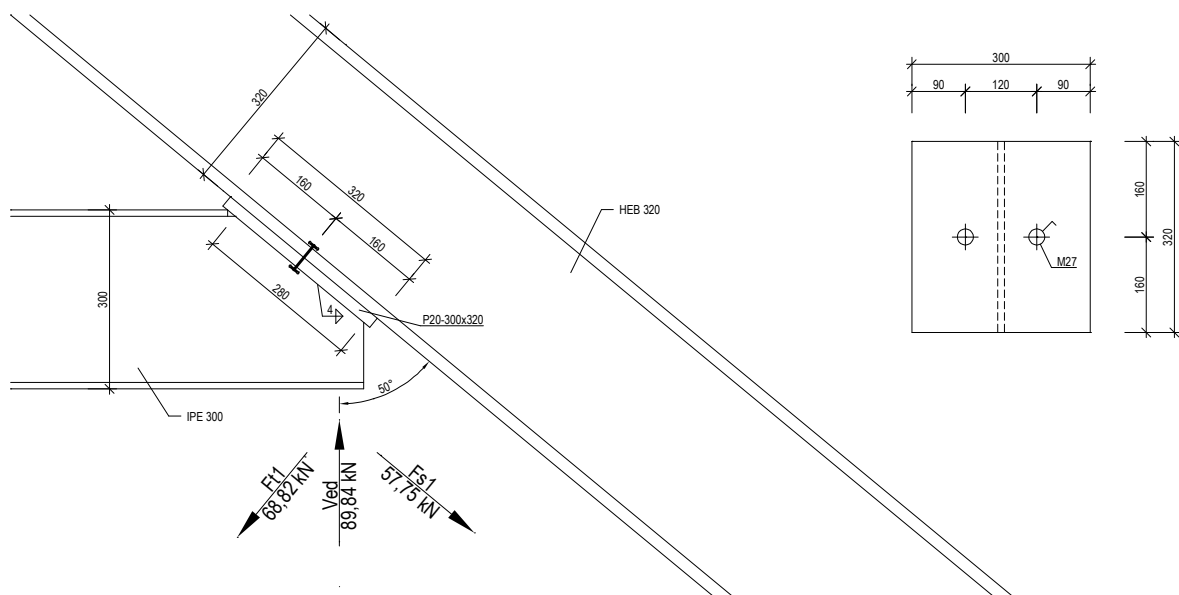
Navržený svar **VYHOVUJE**

$$F_{v,Rd} = \frac{f_u \cdot a \cdot L_w}{\gamma_{M2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos 45} = \frac{360 \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 0,3707}{1,25 \cdot \sin 54 \cdot \cos 45} = 1493 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 1493 \text{ kN} > F_{v,Ed} = 685,43 \text{ kN}$$

Navržený svar **VYHOVUJE**

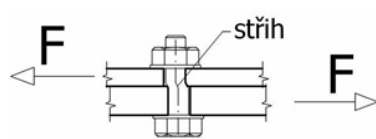
12 Spoj K3



12.1 Šroubový spoj

Počet šroubů	2
Typ spoje	jednostřížný
Materiál šroubu	8.8
Průměr šroubu	M 27
Průměr otvoru	30 mm

12.1.1 Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitu



Síla v jednom šroubu

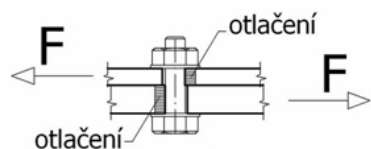
$$F_{v,Ed} = \frac{F_{s1}}{2} = \frac{57,75}{2} = 28,88 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 459 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 176,26 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 176,26 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 28,88 \text{ kN}$$

Navržený šroub M27 - 8.8 **VYHOVUJE**

12.1.2 Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení



a) Otláčení styčnickového plechu

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \\ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{0,090}{0,030} - 1,7 = 6,7 \end{array} \right\} = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,16}{3 \cdot 0,03} = 1,78 \end{array} \right\} = 1,0$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{1,0 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 27 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 388,80 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 388,80 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 28,88 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

b) Otláčení stěny připojovaného nosníku

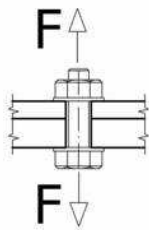
$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,09}{3 \cdot 0,03} = 1,0 \end{array} \right\} = 1,0$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{1,0 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 27 \cdot 20,5 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 398,52 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 398,52 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 28,88 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

12.1.3 Návrhová únosnost jednoho šroubu v tahu



Síla v jednom šroubu

$$F_{t,vd} = \frac{F_{t1}}{2} = \frac{68,82}{2} = 34,41 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = \frac{0,9 \cdot 800 \cdot 459 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 264,38 \text{ kN}$$

$$F_{t,Rd} = 264,38 \text{ kN} \geq F_{t,Ed} = 34,41 \text{ kN}$$

Navržený šroub M27 - 8.8 **VYHOVUJE**

12.1.4 Návrhová únosnost na protlačení jednoho šroubu v tahu

$$B_{p,Rd} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot \pi \cdot 44,2 \cdot 15 \cdot 360 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 359,92 \text{ kN}$$

$$B_{p,Rd} = 359,22 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 34,41 \text{ kN}$$

Navržený spoj **VYHOVUJE**

12.1.5 Únosnost při kombinaci tahu a stříhu

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4 \cdot F_{t,Rd}} \leq 1,0$$

$$\frac{28,88}{176,26} + \frac{34,41}{1,4 \cdot 264,38} = 0,26 < 1,0$$

Navržený spoj **VYHOVUJE**

12.2 Koutový svar

Maximální síla ve svaru

$$F_{v,Rd} = \frac{f_u}{\beta_u \cdot \gamma_{M2}} \cdot \frac{1}{\sqrt{4 \cdot \left(\frac{\sin \alpha \cdot \cos 45}{a \cdot L_w}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\cos \alpha}{a \cdot L_w}\right)^2}}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} \cdot \frac{1}{\sqrt{4 \cdot \left(\frac{\sin 50 \cdot \cos 45}{4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,280}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{\cos 50}{4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,280}\right)^2}} = 259,55 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 259,55 \text{ kN} > F_{Ed} = 89,84 \text{ kN}$$

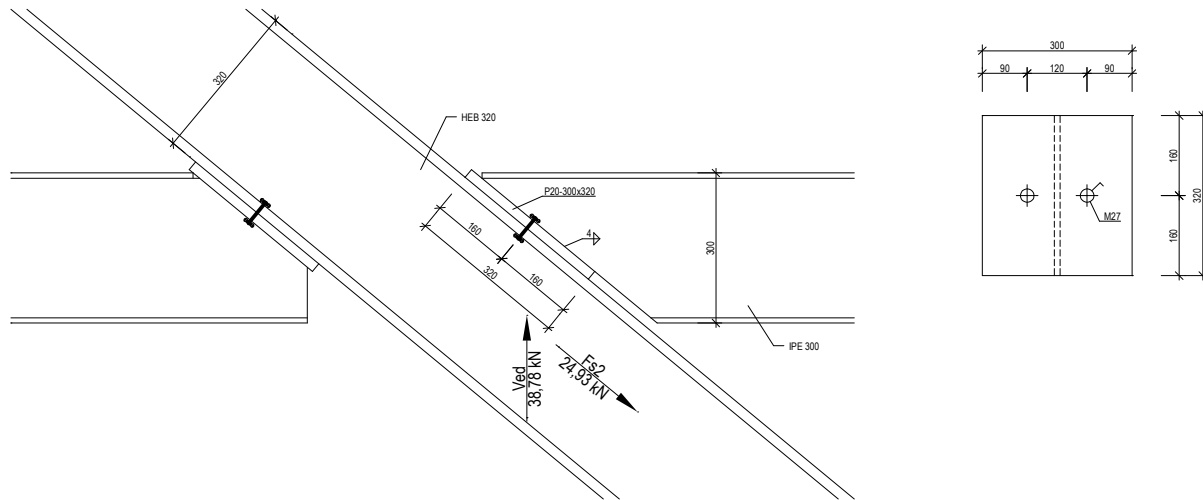
Navržený svar **VYHOVUJE**

$$F_{v,Rd} = \frac{f_u \cdot a \cdot L_w}{\gamma_{M2} \cdot \sin \alpha \cdot \cos 45} = \frac{360 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,280}{1,25 \cdot \sin 50 \cdot \cos 45} = 595,49 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 595,49 \text{ kN} > F_{v,Ed} = 89,84 \text{ kN}$$

Navržený svar **VYHOVUJE**

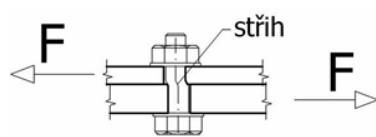
13 Spoj K4



13.1 Šroubový spoj

Počet šroubů	2
Typ spoje	jednostřížný
Materiál šroubu	8.8
Průměr šroubu	M 27
Průměr otvoru	30 mm

13.1.1 Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitě



Síla v jednom šroubu

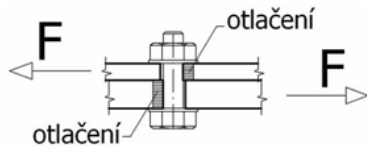
$$F_{v,Ed} = \frac{F_{s1}}{2} = \frac{24,93}{2} = 12,47 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 459 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 176,26 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 176,26 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 12,47 \text{ kN}$$

Navržený šroub M27 - 8.8 **VYHOVUJE**

13.1.2 Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení



a) Otláčení styčnickového plechu

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \\ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{0,090}{0,030} - 1,7 = 6,7 \end{array} \right\} = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,16}{3 \cdot 0,03} = 1,78 \end{array} \right\} = 1,0$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{1,0 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 27 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 194,40 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 288,80 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 12,47 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

b) Otláčení stěny připojovaného nosníku

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,09}{3 \cdot 0,03} = 1,0 \end{array} \right\} = 1,0$$

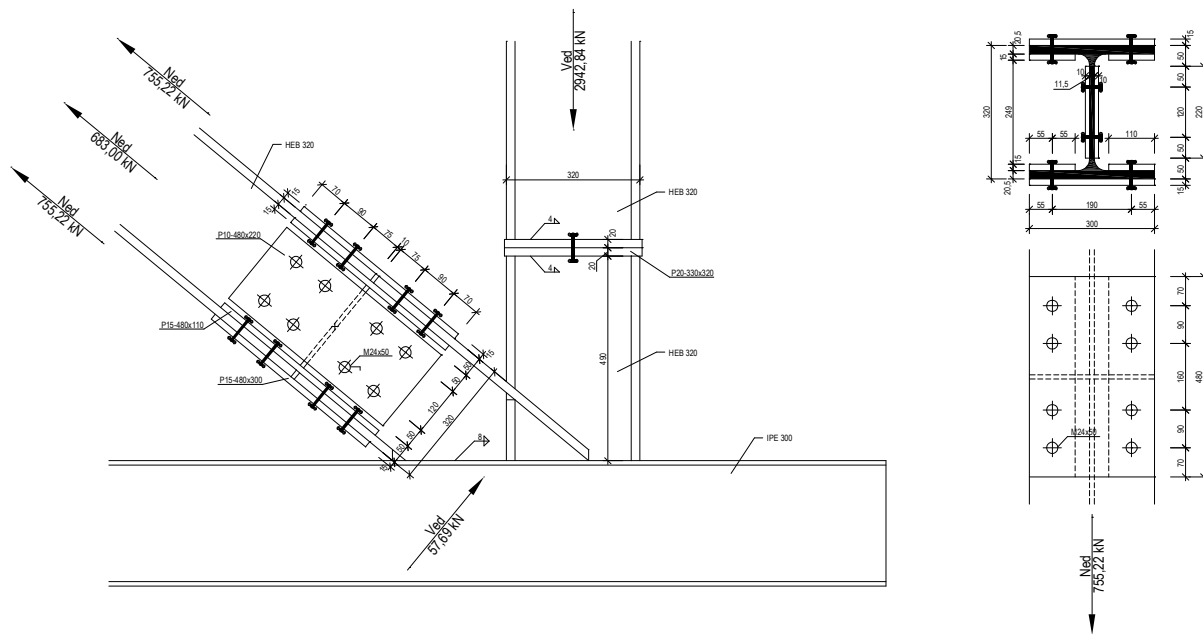
$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{1,0 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 27 \cdot 20,5 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 398,52 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 398,52 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 12,47 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

Svar není třeba posuzovat, daný spoj je namáhaný tlakem. Navržen svar $a = 4 \text{ mm}$.

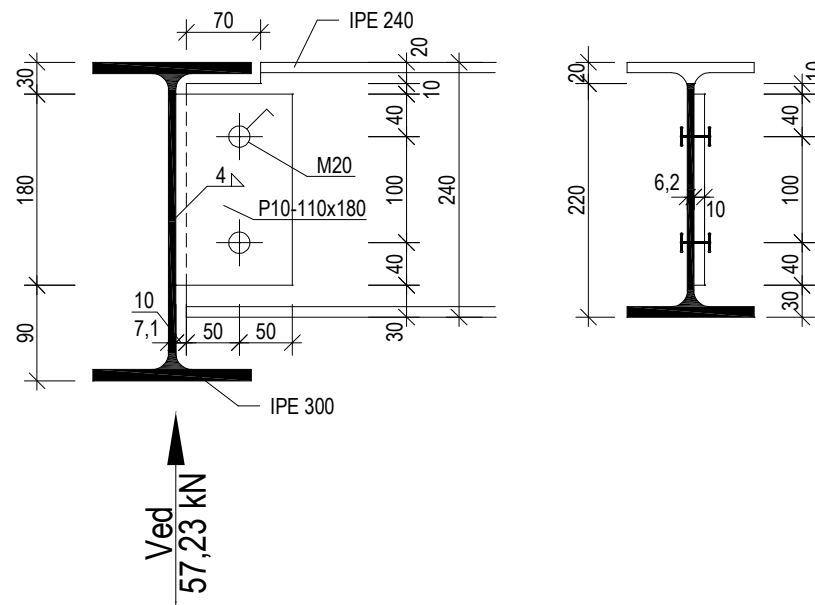
14 Spoj K5



Na spoj K5 působí stejné zatížení jako na spoj K2, není proto nutné provádět posouzení návrhu. Bude použit totožný spoj jako v případě K2.

Připojení svislého sloupu rovněž není nutné posuzovat, protože se jedná o tlakově namáhaný prvek. Navrženy pouze spojovací prvky - šroub M24 a svar $a = 4 \text{ mm}$.

15 Spoj K6



15.1 Šroubový spoj

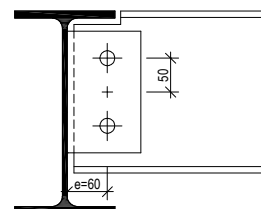
Počet šroubů	2
Typ spoje	jednostřížný
Materiál šroubu	8.8
Průměr šroubu	M 20
Průměr otvoru	22 mm

Síla v jednom šroubu

$$M = V_{Ed} \cdot e = 57,23 \cdot 0,06 = 3,43 \text{ kNm}$$

$$F_m = M \cdot \frac{r_1}{\sum r_i^2} = 3,43 \cdot \frac{0,05}{2 \cdot 0,05^2} = 34,30 \text{ kN}$$

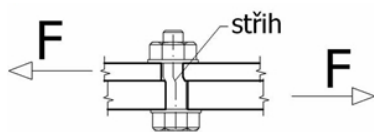
$$F_v = \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{57,23}{2} = 28,62 \text{ kN}$$



Výsledná síla v jednom šroubu

$$F_{v,Ed} = \sqrt{F_v^2 + F_m^2} = \sqrt{28,62^2 + 34,30^2} = 44,67 \text{ kN}$$

15.1.1 Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitu

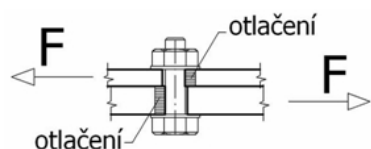


$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 245 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 94,08 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 94,08 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 44,67 \text{ kN}$$

Navržený šroub M20 - 8.8 **VYHOVUJE**

15.1.2 Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení



a) Otláčení styčnickového plechu

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \\ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{0,050}{0,022} - 1,7 = 4,66 \end{array} \right\} = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,040}{3 \cdot 0,022} = 0,61 \end{array} \right\} = 0,61$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,61 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 22 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 96,62 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 96,62 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 44,67 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

b) Otláčení stěny připojovaného nosníku

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,050}{3 \cdot 0,022} = 0,76 \end{array} \right\} = 0,76$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,76 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 22 \cdot 6,2 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 74,64 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 74,64 \text{ kN} \quad \geq \quad F_{v,Ed} = 44,67 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

15.2 Koutový svar

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot L_w} = \frac{57,23}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,18} = 39,73 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{V_{Ed} \cdot e}{\frac{2}{6} \cdot a \cdot L_w^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{57,23 \cdot 0,060}{\frac{2}{6} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,18 \cdot \sqrt{2}} = 10,12 \text{ MPa}$$

Výsledné namáhání

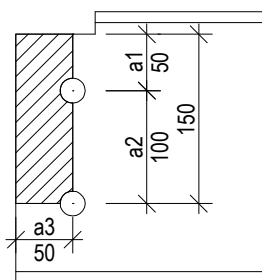
$$\sqrt{\sigma_{\perp} + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{10,12 + 3 \cdot (10,12^2 + 39,73^2)} = 71,08 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$71,08 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 10,12 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360}{1,25} = 288 \text{ MPa}$$

Navržený svar **VYHOVUJE**

15.3 Vytržení skupiny šroubů z nosníku při namáhání ve smyku



Plocha přenášející tahovou sílu

$$A_{nt} = t_{w,b} \cdot (a_3 - 0,5 \cdot d_0) = 6,2 \cdot (50 - 0,5 \cdot 22) = 541,80 \text{ mm}^2$$

Plocha přenášející smykovou sílu

$$\begin{aligned} A_{nv} &= t_{w,b} \cdot (a_1 + a_2 - 1,5 \cdot d_0) = 6,2 \cdot (50 + 100 - 1,5 \cdot 22) \\ &= 725,40 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

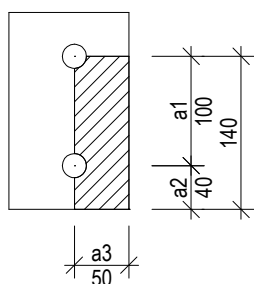
$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{u,b} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_{y,b} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot 360 \cdot 541,80 \cdot 10^{-3}}{1,25} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{235 \cdot 725,40 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 176,44 \text{ kN}$$

$$V_{eff,Rd} = 176,44 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 57,23 \text{ kN}$$

*Plocha nosníku na vytržení **VYHOVUJE***

15.4 Vytržení skupiny šroubů z plechu při namáhání ve smyku



Plocha přenášející tahovou sílu

$$A_{nt} = t_{w,b} \cdot (a_3 - 0,5 \cdot d_0) = 10 \cdot (50 - 0,5 \cdot 22) = 390,00 \text{ mm}^2$$

Plocha přenášející smykovou sílu

$$\begin{aligned} A_{nv} &= t_{w,b} \cdot (a_1 + a_2 - 1,5 \cdot d_0) = 10 \cdot (100 + 40 - 1,5 \cdot 22) \\ &= 1070,00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

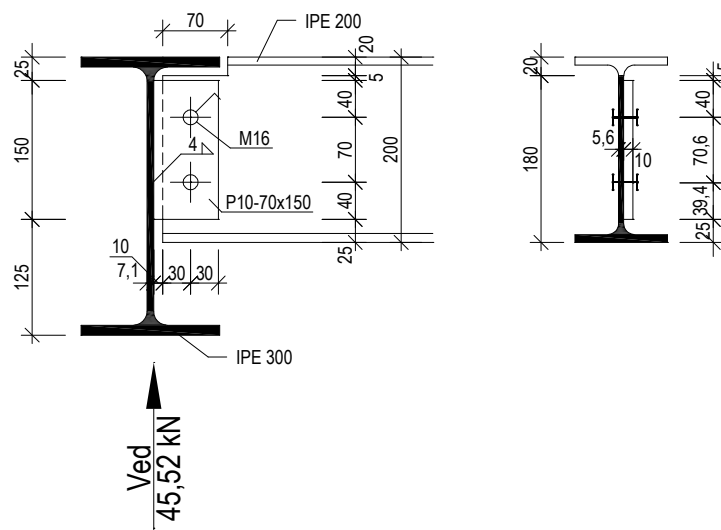
$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{u,b} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_{y,b} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot 360 \cdot 390 \cdot 10^{-3}}{1,25} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{235 \cdot 1070 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 201,34 \text{ kN}$$

$$V_{eff,Rd} = 201,34 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 57,23 \text{ kN}$$

Plocha plechu na vytržení VYHOVUJE

16 Spoj K6



16.1 Šroubový spoj

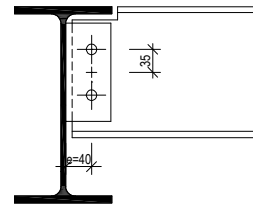
Počet šroubů	2
Typ spoje	jednostřížný
Materiál šroubu	8.8
Průměr šroubu	M 16
Průměr otvoru	18 mm

Síla v jednom šroubu

$$M = V_{Ed} \cdot e = 45,52 \cdot 0,04 = 1,82 \text{ kNm}$$

$$F_m = M \cdot \frac{r_1}{\sum r_i^2} = 1,82 \cdot \frac{0,035}{2 \cdot 0,035^2} = 26,00 \text{ kN}$$

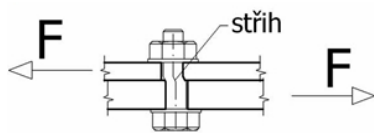
$$F_v = \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{45,52}{2} = 22,76 \text{ kN}$$



Výsledná síla v jednom šroubu

$$F_{v,Ed} = \sqrt{F_v^2 + F_m^2} = \sqrt{22,76^2 + 26,00^2} = 34,56 \text{ kN}$$

16.1.1 Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitu

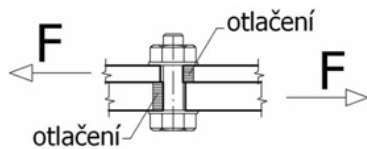


$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 157 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 60,29 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 60,29 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 34,56 \text{ kN}$$

Navržený šroub M16 - 8.8 **VYHOVUJE**

16.1.2 Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení



a) Otláčení styčnickového plechu

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \\ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{0,030}{0,018} - 1,7 = 2,97 \end{array} \right\} = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,040}{3 \cdot 0,018} = 0,74 \end{array} \right\} = 0,74$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,74 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 18 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 95,90 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 95,90 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 34,56 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

b) Otláčení stěny připojovaného nosníku

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,045}{3 \cdot 0,018} = 0,83 \end{array} \right\} = 0,83$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,83 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 22 \cdot 5,6 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 73,62 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 73,62 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 34,56 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

16.2 Koutový svar

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot L_w} = \frac{45,52}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,15} = 37,93 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{V_{Ed} \cdot e}{\frac{2}{6} \cdot a \cdot L_w^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{45,52 \cdot 0,040}{\frac{2}{6} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,15 \cdot \sqrt{2}} = 6,44 \text{ MPa}$$

Výsledné namáhání

$$\sqrt{\sigma_{\perp} + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{6,44 + 3 \cdot (6,44^2 + 37,93^2)} = 66,66 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

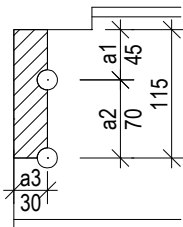
$$66,66 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 6,44 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360}{1,25} = 288 \text{ MPa}$$

Navržený svar **VYHOVUJE**

16.3 Vytržení skupiny šroubů z nosníku při namáhání ve smyku

Plocha přenášející tahovou sílu



$$A_{nt} = t_{w,b} \cdot (a_3 - 0,5 \cdot d_0) = 5,6 \cdot (30 - 0,5 \cdot 18) = 117,60 \text{ mm}^2$$

Plocha přenášející smykovou sílu

$$\begin{aligned} A_{nv} &= t_{w,b} \cdot (a_1 + a_2 - 1,5 \cdot d_0) = 5,6 \cdot (45 + 70 - 1,5 \cdot 18) \\ &= 492,80 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

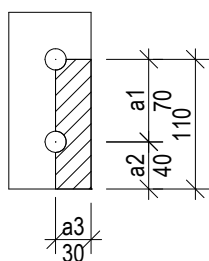
$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{u,b} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_{y,b} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot 360 \cdot 117,60 \cdot 10^{-3}}{1,25} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{235 \cdot 492,80 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 83,80 \text{ kN}$$

$$V_{eff,Rd} = 83,80 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 45,52 \text{ kN}$$

Plocha nosníku na vytržení VYHOVUJE

16.4 Vytržení skupiny šroubů z plechu při namáhání ve smyku



Plocha přenášející tahovou sílu

$$A_{nt} = t_{w,b} \cdot (a_3 - 0,5 \cdot d_0) = 10 \cdot (30 - 0,5 \cdot 18) = 210,00 \text{ mm}^2$$

Plocha přenášející smykovou sílu

$$A_{nv} = t_{w,b} \cdot (a_1 + a_2 - 1,5 \cdot d_0) = 10 \cdot (70 + 40 - 1,5 \cdot 18) = 830,00 \text{ mm}^2$$

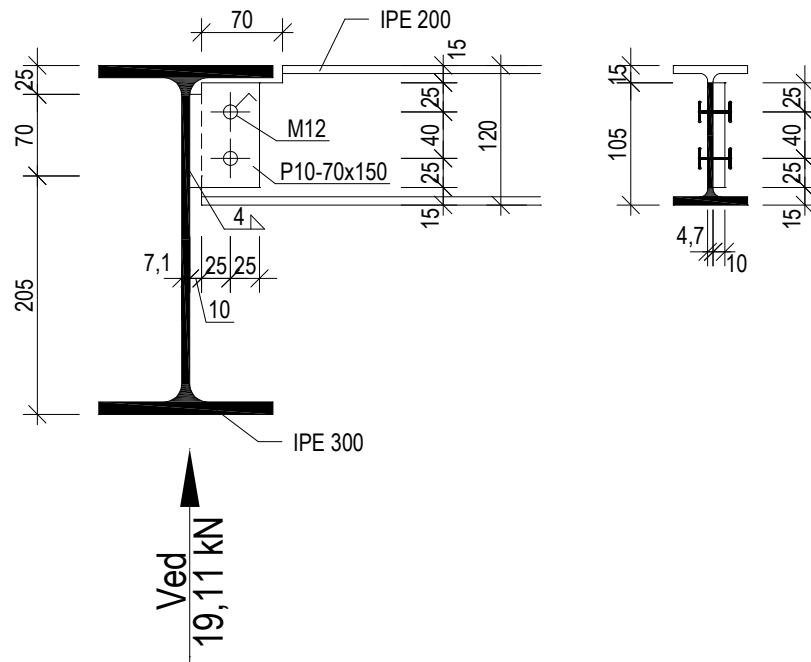
$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{u,b} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_{y,b} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot 360 \cdot 210 \cdot 10^{-3}}{1,25} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{235 \cdot 830 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 142,85 \text{ kN}$$

$$V_{eff,Rd} = 142,85 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 45,52 \text{ kN}$$

Plocha plechu na vytržení VYHOVUJE

17 Spoj K8



17.1 Šroubový spoj

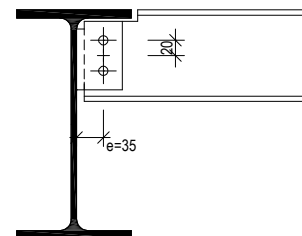
Počet šroubů	2
Typ spoje	jednostřížný
Materiál šroubu	8.8
Průměr šroubu	M 16
Průměr otvoru	18 mm

Síla v jednom šroubu

$$M = V_{Ed} \cdot e = 19,11 \cdot 0,035 = 0,67 \text{ kNm}$$

$$F_m = M \cdot \frac{r_1}{\sum r_i^2} = 0,67 \cdot \frac{0,020}{2 \cdot 0,020^2} = 16,75 \text{ kN}$$

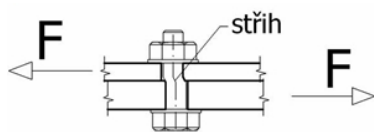
$$F_v = \frac{V_{Ed}}{2} = \frac{19,11}{2} = 9,56 \text{ kN}$$



Výsledná síla v jednom šroubu

$$F_{v,Ed} = \sqrt{F_v^2 + F_m^2} = \sqrt{9,56^2 + 16,75^2} = 19,29 \text{ kN}$$

17.1.1 Návrhová únosnost jednoho šroubu ve stříhu v závitu

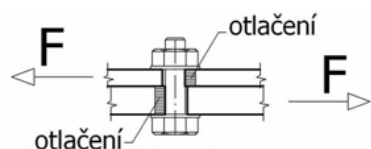


$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A}{\gamma_{M2}} = \frac{0,6 \cdot 800 \cdot 84,3 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 32,37 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 32,37 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 19,29 \text{ kN}$$

Navržený šroub M12 - 8.8 **VYHOVUJE**

17.1.2 Návrhová únosnost jednoho šroubu v otláčení



a) Otláčení styčnickového plechu

$$k_1 = \min \left\{ \begin{array}{l} 2,5 \\ 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7 = 2,8 \cdot \frac{0,025}{0,013} - 1,7 = 3,69 \end{array} \right\} = 2,5$$

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,025}{3 \cdot 0,013} = 0,64 \end{array} \right\} = 0,64$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,64 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 10 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 55,30 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 55,30 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 19,29 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

b) Otláčení stěny připojovaného nosníku

$$\alpha_b = \min \left\{ \begin{array}{l} 1,0 \\ \frac{f_{ub}}{f_u} = \frac{800}{360} = 2,22 \\ \frac{e_1}{3d_0} = \frac{0,025}{3 \cdot 0,013} = 0,64 \end{array} \right\} = 0,64$$

$$F_{b,Rd} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}} = \frac{0,83 \cdot 2,5 \cdot 360 \cdot 12 \cdot 4,7 \cdot 10^{-3}}{1,25} = 33,71 \text{ kN}$$

$$F_{b,Rd} = 33,71 \text{ kN} \geq F_{v,Ed} = 19,29 \text{ kN}$$

Navržený šroubový spoj **VYHOVUJE**

17.2 Koutový svar

$$\tau_{\parallel} = \frac{V_{Ed}}{2 \cdot a \cdot L_w} = \frac{19,11}{2 \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,08} = 29,86 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\perp} = \sigma_{\perp} = \frac{\sigma_w}{\sqrt{2}} = \frac{V_{Ed} \cdot e}{\frac{2}{6} \cdot a \cdot L_w^2 \cdot \sqrt{2}} = \frac{19,11 \cdot 0,035}{\frac{2}{6} \cdot 4 \cdot 10^{-3} \cdot 0,08 \cdot \sqrt{2}} = 4,43 \text{ MPa}$$

Výsledné namáhání

$$\sqrt{\sigma_{\perp} + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} = \sqrt{4,43 + 3 \cdot (4,43^2 + 29,86^2)} = 52,33 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

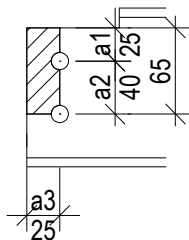
$$52,33 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360}{0,8 \cdot 1,25} = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\perp} = 4,43 \text{ MPa} < \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = \frac{360}{1,25} = 288 \text{ MPa}$$

Navržený svar **VYHOVUJE**

17.3 Vytržení skupiny šroubů z nosníku při namáhání ve smyku

Plocha přenášející tahovou sílu



$$A_{nt} = t_{w,b} \cdot (a_3 - 0,5 \cdot d_0) = 4,7 \cdot (25 - 0,5 \cdot 13) = 86,95 \text{ mm}^2$$

Plocha přenášející smykovou sílu

$$\begin{aligned} A_{nv} &= t_{w,b} \cdot (a_1 + a_2 - 1,5 \cdot d_0) = 4,7 \cdot (25 + 40 - 1,5 \cdot 13) \\ &= 213,85 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{u,b} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_{y,b} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

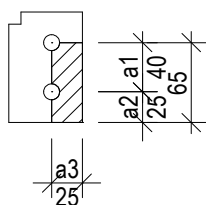
$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot 360 \cdot 86,95 \cdot 10^{-3}}{1,25} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{235 \cdot 213,85 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 41,54 \text{ kN}$$

$$V_{eff,Rd} = 41,54 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 19,11 \text{ kN}$$

Plocha nosníku na vytržení **VYHOVUJE**

17.4 Vytržení skupiny šroubů z plechu při namáhání ve smyku

Plocha přenášející tahovou sílu



$$A_{nt} = t_{w,b} \cdot (a_3 - 0,5 \cdot d_0) = 10 \cdot (25 - 0,5 \cdot 13) = 185,00 \text{ mm}^2$$

Plocha přenášející smykovou sílu

$$\begin{aligned} A_{nv} &= t_{w,b} \cdot (a_1 + a_2 - 1,5 \cdot d_0) = 10 \cdot (40 + 25 - 1,5 \cdot 13) \\ &= 455,00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot f_{u,b} \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{f_{y,b} \cdot A_{nv}}{\gamma_{M0}}$$

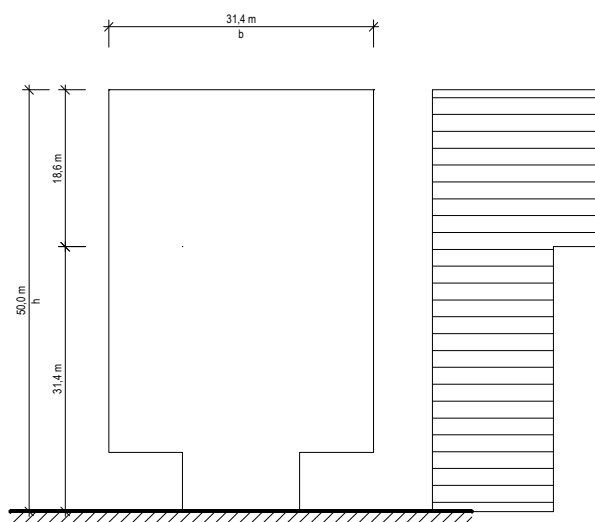
$$V_{eff,Rd} = \frac{0,5 \cdot 360 \cdot 185 \cdot 10^{-3}}{1,25} + \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{235 \cdot 455 \cdot 10^{-3}}{1,0} = 88,37 \text{ kN}$$

$$V_{eff,Rd} = 88,34 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 19,11 \text{ kN}$$

*Plocha plechu na vytržení **VYHOVUJE***

18 Zatížení větrem na ŽB jádro

- větrná oblast	II
- součinitel drsnosti terénu	IV
- výška objektu	50 m
- průměr objektu	31,4 m



Základní rychlost větru

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 25 = 25 \text{ m/s}$$

Základní tlak větru

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 0,391 \text{ kN/m}^2$$

Součinitel drsnosti terénu

$$k_r = 0,19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \cdot \left(\frac{1}{0,05} \right)^{0,07} = 0,234$$

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 0,234 \cdot \ln \left(\frac{50}{1} \right) = 0,915 \quad c_r(z = b) = 0,807$$

Střední rychlost větru

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_0(z) \cdot v_b = 0,915 \cdot 1,0 \cdot 25 = 22,875 \text{ m/s} \quad v_m(b) = 20,175 \text{ m/s}$$

Intenzita turbulence

$$I_v(z) = \frac{k_I}{c_0(z) \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)} = \frac{1,0}{1,0 \cdot \ln\left(\frac{50}{1}\right)} = 0,256 \quad I_v(b) = 0,290$$

Maximální charakteristický tlak

$$q_p(z) = [1 + 7 \cdot I_v(z)] \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m(z)^2 = [1 + 7 \cdot 0,256] \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 22,875^2$$

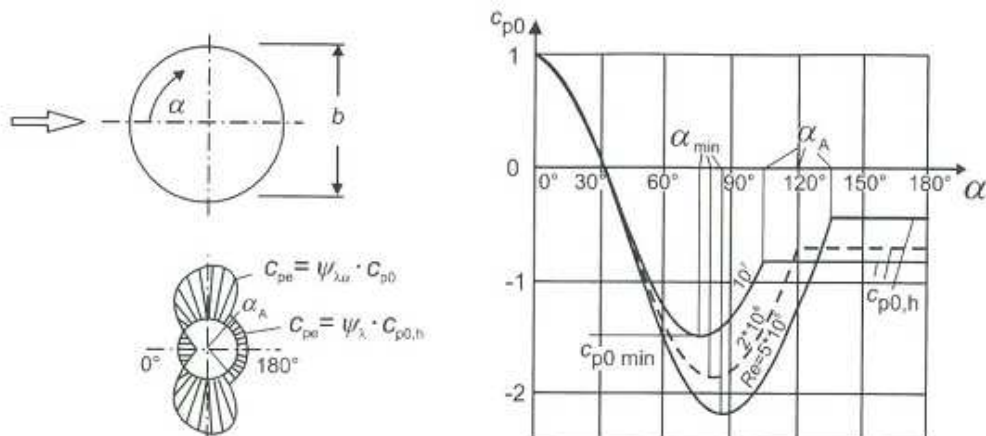
$$= 0,913 \text{ kN/m}^2$$

$$q_p(b) = 0,771 \text{ kN/m}^2$$

Reynoldsovo číslo

- kinematická viskozita vzduchu - $15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

$$Re(z) = \frac{b \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{q_p}{\rho}}}{\nu} = \frac{31,4 \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{0,913}{1,25}}}{15 \cdot 10^{-6}} = 3,58 \cdot 10^6 \quad Re(b) = 3,29 \cdot 10^6$$



Obr. 18.1 - Rozdělení tlaku pro válce pro různé rozsahy Reynoldsova čísla. Zdroj: ČSN EN 1991-1-4

Re	α_{min}	$c_{p0,min}$	α_A	$c_{p0,h}$
$5 \cdot 10^5$	85	-2,2	135	-0,4
$2 \cdot 10^6$	80	-1,9	120	-0,7
10^7	75	-1,5	105	-0,8

Kde α_{min} je místo minimálního tlaku ve [°];
 $c_{p0,min}$ hodnota součinitele minimálního tlaku;
 α_A poloha bodu oddělení proudu ve [°];
 $c_{p0,h}$ součinitel tlaku na závětrné straně válce.

Tab. 18.1 - Typické hodnoty pro rozdělení tlaku na kruhových válkách pro různé hodnoty Reynoldsova čísla.
 Zdroj: ČSN EN 1991-1-4

Součinitelé vnějšího tlaku c_{p0} , koncového efektu ψ_λ a výsledného tlaku c_{pe} v místech umístění průvlaků

$Re(z)$	α	c_{p0}	ψ_λ	c_{pe}	$Re(b)$	α	c_{p0}	ψ_λ	c_{pe}
$3,58 \cdot 10^{-6}$	0°	1	1	1	$3,29 \cdot 10^{-6}$	0°	1	1	1
	30°	0,1		0,1		30°	0,1		0,1
	60°	-1,29		-1,29		60°	-1,31		-1,31
	90°	-1,70	1,3	-2,21		90°	-1,75	1,3	-2,28
	120°	-0,75	0,7	-0,53		120°	-0,79	0,7	-0,55
	150°			-0,53		150°			-0,55
	180°			-0,53		180°			-0,55

Výsledný tlak větru na konstrukci ve výšce 31,4 - 50 m

$$w_e = q_p(z) \cdot c_{pe} = 0,913 \cdot c_{pe}$$

$$w_{0^\circ} = 0,913 \cdot 1 = 0,91 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{30^\circ} = 0,913 \cdot 0,1 = 0,09 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{60^\circ} = 0,913 \cdot (-1,29) = -1,18 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{90^\circ} = 0,913 \cdot (-2,21) = -2,02 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{120^\circ} = 0,913 \cdot (-0,53) = -0,48 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{150^\circ} = 0,913 \cdot (-0,53) = -0,48 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{180^\circ} = 0,913 \cdot (-0,53) = -0,48 \text{ kN/m}^2$$

Výsledný tlak větru na konstrukci do výšky 31,4 m

$$w_e = q_p(b) \cdot c_{pe} = 0,771 \cdot c_{pe}$$

$$w_{0^\circ} = 0,771 \cdot 1 = 0,77 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{30^\circ} = 0,771 \cdot 0,1 = 0,08 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{60^\circ} = 0,771 \cdot (-1,31) = -1,01 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{90^\circ} = 0,771 \cdot (-2,28) = -1,76 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{120^\circ} = 0,771 \cdot (-0,55) = -0,42 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{150^\circ} = 0,771 \cdot (-0,55) = -0,42 \text{ kN/m}^2$$

$$w_{180^\circ} = 0,771 \cdot (-0,55) = -0,42 \text{ kN/m}^2$$

Síly přenášené jednotlivými průvlaky na žb. jádro

- roznášecí plocha jednoho průvlaku z fasády:

$$A_f = 28,77 \text{ m}^2$$

Výška 31,4 - 50 m:

$$F_{w(0^\circ)} = 28,77 \cdot 0,91 = 26,18 \text{ kN}$$

$$F_{w(30^\circ)} = 28,77 \cdot 0,09 = 2,59 \text{ kN}$$

$$F_{w(60^\circ)} = 28,77 \cdot (-1,18) = -33,95 \text{ kN}$$

$$F_{w(90^\circ)} = 28,77 \cdot (-2,02) = -58,12 \text{ kN}$$

$$F_{w(120^\circ)} = 28,77 \cdot (-0,48) = -13,81 \text{ kN}$$

$$F_{w(150^\circ)} = 28,77 \cdot (-0,48) = -13,81 \text{ kN}$$

$$F_{w(180^\circ)} = 28,77 \cdot (-0,48) = -13,81 \text{ kN}$$

Výška do 31,4 m:

$$F_{w(0^\circ)} = 28,77 \cdot 0,77 = 22,15 \text{ kN}$$

$$F_{w(30^\circ)} = 28,77 \cdot 0,08 = 2,30 \text{ kN}$$

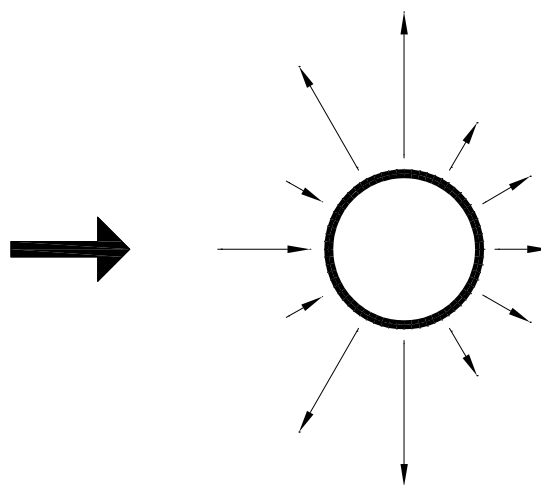
$$F_{w(60^\circ)} = 28,77 \cdot (-1,01) = -29,06 \text{ kN}$$

$$F_{w(90^\circ)} = 28,77 \cdot (-1,76) = -50,64 \text{ kN}$$

$$F_{w(120^\circ)} = 28,77 \cdot (-0,42) = -12,08 \text{ kN}$$

$$F_{w(150^\circ)} = 28,77 \cdot (-0,42) = -12,08 \text{ kN}$$

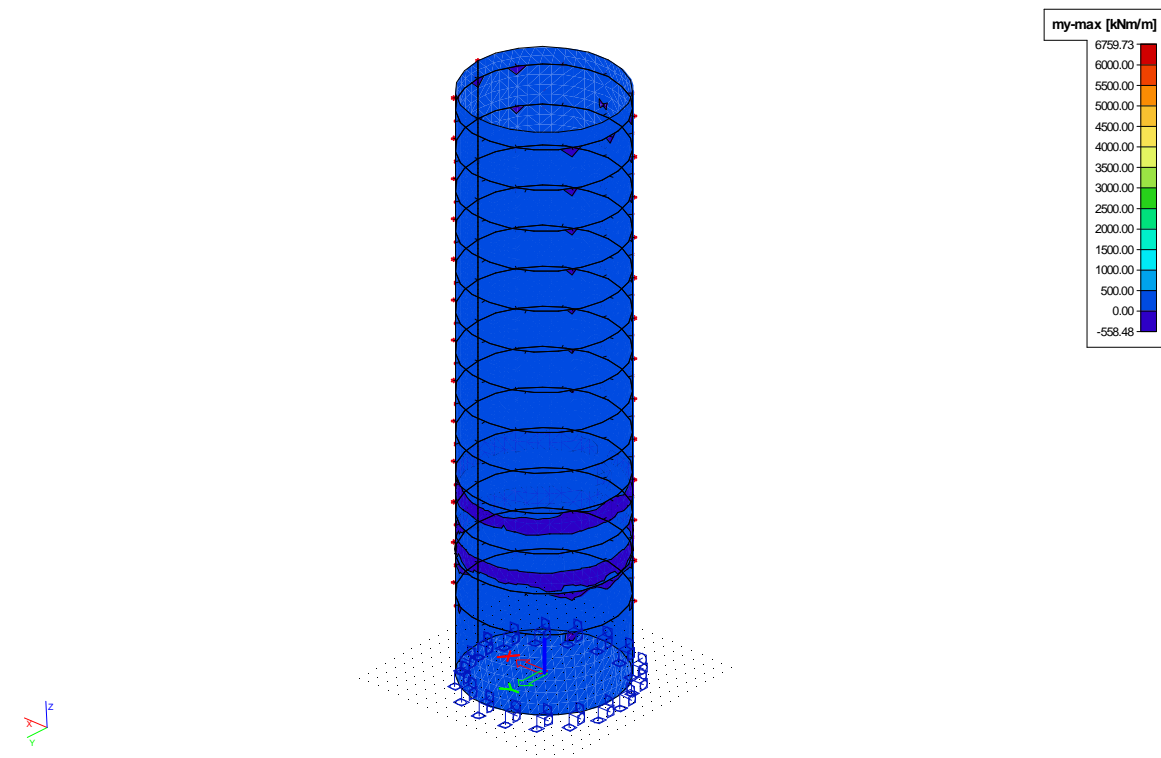
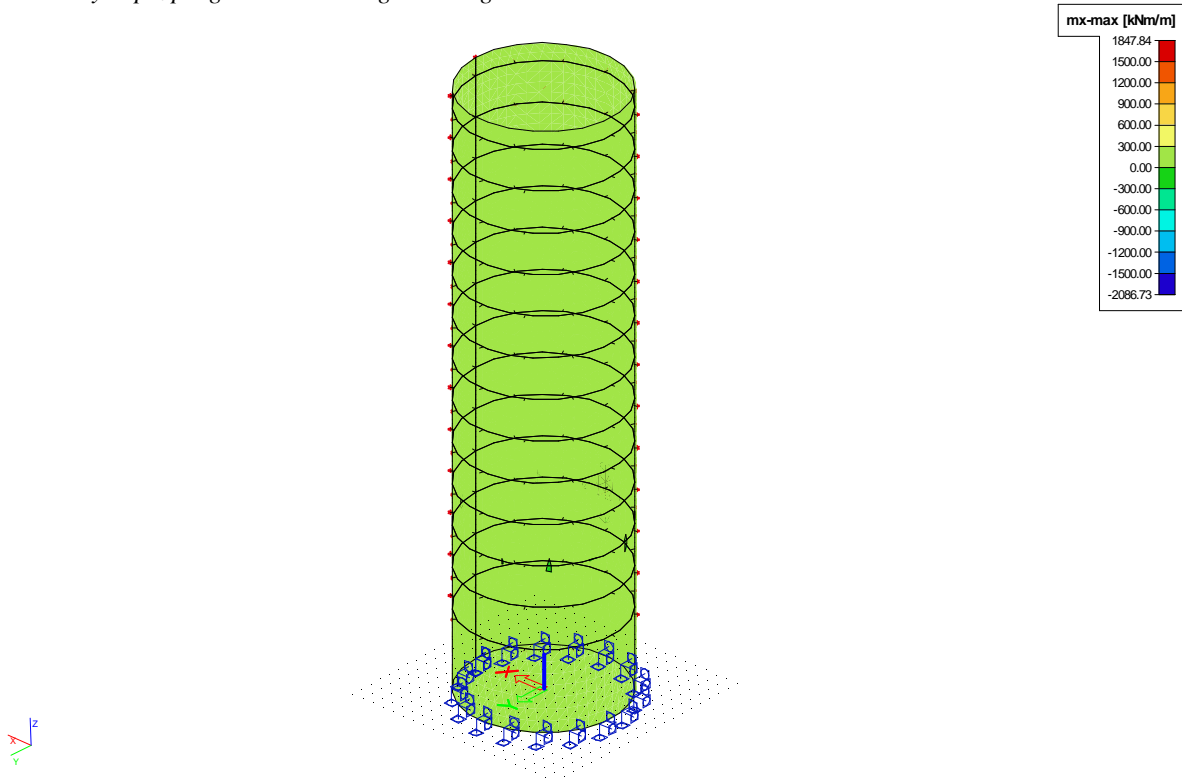
$$F_{w(180^\circ)} = 28,77 \cdot (-0,42) = -12,08 \text{ kN}$$

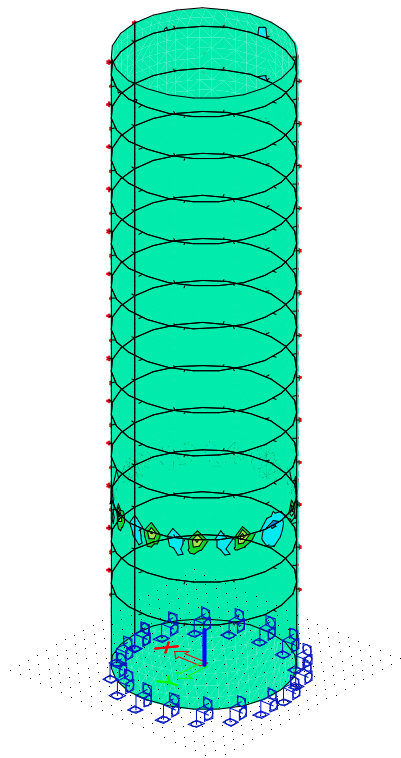
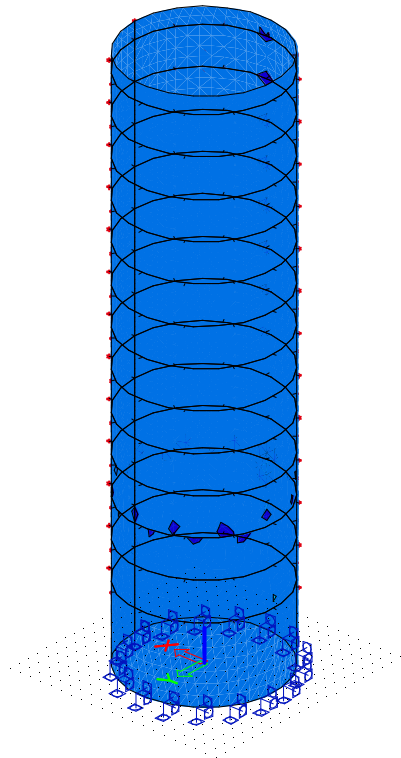


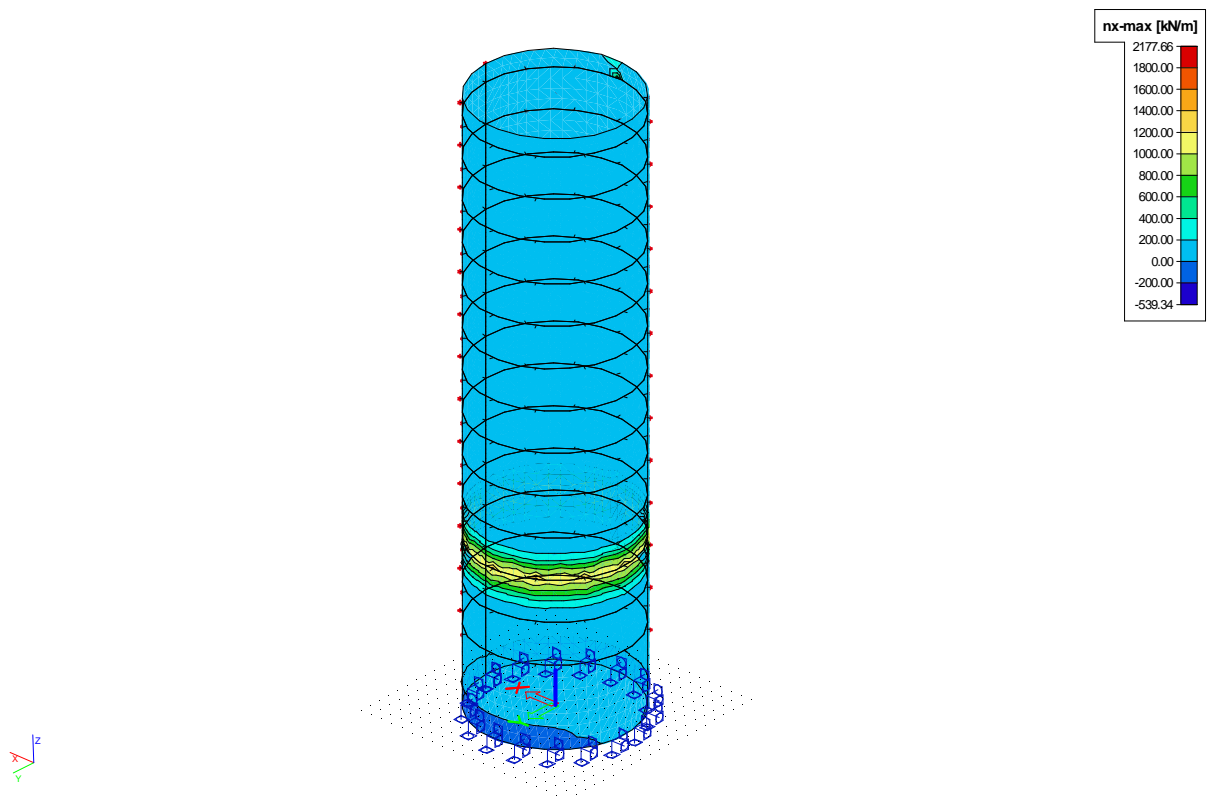
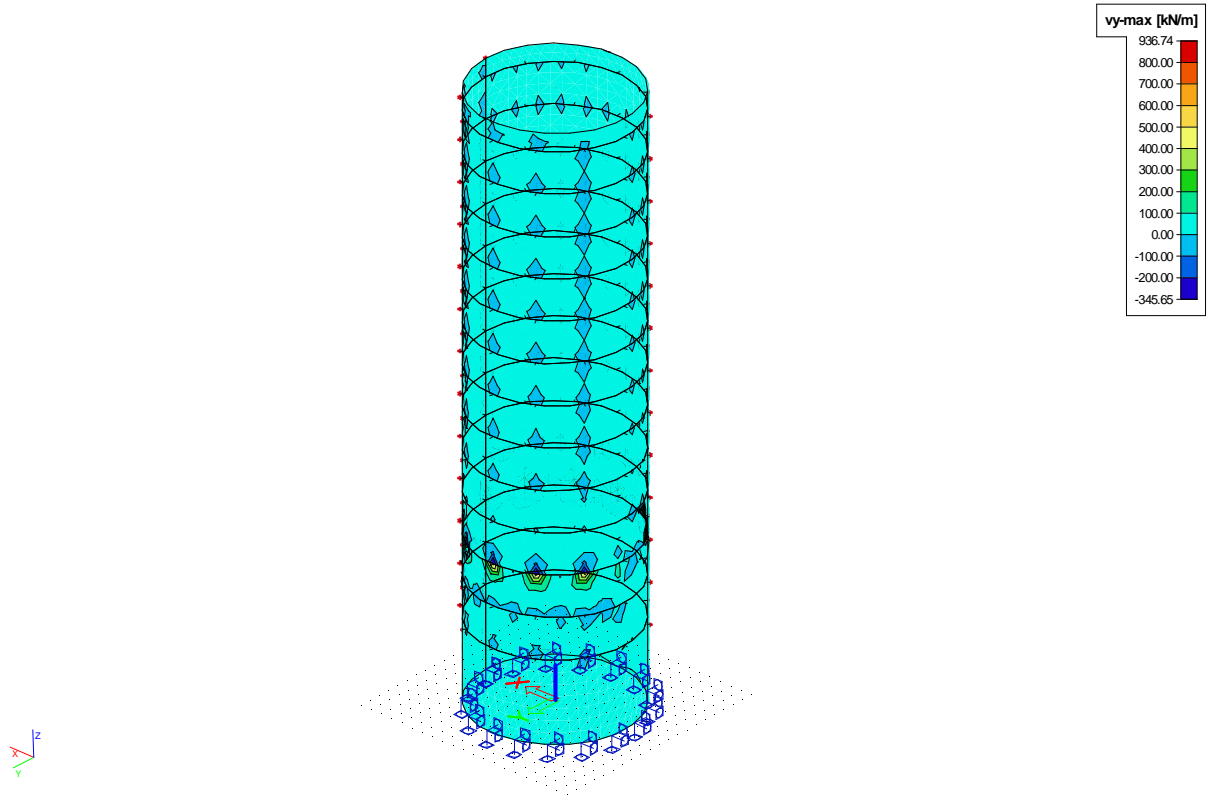
19 Návrh ŽB jádra

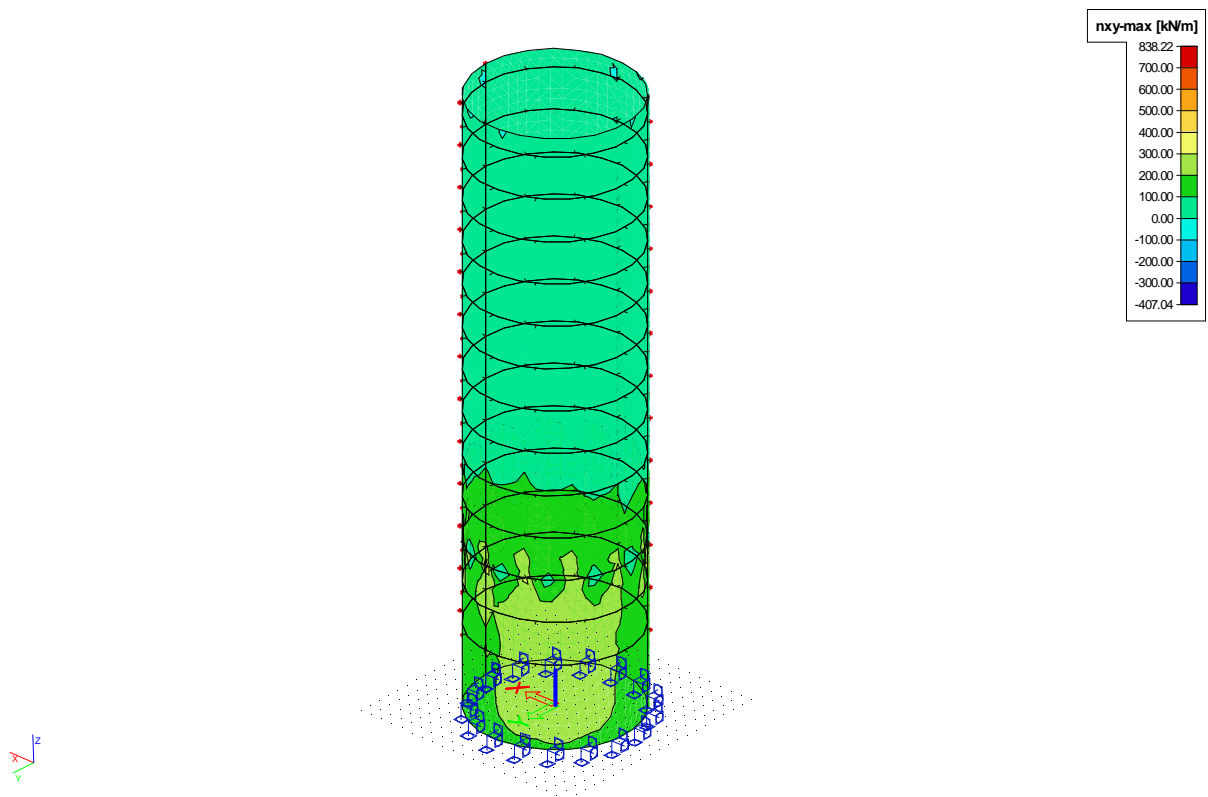
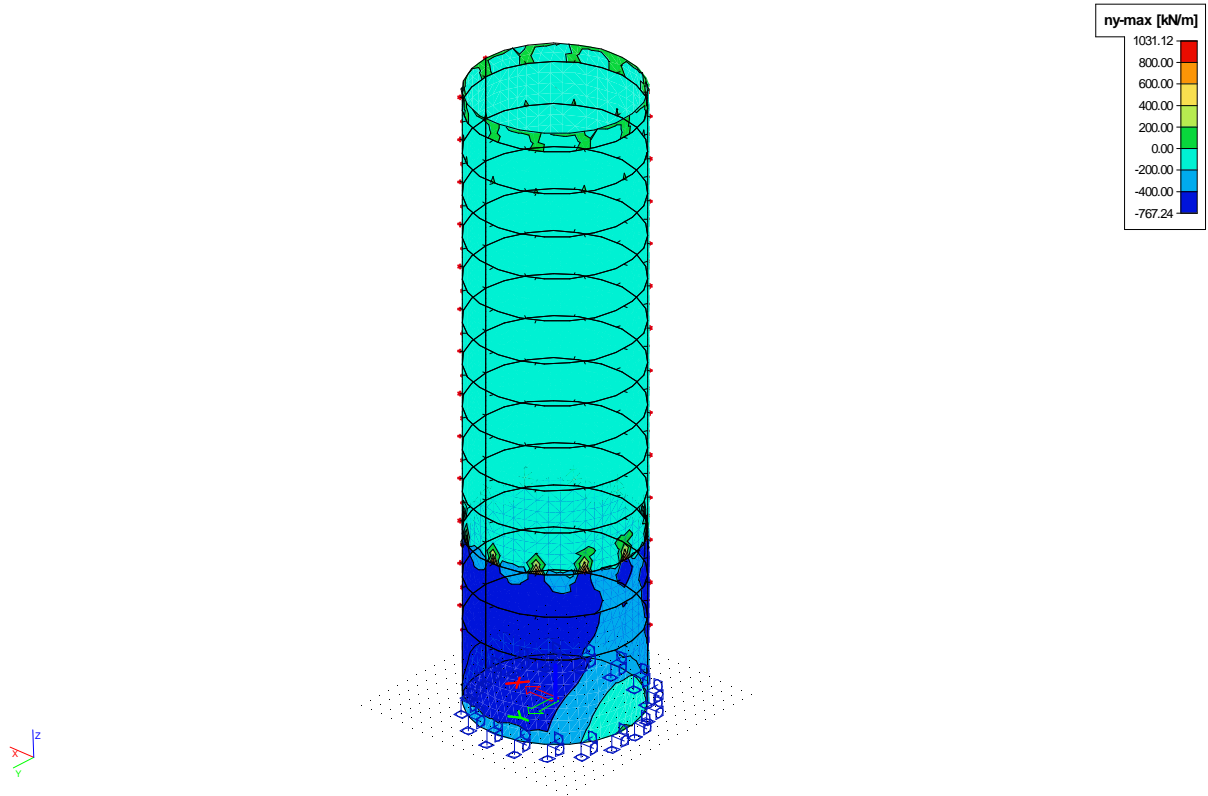
19.1 Vnitřní síly působící na jádro

Výstup z programu SCIA Engineering 2009

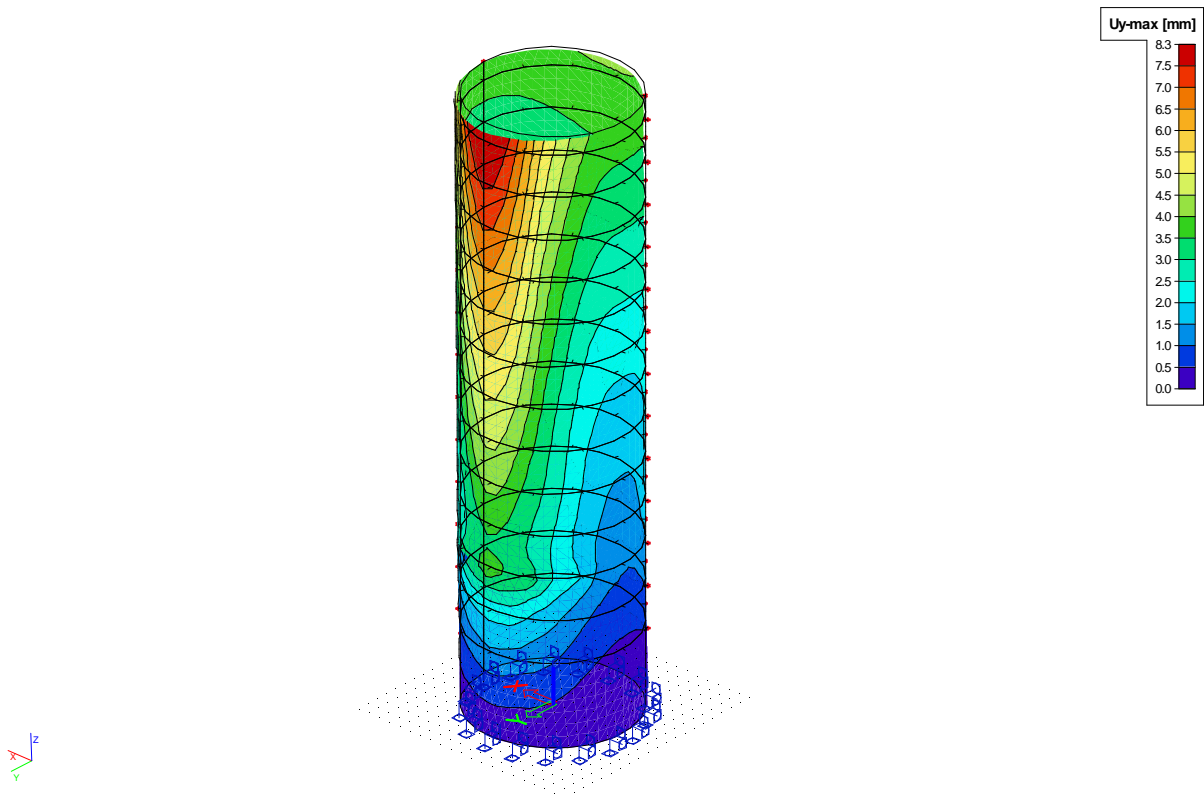
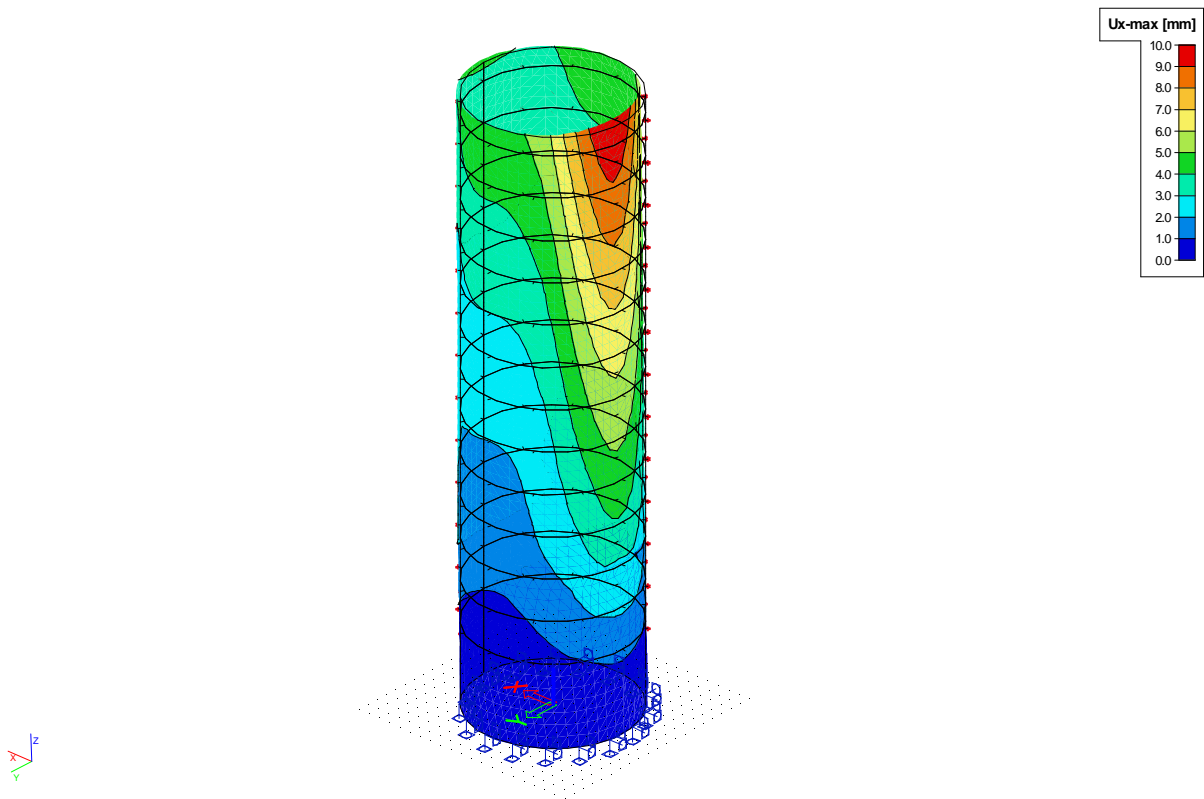


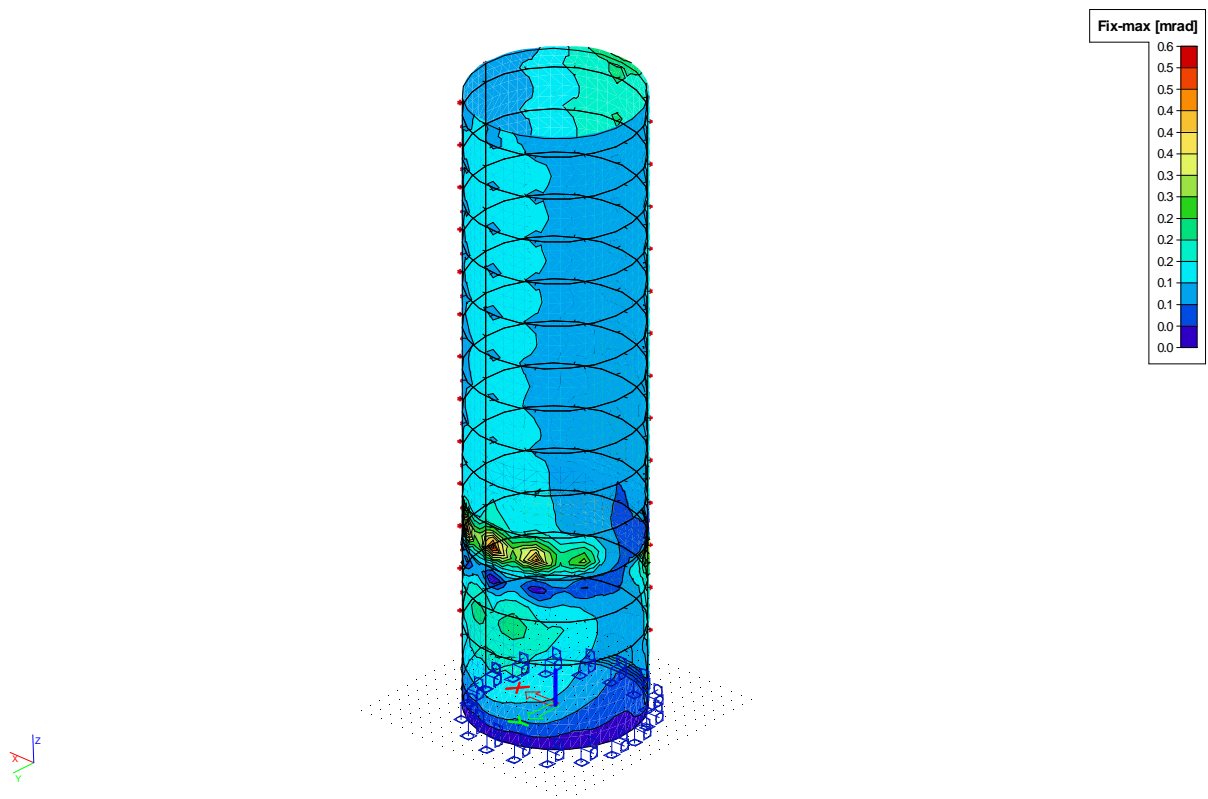
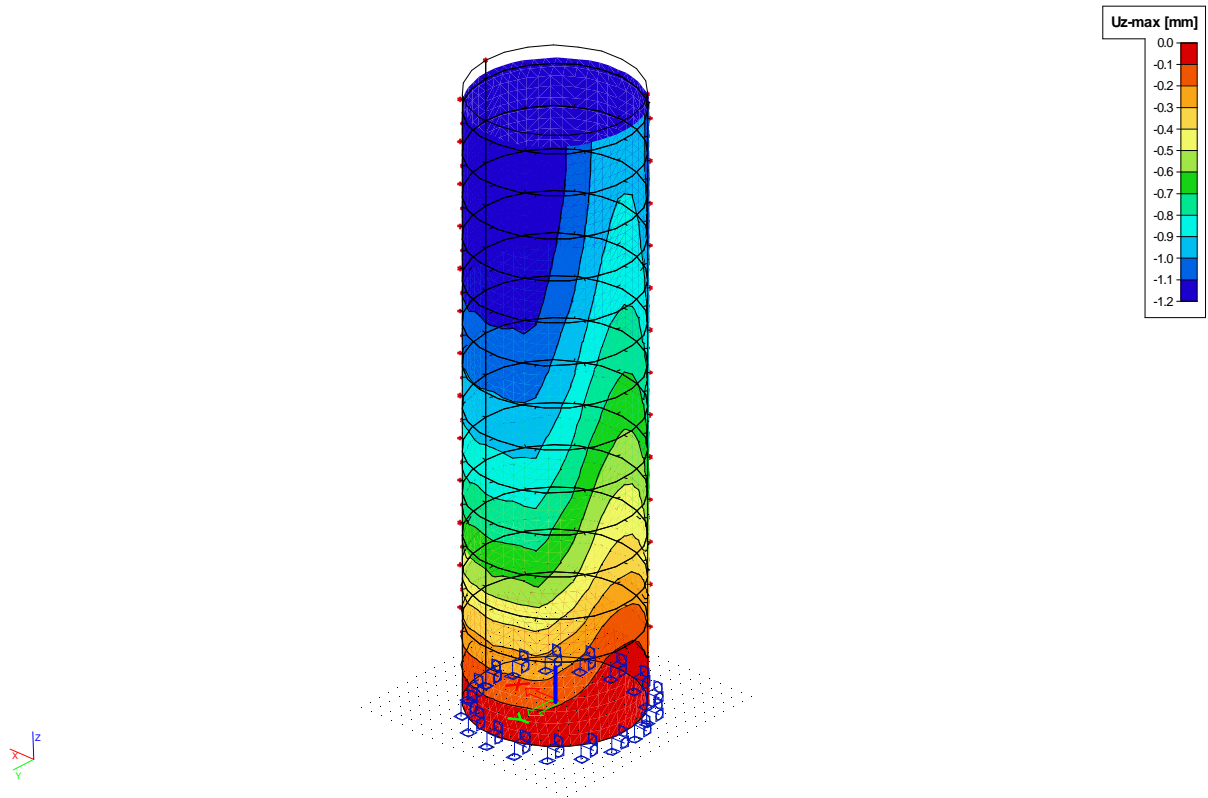


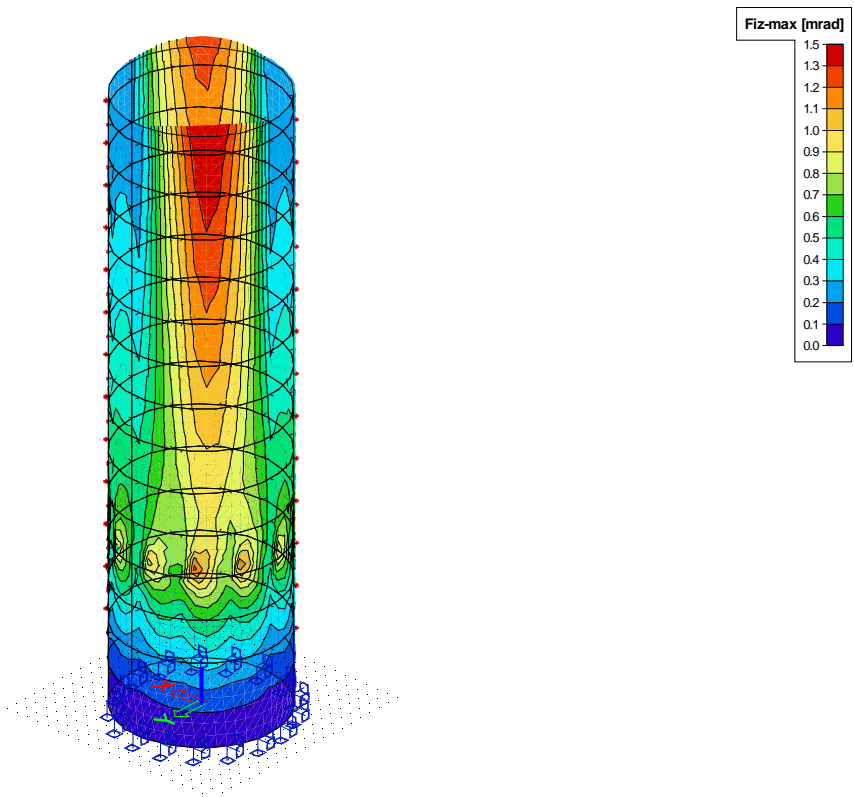
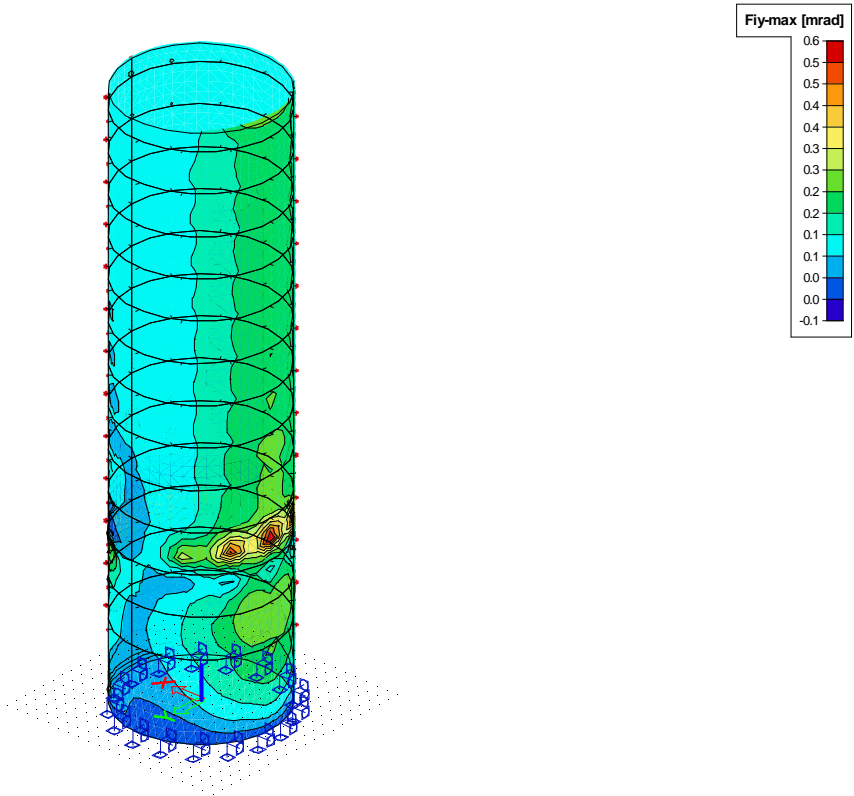




19.2 Přemístění uzlů







Maximální normálová síla:	1643,89 kN/m'
Maximální ohybový moment:	48,72 kNm/m'

19.3 Materiálové charakteristiky

Použitá ocel:

R 10 505

Charakteristická hodnota meze kluzu:

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu:

$$\gamma_s = 1,15$$

Výpočtová hodnota meze kluzu:

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 434,783 \text{ MPa}$$

Použitý beton:

C 40/50

Charakteristická hodnota pevnosti betonu v tlaku:

$$f_{ck} = 40 \text{ MPa}$$

Dílčí součinitel spolehlivosti materiálu:

$$\gamma_c = 1,5$$

Výpočtová hodnota pevnosti betonu:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{40}{1,5} = 26,67 \text{ MPa}$$

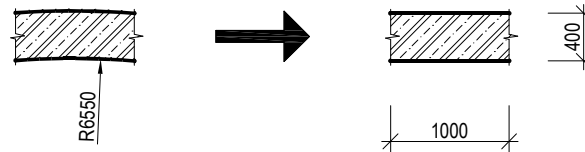
$$\varepsilon_{yd} = \frac{f_{yd}}{E_s} = \frac{434,783}{200} = 2,174$$

$$\xi_{bal1} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} + \varepsilon_{yd}} = \frac{3,5}{3,5 + 2,174} = 0,617$$

$$\xi_{bal2} = \frac{\varepsilon_{cu3}}{\varepsilon_{cu3} - \varepsilon_{yd}} = \frac{3,5}{3,5 - 2,174} = 2,639$$

19.4 Geometrie

Zjednodušení průřezu



Předběžný návrh výztuže:

hl. výztuž: $\varnothing = 16 \text{ mm}$

třmínky: $\varnothing_{sw} = 6 \text{ mm}$

Maximální tl. krycí vrstvy:

$c_{min,dur} = 10 \text{ mm}$ stupeň prostředí XC1

Přídavek k min. krycí vrstvě:

$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$

Krycí vrstva hl. výztuže:

$$c_{min} = \max \begin{cases} c_{min,b} \geq \varnothing = 16 \text{ mm}; \\ c_{min,dur} = 10 \text{ mm}; \\ 10 \text{ mm}; \end{cases} = 16 \text{ mm}$$

$$c_{nom,1} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 16 + 10 = 26 \text{ mm}$$

Zvolena krycí vrstva výztuže $c_{nom} = 30 \text{ mm}$.

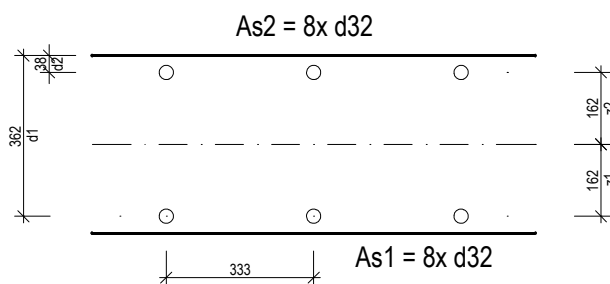
19.5 Návrh výztuže

Plocha výztuže

$$A_{s1} = A_{s2} = n \cdot \frac{\pi \cdot \varnothing^2}{4} = 3 \cdot \frac{\pi \cdot 16^2}{4} = 603 \text{ mm}^2$$

Síla přenesená výztuží

$$F_{s1} = F_{s2} = A_{s1(2)} \cdot f_{yd} = 603 \cdot 10^{-6} \cdot 434,783 \cdot 10^3 = 262,12 \text{ kN}$$



Poloha výztuže

$$d_1 = h - c_{nom} - \frac{\varnothing}{2} = 400 - 30 - \frac{16}{2} = 362 \text{ mm}$$

$$d_2 = c_{nom} + \frac{\varnothing}{2} = 30 + \frac{16}{2} = 38 \text{ mm}$$

$$z_1 = z_2 = \frac{h}{2} - c_{nom} - \frac{\varnothing}{2} = \frac{400}{2} - 30 - \frac{16}{2} = 162 \text{ mm}$$

19.6 Kontrola vyztužení

$$A_{st,min} \geq \frac{0,05 \cdot N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{0,05 \cdot 1643,89}{434,783 \cdot 10^3} = 189 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{st,min} \geq 0,001 \cdot A_c = 0,001 \cdot 1,0 \cdot 0,4 = 400 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,max} \geq 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 1,0 \cdot 0,4 = 16000 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$A_{s,min} = 400 \text{ mm}^2 < A_s = 1206 \text{ mm}^2 < A_{s,max} = 16000 \text{ mm}^2$$

Plocha vyztužení VYHOVUJE

19.7 Výpočet bodů interakčního diagramu

Plochy výztuží a odpovídající síly

$$A_{s1} = A_{s2} = 603 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$\Sigma A_s = 1206 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$F_{s1} = F_{s2} = 262,12 \text{ kN}$$

BOD 0

$$\sigma_s = e_{c3} \cdot E_s = 0,002 \cdot 200000 = 400 \text{ MPa}$$

$$N_{Rd0} = -b \cdot h \cdot \eta \cdot f_{cd} - A_{s1} \cdot \sigma_s - A_{s2} \cdot \sigma_s$$

$$N_{Rd0} = -1,0 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 26,67 \cdot 10^3 - 603 \cdot 400 \cdot 10^{-3} - 603 \cdot 400 \cdot 10^{-3}$$

$$N_{Rd0} = -11148,97 \text{ kN}$$

$$M_{Rd0} = A_{s2} \cdot \sigma_s \cdot z_2 - A_{s1} \cdot \sigma_s \cdot z_1$$

$$M_{Rd0} = 603 \cdot 10^{-6} \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot 0,162 - 603 \cdot 10^{-6} \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot 0,162 = 0 \text{ kNm}$$

BOD 1

$$N_{Rd1} = -(b \cdot \lambda \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} + F_{s2})$$

$$N_{Rd1} = -(1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,362 \cdot 1 \cdot 26,67 \cdot 10^3 + 262,12) = -7984,79 \text{ kN}$$

$$M_{Rd1} = b \cdot \lambda \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot d) + F_{s2} \cdot z_2$$

$$M_{Rd1} = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,362 \cdot 1 \cdot 26,67 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot (0,4 - 0,8 \cdot 0,362) + 262,12 \cdot 0,162 \\ = 468,75 \text{ kNm}$$

BOD 2

$$N_{Rd,bal} = -(\lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} + \Delta F_s)$$

$$N_{Rd,bal} = -(0,8 \cdot 0,617 \cdot 1,0 \cdot 0,362 \cdot 1 \cdot 26,67 \cdot 10^3 + 0) = -4763,79 \text{ kN}$$

$$M_{Rd,bal} = \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot b \cdot d \cdot \eta \cdot f_{cd} \cdot 0,5 \cdot (h - \lambda \cdot \xi_{bal,1} \cdot d) + F_{s1} \cdot z_1 + F_{s2} \cdot z_2$$

$$M_{Rd,bal} = 0,8 \cdot 0,617 \cdot 1,0 \cdot 0,362 \cdot 1 \cdot 26,67 \cdot 10^3 \cdot 0,5 \cdot (0,4 - 0,8 \cdot 0,617 \cdot 0,362) + \\ + 262,12 \cdot 0,162 + 262,12 \cdot 0,162 = 612,18 \text{ kNm}$$

BOD 3

$$N_{Rd3} = 0$$

$$x = \frac{F_{s1}}{\lambda \cdot b \cdot \eta \cdot f_{cd}} = \frac{262,12}{0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 26,67 \cdot 10^3} = 0,012 \text{ m}$$

$$M_{Rd3} = F_{s1} \cdot (d - 0,5 \cdot \lambda \cdot x) = 262,12 \cdot (0,362 - 0,5 \cdot 0,8 \cdot 0,012) = 93,60 \text{ kNm}$$

BOD 4

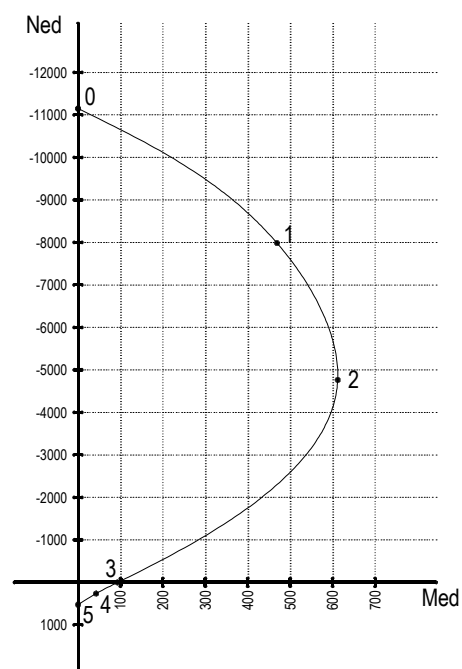
$$N_{Rdt,bal} = F_{s1} = 262,12 \text{ kN}$$

$$M_{Rdt,bal} = F_{s1} \cdot z_1 = 262,12 \cdot 0,162 = 42,46 \text{ kNm}$$

BOD 5

$$N_{Rdt,0} = F_{s1} + F_{s2} = 262,12 + 262,12 = 524,24 \text{ kN}$$

$$M_{Rdt,0} = F_{s1} \cdot z_1 - F_{s2} \cdot z_2 = 0 \text{ kNm}$$



20 Shrnutí

Trapézový plech	TR 50/250-0,88
Stropnice S1	IPE 120
Stropnice S2	IPE 200
Stropnice S3	IPE 240
Stropnice S4	IPE 240
Průvlak P1	HEB 320
Průvlak P2	HEB 320
Průvlak P3	HEB 320
Průvlak P4	HEB 320
Sloup SL1-1	Ø219x20
Sloup SL1-2	Ø219x12,5
Sloup SL1-3	Ø219x6,3
Sloup SL2	Ø219x20
Sloup SL3	HEB 320
Táhlo T1	HEB 320

Podrobné zobrazení jednotlivých prvků viz výkresová dokumentace.

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
Fakulta stavební
Katedra konstrukcí



ČÁST -C-
Výkresová dokumentace