



České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Katedra betonových a zděných konstrukcí

**NÁVRH A ANALÝZA KONSTRUKCE AUTOBUSOVÉ
ZASTÁVKY**
DESIGN AND STRUCTURE ANALYSIS OF BUS STOP
SHELTER

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Rok: 2023

Autor práce: RADIM VÍTEK

Vedoucí práce: Ing. Martin Típka, Ph.D.

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vítek Jméno: Radim Osobní číslo: 494023Zadávající katedra: K133 - Katedra betonových a zděných konstrukcíStudijní program: Stavební inženýrstvíStudijní obor: Konstrukce pozemních staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh a analýza konstrukce autobusové zastávkyNázev bakalářské práce anglicky: Design and structure analysis of bus stop shelter

Pokyny pro vypracování:

Současné trendy ve výstavbě autobusových zastávek s ohledem na architektonické i konstrukční hledisko.

Analýza zatížení konstrukcí autobusových zastávek.

Statický návrh nosné konstrukce autobusové zastávky Rudník.

Výkres tvaru a vybrané výkresy výztuže.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 1990, ČSN EN 1991, ČSN EN 1992

Procházka, Kohoutková, Vašková: Navrhování železobetonových konstrukcí. Příklady a postupy. ČVUT 2021.

Procházka, Šmejkal: Betonové vícepodlažní a halové konstrukce. ČVUT 2018

Archiv časopisu Beton TKS

Další vhodná samostatně vyhledaná literatura

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Martin Tipka, Ph.D.Datum zadání bakalářské práce: 23.2.2023Termín odevzdání bakalářské práce: 22.5.2023*Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku*

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Típky, Ph.D a s použitím odborné literatury uvedené v seznamu použité literatury.

V Praze dne 22. 5. 2023

.....

Radim Vítek

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Martinu Típkovi, Ph.D za odborné vedení a cenné rady při zpracování. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu a povzbuzení nejen při psaní této práce, ale po celou dobu mého studia.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá problematikou konstrukcí autobusových zastávek a konkrétním návrhem zastávky Rudník. V první části jsou představeny a analyzovány nevhodné konstrukce realizovaných autobusových zastávek. Ve druhé části je shrnuto zatížení, které na zastávky nejčastěji působí. Největší důraz je kladen na zatížení větrem, které je u polootevřených přístřešků rozhodující. Třetí část představuje samotný konstrukční návrh autobusové zastávky Rudník. Návrh je proveden ve variantě se šikmými sloupy a ve variantě se svislými sloupy. Obě varianty jsou posouzeny na mezní stav únosnosti i mezní stav použitelnosti. Pro návrh a posouzení byly použity výpočetní programy SCIA Engineer 21.1, FIN EC 2023 Beton a také ruční výpočet. Pro obě varianty jsou zpracovány výkresy tvaru a výztuže. Přílohou práce je rovněž podrobný statický posudek rozhodujících nosných sloupů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Železobeton, autobusová zastávka, konstrukční návrh, zatížení, únosnost, použitelnost, vyztužení

ABSTRACT

The bachelor's thesis is about the construction of bus stops shelters and the specific design of the Rudník bus stop shelter. There are presented and analysed unusual constructions of bus stop shelters in the first part. The second part summarizes the load that most often affects the bus stop shelters. Wind load is decisive load for semi-open shelters and the greatest emphasis is placed on that load in this chapter. The third part presents the actual construction design of the Rudník bus stop shelter. The design is made in a variant with inclined columns and in a variant with vertical columns. Both variants are assessed for the limit state of load capacity and the limit state of serviceability. Programs SCIA Engineer 21.1, FIN EC 2023 Concrete and manual calculation were used for the design and assessment. Technical drawings about the form of concrete and reinforcement are made for both variants. The thesis also includes a detailed static assessment of the decisive bearing columns.

KEY WORDS

Reinforced concrete, bus stop shelter, construction design, load, load capacity, serviceability, reinforcement

OBSAH

1.	ÚVOD	8
2.	SOUČASNÉ TRENDY VE VÝSTAVBĚ ZASTÁVEK	9
2.1.	DŘVOBETONOVÁ ZASTÁVKA V TELČI.....	9
2.2.	DŘVOOCELOVÁ ZASTÁVKA V BYSTRICI NAD HOSTÝNEM	11
2.3.	DŘEVĚNÁ ZASTÁVKA V LOKALITĚ KRESSBAD.....	12
2.4.	OCELOVÁ ZASTÁVKA V LOKALITĚ ZWING	13
2.5.	OCELOVÁ ZASTÁVKA V BRNĚ.....	14
2.6.	ŽELEZOBETONOVÁ ZASTÁVKA V BRNĚ.....	15
3.	ZATÍŽENÍ KONSTRUKCÍ ZASTÁVEK	17
3.1.	STÁLÁ A UŽITNÁ ZATÍŽENÍ	18
3.2.	POŽÁR	19
3.3.	SNÍH	19
3.4.	VÍTR.....	22
3.5.	TEPLOTA	28
3.6.	PROVÁDĚNÍ.....	29
3.7.	MIMOŘÁDNÁ ZATÍŽENÍ	30
4.	KONSTRUKČNÍ NÁVRH AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY RUDNÍK.....	32
4.1.	POPIS OBJEKTU	32
4.2.	MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY	34
4.2.1.	Beton a betonářská ocel.....	34
4.2.2.	Stupeň vlivu prostředí	34
4.2.3.	Krycí vrstva	35
4.3.	ZATÍŽENÍ	37
4.3.1.	Stálá a užitná zatížení	37
4.3.2.	Požár	39
4.3.3.	Sníh	39
4.3.4.	Vítr	40
4.3.5.	Teplota.....	45
4.3.6.	Provádění.....	46
4.3.7.	Mimořádná zatížení.....	46
4.3.8.	Smršťování desky.....	46
4.3.9.	Součinitele pro kombinace zatížení.....	47
4.3.10.	Kombinace zatížení.....	48
4.4.	KONTROLA VÝPOČETNÍHO MODELU.....	58

4.5.	VARIANTA 1	60
4.5.1.	NÁVRH DESKY	60
4.5.1.1.	Mezní stav únosnosti – ohyb	60
4.5.1.2.	Mezní stav únosnosti – smyk.....	65
4.5.1.3.	Mezní stav použitelnosti – trhliny	72
4.5.1.4.	Mezní stav použitelnosti – průhyb	72
4.5.2.	NÁVRH SLOUPŮ	74
4.5.3.	NÁVRH STĚNY	81
4.5.4.	NÁVRH ZÁKLADOVÉ DESKY.....	85
4.6.	VARIANTA 2	88
4.6.1.	NÁVRH DESKY	88
4.6.1.1.	Mezní stav únosnosti – ohyb.....	88
4.6.1.2.	Mezní stav únosnosti – smyk.....	92
4.6.1.3.	Mezní stav použitelnosti – trhliny	95
4.6.1.4.	Mezní stav použitelnosti – průhyb	95
4.6.2.	NÁVRH SLOUPŮ	97
4.6.3.	NÁVRH STĚNY	103
4.6.4.	NÁVRH ZÁKLADOVÉ DESKY.....	104
4.7.	POROVNÁNÍ KONSTRUKČNÍCH VARIANT	106
5.	ZÁVĚR	107
	POUŽITÁ LITERATURA.....	108
	POUŽITÝ SOFTWARE.....	109
	PŘÍLOHY	110

1. ÚVOD

Pro většinu lidí se mohou autobusové zastávky zdát jen jako obyčejné přístřešky a popravdě tomu tak v minulosti většinou i bylo. V dnešní době ale představují některé zastávky velmi zajímavé objekty. Kromě vzhledu často zaujme i konstrukční řešení, pro které se hodí různé typy materiálů. Především pro architekty se tak jedná o konstrukce, na kterých mohou pustit uzdu své fantazii.

Pro tuto bakalářskou práci byla vybrána autobusová zastávka Rudník, která v půdorysném pohledu připomíná tvar kapky. Šikmé sloupy, deska s kónickými okraji a stěnový eliptický tubus jsou dominanty této zastávky a zároveň nosnými prvky. Právě vzhled zastávky hrál při výběru zadání důležitou roli. Jedná se nepochybně o zastávku, která svým pojetím přitáhne zrak každého, kdo se alespoň trochu zajímá o stavebnictví. Z konstrukčního hlediska to není běžná zastávka, pro kterou je návrh nosných prvků rutinní záležitostí.

Důležitým krokem při navrhování konstrukcí obecně je stanovení zatížení, které na části konstrukce bude působit a následně definování jejich kombinací pro mezní stavy únosnosti a použitelnosti. Výpočet stálého i užitného zatížení se opírá o příslušné normy udávající, jak se vypořádat s konkrétním zatížením. Již od prvních fází návrhu je důležité klást důraz na zatížení větrem, které jistě bude pro přístřešky podobného typu rozhodující. Vítr, který se dostane pod přístřešek, bude stropní konstrukci vlivem turbulencí "nadzvedávat" a může tak zcela obrátit způsob namáhání jednotlivých nosných prvků.

Cílem práce je poukázat na možnou konstrukční rozmanitost autobusových zastávek jakožto drobných staveb běžné infrastruktury. Dále přehledné stanovení zatížení působící na zastávky a následně návrh a posouzení nosných prvků nepravidelné konstrukce zastávky Rudník. Pro tuto práci bylo nutné seznámit se s novými výpočetními postupy jako je např. zatížení větrem pro atypickou konstrukci a také seznámit se s více výpočetními programy (SCIA Engineer 21.1, FIN EC Beton 2023, Dlubal RFEM 6.02, RWIND 2.02 a MathCAD).

2. SOUČASNÉ TRENDY VE VÝSTAVBĚ ZASTÁVEK

V minulosti i v dnešní době se realizují nejčastěji jednoduché zastávky v podobě rámových ocelových konstrukcí (Obr. 2.1). V České republice i ve světě se však najdou typy zastávek, které svým nevšedním vzhledem a volbou materiálu zaujmou téměř každého cestujícího. V následující části je představeno a zanalyzováno šest zajímavých zastávek z České republiky a Rakouska. Kritériem výběru byl vzhled, statické působení a materiál, podle kterého jsou zastávky pojmenovány.



Obr. 2.1 – Příklad dnešní zastávky

2.1. DŘEVOBETONOVÁ ZASTÁVKA V TELČI

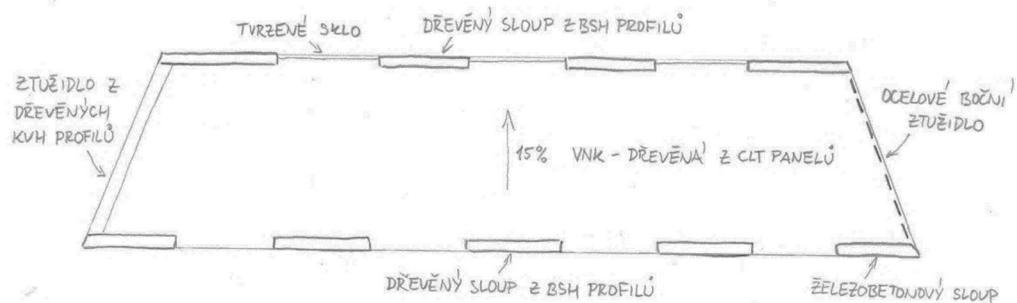
Zastávka, které se také přezdívá vesmírná, se nachází na jihozápadní Moravě ve městě Telč. Byla postavena mezi gymnáziem Otokara Březiny a základní školou, aby nejen zlepšila dopravní situaci v okolí, ale také kvůli vytvoření přehledného místa pro setkávání lidí a k odpočinku. Autory tohoto díla jsou architekti ze studia ARCHOO s.r.o. a jeho realizace se uskutečnila v roce 2014. Přezdívkou vesmírná vznikla proto, že krajní železobetonový pilíř obsahuje bronzovou plastiku kosmonauta Jurije Alexejeviče Gagarina.

Aby zastávka navazovala na okolní terén obsahující zeleň, bylo navrženo zkosení bočních stěn. Dobrá viditelnost na příjezdějíci autobus je zajištěna natočením laviček pro sezení cestujících. Přední podélná strana směrem ke komunikaci obsahuje čtyři meziprostory a pět sloupů obdélníkového průřezu, z nichž pouze jeden je železobetonový a ostatní jsou dřevěné. Zadní podélná strana obsahuje o jeden sloup a meziprostor méně a je o jedno pole posunuta (Obr. 2.2 a Obr. 2.3). Dominantou zastávky je speciální osvětlení LED páskami, které jsou zafrézované ve stropní konstrukci.



Obr. 2.2 – Zastávka v Telči [1]

Materiálem hlavních nosných konstrukcí je dřevo a železobeton. Svislé nosné konstrukce jsou z BSH profilů a jsou opláštěny fasádními dřevěnými profily. Výjimku tvoří krajní sloup, do kterého je vetknuta plastika, a proto je ze železobetonu (Obr. 2.3). Vodorovná nosná konstrukce ve sklonu 15 % je ze dvou lepených CLT panelů a ocelové svorníky ji spojují se svislými nosnými sloupy, které ji podpírají. Opatření proti povětrnostním vlivům je zajištěno pomocí ztužidel po stranách objektu. Na straně, kde se nachází železobetonový sloup, pomáhá proti účinkům větru ocelové diagonální boční ztužidlo, které je přichyceno ke sloupům. Na opačné straně je použito ztužení v podobě dřevěných KVH profilů, na které je přibitý pohledový dřevěný obklad. A v zadní podélné straně jsou ve třech mezerách tvrzená skla. [1], [2]



Obr. 2.3 – Schéma půdorysu zastávky v Telči

2.2. DŘEVOOCELOVÁ ZASTÁVKA V BYSTŘICI NAD HOSTÝNEM

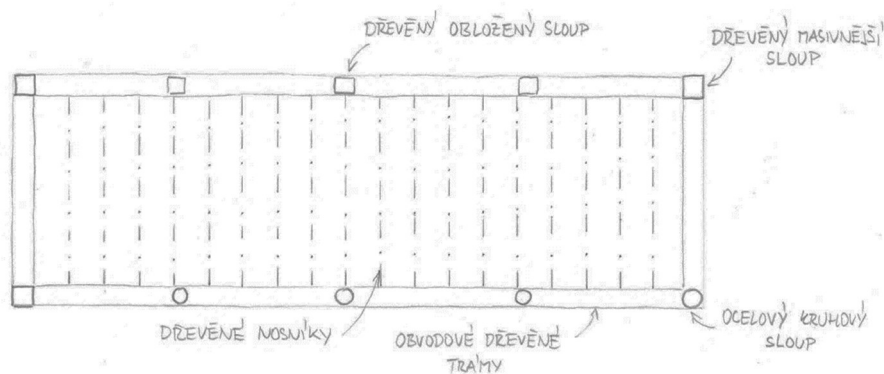
Další autobusová zastávka se nachází na východní Moravě v Bystřici pod Hostýnem. Záměrem zhotovení byl kromě zpříjemnění čekání na dopravní prostředek také výchozí bod pro turisty, kteří se vydávají na výlet do Hostýnských vrchů. Autory objektu jsou architekti z firmy VALARCH ateliér s.r.o. a zastávka byla realizována v roce 2018.

Dominantou zastávky je dřevěný obklad, pro který byl použit český modřín (Obr. 2.4). Místa pro sezení jsou z šesti hranolů obdélníkového průřezu z lepeného lamelového dřeva, které jsou uloženy na výšku, aby byl moment setrvačnosti průřezů vyšší. Dalším výrazným prvkem jsou recyklované dlažební kostky převzaté z původní městské silnice. Aby zastávka lépe zapadla do okolní krajiny plné stromů a zeleně, bylo navrženo vegetační souvrství střešní konstrukce.



Obr. 2.4 – Zastávka v Bystřici pod Hostýnem [3]

Z konstrukčního hlediska se jedná o dřevostavbu z dřevěných masivnějších sloupů čtvercového průřezu a ocelových kruhových sloupů, které podpírají dřevěné obvodové trámy (Obr. 2.5). Zatížení působící na střechu je přenášeno pomocí dřevěného záklopu do nosníků a následně do dřevěných obvodových trámů. Dřevěné sloupy jsou dále podpírány podstavcem z pohledového betonu. Zastávka je ze dvou stran otevřená a zatížení větrem se tak dostává i pod střešní konstrukci. Protože konstrukce neobsahuje rámové rohy, není potřeba tyto rohy konstruovat pomocí lepeného lamelového dřeva. [3]



Obr. 2.5 – Schéma půdorysu zastávky v Bystřici pod Hostýnem

2.3. DŘEVĚNÁ ZASTÁVKA V LOKALITĚ KRESSBAD

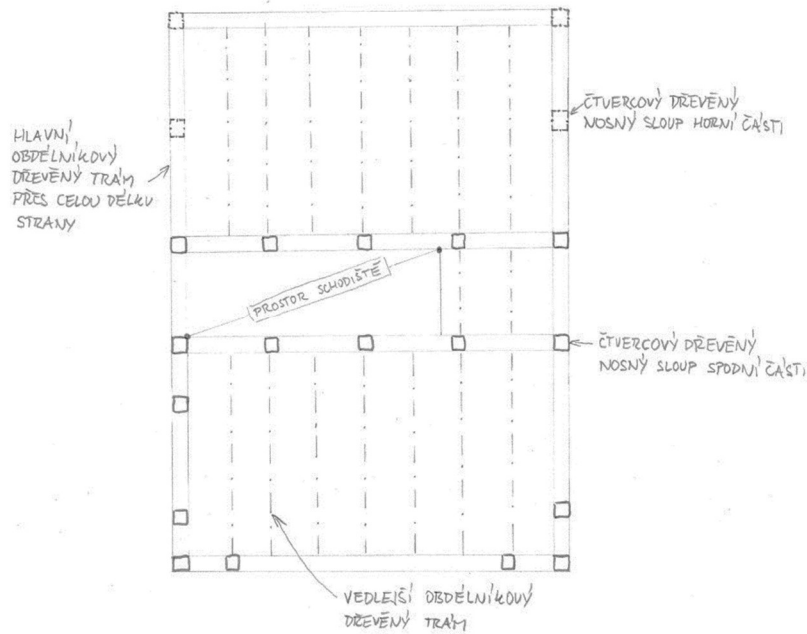
V rakouské obci Krumbach v lokalitě Kressbad se nachází zastávka, která svým uspořádáním plní současně funkci hlediště pro tenisové kurty. Autorem zastávky je finský architekt Sami Rintala a její realizace začala v roce 2014.

Zajímavostí konstrukce je vrchní část stavby, která je oproti spodní části vykonzolována. Aby bylo docíleno vedlejší funkce zastávky, musela stavba překonat výškový rozdíl plotu kolem tenisového hřiště. Pro obložení celého objektu byly použity dřevěné šindele stejně jako na většině okolních staveb (Obr. 2.6). V obvodové stěně spodního podlaží se nachází okenní otvor.



Obr. 2.6 – Zastávka v lokalitě Kressbad [4]

Jedná se o dřevostavbu z dřevěných sloupů čtvercového průřezu podpírající dřevěné obdélníkové trámy. Nosné prvky jsou mezi sebou spojeny ocelovými svorníky. Nosné jádro zastávky tvoří prostor pro patnáctistupňové schodiště, kterým se návštěvníci dostanou do prostoru hlediště. Důležitým prvkem v konstrukci jsou krajní trámy, které jsou navrženy jako spojitý nosník přes celé strany objektu, aby nesly vykonzolovanou část (Obr. 2.7). Lavička ve spodním podlaží, tribuna v horním podlaží a pultové střechy mající sklon na opačné strany jsou tvořeny z vlastní dřevěné konstrukce. [4], [5]



Obr. 2.7 – Schéma stropní konstrukce nad 1.NP zastávky v lokalitě Kressbad

2.4. OCELOVÁ ZASTÁVKA V LOKALITĚ ZWING

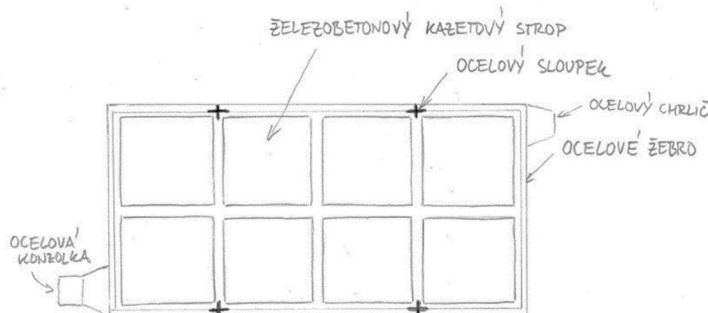
Ve stejné obci Krumbach a lokalitě Zwing se nachází i další zajímavá zastávka. Svým vzhledem spíše než zastávku, připomíná vitrínu. Autorem je chilský architekt Smiljan Radić Clarke, který na svém návrhu spolupracoval s místním architektem Bernardem Baderem. Stejně jako předchozí zastávka byla tato zastávka zhotovena na popud obce Krumbach v roce 2013.

Z díla je na první pohled zřejmý minimalismus a jistě si každý také všimne malých židlí, které byly přeneseny z místního hostince do veřejného prostoru (Obr. 2.8). To, že zastávka svým vzhledem zapadá do okolního prostředí, je dosaženo díky celému prosklení.



Obr. 2.8 – Zastávka v lokalitě Zwing [6]

Hlavní nosný konstrukční prvek je ocelový rám tvořený čtyřmi sloupy a obvodovým žebrem, které podpírá železobetonový kazetový strop (Obr. 2.9). Díky malému rozponu stropu je u něj dosaženo nízké tloušťky. Protože je konstrukce kromě vstupu celá prosklená, je zapotřebí dbát na řádné přichycení skleněných tabulí ke sloupům a k obvodovému žebru, kvůli možnému působení větru, který se dostane dovnitř. Zejména u bočních skel přichycených pouze v horní a spodní části. Plechová krytina střechy, ze které vystupují dvě vykonzolované části, je připevněna na kazetový strop. [6]



Obr. 2.9 – Schéma stropní konstrukce zastávky v lokalitě Zwing

2.5. OCELOVÁ ZASTÁVKA V BRNĚ

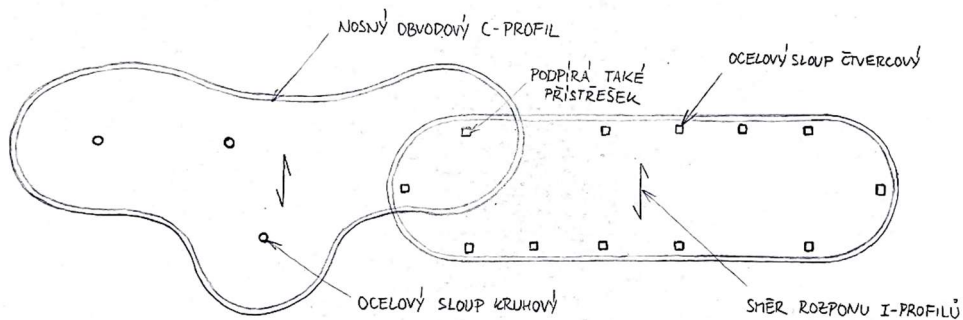
Větším počtem zajímavých zastávek se může pyšnit druhé největší město v České republice Brno. Nový komplex konečné zastávky najdeme v městské části Jundrov. Tato konečná zastávka byla postavena, aby bylo vytvořeno přehledné místo pro pěší, automobily a autobusy. O návrh se postarala firma PROAM ARCHITEKTI s.r.o. a realizace zastávky se uskutečnila mezi roky 2018 a 2019.

Pozornost většiny pozorovatelů jistě upoutá tvarově zvláštní přístřešek nad místem pro čekání cestujících. Architekti zvolili jako pohledový materiál černý hliníkový falcovaný plech v kombinaci s modřínovými prkny, které pokrývají podhled přístřešku a parapet výdejního okénka oválné části zastávky (Obr. 2.10). Na přístřešku i na oválné části, které se v půdorysném pohledu překrývají, byla navržena extenzivní zelená střecha. Provozně se oválná část rozděluje na tři samostatné části. Pomocí zadních vchodů se povolání uživatelé dostanou do zázemí pro řidiče, technické místnosti nebo obchodní jednotky s kruhovým výdejním oknem. Požadavky oválné části z hlediska tepelné techniky jsou splněny díky tepelné izolaci z minerální vlny prokládané mezi nosné prvky.



Obr. 2.10 – Konečná zastávka v Brně [7]

Hlavní nosná konstrukce obou částí je navržena z ocelových profilů. Sloupy mají čtvercový nebo kruhový průřez. Vodorovné nosné konstrukce jsou z I-profilů a C-profilů, které plní funkci obvodového žebra. Zatížení na střešní konstrukci je přenášeno trapézovým plechem přes I-profilu do sloupů. Kolem oválné části je na sloupy přichycen ocelový rošt jako podpora pro falcovaný plech. V půdorysném schématu je naznačeno vynechání dvou sloupů v oválné části (Obr. 2.11). Důvodem je umístění vchodu a oválného okna. To má za následek přitížení obvodového žebra z C-profilu, protože I-profil není v tomto místě podepřen. Tvar oválného okna je držen díky ocelové obruči, která je přichycena k obvodovému roštu. [7], [8]



Obr. 2.11 – Schéma půdorysu konečné zastávky v Brně

2.6. ŽELEZOBETONOVÁ ZASTÁVKA V BRNĚ

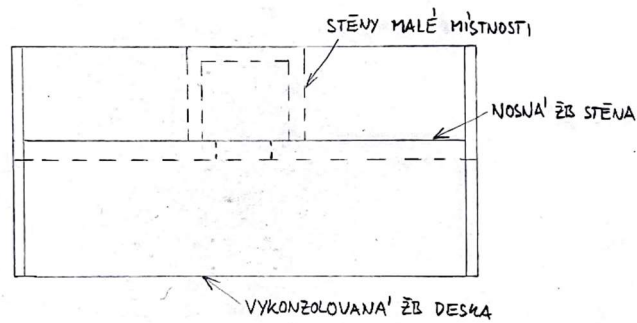
Posední zastávku najdeme také v Brně. Přesněji ve středu města na okraji náměstí Obilní trh. Navzdory tomu, že se jedná o tramvajovou zastávku, spadá stejně jako autobus do městské hromadné dopravy. Autorem je architekt Oskar Poříška, který zastávku navrhl v roce 1926 a její realizace se uskutečnila přibližně dva roky poté. Postupem času zastávka chátrala, a proto v roce 2015 začala její rekonstrukce.

Při rekonstrukci se kladl důraz na podobnost s původním řešením. Tento předpoklad byl z hlediska tvaru splněn, nicméně některé části musely být vyměněny za repliky (Obr. 2.12). Zajímavým prvkem na zastávce jsou zaoblené hrany, jejichž důvodem je mimo jiné plynulý odtok srážkové vody. V případě této zastávky se zaoblené hrany objevují u přechodu ze stěny na vykonzolovanou část a dále z vykonzolované části na stropní desku, která zastřešuje malou místnost.



Obr. 2.12 – Zastávka v Brně [9]

Pro takový druh konstrukce je ideální právě železobeton. Stěna plynule přechází do dvou vykonzolovaných desek a tím tvoří výškově uskočený styčnick ve tvaru T. Deska s kratším vykonzolováním plní také stabilizační funkci pro celou konstrukci a je navíc podepřena stěnami obklopující malou místnost (Obr. 2.13). Při vyztužování zaobleného rohu není potřeba přidávat dodatečnou výztuž do rohu, což je jeho další výhodou. U ostrého rámového rohu by byla dodatečná výztuž nezbytná, kvůli případnému odtržení betonu. Nicméně při návrhu výztuže a provádění je třeba dbát na řádné vyztužení zaobleného rohu při horním povrchu na přechodu stěny v konzoly. [9], [10]



Obr. 2.13 – Schéma půdorysu zastávky v Brně

3. ZATÍŽENÍ KONSTRUKCÍ ZASTÁVEK

Konstrukce zastávek jsou zatěžovány především vlastní tíhou, sněhem a větrem. V této části je vypracován přehled zatížení, které na konstrukci zastávek působí a je tedy důležité s nimi při návrhu počítat. Řazení jednotlivých podkapitol vychází z číslování podle normy ČSN EN 1991 a jejich obsah se o tyto jednotlivé normy bude opírat.

Kombinace zatížení pro trvalé a dočasné návrhové situace mezního stavu únosnosti jsou dány následujícím vztahem, označeném v normě ČSN EN 1990 [11] číslem 6.10.

Hodnoty součinitelů γ_i a ψ_i pro mezní stav únosnosti jsou definovány v tabulkách Tab. 3.1 resp. Tab. 3.3.

$$6.10: \quad \Sigma(\gamma_{G,i} \times G_{k,i}) + \gamma_{Q,1} \times Q_{k,1} + \Sigma(\gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i}) \quad (3.1)$$

γ_G ... dílčí součinitel stálého zatížení

G_k ... charakteristická hodnota stálého zatížení

γ_Q ... dílčí součinitel proměnného zatížení

Q_k ... charakteristická hodnota proměnného zatížení

ψ_0 ... součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení

Tab. 3.1 – Návrhové hodnoty pro mezní stav únosnosti [11]

Trvalé a dočasné návrhové situace	Stálá zatížení		Hlavní proměnné zatížení	Vedlejší proměnná zatížení	
	nepříznivá	příznivá		nejúčinnější (pokud se vyskytuje)	ostatní
Výraz (6.10)	1,35 $G_{k,j,sup}$	1,00 $G_{k,j,inf}$	1,50 $Q_{k,1}$ (0 pro příznivé)		1,50 $\psi_{0,i} Q_{k,i}$ (0 pro příznivé)

Pro mezní stav použitelnosti se uvažuje charakteristická a kvazistálá kombinace zatížení v následujících vztazích, označených v normě ČSN EN 1990 [11] číslem 6.14b pro charakteristickou kombinaci a 6.16b pro kvazistálou kombinaci.

Hodnoty součinitelů ψ_i pro mezní stav použitelnosti jsou definovány v tabulkách Tab. 3.2 resp. Tab. 3.3.

$$6.14b: \quad \Sigma G_{k,i} + Q_{k,1} + \Sigma(\psi_{0,i} \times Q_{k,i}) \quad (3.2)$$

G_k ... charakteristická hodnota stálého zatížení

Q_k ... charakteristická hodnota proměnného zatížení

ψ_0 ... součinitel pro kombinační hodnotu proměnného zatížení

$$6.16b: \quad \Sigma G_{k,i} + \Sigma(\psi_{2,i} \times Q_{k,i}) \quad (3.3)$$

G_k ... charakteristická hodnota stálého zatížení

Q_k ... charakteristická hodnota proměnného zatížení

ψ_2 ... součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení

Tab. 3.2 – Návrhové hodnoty pro mezní stav použitelnosti [11]

Kombinace	Stálá zatížení G_d		Proměnná zatížení Q_d	
	nepříznivá	příznivá	hlavní	vedlejší
Charakteristická	$G_{k,sup}$	$G_{k,inf}$	$Q_{k,1}$	$\psi_{0,i}Q_{k,i}$
Častá	$G_{k,sup}$	$G_{k,inf}$	$\psi_{1,1}Q_{k,1}$	$\psi_{2,i}Q_{k,i}$
Kvazistálá	$G_{k,sup}$	$G_{k,inf}$	$\psi_{2,1}Q_{k,1}$	$\psi_{2,i}Q_{k,i}$

Tab. 3.3 – Doporučené hodnoty součinitelů ψ pro pozemní stavby [11]

Zatížení	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kategorie užitných zatížení pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-1)			
Kategorie A: obytné plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie B: kancelářské plochy	0,7	0,5	0,3
Kategorie C: shromažďovací plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie D: obchodní plochy	0,7	0,7	0,6
Kategorie E: skladovací plochy	1,0	0,9	0,8
Kategorie F: dopravní plochy tíha vozidla ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
Kategorie G: dopravní plochy 30 kN < tíha vozidla ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
Kategorie H: střechy	0	0	0
Zatížení sněhem (viz EN 1991-1-3) ^{*)}			
Finsko, Island, Norsko, Švédsko	0,7	0,5	0,2
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H > 1\ 000$ m n.m.	0,7	0,5	0,2
Ostatní členové CEN, pro stavby umístěné ve výšce $H \leq 1\ 000$ m n.m.	0,5	0,2	0
Zatížení větrem (viz EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Teplota (ne od požáru) pro pozemní stavby (viz EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
POZNÁMKA Hodnoty ψ mohou být stanoveny v národní příloze.			
*) Pro země, které zde nejsou uvedené, se součinitele ψ stanoví podle místních podmínek.			

3.1. STÁLÁ A UŽITNÁ ZATÍŽENÍ

Obsah kapitoly, jak již bylo zmíněno, odkazuje na normu ČSN EN 1991-1-1 [12]. Tato norma vychází z evropské normy EN 1991-1-1 a udává, jak naložit s vlastní tíhou konstrukce a užitným zatížením.

Jelikož se u zastávek ve většině případů jedná o přístřešek a ke shromažďování lidí dochází pod nosnou konstrukcí přístřešku, vstupuje do této kategorie vlastní tíha stropní konstrukce, sloupů či stěn a užitné zatížení střechy. U užitého zatížení střechy se většinou jedná o pouhou údržbu skladby střechy nebo technického zařízení jako např. vpust' pro odvod dešťové vody. Výjimkou ve výběru současných trendů jsou zastávky, které plní více funkcí než jen přístřešek pro cestující. V takovém případě je potřeba započítat i příslušné užitné zatížení pro tento účel.

Objemové tíhy jednotlivých vybraných materiálů jsou vypsány v příloze A normy ČSN EN 1991-1-1 [12]. Jedná se jen o informativní přílohu, kde jsou zmíněny intervaly objemové tíhy. Pro účely návrhu je možno pracovat s normovými hodnotami od konkrétního výrobce.

Užitné zatížení střechy se rozděluje podle tabulky na střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav, střechy přístupné a střechy přístupné pro zvláštní provoz. Střechy zastávek většinou spadají pod střechy nepřístupné, které jsou označeny v normě ČSN EN 1991-1-1 [12] písmenem H. Konkrétní hodnoty užitného zatížení střechy udává tabulka téže normy. V následném konstrukčním návrhu budou použity hodnoty $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$ pro plošné zatížení a $Q_k = 1,0 \text{ kN}$ pro bodové zatížení. Nicméně na střechách se nemá uvažovat užitné zatížení se zatížením od sněhu nebo větru současně, takže bude rozhodovat zatížení s vyšší hodnotou. V případě laviček montovaných přímo na konstrukci zastávky se uvažuje užitná kategorie C (konkrétně C2 – plochy se zabudovanými sedadly), která platí pro plochy, kde dochází ke shromažďování lidí. Konkrétní hodnoty užitného zatížení pro lavičky použité v návrhu budou $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$ pro plošné zatížení a $Q_k = 2,5 \text{ kN}$ pro bodové zatížení. Pro konzoly je nutné stanovit, zda vyšší namáhání vyvozuje plošné či bodové zatížení a s tím pak dále počítat.

Pokud by se jednalo o stanovení užitného zatížení zastávky s rozšířeným užíváním (např. malá tribuna), spadalo by také do užitné kategorie C2. Do dalšího výpočtu by se ale uvažovalo s hodnotami $q_k = 4,0 \text{ kN/m}^2$ pro plošné zatížení a $Q_k = 4,0 \text{ kN}$ pro bodové zatížení.

3.2. POŽÁR

Obsah kapitoly odkazuje na normu ČSN EN 1991-1-2 [13]. Norma vychází z evropské normy EN 1991-1-2 a předepisuje, jak se vypořádat se zatížením na konstrukce, které jsou vystaveny účinkům požáru.

Kdyby došlo u zastávky k požáru, nemají lidé téměř žádné překážky v evakuaci. Nosné konstrukce rozsáhlejších objektů musí být navrženy tak, aby bezpečně odolávaly požáru minimálně po dobu evakuace. U zastávek se lidé dostanou relativně snadno a rychle do bezpečí na rozdíl od velkých budov, kde musí urazit značnou vzdálenost. Proto není pro návrh nosné konstrukce zastávek zatížení požárem rozhodující.

Samozřejmě existují výjimky, kdy je zastávka součástí většího komplexu, u něhož stojí za to zvážit, zda brát v potaz i zatížení požárem. V takovém případě by bylo zapotřebí při návrhu konstrukce brát v úvahu volbu příslušného návrhového požárního scénáře, stanovení návrhového požáru, výpočet vývoje tepoty v konstrukci a výpočet mechanického chování konstrukce vystavené požáru.

V konstrukčním návrhu zastávky Rudník v kapitole 4 zatížení požárem není uvažováno.

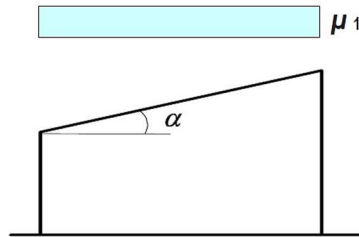
3.3. SNÍH

Obsah kapitoly odkazuje na normu ČSN EN 1991-1-3 [14]. Předlohou normy je evropská norma EN 1991-1-3 a udává, jak navrhnout konstrukce, aby dokázali odolat zatížení od sněhu.

Zatížení konstrukce sněhem vychází především z lokality, ve které se zastávka nachází. Ve výpočtech se musí zahrnout vliv tvaru, tepelných vlastností, drsnosti povrchu, množství tepla pod střechou, zástavby, okolního terénu a klimatických podmínek v okolí. V lokálních místech konstrukce se musí uvažovat zatížení navátým sněhem. Zatížení sněhem s působí svisle na průmět půdorysné plochy (Obr. 3.1) a jeho hodnota pro trvalé nebo dočasné návrhové situace se získá dle následujícího vztahu:

$$s = \mu_i \times C_e \times C_t \times s_k \text{ [kN/m}^2\text{]} \quad (3.4)$$

- μ_i ... tvarový součinitel zatížení sněhem [-]
 C_e ... součinitel expozice [-]
 C_t ... tepelný součinitel [-]
 s_k ... charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi [kN/m²]



Obr. 3.1 – Tvarový součinitel μ_i pultové střechy [14]

Tvarový součinitel zatížení sněhem μ_i se určí na základě tvaru a sklonu střechy. Střecha zastávek je ve většině případů plochá nebo pultová s nízkým sklonem. Proto je μ_i podle tabulky rovný 0,8. V jiném případě se tvarový součinitel stanoví podle tabulky Tab. 3.4.

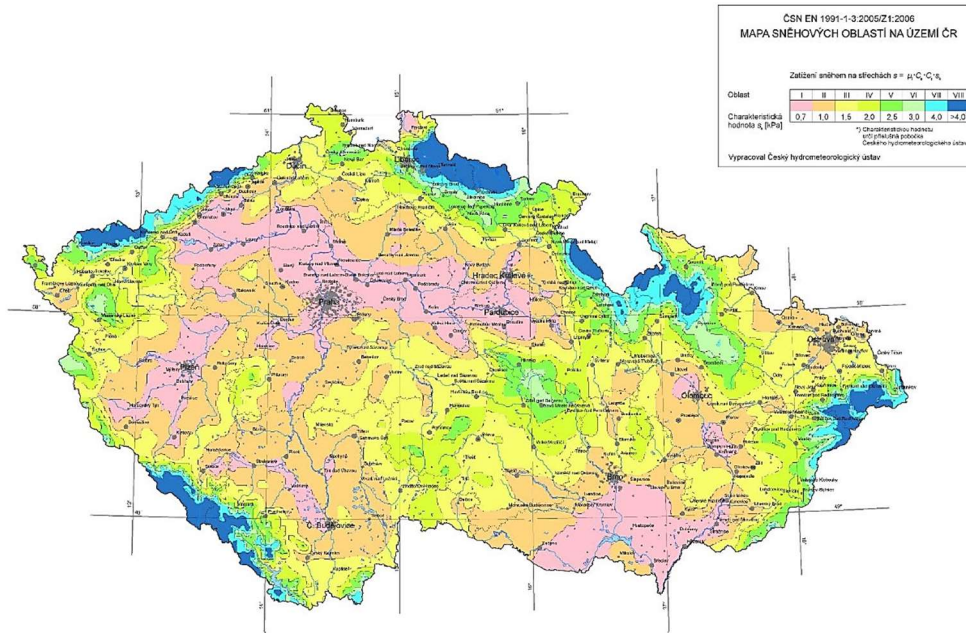
Tab. 3.4 – Tvarové součinitele μ_i [14]

úhel sklonu střechy α	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8(60 - \alpha)/30$	0,0
μ_2	$0,8 + 0,8\alpha/30$	1,6	--

Součinitel expozice C_e závisí na typu krajiny. Pokud bude zastávka postavena v otevřeném typu krajiny, kde nejsou překážky, je součinitel C_e rovný 0,8. Pokud bude zastávka postavena v normálním typu krajiny, kde nedochází k přesunům sněhu vlivem větru, je součinitel C_e rovný 1,0. Pokud bude zastávka postavena v chráněném typu krajiny, kdy je stavba výrazně nižší než okolní objekty, je součinitel C_e rovný 1,2.

Tepelný součinitel C_t se většinou uvažuje v hodnotě 1,0 a u zastávek tomu nebude jinak. Tento součinitel s jinou hodnotou se dá použít pro střechy, které zastřešují vytápěný objekt s tepelnou prostupností vyšší než 1 W/(m²*K). Může tak docházet k tání sněhu vlivem tepla prostupující skladbou střechy.

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi s_k se určí dle mapy sněhových oblastí České republiky obsažené v příloze normy ČSN EN 1991-1-3 [14] (Obr. 3.2). Tato norma dělí Českou republiku celkem do osmi sněhových oblastí.

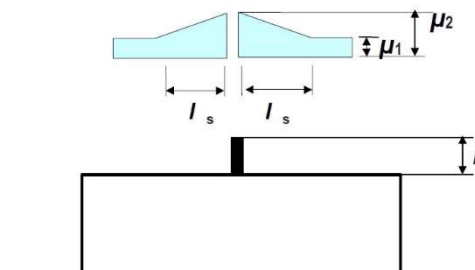


Obr. 3.2 – Mapa sněhových oblastí na území České republiky [14]

V rámci návrhu zastávek může být potřeba uvažovat také návěje u překážek, kde se bude hromadit sníh (Obr. 3.3). Takovou překážkou může být např. nápis s názvem zastávky. Délka návěje l_s je dvojnásobkem výšky překážky a její velikost je omezená intervalem od 5 m do 15 m. Tvarový součinitel μ_2 se pro takové návěje stanoví dle vztahu:

$$\mu_2 = (\gamma \times h) / s_k \quad [-] \quad (3.5)$$

- μ_2 ... tvarový součinitel zatížení sněhem v intervalu od 0,8 do 2,0 [-]
- γ ... objemová tíha sněhu – pro případ návěje u překážky rovna 2 kN/m^3
- h ... výška překážky [m]
- s_k ... charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi [kN/m^2]

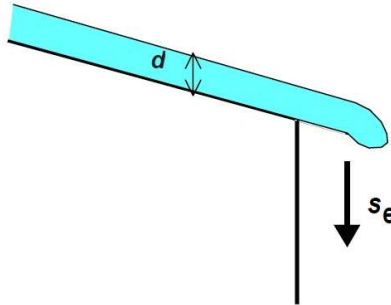


Obr. 3.3 – Tvarový součinitel μ_2 zatížení sněhu u překážky [14]

Pokud je možnost výskytu sněhu převislého přes okraj střechy a objekt spadá svou polohou do sněhové oblasti III až IV, mělo by se také toto zatížení zavést do výpočtu (Obr. 3.4). Obvykle tento jev nastává u střech, které přesahují obvodovou konstrukci. Zatížení převislého sněhu S_e získáme dle vztahu:

$$S_e = (k \times s^2) / \gamma \text{ [kN/m]} \quad (3.6)$$

- s ... nejméně příznivý případ zatížení nenavátým sněhem [kN/m²] - viz vztah (3.4)
 γ ... objemová tíha sněhu – pro případ převislého sněhu rovna 3 kN/m³
 k ... součinitel nepravidelnosti sněhu ($k = 3/d$; $k \leq d \times \gamma$) [-]
 d ... tloušťka sněhové vrstvy určená na základě sněhové oblasti [m]



Obr. 3.4 – Převislý sníh [14]

3.4. VÍTR

Obsah kapitoly odkazuje na normu ČSN EN 1991-1-4 [15]. Norma vychází z evropské normy EN 1991-1-4 a předepisuje, jak naložit se zatížením od větru.

Zatížení větrem závisí na tvaru a výšce objektu, klimatických podmínkách a okolním terénu. Toto zatížení má vzhledem k obvyklým tvarům zastávek (otevřený zastřešený objekt s plnými stěnami po třech obvodových stranách) největší vliv na návrh nosných prvků konstrukce zastávek. Prvním krokem při výpočtu účinků větru je stanovení základní rychlosti větru v_b dle vztahu:

$$v_b = v_{b,0} \times c_{dir} \times c_{season} \text{ [m/s]} \quad (3.7)$$

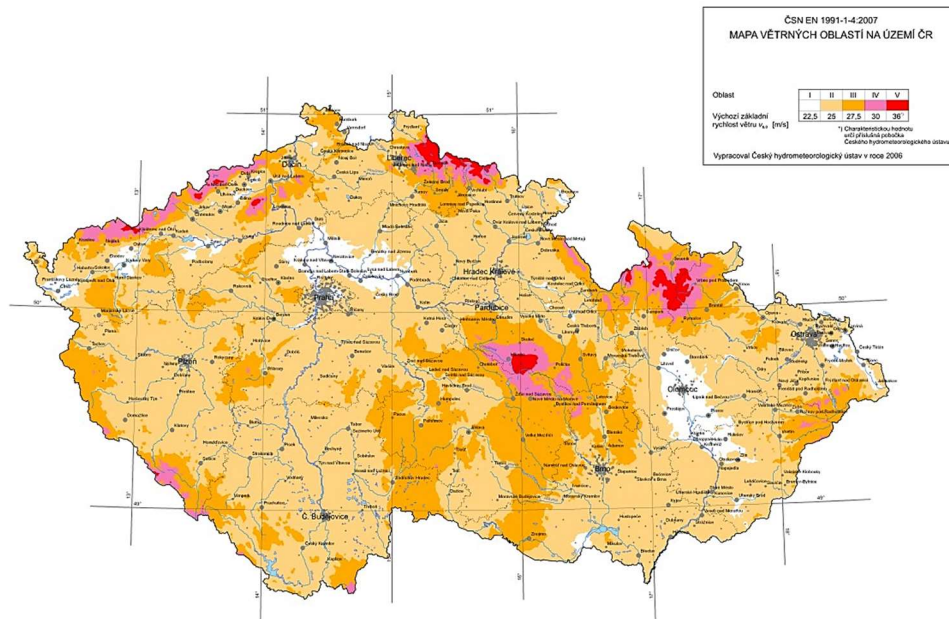
- $v_{b,0}$... základní rychlost větru ve výšce 10 m nad zemí v kategorii terénu II, získané z mapy větrných oblastí na území České republiky (Obr. 3.5) [m/s]
 c_{dir} ... součinitel směru větru, jehož doporučená hodnota je 1,0 [-]
 c_{season} ... součinitel ročního období, jehož doporučená hodnota je 1,0 [-]

Protože zastávky nepatří mezi výškové stavby, je jejich referenční výška rovná skutečné výšce a dynamický tlak má po výšce konstantní hodnotu.

Pro získání hodnoty maximálního dynamického tlaku $q_{p(z)}$ je potřeba stanovit základní dynamický tlak q_b , který závisí na hustotě vzduchu ρ a základní rychlosti větru v_b ve vztahu:

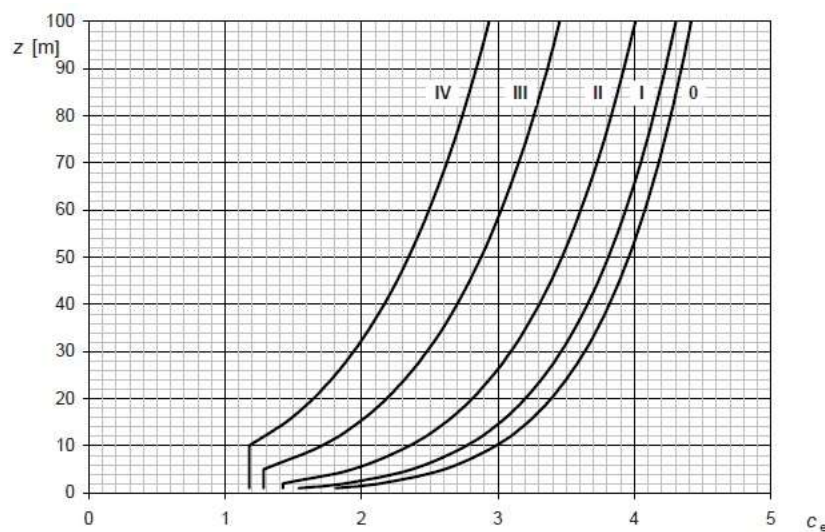
$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 \text{ [Pa]} \quad (3.8)$$

- ρ ... doporučená hustota vzduchu rovna 1,25 kg/m³
 v_b ... základní rychlost větru [m/s]



Obr. 3.5 – Mapa větrných oblastí na území České republiky [15]

Dále je třeba znát součinitel expozice $c_e(z)$, pro který je důležitá výška objektu a kategorie terénu. Pokud se objekt nachází na plochem terénu, jako tomu je u většiny zastávek, můžeme pro určení součinitele expozice použít graf (Obr. 3.6). U zastávek se musí správně určit kategorie terénu, protože v závislosti na tom, zda se nachází ve městech s překážkami nebo na otevřeném prostranství, může spadat do všech pěti kategorií.



Obr. 3.6 – Graf pro určení součinitele expozice $c_e(z)$ [15]

Pomocí následujícího vztahu vypočítáme maximální dynamický tlak větru $q_p(z)$:

$$q_p(z) = c_e(z) \times q_b \text{ [Pa]} \quad (3.9)$$

$c_e(z)$... součinitel expozice [-]

q_b ... základní tlak větru [Pa]

Tlak větru na povrchy konstrukce a síly od větru, které budou reprezentovat zatížení od větru, se odvíjí od tvaru konstrukce. Pro každý druh a tvar konstrukce jsou dané součinitele tlaku c_p a síly c_f , které působí buď na malou či velkou plochu. Pomocí těchto součinitelů se dále dopočítá zatížení na konstrukci v podobě tlaku větru působící na povrchy w a síly od větru F_w :

$$w = q_{p(z)} \times c_p \text{ [Pa]} \quad (3.10)$$

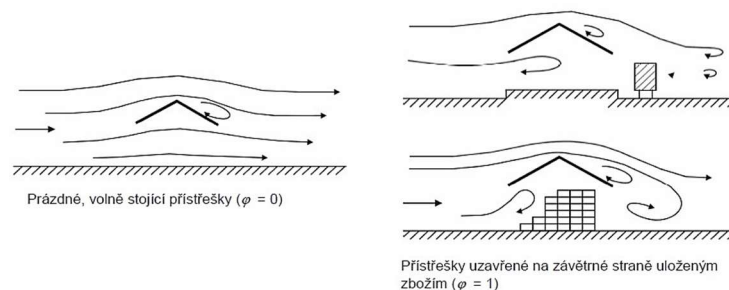
$q_{p(z)}$... maximální dynamický tlak [Pa]
 c_p ... součinitel tlaku, který může být vnější c_{pe} , vnitřní c_{pi} nebo rozdílem vnitřního a vnějšího součinitele tlaku $c_{p,net}$ [-]

$$F_w = c_s c_d \times c_f \times q_{p(z)} \times A_{ref} \text{ [N]} \quad (3.11)$$

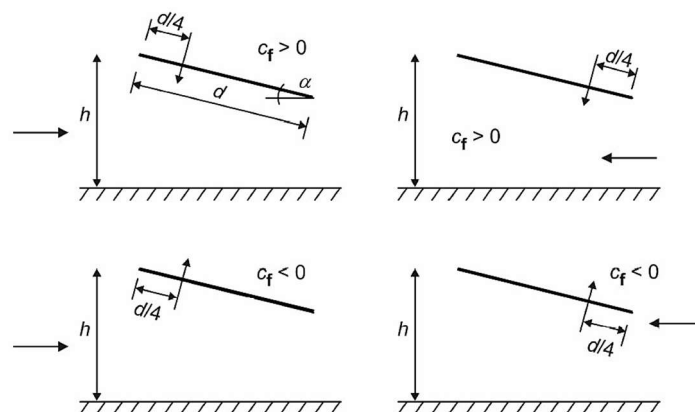
$c_s c_d$... součinitel konstrukce, který je pro pozemní stavby menší než 15 m rovný 1,0 [-]
 c_f ... součinitel síly [-]
 $q_{p(z)}$... maximální dynamický tlak [Pa]
 A_{ref} ... referenční plocha konstrukce [m²]

Co se týče návrhu zastávek, platí pro ně součinitele v kapitole pro přístřešky a jednotlivé nosné prvky.

Pro konkrétní případ přístřešku budou vycházet součinitele tlaku podle tvaru a množství překážek pod přístřeškem (Obr. 3.7 a Tab. 3.5). Pokud je přístřešek plně uzavřen, uvažuje se hodnota plnosti ϕ rovna 1,0. Tyto tlaky jsou výsledkem všesměrného větru působící na horní i dolní povrchy přístřešku. Proto norma udává také součinitel celkové síly c_f a její polohu (Obr. 3.8). Ve výpočtu je potřeba rozlišovat stav, kdy dochází k sání (hodnoty součinitelů tlaku $c_{p,net}$ jsou záporné) a stav, kdy dochází k tlaku (hodnoty součinitelů tlaku $c_{p,net}$ jsou kladné).



Obr. 3.7 – Hodnota plnosti ϕ [15]



Obr. 3.8 – Výsledná poloha celkové síly c_f na pultový přístřešek [15]

Tab. 3.5 – Součinitele tlaků $c_{p,net}$ a síly c_f pro pultový přístřešek [15]

			Součinitele výsledného tlaku $c_{p,net}$ Legenda pro půdorys		
Úhel sklonu střechy α	Součinitel plnosti φ	Součinitel celkové síly c_f	Oblast A	Oblast B	Oblast C
0°	Maximum všech φ	+ 0,2	+ 0,5	+ 1,8	+ 1,1
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,5	- 0,6	- 1,3	- 1,4
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,3	- 1,5	- 1,8	- 2,2
5°	Maximum všech φ	+ 0,4	+ 0,8	+ 2,1	+ 1,3
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,7	- 1,1	- 1,7	- 1,8
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,2	- 2,5
10°	Maximum všech φ	+ 0,5	+ 1,2	+ 2,4	+ 1,6
	Minimum $\varphi = 0$	- 0,9	- 1,5	- 2,0	- 2,1
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 2,1	- 2,6	- 2,7
15°	Maximum všech φ	+ 0,7	+ 1,4	+ 2,7	+ 1,8
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,1	- 1,8	- 2,4	- 2,5
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,9	- 3,0
20°	Maximum všech φ	+ 0,8	+ 1,7	+ 2,9	+ 2,1
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,3	- 2,2	- 2,8	- 2,9
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,6	- 2,9	- 3,0
25°	Maximum všech φ	+ 1,0	+ 2,0	+ 3,1	+ 2,3
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,6	- 2,6	- 3,2	- 3,2
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,5	- 2,5	- 2,8
30°	Maximum všech φ	+ 1,2	+ 2,2	+ 3,2	+ 2,4
	Minimum $\varphi = 0$	- 1,8	- 3,0	- 3,8	- 3,6
	Minimum $\varphi = 1$	- 1,4	- 1,5	- 2,2	- 2,7

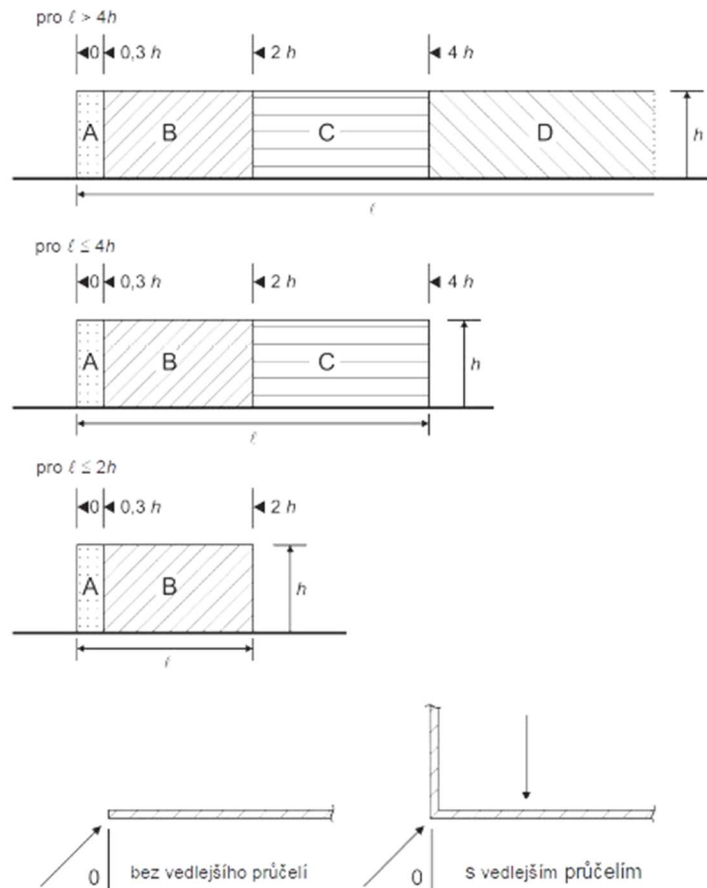
POZNÁMKA Kladné hodnoty součinitelů udávají zatížení větrem směrem dolů. Záporné hodnoty označují zatížení větrem směrem nahoru.

Pokud bude přístřešek podporován stěnami, záleží, jestli jsou to samostatné stěny, nebo tvoří uzavřený půdorys. Hodnoty součinitelů tlaku $c_{p,net}$ a jejich oblasti se pro samostatně stojící stěny určí dle tabulky Tab. 3.6 a obrázku Obr. 3.9. Pro uzavřený půdorys, který ale není pro zastávky typický, se hodnoty součinitele tlaku a jejich oblasti stanoví obdobně jako u běžných objektů pozemních staveb.

Tab. 3.6 – Součinitele tlaků $c_{p,net}$ pro volně stojící stěny [15]

Součinitel plnosti	Oblast		A	B	C	D
$\varphi = 1$	Bez vedlejšího průčelí	$l/h \leq 3$	2,3	1,4	1,2	1,2
		$l/h = 5$	2,9	1,8	1,4	1,2
		$l/h \geq 10$	3,4	2,1	1,7	1,2
	S vedlejšími průčelími s délkou $\geq h^a$		2,1	1,8	1,4	1,2
$\varphi = 0,8$			1,2	1,2	1,2	1,2

^a Pro vedlejší průčelí s délkami mezi 0,0 a h lze použít lineární interpolaci.

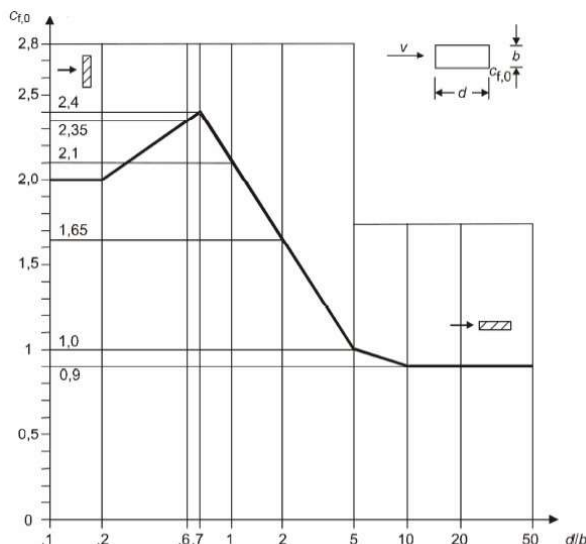


Obr. 3.9 – Velikost oblastí pro volně stojící stěny [15]

Součinitel síly c_f pro nosné prvky (např. obdélníkového průřezu s ostrými hranami) se získá dle následujícího vztahu a obrázku Obr. 3.10. Referenční plocha prvku je součinem strany kolmé na směr větru a jeho délky.

$$c_f = c_{f,0} \times \psi_r \times \psi_\lambda \times \kappa \quad [-] \quad (3.12)$$

- $c_{f,0}$... součinitel síly obdélníkového průřezu s ostrými hranami bez koncových vírů [-]
- ψ_r ... redukční součinitel pro případ obdélníku se zaoblenými hranami, jinak je tento součinitel roven 1,0 [-]
- ψ_λ ... součinitel uvážení efektu volných konců, který u zastávek bývá roven 1,0, protože nosné prvky podpírají další prvky konstrukce, a proto volné konce nemají [-]
- κ ... součinitel, který zohledňuje vliv nosných prvků v řadě [-]

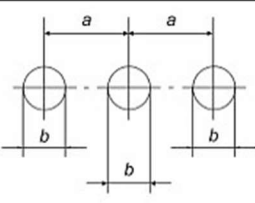


Obr. 3.10 – Součinitel síly $c_{f,0}$ pro nosné obdélníkové průřezy [15]

Do vzorce pro výpočet součinitele síly c_f může také vstupovat součinitel κ , který zohledňuje vliv nosných prvků v řadě a jeho hodnota se získá pomocí vzdáleností mezi nosnými prvky podle tabulky Tab. 3.7. V tabulce se uvažuje s prvky, které mají kruhový průřez, nicméně se může tato tabulka použít i pro jiné tvary průřezů. Jako rozměr b se pak bude uvažovat rozměr ve směru působení větru.

Tab. 3.7 – Součinitel κ [15]

a/b	κ
$a/b < 3,5$	1,15
$3,5 < a/b < 30$	$\kappa = \frac{210 - \frac{a}{b}}{180}$
$a/b > 30$	1,00



a vzdálenost;
 b průměr.

Pokud je nosná konstrukce příhradovina, použije se pro stanovení součinitele síly vztah určený pro příhradovou konstrukci. V normě ČSN EN 1991-1-4 [15] jsou uvedeny grafy pro příhradové konstrukce rovinné i prostorové, které mají prvky úhelníkového nebo kruhového průřezu. Pro konkrétní případ autobusové zastávky Rudník, řešené v konstrukční části práce, není úvaha brát svislou nosnou konstrukci jako příhradovinu správná. Šikmé sloupy nejsou ohraničeny horním a spodním pásem, nestýkají se po obvodě desky v jednom bodě a jejich průřezy jsou obdélníkové.

Pro další typy konstrukcí je potřeba najít jejich příslušné tabulky v normě a pomocí těchto tabulek určit součinitele tlaku nebo síly.

3.5. TEPLOTA

Obsah kapitoly odkazuje na normu ČSN EN 1991-1-5 [16]. Předlohou normy je evropská norma EN 1991-1-5 a udává, jak navrhnout konstrukce na zatížení od účinků teploty.

Vzhledem k tomu, že ve většině případů jsou zastávky otevřeným přístřeškem, bude na konstrukci působit primárně zatížení od rovnoměrné změny teploty. V důsledku změny teploty dojde k přetvoření a tím i k napětí v konstrukci. Může se také projevit zatížení od lineárního rozdílu teplot na horním a dolním povrchu konstrukce. Tento rozdíl teplot je způsobený účinkem paprsků slunce zahřívající horní povrch konstrukce, zatímco dolní povrch zůstává ve stínu. Je na zvážení, zda by mohlo toto zatížení výrazně ovlivnit únosnost konstrukce.

Rovnoměrná změna teploty ΔT_u se získá na základě výchozí a průměrné teploty dle vztahu:

$$\Delta T_u = T - T_0 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (3.13)$$

T ... průměrná teplota v létě nebo v zimě [$^\circ\text{C}$]

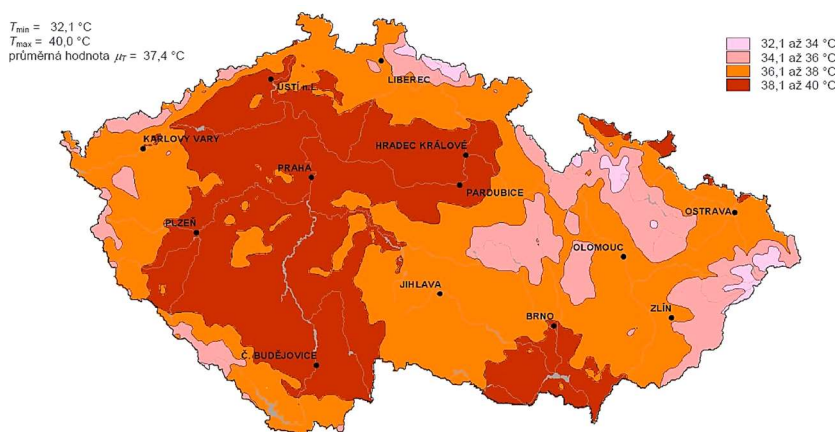
T_0 ... výchozí teplota, při které byla konstrukce zabudována [$^\circ\text{C}$]

Za normálních okolností by se průměrná teplota stanovila pro interiér a exteriér, ale protože jsou zastávky otevřenou stavbou a teplotní podmínky jsou pro oba povrchy konstrukce podobné, stačí uvažovat pouze hodnoty teplot pro vnější prostředí.

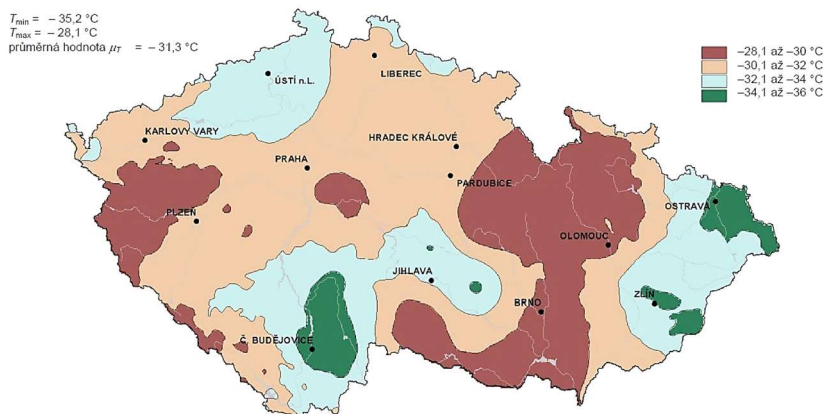
Jednotlivé hodnoty teplot pro lineární rozdíl jsou v příslušných tabulkách a v mapách pro Českou republiku (Tab. 3.8, Obr. 3.11 a Obr. 3.12).

Tab. 3.8 – Hodnoty pro vnější teploty nadzemní části pozemní stavby [16]

Období	Významný vliv		Teplota T_{out} ve $^\circ\text{C}$	
			S, V, SV	J, Z, JZ a H
léto	relativní pohltivost v závislosti na barvě povrchu	0,5 povrch jasně světlý	$T_{max} + 0 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{max} + 18 \text{ }^\circ\text{C}$
		0,7 povrch světle zbarvený	$T_{max} + 2 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{max} + 30 \text{ }^\circ\text{C}$
		0,9 povrch tmavý	$T_{max} + 4 \text{ }^\circ\text{C}$	$T_{max} + 42 \text{ }^\circ\text{C}$
zima			T_{min}	
POZNÁMKA: Hodnoty maximální (minimální) teploty vzduchu ve stínu T_{max} (T_{min}) se pro místo stavby určí z národních map izoterm.				



Obr. 3.11 – Maximální teploty ve stínu pro Českou republiku [16]



Obr. 3.12 – Minimální teploty ve stínu pro Českou republiku [16]

3.6. PROVÁDĚNÍ

Obsah kapitoly okazuje na normu ČSN EN 1991-1-6 [17]. Tato norma vychází z evropské normy EN 1991-1-6 a předepisuje, jak se vypořádat se zatížením, které působí na konstrukce během provádění.

Tato část se vztahuje na staveništní zatížení. Jedná se například o osoby, které se na stavbě pohybují, skládka materiálu nebo stroje. Pro zastávky malé velikosti není toto zatížení rozhodující.

Pro betonové konstrukce hraje v této kapitole roli zatížení při betonování. Do tohoto zatížení se musí podle tabulky započítat osoby a nářadí Q_{ca} , vlastní tíha bednění a nosných prvků Q_{cc} a tíha čerstvého betonu Q_{cf} (Tab. 3.9).

Tab. 3.9 – Rozložení zatížení při betonáži [17]

Zatížení	Zatížená plocha	Zatížení v kN/m ²
(1)	Vně pracovní plochy	0,75 včetně Q_{ca}
(2)	Uvnitř pracovní plochy 3 m × 3 m (nebo rozpětí, pokud je menší)	10 % vlastní tíhy betonu, avšak ne méně než 0,75 a ne více než 1,5; zahrnuje Q_{ca} a Q_{cf}
(3)	Skutečná plocha	Vlastní tíha bednění, nosného prvku (Q_{cc}) a tíha čerstvého betonu o návrhové tloušťce (Q_{cf})

Pokud by byly betonové konstrukce prefabrikované, je důležité posoudit návrhové situace, ve kterých bude nosný prvek působit. Návrhovými situacemi může být výroba, skladování prvků, přeprava na stavbu, manipulace na stavbě, montáž a stav po zmonolitnění celé konstrukce. U každé z vyjmenovaných návrhových situací může mít prvek jiné statické působení. U každé návrhové situace je třeba stanovit její časové období, ve kterém může být zatížení mimořádné, dočasné, seismické či trvalé.

3.7. MIMOŘÁDNÁ ZATÍŽENÍ

Obsah kapitoly odkazuje na normu ČSN EN 1991-1-7 [18]. Norma vychází z evropské normy EN 1991-1-7 a udává, jak naložit s mimořádným zatížením.

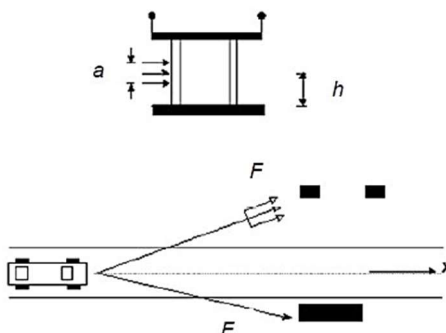
Do mimořádných zatížení, které by u zastávek mohlo nastat, lze zařadit náraz auta či těžšího vozidla. Jev se popisuje pomocí dynamické analýzy nebo se používá náhradní statická síla. Předpokladem pro střet je, že dopravní prostředek převezme celou energii. Hodnota ekvivalentní statické síly působící na nosné podpírající konstrukce se získá z tabulky Tab. 3.10. Její velikost a poloha závisí na kategorii pozemní komunikace a velikosti vozidla (Obr. 3.13). Výška plochy pro působení síly a je od 0,25 m do 0,5 m, rozsah výšky působení síly h je od 0,5 m do 1,5 m od vozovky. Obě výšky závisí na tom, jestli nárazový prostředek bude osobní automobil nebo těžké vozidlo, jehož maximální váha je vyšší než 3,5 tuny.

Náraz by také mohl způsobit vzplanutí vozidla. Jednalo by se tak o požár, který by bylo u pozemních staveb nutné prošetřit. Pro zastávky ale toto zatížení není rozhodujícím faktorem.

Tab. 3.10 – Ekvivalentní statická síla [18]

Kategorie pozemní komunikace	Síla F_{ax} ^{a)} [kN]	Síla F_{ay} ^{a)} [kN]
Dálnice, silnice I. třídy a rychlostní místní komunikace	1 000	500
Silnice II. a III. třídy a místní komunikace s dovolenou rychlostí nad 60 km/h	750	375
Místní komunikace s dovolenou rychlostí do 60 km/h včetně a účelové komunikace	500	250
Uzavřené plochy (např. podnikové plochy, dvory, areály zdravotnických zařízení) a budovy s hromadnými garážemi (např. sklady, parkovací plochy) s přístupem:		
– osobních vozidel	50	25
– těžkých vozidel ^{b)}	150	75

a) x = směr jízdy, y = kolmo na směr jízdy.
b) Termín „těžké vozidlo“ se vztahuje k vozidlům o celkové maximální hmotnosti větší než 3,5 tun.



Obr. 3.13 – Působení ekvivalentní statické síly [18]

Kombinace zatížení pro mimořádné návrhové situace jsou dány následujícím vztahem, označeném v normě ČSN EN 1990 [11] číslem 6.11b.

Hodnoty součinitelů ψ_i pro mimořádnou situaci jsou definovány v tabulkách Tab. 3.11 resp. Tab. 3.3.

$$6.11b: \quad \Sigma G_{k,i} + A_d + (\psi_{1,1} \text{ nebo } \psi_{2,1}) \times Q_{k,1} + \Sigma(\psi_{2,i} \times Q_{k,i}) \quad (3.14)$$

- G_k ... charakteristická hodnota stálého zatížení
- A_d ... návrhová hodnota mimořádného zatížení
- ψ_1 ... součinitel pro častou hodnotu proměnného zatížení
- ψ_2 ... součinitel pro kvazistálou hodnotu proměnného zatížení
- Q_k ... charakteristická hodnota proměnného zatížení

Tab. 3.11 – Návrhové hodnoty pro mimořádné situace [18]

Návrhová situace	Stálá zatížení		Hlavní mimořádné nebo seismické zatížení	Vedlejší proměnná zatížení	
	nepříznivá	příznivá		nejúčinnější (pokud se vyskytuje)	ostatní
Mimořádná Výraz (6.11a/b)	$G_{k,sup}$	$G_{k,inf}$	A_d	$\psi_{1,1}$ nebo $\psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\psi_{2,i} Q_{k,i}$

4. KONSTRUKČNÍ NÁVRH AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY RUDNÍK

4.1. POPIS OBJEKTU

Předmětem konstrukční části práce je návrh nosných prvků autobusové zastávky Rudník. Zastávka se nachází v Královéhradeckém kraji v okrese Turnov u silnice II. třídy (II/325). Výchozím podkladem byla dokumentace pro stavební řízení, ze kterého byl převzat architektonický vzhled. Svým vzhledem patří mezi atypické zastávky dnešní doby.

Tato zastávka se skládá z desky s vykonzolovanou šikmou římsou, šikmých sloupů a stěnového tubusu (Obr. 4.1). Dle podkladů je objekt založen na základových pasech, ale aby konstrukce lépe odolávala namáhání od větru, bude objekt založen na desce, která svým tvarem kopíruje desku zastřešující zastávku. Sloupy po obvodě podpírají desku s okraji kónického průřezu. Zastávka je řešena jako otevřený přístřešek, který je ze severozápadu krytý proti povětrnostním vlivům v podobě zasklení mezi sloupy. Na sloupy jsou připevněny pomocí úhelníků dřevěné lavičky z lepeného dřeva. Zastávku osvětluje eliptický pilíř uvnitř zastávky a také umělé osvětlení v drážkách šikmé římsy. Střecha je plochá a osazená extenzivní zelení.

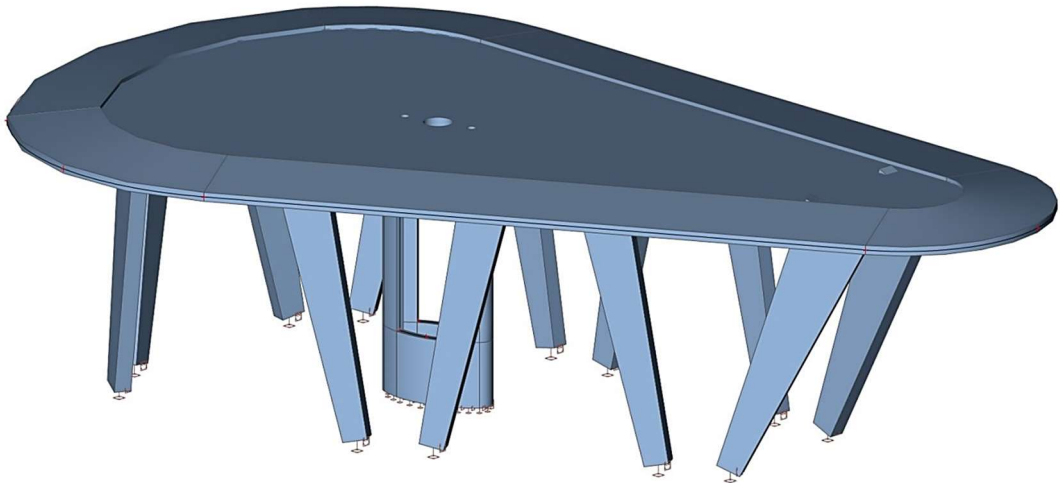


Obr. 4.1 – Autobusová zastávka Rudník

Návrh zastávky je proveden ve dvou variantách:

a) Varianta 1 se šikmými sloupy (Obr. 4.2):

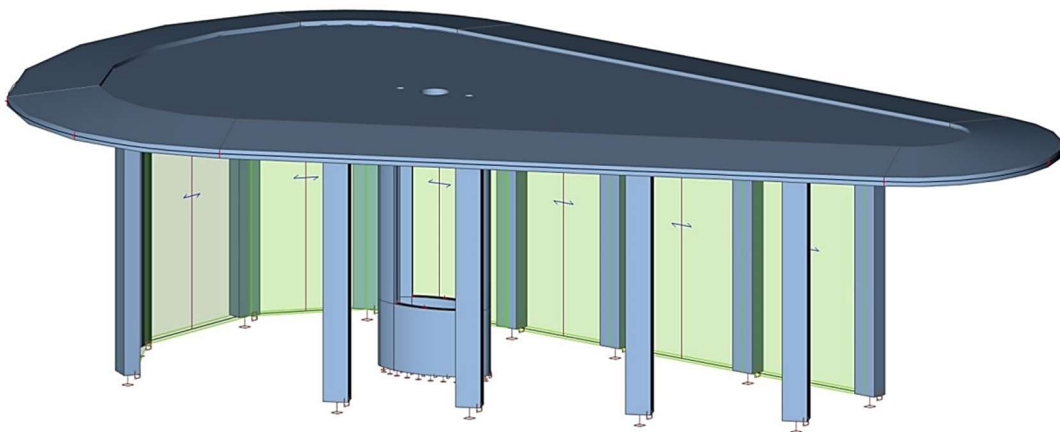
V této variantě je kladen důraz na dodržení původního záměru architekta a jsou tedy zachovány šikmé sloupy proměnného průřezu rozšiřující se od paty k hlavě. Výhodou tohoto řešení je na první pohled skutečnost, že v hlavách sloupů s většími průřezy bude docházet k většímu přenosu momentového namáhání. Povětrnostní vlivy nebude přenášet jen eliptický stěnový tubus, ale také šikmé sloupy zajišťující stabilitu.



Obr. 4.2 – Autobusová zastávka Rudník – varianta 1

b) Varianta 2 se svislými sloupy (Obr. 4.3):

Záměrem druhé varianty je ušetření objemu betonu a případné hmotnosti výztuže sloupů. Toho je docíleno použitím svislých prizmatických sloupů. Nevýhodou oproti první variantě je menší stabilita objektu při povětrnostních vlivech, na kterou bude kladen důraz při vyztužování svislých sloupů.



Obr. 4.3 – Autobusová zastávka Rudník – varianta 2

Pro návrh a posouzení konstrukce jsou vytvořeny 3D výpočetní modely v programu SCIA Engineer 21.1 a kvůli analýze chování konstrukce při namáhání způsobené větrem i v programu Dlubal RFEM 6.02. Návrh a posudek sloupů je proveden ve výpočetním programu FIN EC 2023 Beton, deskové konstrukce jsou navrženy a posouzeny v programu SCIA Engineer 21.1 a protlačení střešní i základové desky je ověřeno ručním výpočtem.

4.2. MATERIÁLOVÉ CHARAKTERISTIKY

4.2.1. Beton a betonářská ocel

Beton C30/37:

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}, \gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 33\,000 \text{ MPa}$$

Ocel B500B:

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}, \gamma_s = 1,15$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500}{1,15} = 435 \text{ MPa}$$

$$E_s = 200\,000 \text{ MPa}$$

4.2.2. Stupeň vlivu prostředí

Deska:

XC2 – beton dlouhodobě vystaven účinkům vody → min C25/30

XF3 – vodorovná konstrukce vystavena účinkům deště a mrazu → min C30/37

→ C30/37 – XC2, XF3 – Cl0,2 – Dmax16 – S3

Sloupy:

XC2 – beton dlouhodobě vystaven účinkům vody → min C25/30

XF1 – svislá konstrukce vystavena účinkům deště a mrazu → min C30/37

→ C30/37 – XC2, XF1 – Cl0,2 – Dmax16 – S3

Stěna:

XC2 – beton dlouhodobě vystaven účinkům vody → min C25/30

XF1 – svislá konstrukce vystavena účinkům deště a mrazu → min C30/37

→ C30/37 – XC2, XF1 – Cl0,2 – Dmax16 – S3

Základová deska:

XC2 – beton dlouhodobě vystaven účinkům vody → min C25/30

XA1 – přírodní zemina a podzemní voda → min C30/37

→ C30/37 – XC2, XA1 – Cl0,2 – Dmax22 – S3

4.2.3. Krycí vrstva

DESKY A STĚNA:

- předpokládaný průměr výztuže – 12 mm
- životnost – 50 let
- základní třída konstrukce – S4
- monolitická konstrukce

$$c_{min,b} = 12 \text{ mm}$$

$$c_{min,dur} = 15 \text{ mm (Tab. 4.2)}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm}) = \max(c_{min,b} = 12 \text{ mm}; c_{min,dur} = 15 \text{ mm}; 10 \text{ mm}) = 15 \text{ mm}$$

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

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 15 + 10 = 25 \text{ mm}$$

Deska a stěna: $c = 30 \text{ mm}$ → výtuž stěny bude v jedné vrstvě uprostřed tloušťky

Pro základovou desku je podle normy ČSN EN 1992-1-1 [21] nutné navrhnout krycí vrstvu minimálně 40 mm při betonáži na upravené podloží v podobě např. podkladního betonu, což je předpokladem i pro tuto zastávku. Pokud by byla provedena betonáž přímo na zeminu, bylo by nutné navrhnout krycí vrstvu minimálně 75 mm.

Základová deska: $c = 40 \text{ mm}$

Tab. 4.1 - Úprava klasifikace konstrukce desky a stěny [21]

Kritérium	Třída konstrukce							
	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1							
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3
návrhová životnost 80 let	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1
návrhová životnost 100 let	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2
pevnostní třída ¹⁾	≥ C20/25 zmenšit třídu o 1	≥ C25/30 zmenšit třídu o 1	≥ C30/37 zmenšit třídu o 1	≥ C35/45 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C45/55 zmenšit třídu o 1
deskové konstrukce (poloha výztuže není ovlivněna výrobním postupem)	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1
zajištěna zvláštní kontrola kvality výroby betonu	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1

Tab. 4.2 - $c_{min,dur}$ desky a stěny [21]

Třída konstrukce	Požadavek prostředí pro $c_{min,dur}$ (mm)						
	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

SLOUPY:

- předpokládaný průměr výztuže – 22 mm (varianta 1) nebo 28 mm (varianta 2)
8 mm (třmínky)
- životnost – 50 let
- základní třída konstrukce – S4
- monolitická konstrukce

$$c_{min,b} = 22 \text{ mm nebo } 28 \text{ mm (pro třmínky 8 mm)}$$

$$c_{min,dur} = 20 \text{ mm}$$

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10 \text{ mm})$$

$$= \max(c_{min,b} = 22 \text{ mm nebo } 28 \text{ mm}; c_{min,dur} = 20 \text{ mm}; 10 \text{ mm})$$

$$= 22 \text{ mm nebo } 28 \text{ mm (pro třmínky 20 mm)}$$

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

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} = 22 \text{ nebo } 28 + 10 = 32 \text{ mm nebo } 38 \text{ mm (pro třmínky 30 mm)}$$

Sloupy: $c = 30 \text{ mm}$

Hlavní nosná výztuž (22 mm nebo 28 mm) bude chráněna třmínky a krycí vrstvou pro třmínky (8 + 30 = 38 mm).

Tab. 4.3 - Úprava klasifikace konstrukce sloupů [21]

Kritérium	Třída konstrukce							
	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1							
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3
návrhová životnost 80 let	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1	zvětšit třídu o 1
návrhová životnost 100 let	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2	zvětšit třídu o 2
pevnostní třída ¹⁾	≥ C20/25 zmenšit třídu o 1	≥ C25/30 zmenšit třídu o 1	≥ C30/37 zmenšit třídu o 1	≥ C35/45 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C40/50 zmenšit třídu o 1	≥ C45/55 zmenšit třídu o 1
deskové konstrukce (poloha výztuže není ovlivněna výrobním postupem)	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1
zajištěna zvláštní kontrola kvality výroby betonu	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1	zmenšit třídu o 1

Tab. 4.4 - $c_{min,dur}$ sloupů [21]

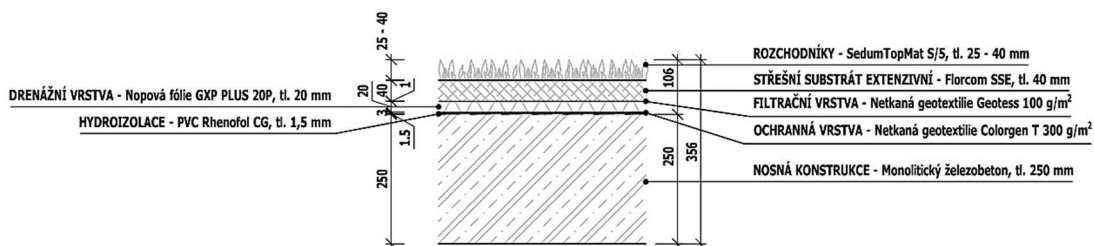
Třída konstrukce	Požadavek prostředí pro $c_{min,dur}$ (mm)						
	Stupeň vlivu prostředí podle tabulky 4.1						
	X0	XC1	XC2/XC3	XC4	XD1 / XS1	XD2/XS2	XD3/XS3
S1	10	10	10	15	20	25	30
S2	10	10	15	20	25	30	35
S3	10	10	20	25	30	35	40
S4	10	15	25	30	35	40	45
S5	15	20	30	35	40	45	50
S6	20	25	35	40	45	50	55

4.3. ZATÍŽENÍ

4.3.1. Stálá a užitná zatížení

Nosná konstrukce zastávky, kterou tvoří deska s okraji kónického průřezu a šikmé sloupy proměnného průřezu, je z monolitického železobetonu a jeho uvažovaná objemová tíha činí dle normy 25 kN/m^3 . V rámci výpočetního programu je vlastní tíha nosné konstrukce generována automaticky.

Ostatní stálé zatížení u této zastávky představuje skladba zelené střechy (Obr. 4.4) a konstrukce laviček zatěžující sloupy ve výšce 0,785 m (Obr. 4.5). Toto zatížení je shrnuto v následujících tabulkách (Tab. 4.5 a 4.6). Objemové nebo plošné tíhy byly převzaty z normy nebo z technických listů použitých materiálů. [12], [19]



Obr. 4.4 – Skladba zelené střechy

Tab. 4.5 – Charakteristické zatížení zelené střechy

Typ	Zatížení	Tloušťka [m]	Obj. tíha [kN/m^3]	Char. plošné zatížení [kN/m^2]
Stálé	Rozchodníky – SedumTopMat S/5			0,150
	Střešní substrát extenzivní – Florcom SSE	0,04	8,2	0,328
	Filtrační vrstva – netkaná geotextilie Geotess 100 g/m^2	0,001		0,001
	Drenážní vrstva – Nopová fólie GXP PLUS 20P	0,02		0,008
	Ochranná vrstva – Netkaná geotextilie Colorgen T 300 g/m^2	0,003		0,003
	Hydroizolace – PVC Rhenofol CG	0,0015		0,019
CELKEM			$(g-g_0)_k =$	0,51

Tab. 4.6 – Charakteristické zatížení laviček

Typ	Zatížení	Tloušťka [m]	Obj. tíha [kN/m^3]	Char. plošné zatížení [kN/m^2]
Stálé	Lepené lamelové dřevo (GL24h)	0,07	3,7	0,26
CELKEM			$g_k =$	0,26

Aby byly sloupky od laviček zatěžovány pouze jednoosým ohybem, musí být lavičky přichyceny ke sloupům pomocí úhelníků.



Obr. 4.5 – Pohled na lavičky přichycené na sloupky pomocí úhelníků

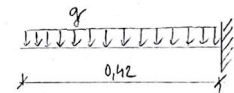
Lavička L01:

$L = 2,5 \text{ m}, B = 0,42 \text{ m}$

$g_k \times L = 0,26 \times 2,5 = 0,65 \text{ kN/m} \rightarrow \text{lavičku podpírají 2 sloupky} \rightarrow \frac{0,65}{2} = 0,325 \text{ kN/m}$

$V = 0,325 \times 0,42 = 0,14 \text{ kN}$

$M = \frac{0,325 \times 0,42^2}{2} = 0,03 \text{ kNm}$



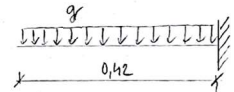
Lavička L02:

$L = 10,63 \text{ m}, B = 0,42 \text{ m}$

$g_k \times L = 0,26 \times 10,6 = 2,76 \text{ kN/m} \rightarrow \text{lavičku podpírá 7 sloupů} \rightarrow \frac{2,76}{7} = 0,39 \text{ kN/m}$

$V = 0,39 \times 0,42 = 0,17 \text{ kN}$

$M = \frac{0,39 \times 0,42^2}{2} = 0,03 \text{ kNm}$



Užitné zatížení zastávky pro nepřístupnou střechu s výjimkou běžné údržby je podle normy $q_k = 0,75 \text{ kN/m}^2$ a $Q_k = 1,0 \text{ kN}$. Protože je ale zatížení sněhem nebo větrem vyšší, nebude s užitným zatížením střechy dále počítáno. Pouze v případě, kdy na konstrukci zastávky bude působit pouze užitné zatížení.

Užitné zatížení laviček spadá pod kategorii C2. Plošné zatížení je tedy $q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$ a bodové zatížení je $Q_k = 2,5 \text{ kN}$. Dále bude počítáno se zatížením, které vyvozuje vyšší namáhání.

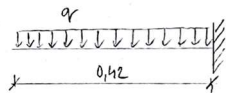
Lavička L01:

$L = 2,5 \text{ m}, B = 0,42 \text{ m}$

$q_{01} = q_k \times L = 3,0 \times 2,5 = 7,5 \text{ kN/m} \rightarrow \text{lavičku podpírají 2 sloupky} \rightarrow \frac{7,5}{2} = 3,75 \text{ kN/m}$

$V_{01,1} = 3,75 \times 0,42 = 1,58 \text{ kN}$

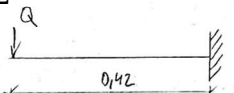
$M_{01,1} = \frac{3,75 \times 0,42^2}{2} = 0,33 \text{ kNm}$



$Q_{01} = \frac{Q_k}{1 \text{ m}} \times L = \frac{2,5}{1 \text{ m}} \times 2,5 = 6,25 \text{ kN} \rightarrow \text{lavičku podpírají 2 sloupky} \rightarrow \frac{6,25}{2} = 3,13 \text{ kN}$

$V_{01,2} = 3,13 \text{ kN}$

$M_{01,2} = 3,13 \times 0,42 = 1,31 \text{ kNm}$



Pro lavičku L01 rozhoduje užitné zatížení bodové $Q_k = 2,5 \text{ kN}$ na konci vyložení.

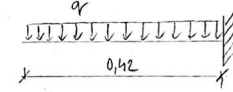
Lavička L02:

$L = 10,63 \text{ m}, B = 0,42 \text{ m}$

$q_{02} = q_k \times L = 3,0 \times 10,6 = 31,9 \text{ kN/m} \rightarrow \text{lavičku podpírání 7 sloupů} \rightarrow \frac{31,9}{7} = 4,56 \text{ kN/m}$

$V_{02,1} = 4,56 \times 0,42 = 1,91 \text{ kN}$

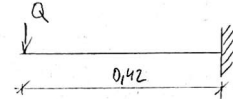
$M_{02,1} = \frac{4,56 \times 0,42^2}{2} = 0,4 \text{ kNm}$



$Q_{02} = \frac{Q_k}{1 \text{ m}} \times L = \frac{2,5}{1 \text{ m}} \times 10,6 = 26,58 \text{ kN} \rightarrow \text{lavičku podpírání 2 sloupy} \rightarrow \frac{26,58}{7} = 3,8 \text{ kN}$

$V_{02,2} = 3,8 \text{ kN}$

$M_{02,2} = 3,8 \times 0,42 = 1,6 \text{ kNm}$

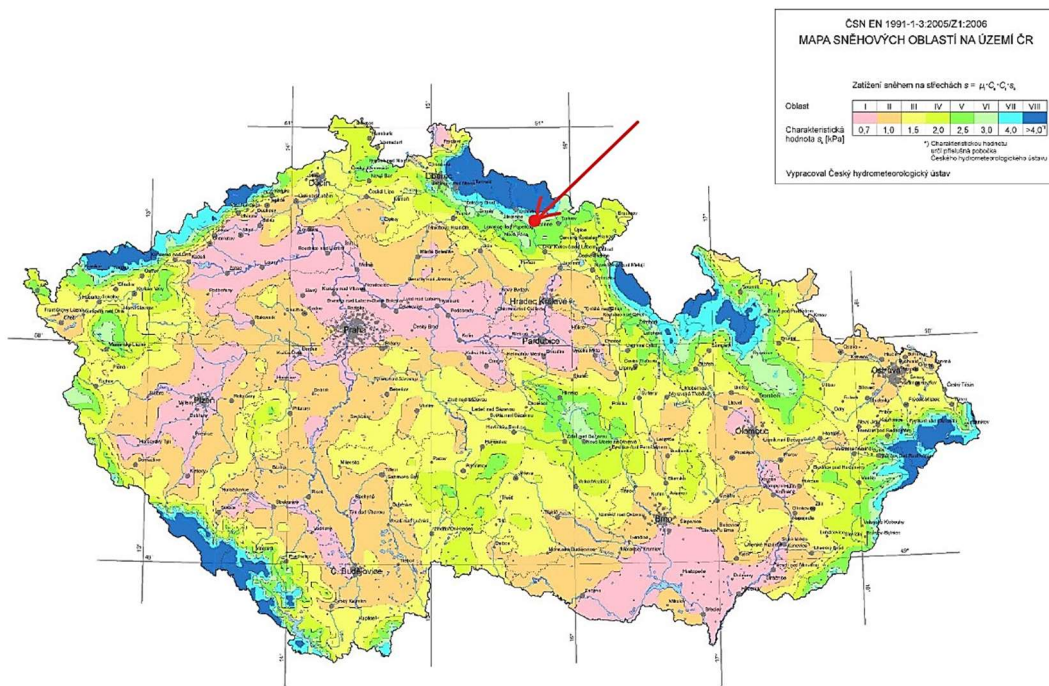


Pro lavičku L02 rozhoduje užité zatížení bodové $Q_k = 2,5 \text{ kN}$ na konci vyložení.

4.3.2. Požár

Jak již bylo zmíněno dříve, zatížení vlivem požáru není u zastávek rozhodující, a proto nebude bráno v potaz.

4.3.3. Sněž



Obr. 4.6 – Poloha zastávky pro stanovení oblasti zatížení sněhem [14]

Oblast VI $\rightarrow s_k = 3,00 \text{ kN/m}^2$ (Obr. 4.6)

$s = \mu_i \times C_e \times C_t \times s_k = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 3,00 = 2,4 \text{ kN/m}^2$

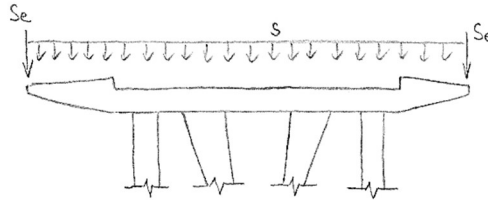
Výška překážky pro sněž v podobě nápisu má výšku 0,4 m. Její dvojnásobek ale nespadá do intervalu délky sněžové návěje od překážky, který nabývá hodnot od 5 do 15 m. Není tedy třeba brát nápis při zatížení sněhem v potaz.

Pro převislý ulehlý sníh přes okraj střechy se použije následující vztah:

Ulehlý sníh – oblast VI → $d = 120 \text{ cm} = 1,2 \text{ m}$ [20]

$$k = \frac{3}{d} = \frac{3}{1,2} = 2,5 \leq d \times \gamma = 1,2 \times 3 = 3,6$$

$$S_e = \frac{k \times s^2}{\gamma} = \frac{2,5 \times 2,4^2}{3} = 4,8 \text{ kN/m}$$

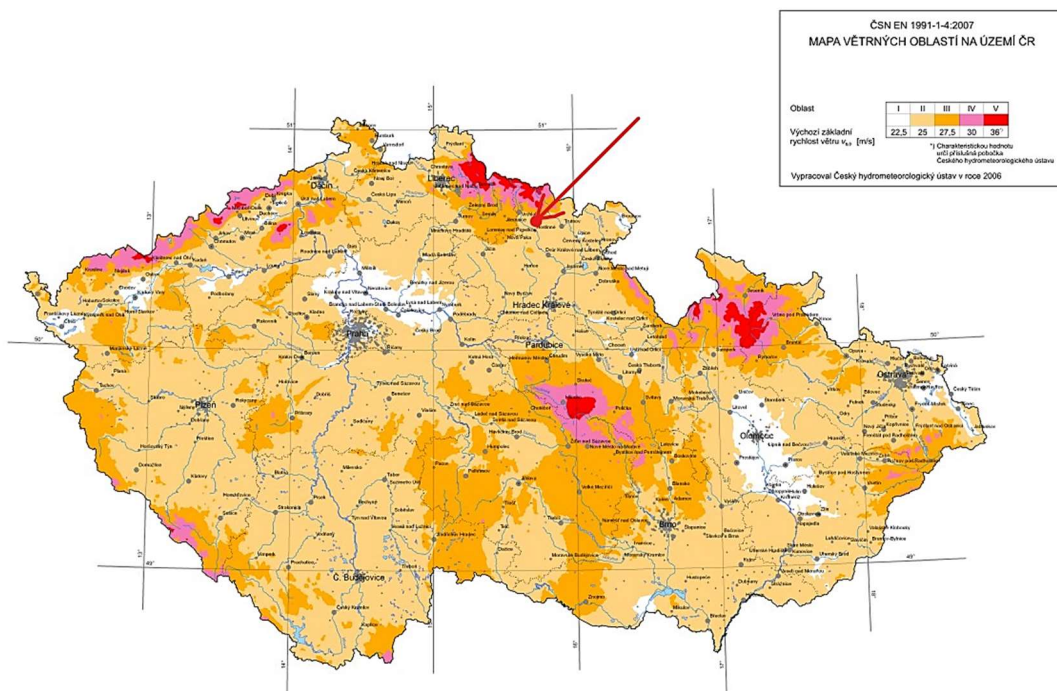


Obr. 4.7 – Schéma výsledného působení zatížení sněhem

4.3.4. Vítr

Základní rychlost větru:

Oblast II → $v_b = v_{b,0} \times c_{dir} \times c_{season} = 25 \times 1,0 \times 1,0 = 25 \text{ m/s}$ (Obr. 4.8)



Obr. 4.8 – Poloha zastávky pro stanovení oblasti zatížení větrem [15]

Základní dynamický tlak větru:

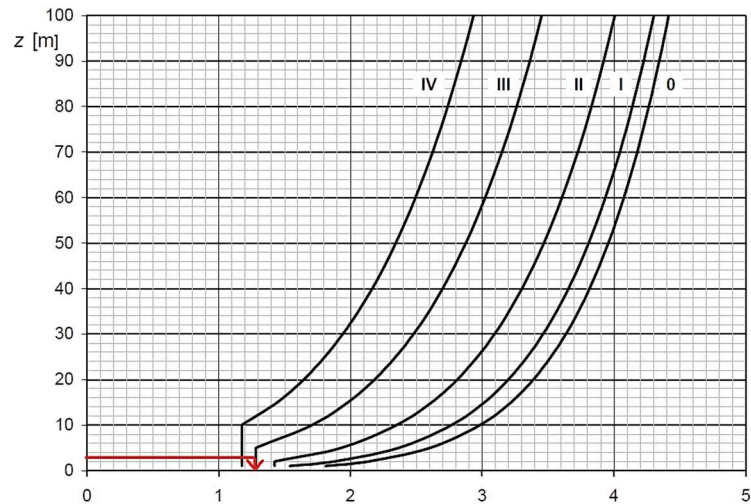
$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2 = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 25^2 = 390,6 \text{ Pa} = 0,39 \text{ kN/m}^2$$

Maximální dynamický tlak větru:

$$h = 3,15 \text{ m}$$

Kategorie terénu III → $c_e(z) = 1,3$ (Obr. 4.9)

$$q_{p(z)} = c_e(z) \times q_b = 1,3 \times 0,39 = 0,507 \text{ kN/m}^2 \cong 0,5 \text{ kN/m}^2$$

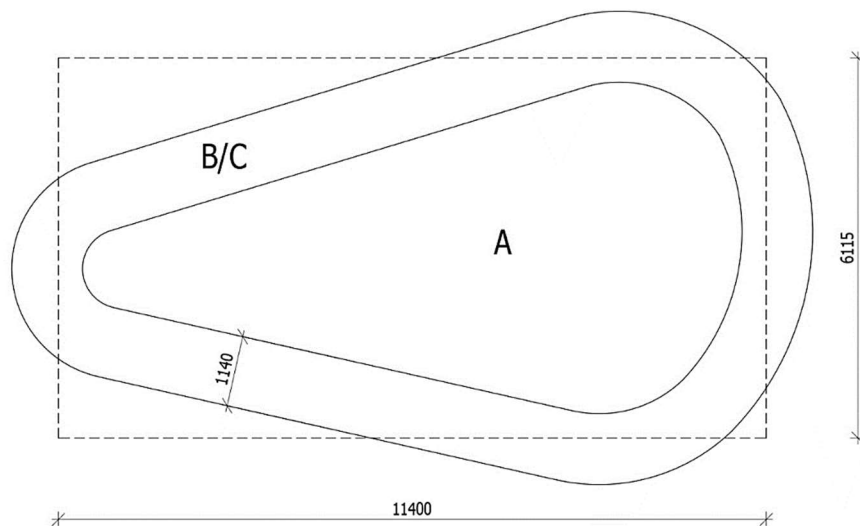


Obr. 4.9 – Stanovení součinitele expozice $c_e(z)$ [15]

Pro stanovení oblastí tlaku od větru přístřešku byl určen součinitel plnosti ϕ na hodnotu 1,0, jelikož volnému průchodu větru pod přístřeškem brání zasklení mezi sloupy. Kvůli zakřivenému půdorysu byl také určen náhradní efektivní obdélníkový půdorys, jehož plocha je téměř stejná jako plocha zakřiveného půdorysu (Tab. 4.7 a Obr. 4.10). U oblasti B/C naznačené ve schématu je vždy uvažována vyšší hodnota z oblastí B a C v závislosti na zatížení. Pro tlak je tedy uvažován součinitel pro oblast B a pro sání je uvažován součinitel pro oblast C.

Určení šířky vymežující oblast B/C:

$$\max\left(\frac{11\,400}{10} = 1\,140; \frac{6\,115}{10} = 611,5\right) = 1\,140 \text{ mm}$$

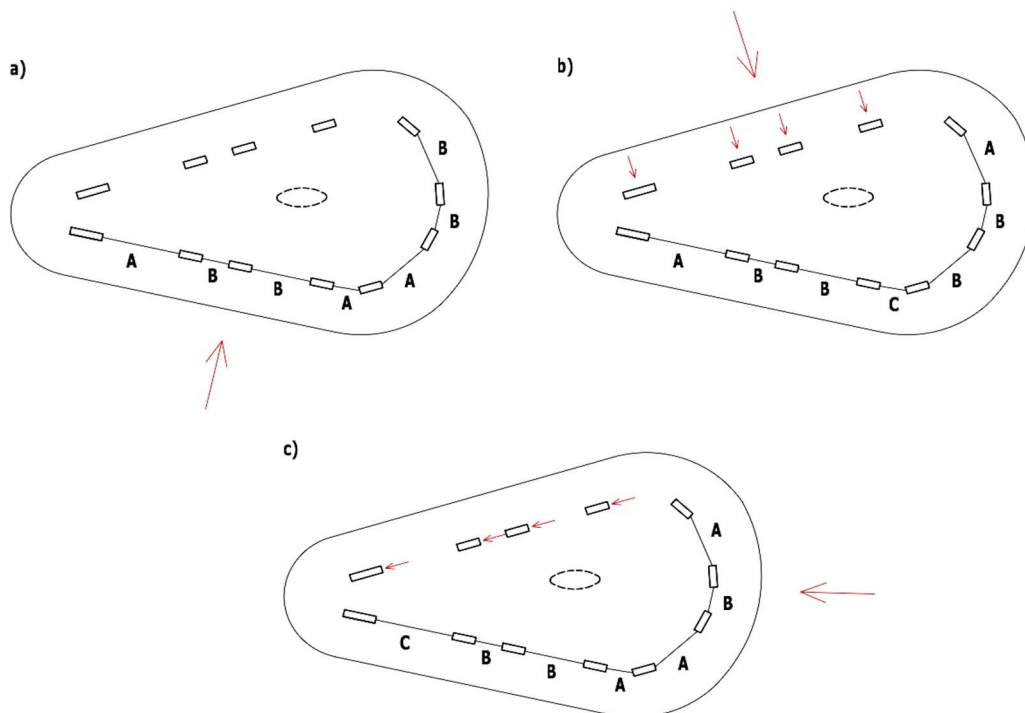


Obr. 4.10 – Schéma oblastí tlaku na konstrukci přístřešku

Tab. 4.7 – Shrnutí součinitelů tlaku $c_{p,net}$ pro přístřešek

Oblast	$c_{p,net}$ [-]	
	Tlak	Sání
A	0,5	-1,5
B/C	1,8	-2,2

Je uvažováno zatížení větrem ze tří stran (Obr. 4.11). Je důležité v návrhu zohlednit, že tyto zatěžovací stavy nikdy nepůsobí na konstrukci současně. Zakřivená stěna se skládá ze sloupů a skleněných tabulí mezi sloupy. Podle směrů větru se rozdělí do oblastí A, B a C (Obr. 4.11). Pro zjednodušení byly jednotlivé oblasti vloženy do polí mezi sloupy. Tato úprava je z hlediska výpočtu na straně bezpečné. Na nárožích a na koncích stěn vzniká největší tlak. Sání vzniká na stěně, která je přibližně kolmá ke směru větru. Vnitřní eliptický tubus byl pro zatížení větrem zanedbán – ve dvou případech směru větru a) a b) zatížení na tubus přímo nepůsobí a v případě směru větru c) zachytí zatížení sloupy před tubusem. Pro jednotlivé oblasti jsou stanoveny součinitele tlaků $c_{p,net}$, které jsou shrnuty v tabulce Tab. 4.8.

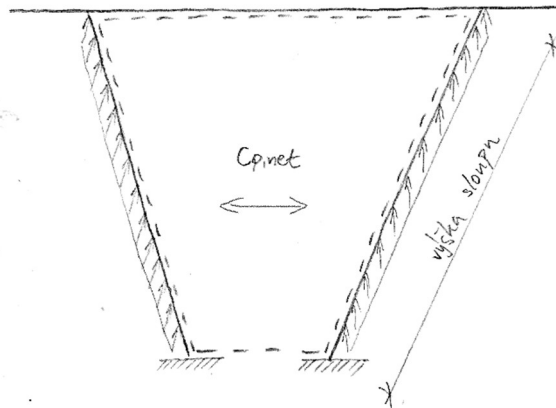


Obr. 4.11 – Schéma oblastí tlaku:
 a) směr větru na delší stranu zakřivené stěny, b) směr větru na stranu s volnými sloupy,
 c) směr větru na kratší stranu zakřivené stěny

Tab. 4.8 – Shrnutí součinitelů tlaku $c_{p,net}$ pro stěny

Oblast	$c_{p,net}$ [-]	
	Bez vedl. průčelí	S vedl. průčelím
A	2,3	2,1
B	1,4	1,8
C	1,2	1,4

Protože SCIA Engineer 21.1 neumožňuje použití zatěžovacích panelů lichoběžníkového tvaru (skleněné výplně mezi sloupy), byl u první varianty použit postup převedení součinitelů tlaku na lineární součinitele sloupů. Lineární hodnota součinitelů byla stanovena na základě plochy zasklení vydělenou dvěma, protože prostřednictvím skleněné tabule se zatížení větrem přeneso do krajních sloupů, dále vynásobenou součinitelem tlaku $c_{p,net}$, a nakonec vydělenou výškou sloupu (Obr. 4.12). U druhé varianty byl tento postup nahrazen použitím zatěžovacích panelů, které po nastavení v programu automaticky přenesou součinitele tlaků do krajních sloupů. Tyto zatěžovací panely jsou zobrazeny u přestavení variant v obrázku Obr. 4.3.



Obr. 4.12 – Stanovení lineární hodnoty součinitelů pro sloupy

V první variantě jsou v prvotním návrhu dle pokladů a následných úprav stanoveny dva druhy sloupů různého průřezu, který je po délce proměnný. Tento návrh má především architektonické opodstatnění, ale také budou sloupy v hlavě přenášet vyšší momentové namáhání. Oba sloupy začínají v patě průřezem 200x350 a v hlavě má první sloup průřez 200x600 a druhý sloup průřez 200x900. Zatížení větrem na sloupy se vypočítá pomocí následujícího vztahu pro součinitel síly c_f . Rozměry sloupů pro zatížení větrem se získají zprůměrováním rozměrů průřezu v patě a v hlavě sloupu. Protože jejich konce nemají volný konec, je brána hodnota součinitele uvažování efektu volných konců ψ_λ jako 1,0. Ve druhé variantě se bude pro zjednodušení uvažovat se stejnými hodnotami součinitelů síly c_f .

Součinitel zohledňující sloupy v řadě:

$$3,5 < \frac{a}{b} = \frac{1840}{625} = 2,9 \rightarrow \kappa = 1,15$$

$$3,5 < \frac{a}{b} = \frac{1840}{475} = 3,9 < 30 \rightarrow \kappa = \frac{210 - \frac{a}{b}}{180} = \frac{210 - 3,9}{180} = 1,14$$

a ... průměrná vzdálenost mezi sloupy

b ... průměrná délka ve směru větru

Sloup s průřezem v hlavě 200x900 (průměrné rozměry po výšce 625x200) (Obr. 4.13):

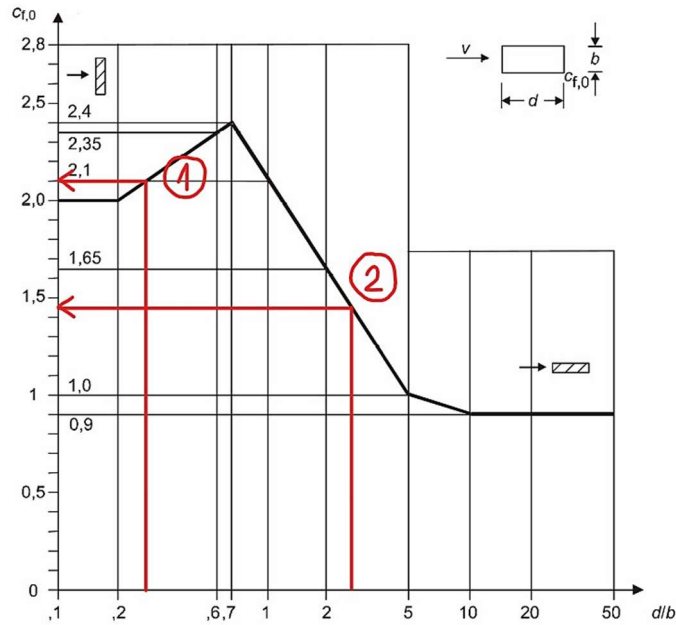
$$\frac{d}{b} = \frac{200}{625} \cong 0,3 \rightarrow c_{f,1} = c_{f,0,1} \times \psi_r \times \psi_\lambda \times \kappa = 2,1 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 2,1$$

$$\frac{d}{b} = \frac{625}{200} \cong 3,1 \rightarrow c_{f,2} = c_{f,0,2} \times \psi_r \times \psi_\lambda \times \kappa = 1,45 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,15 = 1,65$$

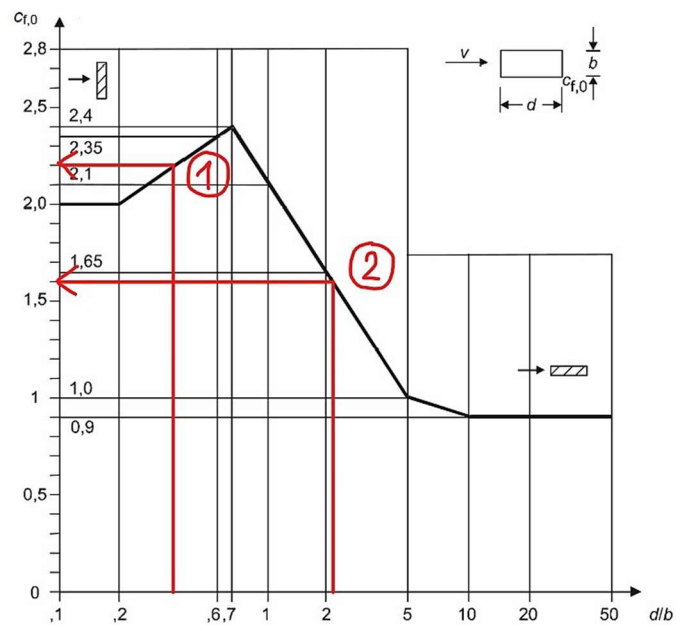
Sloup s průřezem v hlavě 200x600 (průměrné rozměry po výšce 475x200) (Obr. 4.14):

$$\frac{d}{b} = \frac{200}{475} \cong 0,4 \rightarrow c_{f,1} = c_{f,0,1} \times \psi_r \times \psi_\lambda \times \kappa = 2,2 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,0 = 2,2$$

$$\frac{d}{b} = \frac{475}{200} \cong 2,4 \rightarrow c_{f,2} = c_{f,0,2} \times \psi_r \times \psi_\lambda \times \kappa = 1,6 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,14 = 1,82$$



Obr. 4.13 – Součinitel tlaku $c_{f,0}$ pro sloup s průměrnými rozměry 625x200 [15]

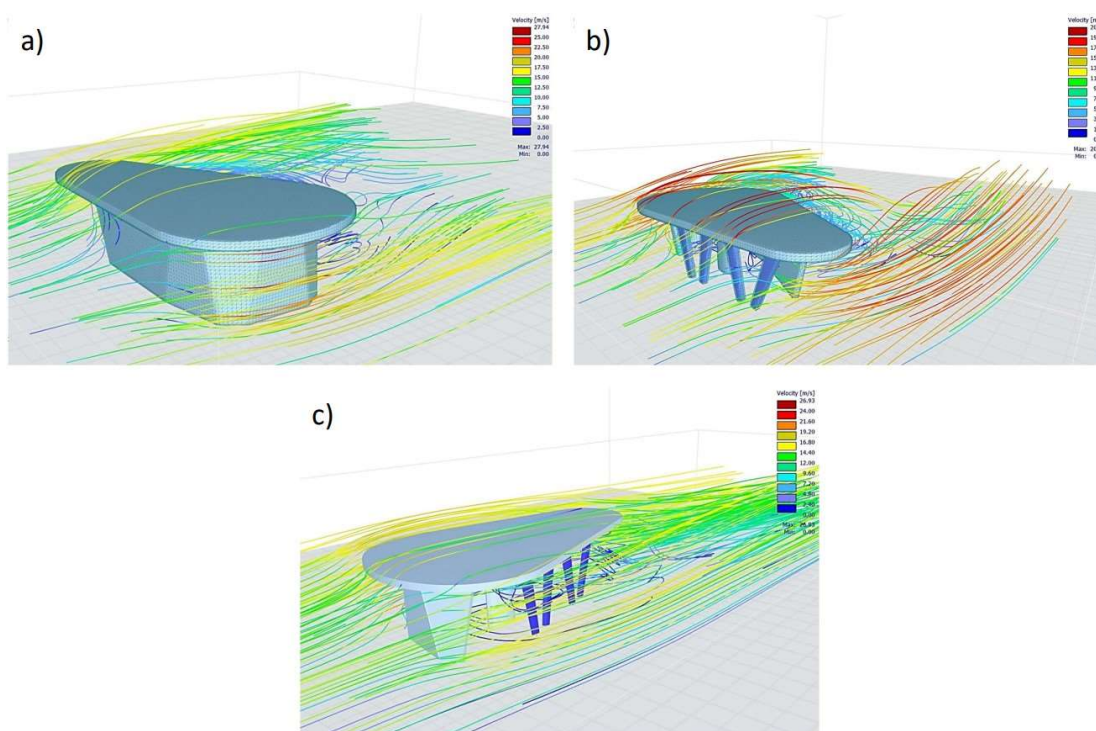


Obr. 4.14 – Součinitel tlaku $c_{f,0}$ pro sloup s průměrnými rozměry 475x200 [15]

Tímto přepočtem jsou dány součinitele tlaku c_p a síly c_f pro jednotlivé konstrukce a lze si dále stanovit přesné hodnoty zatížení vynásobením maximálního dynamického tlaku stanovenými součiniteli. V případě programu SCIA Engineer 21.1 postačí počáteční nastavení klimatického zatížení v podobě větru. Po zadání těchto údajů a přiřazení součinitelů tlaku c_p a síly c_f k jednotlivým nosným prvkům konstrukce si výpočetní program stanoví působící zatížení.

Protože konstrukce nemá jednoduchý tvar, bylo potřeba normové postupy upravit pro konkrétní zastávku. Pro potvrzení správnosti úvah vedoucí k určení zatížení větrem na zastávku, byl použit program RWIND 2.02 od společnosti Dlubal Software CS. Bylo tedy potřeba namodelovat konstrukci také v programu Dlubal RFEM 6.02.

V programu RWIND 2.02 byly zobrazeny trajektorie a rychlosti větru pro jednotlivé zatěžovací stavy (Obr. 4.15). Nejvyšších hodnot rychlostí dosahuje vítr při nárazu na hrany objektu. K sání dochází na střešní konstrukci ve všech směrech větru, naopak ke tlaku dochází jen u směru větru na stranu se sloupy bez prosklení (Obr. 4.15 – b). Norma požaduje u přístřešků posouzení tlaku i sání, nicméně u tohoto případu bude tlak na desce uvažován jen od větru směrem na stranu s volnými sloupy. Na stěnu tvořenou zasklením působí tlak i sání podle směru větru. Pokud je směr větru kolmý na stěnu, působí na ni tlakem a pokud je směr větru rovnoběžný se stěnou, působí na ni sáním. Co se týče sloupů, byla správná úvaha zohlednit účinek sloupů v řadě při směru větru na kratší stranu zakřivené stěny, jelikož mezi nimi dochází k mírné turbulenci (Obr. 4.15 - c). Na stěnu eliptického tvaru uvnitř objektu působí jen malé zatížení a úvaha zanedbat tento tubus byla tedy také správná.



Obr. 4.15 – Proudnice rychlosti větru z programu RWIND 2.02:
 a) směr větru na delší stranu zakřivené stěny, b) směr větru na stranu s volnými sloupy,
 c) směr větru na kratší stranu zakřivené stěny

4.3.5. Teplota

Pro zatížení teplotou vznikají dva zatěžovací stavy. Prvním je rovnoměrná změna z teploty při zabudování konstrukce na průměrnou teplotu v zimě a druhým je rovnoměrná změna z teploty při zabudování konstrukce na průměrnou teplotu v létě.

Teploty pro rovnoměrný rozdíl:

- *zabudování konstrukce:* $T_0 = 10^\circ\text{C}$
- *zima:* $T = -5^\circ\text{C} \rightarrow \Delta T_u = T - T_0 = -5 - 10 = -15$
- *léto:* $T = 25^\circ\text{C} \rightarrow \Delta T_u = T - T_0 = 25 - 10 = 15$

Nerovnoměrná změna teploty pro konstrukci zastávky nebude uvažována.

4.3.6. Provádění

Jelikož se jedná o zastávku, jejíž nosná konstrukce je navržena z monolitického železobetonu, není potřeba posuzovat návrhové situace pro prefabrikované prvky. Těmito prefabrikovanými prvky by mohly být sloupky, u kterých by bylo důležité zaměřit se na spoje s monolitickými deskami. Zastávka je ale malým objektem a je tedy výhodnější zachovat monolitickou technologii provádění pro celou konstrukci. Důraz je kladen na pracovní spáry při provádění. Tyto spáry jsou v úrovni paty sloupů a hlavy sloupů. Po dosažení úrovně pracovní spáry bude nechána přesahová výztuž kvůli propojení s navazující konstrukcí.

Zatížení při betonování není nutno posuzovat, protože střešní konstrukce má malé půdorysné rozměry a betonáž proto bude provedena na jeden záběr.

4.3.7. Mimořádná zatížení

Protože se jedná o autobusovou zastávku, mohl by do konstrukce narazit v mimořádné situaci autobus, který spadá do kategorie těžkých vozidel. Zastávka se nachází u silnice II. třídy (II/325), a proto by měla síla reprezentující náraz autobusu charakteristickou hodnotu 750 kN viz tabulka Tab. 3.10. Tato síla by působila 1,5 m nad úroveň vozovky.

Mimořádná situace ale nebude v této práci uvažována.

4.3.8. Smršťování desky

Parametry desky:

$$h = 0,25 \text{ m}$$

$$l = 33 \text{ m}$$

$$A_c = 69,8 \text{ m}^2$$

$$V = A_c \times h = 69,8 \times 0,25 = 17,45 \text{ m}^3$$

$$S = A_c \times 2 + h \times l = 69,8 \times 2 + 0,25 \times 33 = 147,85 \text{ m}^2$$

$$h_0 = \frac{2 \times V}{S} = \frac{2 \times 17,45}{147,85} = 236 \text{ mm}$$

Poměrné smršťování vysycháním:

$$t = 18\,250 \text{ dní}$$

$$t_s = 2 \text{ dny}$$

$$RH = 65 \%$$

$$RH_0 = 100 \%$$

$$k_h = 0,805$$

$$\text{Třída cementu } N \rightarrow \alpha_{ds1} = 4; \alpha_{ds2} = 0,12$$

$$\text{Beton } C30/37 \rightarrow f_{ck} = 30 \text{ MPa}; f_{cm} = 38 \text{ MPa}; f_{cm,0} = 10 \text{ MPa}$$

$$\beta_{ds} = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0,04 \times \sqrt{h_0^3}} = \frac{(18\,250 - 2)}{(18\,250 - 2) + 0,04 \times \sqrt{236^3}} = 0,992$$

$$\beta_{RH} = 1,55 \times \left(1 - \left(\frac{RH}{RH_0}\right)^3\right) = 1,55 \times \left(1 - \left(\frac{65}{100}\right)^3\right) = 1,124$$

$$\begin{aligned}\varepsilon_{cd,0} &= 0,85 \times \left((220 + 110 \times \alpha_{ds1}) \times e^{\left(-\alpha_{ds2} \times \frac{f_{cm}}{f_{cm,0}}\right)} \right) \times 10^{-6} \times \beta_{RH} = \\ &= 0,85 \times \left((220 + 110 \times 4) \times e^{\left(-0,12 \times \frac{38}{10}\right)} \right) \times 10^{-6} \times 1,124 = 4 \times 10^{-4}\end{aligned}$$

$$\varepsilon_{cd} = \beta_{ds} \times k_h \times \varepsilon_{cd,0} = 0,992 \times 0,805 \times 4 \times 10^{-4} = 3,19 \times 10^{-4}$$

Poměrné autogenní smršťování:

$$\varepsilon_{ca,\infty} = 2,5 \times (f_{ck} - 10) \times 10^{-6} = 2,5 \times (30 - 10) \times 10^{-6} = 5 \times 10^{-5}$$

$$\beta_{as} = 1 - e^{(-0,2 \times t^{0,5})} = 1 - e^{(-0,2 \times 18\,250^{0,5})} = 1,0$$

$$\varepsilon_{cd,\infty} = \beta_{as} \times \varepsilon_{ca,\infty} = 1,0 \times 5 \times 10^{-5} = 5 \times 10^{-5}$$

Celkové poměrné smršťování:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca} = 3,19 \times 10^{-4} + 5 \times 10^{-5} = 3,69 \times 10^{-4}$$

Náhradní změna teploty nahrazující smršťování:

$$\alpha = 12 \times 10^{-6}$$

$$\Delta T = \frac{\varepsilon_{cs}}{\alpha} = \frac{3,69 \times 10^{-4}}{12 \times 10^{-6}} = 30,8$$

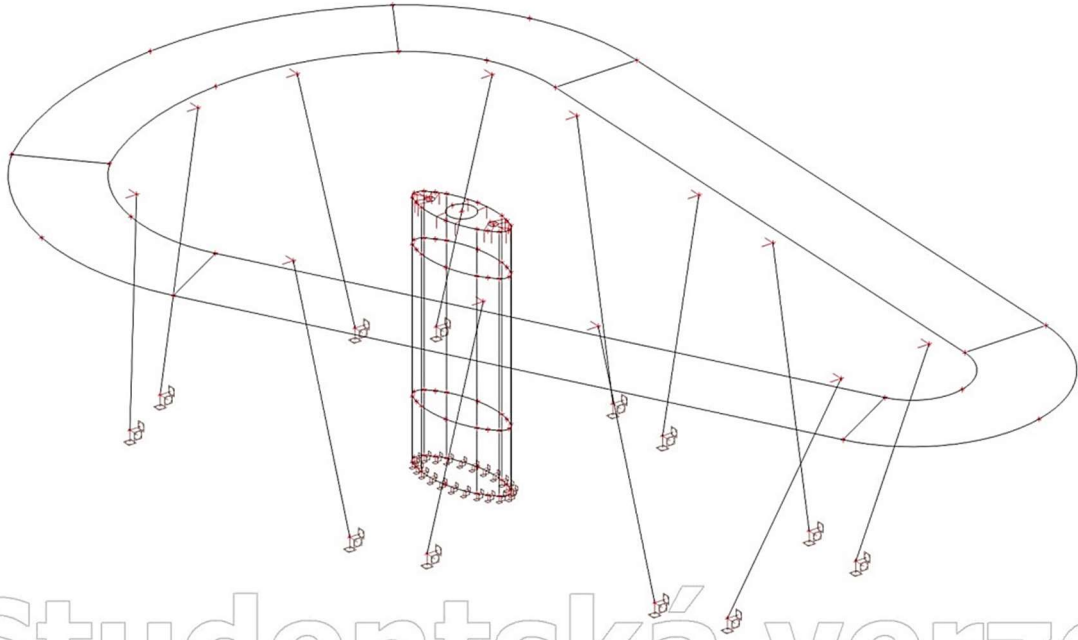
4.3.9. Součinitele pro kombinace zatížení

- stálé zatížení:
 $\gamma_{f,Sup} = 1,35; \gamma_{f,Inf} = 1,0$
- užité zatížení – shromažďovací plochy (kategorie C):
 $\gamma_{f,Sup} = 1,5; \psi_0 = 0,7; \psi_1 = 0,7; \psi_2 = 0,6$
- užité zatížení – nepřístupné střechy (kategorie H):
 $\gamma_{f,Sup} = 1,5; \psi_0 = 0,0; \psi_1 = 0,0; \psi_2 = 0,0$
- sníh – stavby umístěné ve výšce $\leq 1\,000$ m n.m.:
 $\gamma_{f,Sup} = 1,5; \psi_0 = 0,5; \psi_1 = 0,2; \psi_2 = 0,0$
- vítr:
 $\gamma_{f,Sup} = 1,5; \psi_0 = 0,6; \psi_1 = 0,2; \psi_2 = 0,0$
- teplota – ne od požáru:
 $\gamma_{f,Sup} = 1,5; \psi_0 = 0,6; \psi_1 = 0,5; \psi_2 = 0,0$

4.3.10. Kombinace zatížení

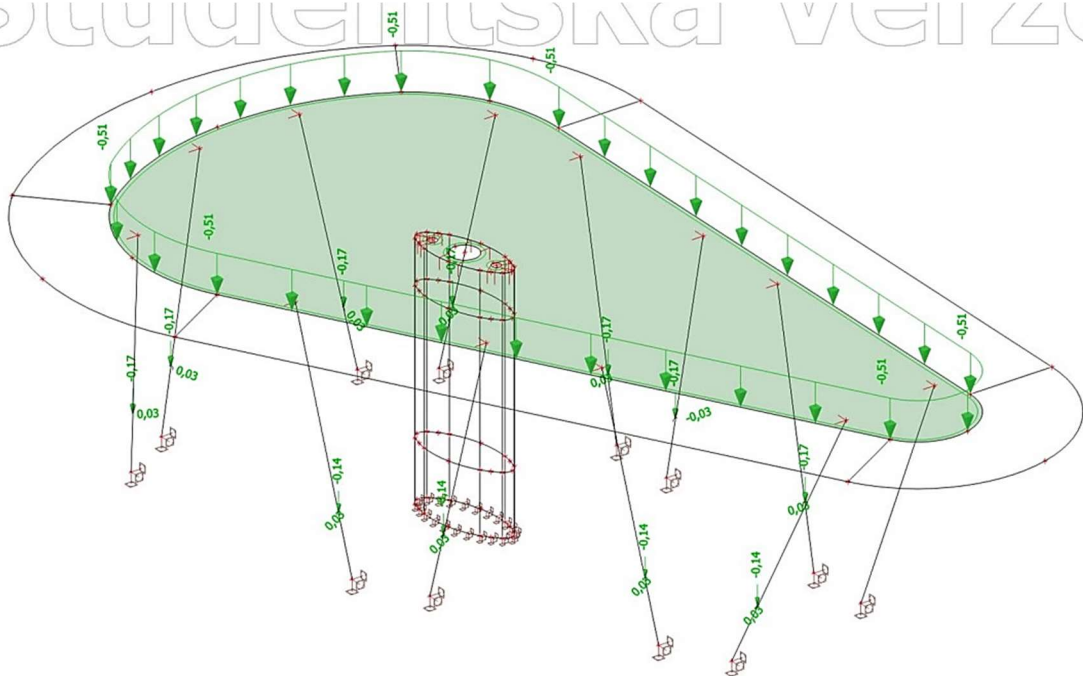
Jednotlivé zatěžovací stavy (hodnoty zatížení jsou v jednotkách kN , kN/m , kN/m^2 a kNm):

- ZS1 – Vlastní tíha konstrukce (počítána programem)



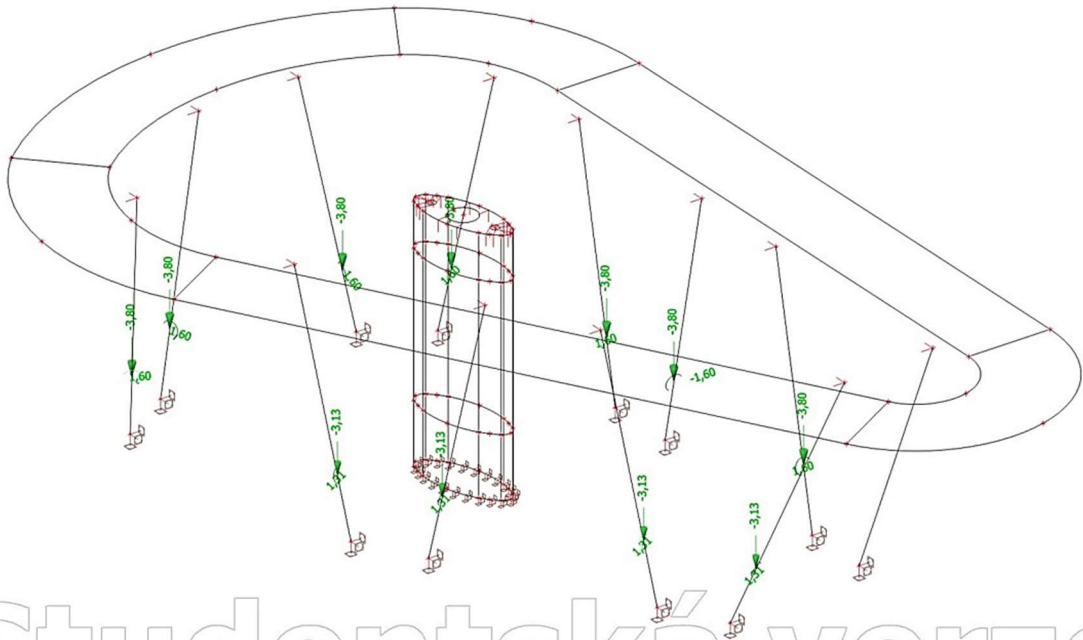
Obr. 4.16 – Vlastní tíha konstrukce v modelu

- ZS2 – Ostatní stálé zatížení



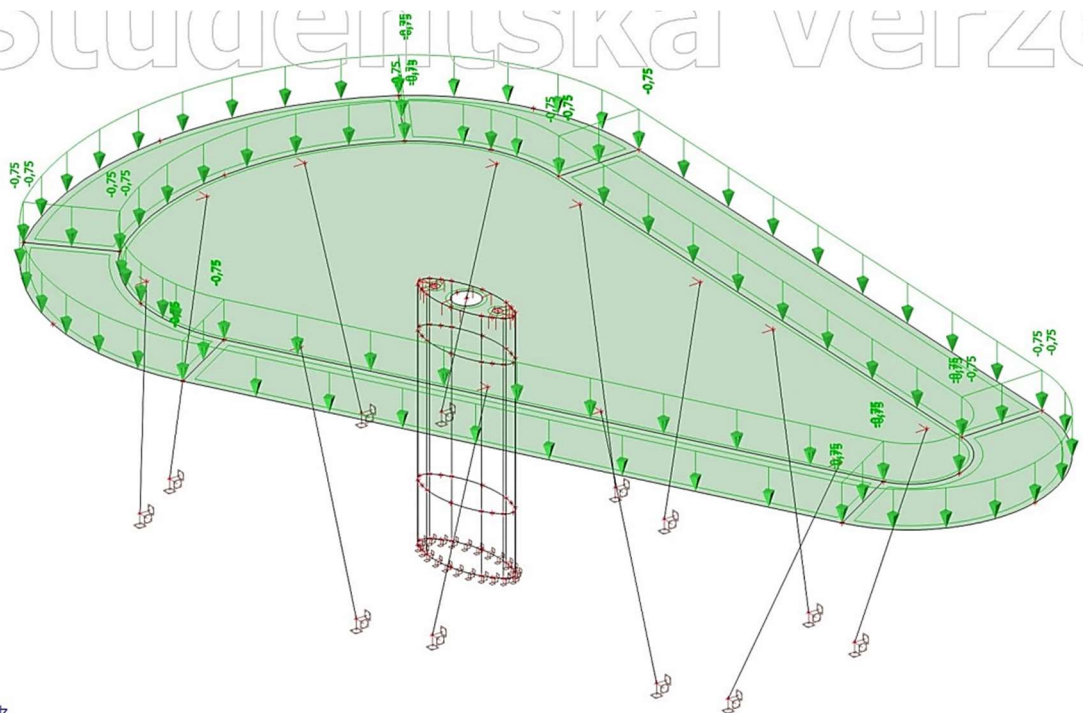
Obr. 4.17 – Ostatní stálé zatížení v modelu

- ZS3 – Užité zátížení – kategorie C



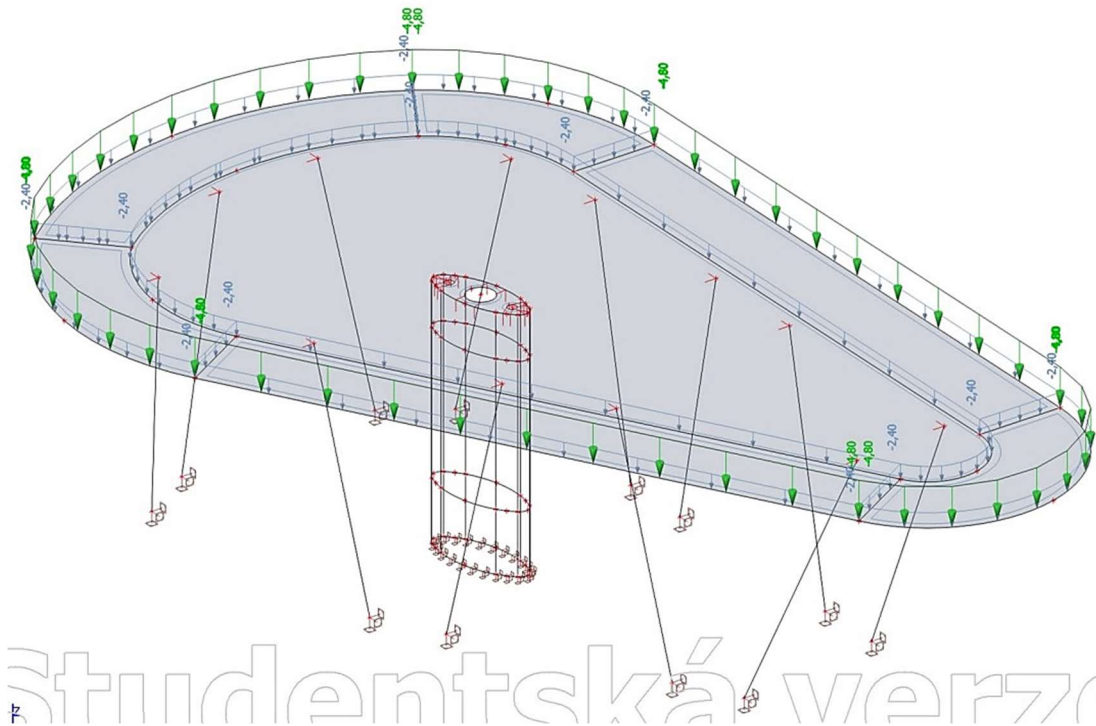
Obr. 4.18 – Užité zátížení (kategorie C) v modelu

- ZS4 – Užité zátížení – kategorie H



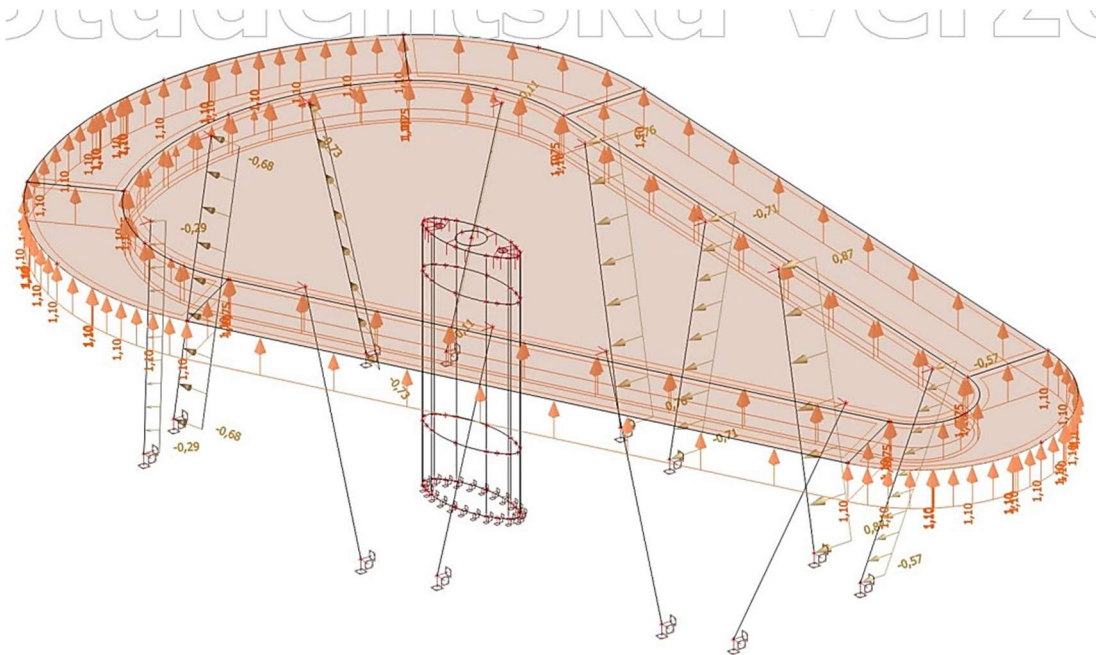
Obr. 4.19 – Užité zátížení (kategorie H) v modelu

- ZS5 – Sníh



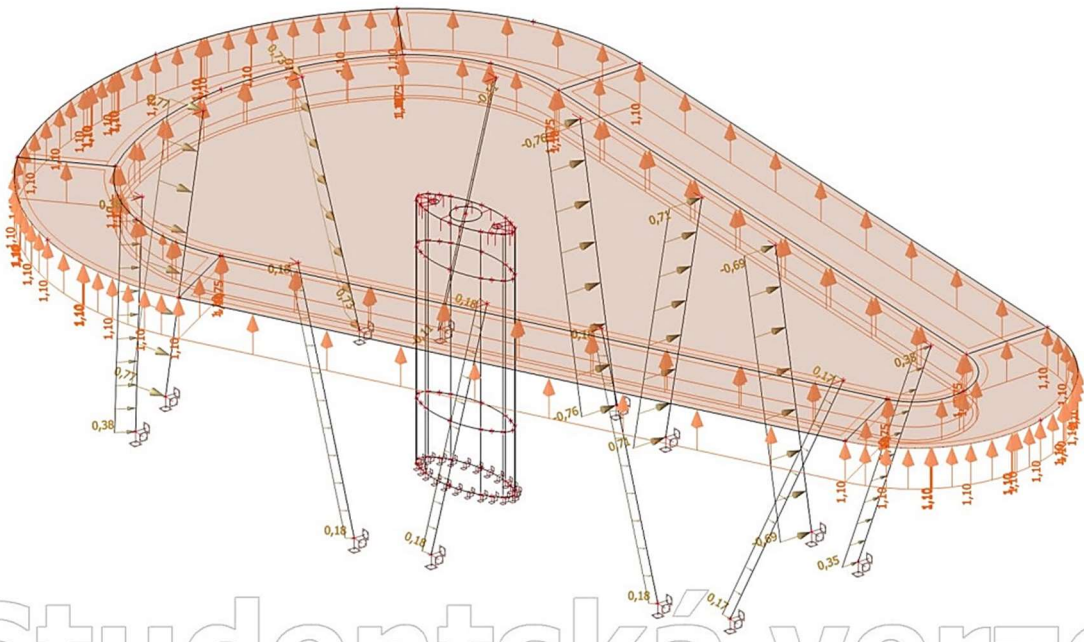
Obr. 4.20 – Zatížení sněhem v modelu

- ZS6 – Vítr na delší stranu zakřivené stěny, sání na desce



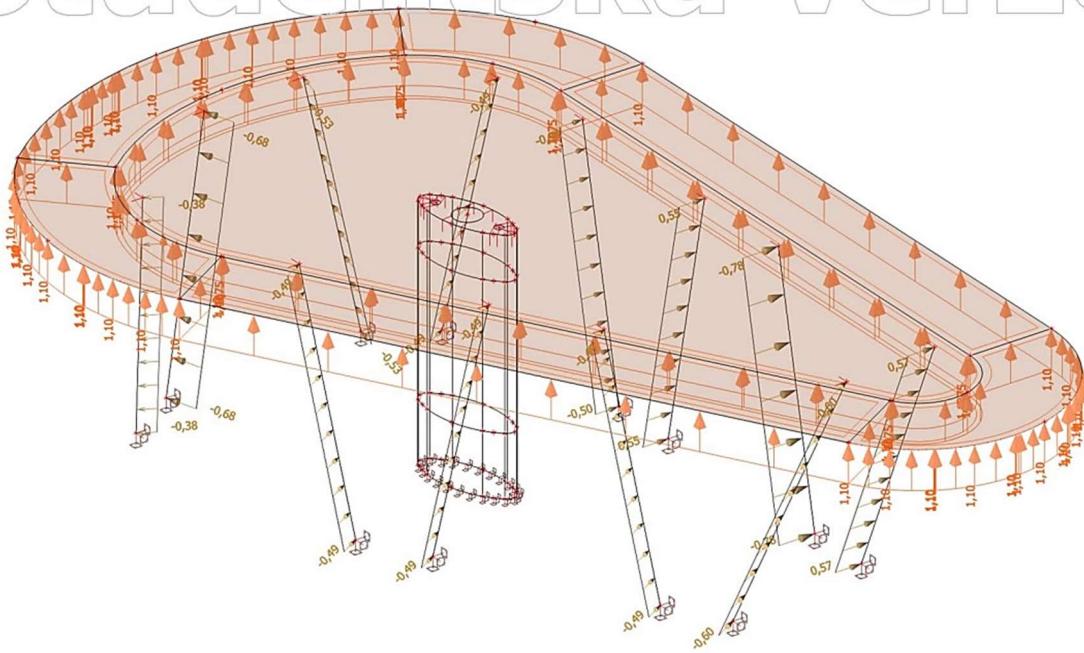
Obr. 4.21 – Zatížení větru na delší stranu zakřivené stěny v modelu (sání na desce)

- ZS7 – Vítr na kratší stranu zakřivené stěny, sání na desce



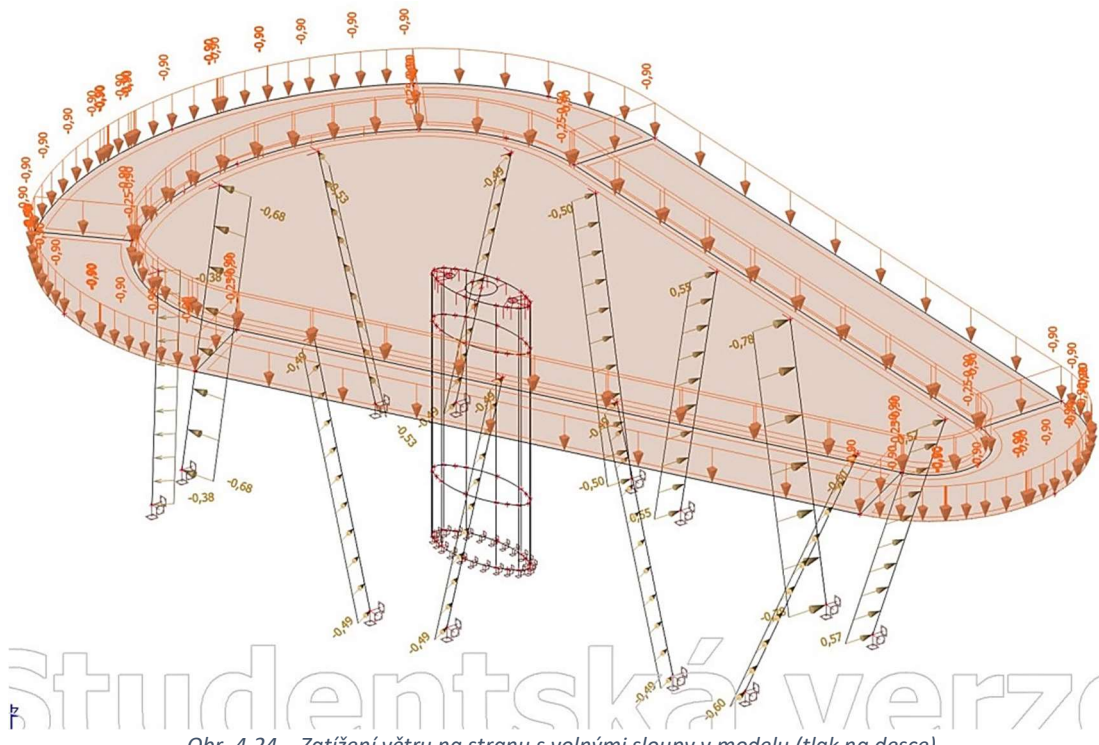
Obr. 4.22 – Zatížení větru na kratší stranu zakřivené stěny v modelu (sání na desce)

- ZS8 – Vítr na stranu s volnými sloupy, sání na desce



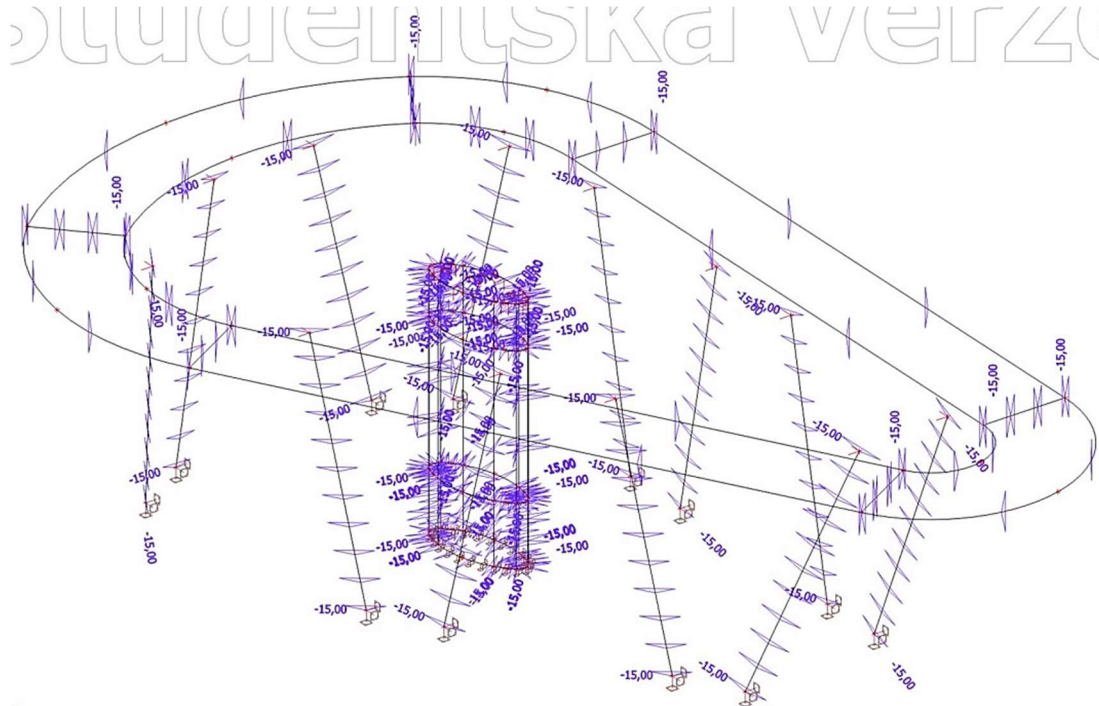
Obr. 4.23 – Zatížení větru na stranu s volnými sloupy v modelu (sání na desce)

- ZS9 – Vítr na stranu s volnými sloupy, tlak na desce



Obr. 4.24 – Zatížení větru na stranu s volnými sloupy v modelu (tlak na desce)

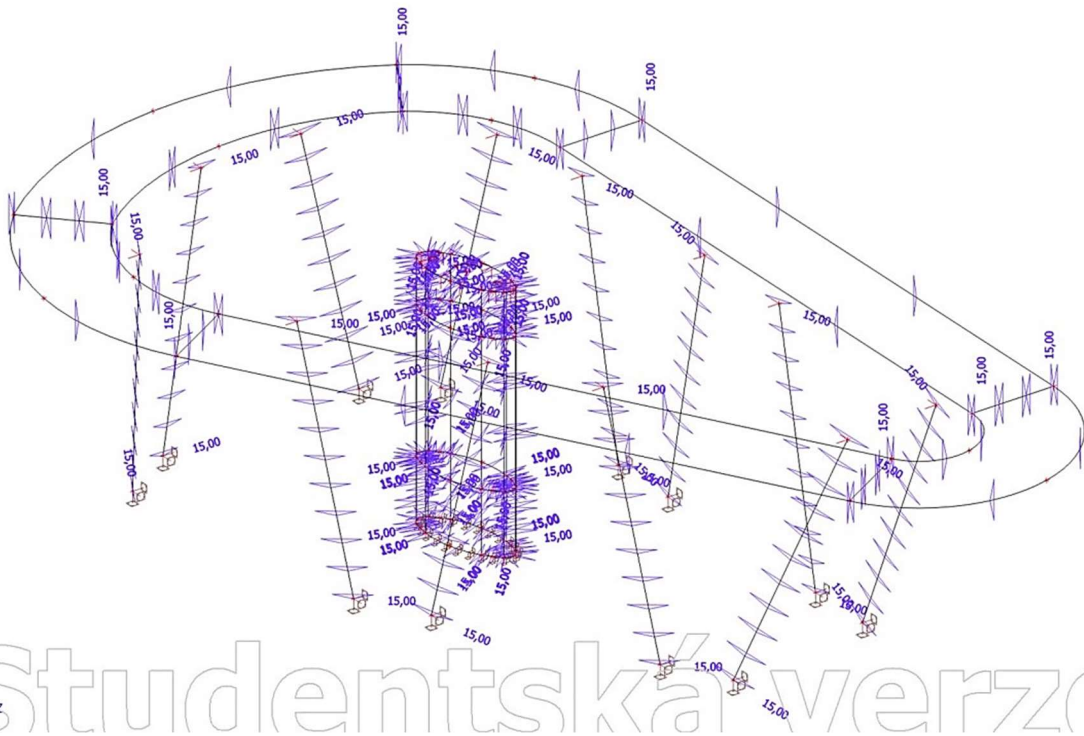
- ZS10 – Rovnoměrná změna teploty v zimě



z

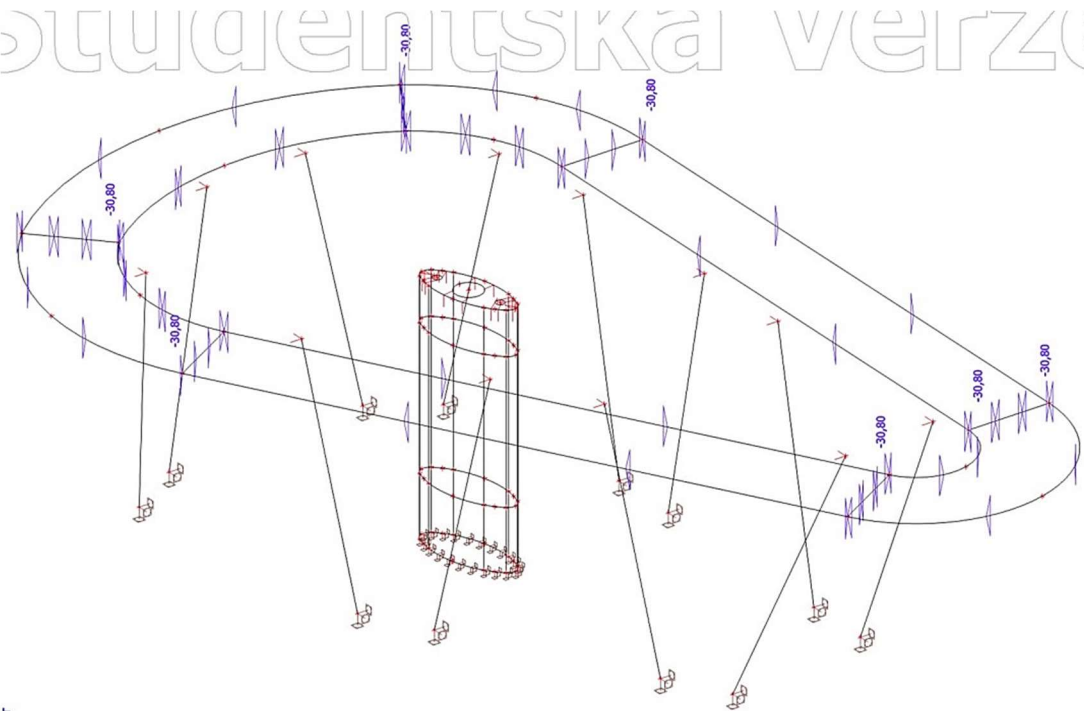
Obr. 4.25 – Zatížení od rovnoměrné změny teploty v zimě v modelu

- ZS11 – Rovnoměrná změna teploty v létě



Obr. 4.26 – Zatížení od rovnoměrné změny teploty v létě v modelu

- ZS12 – Smršťování desky



Obr. 4.27 – Zatížení od smršťování desky v modelu

Do programu SCIA Engineer 21.1 jsou ručně zadány kombinace zatížení v podobě **obálek**, pro které je nutné zadat do programu jejich koeficienty ale jejich kombinace a vzájemné vztahy vygeneruje již program sám.

U zatížení větrem a teplotou je stanoven vtaň **výběrový**, aby program počítal pouze s jedním zatěžovacím stavem od větru a jedním zatěžovacím stavem od teploty.

MSÚ – jednotlivé kombinace jsou rozděleny následujícím způsobem:

- Obálka – únosnost: **Zima + tlak** větru na desku

$$\Sigma(\gamma_{G,i} \times G_{k,i}) + \gamma_{Q,1} \times Q_{k,1} + \Sigma(\gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i})$$

kde:

$$G_k = ZS1, ZS2, ZS12$$

$$\gamma_G = 1,35$$

$$Q_k = ZS3, ZS5, ZS9, ZS10,$$

Pro hlavní proměnné zatížení: $\gamma_Q = 1,5$

Ostatní proměnné zatížení dle druhu v kap. 4.2: $\gamma_Q \times \psi_0$

Tyto obálky jsou celkem čtyři, kdy se na pozici hlavního proměnného zatížení prostřídají všechny čtyři proměnné zatěžovací stavy (ZS3, ZS5, ZS9 a ZS10).

- Obálka – únosnost: **Zima + sání** větru na desce

$$\Sigma(\gamma_{G,i} \times G_{k,i}) + \gamma_{Q,1} \times Q_{k,1} + \Sigma(\gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i})$$

kde:

$$G_k = ZS1, ZS2, ZS12$$

Pro ZS1 a ZS2 (působí příznivě): $\gamma_G = 1,00$

Pro ZS12: $\gamma_G = 1,35$

$$Q_k = ZS6, ZS7, ZS8, ZS10$$

Pro hlavní proměnné zatížení: $\gamma_Q = 1,5$

Ostatní proměnné zatížení dle druhu v kap. 4.2: $\gamma_Q \times \psi_0$

Tyto obálky jsou celkem čtyři, kdy se na pozici hlavního proměnného zatížení prostřídají všechny čtyři proměnné zatěžovací stavy (ZS6, ZS7, ZS8 a ZS10). A zároveň nikdy nebude více jak jeden zatěžovací stav větru působit současně.

- Obálka – únosnost: **Léto + tlak** větru na desku

$$\Sigma(\gamma_{G,i} \times G_{k,i}) + \gamma_{Q,1} \times Q_{k,1} + \Sigma(\gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i})$$

kde:

$$G_k = ZS1, ZS2, ZS12$$

$$\gamma_G = 1,35$$

$$Q_k = ZS3, ZS9, ZS11$$

Pro hlavní proměnné zatížení: $\gamma_Q = 1,5$

Ostatní proměnné zatížení dle druhu v kap. 4.2: $\gamma_Q \times \psi_0$

Tyto obálky jsou celkem tři, kdy se na pozici hlavního proměnného zatížení prostřídají všechny tři proměnné zatěžovací stavy (ZS3, ZS9, a ZS11).

- Obálka – únosnost: **Léto + sání** větru na desce

$$\Sigma(\gamma_{G,i} \times G_{k,i}) + \gamma_{Q,1} \times Q_{k,1} + \Sigma(\gamma_{Q,i} \times \psi_{0,i} \times Q_{k,i})$$
 kde:

$$G_k = ZS1, ZS2, ZS12$$

Pro ZS1 a ZS2 (působí příznivě): $\gamma_G = 1,00$

Pro ZS12: $\gamma_G = 1,35$

$$Q_k = ZS6, ZS7, ZS8, ZS11$$

Pro hlavní proměnné zatížení: $\gamma_Q = 1,5$

Ostatní proměnné zatížení dle druhu v kap. 4.2: $\gamma_Q \times \psi_0$

Tyto obálky jsou celkem čtyři, kdy se na pozici hlavního proměnného zatížení prostřídají všechny čtyři proměnné zatěžovací stavy (ZS6, ZS7, ZS8 a ZS11). A zároveň nikdy nebude více jak jeden zatěžovací stav větru působit současně.

- Obálka – únosnost: Pro **ZS4**, který se neuvažuje najednou se sněhem nebo větrem

$$\Sigma(\gamma_{G,i} \times G_{k,i}) + \Sigma(\gamma_{Q,i} \times Q_{k,i})$$

kde:

$$G_k = ZS1, ZS2, ZS12$$

$$\gamma_G = 1,35$$

$$Q_k = ZS3, ZS4$$

$$\gamma_Q = 1,5$$

MSP/Char – jednotlivé kombinace jsou rozděleny následujícím způsobem:

- Obálka – použitelnost: **Zima + tlak** větru na desku

$$\Sigma G_{k,i} + Q_{k,1} + \Sigma(\psi_{0,i} \times Q_{k,i})$$

kde:

$$G_k = ZS1, ZS2, ZS12$$

$$Q_k = ZS3, ZS5, ZS9, ZS10,$$

Hlavní proměnné zatížení bráno bez úpravy koeficientem

Ostatní proměnné zatížení násobeno koeficientem ψ_0 dle druhu zatížení v kap. 4.2

Tyto obálky jsou celkem čtyři, kdy se na pozici hlavního proměnného zatížení prostřídají všechny čtyři proměnné zatěžovací stavy (ZS3, ZS5, ZS9 a ZS10).

- Obálka – použitelnost: **Zima + sání** větru na desce

$$\Sigma G_{k,i} + Q_{k,1} + \Sigma(\psi_{0,i} \times Q_{k,i})$$

kde:

$$G_k = ZS1, ZS2, ZS12$$

$$Q_k = ZS6, ZS7, ZS8, ZS10$$

Hlavní proměnné zatížení bráno bez úpravy koeficientem

Ostatní proměnné zatížení násobeno koeficientem ψ_0 dle druhu zatížení v kap. 4.2

Tyto obálky jsou celkem čtyři, kdy se na pozici hlavního proměnného zatížení prostřídají všechny čtyři proměnné zatěžovací stavy (ZS6, ZS7, ZS8 a ZS10). A zároveň nikdy nebude více jak jeden zatěžovací stav větru působit současně.

- Obálka – použitelnost: **Léto + tlak** větru na desku

$$\Sigma G_{k,i} + Q_{k,1} + \Sigma(\psi_{0,i} \times Q_{k,i})$$

kde:

$$G_k = ZS1, ZS2, ZS12$$

$$Q_k = ZS3, ZS9, ZS11$$

Hlavní proměnné zatížení bráno bez úpravy koeficientem

Ostatní proměnné zatížení násobeno koeficientem ψ_0 dle druhu zatížení v kap. 4.2

Tyto obálky jsou celkem tři, kdy se na pozici hlavního proměnného zatížení prostřídají všechny tři proměnné zatěžovací stavy (ZS3, ZS9, a ZS11).

- Obálka – použitelnost: **Léto + sání** větru na desce

$$\Sigma G_{k,i} + Q_{k,1} + \Sigma(\psi_{0,i} \times Q_{k,i})$$

kde:

$$G_k = ZS1, ZS2, ZS12$$

$$Q_k = ZS6, ZS7, ZS8, ZS11$$

Hlavní proměnné zatížení bráno bez úpravy koeficientem

Ostatní proměnné zatížení násobeno koeficientem ψ_0 dle druhu zatížení v kap. 4.2

Tyto obálky jsou celkem čtyři, kdy se na pozici hlavního proměnného zatížení prostřídají všechny čtyři proměnné zatěžovací stavy (ZS6, ZS7, ZS8 a ZS11). A zároveň nikdy nebude více jak jeden zatěžovací stav větru působit současně.

MSP/Kvazi – pouze jedna kombinace:

- Obálka – použitelnost:

$$\Sigma G_{k,i} + \psi_2 \times Q_k$$

kde:

$$G_k = ZS1, ZS2, ZS12$$

$$Q_k = ZS3$$

$$\psi_2 = 0,6 \text{ dle druhu zatížení v kap. 4.2 (užitné zatížení – kategorie C)}$$

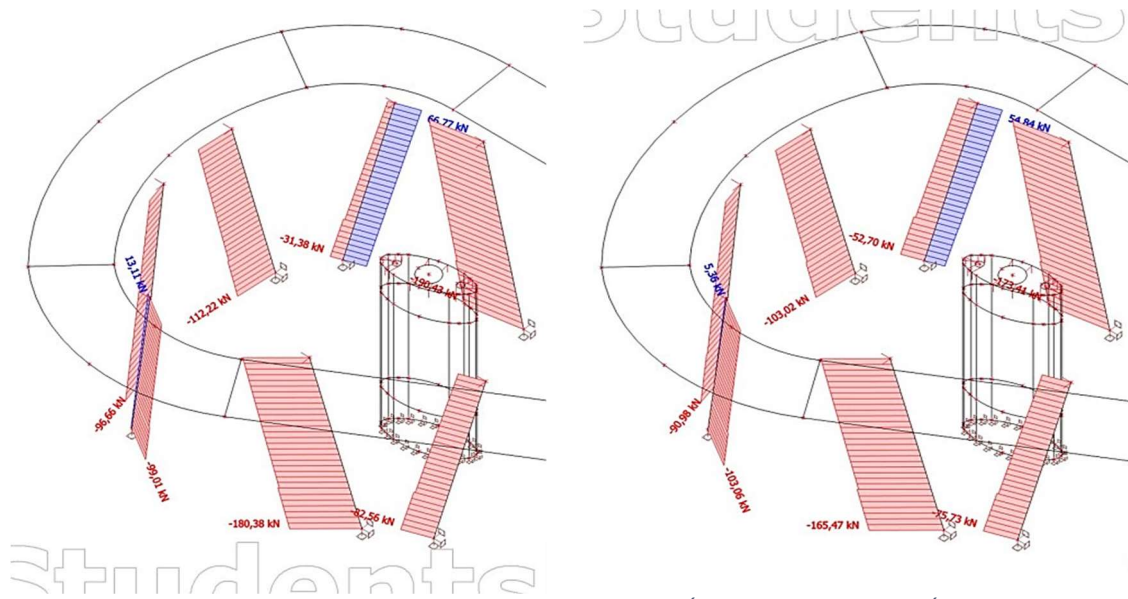
Tyto kombinace jsou shrnuty v následující tabulce pro přehlednost (Tab. 4.9). V této tabulce je vždy barevně označeno dominantní proměnné zatížení.

Pro zobrazování výsledků jsou dále vytvořeny **skupiny výsledků** pro všechny předchozí obálky podle mezního stavu. Celkem je stanoveno 6 skupin výsledků. Skupina výsledků MSÚ obsahuje všechny vytvořené obálky MSÚ, skupina výsledků MSP/Char obsahuje všechny vytvořené obálky MSP/Char, skupina výsledků MSP/Kvazi obsahuje všechny vytvořené obálky MSP/Kvazi a další tři skupiny jsou s předchozími téměř totožné s rozdílem absence smršťování desky.

Tab. 4.9 – Kombinace zatížení

Mez. stav	Zatížení		Proměnné zatížení									
	Stálé zatížení		3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Číslo zatěžovacího stavu	1	2	Užitné (C)	Užitné (H)	Sníh	Vítr 1	Vítr 2	Vítr 3	Vítr 4	Teplota (Z)	Teplota (L)	
	VI. tíha	Ost. stálé	Smršťování									
MSU	1,35 x ZS1	1,35 x ZS2	1,35 x ZS12	-	0,75 x ZS5	-	-	-	0,9 x ZS9	0,9 x ZS10	-	
	1,35 x ZS1	1,35 x ZS2	1,35 x ZS12	-	1,5 x ZS5	-	-	-	0,9 x ZS9	0,9 x ZS10	-	
	1,35 x ZS1	1,35 x ZS2	1,35 x ZS12	-	0,75 x ZS5	-	-	-	1,5 x ZS9	0,9 x ZS10	-	
	1,35 x ZS1	1,35 x ZS2	1,35 x ZS12	-	0,75 x ZS5	-	-	-	0,9 x ZS9	1,5 x ZS10	-	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,35 x ZS12	-	-	1,5 x ZS6	0,9 x ZS7	0,9 x ZS8	-	0,9 x ZS10	-	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,35 x ZS12	-	-	0,9 x ZS6	1,5 x ZS7	0,9 x ZS8	-	0,9 x ZS10	-	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,35 x ZS12	-	-	0,9 x ZS6	0,9 x ZS7	1,5 x ZS8	-	0,9 x ZS10	-	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,35 x ZS12	-	-	0,9 x ZS6	0,9 x ZS7	0,9 x ZS8	-	1,5 x ZS10	-	
	1,35 x ZS1	1,35 x ZS2	1,35 x ZS12	1,5 x ZS3	-	-	-	-	0,9 x ZS9	-	0,9 x ZS11	
	1,35 x ZS1	1,35 x ZS2	1,35 x ZS12	1,05 x ZS3	-	-	-	-	1,5 x ZS9	-	0,9 x ZS11	
	1,35 x ZS1	1,35 x ZS2	1,35 x ZS12	1,05 x ZS3	-	-	-	-	0,9 x ZS9	-	1,5 x ZS11	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,35 x ZS12	-	-	-	-	-	-	-	0,9 x ZS11	
MSP/Char	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,35 x ZS12	-	-	1,5 x ZS6	0,9 x ZS7	0,9 x ZS8	-	0,6 x ZS10	-	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	-	-	0,9 x ZS6	1,5 x ZS7	0,9 x ZS8	-	0,6 x ZS10	-	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	-	-	0,9 x ZS6	0,9 x ZS7	1,5 x ZS8	-	0,6 x ZS10	-	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	-	-	0,9 x ZS6	0,9 x ZS7	0,9 x ZS8	-	1,0 x ZS10	-	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	1,5 x ZS3	-	-	-	-	-	0,6 x ZS10	-	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	1,0 x ZS3	-	0,5 x ZS5	-	-	0,6 x ZS9	0,6 x ZS10	-	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	0,7 x ZS3	-	1,0 x ZS5	-	-	0,6 x ZS9	0,6 x ZS10	-	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	0,7 x ZS3	-	0,5 x ZS5	-	-	1,0 x ZS9	0,6 x ZS10	-	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	0,7 x ZS3	-	0,5 x ZS5	-	-	0,6 x ZS9	1,0 x ZS10	-	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	-	-	-	1,0 x ZS6	0,6 x ZS7	0,6 x ZS8	-	0,6 x ZS10	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	-	-	-	0,6 x ZS6	1,0 x ZS7	0,6 x ZS8	-	0,6 x ZS10	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	-	-	-	0,6 x ZS6	0,6 x ZS7	1,0 x ZS8	-	0,6 x ZS10	
MSP/kvazi	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	1,0 x ZS3	-	-	-	-	0,6 x ZS9	-	0,6 x ZS11	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	0,7 x ZS3	-	-	-	-	1,0 x ZS9	-	0,6 x ZS11	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	0,7 x ZS3	-	-	-	-	0,6 x ZS9	-	1,0 x ZS11	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	-	-	-	1,0 x ZS6	0,6 x ZS7	0,6 x ZS8	-	0,6 x ZS11	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	-	-	-	0,6 x ZS6	1,0 x ZS7	0,6 x ZS8	-	0,6 x ZS11	
	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	-	-	-	0,6 x ZS6	0,6 x ZS7	1,0 x ZS8	-	0,6 x ZS11	
MSP/kvazi	1,0 x ZS1	1,0 x ZS2	1,0 x ZS12	0,6 x ZS3	-	-	-	-	-	-		

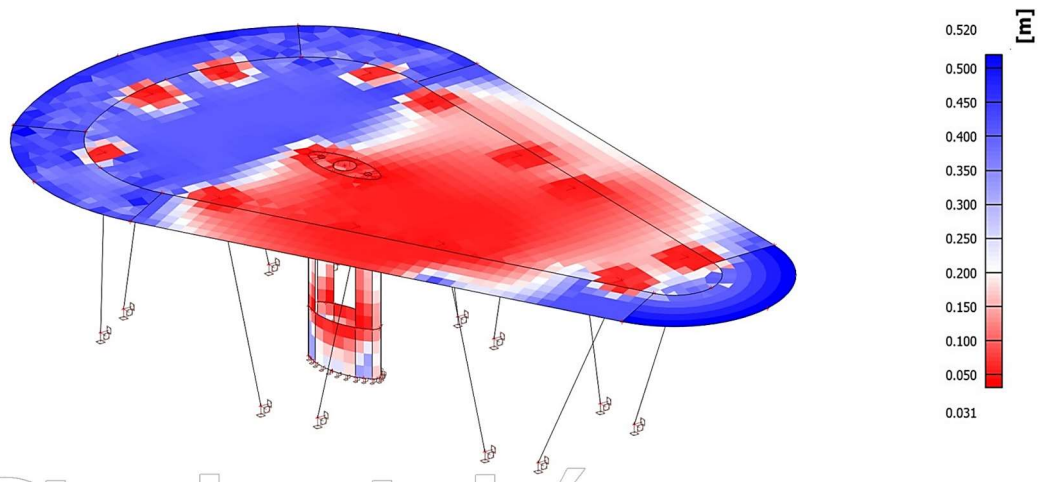
Pro kontrolu správnosti zadaných kombinací byly zobrazeny normálové síly na sloupech od skupiny výsledků MSÚ a od automaticky generované kombinace MSÚ-Sada B (auto). Z výsledků je patrné, že se vnitřní síly od sebe liší jen nepatrně a ručně zadané kombinace se mohou používat pro další návrhy a posudky. (Obr. 4.28)



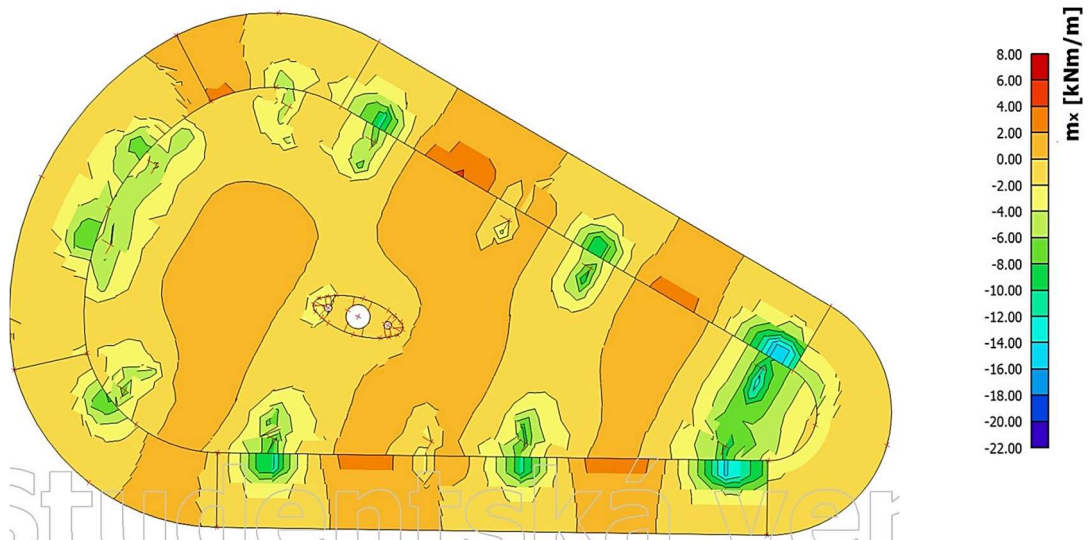
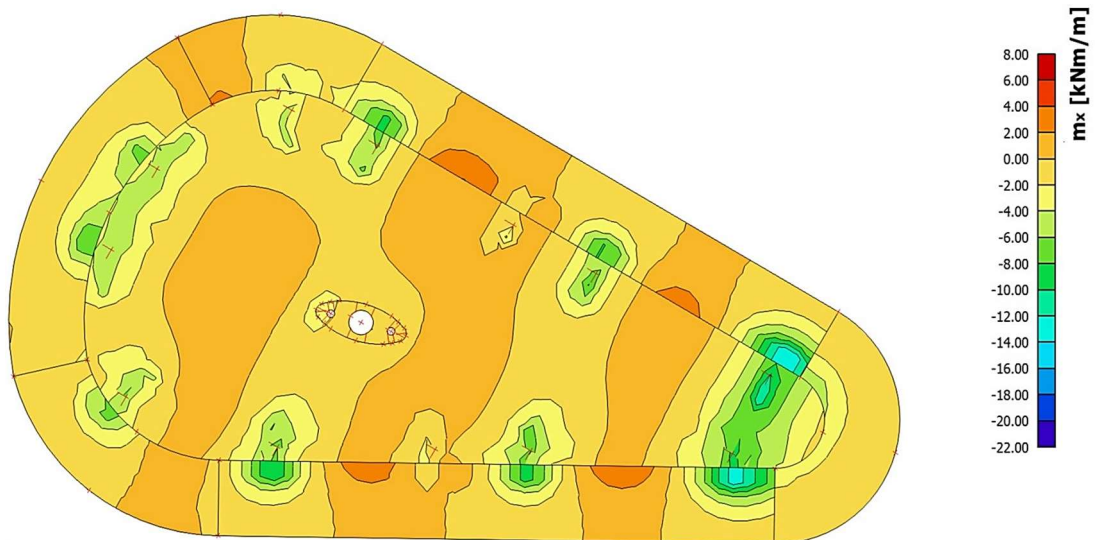
Obr. 4.28 – Výšek normálových sil pro kontrolu – vlevo třída MSÚ, vpravo kombinace MSÚ-Sada B (auto)

4.4. KONTROLA VÝPOČETNÍHO MODELU

Prvním velmi důležitým krokem pro posouzení konstrukcí v programu SCIA Engineer 21.1 je nastavení sítě MKP a celkové nastavení parametrů. Průměrná velikost 2D konečných prvků je po úpravách stanovena na hodnotu 0,2 m. Obvykle tato hodnota odpovídá tloušťce desky, nicméně v tomto případě výpočet s hodnotou 0,2 m dosahuje nejnižší kvality numerického řešení, což znamená lepší výsledek. Průměrný počet 1D konečných prvků na přímých 1D dílcích je stanoven na bezpečnou hodnotu 10. Pro kontrolu slouží zobrazení jemnosti sítě (Obr. 4.29), podle kterého je patrná potřeba snížení jemnosti, to má ale za následek vyšší kvalitu numerického řešení. Proto pro další kontrolu slouží zobrazení výsledků např. momentu m_x v uzlech bez průměrování (Obr. 4.30) a v uzlech s průměrováním na makro (Obr. 4.31). Z těchto zobrazení je již patrné, že jemnost sítě je dostatečná.

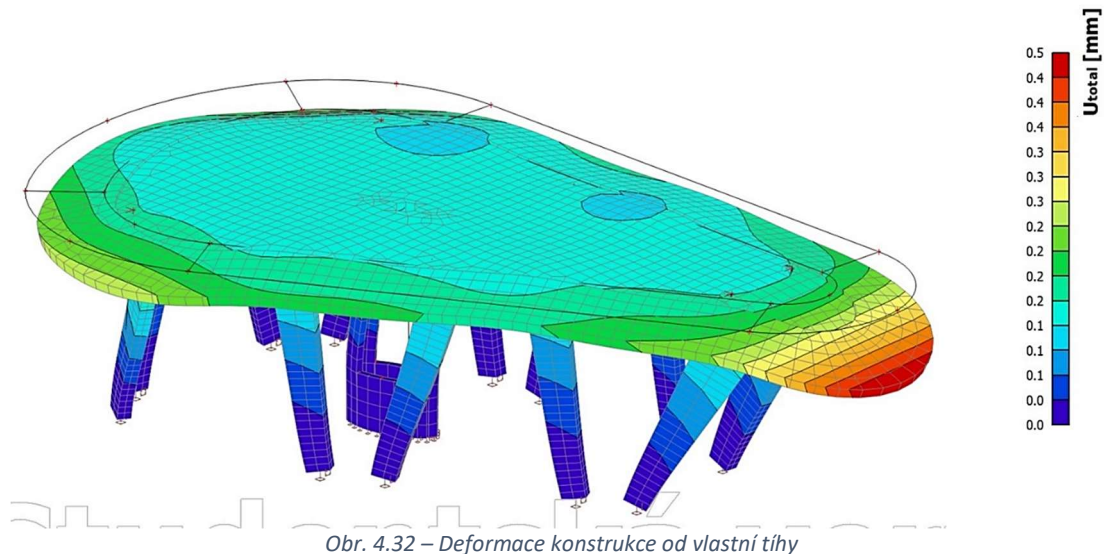


Obr. 4.29 – Kontrola jemnosti sítě

Obr. 4.30 – Kontrola jemnosti sítě - m_x v uzlech bez průměrováníObr. 4.31 – Kontrola jemnosti sítě - m_x v uzlech s průměrováním na makro

Zobrazení výsledků v uzlech s průměrováním na makro bude dále používáno pro všechny výsledky. Průměrování na makro se používá pro objekty, které mimo jiné obsahují vnitřní podpory nebo u kterých dochází ke styku konstrukcí s různými lokálními osami jako je např. styk stěny s deskou. Výjimkou je jen normově závislý průhyb, který získává síly v těžištích sítě pro výpočet průhybu.

Kontrolou správné modelace objektu je zobrazení deformace konstrukce např. od vlastní tíhy.



Pro variantu 2 jsou uvažována všechna zatížení a jejich kombinace stejná. Jediné, v čem by se zatížení lišilo, je působení větru na sloupy. To je ale zjednodušeně bráno stejné jako pro variantu 1, protože je jejich rozdíl nepatrný. A stejně jako u varianty 1 proběhla kontrola modelu.

4.5. VARIANTA 1

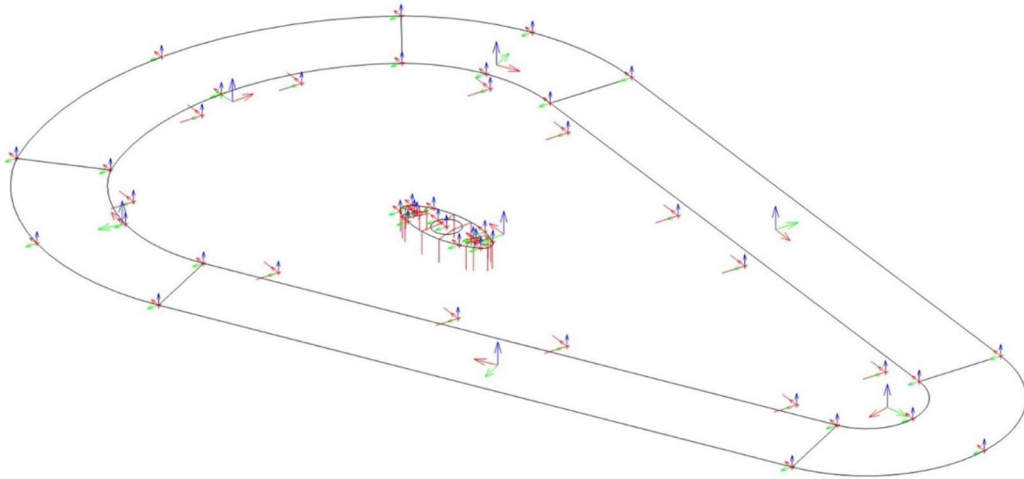
4.5.1. NÁVRH DESKY

Deska se skládá z prostřední části s konstantní tloušťkou a z vykonzolované části, jejíž tloušťka je proměnná. Tloušťky byly stanoveny na základě záměru architekta a upraveny tak, aby vyhověly všem mezním stavům. Tloušťka konstantní části má hodnotu 250 mm a tloušťka vykonzolované části se mění z hodnoty 350 mm na 120 mm směrem k volnému okraji. Rozdíl mezi konstantní částí a vykonzolovanou částí je dán skladbou zelené střechy. Důvodem volby tloušťky okraje desky byla jednoduchost ohýbání výztuže v této části.

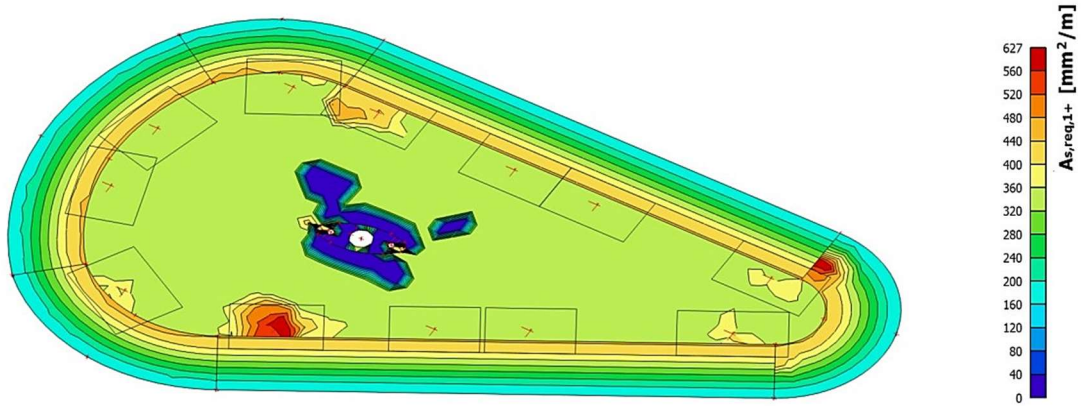
Před návrhem výztuže desky v programu je potřeba provést její nastavení. Po otevření záložky nastavení pro beton je potřeba v pohledu vnitřní síly zaškrtnout redukce smykové síly nad podporami v líci podpory a zaškrtnout redukce momentu nad podporami. Dále v pohledu nastavení podle normy je potřeba zaškrtnutí použití efektivních modulů průřezu pro výpočet tuhostí.

4.5.1.1. Mezní stav únosnosti – ohyb

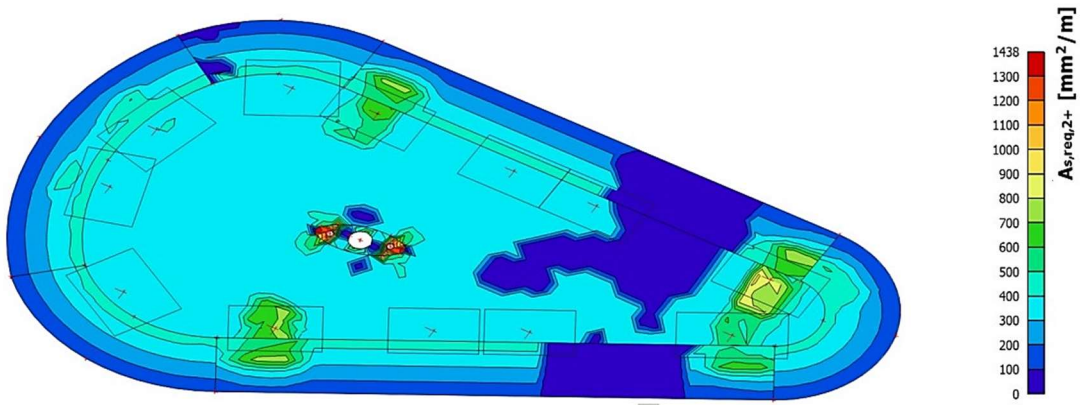
Návrh výztuže desky je proveden v programu SCIA Engineer 21.1. Nutná plocha výztuže je zobrazena přes příkazovou funkci Návrh výztuže. Podle lokálních os (Obr. 4.33) je výztuž navržena ve směru 1, který reprezentuje osu y (zelená) a ve směru 2, který reprezentuje osu x (červená). Ve výchozím nastavení programu reprezentuje směr 1 osa x, to ale bylo upraveno na tento konkrétní případ zastávky. Výztuž blíže povrchu desky je kladena ve směru 1 (osa y – zelená). Index +/- označuje kladný a záporný povrch podle lokální osy z (modrá). Nutná plocha výztuže je zobrazena pro skupinu výsledků MSÚ obsahující všechny vytvořené obálky kombinací. Do míst, kde dochází ke styku sloupu s deskou, jsou vloženy průměrovací pásy typu bod, aby v těchto místech nevznikaly nereálně velké momenty způsobené tím, že sloup protíná desku jen v jednom bodě.



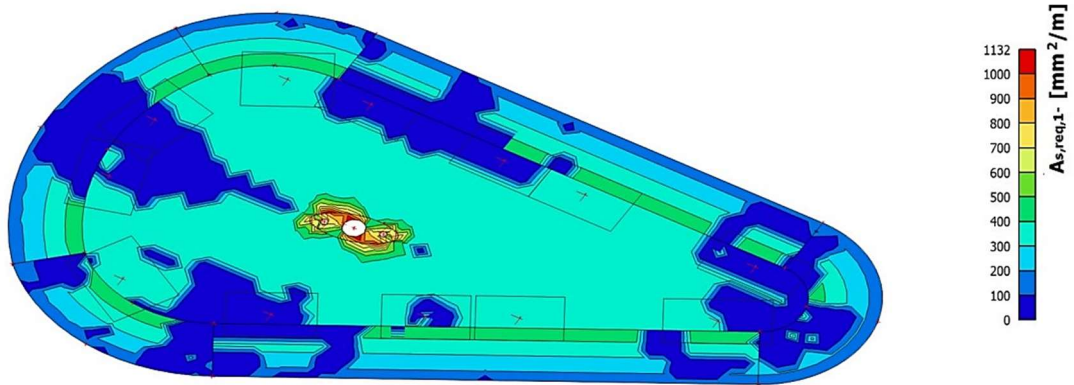
Obr. 4.33 – Lokální osy dílců desky



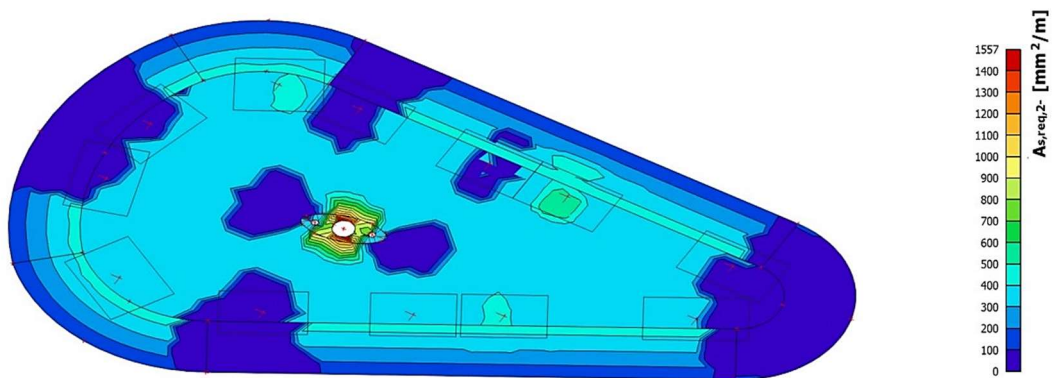
Obr. 4.34 – Nutná plocha výztuže $A_{s, req, 1+}$ ve směru lokální osy x a při kladném povrchu ve směru lokální osy z



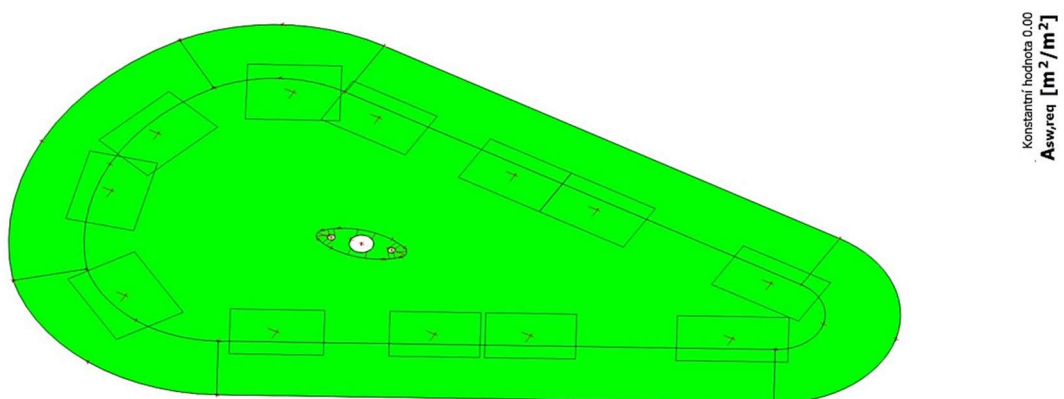
Obr. 4.35 – Nutná plocha výztuže $A_{s, req, 2+}$ ve směru lokální osy x a při kladném povrchu ve směru lokální osy z



Obr. 4.36 – Nutná plocha výztuže $A_{s,req,1}$ - ve směru lokální osy y a při záporném povrchu ve směru lokální osy z



Obr. 4.37 – Nutná plocha výztuže $A_{s,req,2}$ - ve směru lokální osy x a při záporném povrchu ve směru lokální osy z



Obr. 4.38 – Nutná plocha smykové výztuže $A_{sw,req}$

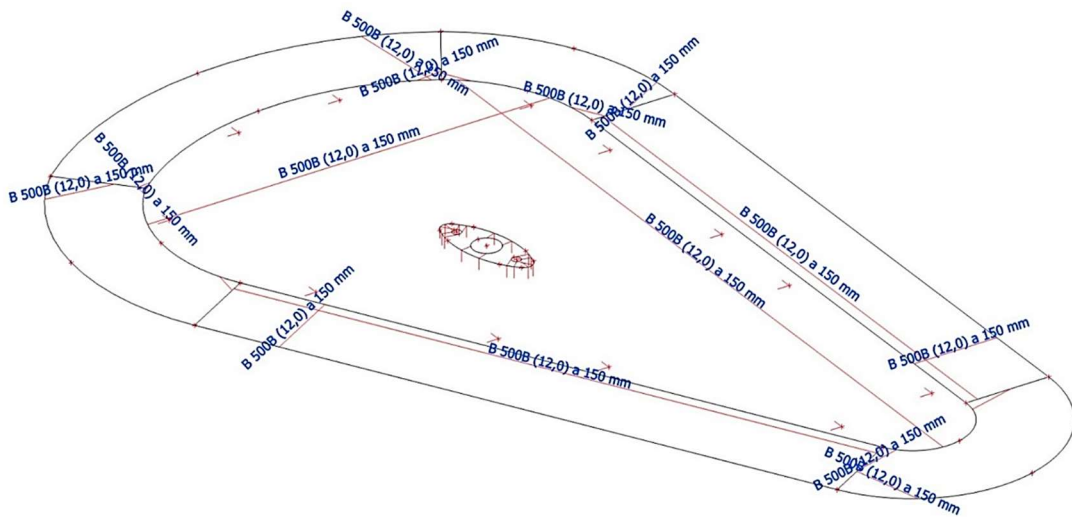
Z výsledků je navržena podélná výztuž jednotná pro všechny směry a povrchy. Následně je výztuž ručně zadána do desek v programu. V Obr. 4.39 je zobrazena výztuž horního i spodního povrchu. Návrh smykové výztuže podle programu není potřeba, nicméně tento předpoklad bude později ověřen protlačením.

Hlavní výztuž ve směru 1 a 2 při obou površích:

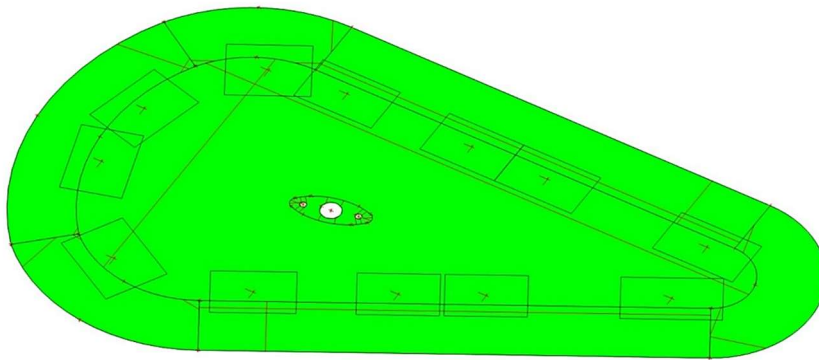
NÁVRH: $\emptyset 12 \text{ à } 150 \text{ mm}$ ($A_{s,prov} = 754 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Návrh výztuže ověříme zobrazením nutné přídavné výztuže, pomocí které program ukáže místa, kde by bylo potřeba přidat výztuž.

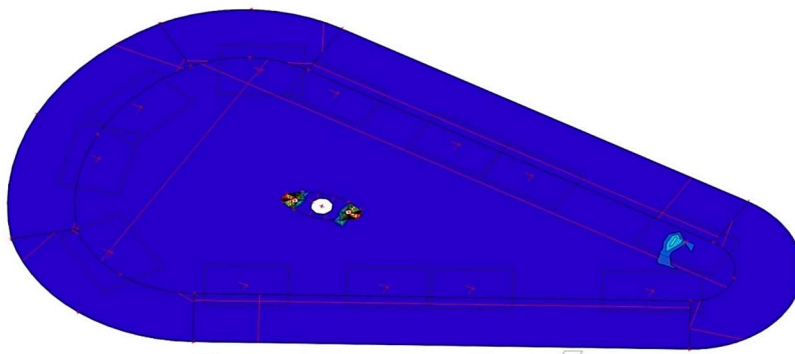
NÁVRH A ANALÝZA KONSTRUKCE AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY



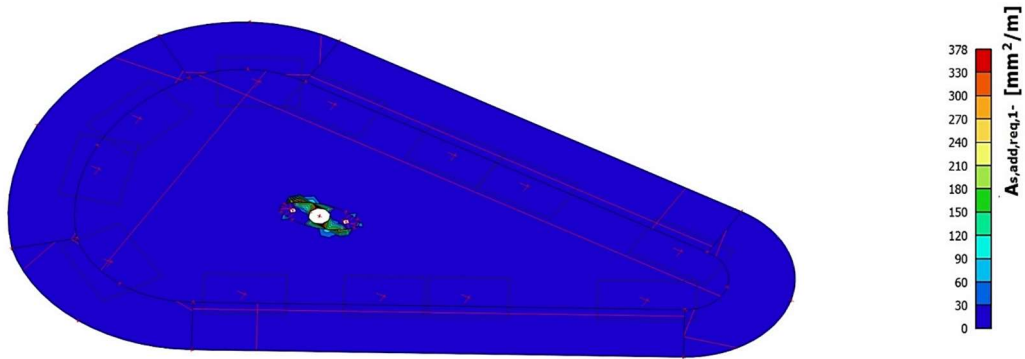
Obr. 4.39 – Schéma vyztužení desky



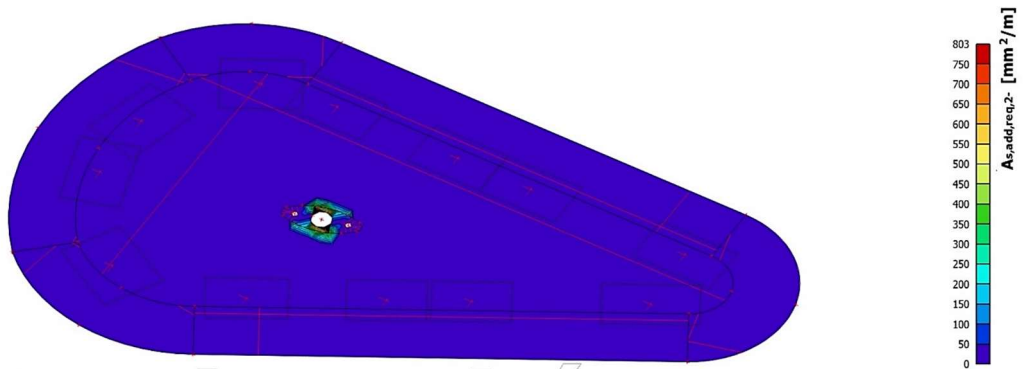
Obr. 4.40 – Nutná plocha přidavné výztuže $A_{s,add,req,1+}$ ve směru lokální osy y a při kladném povrchu ve směru lokální osy z



Obr. 4.41 – Nutná plocha přidavné výztuže $A_{s,add,req,2+}$ ve směru lokální osy x a při kladném povrchu ve směru lokální osy z



Obr. 4.42 – Nutná plocha přidavné výztuže $A_{s,add,req,1}$ ve směru lokální osy y a při záporném povrchu ve směru lokální osy z



Obr. 4.43 – Nutná plocha přidavné výztuže $A_{s,add,req,2}$ ve směru lokální osy x a při záporném povrchu ve směru lokální osy z

Z výsledků pro přidavnou výztuž je patrné, že již není potřeba žádnou další přidávat. U napojení stěny na desku bude výztuž kvůli otvorům v desce zhuštěna.

Kontrolou návrhu výztuže programem je ruční ověření. Pro takový posudek je potřeba zobrazení základních návrhových 2D vnitřních sil, které v sobě zahrnují vliv kroutících momentů a je tak možné na tyto síly ručně navrhnout výztuž. Program navrhuje výztuž na kombinaci momentu a normálové síly z příkazové funkce Vnitřní síly pro železobeton 2D. Hrubou chybou by tedy bylo ručně navrhovat výztuž na momenty z příkazové funkce Vnitřní síly pro železobeton 2D.

Výsledky ve vybraném řezu (ve směru osy x a při kladném povrchu ve směru osy z):

$$A_{s,req,2+} = 312 \text{ mm}^2/\text{m}$$

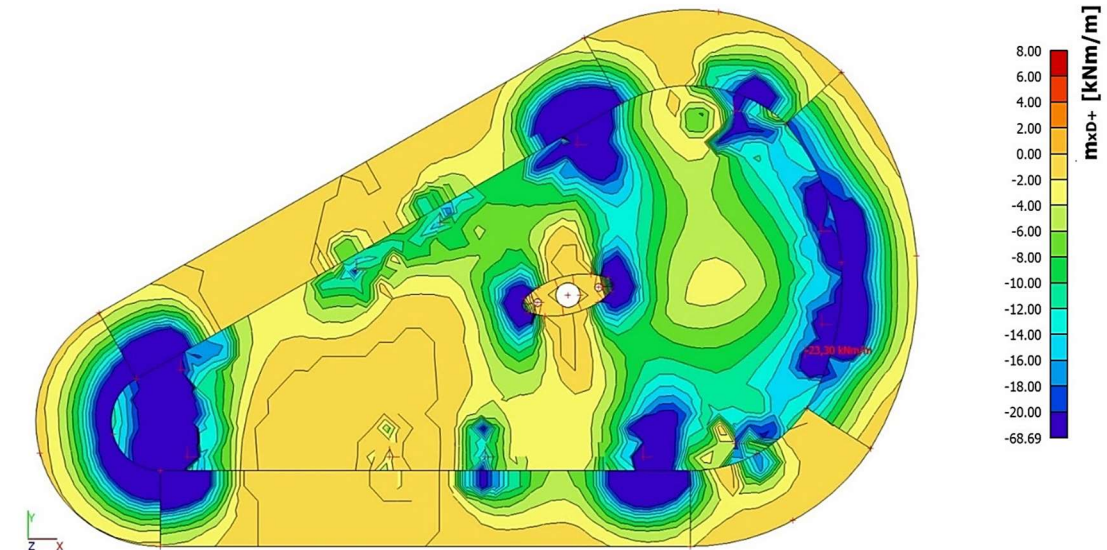
$$d = h - c - \phi - \frac{\phi}{2} = 250 - 30 - 12 - \frac{12}{2} = 202 \text{ mm}$$

$$z = 0,9 \times d = 0,9 \times 202 = 181,8 \text{ mm}$$

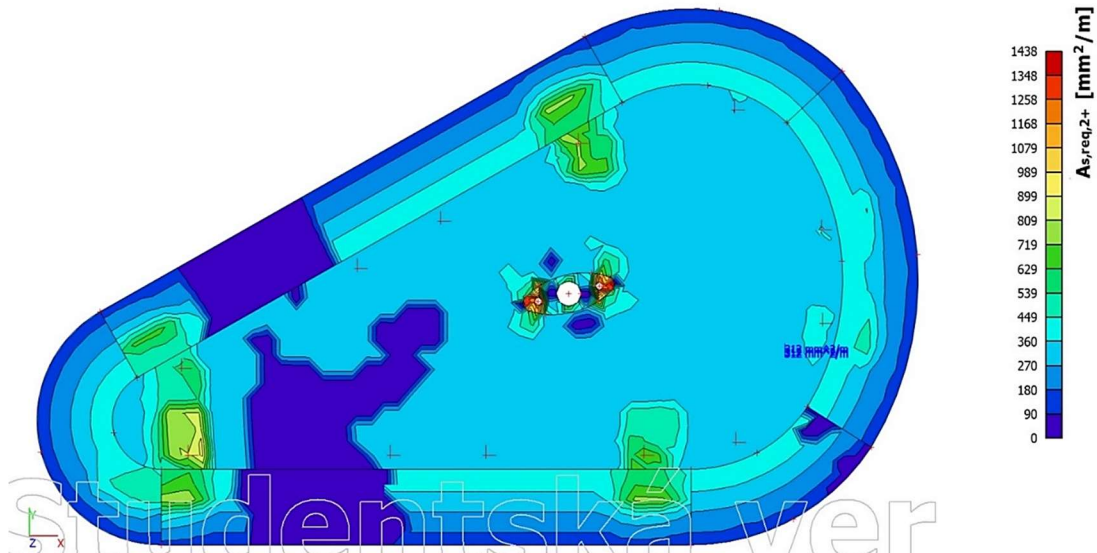
$$m_{xD} = 23,3 \text{ kNm/m}$$

$$A_s = \frac{m_{xD}}{f_{yd} \times z} = \frac{23,3 \times 10^6}{435 \times 181,8} = 295 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$A_{s,req,2+} = 312 \text{ mm}^2/\text{m} \approx A_s = 295 \text{ mm}^2/\text{m}$$



Obr. 4.44 – Hodnota vybraného řezu ($m_{xD+} = 23,3 \text{ kNm}$) – základní návrhový moment zohledňující kroucení i ohyb m_{xD+} ve směru lokální osy x a při kladném povrchu ve směru lokální osy z

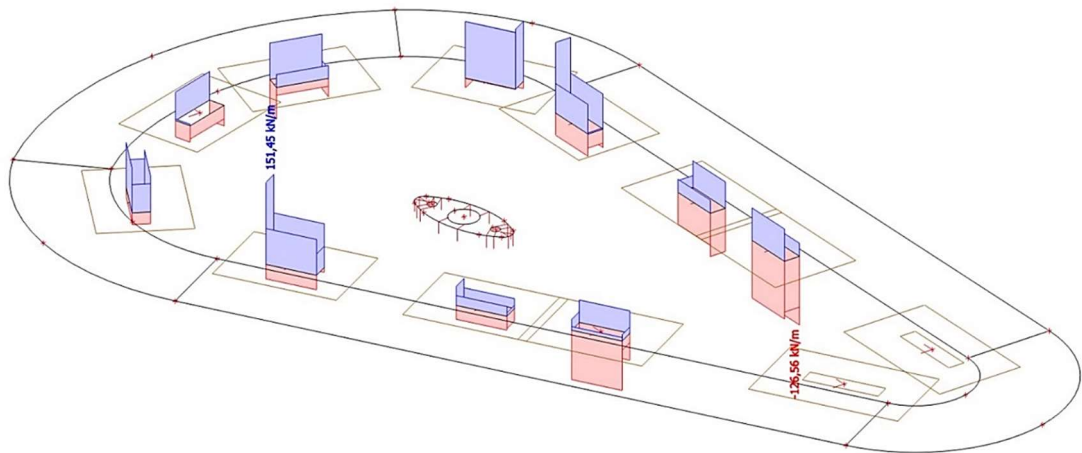


Obr. 4.45 – Hodnota vybraného řezu ($A_{s, req, 2+} = 312 \text{ mm}^2/\text{m}$) – nutná plocha výztuže $A_{s, req, 2+}$ ve směru lokální osy x a při kladném povrchu ve směru lokální osy z

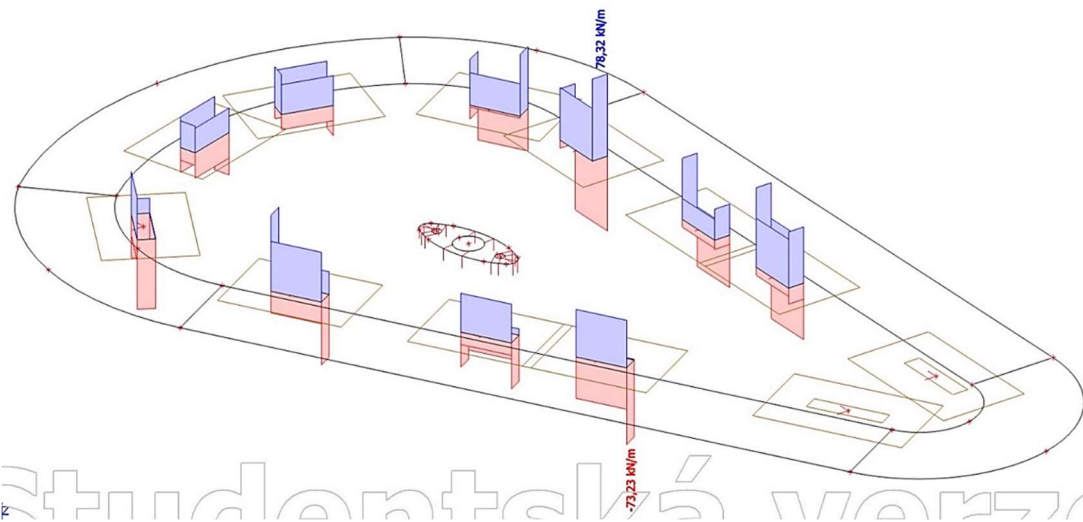
4.5.1.2. Mezní stav únosnosti – smyk

Protože sloupy jsou šikmé a jejich průřez je po výšce proměnný, nelze posoudit protlačení desky pomocí programu SCIA Engineer 21.1. Protlačení je tedy ověřeno ručním výpočtem, který je rozdělen na protlačení desky pod sloupem 200x600 a pod sloupem 200x900. Smykové síly jsou zobrazeny pro skupinu výsledků MSÚ osahující všechny vytvořené obálky kombinací. Druhý kontrovaný obvod u_1 zasahuje i do vykonzolované části, kde má deska vyšší tloušťku. Je tedy zjednodušení posuzovat protlačení na konstantní tloušťku 250 mm na straně bezpečně. Do výpočtu vstupují kontrované obvody u_0 a u_1 s hodnotou 1 m, protože posouvající síly odečtené z programu působí přímo v těchto obvodech a mají jednotku kN/m .

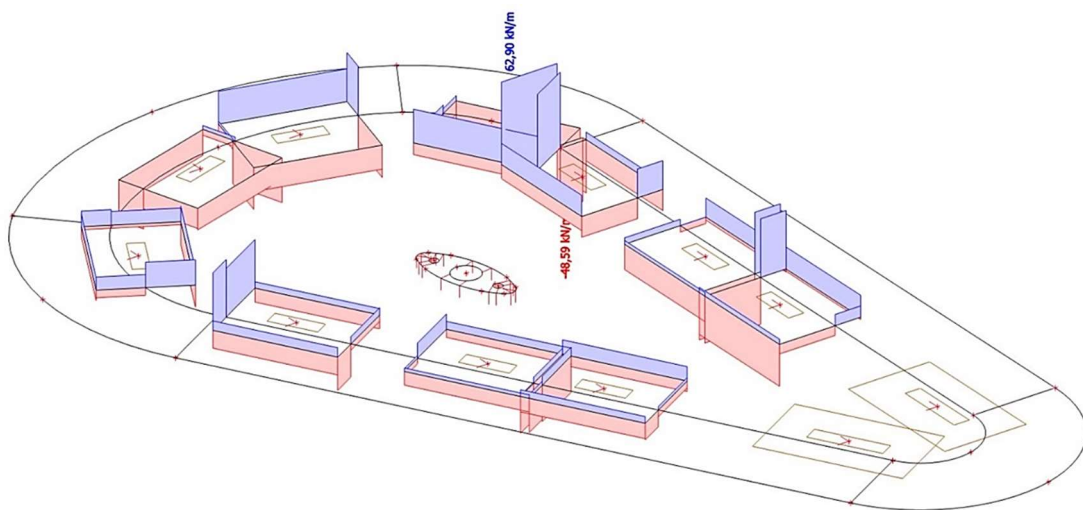
Posouzení protlačení desky nad sloupem 200x600 mm:



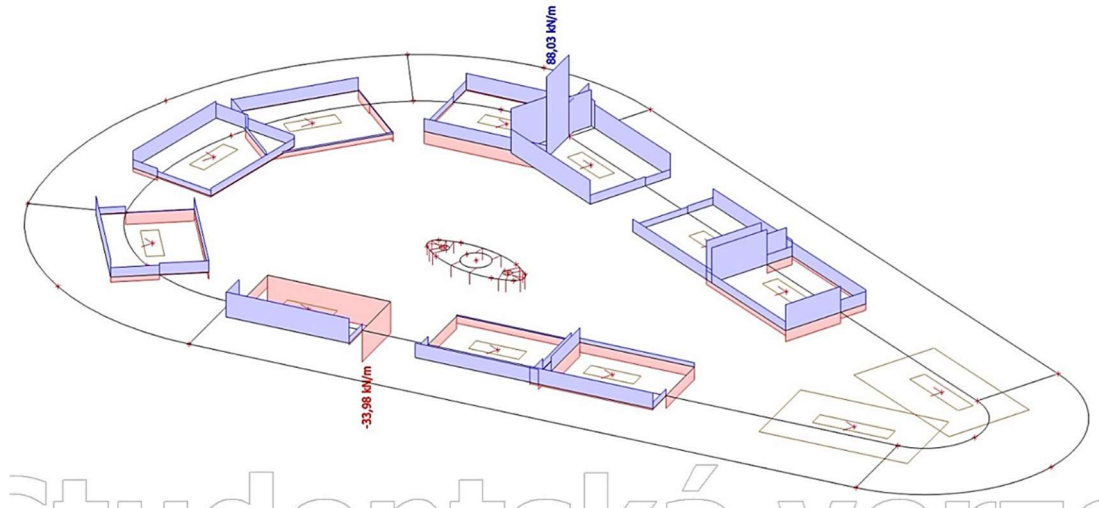
Obr. 4.46 – Průměrné hodnoty vnitřních síly v_x v obvodu u_0



Obr. 4.47 – Průměrné hodnoty vnitřních síly v_y v obvodu u_0



Obr. 4.48 – Průměrné hodnoty vnitřních síly v_x v obvodu u_1



Obr. 4.49 – Průměrné hodnoty vnitřních síly v_y v obvodu u_1

NÁVRH: $h_d = 250 \text{ mm}$; $\emptyset 12 \text{ à } 150 \text{ mm}$ ($A_{s,prov} = 754 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Parametry desky a sloupu:

$$h_d = 250 \text{ mm}, \emptyset = 12 \text{ mm}, c = 30 \text{ mm}$$

$$h_s = 600 \text{ mm}, b_s = 200 \text{ mm}$$

Beton C30/37:

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}, \gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$v = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \times \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

Kontrolované obvody:

$$d_x = h_d - c - \frac{\emptyset}{2} = 250 - 30 - \frac{12}{2} = 214 \text{ mm}$$

$$d_y = h_d - c - \emptyset - \frac{\emptyset}{2} = 250 - 30 - 12 - \frac{12}{2} = 202 \text{ mm}$$

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{214 + 202}{2} = 208 \text{ mm}$$

$$u_0 = 2 \times (h_s + b_s) = 2 \times (600 + 200) = 1\,600 \text{ mm}$$

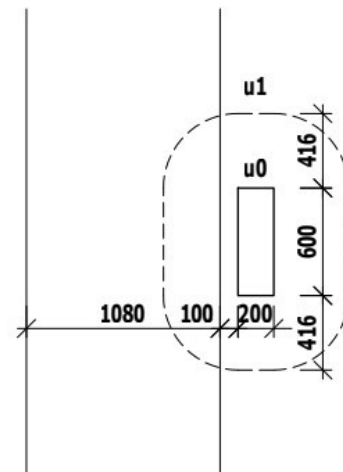
$$\rightarrow \text{pro tento výpočet } u_0 = 1000 \text{ mm}$$

$$u_1 = u_0 + 2 \times \pi \times 2 \times d = 1\,600 + 2 \times \pi \times 2 \times 208 = 4\,214 \text{ mm}$$

$$\rightarrow \text{pro tento výpočet } u_1 = 1000 \text{ mm}$$

Vnitřní síly:

$$V_{Ed,0} = 151,45 \text{ kN/m}, V_{Ed,1} = 88,03 \text{ kN/m}, \beta = 1,0$$



Vyztužení:

$$a_{sx} = 754 \text{ mm}^2, a_{sy} = 754 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{lx} = \frac{a_{sx}}{1000 \times d_x} = \frac{754}{1000 \times 214} = 0,0035$$

$$\rho_{ly} = \frac{a_{sy}}{1000 \times d_y} = \frac{754}{1000 \times 202} = 0,0037$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} = \sqrt{0,0035 \times 0,0037} = 0,0036$$

Únosnost tlačené diagonály:

$$v_{Ed,0} = \frac{\beta \times V_{Ed,0}}{u_0 \times d} = \frac{1,0 \times 151,45 \times 10^3}{1\,000 \times 208} = 0,73 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \times v \times f_{cd} = 0,4 \times 0,582 \times 20 = 4,22 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,0} = 0,73 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 4,22 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost desky bez výztuže na protlačení:

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

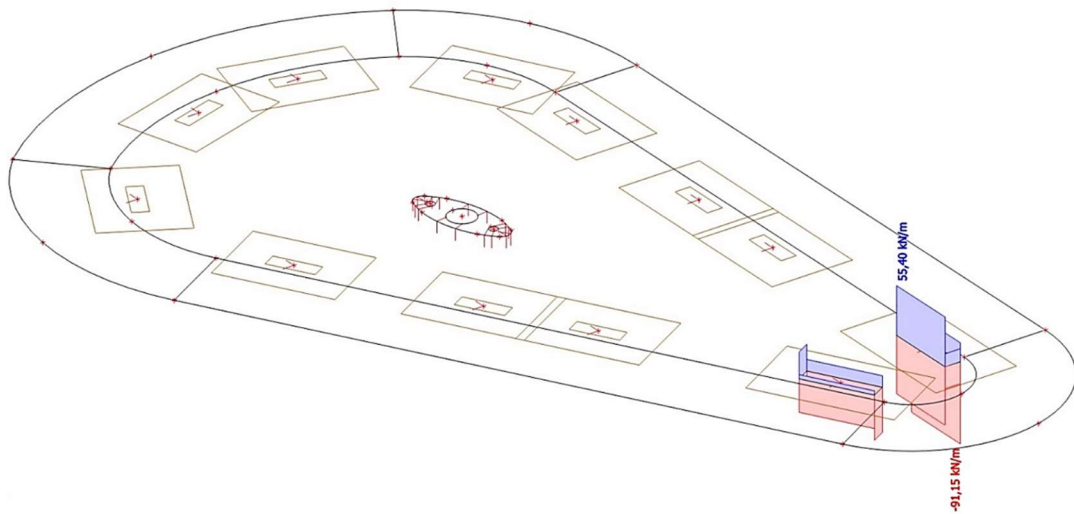
$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{208}} = 1,981$$

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta \times V_{Ed,1}}{u_1 \times d} = \frac{1,0 \times 88,03 \times 10^3}{1\,000 \times 208} = 0,42 \text{ MPa}$$

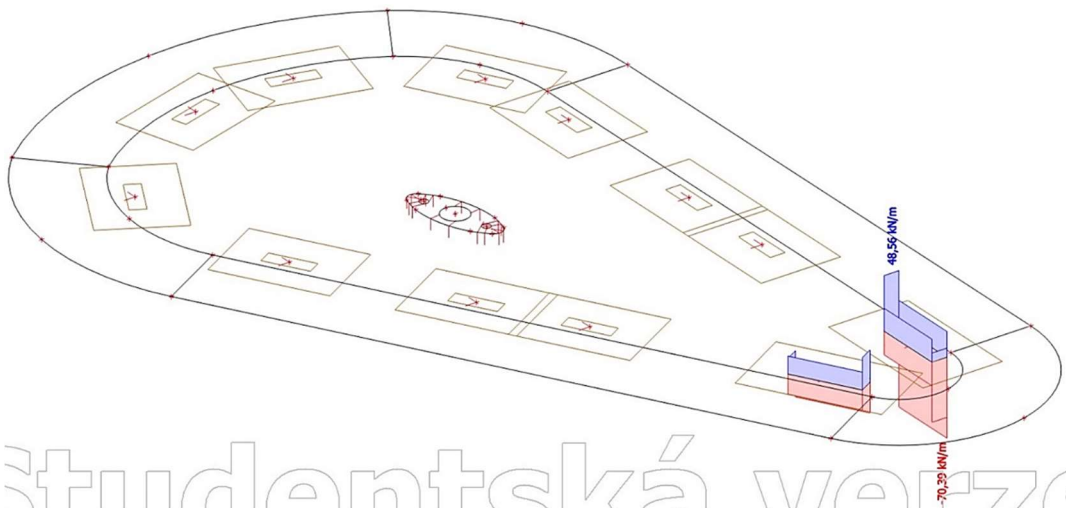
$$v_{Rd,c} = \max \left(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho_l \times f_{ck})} = 0,12 \times 1,981 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,0036 \times 30)} = \right. \\ \left. = 0,53; 0,035 \times \sqrt{k^3 \times f_{ck}} = 0,035 \times \sqrt{1,981^3 \times 30} = 0,53 \right) = 0,53 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,1} = 0,42 \text{ MPa} < v_{Rd,c} = 0,53 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

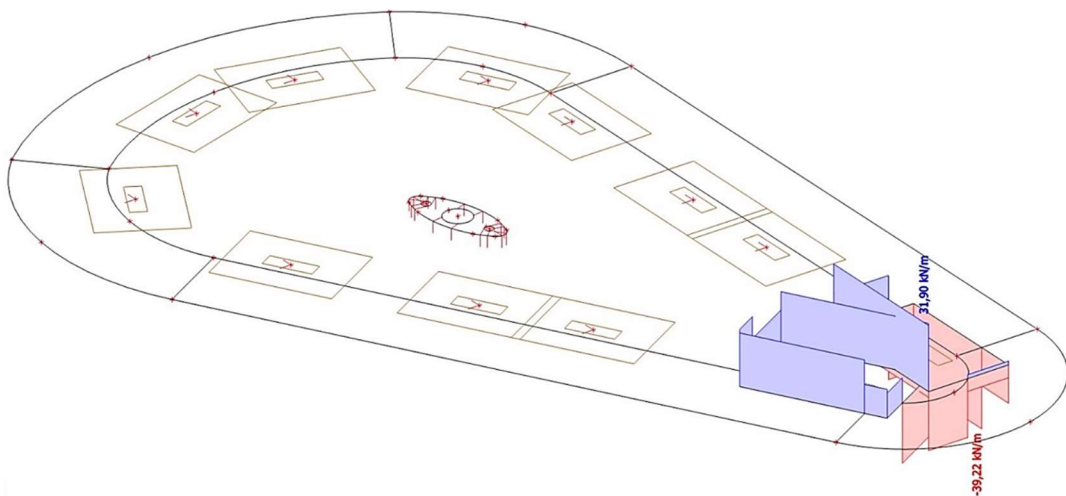
Posouzení protlačení desky nad sloupem 200x900 mm:



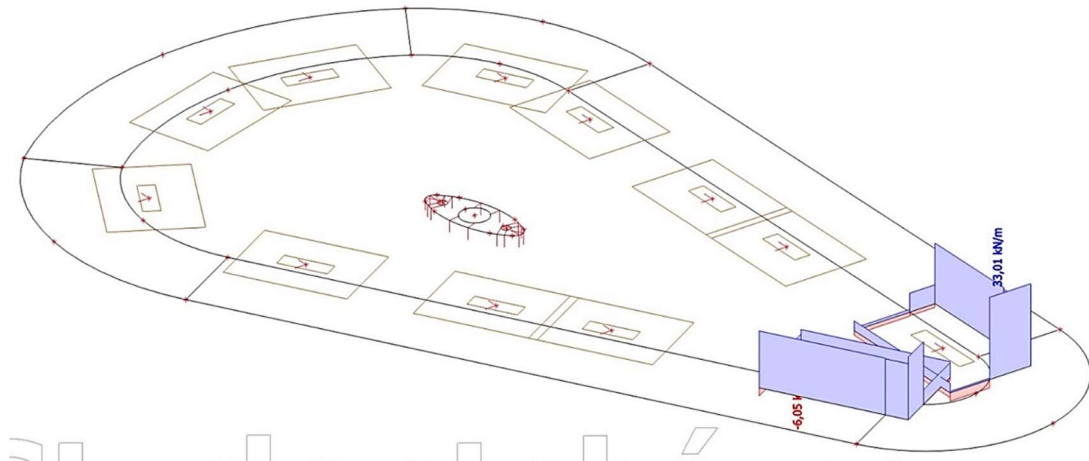
Obr. 4.50 – Průměrné hodnoty vnitřních síly v_x v obvodu u_0



Obr. 4.51 – Průměrné hodnoty vnitřních síly v_y v obvodu u_0



Obr. 4.52 – Průměrné hodnoty vnitřních síly v_x v obvodu u_1



Obr. 4.53 – Průměrné hodnoty vnitřních síly v_y v obvodu u_1

NÁVRH: $h_d = 250 \text{ mm}$; $\emptyset 12 \text{ à } 150 \text{ mm}$ ($A_{s,prov} = 754 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Parametry desky a sloupu:

$$h_d = 250 \text{ mm}, \emptyset = 12 \text{ mm}, c = 30 \text{ mm}$$

$$h_s = 900 \text{ mm}, b_s = 200 \text{ mm}$$

Beton C30/37:

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}, \gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$v = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \times \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

Kontrolované obvody:

$$d_x = h_d - c - \frac{\emptyset}{2} = 250 - 30 - \frac{12}{2} = 214 \text{ mm}$$

$$d_y = h_d - c - \emptyset - \frac{\emptyset}{2} = 250 - 30 - 12 - \frac{12}{2} = 202 \text{ mm}$$

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{214 + 202}{2} = 208 \text{ mm}$$

$$u_0 = 2 \times (h_s + b_s) = 2 \times (900 + 200) = 2\,200 \text{ mm}$$

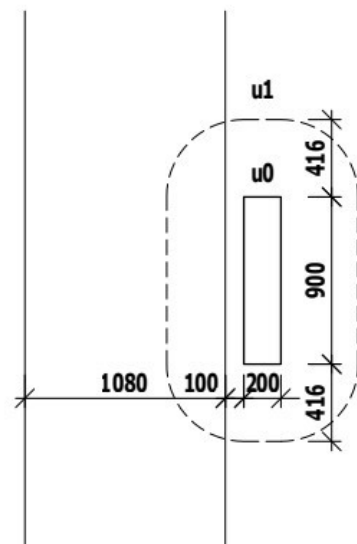
→ pro tento výpočet $u_0 = 1000 \text{ mm}$

$$u_1 = u_0 + 2 \times \pi \times 2 \times d = 2\,200 + 2 \times \pi \times 2 \times 208 = 4\,814 \text{ mm}$$

→ pro tento výpočet $u_1 = 1000 \text{ mm}$

Vnitřní síly:

$$V_{Ed,0} = 91,15 \text{ kN/m}, V_{Ed,1} = 39,22 \text{ kN/m}, \beta = 1,0$$



Vyztužení:

$$a_{sx} = 754 \text{ mm}^2, a_{sy} = 754 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{lx} = \frac{a_{sx}}{1000 \times d_x} = \frac{754}{1000 \times 214} = 0,0035$$

$$\rho_{ly} = \frac{a_{sy}}{1000 \times d_y} = \frac{754}{1000 \times 202} = 0,0037$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} = \sqrt{0,0035 \times 0,0037} = 0,0036$$

Únosnost tlačené diagonály:

$$v_{Ed,0} = \frac{\beta \times V_{Ed,0}}{u_0 \times d} = \frac{1,0 \times 91,15 \times 10^3}{1\,000 \times 208} = 0,44 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \times v \times f_{cd} = 0,4 \times 0,582 \times 20 = 4,22 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,0} = 0,44 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 4,22 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost desky bez výztuže na protlačení:

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{208}} = 1,981$$

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta \times V_{Ed,1}}{u_1 \times d} = \frac{1,0 \times 39,22 \times 10^3}{1\,000 \times 208} = 0,19 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = \max \left(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho_l \times f_{ck})} = 0,12 \times 1,981 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,0036 \times 30)} = \right. \\ \left. = 0,53; 0,035 \times \sqrt{k^3 \times f_{ck}} = 0,035 \times \sqrt{1,981^3 \times 30} = 0,53 \right) = 0,53 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,1} = 0,19 \text{ MPa} < v_{Rd,c} = 0,53 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

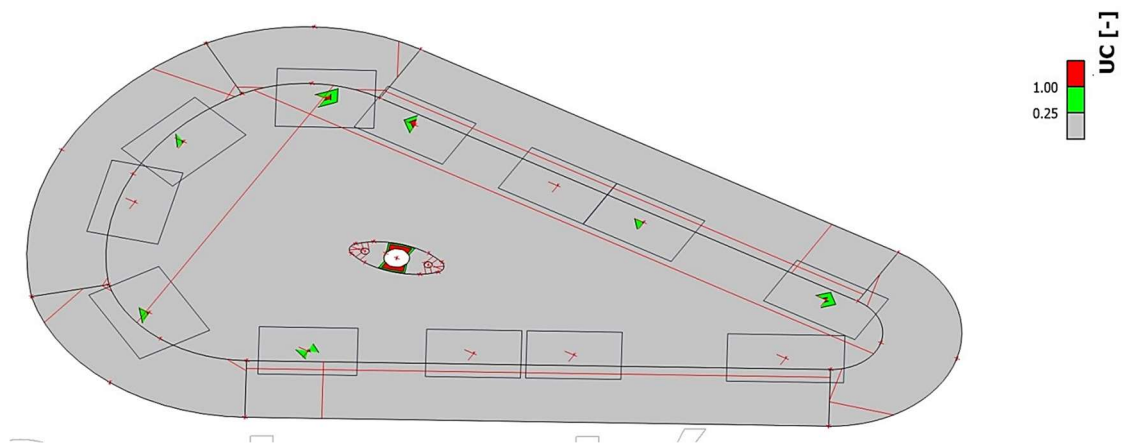
4.5.1.3. Mezní stav použitelnosti – trhliny

Posudek mezního stavu použitelnosti obsahuje ověření šířky trhlin, které lze provést pomocí programu SCIA Engineer 21.1. Program stanovuje šířku trhlin pomocí Eurokódu 2, který ji vypočítá na základě poměrného přetvoření výztuže a betonu. Dle normy ČSN EN 1992-1-1 [21] je pro stupeň vlivu prostředí XC2 doporučená maximální hodnota šířky trhlin 0,3 mm (Tab. 4.10). Šířky trhlin jsou zobrazeny pro skupinu výsledků MSP/Kvazi osahující všechny vytvořené obálky kombinací a pro uživatelskou výztuž ručně zadanou v programu.

Tab. 4.10 – Doporučené hodnoty w_{max}

Stupeň vlivu prostředí	Železobetonové prvky a prvky předpjaté nesoudržnou výztuží	Prvky předpjaté soudržnou výztuží
	Kvazi-stálá kombinace zatížení	Častá kombinace zatížení
X0, XC1	0,4 ¹⁾	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2 ²⁾
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Dekomprese

¹⁾ Pro stupně vlivu prostředí X0, XC1 nemá šířka trhliny vliv na trvanlivost a uvedená hodnota má zajistit přijatelný vzhled. Pokud nejsou kladeny požadavky na vzhled, lze uvedenou hodnotu zvětšit.
²⁾ Pro tyto stupně vlivu prostředí má být kromě toho posouzena dekomprese při kvazi-stálé kombinaci zatížení.



Obr. 4.54 – Celkový posudek šířky trhlin

Z výsledků je patrné, že z hlediska celkového posudku šířky trhlin deska vyhovuje. Nevyhovující oblasti se nachází uvnitř sloupů a stěny, kde je vznik trhlin nereálný.

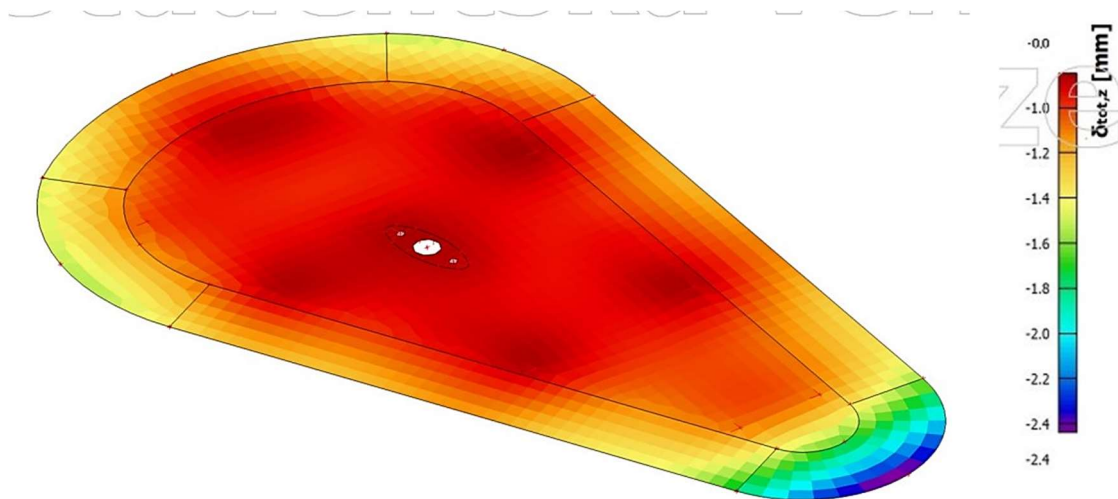
4.5.1.4. Mezní stav použitelnosti – průhyb

Dalším posudkem mezního stavu použitelnosti je ověření průhybu, který lze také provést pomocí programu SCIA Engineer 21.1. Pro tento účel se použije příkazová funkce Normově závislý průhyb, který zohledňuje vliv dotvarování a smršťování. Program stanovuje normově závislý průhyb pomocí Eurokódu 2. Normově závislý průhyb je zobrazen pro kombinaci automaticky vytvořenou programem MSP-Kvazi (auto) a pro uživatelskou výztuž ručně zadanou v programu. Při tomto posudku není brán v úvahu zatěžovací stav smršťování desky (ZS12), protože toto smršťování je již obsaženo v normově závislém průhybu.

Posudek vykonzolované části:

$$l = 1,180 \text{ m}$$

$$\delta = 2,4 \text{ mm} < \frac{2 \times l}{250} = \frac{2 \times 1\,700}{250} = 13,6 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



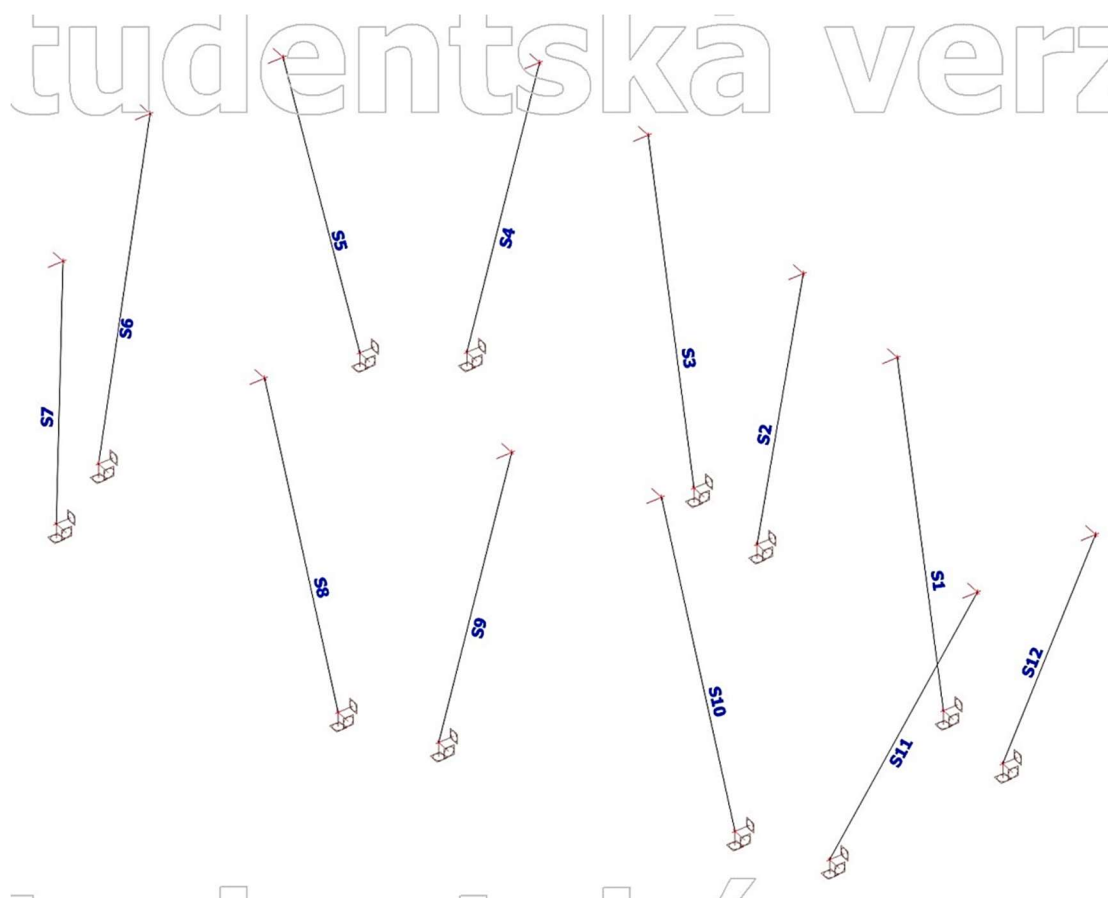
Obr. 4.55 – Normově závislý průhyb

4.5.2. NÁVRH SLOUPŮ

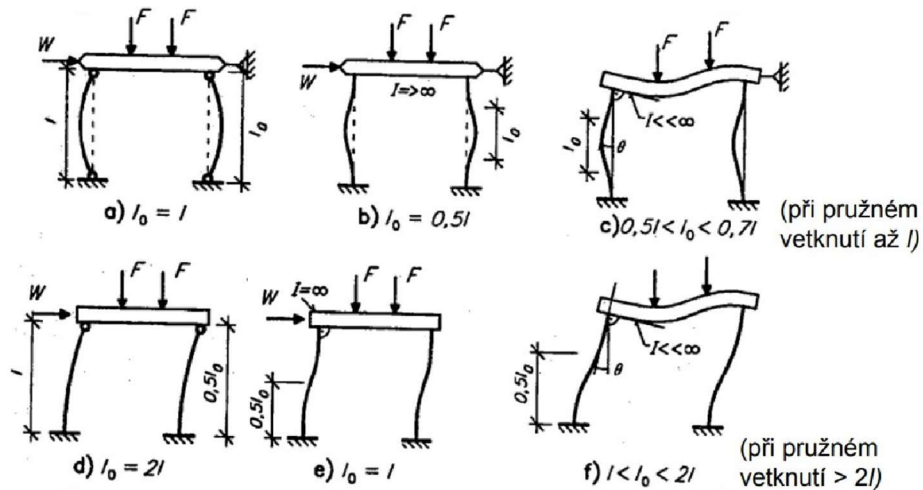
Rozměry průřezu sloupů jsou stanoveny na základě záměru architekta a postupně upraveny tak, aby bylo docíleno co nejvyšší využitelnosti. Rozměry se po výšce rozšiřují a jsou tak rozděleny na dva druhy. Sloupy s rozměry v hlavě 200x600 jsou označeny číslem S1-10 a sloupy s rozměry v hlavě 200x900 jsou označeny číslem S11 a S12 (Obr. 4.56). Oba druhy sloupů začínají v patě průřezem 200x350.

Vnitřní síly byly převzaty z programu SCIA Engineer 21.1 a pro přehlednost jsou vypsané v tabulce Tab. 4.11. Předmětem posudku bylo ověření průřezu sloupů v patě a hlavě, jelikož v těchto místech vznikají nejvyšší ohybové momenty. Pro návrh a posouzení dle mezního stavu únosnosti a použitelnosti byl použit program FIN EC 2023 Beton.

Důležitou vlastností při návrhu byl vzpěr, pro který bylo uvažováno s neztuženým systémem, jelikož jediným ztužením pro sloupy je eliptický stěnový tubus. Tím, že jsou ale sloupy navrženy jako šikmé, této stabilitě pomáhají. Dle případu e) v obrázku Obr. 4.57 je pro sloupy stanovena vzpěrná délka stejné hodnoty, jako je skutečná délka sloupů. Hodnota poměru momentů r_m je 0,8 a byla určena průměrem poměrů momentů v hlavě a v patě u všech sloupů. Metoda výpočtu vzpěru je v programu založen na metodě jmenovité křivosti. Hodnoty součinitelů c_y a c_z , které jsou závislé na rozdělení jmenovité křivosti, jsou 10. Tato hodnota se používá pro konstantní průřez a v tomto případě je na straně bezpečné. Pro konstantní průběh momentu se používá hodnota 8. Čím vyšší je hodnota těchto součinitelů, tím je sloup odolnější vůči vybočení.



Obr. 4.56 – Označení sloupů



Obr. 4.57 – Vzpěr [22]

Parametry sloupů:

Vzpěrná délka:

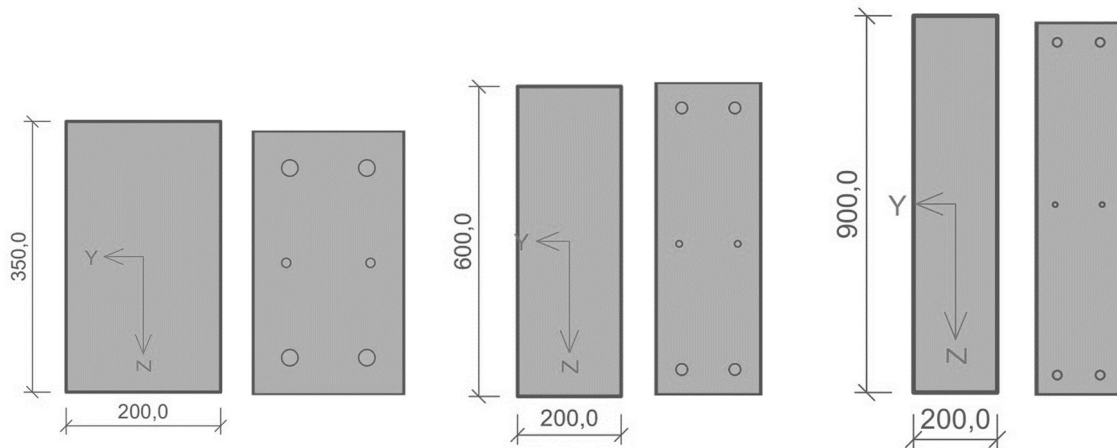
$l = 3,29 \text{ m}$ (pro průřez 200x900 – $l = 3,49 \text{ m}$)

Kolmo k ose y – $l_{0,y} = \beta \times l = 1,0 \times 3,29 = 3,29 \text{ m}$ (pro průřez 200x900 – $l_{0,y} = 3,49 \text{ m}$)

Kolmo k ose z – $l_{0,z} = \beta \times l = 1,0 \times 3,29 = 3,29 \text{ m}$ (pro průřez 200x900 – $l_{0,z} = 3,49 \text{ m}$)

NÁVRH: 4xØ22 a 2xØ12 ($A_{s,prov} = 1\,747 \text{ mm}^2$)

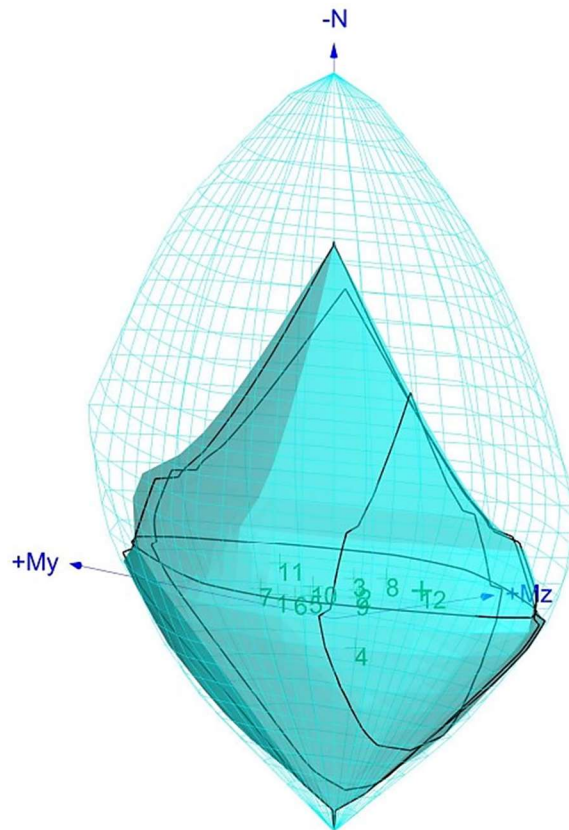
NÁVRH: TŘ Ø8 à 150 mm ($A_{s,prov,tř} = 335 \text{ mm}^2/\text{m}$)



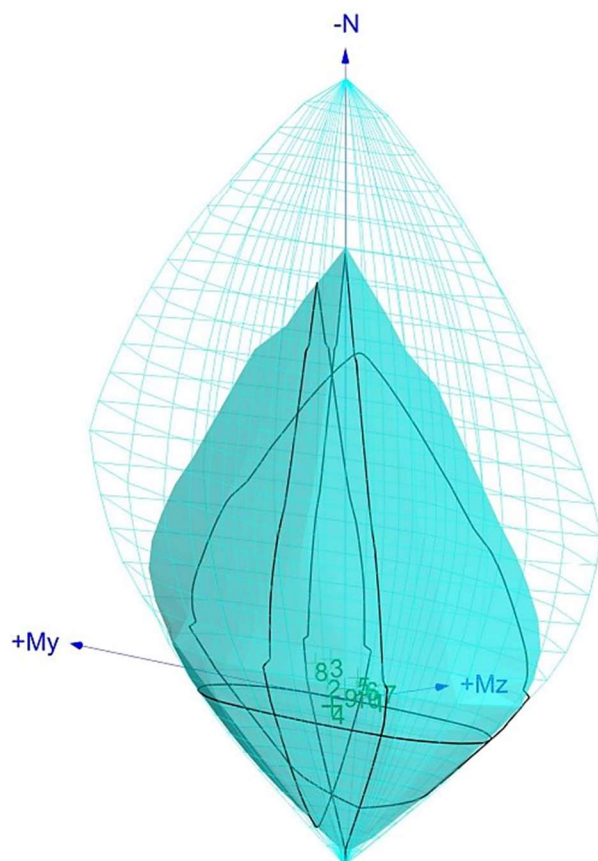
Tab. 4.11 – Vnitřní síly sloupů

Sloup	MSÚ						MSP/Char						MSP/Kvazi					
	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	V _z [kN]	V _y [kN]	V _x [kN]	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	V _z [kN]	V _y [kN]	V _x [kN]	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	V _z [kN]	V _y [kN]	V _x [kN]
S1 - hlava	-50,75	-29,09	7,98	15,37	-5,21		-34,16	-20,02	5,61	0,00	0,00	0,00	-4,41	-10,78	2,95	0,00	0,00	0,00
S1 - pata	-65,21	24,33	-6,54	17,06	-5,31		-44,58	16,88	-4,63	0,00	0,00	0,00	-14,46	9,33	-2,96	0,00	0,00	0,00
S2 - hlava	-99,40	13,51	-8,31	-6,82	5,02		71,03	8,79	-5,86	0,00	0,00	0,00	-47,67	5,38	-3,20	0,00	0,00	0,00
S2 - pata	-112,14	-6,13	6,93	-5,18	5,09		-80,31	-3,64	4,91	0,00	0,00	0,00	-56,74	-2,07	3,15	0,00	0,00	0,00
S3 - hlava	-175,97	30,33	9,12	-16,70	-5,41		-124,94	21,76	6,42	0,00	0,00	0,00	-76,82	15,74	3,42	0,00	0,00	0,00
S3 - pata	-190,43	-20,36	-7,50	-14,18	-5,39		-135,36	-14,62	-5,32	0,00	0,00	0,00	-86,87	-10,50	-3,39	0,00	0,00	0,00
S4 - hlava	66,77	37,51	16,49	-18,35	-9,20		40,32	26,64	11,67	0,00	0,00	0,00	17,59	16,40	6,76	0,00	0,00	0,00
S4 - pata	58,95	-27,26	-12,65	-21,33	-8,53		32,51	-19,34	-8,99	0,00	0,00	0,00	9,51	-11,96	-5,80	0,00	0,00	0,00
S5 - hlava	-99,01	4,76	18,03	-3,56	-10,50		-69,77	3,08	12,77	0,00	0,00	0,00	-37,62	1,91	7,44	0,00	0,00	0,00
S5 - pata	-112,22	-4,39	-15,18	-2,03	-9,17		-79,35	-2,96	-10,80	0,00	0,00	0,00	-46,95	-2,38	-7,01	0,00	0,00	0,00
S6 - hlava	-82,2	-4,16	19,32	3,67	-11,34		-57,69	-2,81	13,68	0,00	0,00	0,00	-29,78	-0,73	8,02	0,00	0,00	0,00
S6 - pata	-96,66	3,51	-15,90	-2,65	-10,23		-68,11	2,48	-11,32	0,00	0,00	0,00	-39,82	1,17	-7,35	0,00	0,00	0,00
S7 - hlava	-84,75	-28,43	19,42	14,72	-10,80		-58,08	-20,20	13,77	0,00	0,00	0,00	-15,75	-12,56	8,23	0,00	0,00	0,00
S7 - pata	-99,01	24,47	-14,91	17,77	-10,06		-68,36	17,36	-10,61	0,00	0,00	0,00	-25,68	10,81	-6,90	0,00	0,00	0,00
S8 - hlava	-166,65	32,02	-6,58	-18,23	3,65		-117,68	22,99	-4,62	0,00	0,00	0,00	-65,93	16,41	-2,53	0,00	0,00	0,00
S8 - pata	-180,38	-23,87	5,41	-15,96	4,76		-127,61	-17,13	3,82	0,00	0,00	0,00	-75,55	-12,17	2,10	0,00	0,00	0,00
S9 - hlava	-68,83	-7,47	-6,85	3,74	3,99		-48,86	-4,47	-4,85	0,00	0,00	0,00	-30,04	-2,45	-2,94	0,00	0,00	0,00
S9 - pata	-82,56	-5,95	6,00	-4,77	5,09		-58,79	-3,99	4,24	0,00	0,00	0,00	-39,67	-0,35	2,42	0,00	0,00	0,00
S10 - hlava	-75,61	-23,18	-7,28	12,15	4,14		-52	-15,86	-5,14	0,00	0,00	0,00	-15,93	-8,04	-2,98	0,00	0,00	0,00
S10 - pata	-88,52	19,67	6,33	13,84	5,29		-61,38	13,56	4,47	0,00	0,00	0,00	-25,08	7,28	2,52	0,00	0,00	0,00
S11 - hlava	-133,56	-30,56	-8,25	21,93	4,17		-93,98	-21,64	-5,78	0,00	0,00	0,00	-49,86	-12,91	-2,92	0,00	0,00	0,00
S11 - pata	-150,35	39,36	6,88	15,85	5,78		-106,19	27,51	4,85	0,00	0,00	0,00	-61,78	19,43	2,62	0,00	0,00	0,00
S12 - hlava	-147,60	38,21	-7,41	-25,19	4,26		-103,28	26,96	-5,21	0,00	0,00	0,00	-48,80	14,91	-2,82	0,00	0,00	0,00
S12 - pata	-161,18	-44,00	5,44	-19,48	4,18		-113,34	-30,94	3,89	0,00	0,00	0,00	-58,86	-21,86	2,40	0,00	0,00	0,00

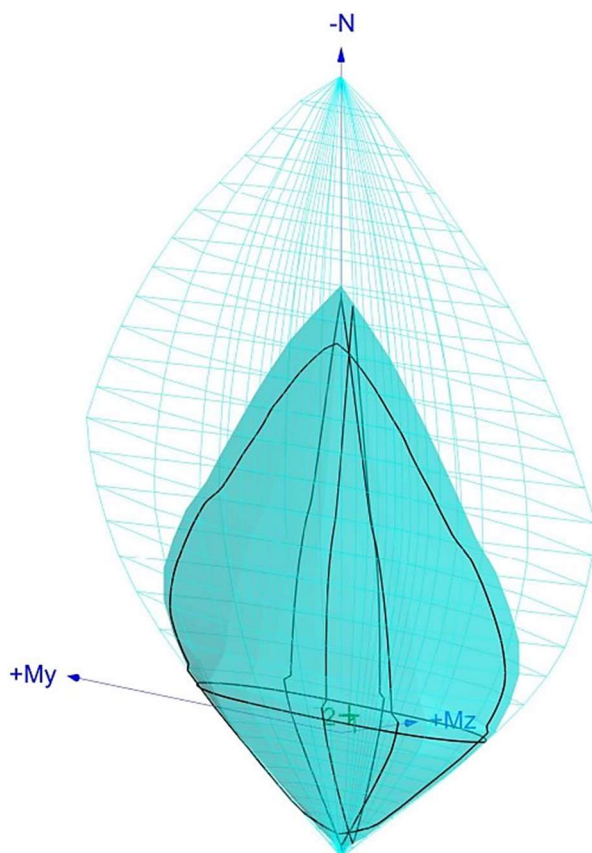
V následujících tabulkách Tab. 4.12, Tab. 4.13 a Tab. 4.14 jsou shrnuty posudky mezního stavu únosnosti a mezního stavu použitelnosti. V mezním stavu únosnosti je posouzeno namáhání od smyku a od kombinace tlaku a dvouosého ohybu. Podle interakčních diagramů vygenerovaných programem sloupy vyhovují, protože zatížení v mezním stavu únosnosti leží bodem uvnitř jejich hranic (Obr. 4.58, 4.59 a 4.60). V mezním stavu použitelnosti je posouzen pro charakteristickou kombinaci mezní stav omezení napětí v betonu i ve výztuži a pro kvazistálou kombinaci mezní stav omezení šířky trhlin. U všech sloupů rozhodoval mezní stav omezení napětí. Na tento mezní stav byly pro nejvíce namáhaný sloup navrženy rozměry a vyztužení. Podrobný report z výpočtu je obsahem přílohy této práce.



Obr. 4.58 – 3D interakční diagram průřezu 200x350 v patě (sloupy S1-12)



Obr. 4.59 – 3D interakční diagram průřezu 200x600 v hlavě (sloupy S1-10)



Obr. 4.60 – 3D interakční diagram průřezu 200x900 v hlavě (sloupy S11 a S12)

Tab. 4.12 – Souhrn posudku MSÚ

Sloup	l_0 [m]	$e_i = l_0 / 400$	N_{Ed} [kN]	N_{Rd} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{y,Rd}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Rd}$ [kNm]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$V_{z,Rd}$ [kN]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$V_{y,Rd}$ [kN]	Posouzení	Využití [%]
S1 - hlava	3,289	0,00822	-50,75	-3098,69	-29,09	-144,57	8,40	41,74	15,37	186,23	-5,21	-63,13	VYHOVUJE	20,12
S1 - pata	3,289	0,00822	-65,21	-2098,69	24,71	88,25	-6,92	-24,70	17,06	111,91	-5,31	-34,83	VYHOVUJE	28,02
S2 - hlava	3,289	0,00822	-99,40	-3098,69	13,51	81,48	-9,13	-54,95	-6,82	-73,99	5,02	54,46	VYHOVUJE	16,62
S2 - pata	3,289	0,00822	-112,14	-2098,69	-6,13	-37,07	7,85	47,49	-5,18	-73,11	5,09	71,84	VYHOVUJE	16,54
S3 - hlava	3,288	0,00822	-175,97	-3098,69	30,33	138,66	10,57	48,23	-16,70	-184,34	-5,41	-59,72	VYHOVUJE	21,92
S3 - pata	3,288	0,00822	-190,43	-2098,69	-20,36	-52,45	-17,10	-44,06	-14,18	-151,51	-5,39	-57,59	VYHOVUJE	38,82
S4 - hlava	3,288	0,00822	66,77	813,85	37,51	97,96	17,04	44,54	-18,35	-57,59	-9,20	-28,87	VYHOVUJE	38,29
S4 - pata	3,288	0,00822	58,95	813,85	-27,60	-64,96	-12,99	-30,57	-21,33	-63,11	-8,53	-25,24	VYHOVUJE	42,49
S5 - hlava	3,288	0,00822	-99,01	-3098,69	4,76	14,66	18,84	57,81	-3,56	-23,20	-10,50	-68,43	VYHOVUJE	32,59
S5 - pata	3,288	0,00822	-112,22	-2098,69	-4,39	-14,35	-16,10	-52,63	-2,03	-13,57	-9,17	-61,32	VYHOVUJE	30,59
S6 - hlava	3,288	0,00822	-82,20	-3098,69	-4,16	-11,80	20,00	56,92	3,67	21,65	-11,34	-66,89	VYHOVUJE	35,25
S6 - pata	3,288	0,00822	-96,66	-2098,69	3,51	10,94	-16,69	-52,05	-2,65	-15,66	-10,23	-60,46	VYHOVUJE	32,08
S7 - hlava	3,288	0,00822	-84,75	-3098,69	-28,43	-76,89	20,12	54,43	14,72	74,33	-10,80	-54,54	VYHOVUJE	36,97
S7 - pata	3,288	0,00822	-99,01	-2098,69	25,05	61,07	-15,49	-37,76	17,77	97,40	-10,06	-55,14	VYHOVUJE	41,02
S8 - hlava	3,289	0,00822	-166,65	-3098,69	32,02	167,71	-7,95	-41,58	-18,23	-203,03	3,65	40,65	VYHOVUJE	19,12
S8 - pata	3,289	0,00822	-180,38	-2098,69	-24,92	-66,89	14,07	37,77	-15,96	-162,60	4,76	48,49	VYHOVUJE	37,26
S9 - hlava	3,288	0,00822	-68,83	-3098,69	-7,47	-55,11	-7,42	-54,84	3,74	54,27	3,99	57,90	VYHOVUJE	13,55
S9 - pata	3,288	0,00822	-82,56	-2098,69	-5,95	-40,39	6,68	45,33	-4,77	-69,43	5,09	74,08	VYHOVUJE	14,74
S10 - hlava	3,289	0,00822	-75,61	-3098,69	-23,18	-132,77	-7,90	-45,28	12,15	185,08	4,14	63,07	VYHOVUJE	17,46
S10 - pata	3,289	0,00822	-88,52	-2098,69	20,18	82,59	6,84	28,00	13,84	108,14	5,29	41,33	VYHOVUJE	24,43
S11 - hlava	3,493	0,00873	-133,56	-4298,69	-30,56	-192,25	-9,42	-59,18	21,93	303,60	4,17	57,73	VYHOVUJE	15,92
S11 - pata	3,493	0,00873	-150,35	-2098,69	40,23	83,52	14,10	29,26	15,85	153,89	5,78	56,12	VYHOVUJE	48,19
S12 - hlava	3,493	0,00873	-147,60	-4298,69	38,21	241,27	-8,70	-54,94	-25,19	-313,38	4,26	53,00	VYHOVUJE	15,84
S12 - pata	3,493	0,00873	-161,18	-2098,69	-44,94	-90,03	13,18	26,39	-19,48	-174,02	4,18	37,34	VYHOVUJE	49,94

NÁVRH A ANALÝZA KONSTRUKCE AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY

Tab. 4.13 – Shrnutí posudku MSP/Char

Sloup	MSP/Char						Využití [%]
	σ_c [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]	Posouzení	
S1 - hlava	6,59	18,00	55,14	20,22	400,00	VYHOVUJE	36,61
S1 - pata	10,44	18,00	72,92	34,08	400,00	VYHOVUJE	58,00
S2 - hlava	5,87	18,00	110,61	-5,00	400,00	VYHOVUJE	32,61
S2 - pata	4,98	18,00	13,20	18,27	400,00	VYHOVUJE	27,67
S3 - hlava	5,94	18,00	22,64	23,96	400,00	VYHOVUJE	33,00
S3 - pata	9,23	18,00	27,94	36,71	400,00	VYHOVUJE	51,28
S4 - hlava	12,65	18,00	160,46	17,33	400,00	VYHOVUJE	70,28
S4 - pata	16,58	18,00	160,21	37,46	400,00	VYHOVUJE	92,11
S5 - hlava	7,61	18,00	71,65	10,31	400,00	VYHOVUJE	42,28
S5 - pata	9,73	18,00	58,32	23,14	400,00	VYHOVUJE	54,06
S6 - hlava	8,18	18,00	85,66	9,04	400,00	VYHOVUJE	45,44
S6 - pata	9,98	18,00	67,19	20,98	400,00	VYHOVUJE	55,44
S7 - hlava	11,44	18,00	104,69	23,32	400,00	VYHOVUJE	63,56
S7 - pata	15,77	18,00	100,03	46,28	400,00	VYHOVUJE	87,61
S8 - hlava	5,20	18,00	19,11	22,11	400,00	VYHOVUJE	28,89
S8 - pata	9,23	18,00	32,94	37,02	400,00	VYHOVUJE	51,28
S9 - hlava	3,23	18,00	19,32	8,80	400,00	VYHOVUJE	17,94
S9 - pata	4,68	18,00	16,69	16,31	400,00	VYHOVUJE	26,00
S10 - hlava	5,26	18,00	34,80	17,47	400,00	VYHOVUJE	29,22
S10 - pata	8,82	18,00	49,15	30,57	400,00	VYHOVUJE	49,00
S11 - hlava	3,45	18,00	15,90	13,24	400,00	VYHOVUJE	19,17
S11 - pata	14,45	18,00	89,72	51,78	400,00	VYHOVUJE	80,28
S12 - hlava	3,49	18,00	14,79	14,45	400,00	VYHOVUJE	19,39
S12 - pata	14,96	18,00	98,02	54,15	400,00	VYHOVUJE	83,11

Tab. 4.14 – Shrnutí posudku MSP/Kvazi

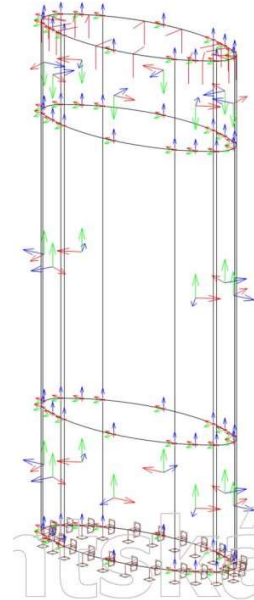
Sloup	MSP/Kvazi					Využití [%]
	$\Delta\varepsilon \times 10^{-6}$ [-]	$S_{r,max}$ [m]	w [mm]	w_{lim} [mm]	Posouzení	
S1 - hlava	113,0	0,209	0,024	0,3	VYHOVUJE	8,00
S1 - pata	144,0	0,156	0,022	0,3	VYHOVUJE	7,33
S2 - hlava	27,5	0,217	0,006	0,3	VYHOVUJE	2,00
S2 - pata	19,5	0,198	0,004	0,3	VYHOVUJE	1,33
S3 - hlava	42,6	0,270	0,008	0,3	VYHOVUJE	2,67
S3 - pata	64,4	0,150	0,010	0,3	VYHOVUJE	3,33
S4 - hlava	271,0	0,246	0,067	0,3	VYHOVUJE	22,33
S4 - pata	319,0	0,160	0,051	0,3	VYHOVUJE	17,00
S5 - hlava	129,0	0,298	0,038	0,3	VYHOVUJE	12,67
S5 - pata	123,0	0,234	0,029	0,3	VYHOVUJE	9,67
S6 - hlava	153,0	0,298	0,046	0,3	VYHOVUJE	15,33
S6 - pata	135,0	0,215	0,029	0,3	VYHOVUJE	9,67
S7 - hlava	222,0	0,276	0,061	0,3	VYHOVUJE	20,33
S7 - pata	223,0	0,165	0,037	0,3	VYHOVUJE	12,33
S8 - hlava	49,5	0,315	0,011	0,3	VYHOVUJE	3,67
S8 - pata	80,3	0,151	0,012	0,3	VYHOVUJE	4,00
S9 - hlava	33,8	0,303	0,010	0,3	VYHOVUJE	3,33
S9 - pata	6,5	0,604	0,004	0,3	VYHOVUJE	1,33
S10 - hlava	78,0	0,213	0,017	0,3	VYHOVUJE	5,67
S10 - pata	93,1	0,150	0,014	0,3	VYHOVUJE	4,67
S11 - hlava	26,3	0,206	0,005	0,3	VYHOVUJE	1,67
S11 - pata	193,0	0,181	0,035	0,3	VYHOVUJE	11,67
S12 - hlava	30,8	0,203	0,006	0,3	VYHOVUJE	2,00
S12 - pata	229,0	0,192	0,044	0,3	VYHOVUJE	14,67

4.5.3. NÁVRH STĚNY

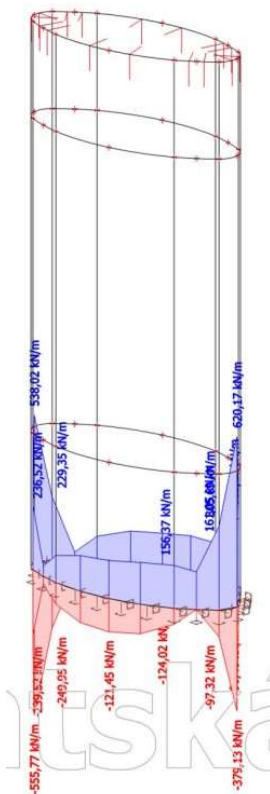
Tloušťka stěnového eliptického tubusu, který zastává spíše funkci pro umístění osvětlení a jízdního řádu, je podle podkladů 100 mm. V programu SCIA Engineer 21.1 je tato konstrukce namodelována po částech (Obr. 4.61). Po zobrazení reakcí a jejich průměru je patrné, že v patě stěny bude vznikat tah i tlak a na toto namáhání bude potřeba navrhnout výztuž (Obr. 4.63 a 4.64).



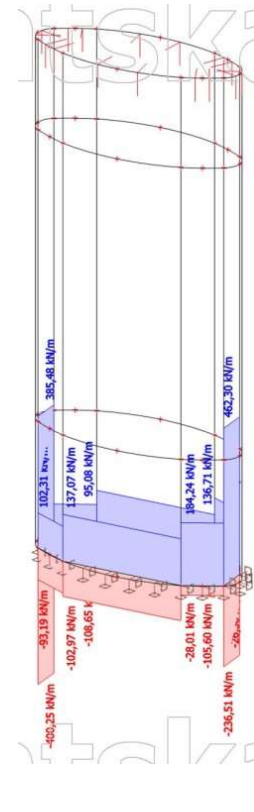
Obr. 4.61 – Stěna v modelu



Obr. 4.62 – Lokální osy dílců stěny

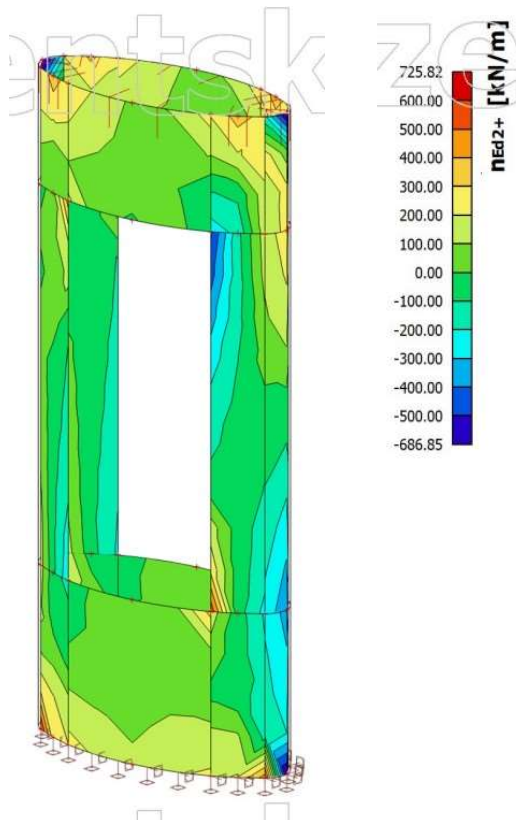


Obr. 4.63 – Reakce stěny

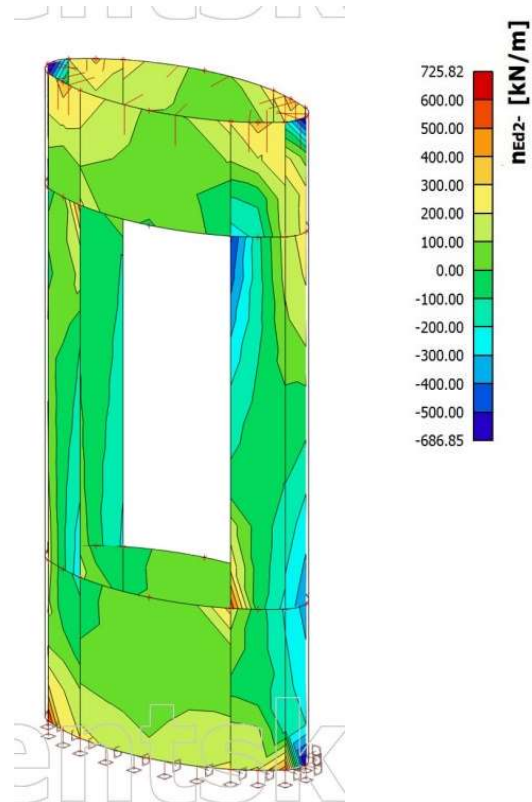


Obr. 4.64 – Průměr reakcí stěny

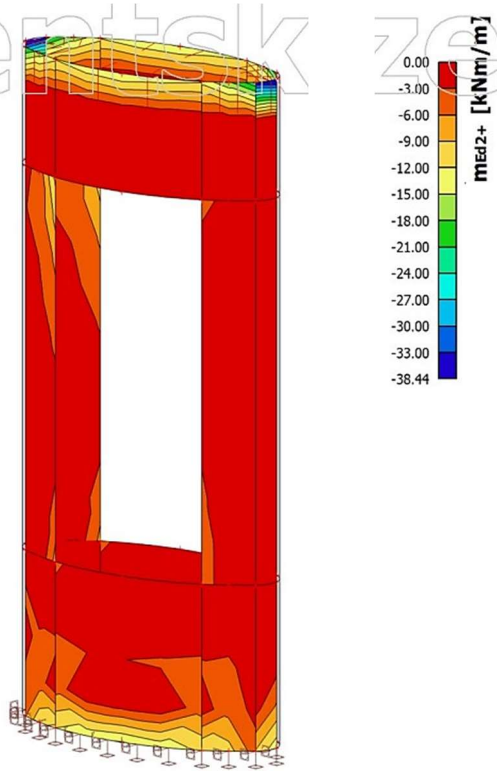
Vnitřní síly jsou zobrazeny přes příkazovou funkci Vnitřní síly pro železobeton 2D. Podle lokálních os je výztuž navržena na kombinaci normálové síly ve směru 2, který reprezentuje osu y (zelená) a ohybového momentu ve směru 1, který reprezentuje osu x (červená). Index +/- označuje kladný a záporný povrch podle lokální osy z (modrá) (Obr. 4.62). Z výsledků je patrné, že ohybový moment ve směru 2 nijak výrazně nepřispívá k návrhu výztuže. Výsledky jsou zobrazeny pro skupinu výsledků MSÚ osahující všechny vytvořené obálky kombinací. Protože v patě vzniká tah i tlak, pro vykreslení výsledků je použit absolutní extrém. Pokud by v patě stěny vnikal pouze tlak, použilo by se minimum a pro tah maximum.



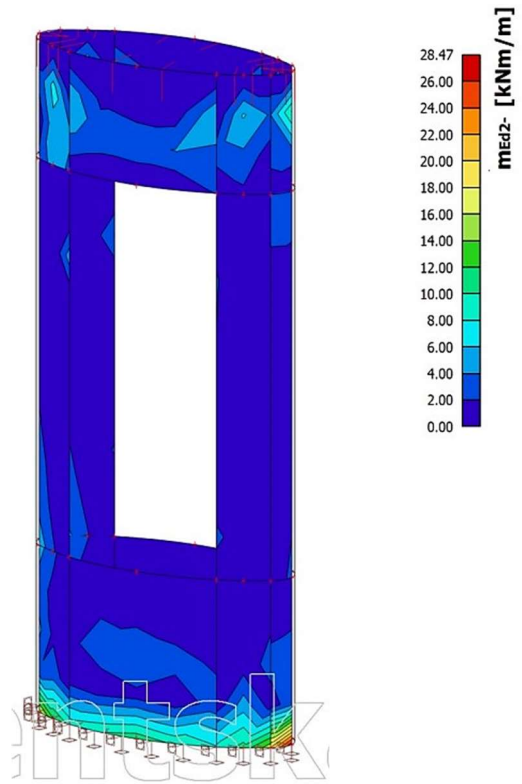
Obr. 4.65 – Normálová síla n_{Ed2+} při kladném povrchu ve směru lokální osy z (modrá)



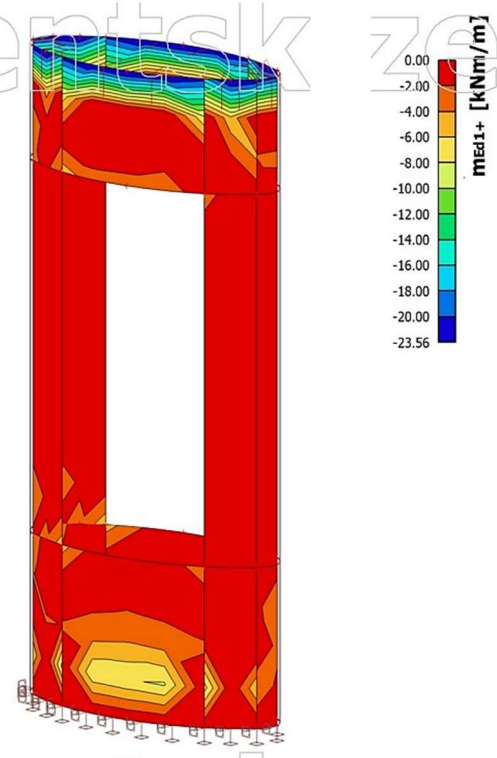
Obr. 4.66 – Normálová síla n_{Ed2-} při záporném povrchu ve směru lokální osy z (modrá)



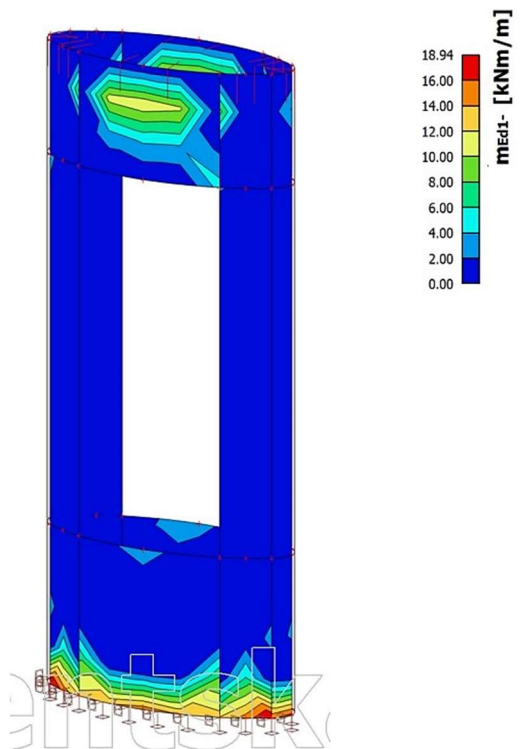
Obr. 4.67 – Ohybový moment m_{Ed2+} při kladném povrchu ve směru lokální osy z (modrá)



Obr. 4.68 – Ohybový moment m_{Ed2-} při záporném povrchu ve směru lokální osy z (modrá)

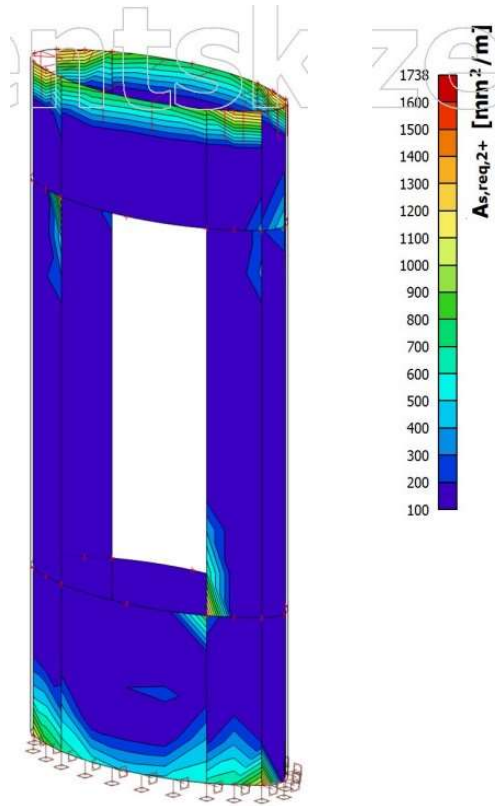


Obr. 4.69 – Ohybový moment m_{Ed1+} při kladném povrchu ve směru lokální osy z (modrá)

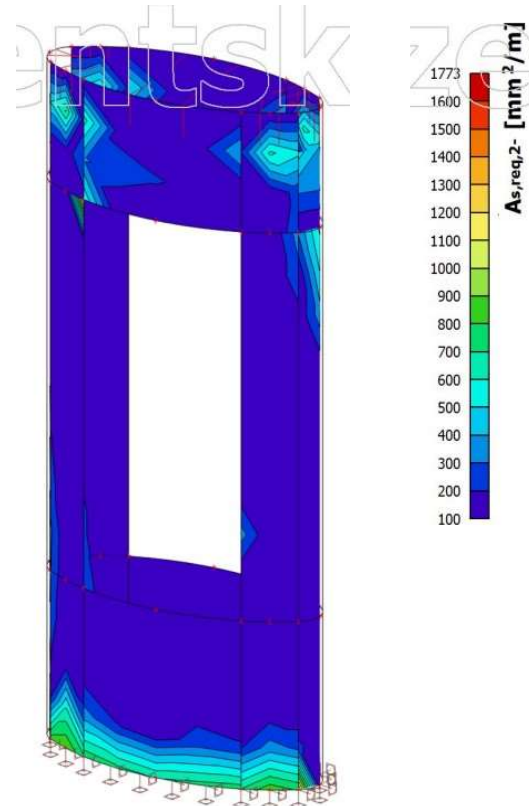


Obr. 4.70 – Ohybový moment m_{Ed1-} při záporném povrchu ve směru lokální osy z (modrá)

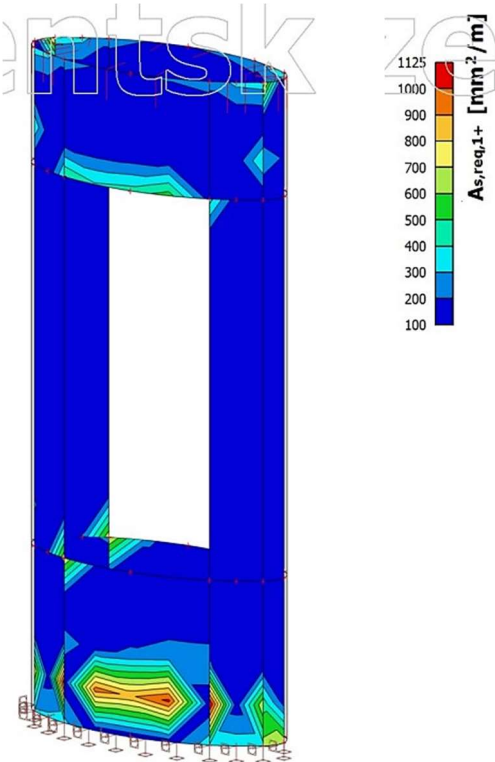
Přes příkazovou funkci Návrh výztuže 2D podle MSÚ a MSP se zobrazí nutná výztuž pro oba směry a povrchy stěny. Pro tento posudek také platí, že výsledky jsou zobrazeny pro skupinu výsledků MSÚ osahující všechny vytvořené obálky kombinací a pro absolutní extrém.



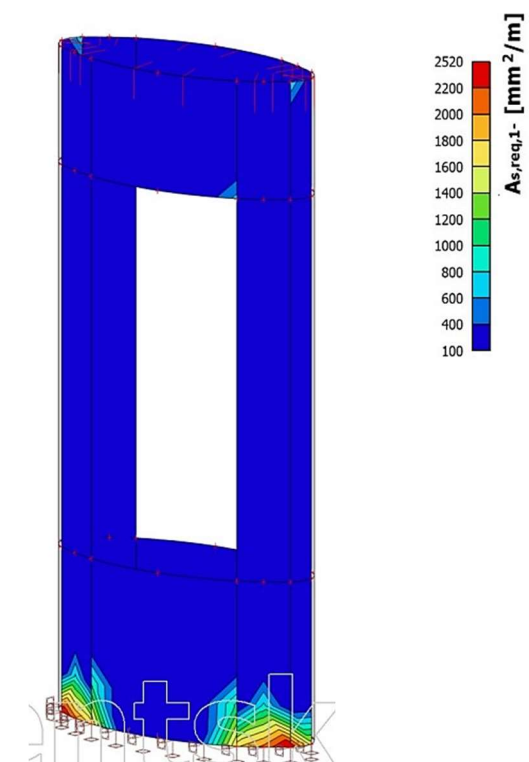
Obr. 4.71 – Nutná plocha výztuže $A_{s,req,2+}$



Obr. 4.72 – Nutná plocha výztuže $A_{s,req,2-}$



Obr. 4.73 – Nutná plocha výztuže $A_{s,req,1+}$



Obr. 4.74 – Nutná plocha výztuže $A_{s,req,1-}$

Dle výsledků je patrné, že pro oba povrchy je potřeba použít minimálně $400 \text{ mm}^2/\text{m}$ svislé výztuže (směr 2). Dále je třeba použít minimálně $400 \text{ mm}^2/\text{m}$ vodorovné výztuže (směr 1) a v patě stěny zhustit vodorovnou výztuž minimálně na $900 \text{ mm}^2/\text{m}$. Protože je ale stěna tloušťky 100 mm a její krytí je 30 mm , bude výztuž jen v jedné řadě a s dvojnásobnou plochou. V místech, kde je dále potřeba více výztuže (horní okraj stěny a okolo otvoru), bude výztuž zhuštěna.

Svislá výztuž:

NÁVRH: $\emptyset 12 \text{ à } 125 \text{ mm}$ ($A_{s,prov} = 905 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Vodorovná výztuž:

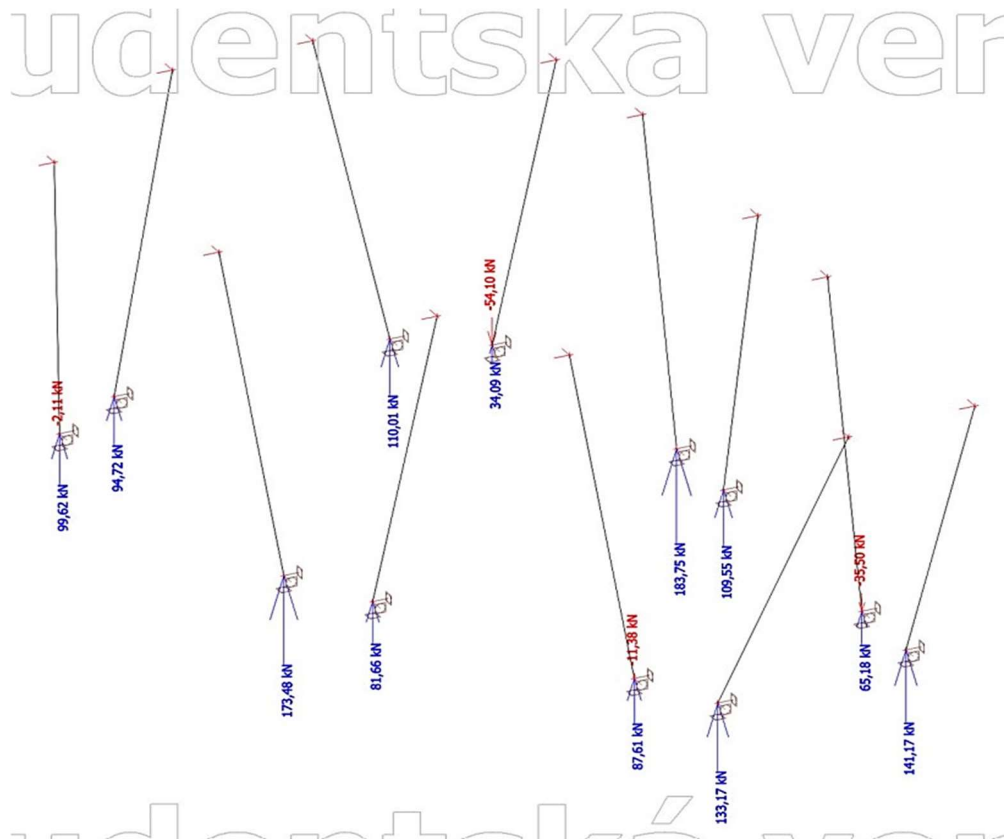
NÁVRH: $\emptyset 12 \text{ à } 125 \text{ mm}$ ($A_{s,prov} = 905 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Vodorovná výztuž v patě a hlavě stěny:

NÁVRH: $\emptyset 12 \text{ à } 100 \text{ mm}$ ($A_{s,prov} = 1131 \text{ mm}^2/\text{m}$)

4.5.4. NÁVRH ZÁKLADOVÉ DESKY

Objekt zastávky je založen na desce z důvodu roznosu zatížení, např. od větru. V tomto se návrh liší od podkladu, kde jsou navrženy základové pasy. Ty by ale musely být velmi vysoké, aby dokázaly odolat namáhání od větru, a proto je zvoleno založení na desce. V prvotním návrhu je navržena tloušťka základové desky 300 mm a je posouzena pouze na protlačení. Předpokladem je stejné vyztužení jako pro desku nad šikmými sloupy. Největší reakcí, která na základovou desku působí, je $183,75 \text{ kN}$ (Obr. 4.75). V tomto případě do výpočtu vstupují kontrolované obvoody u_0 a u_1 s příslušnou délkou, protože je uvažováno s posouvající silou, která působí ve místě styku sloupu s deskou a má tedy jednotku kN .



Obr. 4.75 – Reakce od zastávky na základovou desku

Posouzení protlačení základové desky pod sloupem 200x350 mm

NÁVRH: $h_d = 300 \text{ mm}$; $\emptyset 12 \text{ à } 150 \text{ mm}$ ($A_{s,prov} = 754 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Parametry desky a sloupu:

$$h_d = 300 \text{ mm}, \emptyset = 12 \text{ mm}, c = 40 \text{ mm}$$

$$h_s = 350 \text{ mm}, b_s = 200 \text{ mm}$$

Beton C30/37:

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}, \gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$v = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \times \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

Kontrolované obvody:

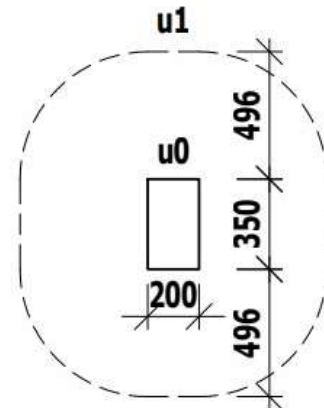
$$d_x = h_d - c - \frac{\emptyset}{2} = 300 - 40 - \frac{12}{2} = 254 \text{ mm}$$

$$d_y = h_d - c - \emptyset - \frac{\emptyset}{2} = 300 - 40 - 12 - \frac{12}{2} = 242 \text{ mm}$$

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{254 + 242}{2} = 248 \text{ mm}$$

$$u_0 = 2 \times (h_s + b_s) = 2 \times (350 + 200) = 1\,100 \text{ mm}$$

$$u_1 = u_0 + 2 \times \pi \times 2 \times d = 1\,100 + 2 \times \pi \times 2 \times 248 = 4\,216 \text{ mm}$$



Vnitřní síly:

$$V_{Ed} = 183,75 \text{ kN}, \beta = 1,4$$

Vyztužení:

$$a_{sx} = 754 \text{ mm}^2, a_{sy} = 754 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{lx} = \frac{a_{sx}}{1000 \times d_x} = \frac{754}{1000 \times 254} = 0,003$$

$$\rho_{ly} = \frac{a_{sy}}{1000 \times d_y} = \frac{754}{1000 \times 242} = 0,0031$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} = \sqrt{0,003 \times 0,0031} = 0,003$$

Únosnost tlačené diagonály:

$$v_{Ed,0} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_0 \times d} = \frac{1,4 \times 183,75 \times 10^3}{1\,100 \times 248} = 0,94 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \times v \times f_{cd} = 0,4 \times 0,528 \times 20 = 4,22 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,0} = 0,94 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 4,22 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost desky bez výztuže na protlačení:

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{248}} = 1,898$$

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_1 \times d} = \frac{1,4 \times 183,75 \times 10^3}{4\,216 \times 248} = 0,25 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = \max \left(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho_l \times f_{ck})} = 0,12 \times 1,898 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,003 \times 30)} = \right. \\ \left. = 0,48; 0,035 \times \sqrt{k^3 \times f_{ck}} = 0,035 \times \sqrt{1,898^3 \times 30} = 0,5 \right) = 0,5 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,1} = 0,25 \text{ MPa} < v_{Rd,c} = 0,5 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

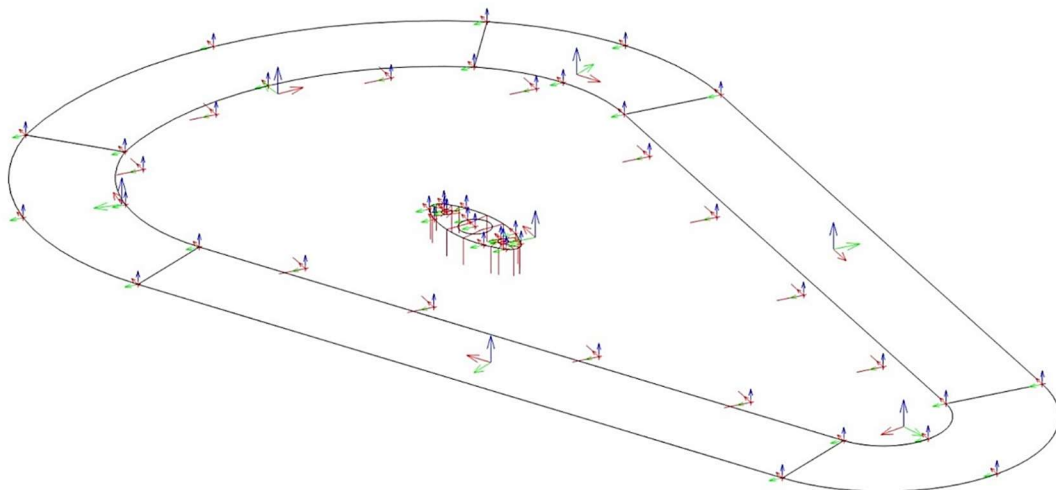
4.6. VARIANTA 2

4.6.1. NÁVRH DESKY

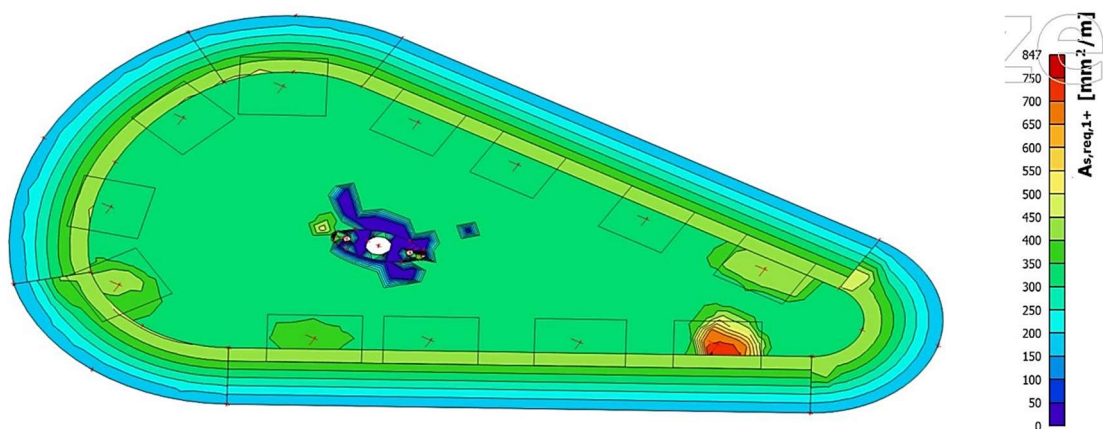
Návrh desky je stejný jako ve variantě 1. Prostřední část má konstantní tloušťku 250 mm a tloušťka vykonzolované části se mění z hodnoty 350 mm na 120 mm směrem k volnému okraji. Tloušťky byly stanoveny na základě záměru architekta a upraveny tak, aby vyhověly všem mezním stavům. Před návrhem výztuže desky v programu je potřeba provést její nastavení stejná jako u varianty 1.

4.6.1.1. Mezní stav únosnosti – ohyb

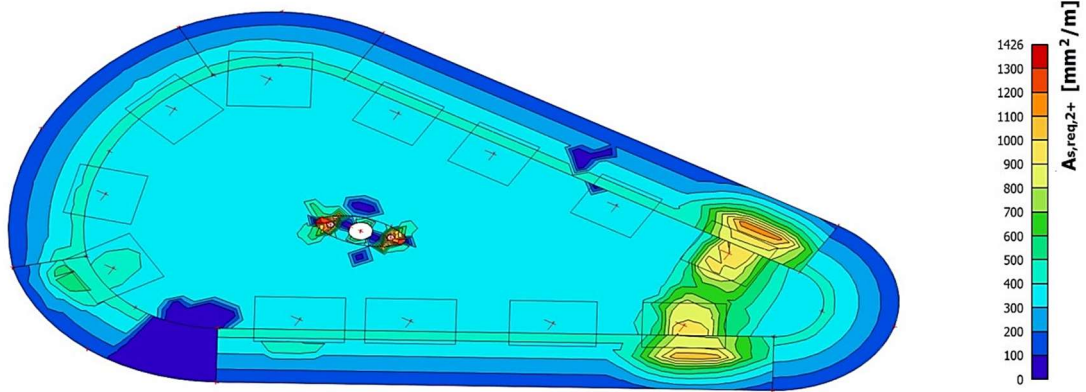
Návrh výztuže desky je proveden v programu SCIA Engineer 21.1. Nutná plocha výztuže je zobrazena pro skupinu výsledků MSÚ osahující všechny vytvořené obálky kombinací. Podle lokálních os (Obr. 4.76) je výztuž navržena ve směru 1, který reprezentuje osu y (zelená) a ve směru 2, který reprezentuje osu x (červená). Výztuž blíže povrchu desky je kladena ve směru 1 (osa y – zelená). Index +/- označuje kladný a záporný povrch podle lokální osy z (modrá). Do míst, kde dochází ke styku sloupu s deskou, jsou vloženy průměrovací pásy typu bod.



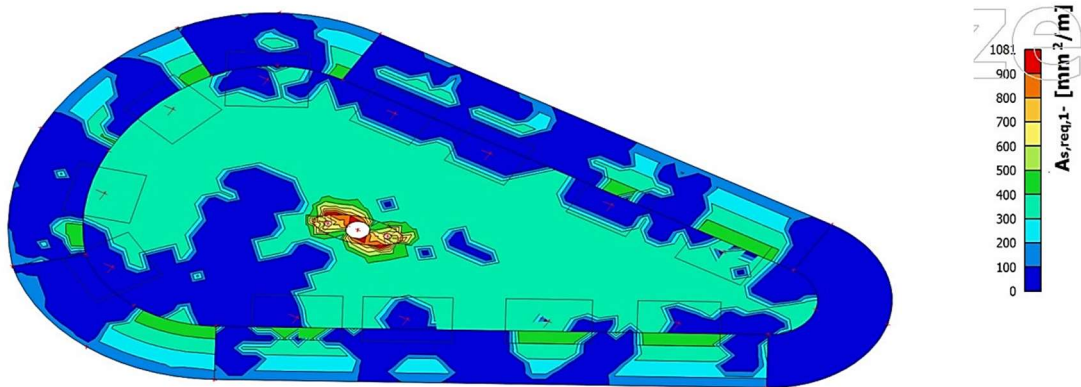
Obr. 4.76 – Lokální osy dílců desky



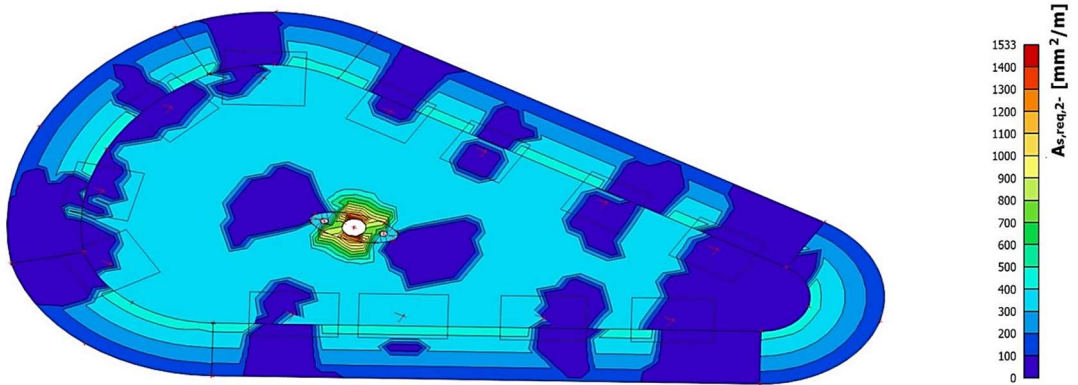
Obr. 4.77 – Nutná plocha výztuže $A_{s, req, 1+}$ ve směru lokální osy y a při kladném povrchu ve směru lokální osy z



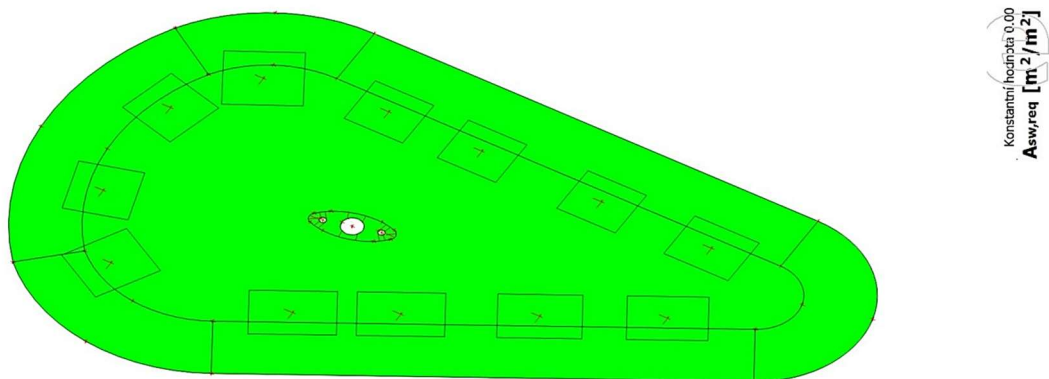
Obr. 4.78 – Nutná plocha výztuže $A_{s,req,2+}$ ve směru lokální osy x a při kladném povrchu ve směru lokální osy z



Obr. 4.79 – Nutná plocha výztuže $A_{s,req,1-}$ ve směru lokální osy y a při záporném povrchu ve směru lokální osy z



Obr. 4.80 – Nutná plocha výztuže $A_{s,req,2-}$ ve směru lokální osy x a při záporném povrchu ve směru lokální osy z



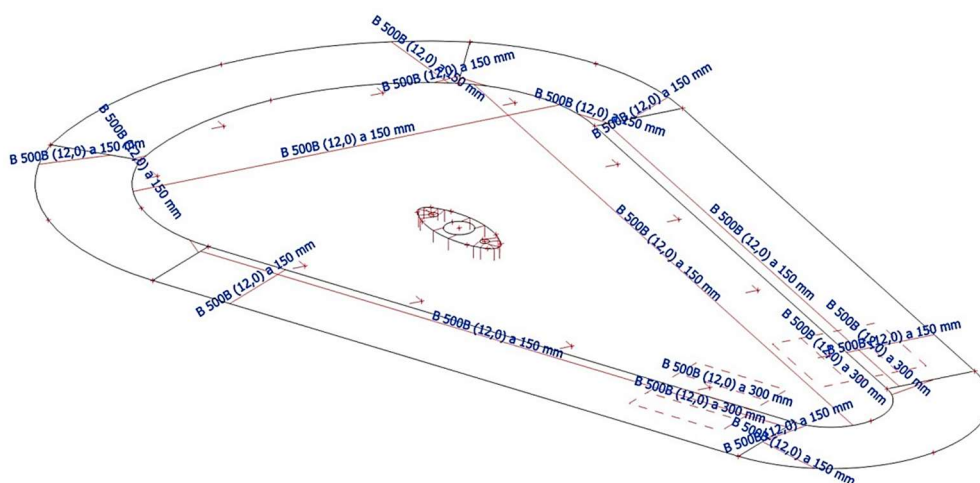
Obr. 4.81 – Nutná plocha smykové výztuže $A_{sw,req}$

Z výsledků je navržena hlavní podélná výztuž jednotná pro všechny směry a povrchy. V místech předních sloupů při horním povrchu ve směru 2 (osa x – červená) je potřeba navrhnout zhuštění výztuže na $\varnothing 12$ à 100 mm. V rámci jednoduchosti zadávání výztuže do programu jsou nad sloupy přidány příložky $\varnothing 12$ à 300 mm, které dohromady s hlavní výztuží $\varnothing 12$ à 150 mm dávají dohromady požadované zhuštění. Následně je výztuž ručně zadána do desek v programu. V Obr. 4.82 je zobrazena výztuž horního i spodního povrchu. Návrh smykové výztuže podle programu není potřeba, nicméně tento předpoklad bude později ověřen protlačením.

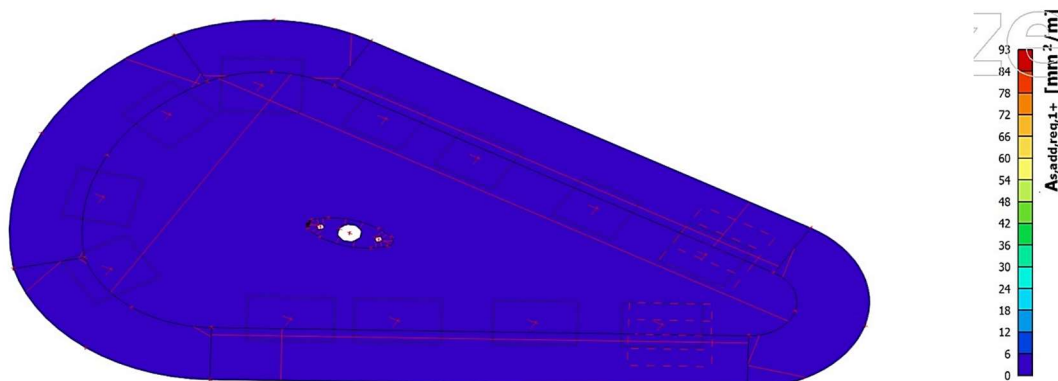
Hlavní výztuž ve směru 1 a 2 při obou površích:

$$\boxed{\text{NÁVRH: } \varnothing 12 \text{ à } 150 \text{ mm } (A_{s,prov} = 754 \text{ mm}^2/\text{m})}$$

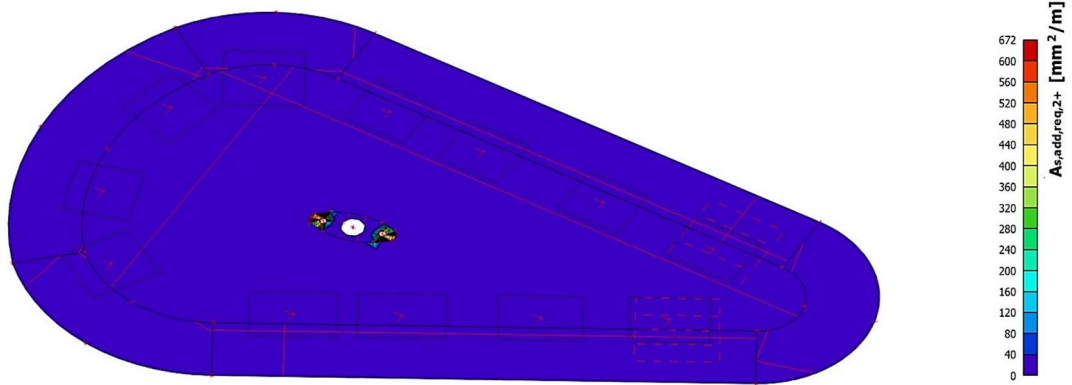
Návrh výztuže ověříme zobrazením nutné přidavné výztuže, pomocí které program ukáže místa, kde by bylo potřeba přidat výztuž.



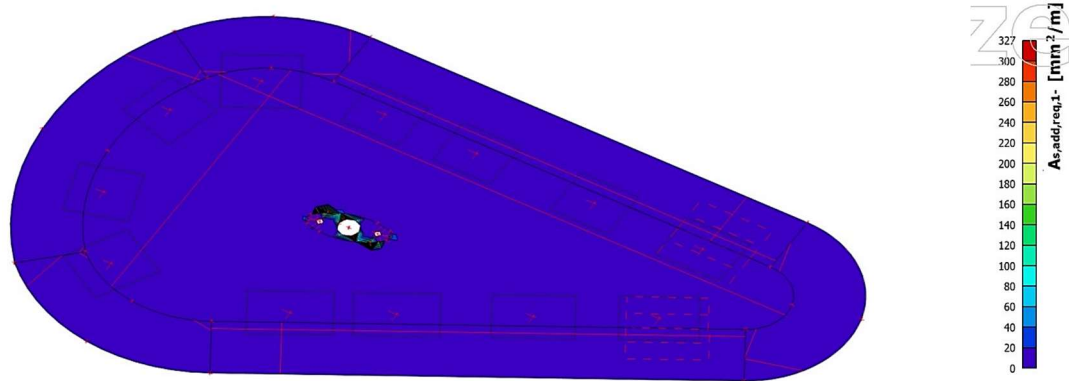
Obr. 4.82 – Schéma vyztužení desky



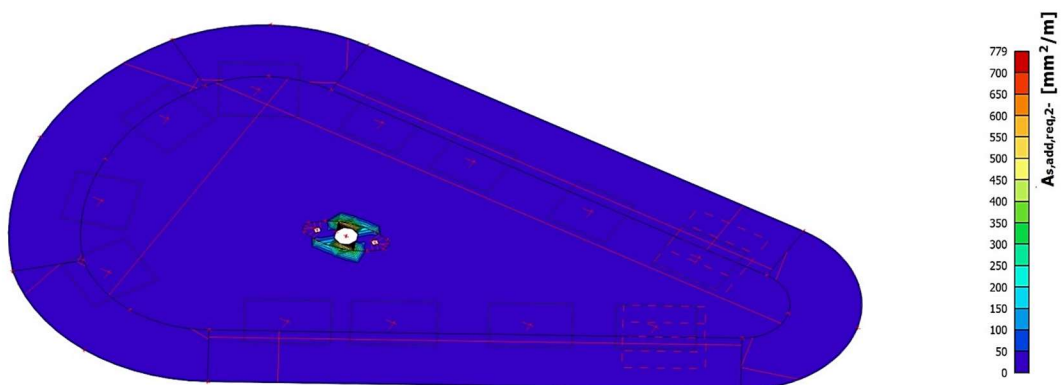
Obr. 4.83 – Nutná plocha přidavné výztuže $A_{s,add,req,1+}$ ve směru lokální osy y a při kladném povrchu ve směru lokální osy z



Obr. 4.84 – Nutná plocha přídavné výztuže $A_{s, add, req, 2+}$ ve směru lokální osy x a při kladném povrchu ve směru lokální osy z



Obr. 4.85 – Nutná plocha přídavné výztuže $A_{s, add, req, 1-}$ ve směru lokální osy y a při záporném povrchu ve směru lokální osy z



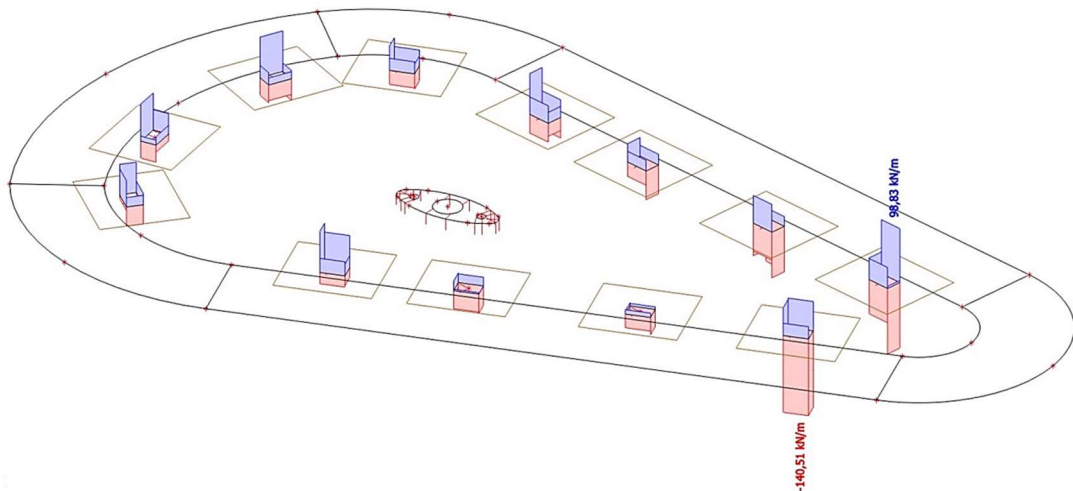
Obr. 4.86 – Nutná plocha přídavné výztuže $A_{s, add, req, 2-}$ ve směru lokální osy x a při záporném povrchu ve směru lokální osy z

Z výsledků pro přídavnou výztuž je patrné, že již není potřeba žádnou další přidávat. U napojení stěny na desku bude výztuž kvůli otvorům v desce zhuštěna. Stejně jako u varianty 1 byla provedena kontrola návrhu výztuže programem ručním ověřením.

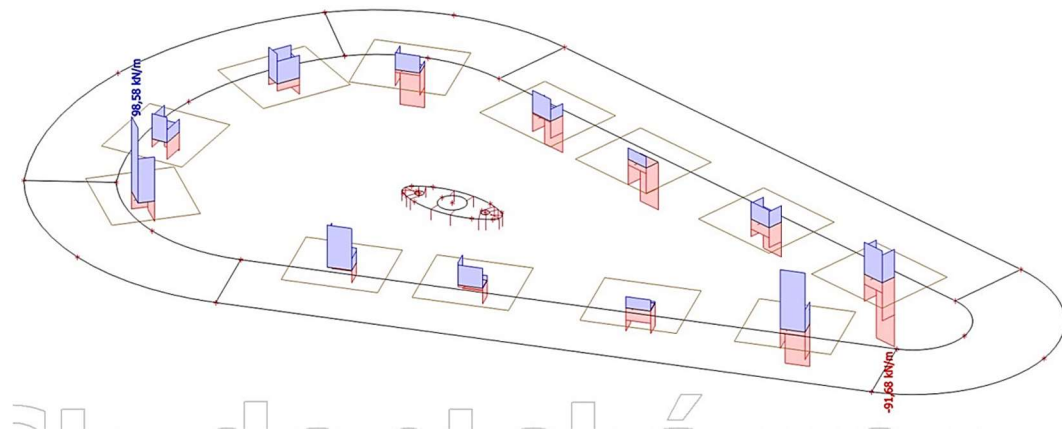
4.6.1.2. Mezní stav únosnosti – smyk

Protlačení desky pod sloupem 200x350 je ověřeno ručním výpočtem. Smykové síly jsou zobrazeny pro skupinu výsledků MSÚ osahující všechny vytvořené obálky kombinací. Druhý kontrovaný obvod u_1 zasahuje i do vykonzolované části, kde má deska vyšší tloušťku. Je tedy zjednodušení posuzovat protlačení na konstantní tloušťku 250 mm na straně bezpečné. Do výpočtu vstupují kontrované obvody u_0 a u_1 s hodnotou 1 m, protože posouvající síly odečtené z programu SCIA Engineer 21.1 působí přímo v těchto obvodech a mají jednotku kN/m .

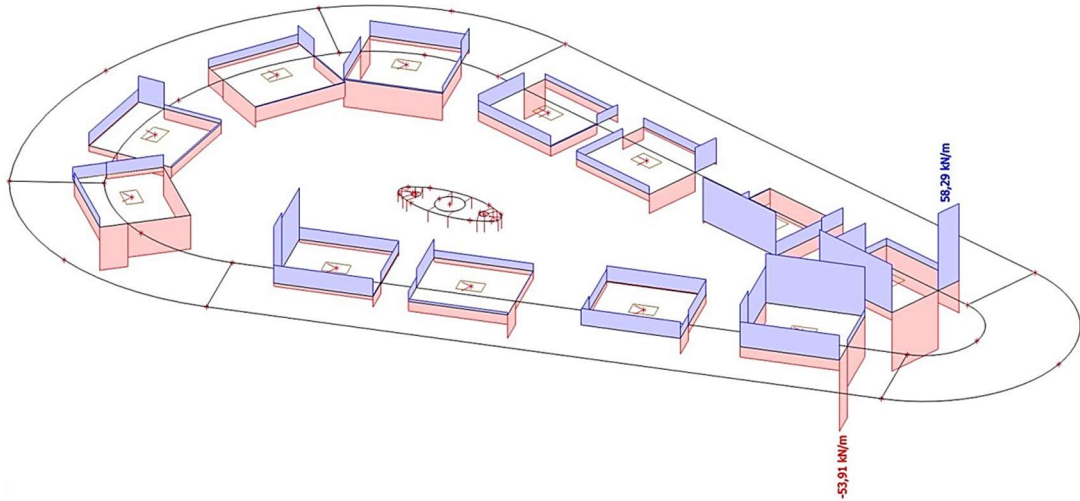
Posouzení protlačení desky nad sloupem 200x350 mm:



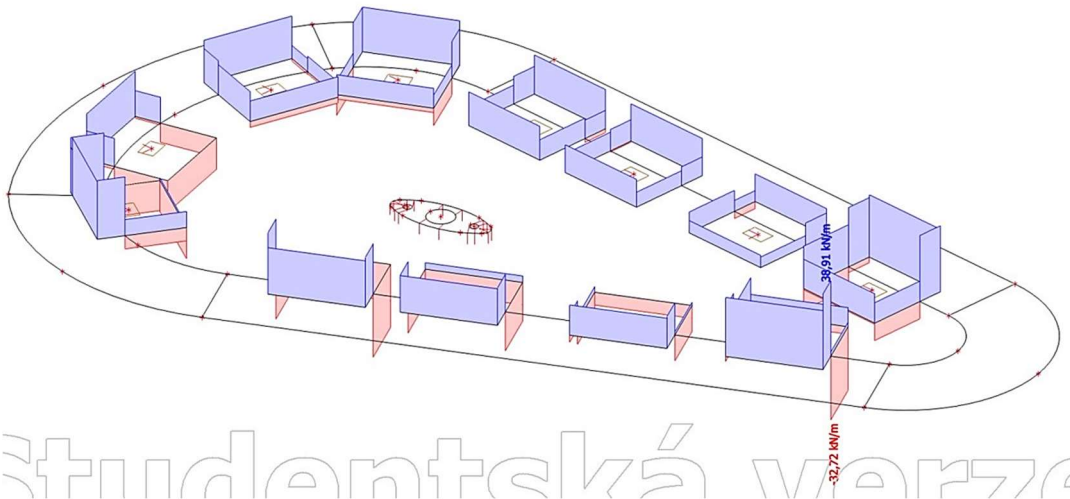
Obr. 4.87 – Průměrné hodnoty vnitřních síly v_x v obvodu u_0



Obr. 4.88 – Průměrné hodnoty vnitřních síly v_y v obvodu u_0



Obr. 4.89 – Průměrné hodnoty vnitřních síly v_x v obvodu u_1



Obr. 4.90 – Průměrné hodnoty vnitřních síly v_y v obvodu u_1

NÁVRH: $h_d = 250 \text{ mm}$; $\emptyset 12 \text{ à } 100 \text{ mm}$ ($A_{s,prov} = 1131 \text{ mm}^2/\text{m}$) → nad předními sloupy

Parametry desky a sloupu:

$$h_d = 250 \text{ mm}, \emptyset = 12 \text{ mm}, c = 30 \text{ mm}$$

$$h_s = 350 \text{ mm}, b_s = 200 \text{ mm}$$

Beton C30/37:

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}, \gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$v = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \times \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

Kontrolované obvody:

$$d_x = h_d - c - \frac{\emptyset}{2} = 250 - 30 - \frac{12}{2} = 214 \text{ mm}$$

$$d_y = h_d - c - \emptyset - \frac{\emptyset}{2} = 250 - 30 - 12 - \frac{12}{2} = 202 \text{ mm}$$

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{214 + 202}{2} = 208 \text{ mm}$$

$$u_0 = 2 \times (h_s + b_s) = 2 \times (350 + 200) = 1\,100 \text{ mm}$$

→ pro tento výpočet $u_0 = 1000 \text{ mm}$

$$u_1 = u_0 + 2 \times \pi \times 2 \times d = 1\,100 + 2 \times \pi \times 2 \times 208 = 3\,714 \text{ mm}$$

→ pro tento výpočet $u_1 = 1000 \text{ mm}$

Vnitřní síly:

$$V_{Ed,0} = 140,51 \text{ kN/m}, V_{Ed,1} = 58,29 \text{ kN/m}, \beta = 1,0$$

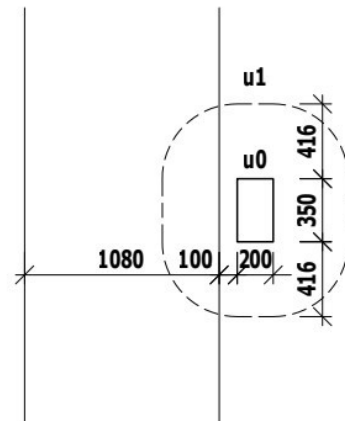
Vyztužení:

$$a_{sx} = 1\,131 \text{ mm}^2, a_{sy} = 1\,131 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{lx} = \frac{a_{sx}}{1000 \times d_x} = \frac{1\,131}{1000 \times 214} = 0,0053$$

$$\rho_{ly} = \frac{a_{sy}}{1000 \times d_y} = \frac{1\,131}{1000 \times 202} = 0,0056$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} = \sqrt{0,0053 \times 0,0056} = 0,0054$$



Únosnost tlačené diagonály:

$$v_{Ed,0} = \frac{\beta \times V_{Ed,0}}{u_0 \times d} = \frac{1,0 \times 140,51 \times 10^3}{1\,000 \times 208} = 0,68 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,max} = 0,4 \times v \times f_{cd} = 0,4 \times 0,582 \times 20 = 4,22 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,0} = 0,68 \text{ MPa} < v_{Rd,max} = 4,22 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost desky bez vyztuže na protlačení:

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{208}} = 1,981$$

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta \times V_{Ed,1}}{u_1 \times d} = \frac{1,0 \times 58,29 \times 10^3}{1\,000 \times 208} = 0,28 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = \max \left(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho_l \times f_{ck})} = 0,12 \times 1,981 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,0054 \times 30)} = \right. \\ \left. = 0,6; 0,035 \times \sqrt{k^3 \times f_{ck}} = 0,035 \times \sqrt{1,981^3 \times 30} = 0,53 \right) = 0,6 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,1} = 0,28 \text{ MPa} < v_{Rd,c} = 0,6 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

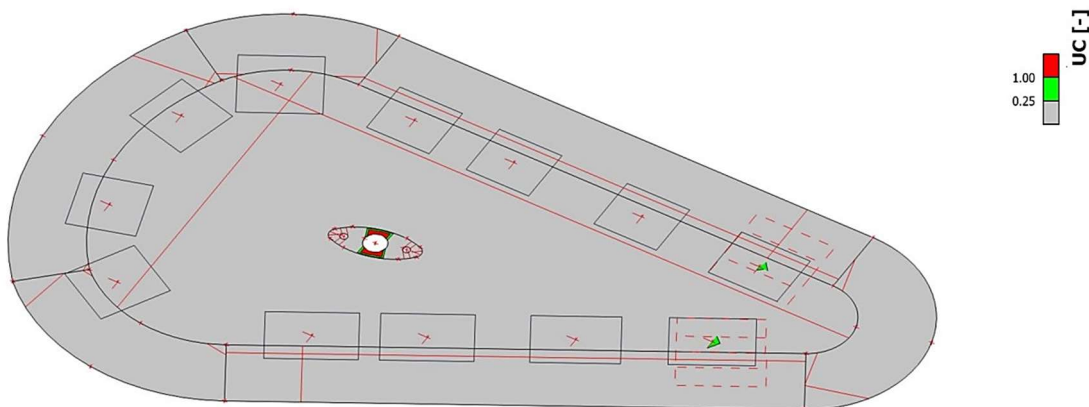
4.6.1.3. Mezní stav použitelnosti – trhliny

Posudek mezního stavu použitelnosti obsahuje ověření šířky trhlin, které je provedeno pomocí programu SCIA Engineer 21.1. Dle normy ČSN EN 1992-1-1 [21] je pro stupeň vlivu prostředí XC2 doporučená maximální hodnota šířky trhlin 0,3 mm (Tab. 4.15). Šířky trhlin jsou zobrazeny pro skupinu výsledků MSP/Kvazi osahující všechny vytvořené obálky kombinací a pro uživatelskou výztuž ručně zadanou v programu.

Tab. 4.15 – Doporučené hodnoty w_{max} [21]

Stupeň vlivu prostředí	Železobetonové prvky a prvky předpjaté nesoudržnou výztuží	Prvky předpjaté soudržnou výztuží
	Kvazi-stálá kombinace zatížení	Častá kombinace zatížení
X0, XC1	0,4 ¹⁾	0,2
XC2, XC3, XC4	0,3	0,2 ²⁾
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3		Dekomprese

1) Pro stupně vlivu prostředí X0, XC1 nemá šířka trhliny vliv na trvanlivost a uvedená hodnota má zajistit přijatelný vzhled. Pokud nejsou kladeny požadavky na vzhled, lze uvedenou hodnotu zvětšit.
2) Pro tyto stupně vlivu prostředí má být kromě toho posouzena dekomprese při kvazi-stálé kombinaci zatížení.



Obr. 4.91 – Celkový posudek šířky trhlin

Z výsledků je patrné, že z hlediska celkového posudku šířky trhlin deska vyhovuje. Nevyhovující oblasti se nachází uvnitř sloupů a stěny, kde je vznik trhlin nereálný.

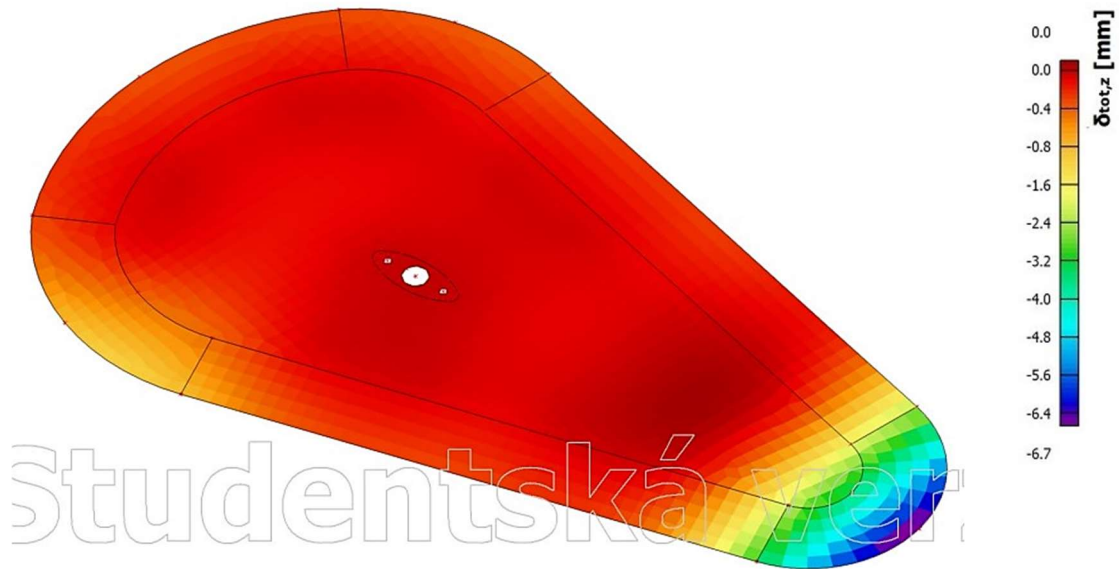
4.6.1.4. Mezní stav použitelnosti – průhyb

Dalším posudkem mezního stavu použitelnosti je ověření průhybu, který je také proveden pomocí programu SCIA Engineer 21.1. Pro tento účel se použije příkazová funkce Normově závislý průhyb, který zohledňuje vliv dotvarování a smršťování. Normově závislý průhyb je zobrazen pro kombinaci automaticky vytvořenou programem MSP-Kvazi (auto) a pro uživatelskou výztuž ručně zadanou v programu. Při tomto posudku není brán v úvahu zatěžovací stav smršťování desky (ZS12), protože toto smršťování je již obsaženo v normově závislém průhybu.

Posudek vykonzolované části:

$$l = 1,180 \text{ m}$$

$$\delta = 6,7 \text{ mm} < \frac{2 \times l}{250} = \frac{2 \times 2\,600}{250} = 20,8 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$



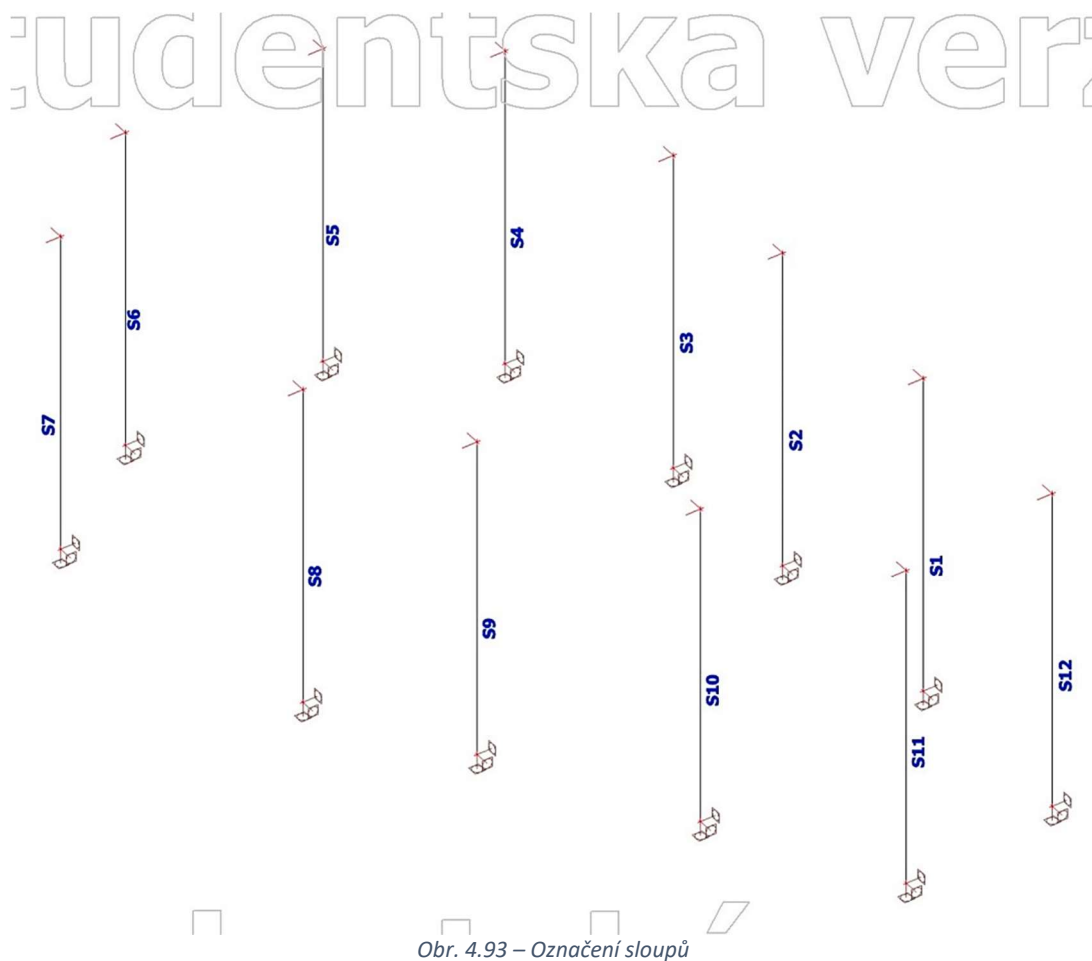
Obr. 4.92 – Normově závislý průhyb

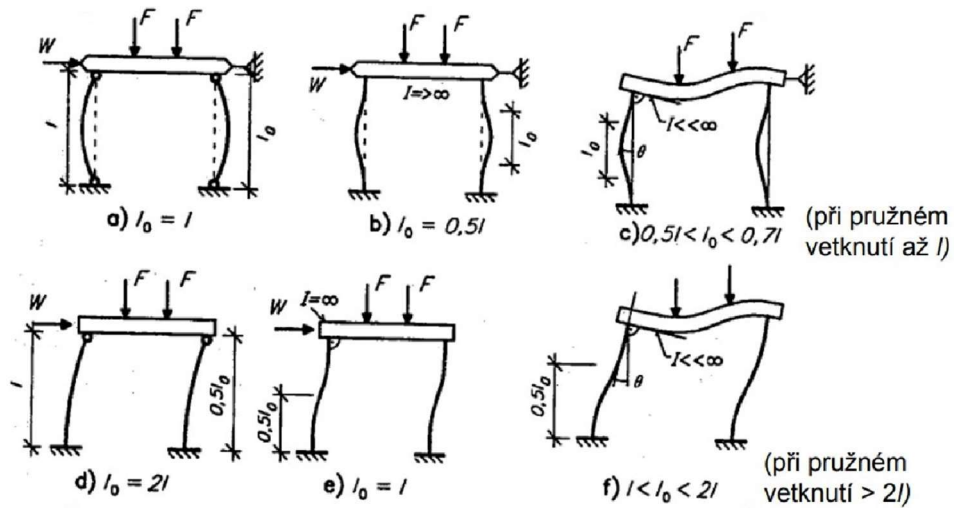
4.6.2. NÁVRH SLOUPŮ

Rozměry průřezu sloupů jsou stanoveny na základě záměru architekta a postupně upraveny tak, aby bylo docíleno co nejvyšší využitelnosti. Rozměry sloupů jsou 200x350 a oproti variantě 1 jsou svislé a jejich průřez se po výšce nemění. I v této variantě je zachováno označení sloupů S1 až S12 (Obr. 4.93).

Vnitřní síly byly převzaty z programu SCIA Engineer 21.1 a pro přehlednost jsou vypsány v tabulce Tab. 4.16. Předmětem posudku bylo ověření průřezu sloupů v patě a hlavě, jelikož v těchto místech vznikají nejvyšší ohybové momenty. Pro návrh a posouzení dle mezního stavu únosnosti a použitelnosti byl použit program FIN EC 2023 Beton.

Důležitou vlastností při návrhu byl vzpěr, pro který bylo uvažováno s neztuženým systémem, jelikož jediným ztužením pro sloupy je eliptický stěnový tubus. Svislé sloupy pomáhají stabilitě méně než šikmé sloupy, a proto dle případu f) v obrázku Obr. 4.94 je pro sloupy vzpěrná délka stanovena jako 1,25 násobek skutečné délky sloupů. Hodnota poměru momentů r_m je 0,91 a byla určena průměrem poměrů momentů v hlavě a v patě u všech sloupů. Metoda výpočtu vzpěru je v programu založen na metodě jmenovité křivosti. Hodnoty součinitelů c_y a c_z , které jsou závislé na rozdělení jmenovité křivosti, jsou 10. Tato hodnota se používá pro konstantní průřez, což varianta se svislými sloupy splňuje.





Obr. 4.94 – Vzpěr [22]

Parametry sloupů:

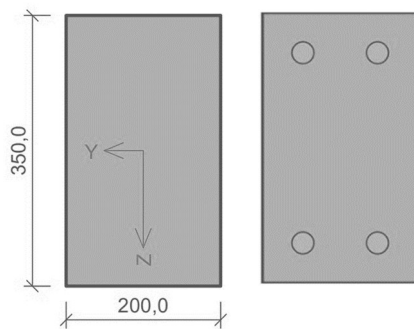
Vzpěrná délka:

$$l = 3,22 \text{ m}$$

$$\text{Kolmo k ose } y - l_{0,y} = \beta \times l = 1,25 \times 3,22 = 4,025 \text{ mm}$$

$$\text{Kolmo k ose } z - l_{0,z} = \beta \times l = 1,25 \times 3,22 = 4,025 \text{ mm}$$

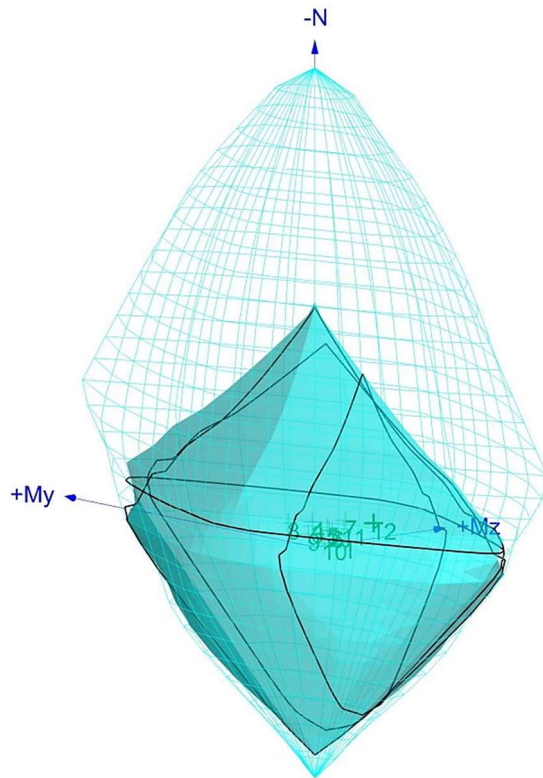
NÁVRH: 4xØ28 ($A_{s,prov} = 2\,463 \text{ mm}^2$)
NÁVRH: TŘ Ø8 à 150 mm ($A_{s,prov,tř} = 335 \text{ mm}^2/\text{m}$)



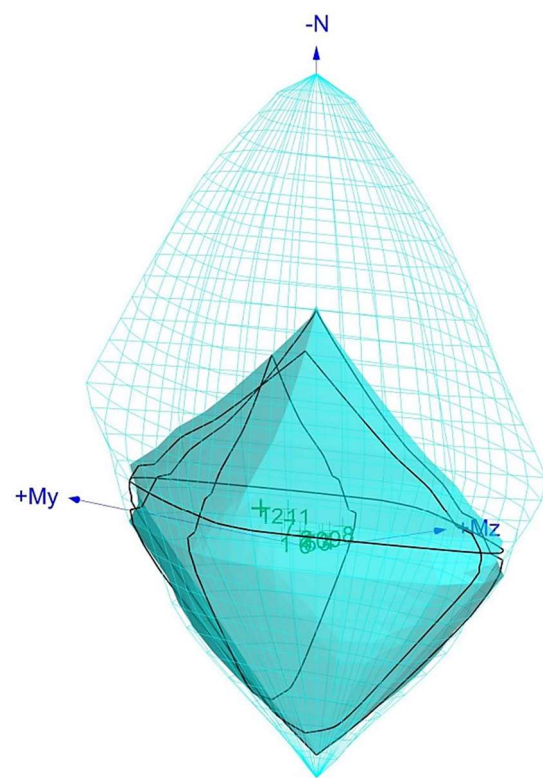
Tab. 4.16 – Vnitřní síly sloupů

Sloup	MSÚ						MSP/Char						MSP/Kvazi					
	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	V _y [kN]	V _z [kN]	V _x [kN]	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	V _y [kN]	V _z [kN]	V _x [kN]	N [kN]	M _y [kNm]	M _z [kNm]	V _y [kN]	V _z [kN]	V _x [kN]
S1 - hlava	-37,24	-16,52	7,08	10,90	-6,78	0,00	-27,12	-11,46	4,98	0,00	0,00	0,00	-22,88	-6,74	2,65	0,00	0,00	0,00
S1 - pata	-49,07	18,57	-8,61	10,90	-8,51	0,00	-35,58	13,02	-6,04	0,00	0,00	0,00	-30,96	7,84	-3,02	0,00	0,00	0,00
S2 - hlava	-80,49	-3,51	6,86	2,30	-6,07	0,00	-56,57	-2,38	4,84	0,00	0,00	0,00	-29,16	-0,66	2,71	0,00	0,00	0,00
S2 - pata	-92,30	3,88	-7,90	2,30	-7,50	0,00	-65,03	2,61	-5,57	0,00	0,00	0,00	-37,24	0,66	-3,05	0,00	0,00	0,00
S3 - hlava	-82,8	10,57	7,13	-6,88	-6,44	0,00	-58,24	7,53	5,03	0,00	0,00	0,00	-30,42	5,06	2,72	0,00	0,00	0,00
S3 - pata	-94,24	-11,59	-7,80	-6,88	-7,58	0,00	-66,45	-8,26	-5,51	0,00	0,00	0,00	-38,28	-5,54	-3,05	0,00	0,00	0,00
S4 - hlava	-94,99	14,10	10,22	-9,61	-7,13	0,00	-66,28	10,05	7,22	0,00	0,00	0,00	-29,48	6,64	4,11	0,00	0,00	0,00
S4 - pata	-106,79	-16,65	-9,69	-10,38	-5,77	0,00	-74,72	-11,90	-6,87	0,00	0,00	0,00	-37,55	-7,67	-4,48	0,00	0,00	0,00
S5 - hlava	-75,99	4,96	12,74	-3,25	-9,37	0,00	-53,17	3,58	9,03	0,00	0,00	0,00	-25,07	2,19	5,37	0,00	0,00	0,00
S5 - pata	-87,67	-5,36	-12,55	-3,16	-9,84	0,00	-61,63	-3,85	-8,97	0,00	0,00	0,00	-33,07	-2,35	-5,83	0,00	0,00	0,00
S6 - hlava	-61,81	2,03	13,72	-1,54	-10,35	0,00	-43,34	1,34	9,71	0,00	0,00	0,00	-21,39	0,46	5,62	0,00	0,00	0,00
S6 - pata	-73,64	-2,26	-13,54	-1,13	-10,65	0,00	-51,81	-1,54	-9,66	0,00	0,00	0,00	-29,47	-0,68	-6,08	0,00	0,00	0,00
S7 - hlava	-129,76	-9,44	13,00	6,47	-8,65	0,00	-90,57	-6,38	9,20	0,00	0,00	0,00	-40,86	-3,78	5,32	0,00	0,00	0,00
S7 - pata	-141,59	12,18	-12,01	7,25	-8,03	0,00	-99,04	8,52	-8,55	0,00	0,00	0,00	-48,94	5,23	-5,56	0,00	0,00	0,00
S8 - hlava	-109,75	13,68	-6,92	-8,58	3,96	0,00	-76,92	9,74	-4,87	0,00	0,00	0,00	-37,67	6,22	-2,70	0,00	0,00	0,00
S8 - pata	-120,83	-14,14	6,36	-8,63	5,33	0,00	-84,88	-10,26	4,48	0,00	0,00	0,00	-45,32	-6,35	2,43	0,00	0,00	0,00
S9 - hlava	-74,3	-2,66	-6,62	1,75	3,77	0,00	-51,94	-1,77	-4,67	0,00	0,00	0,00	-24,24	-0,03	-2,65	0,00	0,00	0,00
S9 - pata	-85,39	-3,20	6,51	-2,20	5,36	0,00	-59,91	-2,17	4,58	0,00	0,00	0,00	-31,89	-0,06	2,42	0,00	0,00	0,00
S10 - hlava	-44,47	-15,82	-6,84	10,35	3,78	0,00	-32,11	-11,00	-4,80	0,00	0,00	0,00	-24,59	-6,46	-2,53	0,00	0,00	0,00
S10 - pata	-55,44	17,50	6,83	10,35	5,51	0,00	-40,00	12,27	4,79	0,00	0,00	0,00	-32,18	7,33	2,38	0,00	0,00	0,00
S11 - hlava	-140,58	-33,22	-8,19	20,37	4,34	0,00	-97,93	-23,65	-5,75	0,00	0,00	0,00	-42,05	-15,08	-2,89	0,00	0,00	0,00
S11 - pata	-151,61	32,74	7,79	20,37	6,41	0,00	-105,85	23,36	5,45	0,00	0,00	0,00	-49,67	15,41	2,59	0,00	0,00	0,00
S12 - hlava	-159,40	-39,15	7,49	23,26	-5,35	0,00	-110,68	-27,75	5,28	0,00	0,00	0,00	-44,33	-16,53	3,08	0,00	0,00	0,00
S12 - pata	-167,00	36,82	-7,70	23,26	-6,49	0,00	-116,31	26,20	-5,48	0,00	0,00	0,00	-49,96	16,48	-2,94	0,00	0,00	0,00

V následujících tabulkách Tab. 4.17, Tab. 4.18 a Tab. 4.19 jsou shrnuty posudky mezního stavu únosnosti a mezního stavu použitelnosti. V mezním stavu únosnosti je posouzeno namáhání od smyku a od kombinace tlaku a dvouosého ohybu. Podle interakčních diagramů vygenerovaných programem sloupy vyhovují, protože zatížení v mezním stavu únosnosti leží bodem uvnitř jejich hranic (Obr. 4.95, 4.96). V mezním stavu použitelnosti je posouzen pro charakteristickou kombinaci mezní stav omezení napětí v betonu i ve výztuži a pro kvazistálou kombinaci mezní stav omezení šířky trhlin. U všech sloupů rozhodoval mezní stav omezení napětí. Na tento mezní stav byly pro nejvíce namáhaný sloup navrženy rozměry a vyztužení. Podrobný report z výpočtu je obsahem přílohy této práce.



Obr. 4.95 – 3D interakční diagram sloupů v hlavě



Obr. 4.96 – 3D interakční diagram sloupů v patě

Tab. 4.17 – Souhrn posudku MSÚ

		MSÚ												
Sloup	l_0 [m]	$e_i=l_0/400$	N_{Ed} [kN]	N_{Rd} [kN]	$M_{y,Ed}$ [kNm]	$M_{y,Rd}$ [kNm]	$M_{z,Ed}$ [kNm]	$M_{z,Rd}$ [kNm]	$V_{z,Ed}$ [kN]	$V_{z,Rd}$ [kN]	$V_{y,Ed}$ [kN]	$V_{y,Rd}$ [kN]	Posouzení	Využití [%]
S1 - hlava	3,220	0,00805	-37,24	-2385,20	-16,52	-88,33	7,38	39,46	10,90	101,88	-6,78	-63,37	VYHOVUJE	18,70
S1 - pata	3,220	0,00805	-49,07	-2385,20	18,57	84,84	-9,01	-41,14	10,90	90,89	-8,51	-70,96	VYHOVUJE	21,90
S2 - hlava	3,220	0,00805	-80,49	-2385,20	-3,81	-31,22	7,44	61,01	2,30	21,06	-6,07	-55,58	VYHOVUJE	12,20
S2 - pata	3,220	0,00805	-92,30	-2385,20	3,88	17,97	-13,89	-64,35	2,30	18,14	-7,50	-59,14	VYHOVUJE	21,59
S3 - hlava	3,220	0,00805	-82,80	-2385,20	10,57	66,39	7,80	48,97	-6,88	-80,77	-6,44	-75,60	VYHOVUJE	15,93
S3 - pata	3,220	0,00805	-94,24	-2385,20	-11,59	-46,76	-13,92	-56,16	-6,88	-71,49	-7,58	-78,76	VYHOVUJE	24,79
S4 - hlava	3,220	0,00805	-94,99	-2385,20	14,10	47,98	16,39	55,77	-9,61	-92,82	-7,13	-68,87	VYHOVUJE	29,39
S4 - pata	3,220	0,00805	-106,79	-2385,20	-16,65	-54,06	-16,63	-53,98	-10,38	-105,45	-5,77	-58,62	VYHOVUJE	30,81
S5 - hlava	3,220	0,00805	-75,99	-2385,20	5,18	24,46	13,31	62,82	-3,25	-19,33	-9,37	-55,72	VYHOVUJE	21,19
S5 - pata	3,220	0,00805	-87,67	-2385,20	-5,64	-26,72	-13,20	-62,56	-3,16	-18,47	-9,84	-57,51	VYHOVUJE	21,11
S6 - hlava	3,220	0,00805	-61,81	-2385,20	2,03	9,06	14,22	63,45	-1,54	-9,61	-10,35	-64,59	VYHOVUJE	22,41
S6 - pata	3,220	0,00805	-73,64	-2385,20	-2,26	-10,23	-14,13	-63,94	-1,13	-6,75	-10,65	-63,62	VYHOVUJE	22,10
S7 - hlava	3,220	0,00805	-129,76	-2385,20	-9,44	-27,83	21,43	63,17	6,47	40,61	-8,65	-54,30	VYHOVUJE	33,92
S7 - pata	3,220	0,00805	-141,59	-2385,20	12,18	35,12	-21,21	-61,14	7,25	84,02	-8,03	-93,05	VYHOVUJE	34,69
S8 - hlava	3,220	0,00805	-109,75	-2385,20	13,68	53,00	-14,05	-54,42	-8,58	-111,87	3,96	51,63	VYHOVUJE	25,82
S8 - pata	3,220	0,00805	-120,83	-2385,20	-14,14	-54,07	14,21	54,33	-8,63	-100,93	5,33	62,34	VYHOVUJE	26,15
S9 - hlava	3,220	0,00805	-74,30	-2385,20	-2,88	-25,17	-7,17	-62,63	1,75	25,77	3,77	55,51	VYHOVUJE	11,45
S9 - pata	3,220	0,00805	-85,39	-2385,20	-3,50	-30,20	7,13	61,44	-2,20	-22,76	5,36	55,45	VYHOVUJE	11,60
S10 - hlava	3,220	0,00805	-44,47	-2385,20	-15,82	-87,71	-7,20	-39,90	10,35	118,73	3,78	43,36	VYHOVUJE	18,05
S10 - pata	3,220	0,00805	-55,44	-2385,20	17,50	92,38	7,28	38,40	10,35	107,87	5,51	57,43	VYHOVUJE	18,96
S11 - hlava	3,220	0,00805	-140,58	-2385,20	-33,22	-84,24	-17,32	-43,91	20,37	171,45	4,34	36,53	VYHOVUJE	39,44
S11 - pata	3,220	0,00805	-151,61	-2385,20	32,74	82,98	17,64	44,69	20,37	171,44	6,41	53,95	VYHOVUJE	39,47
S12 - hlava	3,220	0,00805	-159,40	-2385,20	-39,15	-91,45	17,84	41,67	23,26	176,12	-5,35	-40,51	VYHOVUJE	42,81
S12 - pata	3,220	0,00805	-167,00	-2385,20	36,82	86,74	-18,55	-43,69	23,26	173,36	-6,49	-48,37	VYHOVUJE	42,46

NÁVRH A ANALÝZA KONSTRUKCE AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY

Tab. 4.18 – Shrnutí posudku MSP/Char

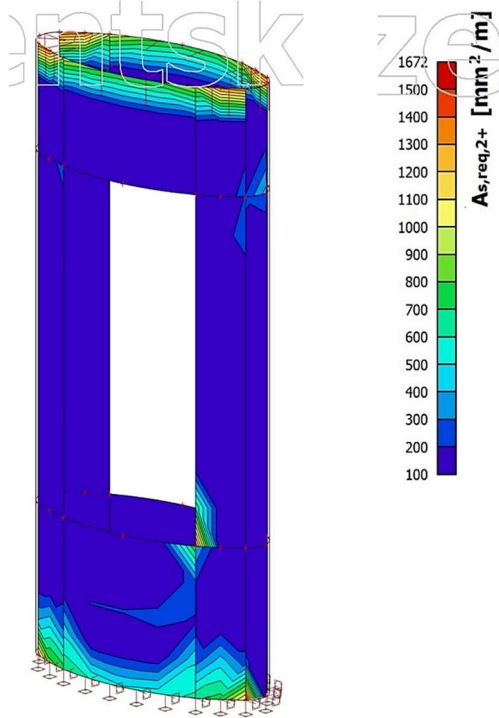
Sloup	MSP/Char					Posouzení	Využití [%]
	σ_c [MPa]	$\sigma_{c,lim}$ [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	$\sigma_{s,lim}$ [MPa]		
S1 - hlava	7,54	18,00	45,33	21,92	400,00	VYHOVUJE	41,89
S1 - pata	8,85	18,00	51,69	25,74	400,00	VYHOVUJE	49,17
S2 - hlava	4,30	18,00	15,20	13,01	400,00	VYHOVUJE	23,89
S2 - pata	4,91	18,00	17,32	14,80	400,00	VYHOVUJE	27,28
S3 - hlava	6,08	18,00	24,98	19,73	400,00	VYHOVUJE	33,78
S3 - pata	6,64	18,00	26,52	21,80	400,00	VYHOVUJE	36,89
S4 - hlava	8,59	18,00	40,17	26,09	400,00	VYHOVUJE	47,72
S4 - pata	8,87	18,00	39,25	28,55	400,00	VYHOVUJE	49,28
S5 - hlava	7,85	18,00	44,51	17,63	400,00	VYHOVUJE	43,61
S5 - pata	7,89	18,00	41,55	18,97	400,00	VYHOVUJE	43,83
S6 - hlava	7,53	18,00	48,45	13,63	400,00	VYHOVUJE	41,83
S6 - pata	7,57	18,00	45,72	14,77	400,00	VYHOVUJE	42,06
S7 - hlava	12,70	18,00	69,48	29,87	400,00	VYHOVUJE	70,56
S7 - pata	13,25	18,00	68,64	33,75	400,00	VYHOVUJE	73,61
S8 - hlava	6,57	18,00	23,25	23,23	400,00	VYHOVUJE	36,50
S8 - pata	6,41	18,00	20,52	23,60	400,00	VYHOVUJE	35,61
S9 - hlava	3,99	18,00	14,69	11,62	400,00	VYHOVUJE	22,17
S9 - pata	4,03	18,00	12,40	12,76	400,00	VYHOVUJE	22,39
S10 - hlava	7,22	18,00	41,23	21,55	400,00	VYHOVUJE	40,11
S10 - pata	7,58	18,00	41,45	23,59	400,00	VYHOVUJE	42,11
S11 - hlava	16,15	18,00	83,20	50,10	400,00	VYHOVUJE	89,72
S11 - pata	16,12	18,00	80,40	50,53	400,00	VYHOVUJE	89,56
S12 - hlava	17,62	18,00	89,99	55,80	400,00	VYHOVUJE	97,89
S12 - pata	17,48	18,00	86,96	55,48	400,00	VYHOVUJE	97,11

Tab. 4.19 – Shrnutí posudku MSP/Kvazi

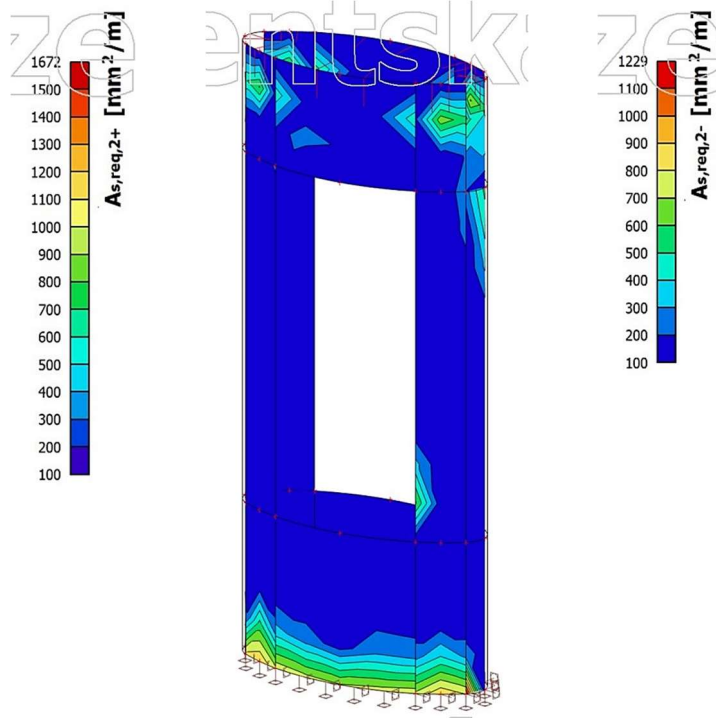
Sloup	MSP/Kvazi					Posouzení	Využití [%]
	$\Delta\epsilon \times 10^{-6}$ [-]	$S_{r,max}$ [m]	w [mm]	w_{lim} [mm]			
S1 - hlava	67,6	0,152	0,010	0,3	VYHOVUJE	3,33	
S1 - pata	73,2	0,151	0,011	0,3	VYHOVUJE	3,67	
S2 - hlava	24,7	0,235	0,006	0,3	VYHOVUJE	2,00	
S2 - pata	23,5	0,236	0,006	0,3	VYHOVUJE	2,00	
S3 - hlava	48,1	0,159	0,008	0,3	VYHOVUJE	2,67	
S3 - pata	48,9	0,159	0,008	0,3	VYHOVUJE	2,67	
S4 - hlava	83,7	0,164	0,014	0,3	VYHOVUJE	4,67	
S4 - pata	88,1	0,162	0,014	0,3	VYHOVUJE	4,67	
S5 - hlava	86,8	0,226	0,020	0,3	VYHOVUJE	6,67	
S5 - pata	87,6	0,226	0,020	0,3	VYHOVUJE	6,67	
S6 - hlava	84,6	0,245	0,021	0,3	VYHOVUJE	7,00	
S6 - pata	88,2	0,245	0,022	0,3	VYHOVUJE	7,33	
S7 - hlava	76,9	0,204	0,016	0,3	VYHOVUJE	5,33	
S7 - pata	80,7	0,187	0,015	0,3	VYHOVUJE	5,00	
S8 - hlava	48,8	0,154	0,008	0,3	VYHOVUJE	2,67	
S8 - pata	39,6	0,151	0,006	0,3	VYHOVUJE	2,00	
S9 - hlava	25,5	0,175	0,004	0,3	VYHOVUJE	1,33	
S9 - pata	14,3	0,245	0,004	0,3	VYHOVUJE	1,33	
S10 - hlava	61,6	0,152	0,009	0,3	VYHOVUJE	3,00	
S10 - pata	59,0	0,149	0,009	0,3	VYHOVUJE	3,00	
S11 - hlava	123,0	0,149	0,018	0,3	VYHOVUJE	6,00	
S11 - pata	115,0	0,150	0,017	0,3	VYHOVUJE	5,67	
S12 - hlava	136,0	0,149	0,020	0,3	VYHOVUJE	6,67	
S12 - pata	128,0	0,150	0,019	0,3	VYHOVUJE	6,33	

4.6.3. NÁVRH STĚNY

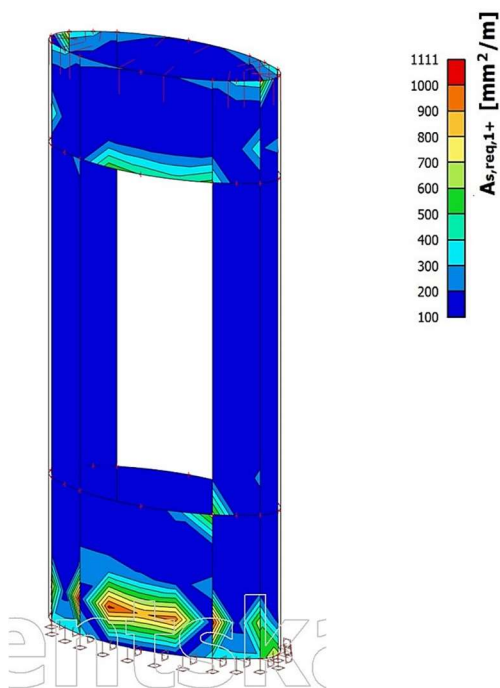
Stěna eliptického tvaru je stejná jako u varianty 1 a její tloušťka je podle podkladů 100 mm. Po zobrazení nutné výztuže pro oba směry a povrchy v programu SCIA Engineer 21.1 je patrné, že i vyztužení stěny je stejné jako u varianty 1 (Obr. 4.97, 4.98, 4.99 a 4.100). Pro tento posudek platí, že výsledky jsou zobrazeny pro skupinu výsledků MSÚ osahující všechny vytvořené obálky kombinací a pro absolutní extrém.



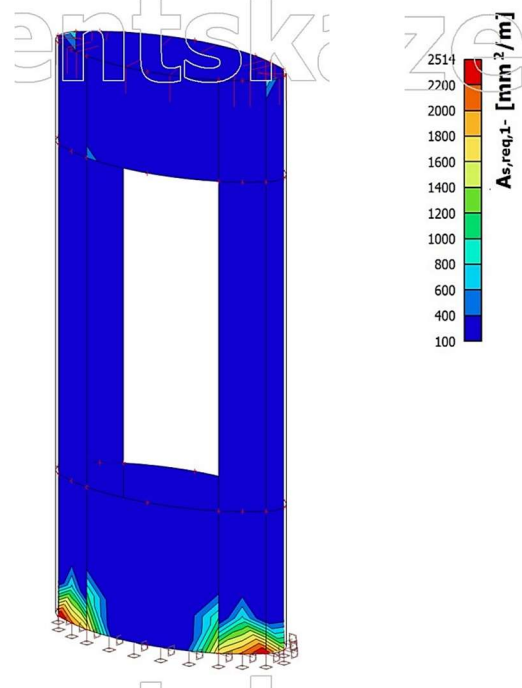
Obr. 4.97 – Nutná plocha výztuže $A_{s,req,2+}$



Obr. 4.98 – Nutná plocha výztuže $A_{s,req,2-}$



Obr. 4.99 – Nutná plocha výztuže $A_{s,req,1+}$



Obr. 4.100 – Nutná plocha výztuže $A_{s,req,1-}$

Navržená výztuž je tedy totožná s variantou 1. Protože je stěna tloušťky 100 mm a její krytí je 30 mm, bude výztuž jen v jedné řadě. V místech, kde je dále potřeba více výztuže (horní okraj stěny a okolo otvoru), bude výztuž zhuštěna.

Svislá výztuž:

$$\text{NÁVRH: } \varnothing 12 \text{ à } 125 \text{ mm } (A_{s,prov} = 905 \text{ mm}^2/\text{m})$$

Vodorovná výztuž:

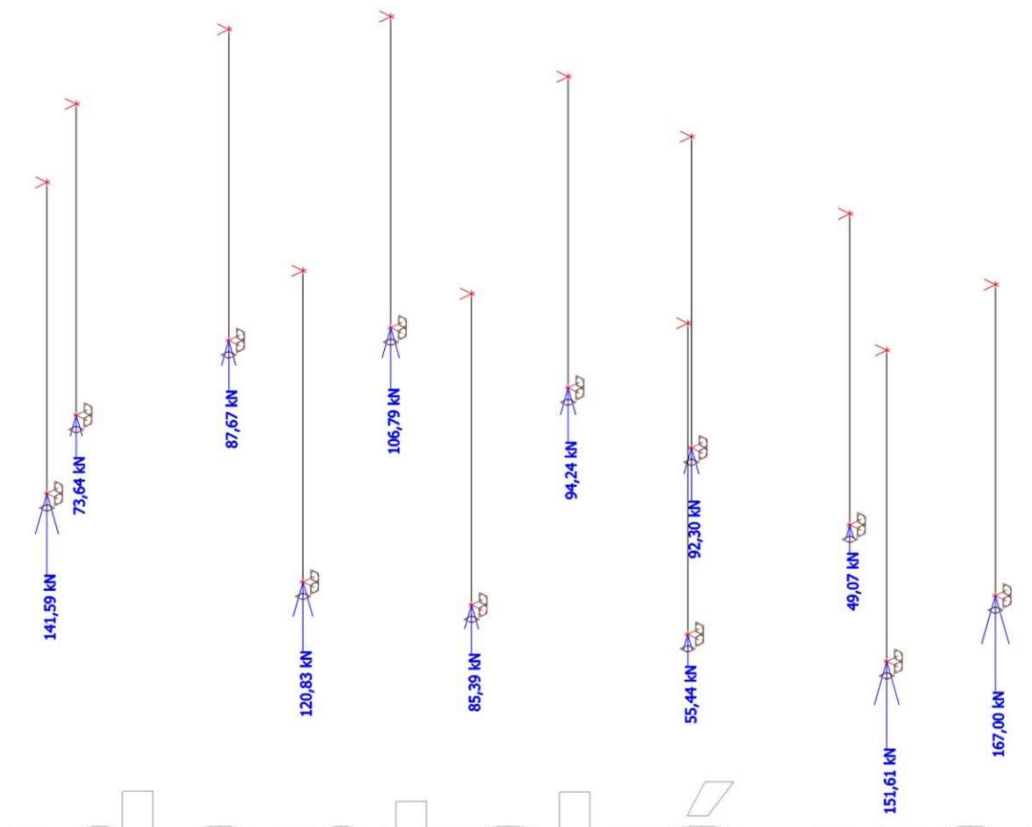
$$\text{NÁVRH: } \varnothing 12 \text{ à } 125 \text{ mm } (A_{s,prov} = 905 \text{ mm}^2/\text{m})$$

Vodorovná výztuž v patě a hlavě stěny:

$$\text{NÁVRH: } \varnothing 12 \text{ à } 100 \text{ mm } (A_{s,prov} = 1131 \text{ mm}^2/\text{m})$$

4.6.4. NÁVRH ZÁKLADOVÉ DESKY

Založení zastávky je i v této variantě navrženo na základové desce. V prvotním návrhu je navržena tloušťka základové desky 300 mm a je posouzena pouze na protlačení. Předpokladem je stejné vyztužení jako pro desku nad svislými sloupy. Největší reakcí, která na základovou desku v této variantě působí, je 167,00 kN (Obr. 4.101). V tomto případě do výpočtu vstupují kontrolované obvody u_0 a u_1 s příslušnou délkou, protože je uvažováno s posouvající silou, která působí ve místě styku sloupu s deskou a má tedy jednotku kN.



Obr. 4.101 – Reakce od zastávky na základovou desku

Posouzení protlačení základové desky pod sloupem 200x350 mm

NÁVRH: $h_d = 300 \text{ mm}$; $\emptyset 12 \text{ à } 150 \text{ mm}$ ($A_{s,prov} = 754 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Parametry desky a sloupu:

$$h_d = 300 \text{ mm}, \emptyset = 12 \text{ mm}, c = 40 \text{ mm}$$

$$h_s = 350 \text{ mm}, b_s = 200 \text{ mm}$$

Beton C30/37:

$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}, \gamma_c = 1,5$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{30}{1,5} = 20 \text{ MPa}$$

$$\nu = 0,6 \times \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0,6 \times \left(1 - \frac{30}{250}\right) = 0,528$$

Kontrolované obvody:

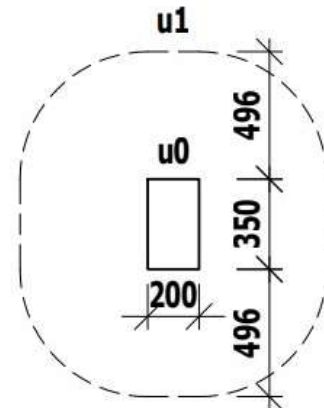
$$d_x = h_d - c - \frac{\emptyset}{2} = 300 - 40 - \frac{12}{2} = 254 \text{ mm}$$

$$d_y = h_d - c - \emptyset - \frac{\emptyset}{2} = 300 - 40 - 12 - \frac{12}{2} = 242 \text{ mm}$$

$$d = \frac{d_x + d_y}{2} = \frac{254 + 242}{2} = 248 \text{ mm}$$

$$u_0 = 2 \times (h_s + b_s) = 2 \times (350 + 200) = 1\,100 \text{ mm}$$

$$u_1 = u_0 + 2 \times \pi \times 2 \times d = 1\,100 + 2 \times \pi \times 2 \times 248 = 4\,216 \text{ mm}$$



Vnitřní síly:

$$V_{Ed} = 167,00 \text{ kN}, \beta = 1,4$$

Vyztužení:

$$a_{sx} = 754 \text{ mm}^2, a_{sy} = 754 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{lx} = \frac{a_{sx}}{1000 \times d_x} = \frac{754}{1000 \times 254} = 0,003$$

$$\rho_{ly} = \frac{a_{sy}}{1000 \times d_y} = \frac{754}{1000 \times 242} = 0,0031$$

$$\rho_l = \sqrt{\rho_{lx} \times \rho_{ly}} = \sqrt{0,003 \times 0,0031} = 0,003$$

Únosnost tlačené diagonály:

$$\nu_{Ed,0} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_0 \times d} = \frac{1,4 \times 167,00 \times 10^3}{1\,100 \times 248} = 0,86 \text{ MPa}$$

$$\nu_{Rd,max} = 0,4 \times \nu \times f_{cd} = 0,4 \times 0,528 \times 20 = 4,22 \text{ MPa}$$

$$\nu_{Ed,0} = 0,86 \text{ MPa} < \nu_{Rd,max} = 4,22 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnost desky bez výztuže na protlačení:

$$C_{Rd,c} = \frac{0,18}{\gamma_c} = \frac{0,18}{1,5} = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{248}} = 1,898$$

$$v_{Ed,1} = \frac{\beta \times V_{Ed}}{u_1 \times d} = \frac{1,4 \times 167,00 \times 10^3}{4 \ 216 \times 248} = 0,22 \text{ MPa}$$

$$v_{Rd,c} = \max \left(C_{Rd,c} \times k \times \sqrt[3]{(100 \times \rho_l \times f_{ck})} = 0,12 \times 1,898 \times \sqrt[3]{(100 \times 0,003 \times 30)} = \right. \\ \left. = 0,48; 0,035 \times \sqrt{k^3 \times f_{ck}} = 0,035 \times \sqrt{1,898^3 \times 30} = 0,5 \right) = 0,5 \text{ MPa}$$

$$v_{Ed,1} = 0,22 \text{ MPa} < v_{Rd,c} = 0,5 \text{ MPa} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

4.7. POROVNÁNÍ KONSTRUKČNÍCH VARIANT

Protože je tvar a vyztužení stěny eliptického tvaru pro obě varianty stejný, bude pro porovnání brána v potaz deska a sloupy. Ve druhé variantě bylo potřeba v desce zhustit výztuž nad předními sloupy, a to navýšilo objem výztuže oproti první variantě o 24,9 kg. Objem betonu sloupů první varianty činí 3,714 m³ a hmotnost výztuže 1 267,2 kg. Objem betonu sloupů druhé varianty činí 2,604 m³ a hmotnost výztuže 1 805,2 kg. Výsledný cenový rozdíl v betonu je tedy 3 430 Kč a ve výztuži 17 540 Kč (Tab. 4.20). Sice bylo u druhé varianty ušetřeno množství betonu, ale při dnešních cenách betonářské výztuže (31,16 Kč/kg) je z ekonomického hlediska výhodnější první varianta. Navíc je tato varianta původním záměrem architekta, a proto by byla s největší pravděpodobností i realizována.

Tab. 4.20 – Cenové porovnání variant

	VARIANTA 1		VARIANTA 2		Poznámky
	Deska	Sloupy	Deska	Sloupy	
Objem betonu [m ³]	-	3,714	-	2,604	Objem betonu desky zůstává stejný
Hmotnost výztuže [kg]	2 439,9	1 267,2	2 464,8	1 805,2	Viz jednotlivé výkresy výztuže
Rozdíl v betonu mezi variantami [m ³]	1,11				
Rozdíl ve výztuži mezi variantami [kg]	562,9				
Dnešní cena betonu C30/37 za m ³	3 090 Kč				Bez DPH [23]
Dnešní cena výztuže B500B za kg	31,16 Kč				Bez DPH [24]
Výsledný cenový rozdíl v betonu	3 430 Kč				
Výsledný cenový rozdíl ve výztuži	17 540 Kč				

5. ZÁVĚR

V rámci práce byl zpracován přehled zajímavých stávajících zastávek. Dále byla zpracována rešerše týkající se problematiky zatížení autobusových zastávek (resp. otevřených přístřešků) s hlavním zaměřením na zatížení větrem. A v konstrukční části byl proveden variantní návrh nosné konstrukce zastávky Rudník.

Práce ukázala, že pro tento druh stavby je dominantní zatížení způsobující největší namáhání vlastní tíha, vítr a smršťování. Zatížení větrem bylo stanoveno na základě normy ČSN EN 1991-1-4 a následně ověřeno v programu RWIND 2.02 pomocí trajektorií rychlosti větru.

Návrh a posudky byly provedeny v programu SCIA Engineer 21.1 po kontrolách správnosti výpočetního modelu a správnosti návrhu výztuže deskových konstrukcí programem. Z tohoto modelu byly převzaty vnitřní síly pro návrh a ověření sloupů a protlačení základové desky.

První varianta zachovává původní záměr architekta se šikmými sloupy. Tato varianta je nepochybně náročnější na provádění (z hlediska vyztužení i bednění), nicméně šikmé sloupy, které se zároveň směrem vzhůru rozšiřují, mají také stabilizační funkci. Ve druhé variantě se svislými sloupy stejného průřezu v patě a hlavě bylo potřeba navrhnout větší průměry výztuže, právě kvůli menší stabilitě. Z ekonomického hlediska proto vychází lépe první varianta.

Jak je i z této práce patrné, některé zastávky již nejsou pouhým místem pro čekání, ale architektonickou podívanou na zajímavou konstrukci. Stačí jen při čekání na spoj zvednout oči od telefonu a přesvědčit se.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Vesmírná zastávka v Telči, [online]. [vid. 2023-02-25]. Dostupné z: <http://www.homepix.cz/magazin/vesmirna-zastavka-v-telci-ma-spojnost-s-gagarinem/1005139>
- [2] Terminál Gagarin, Telč, [online]. [vid. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.stavbavysociny.cz/component/mtree/stavby/stavba-vysociny-2014/terminal-gagarin-telc>
- [3] Malý objekt s velkým přesahem, [online]. [vid. 2023-02-25]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/maly-objekt-s-velkym-presahem>
- [4] Autobusová zastávka Kressbad, [online]. [vid. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/autobusova-zastavka-kressbad-bushaltestelle-kressbad>
- [5] Bus: Stop Kressbad, [online]. [vid. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://archello.com/project/busstop-kressbad>
- [6] Autobusová zastávka Radić, [online]. [vid. 2023-02-26]. Dostupné z: <https://www.archiweb.cz/b/autobusova-zastavka-radi>
- [7] Konečná zastávka, [online]. [vid. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://proam.cz/konecna-zastavka>
- [8] Konečná zastávka – Brno, Jundrov, [online]. [vid. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://createspace.sk/konecna-zastavka-brno-jundrov/>
- [9] Zastávka Obilní trh, [online]. [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Zast%C3%A1vka_Obiln%C3%AD_trh
- [10] Obilní trh zdobí zastávka od Oskara Pořísky, [online]. [vid. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.archspace.cz/zastavka-obilni-trh-raw-oskar-poriska>
- [11] ČSN EN 1990 (730002): Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí. 03/2004. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2004.
- [12] ČSN EN 1991-1-1 (730035): Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb. 03/2004. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2004.
- [13] ČSN EN 1991-1-2 (730035): Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-2: Obecná zatížení – Zatížení konstrukcí vystavených účinkům požáru. 01/2004. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2004.
- [14] ČSN EN 1991-1-3 (730035): Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem. 06/2005. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2005.
- [15] ČSN EN 1991-1-4 (730035): Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem. 04/2007. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2007.
- [16] ČSN EN 1991-1-5 (730035): Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-5: Obecná zatížení – Zatížení teplotou. 05/2005. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2005.
- [17] ČSN EN 1991-1-6 (730035): Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-6: Obecná zatížení – Zatížení během provádění. 10/2006. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.

- [18] ČSN EN 1991-1-7 (730035): Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-7: Obecná zatížení – Mimořádná zatížení. 12/2007. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2007.
- [19] Skladba zelené střechy: kolik materiálu objednat?, [online]. [vid. 2023-03-17]. Dostupné z: <https://www.geomall.cz/blog/skladba-zelene-strechy-kolik-a-co-objednat>
- [20] Normy aneb kolik váží sníh?, [online]. [vid. 2023-03-31]. Dostupné z: <http://www.snihnastrese.cz/normove-zatizeni-snehovych-oblasti/>
- [21] ČSN EN 1992-1-1 (731201): Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby. 11/2006. Praha: ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006.
- [22] Chování štíhlých osamělých tlačených prutů, [online]. [vid. 2023-04-26]. Dostupné z: https://www.fce.vutbr.cz/BZK/simunek.p/BLO1/BLO1_10_prednaska.pdf
- [23] Ceník betonu a dopravy, [online]. [vid. 2023-05-13]. Dostupné z: <http://www.btn.cz/cenik.html>
- [24] Betonářská ocel žebírková, [online]. [vid. 2023-05-13]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/vyhledavani/392>

POUŽITÝ SOFTWARE

SCIA Engineer 21.1

FIN EC Beton 2023

Dlubal RFEM 6.02

RWIND 2.02

MathCAD

AutoCAD 2020

RECOC Vázaná výztuž EC (C3, C4)

PŘÍLOHY

Statický report z programu FIN EC 2023 Beton – varianta 1

Statický report z programu FIN EC 2023 Beton – varianta 2

Výkresová dokumentace:

1. Výkres tvaru – deska – varianta 1	1:50, 1:25
2. Výkres tvaru – deska – varianta 2	1:50, 1:25
3. Výkres tvaru – sloupy – varianta 1	1:50, 1:25
4. Výkres tvaru – sloupy – varianta 2	1:50, 1:25
5. Výkres tvaru – stěna – varianta 1 a 2	1:50, 1:25
6. Výkres tvaru – základová deska – varianta 1	1:50
7. Výkres tvaru – základová deska – varianta 2	1:50
8. Výkres výztuže – deska – varianta 1	1:50, 1:25
9. Výkres výztuže – deska – varianta 2	1:50, 1:25
10. Výkres výztuže – sloupy – varianta 1	1:50, 1:25
11. Výkres výztuže – sloupy – varianta 2	1:50, 1:25
12. Výkres výztuže – stěna – varianta 1 a 2	1:50, 1:25



PŘÍLOHA 1

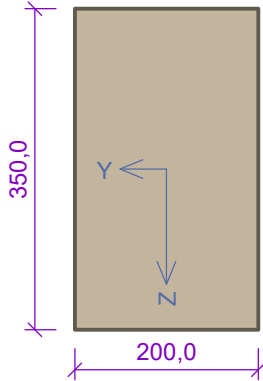
Statický report z programu FIN EC 2023 Beton – varianta 1

1 200x350 - pata

1.1 Vstupní data

Typ prvku: sloup
 Prostředí: XC2, XF1
 Délka dílce: 3,29m

Průřez



Materiály

Beton: C 30/37

$f_{ck} = 30,0$ MPa; $f_{ctm} = 2,9$ MPa; $E_{cm} = 33000$ MPa

Ocel podélná: B500B

$f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa

Ocel příčná: B500B

$f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa

Vnitřní síly - základní návrhová (MSÚ)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	V_{Edz} [kN]	V_{Edy} [kN]	T_{Ed} [kNm]	QP koef. [-]
1	S1 - MSÚ	-65,21	24,33	-6,54	17,06	-5,31	0,00	1,0
2	S2 - MSÚ	-112,14	-6,13	6,93	-5,18	5,09	0,00	1,0
3	S3 - MSÚ	-190,43	-20,36	-7,50	-14,18	-5,39	0,00	1,0
4	S4 - MSÚ	58,95	-27,26	-12,65	-21,33	-8,53	0,00	1,0
5	S5 - MSÚ	-112,22	-4,39	-15,18	-2,03	-9,17	0,00	1,0
6	S6 - MSÚ	-96,66	3,51	-15,90	-2,65	-10,23	0,00	1,0
7	S7 - MSÚ	-99,01	24,47	-14,91	17,77	-10,06	0,00	1,0
8	S8 - MSÚ	-180,38	-23,87	5,41	-15,96	4,76	0,00	1,0
9	S9 - MSÚ	-82,56	-5,95	6,00	-4,77	5,09	0,00	1,0
10	S10 - MSÚ	-88,52	19,67	6,33	13,84	5,29	0,00	1,0
11	S11 - MSÚ	-150,35	39,36	6,88	15,85	5,78	0,00	1,0
12	S12 - MSÚ	-161,18	-44,00	5,44	-19,48	4,18	0,00	1,0

Vnitřní síly - charakteristická (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	QP koef. [-]
1	S1 - MSP/Char	-44,58	16,88	-4,63	1,0
2	S2 - MSP/Char	-80,31	-3,64	4,91	1,0
3	S3 - MSP/Char	-135,36	-14,62	-5,32	1,0
4	S4 - MSP/Char	32,51	-19,34	-8,99	1,0
5	S5 - MSP/Char	-79,35	-2,96	-10,80	1,0
6	S6 - MSP/Char	-68,11	2,48	-11,32	1,0
7	S7 - MSP/Char	-68,36	17,36	-10,61	1,0
8	S8 - MSP/Char	-127,61	-17,13	3,82	1,0
9	S9 - MSP/Char	-58,79	-3,99	4,24	1,0
10	S10 - MSP/Char	-61,38	13,56	4,47	1,0
11	S11 - MSP/Char	-106,19	27,51	4,85	1,0

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	QP koef. [-]
12	S12 - MSP/Char	-113,34	-30,94	3,89	1,0

Vnitřní síly - kvazistálá (MSP)

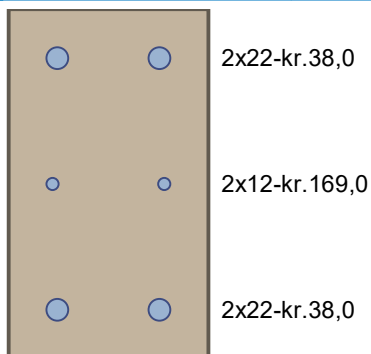
č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]
1	S1 - MSP/Kvazi	-14,46	9,33	-2,96
2	S2 - MSP/Kvazi	-56,74	-2,07	3,15
3	S3 - MSP/Kvazi	-86,87	-10,50	-3,39
4	S4 - MSP/Kvazi	9,51	-11,96	-5,80
5	S5 - MSP/Kvazi	-46,95	-2,38	-7,01
6	S6 - MSP/Kvazi	-39,82	1,17	-7,35
7	S7 - MSP/Kvazi	-25,68	10,81	-6,90
8	S8 - MSP/Kvazi	-75,55	-12,17	2,10
9	S9 - MSP/Kvazi	-39,67	-0,35	2,42
10	S10 - MSP/Kvazi	-25,08	7,28	2,52
11	S11 - MSP/Kvazi	-61,78	19,43	2,62
12	S12 - MSP/Kvazi	-58,86	-21,86	2,40

Vzpěr

Délka prvku [m]	Koef. vzpěru [-]	Vzpěrná délka [m]	Kolmo k ose
3,29	1,00	3,29	Y
3,29	1,00	3,29	Z

Podélná výztuž

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
2	22	38,0	horní výztuž
2	12	169,0	horní výztuž
2	22	38,0	dolní výztuž



S tlačnou výztuží je počítáno.

Smyková výztuž

Obvodové třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm

Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(8; 20; 10) = 20 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} + \varnothing_s = 20 + 10 + 8 = 38 \text{ mm}$$



Pouze pro nekomerční využití



1.2 Výsledky

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 80\,586 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 100 \text{ mm}$; $z_t = 175 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 861 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $I_z = 262 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$

12: **S12 - MSÚ** - základní návrhová

$N = -161,18 \text{ kN}$; $M_y = -44,00 \rightarrow -44,94 \text{ kNm}$; $M_z = 5,44 \rightarrow 13,18 \text{ kNm}$; $V_z = -19,48 \text{ kN}$; $V_y = 4,18 \text{ kN}$; $T = 0,00 \text{ kNm}$

Podrobné posouzení TLAK A OHYB: S12 - MSÚ

Normálová síla pro výpočet minimální excentricity dle 6.1(4) normy: **Vyhovuje**

Výpočet imperfekce

$e_i = l_0 / 400 = 3,289 / 400 = 0,00822 \text{ m}$

$M_{0Edy} = M_y + e_i \times |N_{Ed}| \times (-0,707) = (-44) + 0,00822 \times |-161,2| \times (-0,707) = -44,94 \text{ kNm}$

$M_{0Edz} = M_z + e_i \times |N_{Ed}| \times (-0,707) = (5,44) + 0,00822 \times |-161,2| \times (-0,707) = -6,377 \text{ kNm}$

Součinitel dotvarování:

$h_0 = 2 \times A_c / u = 2 \times 70\,000 / 1\,100 = 127,3 \text{ mm}$

$\alpha_1 = (35 / f_{cm})^{0,7} = (35 / 38)^{0,7} = 0,944$

$\alpha_2 = (35 / f_{cm})^{0,2} = (35 / 38)^{0,2} = 0,984$

$\varphi_{RH} = [1 + (1 - RH / 100) / (0,1 \times \sqrt[3]{h_0}) \times \alpha_1] \times \alpha_2 = [1 + (1 - 65 / 100) / (0,1 \times \sqrt[3]{127,3}) \times 0,944] \times 0,984 = 1,63$

$\beta(f_{cm}) = 16,8 \cdot 10^6 / \sqrt{f_{cm}} = 16,8 \cdot 10^6 / \sqrt{38} = 2,725$

$t_{0CEM} = \max(t_0; 0,5) = \max(28,00; 0,500) = 28 \text{ [den]}$

$\beta(t_0) = 1 / (0,1 + t_{0CEM}^{0,2}) = 1 / (0,1 + 28,00^{0,2}) = 0,488$

$\varphi_0 = \varphi_{RH} \times \beta(f_{cm}) \times \beta(t_0) = 1,63 \times 2,725 \times 0,488 = 2,17$

$\alpha_3 = (35 / f_{cm})^{0,5} = (35 / 38)^{0,5} = 0,96$

$\beta_H = \min(1,5 \times [1 + (0,012 \times RH)^{18}] \times h_0 + 250 \times \alpha_3; 1\,500 \times \alpha_3) = \min(1,5 \times [1 + (0,012 \times 65)^{18}] \times 127,3 + 250 \times 0,96; 1\,500 \times 0,96) = \min(433; 1\,440) = 433$

$\beta(t/t_0) = [(t - t_0) / (\beta_H + t - t_0)]^{0,3} = [(29\,200 - 28,00) / (433 + 29\,200 - 28,00)]^{0,3} = 0,996$

$\varphi = \varphi_0 \times \beta(t/t_0) = 2,17 \times 0,996 = \mathbf{2,16}$

Vzpěr

Pro výpočet vlivu vzpěru použita metoda založená na jmenovité křivosti.

Štíhlost kolmo k ose y:

$i_y = \sqrt{I_{cy} / A_c} = \sqrt{0,000715 / 0,07} = 0,101 \text{ m}$

$\lambda_y = L_{0y} / i_y = 3,289 / 0,101 = 32,55$

Štíhlost kolmo k ose z:

$i_z = \sqrt{I_{cz} / A_c} = \sqrt{0,000233 / 0,07} = 0,0577 \text{ m}$

$\lambda_z = L_{0z} / i_z = 3,289 / 0,0577 = 56,97$

$n = |N_{Ed}| / (A_c \times f_{cd}) = |-161,2| / (0,07 \times 20) = 0,115$

$\varphi_{ef} = \varphi \times 1 = 2,16 \times 1 = 2,16$

$A = 1 / (1 + 0,2 \times \varphi_{ef}) = 1 / (1 + 0,2 \times 2,16) = 0,698$

$\omega = A_s \times f_{yd} / (A_c \times f_{cd}) = 0,00175 \times 434,8 / (0,07 \times 20) = 0,542$

$B = \sqrt{1 + 2 \times \omega} = \sqrt{1 + 2 \times 0,542} = 1,444$

$C = 1,7 - r_m = 1,7 - 0,8 = 0,9$

$n < 0,41$ ($0,115 < 0,41$) \Rightarrow

$\lambda_{lim} = \min(20 \times A \times B \times C / \sqrt{n}; 75) = \min(20 \times 0,698 \times 1,444 \times 0,9 / \sqrt{0,115}; 75) = \min(53,49; 75) = \mathbf{53,49}$

Směr y: $\lambda_y < \lambda_{lim} \Rightarrow$ Výpočet vzpěru není potřeba

Směr z: $\lambda_z > \lambda_{lim} \Rightarrow$ Je proveden podrobný výpočet vzpěru

$$\omega = A_s \times f_{yd} / (A_c \times f_{cd}) = 0,00175 \times 434,8 / (0,07 \times 20) = 0,542$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + 0,542 = 1,542$$

$$n = -N_{Ed} / (A_c \times f_{cd}) = -(-161,2) / (0,07 \times 20) = 0,115$$

$$K_r = \min((n_u - n) / (n_u - n_{bal}); 1) = \min((1,542 - 0,115) / (1,542 - 0,4); 1) = \min(1,249; 1) = 1$$

$$\beta_z = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda_z / 150 = 0,35 + 30 / 200 - 56,97 / 150 = 0,12$$

$$\varphi_{ef} = \varphi \times 1 = 2,16 \times 1 = 2,16$$

$$K_{\varphi z} = \max(1; 1 + \beta_z \times \varphi_{ef}) = \max(1; 1 + 0,12 \times 2,16) = \max(1; 1,26) = 1,26$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 \times d_z) = 0,00217 / (0,45 \times 0,156) = 0,031 \text{ m}^{-1}$$

$$1/r = K_r \times K_{\varphi z} \times 1/r_0 = 1 \times 1,26 \times 0,031 = 0,039 \text{ m}^{-1}$$

$$e_{2z} = 1/r \times L_{0z}^2 / c_z = 0,039 \times 3,289^2 / 10 = 0,0422$$

$$M_{2z} = -N_{Ed} \times e_{2z} = -(-161,2) \times 0,0422 = 6,801 \text{ kNm}$$

$$M_{Edz} = M_{0Edz} - M_{2z} = (-6,377) - 6,801 = -13,18 \text{ kNm}$$

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková výztuž):

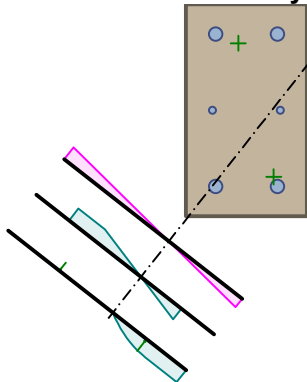
$$\rho_s = A_s / A_c = 1\,747 / 70\,000 = 0,025$$

$$\rho_{s,min} = \max(0,1 \times |N_{Ed}| / (f_{yd} \times A_c); 0,002) = \max(0,1 \times |-161,2| / (434,8 \times 70\,000); 0,002) = \max(0,00053; 0,002) = 0,002$$

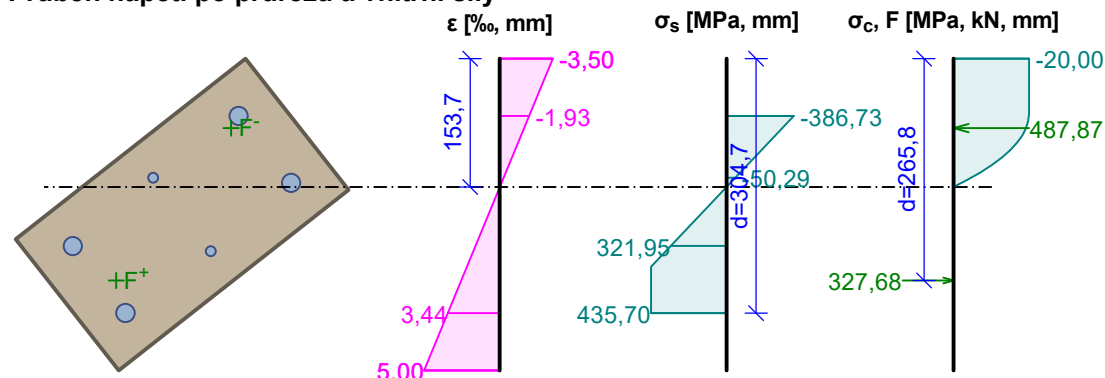
$$\rho_s = 0,025 \geq \rho_{s,min} = 0,002 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,025 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Orientace neutrální osy



Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

Nejmenší deformace v betonu: -3,50 ‰

Největší deformace v betonu: 5,00 ‰

Nejmenší deformace ve výztuži: -1,93 ‰

Největší deformace ve výztuži: 3,44 ‰

Směr neutrální osy: 231,86 °

$$N_{Ed} = -161,18 \text{ kN} \leq N_{Rd} = -2098,69 \text{ kN}$$

$$M_{Edy} = -44,00 \rightarrow -44,94 \leq M_{Rdy} = -90,03 \text{ kNm}$$

$$M_{Edz} = 5,44 \rightarrow 13,18 \leq M_{Rdz} = 26,39 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 49,9 %

Podrobné posouzení SMYK: S4 - MSÚ

Posouzení konstrukčních zásad třmínků

$$\text{Minimální průměr třmínků} \quad d = 6 \text{ mm} \leq 8 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínků} \quad s_{cl,max} = 180,0 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Použit model náhradní příhradoviny

Sklon tlačené diagonály : $\theta = 45^\circ$

Únosnost betonu

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 309,1)}; 2) = \min(1,804; 2) = 1,804$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(493,2 / (215,4 \times 309,1); 0,02) = \min(0,00741; 0,02) = 0,00741$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 1,804^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,465 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-58,95 / 70\,000; 0,2 \times 20) = \min(-0,842; 4) = -0,842 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times 3\sqrt{(100 \times \rho_l \times f_{ck})}; v_{min}) + k_1 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 1,804 \times 3\sqrt{(100 \times 0,00741 \times 30)}; 0,465) + 0,15 \times (-0,842)) \times 215,4 \times 309,1 = 32,12 \text{ kN}$$

Únosnost smykové výztuže

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta = 100,5 / 150 \times 233,2 \times 434,8 \times 1 = 67,96 \text{ kN}$$

Únosnost tlakové diagonály

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 215,4 \times 233,2 \times 0,528 \times 20 / (1 + 1) = 265,3 \text{ kN}$$

Výsledná únosnost

$$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(32,12; \min(265,3; 67,96)) = \max(32,12; 67,96) = 67,96 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 22,97 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 67,96 \text{ kN} \Rightarrow \text{Pouze konstrukční smyková výztuž.}$$

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje

Využití: 33,8 %

Podrobné posouzení KROUCENÍ: S1 - MSÚ

Průřez není namáhán kroucením.

16: **S4 - MSP/Char** - charakteristická

$$N = 32,51 \text{ kN}; M_y = -19,34 \rightarrow -19,53 \text{ kNm}; M_z = -8,99 \rightarrow -9,18 \text{ kNm}$$

Podrobné posouzení - Omezení napětí: S4 - MSP/Char

Výpočet imperfekce

$$e_i = l_0 / 400 = 3,289 / 400 = 0,00822 \text{ m}$$

$$M_{0Edy} = M_y + e_i \times |N_{Ed}| \times (-0,707) = (-19,34) + 0,00822 \times |32,51| \times (-0,707) = -19,53 \text{ kNm}$$

$$M_{0Edz} = M_z + e_i \times |N_{Ed}| \times 0,707 = 8,99 + 0,00822 \times |32,51| \times 0,707 = 9,179 \text{ kNm}$$

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 80\,586 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

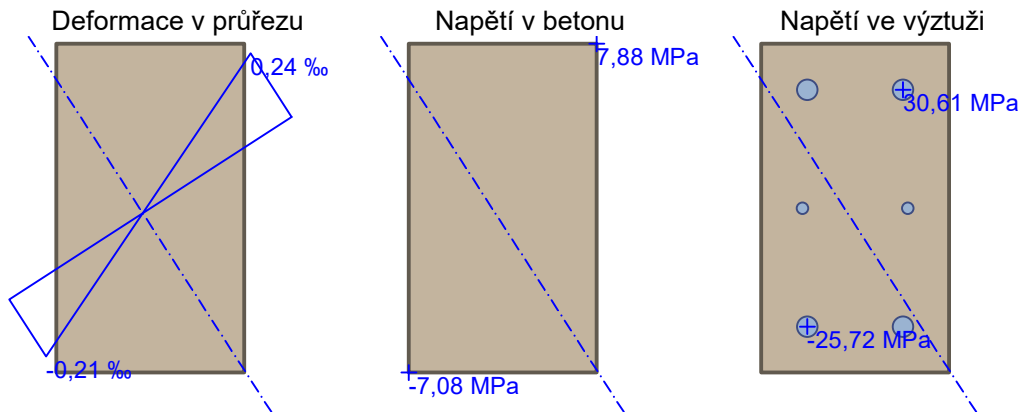
$$y_t = 100 \text{ mm}; z_t = 175 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = 861 \cdot 10^6 \text{ mm}^4; I_z = 262 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$



Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha: $A = 24\,102\text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 66,2\text{ mm}$; $z_t = 119,3\text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

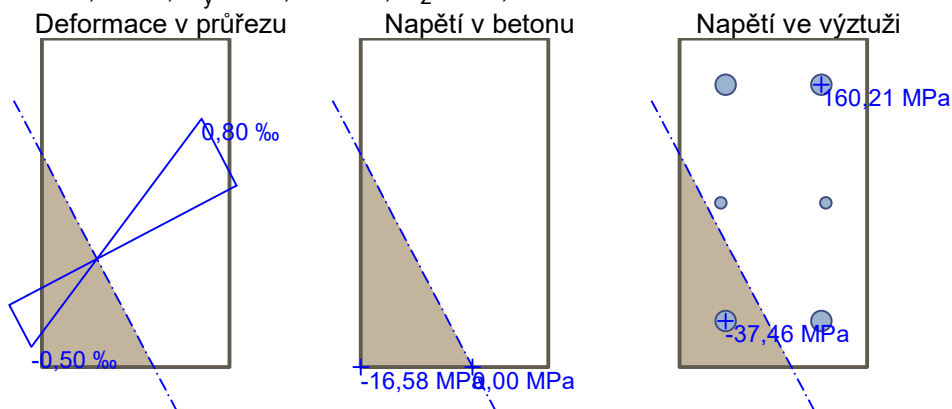
$I_y = 244 \cdot 10^6\text{ mm}^4$; $I_z = 60,5 \cdot 10^6\text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 97,3 \cdot 10^6\text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 59,0 \cdot 10^6\text{ mm}^4$

Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$N = 32,51\text{ kN}$; $M_y = -21,34\text{ kNm}$; $M_z = -10,28\text{ kNm}$



Maximální tlakové napětí v betonu $\sigma_c = 16,58\text{ MPa}$

Omezení tlakového napětí v betonu $k_1 \times f_{ck} = 18,00\text{ MPa}$

Maximální tahové napětí v betonu $\sigma_{c,max} = 7,88\text{ MPa}$

Maximální tlakové napětí ve výztuži $\sigma_{s,min} = 37,46\text{ MPa}$

Maximální tahové napětí ve výztuži $\sigma_{s,max} = 160,21\text{ MPa}$

Omezení tahového napětí ve výztuži $k_3 \times f_{yk} = 400,00\text{ MPa}$

Výška tlačené části průřezu $h = 105,5\text{ mm}$

Využití průřezu: 92,1 %

Posouzení průřezu na mezní stav omezení napětí Vyhovuje

28: **S4 - MSP/Kvazi** - kvazistálá

$N=9,51\text{ kN}$; $M_y=-11,96 \rightarrow -12,02\text{ kNm}$; $M_z=-5,80 \rightarrow -5,86\text{ kNm}$

Podrobné posouzení - Omezení šířky trhlin: S4 - MSP/Kvazi

Výpočet imperfekce

$e_i = l_0 / 400 = 3,289 / 400 = 0,00822\text{ m}$

$M_{0Edy} = M_y + e_i \times |N_{Ed}| \times (-0,707) = (-11,96) + 0,00822 \times |9,51| \times (-0,707) = -12,02\text{ kNm}$

$M_{0Edz} = M_z + e_i \times |N_{Ed}| \times 0,707 = 5,8 + 0,00822 \times |9,51| \times 0,707 = 5,855\text{ kNm}$

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 80\,586\text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

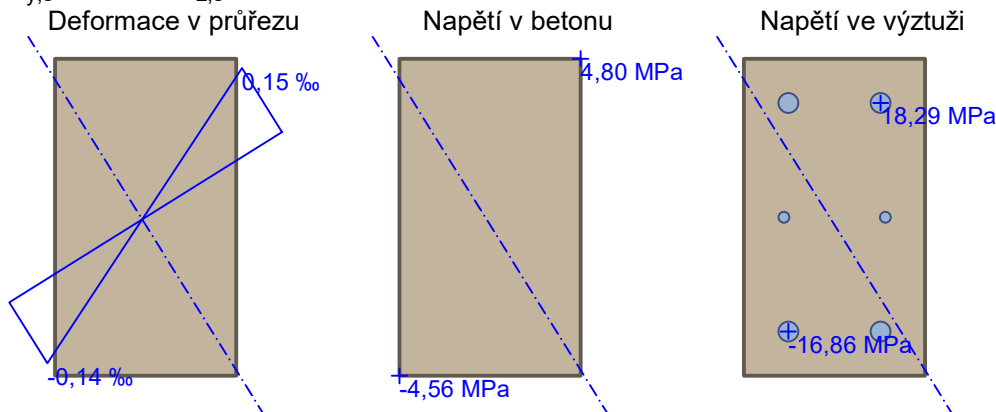
$y_t = 100\text{ mm}$; $z_t = 175\text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 861 \cdot 10^6\text{ mm}^4$; $I_z = 262 \cdot 10^6\text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 0\text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 0\text{ mm}^4$



Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha: $A = 25\,231\text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 65,58\text{ mm}$; $z_t = 119,8\text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

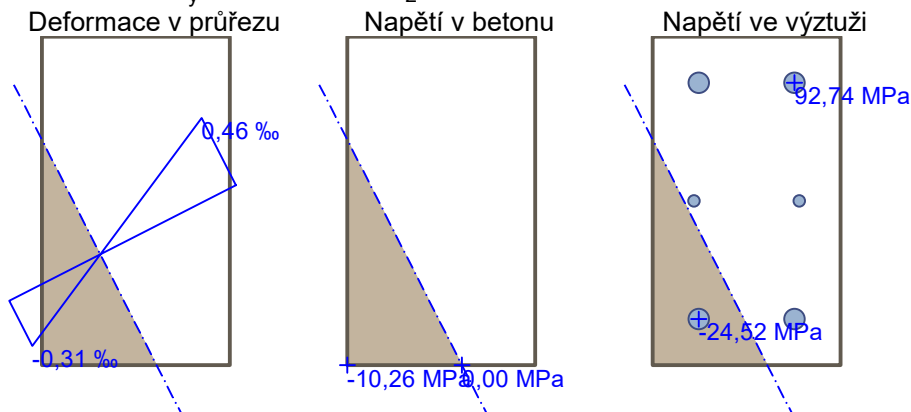
$I_y = 249 \cdot 10^6\text{ mm}^4$; $I_z = 62,0 \cdot 10^6\text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 96,3 \cdot 10^6\text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 60,1 \cdot 10^6\text{ mm}^4$

Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$N = 9,51\text{ kN}$; $M_y = -12,54\text{ kNm}$; $M_z = -6,183\text{ kNm}$



$$\rho_{p,\text{eff}} = A_s / A_{c,\text{eff}} = 0,00038 / 0,00716 = 0,0531$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 200 \cdot 10^3 / 33\,000 = 6,061$$

$$\varepsilon_s - \varepsilon_{cm} = \max(0,6 \times \sigma_s / E_s; [\sigma_s - k_t \times f_{ctm} / \rho_{p,\text{eff}} \times (1 + \alpha_e \times \rho_{p,\text{eff}})] / E_s) = \max(0,6 \times 92,74 / 200 \cdot 10^3; [92,74 - 0,4 \times 2,9 / 0,0531 \times (1 + 6,061 \times 0,0531)] / 200 \cdot 10^3) = \max(0,000278; 0,000319) = 0,000319$$

$$k_3 = \min(3,4 \times (25 / c)^{0,667}; 3,4) = \min(3,4 \times (25 / 38)^{0,667}; 3,4) = \min(2,572; 3,4) = 2,572$$

$$s_{r,\text{max}} = k_3 \times c + k_1 \times k_2 \times k_4 \times d / \rho_{p,\text{eff}} = 2,572 \times 38 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 19,33 / 0,0531 = 159,6\text{ mm}$$

$$w = \varepsilon_s - \varepsilon_{cm} \times s_{r,\text{max}} = 0,000319 \times 159,6 = 0,051\text{ mm}$$

Maximální povolená šířka trhliny: 0,300mm (Prostředí - XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XD3, XS1, XS2 nebo XS3)

Výška tlačené části průřezu: $h = 108,8\text{ mm}$

Využití průřezu: 17,0 %

Posouzení průřezu na mezní stav omezení šířky trhlin Vyhovuje

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková výztuž):

$$\rho_s = 0,025 \geq \rho_{s,\min} = 0,002 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,025 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení konstrukčních zásad třmínků

Minimální průměr třmínků $d = 6 \text{ mm} \leq 8 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$

Maximální vzdálenost třmínků $s_{cl,\max} = 180,0 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} N_{Rd} [kN]	M_{Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{Edz} M_{Rdz} [kNm]	V_{Edz} V_{Rdz} [kN]	V_{Edy} V_{Rdy} [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	S1 - MSÚ	-65,21 -2098,69	24,33 → 24,71 88,25	-6,54 → -6,92 -24,70	17,06 111,91	-5,31 -34,83	28,0	Vyhovuje
2	S2 - MSÚ	-112,14 -2098,69	-6,13 -37,07	6,93 → 7,85 47,49	-5,18 -73,11	5,09 71,84	16,5	Vyhovuje
3	S3 - MSÚ	-190,43 -2098,69	-20,36 -52,45	-7,50 → -17,10 -44,06	-14,18 -151,51	-5,39 -57,59	38,8	Vyhovuje
4	S4 - MSÚ	58,95 813,85	-27,26 → -27,60 -64,96	-12,65 → -12,99 -30,57	-21,33 -63,11	-8,53 -25,24	42,5	Vyhovuje
5	S5 - MSÚ	-112,22 -2098,69	-4,39 -14,35	-15,18 → -16,10 -52,63	-2,03 -13,57	-9,17 -61,32	30,6	Vyhovuje
6	S6 - MSÚ	-96,66 -2098,69	3,51 10,94	-15,90 → -16,69 -52,05	-2,65 -15,66	-10,23 -60,46	32,1	Vyhovuje
7	S7 - MSÚ	-99,01 -2098,69	24,47 → 25,05 61,07	-14,91 → -15,49 -37,76	17,77 97,40	-10,06 -55,14	41,0	Vyhovuje
8	S8 - MSÚ	-180,38 -2098,69	-23,87 → -24,92 -66,89	5,41 → 14,07 37,77	-15,96 -162,60	4,76 48,49	37,3	Vyhovuje
9	S9 - MSÚ	-82,56 -2098,69	-5,95 -40,39	6,00 → 6,68 45,33	-4,77 -69,43	5,09 74,08	14,7	Vyhovuje
10	S10 - MSÚ	-88,52 -2098,69	19,67 → 20,18 82,59	6,33 → 6,84 28,00	13,84 108,14	5,29 41,33	24,4	Vyhovuje
11	S11 - MSÚ	-150,35 -2098,69	39,36 → 40,23 83,52	6,88 → 14,10 29,26	15,85 153,89	5,78 56,12	48,2	Vyhovuje
12	S12 - MSÚ	-161,18 -2098,69	-44,00 → -44,94 -90,03	5,44 → 13,18 26,39	-19,48 -174,02	4,18 37,34	49,9	Vyhovuje

Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 49,9 %**Posouzení mezního stavu použitelnosti****Mezní stav omezení napětí**

č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,\max}$ [MPa]	$\sigma_{s,\min}$ [MPa]	Využití [%]	Posouzení
1	S1 - MSP/Char	-44,58	16,88 → 17,14	-4,63 → -4,89	10,44	72,92	34,08	58,0	Vyhovuje
2	S2 - MSP/Char	-80,31	-3,64 → -4,03	4,91 → 5,44	4,98	13,20	18,27	27,7	Vyhovuje
3	S3 - MSP/Char	-135,36	-14,62 → -15,41	-5,32 → -6,11	9,23	27,94	36,71	51,3	Vyhovuje
4	S4 - MSP/Char	32,51	-19,34 → -19,53	-8,99 → -9,18	16,58	160,21	37,46	92,1	Vyhovuje



Pouze pro nekomerční využití



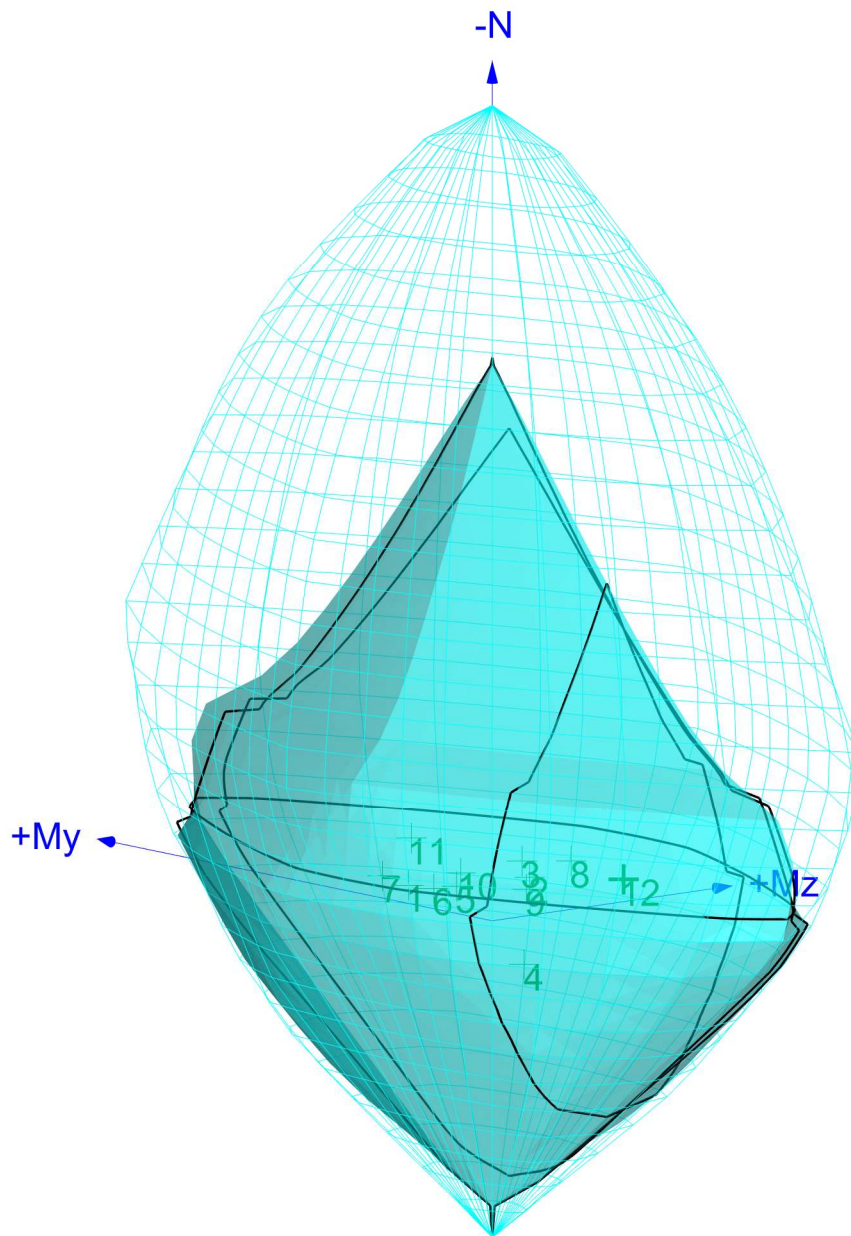
č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	Využití [%]	Posouzení
5	S5 - MSP/Char	-79,35	-2,96 → -3,13	-10,80 → -11,43	9,73	58,32	23,14	54,0	Vyhovuje
6	S6 - MSP/Char	-68,11	2,48 → 2,60	-11,32 → -11,87	9,98	67,19	20,98	55,4	Vyhovuje
7	S7 - MSP/Char	-68,36	17,36 → 17,76	-10,61 → -11,01	15,77	100,03	46,28	87,6	Vyhovuje
8	S8 - MSP/Char	-127,61	-17,13 → -17,87	3,82 → 4,56	9,23	32,94	37,02	51,3	Vyhovuje
9	S9 - MSP/Char	-58,79	-3,99 → -4,32	4,24 → 4,59	4,68	16,69	16,31	26,0	Vyhovuje
10	S10 - MSP/Char	-61,38	13,56 → 13,92	4,47 → 4,83	8,82	49,15	30,57	49,0	Vyhovuje
11	S11 - MSP/Char	-106,19	27,51 → 28,13	4,85 → 5,47	14,45	89,72	51,78	80,3	Vyhovuje
12	S12 - MSP/Char	-113,34	-30,94 → -31,60	3,89 → 4,55	14,96	98,02	54,15	83,1	Vyhovuje
Limitní hodnoty $k_1 \times f_{ck} / k_3 \times f_{yk}$					18,00	400,00			

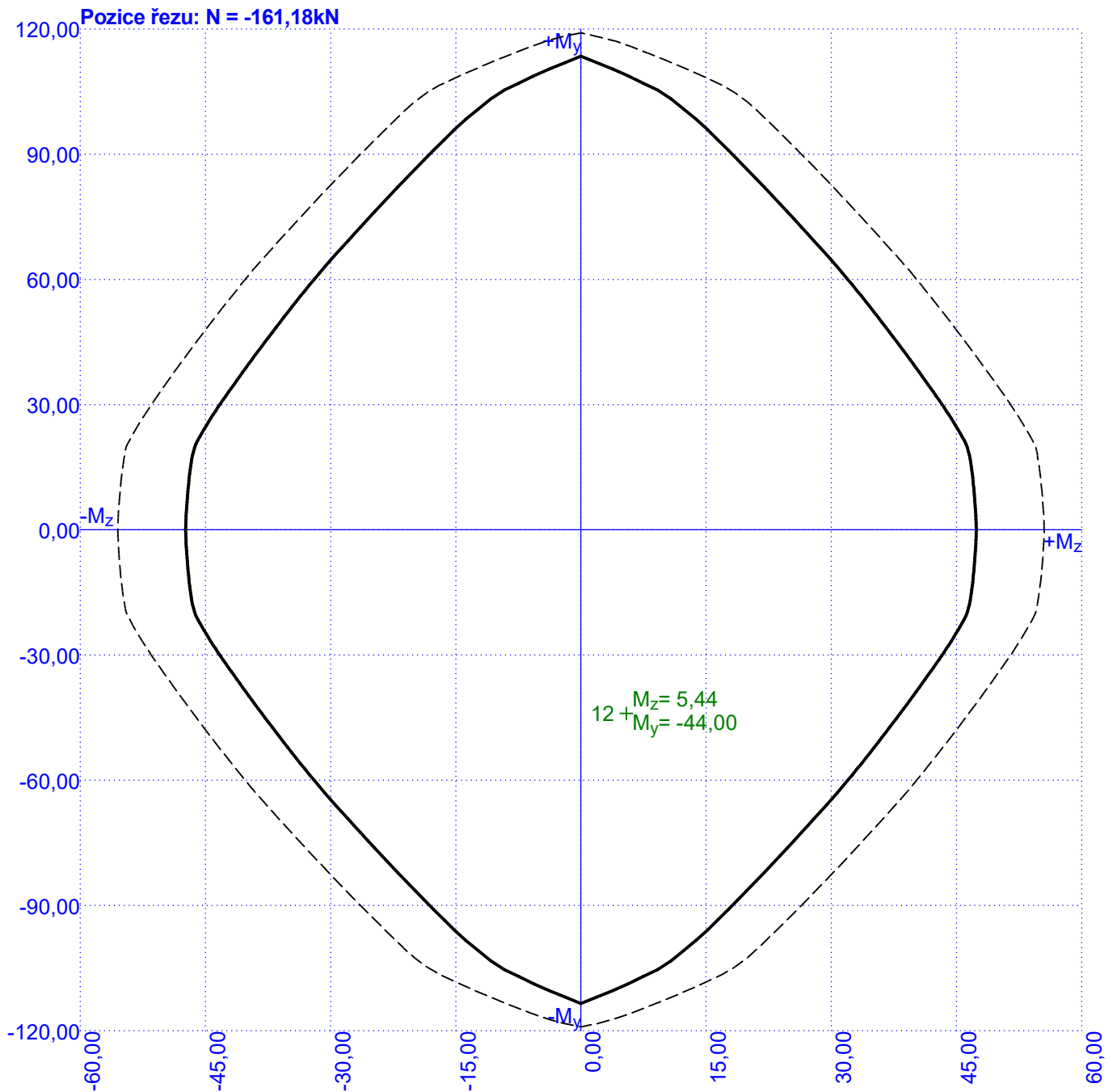
Mezní stav omezení šířky trhlín

č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	$\Delta\varepsilon$ [-]	$s_{r,max}$ [m]	w [mm]	Využití [%]	Posouzení
1	S1 - MSP/Kvazi	-14,46	9,33 → 9,41	-2,96 → -3,04	$144 \cdot 10^{-6}$	0,156	0,022	7,5	Vyhovuje
2	S2 - MSP/Kvazi	-56,74	-2,07	3,15 → 3,62	$19,5 \cdot 10^{-6}$	0,198	0,004	1,3	Vyhovuje
3	S3 - MSP/Kvazi	-86,87	-10,50 → -11,01	-3,39 → -3,90	$64,4 \cdot 10^{-6}$	0,150	0,010	3,2	Vyhovuje
4	S4 - MSP/Kvazi	9,51	-11,96 → -12,02	-5,80 → -5,86	$319 \cdot 10^{-6}$	0,160	0,051	17,0	Vyhovuje
5	S5 - MSP/Kvazi	-46,95	-2,38 → -2,50	-7,01 → -7,38	$123 \cdot 10^{-6}$	0,234	0,029	9,6	Vyhovuje
6	S6 - MSP/Kvazi	-39,82	1,17 → 1,22	-7,35 → -7,67	$135 \cdot 10^{-6}$	0,215	0,029	9,7	Vyhovuje
7	S7 - MSP/Kvazi	-25,68	10,81 → 10,96	-6,90 → -7,05	$223 \cdot 10^{-6}$	0,165	0,037	12,3	Vyhovuje
8	S8 - MSP/Kvazi	-75,55	-12,17 → -12,61	2,10 → 2,54	$80,3 \cdot 10^{-6}$	0,151	0,012	4,0	Vyhovuje
9	S9 - MSP/Kvazi	-39,67	-0,35 → -0,02	2,42	$6,45 \cdot 10^{-6}$	0,604	0,004	1,3	Vyhovuje
10	S10 - MSP/Kvazi	-25,08	7,28 → 7,43	2,52 → 2,67	$93,1 \cdot 10^{-6}$	0,150	0,014	4,7	Vyhovuje
11	S11 - MSP/Kvazi	-61,78	19,43 → 19,79	2,62 → 2,26	$193 \cdot 10^{-6}$	0,181	0,035	11,6	Vyhovuje
12	S12 - MSP/Kvazi	-58,86	-21,86 → -22,20	2,40 → 2,06	$229 \cdot 10^{-6}$	0,192	0,044	14,6	Vyhovuje
Maximální povolená šířka w_{max}							0,300		

Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 92,1 %**Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE**

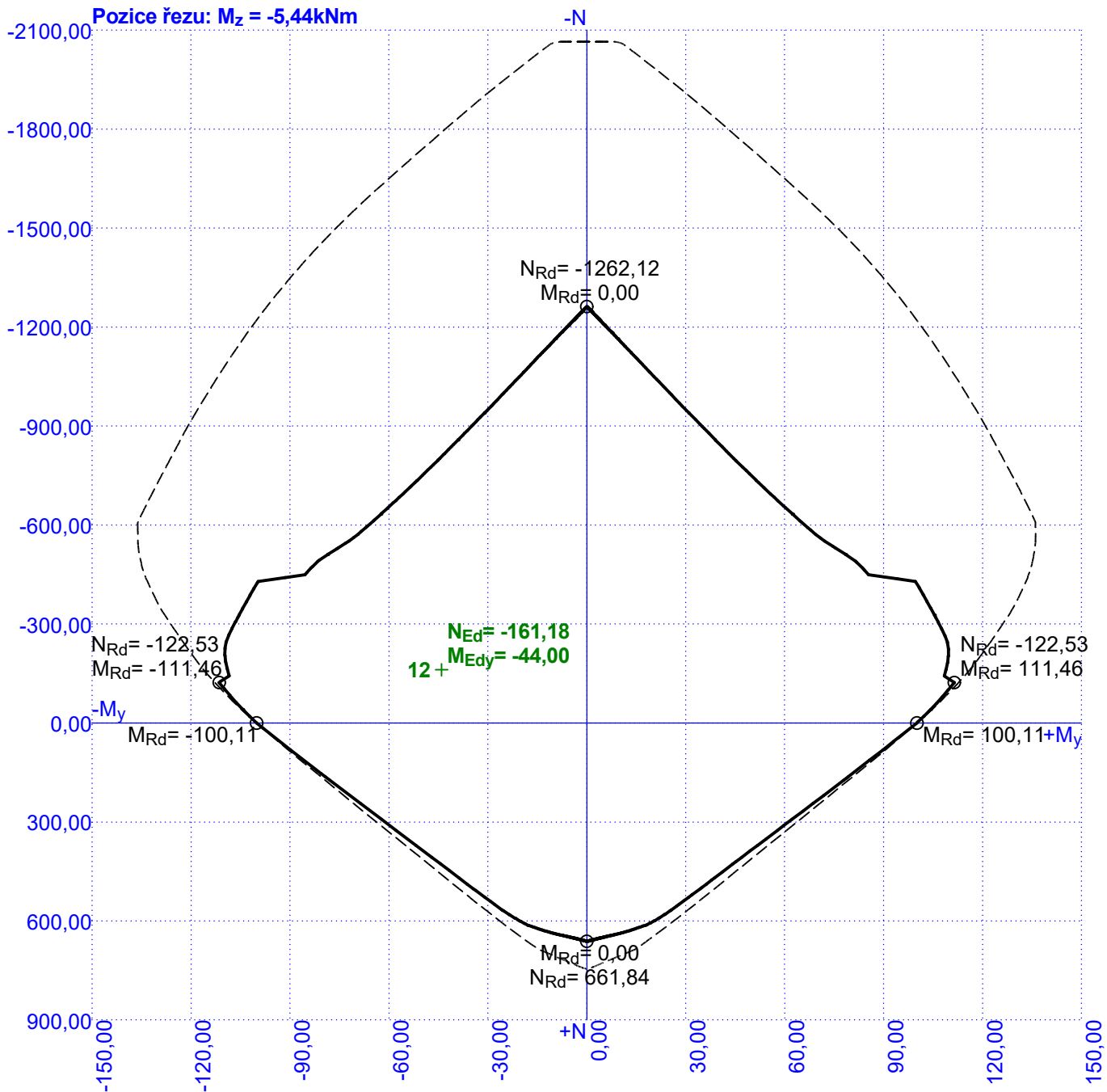
Využití: 92,1 %



Interakční diagram M_y - M_z 

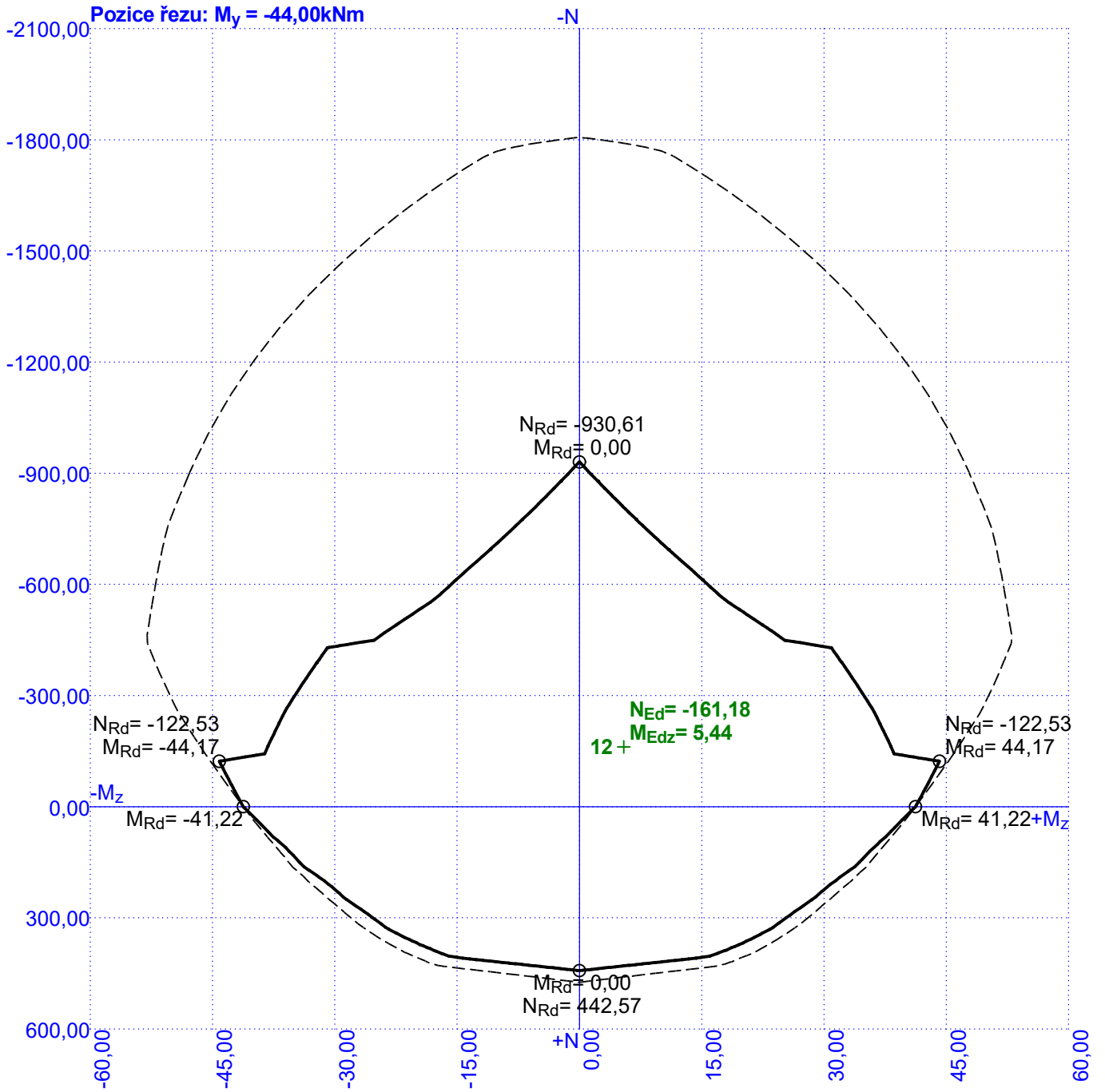
Interakční diagram N-My

Pozice řezu: $M_z = -5,44\text{kNm}$

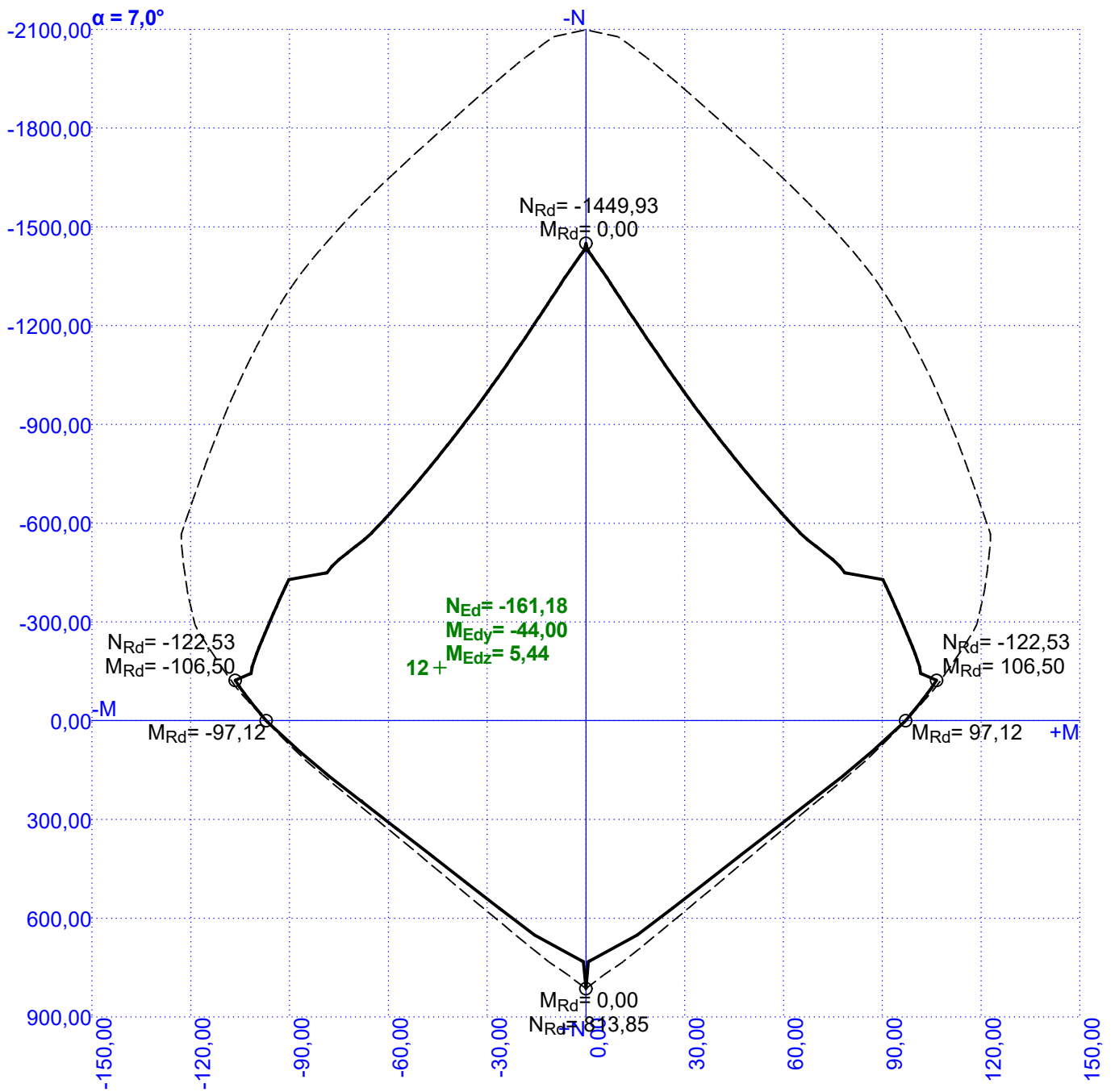


Interakční diagram N-M_z

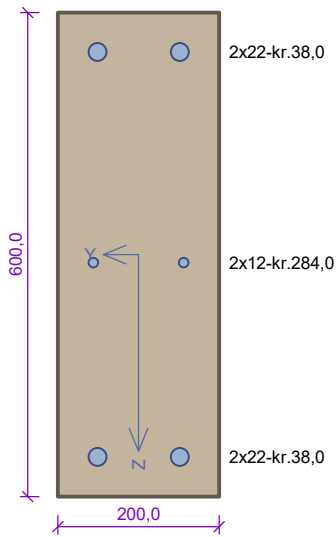
Pozice řezu: M_y = -44,00kNm



Interakční diagram N-M



200x600 - hlava



Typ prvku: sloup
Prostředí: XC2, XF1

Beton: C 30/37

$f_{ck} = 30,0$ MPa; $f_{ctm} = 2,9$ MPa; $E_{cm} = 33000$ MPa

Ocel podélná: B500B ($f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa)

Ocel příčná: B500B ($f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa)

Vzpěr

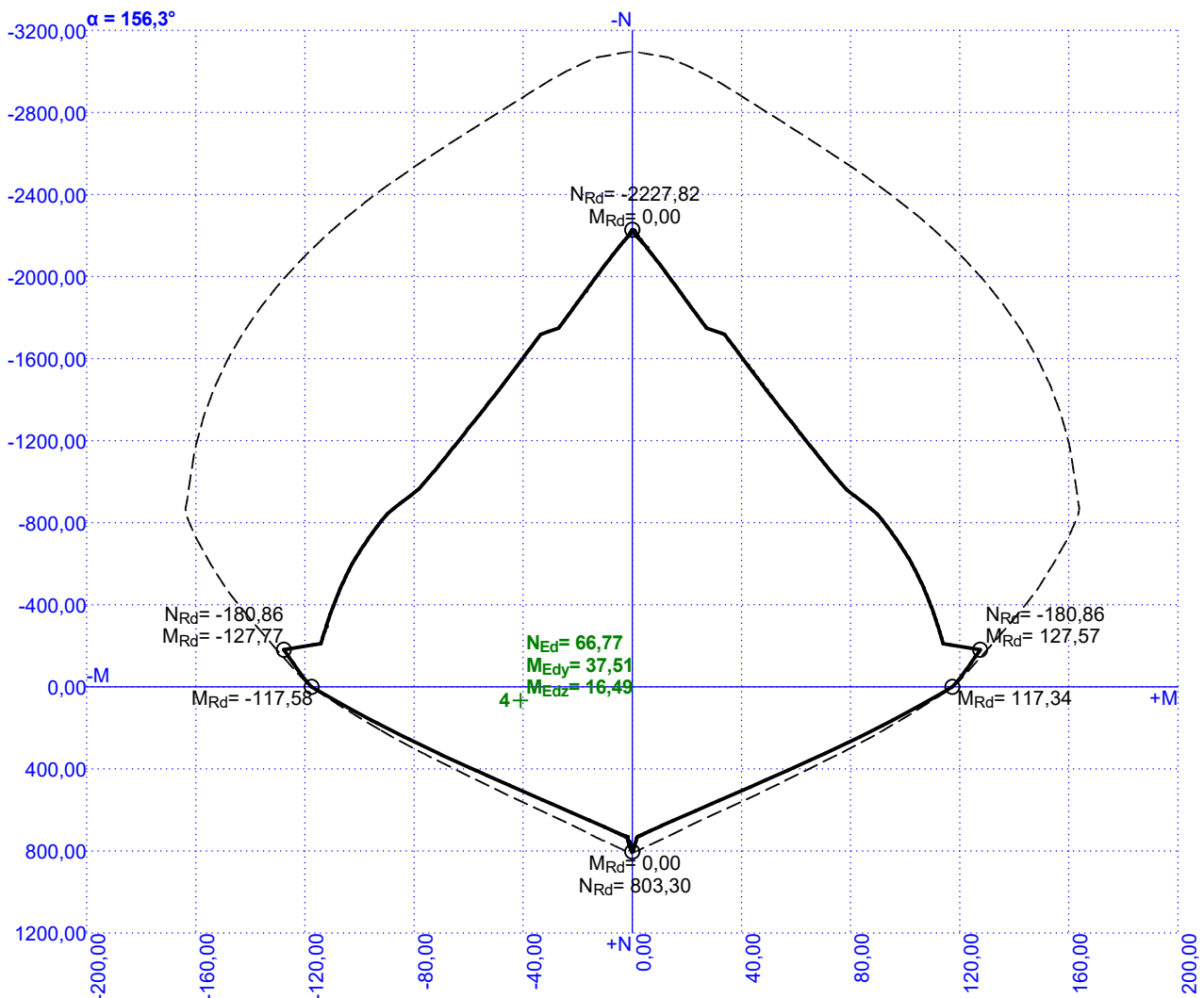
Vzpěrná délka kolmo na osu Y: $l_{ef,y} = 3,29 \times 1,00 = 3,29$ m

Vzpěrná délka kolmo na osu Z: $l_{ef,z} = 3,29 \times 1,00 = 3,29$ m

S tlačnou výztuží je počítáno.

Obvodové třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm



70,3 % VYHOVUJE

Pouze pro nekomerční využití

200x600 - hlava

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková výztuž):

 $\rho_s = 0,0146 \geq \rho_{s,\min} = 0,002 \Rightarrow$ **Vyhovuje** $\rho_s = 0,0146 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Posouzení konstrukčních zásad třmínků

Minimální průměr třmínků $d = 6 \text{ mm} \leq 8 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**Maximální vzdálenost třmínků $s_{cl,\max} = 180,0 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow$ **Vyhovuje**

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} N_{Rd} [kN]	M_{Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{Edz} M_{Rdz} [kNm]	V_{Edz} V_{Rdz} [kN]	V_{Edy} V_{Rdy} [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	S1 - MSÚ	-50,75	-29,09	7,98 → 8,40	15,37	-5,21	20,1	Vyhovuje
		-3098,69	-144,57	41,74	186,23	-63,13		
2	S2 - MSÚ	-99,40	13,51	-8,31 → -9,13	-6,82	5,02	16,6	Vyhovuje
		-3098,69	81,48	-54,95	-73,99	54,46		
3	S3 - MSÚ	-175,97	30,33	9,12 → 10,57	-16,70	-5,41	21,9	Vyhovuje
		-3098,69	138,66	48,23	-184,34	-59,72		
4	S4 - MSÚ	66,77	37,51	16,49 → 17,04	-18,35	-9,20	38,2	Vyhovuje
		813,85	97,96	44,54	-57,59	-28,87		
5	S5 - MSÚ	-99,01	4,76	18,03 → 18,84	-3,56	-10,50	32,6	Vyhovuje
		-3098,69	14,66	57,81	-23,20	-68,43		
6	S6 - MSÚ	-82,20	-4,16	19,32 → 20,00	3,67	-11,34	35,1	Vyhovuje
		-3098,69	-11,80	56,92	21,65	-66,89		
7	S7 - MSÚ	-84,75	-28,43	19,42 → 20,12	14,72	-10,80	37,0	Vyhovuje
		-3098,69	-76,89	54,43	74,33	-54,54		
8	S8 - MSÚ	-166,65	32,02	-6,58 → -7,95	-18,23	3,65	19,1	Vyhovuje
		-3098,69	167,71	-41,58	-203,03	40,65		
9	S9 - MSÚ	-68,83	-7,47	-6,85 → -7,42	3,74	3,99	13,5	Vyhovuje
		-3098,69	-55,11	-54,84	54,27	57,90		
10	S10 - MSÚ	-75,61	-23,18	-7,28 → -7,90	12,15	4,14	17,4	Vyhovuje
		-3098,69	-132,77	-45,28	185,08	63,07		

Mezní stav únosnosti **VYHOVUJE - 38,2 %**

Posouzení mezního stavu použitelnosti

Mezní stav omezení napětí

č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,\max}$ [MPa]	$\sigma_{s,\min}$ [MPa]	Využití [%]	Posouzení
1	S1 - MSP/Char	-34,16	-20,02	5,61 → 5,89	6,59	55,14	20,22	36,6	Vyhovuje
2	S2 - MSP/Char	71,03	8,79 → 9,20	-5,86 → -6,27	5,87	110,61	-5,00	32,6	Vyhovuje
3	S3 - MSP/Char	-124,94	21,76	6,42 → 7,45	5,94	22,64	23,96	33,0	Vyhovuje
4	S4 - MSP/Char	40,32	26,64	11,67 → 12,00	12,65	160,46	17,33	70,3	Vyhovuje
5	S5 - MSP/Char	-69,77	3,08 → 3,22	12,77 → 13,33	7,61	71,65	10,31	42,3	Vyhovuje
6	S6 - MSP/Char	-57,69	-2,81 → -2,90	13,68 → 14,14	8,18	85,66	9,04	45,5	Vyhovuje
7	S7 - MSP/Char	-58,08	-20,20	13,77 → 14,25	11,44	104,69	23,32	63,6	Vyhovuje
8	S8 - MSP/Char	-117,68	22,99	-4,62 → -5,59	5,20	19,11	22,11	28,9	Vyhovuje
9	S9 - MSP/Char	-48,86	-4,47	-4,85 → -5,25	3,23	19,32	8,80	18,0	Vyhovuje
10	S10 - MSP/Char	-52,00	-15,86	-5,14 → -5,57	5,26	34,80	17,47	29,2	Vyhovuje
Limitní hodnoty $k_1 \times f_{ck} / k_3 \times f_{yk}$					18,00	400,00			

Mezní stav omezení šířky trhlin

č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	$\Delta\epsilon$ [-]	$s_{r,\max}$ [m]	w [mm]	Využití [%]	Posouzení
1	S1 - MSP/Kvazi	-4,41	-10,78	2,95 → 2,99	$113 \cdot 10^{-6}$	0,209	0,024	7,9	Vyhovuje

70,3 % VYHOVUJE

Pouze pro nekomerční využití

200x600 - hlava

č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	$\Delta\varepsilon$ [-]	$s_{r,max}$ [m]	w [mm]	Využití [%]	Posouzení
2	S2 - MSP/Kvazi	-47,67	5,38	-3,20 → -3,59	$27,5 \cdot 10^{-6}$	0,217	0,006	2,0	Vyhovuje
3	S3 - MSP/Kvazi	-76,82	15,74 → 16,36	3,42 → 3,55	$42,6 \cdot 10^{-6}$	0,270	0,008	2,6	Vyhovuje
4	S4 - MSP/Kvazi	17,59	16,40	6,76 → 6,90	$271 \cdot 10^{-6}$	0,246	0,067	22,2	Vyhovuje
5	S5 - MSP/Kvazi	-37,62	1,91	7,44 → 7,75	$129 \cdot 10^{-6}$	0,298	0,038	12,8	Vyhovuje
6	S6 - MSP/Kvazi	-29,78	-0,73 → -0,75	8,02 → 8,26	$153 \cdot 10^{-6}$	0,298	0,046	15,2	Vyhovuje
7	S7 - MSP/Kvazi	-15,75	-12,56	8,23 → 8,36	$222 \cdot 10^{-6}$	0,276	0,061	20,5	Vyhovuje
8	S8 - MSP/Kvazi	-65,93	16,41 → 16,79	-2,53 → -2,91	$49,5 \cdot 10^{-6}$	0,315	0,011	3,5	Vyhovuje
9	S9 - MSP/Kvazi	-30,04	-2,45	-2,94 → -3,19	$33,8 \cdot 10^{-6}$	0,303	0,010	3,4	Vyhovuje
10	S10 - MSP/Kvazi	-15,93	-8,04	-2,98 → -3,11	$78,0 \cdot 10^{-6}$	0,213	0,017	5,5	Vyhovuje
Maximální povolená šířka w_{max}							0,300		

Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 70,3 %

Využití: 70,3 %

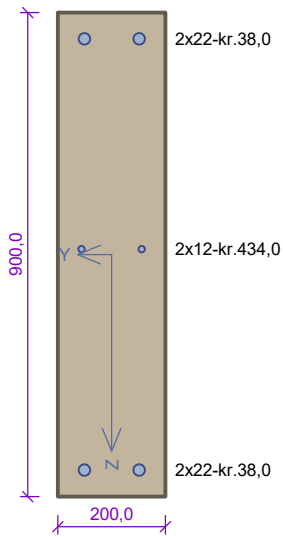
70,3 % VYHOVUJE



Pouze pro nekomerční využití



200x900 - hlava



Typ prvku: sloup
Prostředí: XC2, XF1

Beton: C 30/37

$f_{ck} = 30,0$ MPa; $f_{ctm} = 2,9$ MPa; $E_{cm} = 33000$ MPa

Ocel podélná: B500B ($f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa)

Ocel příčná: B500B ($f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa)

Vzpěr

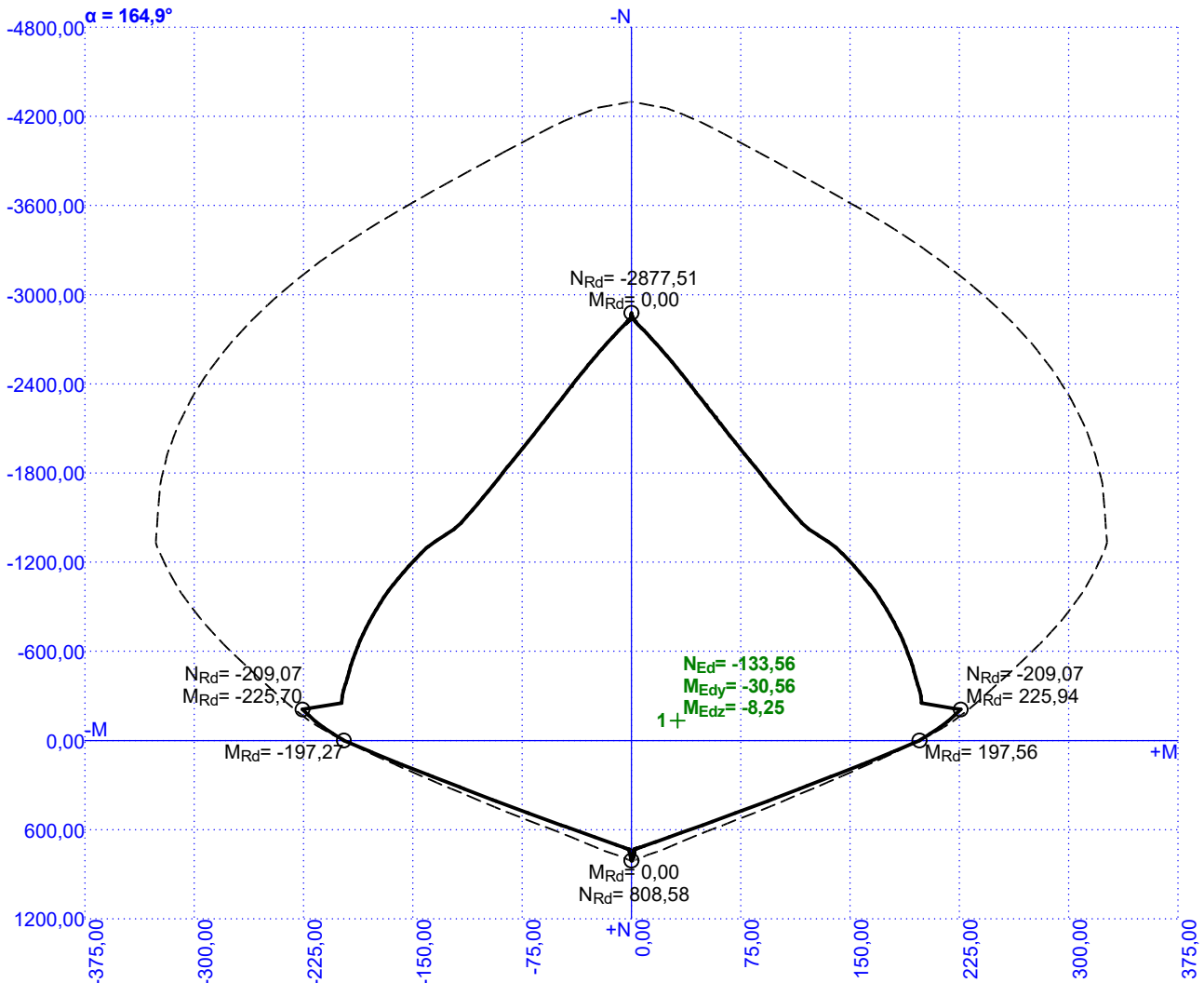
Vzpěrná délka kolmo na osu Y: $l_{ef,y} = 3,49 \times 1,00 = 3,49$ m

Vzpěrná délka kolmo na osu Z: $l_{ef,z} = 3,49 \times 1,00 = 3,49$ m

S tlačnou výztuží je počítáno.

Obvodové třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm



19,4 % VYHOVUJE

Pouze pro nekomerční využití

200x900 - hlava

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková výtzuž):

$$\rho_s = 0,0097 \geq \rho_{s,\min} = 0,002 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0097 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení konstrukčních zásad třmínků

$$\text{Minimální průměr třmínků } d = 6 \text{ mm} \leq 8 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínků } s_{cl,\max} = 180,0 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} N_{Rd} [kN]	M_{Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{Edz} M_{Rdz} [kNm]	V_{Edz} V_{Rdz} [kN]	V_{Edy} V_{Rdy} [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	S11 - MSÚ	-133,56	-30,56	-8,25 → -9,42	21,93	4,17	15,9	Vyhovuje
		-4298,69	-192,25	-59,18	303,60	57,73		
2	S12 - MSÚ	-147,60	38,21	-7,41 → -8,70	-25,19	4,26	15,8	Vyhovuje
		-4298,69	241,27	-54,94	-313,38	53,00		

Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 15,9 %

Posouzení mezního stavu použitelnosti

Mezní stav omezení napětí

č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,\max}$ [MPa]	$\sigma_{s,\min}$ [MPa]	Využití [%]	Posouzení
1	S11 - MSP/Char	-93,98	-21,64	-5,78 → -6,60	3,45	15,90	13,24	19,2	Vyhovuje
2	S12 - MSP/Char	-103,28	26,96	-5,21 → -6,11	3,49	14,79	14,45	19,4	Vyhovuje
Limitní hodnoty $k_1 \times f_{ck} / k_3 \times f_{yk}$					18,00	400,00			

Mezní stav omezení šířky trhlin

č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	$\Delta\epsilon$ [-]	$s_{r,\max}$ [m]	w [mm]	Využití [%]	Posouzení
1	S11 - MSP/Kvazi	-49,86	-12,91	-2,92 → -3,36	$26,3 \cdot 10^{-6}$	0,206	0,005	1,8	Vyhovuje
2	S12 - MSP/Kvazi	-48,80	14,91	-2,82 → -3,25	$30,8 \cdot 10^{-6}$	0,203	0,006	2,1	Vyhovuje
Maximální povolená šířka w_{\max}							0,300		

Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 19,4 %

Využití: 19,4 %

19,4 % VYHOVUJE



PŘÍLOHA 2

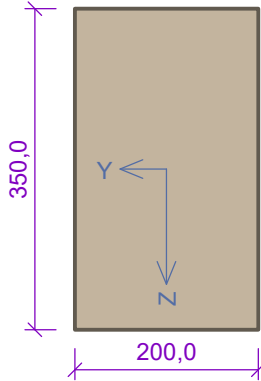
Statický report z programu FIN EC 2023 Beton – varianta 2

1 200x350 - hlava

1.1 Vstupní data

Typ prvku: sloup
 Prostředí: XC2, XF1
 Délka dílce: 3,22m

Průřez



Materiály

Beton: C 30/37

$f_{ck} = 30,0$ MPa; $f_{ctm} = 2,9$ MPa; $E_{cm} = 33000$ MPa

Ocel podélná: B500B

$f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa

Ocel příčná: B500B

$f_{yk} = 500,0$ MPa; $E_s = 200000$ MPa

Vnitřní síly - základní návrhová (MSÚ)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	V_{Edz} [kN]	V_{Edy} [kN]	T_{Ed} [kNm]	QP koef. [-]
1	S1 - MSÚ	-37,24	-16,52	7,08	10,90	-6,78	0,00	1,0
2	S2 - MSÚ	-80,49	-3,51	6,86	2,30	-6,07	0,00	1,0
3	S3 - MSÚ	-82,80	10,57	7,13	-6,88	-6,44	0,00	1,0
4	S4 - MSÚ	-94,99	14,10	10,22	-9,61	-7,13	0,00	1,0
5	S5 - MSÚ	-75,99	4,96	12,74	-3,25	-9,37	0,00	1,0
6	S6 - MSÚ	-61,81	2,03	13,72	-1,54	-10,35	0,00	1,0
7	S7 - MSÚ	-129,76	-9,44	13,00	6,47	-8,65	0,00	1,0
8	S8 - MSÚ	-109,75	13,68	-6,92	-8,58	3,96	0,00	1,0
9	S9 - MSÚ	-74,30	-2,66	-6,62	1,75	3,77	0,00	1,0
10	S10 - MSÚ	-44,47	-15,82	-6,84	10,35	3,78	0,00	1,0
11	S11 - MSÚ	-140,58	-33,22	-8,19	20,37	4,34	0,00	1,0
12	S12 - MSÚ	-159,40	-39,15	7,49	23,26	-5,35	0,00	1,0

Vnitřní síly - charakteristická (MSP)

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	QP koef. [-]
1	S1 - MSP/Char	-27,12	-11,46	4,98	1,0
2	S2 - MSP/Char	-56,57	-2,38	4,84	1,0
3	S3 - MSP/Char	-58,24	7,53	5,03	1,0
4	S4 - MSP/Char	-66,28	10,05	7,22	1,0
5	S5 - MSP/Char	-53,17	3,58	9,03	1,0
6	S6 - MSP/Char	-43,34	1,34	9,71	1,0
7	S7 - MSP/Char	-90,57	-6,38	9,20	1,0
8	S8 - MSP/Char	-76,92	9,74	-4,87	1,0
9	S9 - MSP/Char	-51,94	-1,77	-4,67	1,0
10	S10 - MSP/Char	-32,11	-11,00	-4,80	1,0
11	S11 - MSP/Char	-97,93	-23,65	-5,75	1,0

č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	QP koef. [-]
12	S12 - MSP/Char	-110,68	-27,75	5,28	1,0

Vnitřní síly - kvazistálá (MSP)

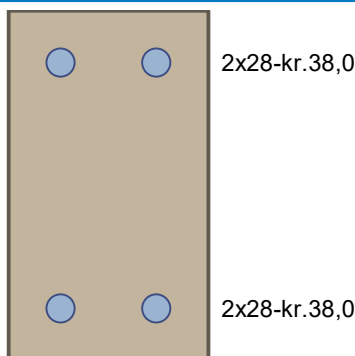
č.	Název zatěžovacího případu	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]
1	S1 - MSP/Kvazi	-22,88	-6,74	2,65
2	S2 - MSP/Kvazi	-29,16	-0,66	2,71
3	S3 - MSP/Kvazi	-30,42	5,06	2,72
4	S4 - MSP/Kvazi	-29,48	6,64	4,11
5	S5 - MSP/Kvazi	-25,07	2,19	5,37
6	S6 - MSP/Kvazi	-21,39	0,46	5,62
7	S7 - MSP/Kvazi	-40,86	-3,78	5,32
8	S8 - MSP/Kvazi	-37,67	6,22	-2,70
9	S9 - MSP/Kvazi	-24,24	-0,03	-2,65
10	S10 - MSP/Kvazi	-24,59	-6,46	-2,53
11	S11 - MSP/Kvazi	-42,05	-15,08	-2,89
12	S12 - MSP/Kvazi	-44,33	-16,53	3,08

Vzpěr

Délka prvku [m]	Koef. vzpěru [-]	Vzpěrná délka [m]	Kolmo k ose
3,22	1,25	4,03	Y
3,22	1,25	4,03	Z

Podélná výztuž

Počet	Profil [mm]	Krytí [mm]	Umístění
2	28	38,0	horní výztuž
2	28	38,0	dolní výztuž



S tlačnou výztuží je počítáno.

Smyková výztuž

Obvodové třmínky

Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm

Minimální krytí

Třída konstrukce: S4

$$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10) = \max(8; 20; 10) = 20 \text{ mm}$$

$$c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev} + \varnothing_s = 20 + 10 + 8 = 38 \text{ mm}$$



Pouze pro nekomerční využití



1.2 Výsledky

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 84\,927 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 100 \text{ mm}$; $z_t = 175 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 940 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$; $I_z = 268 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4$; $S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$

12: **S12 - MSÚ** - základní návrhová

$N = -159,40 \text{ kN}$; $M_y = -39,15 \text{ kNm}$; $M_z = 7,49 \rightarrow 17,84 \text{ kNm}$; $V_z = 23,26 \text{ kN}$; $V_y = -5,35 \text{ kN}$; $T = 0,00 \text{ kNm}$

Podrobné posouzení TLAK A OHYB: S12 - MSÚ

Normálová síla pro výpočet minimální excentricity dle 6.1(4) normy: **Vyhovuje**

Výpočet imperfekce

$M_{0Edy} = -39,15 \text{ kNm}$

$e_i = l_0 / 400 = 3,22 / 400 = 0,00805 \text{ m}$

$M_{0Edz} = M_z - e_i \cdot |N_{Ed}| = (-7,49) - 0,00805 \cdot |-159,4| = -8,773 \text{ kNm}$

Součinitel dotvarování:

$h_0 = 2 \times A_c / u = 2 \times 70\,000 / 1\,100 = 127,3 \text{ mm}$

$\alpha_1 = (35 / f_{cm})^{0,7} = (35 / 38)^{0,7} = 0,944$

$\alpha_2 = (35 / f_{cm})^{0,2} = (35 / 38)^{0,2} = 0,984$

$\varphi_{RH} = [1 + (1 - RH / 100) / (0,1 \times \sqrt[3]{h_0}) \times \alpha_1] \times \alpha_2 = [1 + (1 - 65 / 100) / (0,1 \times \sqrt[3]{127,3}) \times 0,944] \times 0,984 = 1,63$

$\beta(f_{cm}) = 16,8 \cdot 10^6 / \sqrt{f_{cm}} = 16,8 \cdot 10^6 / \sqrt{38} = 2,725$

$t_{0CEM} = \max(t_0; 0,5) = \max(28,00; 0,500) = 28 \text{ [den]}$

$\beta(t_0) = 1 / (0,1 + t_{0CEM}^{0,2}) = 1 / (0,1 + 28,00^{0,2}) = 0,488$

$\varphi_0 = \varphi_{RH} \times \beta(f_{cm}) \times \beta(t_0) = 1,63 \times 2,725 \times 0,488 = 2,17$

$\alpha_3 = (35 / f_{cm})^{0,5} = (35 / 38)^{0,5} = 0,96$

$\beta_H = \min(1,5 \times [1 + (0,012 \times RH)^{18}] \times h_0 + 250 \times \alpha_3; 1\,500 \times \alpha_3) = \min(1,5 \times [1 + (0,012 \times 65)^{18}] \times 127,3 + 250 \times 0,96; 1\,500 \times 0,96) = \min(433; 1\,440) = 433$

$\beta(t/t_0) = [(t - t_0) / (\beta_H + t - t_0)]^{0,3} = [(18\,250 - 28,00) / (433 + 18\,250 - 28,00)]^{0,3} = 0,993$

$\varphi = \varphi_0 \times \beta(t/t_0) = 2,17 \times 0,993 = \mathbf{2,154}$

Vzpěr

Pro výpočet vlivu vzpěru použita metoda založená na jmenovité křivosti.

Štíhlost kolmo k ose y:

$i_y = \sqrt{I_{cy} / A_c} = \sqrt{0,000715 / 0,07} = 0,101 \text{ m}$

$\lambda_y = L_{0y} / i_y = 4,025 / 0,101 = 39,84$

Štíhlost kolmo k ose z:

$i_z = \sqrt{I_{cz} / A_c} = \sqrt{0,000233 / 0,07} = 0,0577 \text{ m}$

$\lambda_z = L_{0z} / i_z = 4,025 / 0,0577 = 69,72$

$n = |N_{Ed}| / (A_c \times f_{cd}) = |-159,4| / (0,07 \times 20) = 0,114$

$\varphi_{ef} = \varphi \times 1 = 2,154 \times 1 = 2,154$

$A = 1 / (1 + 0,2 \times \varphi_{ef}) = 1 / (1 + 0,2 \times 2,154) = 0,699$

$\omega = A_s \times f_{yd} / (A_c \times f_{cd}) = 0,00246 \times 434,8 / (0,07 \times 20) = 0,765$

$B = \sqrt{1 + 2 \times \omega} = \sqrt{1 + 2 \times 0,765} = 1,591$

$C = 1,7 - r_m = 1,7 - 0,91 = 0,79$

$n < 0,41$ ($0,114 < 0,41$) \Rightarrow

$\lambda_{lim} = \min(20 \times A \times B \times C / \sqrt{n}; 75) = \min(20 \times 0,699 \times 1,591 \times 0,79 / \sqrt{0,114}; 75) = \min(52,05; 75) = \mathbf{52,05}$

Směr y: $\lambda_y < \lambda_{lim} \Rightarrow$ Výpočet vzpěru není potřeba

Směr z: $\lambda_z > \lambda_{lim} \Rightarrow$ Je proveden podrobný výpočet vzpěru

$$\omega = A_s \times f_{yd} / (A_c \times f_{cd}) = 0,00246 \times 434,8 / (0,07 \times 20) = 0,765$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + 0,765 = 1,765$$

$$n = -N_{Ed} / (A_c \times f_{cd}) = -(-159,4) / (0,07 \times 20) = 0,114$$

$$K_r = \min((n_u - n) / (n_u - n_{bal}); 1) = \min((1,765 - 0,114) / (1,765 - 0,4); 1) = \min(1,21; 1) = 1$$

$$\beta_z = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda_z / 150 = 0,35 + 30 / 200 - 69,72 / 150 = 0,0352$$

$$\varphi_{ef} = \varphi \times 1 = 2,154 \times 1 = 2,154$$

$$K_{\varphi z} = \max(1; 1 + \beta_z \times \varphi_{ef}) = \max(1; 1 + 0,0352 \times 2,154) = \max(1; 1,076) = 1,076$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 \times d_z) = 0,00217 / (0,45 \times 0,148) = 0,0326 \text{ m}^{-1}$$

$$1/r = K_r \times K_{\varphi z} \times 1/r_0 = 1 \times 1,076 \times 0,0326 = 0,0351 \text{ m}^{-1}$$

$$e_{2z} = 1/r \times L_{0z}^2 / c_z = 0,0351 \times 4,025^2 / 10 = 0,0569$$

$$M_{2z} = -N_{Ed} \times e_{2z} = -(-159,4) \times 0,0569 = 9,069 \text{ kNm}$$

$$M_{Edz} = M_{0Edz} - M_{2z} = (-8,773) - 9,069 = -17,84 \text{ kNm}$$

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková vyztuž):

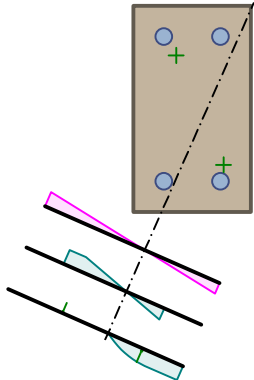
$$\rho_s = A_s / A_c = 2\,463 / 70\,000 = 0,0352$$

$$\rho_{s,min} = \max(0,1 \times |N_{Ed}| / (f_{yd} \times A_c); 0,002) = \max(0,1 \times |-159,4| / (434,8 \times 70\,000); 0,002) = \max(0,000524; 0,002) = 0,002$$

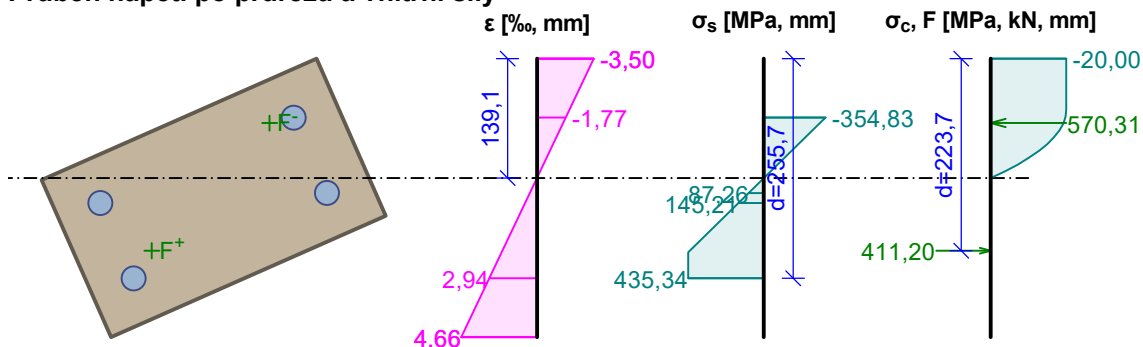
$$\rho_s = 0,0352 \geq \rho_{s,min} = 0,002 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0352 \leq \rho_{s,max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Orientace neutrální osy



Průběh napětí po průřezu a vnitřní síly



Deformace v krajních vláknech průřezu

Nejmenší deformace v betonu: -3,50 %o

Největší deformace v betonu: 4,66 %o

Nejmenší deformace ve výztuži: -1,77 %o

Největší deformace ve výztuži: 2,94 %o

Směr neutrálné osy: 246,18 °

$N_{Ed} = -159,40 \text{ kN} \leq N_{Rd} = -2385,20 \text{ kN}$



Pouze pro nekomerční využití



$$M_{Edy} = -39,15 \leq M_{Rdy} = -91,45 \text{ kNm}$$

$$M_{Edz} = 7,49 \rightarrow 17,84 \leq M_{Rdz} = 41,67 \text{ kNm}$$

Posouzení průřezu na tlak a ohyb Vyhovuje

Využití: 42,8 %

Podrobné posouzení SMYK: S5 - MSÚ

Posouzení konstrukčních zásad třmínků

$$\text{Minimální průměr třmínků} \quad d = 7 \text{ mm} \leq 8 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínků} \quad s_{cl,max} = 200,0 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Použit model náhradní příhradoviny

Sklon tlačené diagonály : $\theta = 29,74^\circ$

Únosnost betonu

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = \min(1 + \sqrt{(200 / d)}; 2) = \min(1 + \sqrt{(200 / 197,4)}; 2) = \min(2,007; 2) = 2$$

$$\rho_l = \min(A_{sl} / (b_w \times d); 0,02) = \min(1\,232 / (264,1 \times 197,4); 0,02) = \min(0,0236; 0,02) = 0,02$$

$$v_{min} = 0,035 \times k^{1,5} \times \sqrt{f_{ck}} = 0,035 \times 2^{1,5} \times \sqrt{30} = 0,542 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{cp} = \min(-N_{Ed} / A_c; 0,2 \times f_{cd}) = \min(-(-75,99) / 70\,000; 0,2 \times 20) = \min(1,086; 4) = 1,086 \text{ MPa}$$

$$V_{Rdc} = (\max(C_{Rd,c} \times k \times 3\sqrt{(100 \times \rho_l \times f_{ck})}; v_{min}) + k_1 \times \sigma_{cp}) \times b_w \times d = (\max(0,12 \times 2 \times 3\sqrt{(100 \times 0,02 \times 30)}; 0,542) + 0,15 \times 1,086) \times 264,1 \times 197,4 = 57,49 \text{ kN}$$

Únosnost smykové výztuže

$$V_{Rds} = A_{sw} / s \times z \times f_{yd} \times \cot \theta = 100,5 / 150 \times 115,7 \times 434,8 \times 1,75 = 58,98 \text{ kN}$$

Únosnost tlakové diagonály

$$v_1 = 0,6 \times (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 30 / 250) = 0,528$$

$$V_{Rdmax} = \alpha_{cw} \times b_w \times z \times v_1 \times f_{cd} / (\cot \theta + \tan \theta) = 1 \times 264,1 \times 115,7 \times 0,528 \times 20 / (1,75 + 0,571) = 139 \text{ kN}$$

Výsledná únosnost

$$V_{Rd} = \max(V_{Rdc}; \min(V_{Rdmax}; V_{Rds})) = \max(57,49; \min(139; 58,98)) = \max(57,49; 58,98) = 58,98 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 9,918 \text{ kN} \leq V_{Rd} = 58,98 \text{ kN} \Rightarrow \text{Pouze konstrukční smyková výztuž.}$$

Únosnost průřezu ve smyku Vyhovuje

Využití: 16,8 %

Podrobné posouzení KROUCENÍ: S1 - MSÚ

Průřez není namáhán kroucením.

24: **S12 - MSP/Char** - charakteristická

$$N = -110,68 \text{ kN}; M_y = -27,75 \text{ kNm}; M_z = 5,28 \rightarrow 12,47 \text{ kNm}$$

Podrobné posouzení - Omezení napětí: S12 - MSP/Char

Výpočet imperfekce

$$M_{0Edy} = -27,75 \text{ kNm}$$

$$e_i = l_0 / 400 = 3,22 / 400 = 0,00805 \text{ m}$$

$$M_{0Edz} = M_z - e_i \times |N_{Ed}| = (-5,28) - 0,00805 \times |-110,7| = -6,171 \text{ kNm}$$

Součinitel dotvarování:

$$h_0 = 2 \times A_c / u = 2 \times 70\,000 / 1\,100 = 127,3 \text{ mm}$$

$$\alpha_1 = (35 / f_{cm})^{0,7} = (35 / 38)^{0,7} = 0,944$$

$$\alpha_2 = (35 / f_{cm})^{0,2} = (35 / 38)^{0,2} = 0,984$$

$$\Phi_{RH} = [1 + (1 - RH / 100) / (0,1 \times 3\sqrt{h_0})] \times \alpha_1 \times \alpha_2 = [1 + (1 - 65 / 100) / (0,1 \times 3\sqrt{127,3})] \times 0,944 \times 0,984 = 1,63$$

$$\beta(f_{cm}) = 16,8 \cdot 10^6 / \sqrt{f_{cm}} = 16,8 \cdot 10^6 / \sqrt{38} = 2,725$$

$$t_{0CEM} = \max(t_0; 0,5) = \max(28,00; 0,500) = 28 \text{ [den]}$$

$$\beta(t_0) = 1 / (0,1 + t_{0CEM}^{0,2}) = 1 / (0,1 + 28,00^{0,2}) = 0,488$$

$$\Phi_0 = \Phi_{RH} \times \beta(f_{cm}) \times \beta(t_0) = 1,63 \times 2,725 \times 0,488 = 2,17$$

$$\alpha_3 = (35 / f_{cm})^{0,5} = (35 / 38)^{0,5} = 0,96$$

$$\beta_H = \min(1,5 \times [1 + (0,012 \times RH)^{18}] \times h_0 + 250 \times \alpha_3; 1\,500 \times \alpha_3) = \min(1,5 \times [1 + (0,012 \times 65)^{18}] \times 127,3 + 250 \times 0,96; 1\,500 \times 0,96) = \min(433; 1\,440) = 433$$

$$\beta(t/t_0) = [(t - t_0) / (\beta_H + t - t_0)]^{0,3} = [(18\,250 - 28,00) / (433 + 18\,250 - 28,00)]^{0,3} = 0,993$$

$$\varphi = \varphi_0 \times \beta(t/t_0) = 2,17 \times 0,993 = \mathbf{2,154}$$

Vzpěr

Pro výpočet vlivu vzpěru použita metoda založená na jmenovité křivosti.

Štíhlost kolmo k ose y:

$$i_y = \sqrt{I_{cy} / A_c} = \sqrt{0,000715 / 0,07} = 0,101 \text{ m}$$

$$\lambda_y = L_{0y} / i_y = 4,025 / 0,101 = 39,84$$

Štíhlost kolmo k ose z:

$$i_z = \sqrt{I_{cz} / A_c} = \sqrt{0,000233 / 0,07} = 0,0577 \text{ m}$$

$$\lambda_z = L_{0z} / i_z = 4,025 / 0,0577 = 69,72$$

$$n = |N_{Ed}| / (A_c \times f_{cd}) = |-110,7| / (0,07 \times 20) = 0,0791$$

$$\varphi_{ef} = \varphi \times 1 = 2,154 \times 1 = 2,154$$

$$A = 1 / (1 + 0,2 \times \varphi_{ef}) = 1 / (1 + 0,2 \times 2,154) = 0,699$$

$$\omega = A_s \times f_{yd} / (A_c \times f_{cd}) = 0,00246 \times 434,8 / (0,07 \times 20) = 0,765$$

$$B = \sqrt{1 + 2 \times \omega} = \sqrt{1 + 2 \times 0,765} = 1,591$$

$$C = 1,7 - r_m = 1,7 - 0,91 = 0,79$$

$$n < 0,41 \quad (0,0791 < 0,41) \Rightarrow$$

$$\lambda_{lim} = \min(20 \times A \times B \times C / \sqrt{n}; 75) = \min(20 \times 0,699 \times 1,591 \times 0,79 / \sqrt{0,0791}; 75) = \min(62,46; 75) = \mathbf{62,46}$$

Směr y: $\lambda_y < \lambda_{lim} \Rightarrow$ Výpočet vzpěru není potřeba

Směr z: $\lambda_z > \lambda_{lim} \Rightarrow$ Je proveden podrobný výpočet vzpěru

$$\omega = A_s \times f_{yd} / (A_c \times f_{cd}) = 0,00246 \times 434,8 / (0,07 \times 20) = 0,765$$

$$n_u = 1 + \omega = 1 + 0,765 = 1,765$$

$$n = -N_{Ed} / (A_c \times f_{cd}) = -(-110,7) / (0,07 \times 20) = 0,0791$$

$$K_r = \min((n_u - n) / (n_u - n_{bal}); 1) = \min((1,765 - 0,0791) / (1,765 - 0,4); 1) = \min(1,235; 1) = 1$$

$$\beta_z = 0,35 + f_{ck} / 200 - \lambda_z / 150 = 0,35 + 30 / 200 - 69,72 / 150 = 0,0352$$

$$\varphi_{ef} = \varphi \times 1 = 2,154 \times 1 = 2,154$$

$$K_{\varphi z} = \max(1; 1 + \beta_z \times \varphi_{ef}) = \max(1; 1 + 0,0352 \times 2,154) = \max(1; 1,076) = 1,076$$

$$1/r_0 = \varepsilon_{yd} / (0,45 \times d_z) = 0,00217 / (0,45 \times 0,148) = 0,0326 \text{ m}^{-1}$$

$$1/r = K_r \times K_{\varphi z} \times 1/r_0 = 1 \times 1,076 \times 0,0326 = 0,0351 \text{ m}^{-1}$$

$$e_{2z} = 1/r \times L_{0z}^2 / c_z = 0,0351 \times 4,025^2 / 10 = 0,0569$$

$$M_{2z} = -N_{Ed} \times e_{2z} = -(-110,7) \times 0,0569 = 6,297 \text{ kNm}$$

$$M_{Edz} = M_{0Edz} - M_{2z} = (-6,171) - 6,297 = \mathbf{-12,47 \text{ kNm}}$$

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 84\,927 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$$y_t = 100 \text{ mm}; z_t = 175 \text{ mm}$$

Moment setrvačnosti:

$$I_y = 940 \cdot 10^6 \text{ mm}^4; I_z = 268 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$$

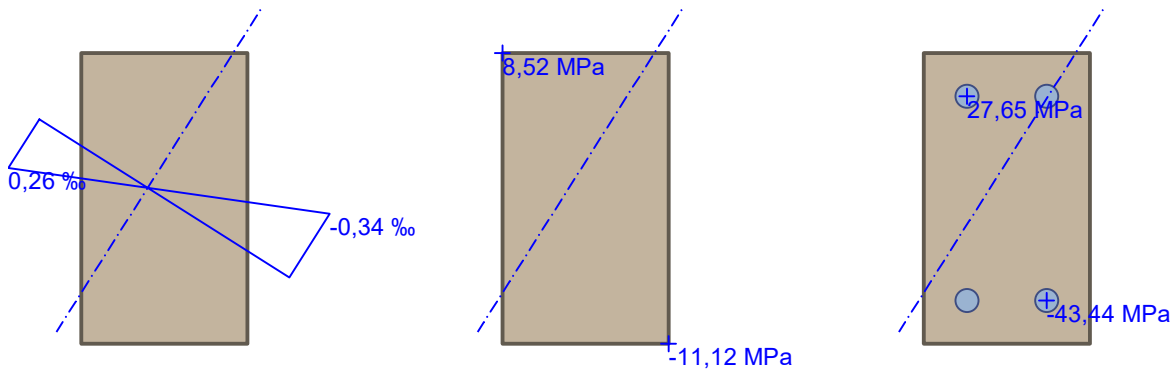
Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$$

Deformace v průřezu

Napětí v betonu

Napětí ve výztuži



Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha: $A = 41\,088\text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 127,7\text{ mm}$; $z_t = 129,2\text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

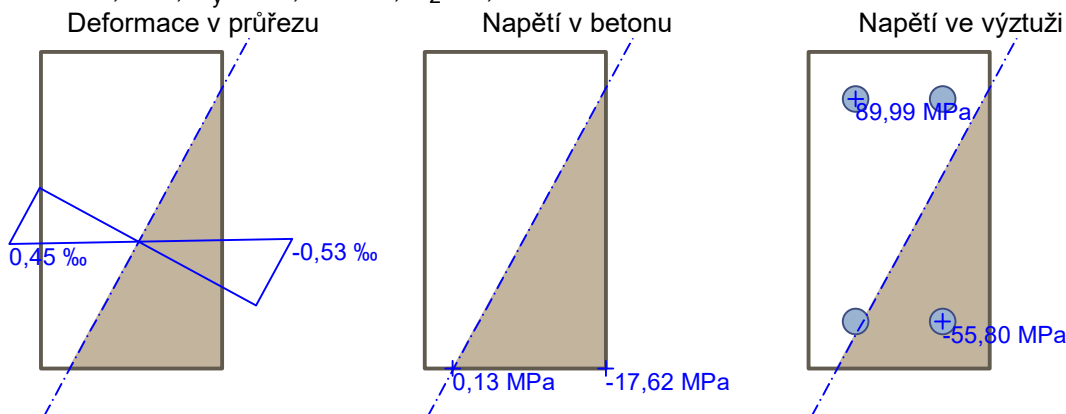
$I_y = 414 \cdot 10^6\text{ mm}^4$; $I_z = 94,1 \cdot 10^6\text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 113 \cdot 10^6\text{ mm}^4$; $S_{z,s} = -68,3 \cdot 10^6\text{ mm}^4$

Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$N = -110,7\text{ kN}$; $M_y = -22,68\text{ kNm}$; $M_z = 9,397\text{ kNm}$



Maximální tlakové napětí v betonu $\sigma_c = 17,62\text{ MPa}$

Omezení tlakového napětí v betonu $k_1 \times f_{ck} = 18,00\text{ MPa}$

Maximální tahové napětí v betonu $\sigma_{c,max} = 8,52\text{ MPa}$

Maximální tlakové napětí ve výztuži $\sigma_{s,min} = 55,80\text{ MPa}$

Maximální tahové napětí ve výztuži $\sigma_{s,max} = 89,99\text{ MPa}$

Omezení tahového napětí ve výztuži $k_3 \times f_{yk} = 400,00\text{ MPa}$

Výška tlačené části průřezu $h = 147,7\text{ mm}$

Využití průřezu: 97,9 %

Posouzení průřezu na mezní stav omezení napětí Vyhovuje

30: **S6 - MSP/Kvazi** - kvazistálá

$N = -21,39\text{ kN}$; $M_y = 0,46 \rightarrow 0,63\text{ kNm}$; $M_z = 5,62\text{ kNm}$

Podrobné posouzení - Omezení šířky trhlin: S6 - MSP/Kvazi

Výpočet imperfekce

$e_i = l_0 / 400 = 3,22 / 400 = 0,00805\text{ m}$

$M_{0Edy} = M_y + e_i \times |N_{Ed}| = 0,46 + 0,00805 \times |-21,39| = 0,632\text{ kNm}$

$M_{0Edz} = -5,62\text{ kNm}$

Součinitel dotvarování:

$h_0 = 2 \times A_c / u = 2 \times 70\,000 / 1\,100 = 127,3\text{ mm}$

$\alpha_1 = (35 / f_{cm})^{0,7} = (35 / 38)^{0,7} = 0,944$

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= (35 / f_{cm})^{0,2} = (35 / 38)^{0,2} = 0,984 \\ \varphi_{RH} &= [1 + (1 - RH / 100) / (0,1 \times \sqrt[3]{h_0}) \times \alpha_1] \times \alpha_2 = [1 + (1 - 65 / 100) / (0,1 \times \sqrt[3]{127,3}) \times 0,944] \times 0,984 = 1,63 \\ \beta(f_{cm}) &= 16,8 \cdot 10^6 / \sqrt{f_{cm}} = 16,8 \cdot 10^6 / \sqrt{38} = 2,725 \\ t_{0CEM} &= \max(t_0; 0,5) = \max(28,00; 0,500) = 28 \text{ [den]} \\ \beta(t_0) &= 1 / (0,1 + t_{0CEM}^{0,2}) = 1 / (0,1 + 28,00^{0,2}) = 0,488 \\ \varphi_0 &= \varphi_{RH} \times \beta(f_{cm}) \times \beta(t_0) = 1,63 \times 2,725 \times 0,488 = 2,17 \\ \alpha_3 &= (35 / f_{cm})^{0,5} = (35 / 38)^{0,5} = 0,96 \\ \beta_H &= \min(1,5 \times [1 + (0,012 \times RH)^{18}] \times h_0 + 250 \times \alpha_3; 1\,500 \times \alpha_3) = \min(1,5 \times [1 + (0,012 \times 65)^{18}] \times 127,3 + \\ &\quad 250 \times 0,96; 1\,500 \times 0,96) = \min(433; 1\,440) = 433 \\ \beta(t/t_0) &= [(t - t_0) / (\beta_H + t - t_0)]^{0,3} = [(18\,250 - 28,00) / (433 + 18\,250 - 28,00)]^{0,3} = 0,993 \\ \varphi &= \varphi_0 \times \beta(t/t_0) = 2,17 \times 0,993 = \mathbf{2,154} \end{aligned}$$

Vzpěr

Pro výpočet vlivu vzpěru použita metoda založená na jmenovité křivosti.

Štíhlost kolmo k ose y:

$$\begin{aligned} i_y &= \sqrt{I_{cy} / A_c} = \sqrt{0,000715 / 0,07} = 0,101 \text{ m} \\ \lambda_y &= L_{0y} / i_y = 4,025 / 0,101 = 39,84 \end{aligned}$$

Štíhlost kolmo k ose z:

$$\begin{aligned} i_z &= \sqrt{I_{cz} / A_c} = \sqrt{0,000233 / 0,07} = 0,0577 \text{ m} \\ \lambda_z &= L_{0z} / i_z = 4,025 / 0,0577 = 69,72 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n &= |N_{Ed}| / (A_c \times f_{cd}) = |-21,39| / (0,07 \times 20) = 0,0153 \\ \varphi_{ef} &= \varphi \times 1 = 2,154 \times 1 = 2,154 \\ A &= 1 / (1 + 0,2 \times \varphi_{ef}) = 1 / (1 + 0,2 \times 2,154) = 0,699 \\ \omega &= A_s \times f_{yd} / (A_c \times f_{cd}) = 0,00246 \times 434,8 / (0,07 \times 20) = 0,765 \\ B &= \sqrt{1 + 2 \times \omega} = \sqrt{1 + 2 \times 0,765} = 1,591 \\ C &= 1,7 - r_m = 1,7 - 0,91 = 0,79 \end{aligned}$$

$$n < 0,41 \quad (0,0153 < 0,41) \Rightarrow$$

$$\lambda_{lim} = \min(20 \times A \times B \times C / \sqrt{n}; 75) = \min(20 \times 0,699 \times 1,591 \times 0,79 / \sqrt{0,0153}; 75) = \min(142,1; 75) = \mathbf{75}$$

Směr y: $\lambda_y < \lambda_{lim} \Rightarrow$ Výpočet vzpěru není potřeba

Směr z: $\lambda_z < \lambda_{lim} \Rightarrow$ Výpočet vzpěru není potřeba

Ideální průřez

Poměr tuhosti výztuže a betonu: $\alpha_e = 6,061$

Průřezová plocha: $A = 84\,927 \text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 100 \text{ mm}; z_t = 175 \text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 940 \cdot 10^6 \text{ mm}^4; I_z = 268 \cdot 10^6 \text{ mm}^4$

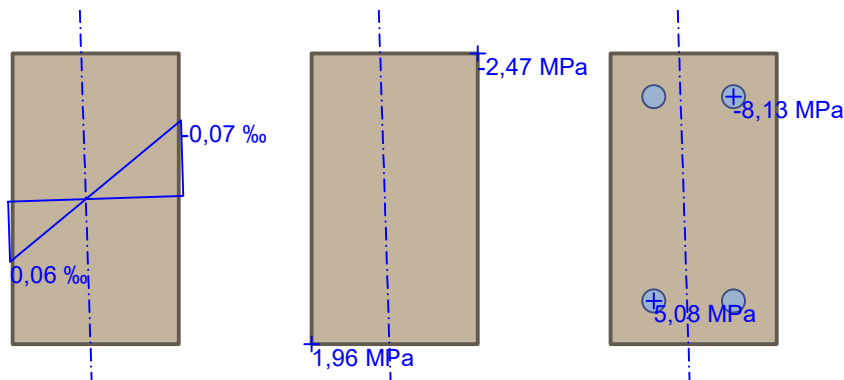
Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = 0 \text{ mm}^4; S_{z,s} = 0 \text{ mm}^4$

Deformace v průřezu

Napětí v betonu

Napětí ve výztuži



Průřez s vyloučením tahu v betonu

Průřezová plocha: $A = 39\,188\text{ mm}^2$

Poloha těžiště (od levého spodního rohu obálky průřezu):

$y_t = 140,4\text{ mm}$; $z_t = 177,2\text{ mm}$

Moment setrvačnosti:

$I_y = 473 \cdot 10^6\text{ mm}^4$; $I_z = 83,6 \cdot 10^6\text{ mm}^4$

Statický moment výztuže vůči těžišti průřezu:

$S_{y,s} = -5,31 \cdot 10^6\text{ mm}^4$; $S_{z,s} = -99,6 \cdot 10^6\text{ mm}^4$

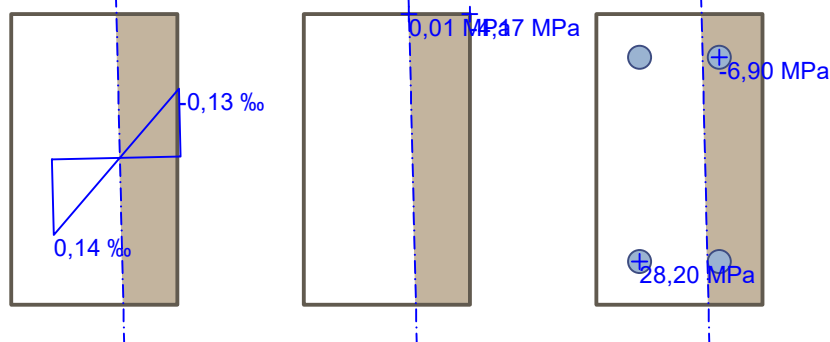
Vnitřní síly po přepočtu vůči těžišti průřezu:

$N = -21,39\text{ kN}$; $M_y = 0,586\text{ kNm}$; $M_z = 4,755\text{ kNm}$

Deformace v průřezu

Napětí v betonu

Napětí ve výztuži



$$\rho_{p,\text{eff}} = A_s / A_{c,\text{eff}} = 0,000616 / 0,0191 = 0,0323$$

$$\alpha_e = E_s / E_{cm} = 200 \cdot 10^3 / 33\,000 = 6,061$$

$$\varepsilon_s - \varepsilon_{cm} = \max(0,6 \times \sigma_s / E_s; [\sigma_s - k_t \times f_{ctm} / \rho_{p,\text{eff}} \times (1 + \alpha_e \times \rho_{p,\text{eff}})] / E_s) = \max(0,6 \times 28,2 / 200 \cdot 10^3; [28,2 - 0,4 \times 2,9 / 0,0323 \times (1 + 6,061 \times 0,0323)] / 200 \cdot 10^3) = \max(84,6 \cdot 10^{-6}; -73,6 \cdot 10^{-6}) = 84,6 \cdot 10^{-6}$$

$$k_3 = \min(3,4 \times (25 / c)^{0,667}; 3,4) = \min(3,4 \times (25 / 38)^{0,667}; 3,4) = \min(2,572; 3,4) = 2,572$$

$$s_{r,\text{max}} = k_3 \times c + k_1 \times k_2 \times k_4 \times d / \rho_{p,\text{eff}} = 2,572 \times 38 + 0,8 \times 0,5 \times 0,425 \times 28 / 0,0323 = 245\text{ mm}$$

$$w = \varepsilon_s - \varepsilon_{cm} \times s_{r,\text{max}} = 84,6 \cdot 10^{-6} \times 245 = 0,0207\text{ mm}$$

Maximální povolená šířka trhliny: 0,300mm (Prostředí - XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XD3, XS1, XS2 nebo XS3)

Výška tlačené části průřezu: $h = 73,2\text{ mm}$

Využití průřezu: 6,9 %

Posouzení průřezu na mezní stav omezení šířky trhlin Vyhovuje

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková výztuž):

$$\rho_s = 0,0352 \geq \rho_{s,\text{min}} = 0,002 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0352 \leq \rho_{s,\text{max}} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení konstrukčních zásad třmínků

$$\text{Minimální průměr třmínků} \quad d = 7\text{ mm} \leq 8\text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínků} \quad s_{cl,\text{max}} = 200,0\text{ mm} \geq 150,0\text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} N_{Rd} [kN]	M_{Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{Edz} M_{Rdz} [kNm]	V_{Edz} V_{Rdz} [kN]	V_{Edy} V_{Rdy} [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	S1 - MSÚ	-37,24	-16,52	7,08 → 7,38	10,90	-6,78	18,7	Vyhovuje
		-2385,20	-88,33	39,46	101,88	-63,37		
2	S2 - MSÚ	-80,49	-3,51 → -3,81	6,86 → 7,44	2,30	-6,07	12,2	Vyhovuje
		-2385,20	-31,22	61,01	21,06	-55,58		
3	S3 - MSÚ	-82,80	10,57	7,13 → 7,80	-6,88	-6,44	15,9	Vyhovuje
		-2385,20	66,39	48,97	-80,77	-75,60		
4	S4 - MSÚ	-94,99	14,10	10,22 → 16,39	-9,61	-7,13	29,4	Vyhovuje
		-2385,20	47,98	55,77	-92,82	-68,87		
5	S5 - MSÚ	-75,99	4,96 → 5,18	12,74 → 13,31	-3,25	-9,37	21,2	Vyhovuje
		-2385,20	24,46	62,82	-19,33	-55,72		
6	S6 - MSÚ	-61,81	2,03	13,72 → 14,22	-1,54	-10,35	22,4	Vyhovuje
		-2385,20	9,06	63,45	-9,61	-64,59		
7	S7 - MSÚ	-129,76	-9,44	13,00 → 21,43	6,47	-8,65	33,9	Vyhovuje
		-2385,20	-27,83	63,17	40,61	-54,30		
8	S8 - MSÚ	-109,75	13,68	-6,92 → -14,05	-8,58	3,96	25,8	Vyhovuje
		-2385,20	53,00	-54,42	-111,87	51,63		
9	S9 - MSÚ	-74,30	-2,66 → -2,88	-6,62 → -7,17	1,75	3,77	11,5	Vyhovuje
		-2385,20	-25,17	-62,63	25,77	55,51		
10	S10 - MSÚ	-44,47	-15,82	-6,84 → -7,20	10,35	3,78	18,0	Vyhovuje
		-2385,20	-87,71	-39,90	118,73	43,36		
11	S11 - MSÚ	-140,58	-33,22	-8,19 → -17,32	20,37	4,34	39,4	Vyhovuje
		-2385,20	-84,24	-43,91	171,45	36,53		
12	S12 - MSÚ	-159,40	-39,15	7,49 → 17,84	23,26	-5,35	42,8	Vyhovuje
		-2385,20	-91,45	41,67	176,12	-40,51		

Mezní stav únosnosti **VYHOVUJE - 42,8 %**

Posouzení mezního stavu použitelnosti

Mezní stav omezení napětí

č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	Využití [%]	Posouzení
1	S1 - MSP/Char	-27,12	-11,46	4,98 → 5,20	7,54	45,33	21,92	41,9	Vyhovuje
2	S2 - MSP/Char	-56,57	-2,38 → -2,58	4,84 → 5,25	4,30	15,20	13,01	23,9	Vyhovuje
3	S3 - MSP/Char	-58,24	7,53 → 7,86	5,03 → 5,36	6,08	24,98	19,73	33,8	Vyhovuje
4	S4 - MSP/Char	-66,28	10,05 → 10,43	7,22 → 7,60	8,59	40,17	26,09	47,7	Vyhovuje
5	S5 - MSP/Char	-53,17	3,58 → 3,74	9,03 → 9,43	7,85	44,51	17,63	43,6	Vyhovuje
6	S6 - MSP/Char	-43,34	1,34 → 1,59	9,71 → 9,96	7,53	48,45	13,63	41,8	Vyhovuje
7	S7 - MSP/Char	-90,57	-6,38 → -6,80	9,20 → 14,95	12,70	69,48	29,87	70,5	Vyhovuje
8	S8 - MSP/Char	-76,92	9,74 → 10,18	-4,87 → -5,31	6,57	23,25	23,23	36,5	Vyhovuje
9	S9 - MSP/Char	-51,94	-1,77 → -1,92	-4,67 → -5,06	3,99	14,69	11,62	22,2	Vyhovuje
10	S10 - MSP/Char	-32,11	-11,00	-4,80 → -5,06	7,22	41,23	21,55	40,1	Vyhovuje
11	S11 - MSP/Char	-97,93	-23,65 → -24,21	-5,75 → -11,88	16,15	83,20	50,10	89,7	Vyhovuje

Pouze pro nekomerční využití

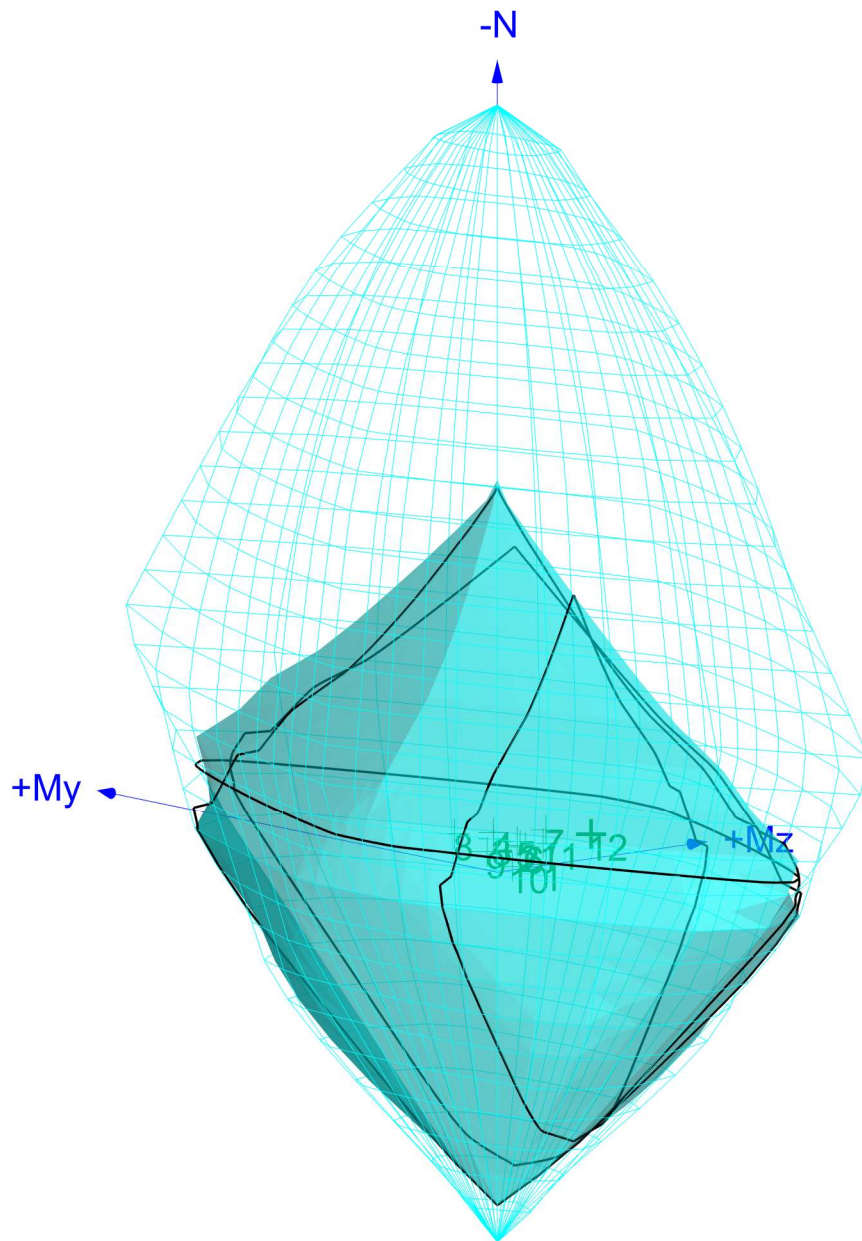
č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	Využití [%]	Posouzení
12	S12 - MSP/Char	-110,68	-27,75	5,28 → 12,47	17,62	89,99	55,80	97,9	Vyhovuje
Limitní hodnoty $k_1 \times f_{ck} / k_3 \times f_{yk}$					18,00	400,00			

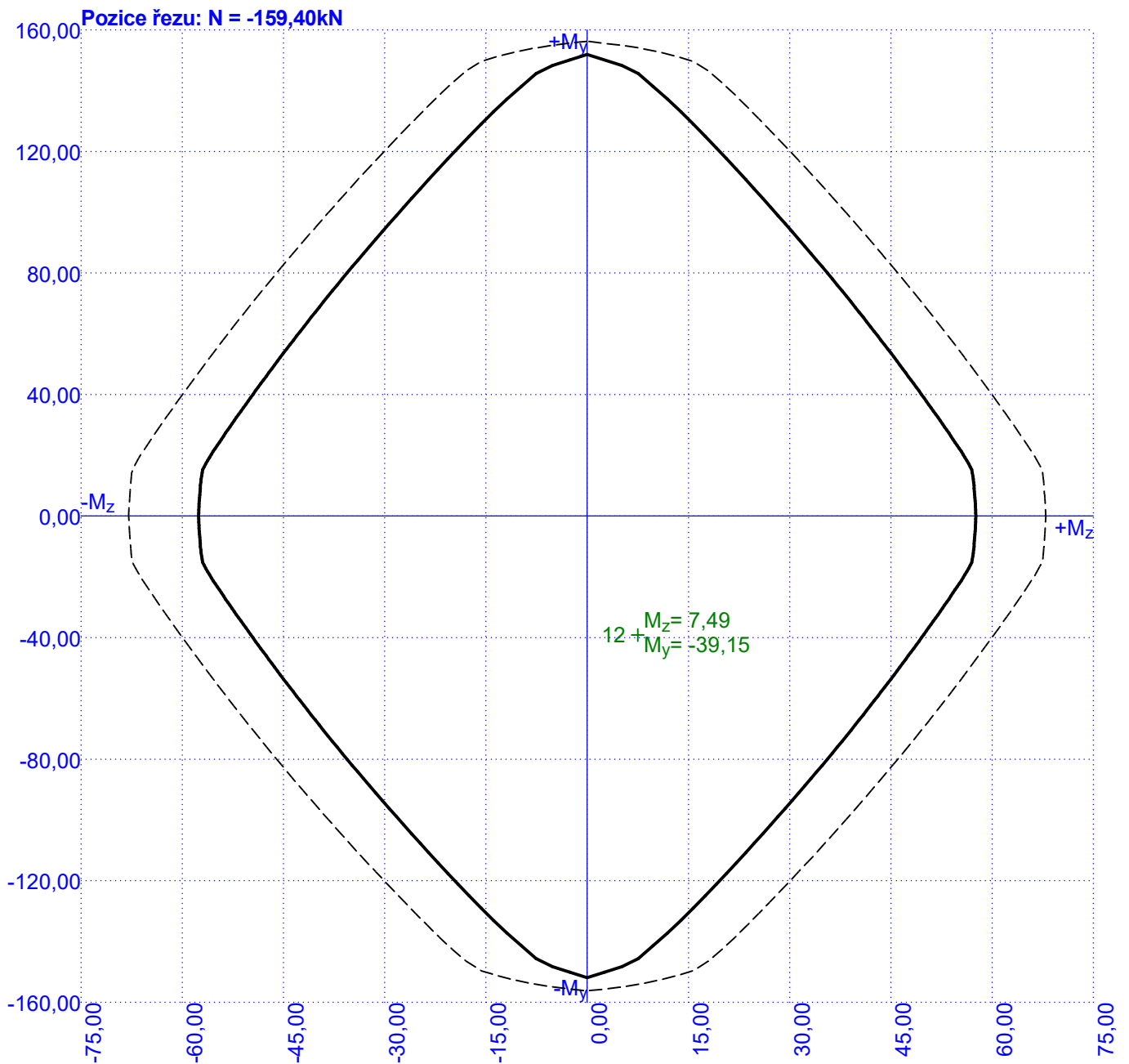
Mezní stav omezení šířky trhlin

č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	$\Delta\varepsilon$ [-]	$s_{r,max}$ [m]	w [mm]	Využití [%]	Posouzení
1	S1 - MSP/Kvazi	-22,88	-6,74	2,65 → 2,83	$67,6 \cdot 10^{-6}$	0,152	0,010	3,4	Vyhovuje
2	S2 - MSP/Kvazi	-29,16	-0,66	2,71 → 2,94	$24,7 \cdot 10^{-6}$	0,235	0,006	1,9	Vyhovuje
3	S3 - MSP/Kvazi	-30,42	5,06	2,72 → 2,96	$48,1 \cdot 10^{-6}$	0,159	0,008	2,5	Vyhovuje
4	S4 - MSP/Kvazi	-29,48	6,64	4,11 → 4,35	$83,7 \cdot 10^{-6}$	0,164	0,014	4,6	Vyhovuje
5	S5 - MSP/Kvazi	-25,07	2,19	5,37 → 5,57	$86,8 \cdot 10^{-6}$	0,226	0,020	6,5	Vyhovuje
6	S6 - MSP/Kvazi	-21,39	0,46 → 0,63	5,62	$84,6 \cdot 10^{-6}$	0,245	0,021	6,9	Vyhovuje
7	S7 - MSP/Kvazi	-40,86	-3,78	5,32 → 5,65	$76,9 \cdot 10^{-6}$	0,204	0,016	5,2	Vyhovuje
8	S8 - MSP/Kvazi	-37,67	6,22	-2,70 → -3,00	$48,8 \cdot 10^{-6}$	0,154	0,008	2,5	Vyhovuje
9	S9 - MSP/Kvazi	-24,24	-0,03	-2,65 → -2,85	$25,5 \cdot 10^{-6}$	0,175	0,004	1,5	Vyhovuje
10	S10 - MSP/Kvazi	-24,59	-6,46	-2,53 → -2,73	$61,6 \cdot 10^{-6}$	0,152	0,009	3,1	Vyhovuje
11	S11 - MSP/Kvazi	-42,05	-15,08 → -15,32	-2,89 → -3,13	$123 \cdot 10^{-6}$	0,149	0,018	6,1	Vyhovuje
12	S12 - MSP/Kvazi	-44,33	-16,53 → -16,78	3,08 → 3,33	$136 \cdot 10^{-6}$	0,149	0,020	6,8	Vyhovuje
Maximální povolená šířka w_{max}							0,300		

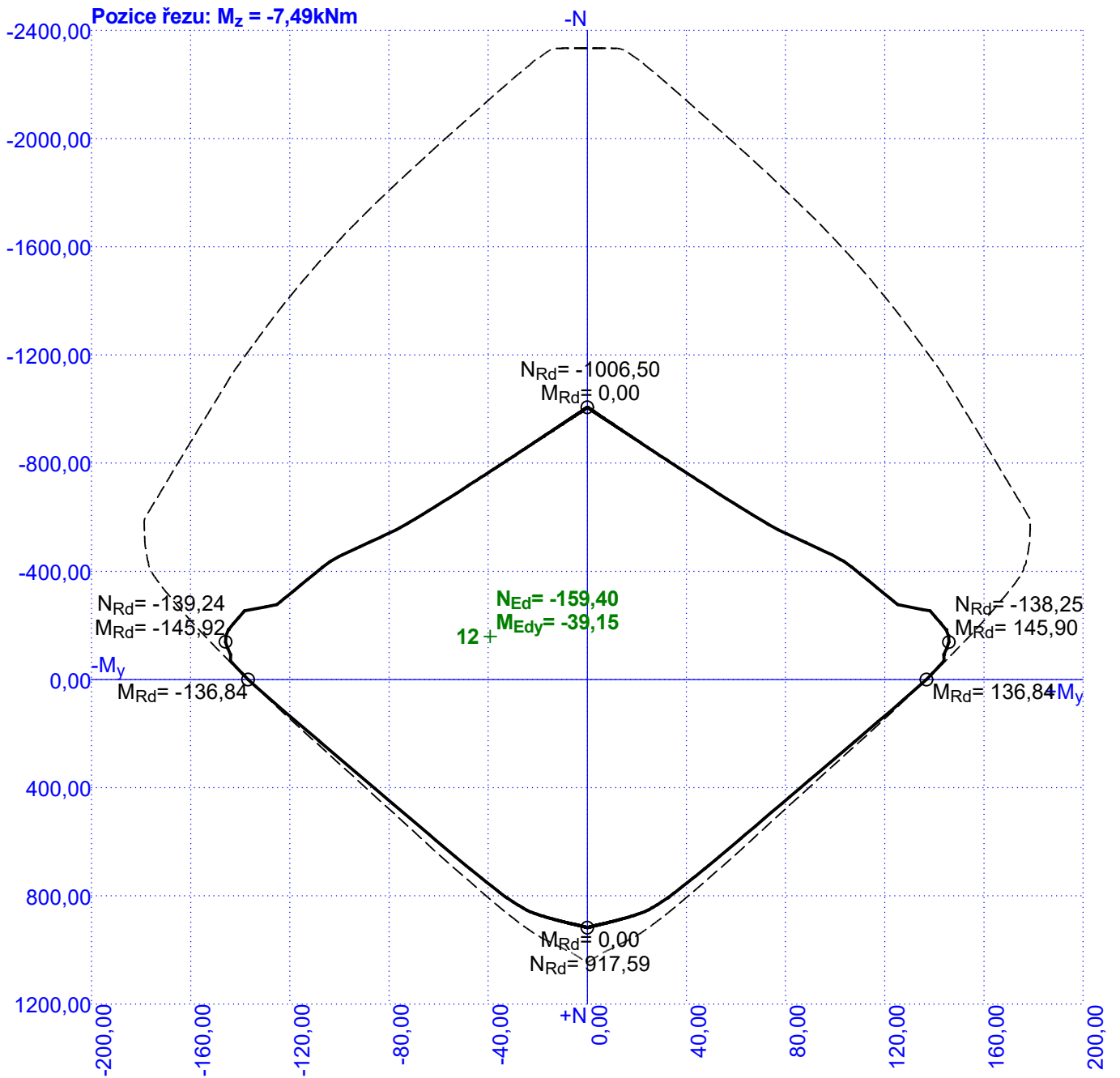
Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 97,9 %**Celkové posouzení - Průřez VYHOVUJE**

Využití: 97,9 %

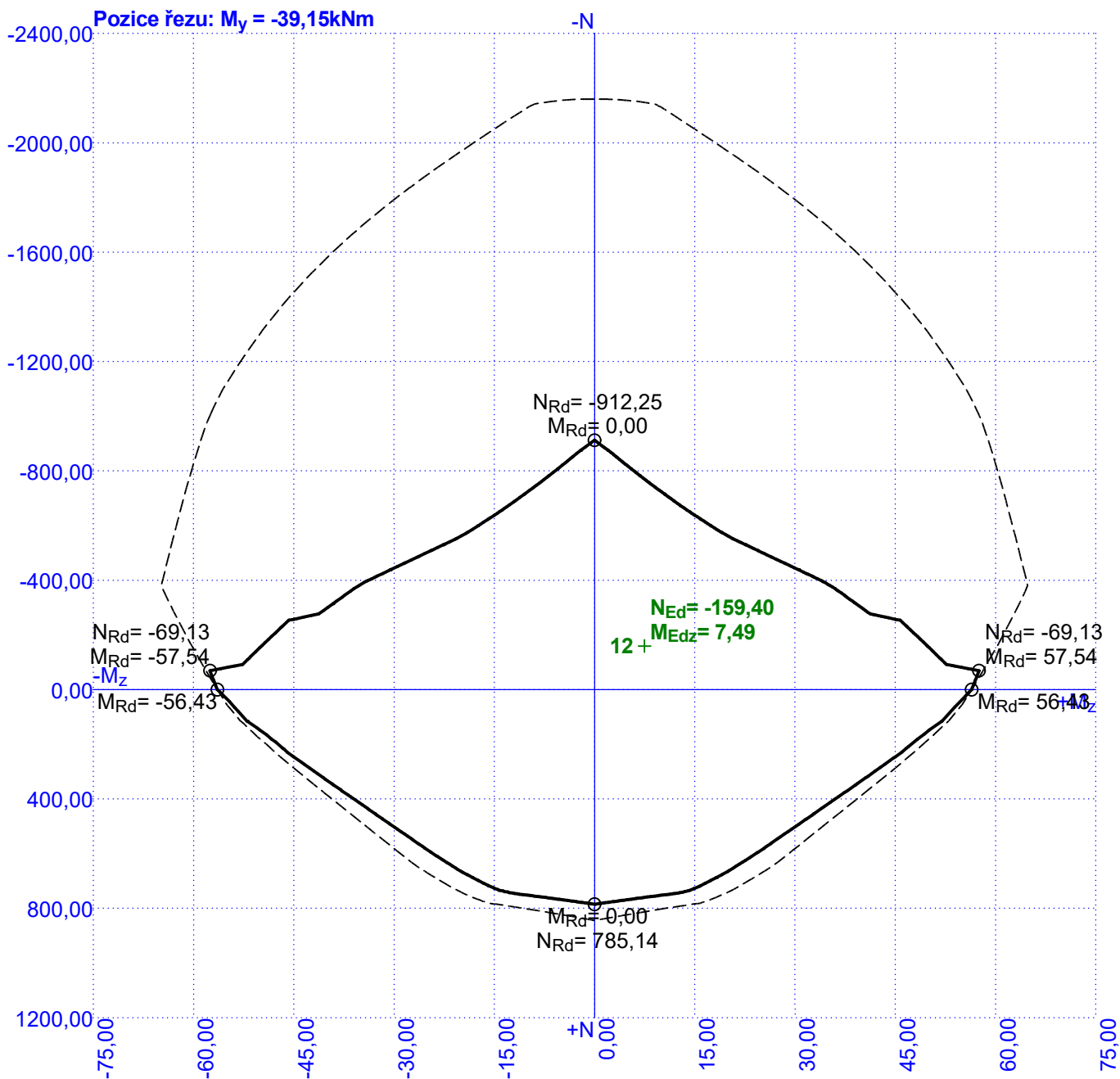


Interakční diagram M_y - M_z 

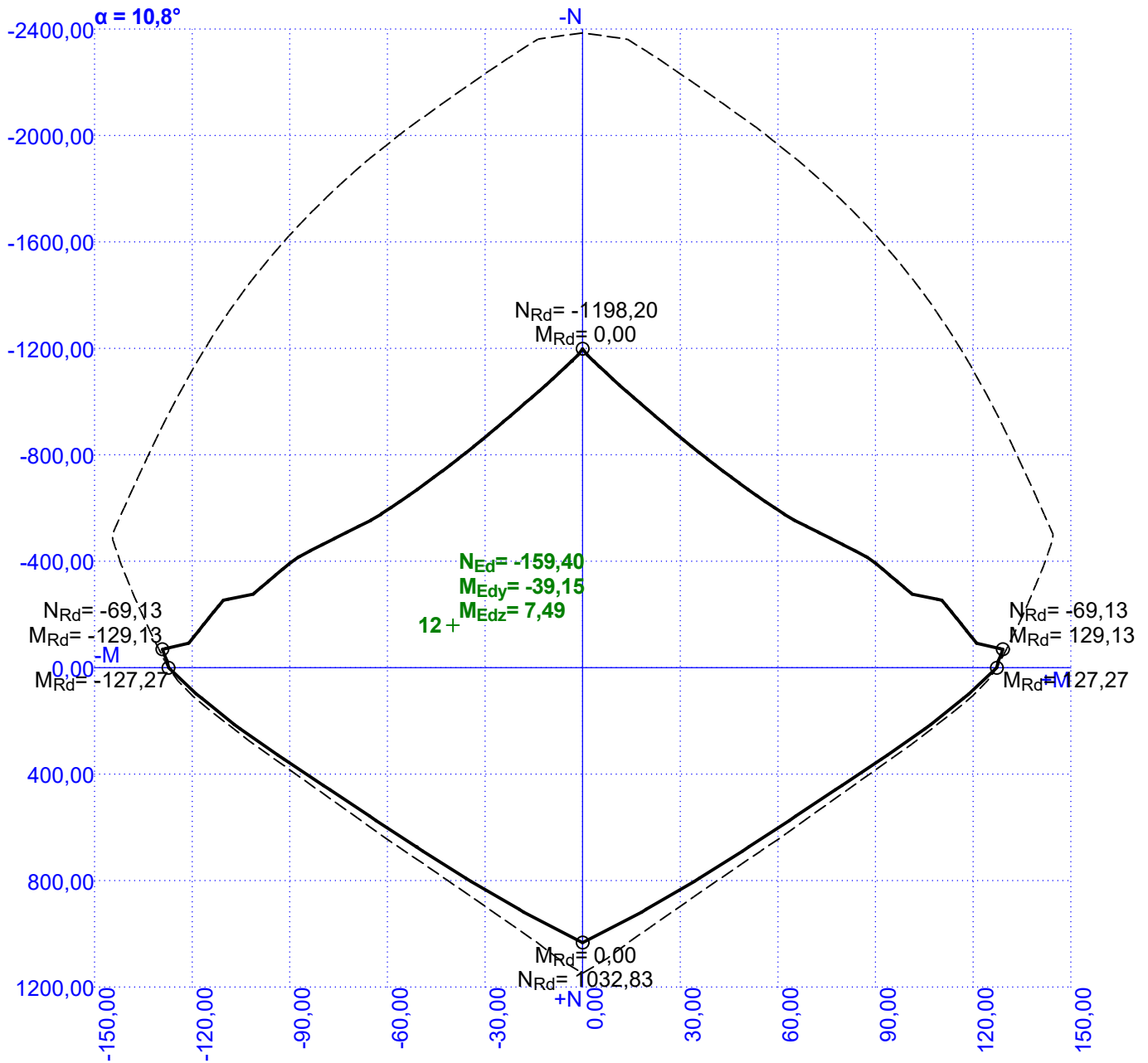
Interakční diagram N-M_y



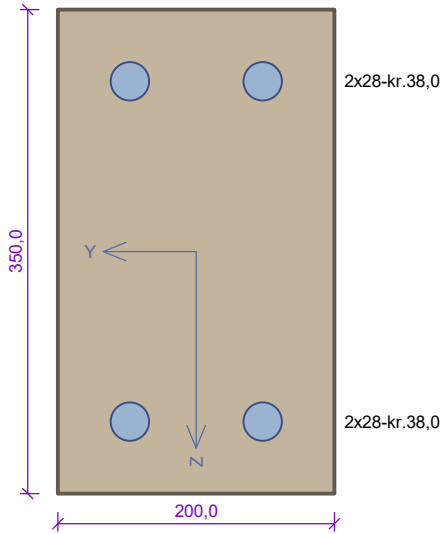
Interakční diagram N-M_z



Interakční diagram N-M



200x350 - pata



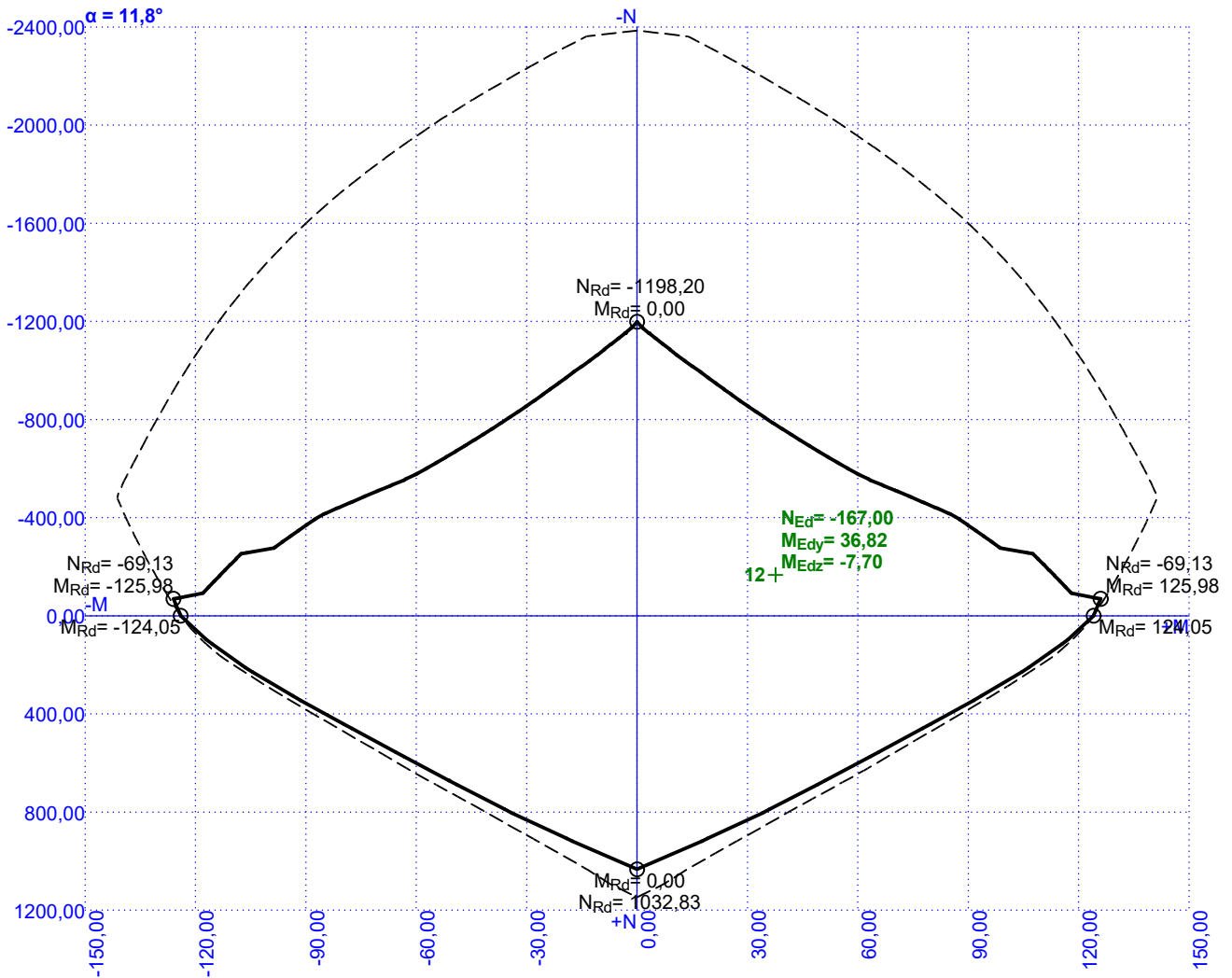
Typ prvku: sloup
Prostředí: XC2, XF1

Beton: C 30/37
 $f_{ck} = 30,0 \text{ MPa}$; $f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$; $E_{cm} = 33000 \text{ MPa}$
Ocel podélná: B500B ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E_s = 200000 \text{ MPa}$)
Ocel příčná: B500B ($f_{yk} = 500,0 \text{ MPa}$; $E_s = 200000 \text{ MPa}$)

Vzpěr
 Vzpěrná délka kolmo na osu Y: $l_{ef,y} = 3,22 \times 1,25 = 4,03 \text{ m}$
 Vzpěrná délka kolmo na osu Z: $l_{ef,z} = 3,22 \times 1,25 = 4,03 \text{ m}$

S tlačenu výztuží je počítáno.

Obvodové třmínky
 Profil: 8 mm; Vzdálenost: 150,0 mm



97,1 % VYHOVUJE

Pouze pro nekomerční využití

200x350 - pata

Posouzení min. a max. stupně vyztužení

Sloup (celková výztuž):

$$\rho_s = 0,0352 \geq \rho_{s,\min} = 0,002 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\rho_s = 0,0352 \leq \rho_{s,\max} = 0,04 \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení konstrukčních zásad třmínků

$$\text{Minimální průměr třmínků } d = 7 \text{ mm} \leq 8 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

$$\text{Maximální vzdálenost třmínků } s_{cl,\max} = 200,0 \text{ mm} \geq 150,0 \text{ mm} \Rightarrow \text{Vyhovuje}$$

Posouzení mezního stavu únosnosti

č.	Název	N_{Ed} N_{Rd} [kN]	M_{Edy} M_{Rdy} [kNm]	M_{Edz} M_{Rdz} [kNm]	V_{Edz} V_{Rdz} [kN]	V_{Edy} V_{Rdy} [kN]	Využití [%]	Posouzení
1	S1 - MSÚ	-49,07	18,57	-8,61 → -9,01	10,90	-8,51	21,9	Vyhovuje
		-2385,20	84,84	-41,14	90,89	-70,96		
2	S2 - MSÚ	-92,30	3,88	-7,90 → -13,89	2,30	-7,50	21,6	Vyhovuje
		-2385,20	17,97	-64,35	18,14	-59,14		
3	S3 - MSÚ	-94,24	-11,59	-7,80 → -13,92	-6,88	-7,58	24,8	Vyhovuje
		-2385,20	-46,76	-56,16	-71,49	-78,76		
4	S4 - MSÚ	-106,79	-16,65	-9,69 → -16,63	-10,38	-5,77	30,8	Vyhovuje
		-2385,20	-54,06	-53,98	-105,45	-58,62		
5	S5 - MSÚ	-87,67	-5,36 → -5,64	-12,55 → -13,20	-3,16	-9,84	21,1	Vyhovuje
		-2385,20	-26,72	-62,56	-18,47	-57,51		
6	S6 - MSÚ	-73,64	-2,26	-13,54 → -14,13	-1,13	-10,65	22,1	Vyhovuje
		-2385,20	-10,23	-63,94	-6,75	-63,62		
7	S7 - MSÚ	-141,59	12,18	-12,01 → -21,21	7,25	-8,03	34,7	Vyhovuje
		-2385,20	35,12	-61,14	84,02	-93,05		
8	S8 - MSÚ	-120,83	-14,14	6,36 → 14,21	-8,63	5,33	26,2	Vyhovuje
		-2385,20	-54,07	54,33	-100,93	62,34		
9	S9 - MSÚ	-85,39	-3,20 → -3,50	6,51 → 7,13	-2,20	5,36	11,6	Vyhovuje
		-2385,20	-30,20	61,44	-22,76	55,45		
10	S10 - MSÚ	-55,44	17,50	6,83 → 7,28	10,35	5,51	18,9	Vyhovuje
		-2385,20	92,38	38,40	107,87	57,43		
11	S11 - MSÚ	-151,61	32,74	7,79 → 17,64	20,37	6,41	39,5	Vyhovuje
		-2385,20	82,98	44,69	171,44	53,95		
12	S12 - MSÚ	-167,00	36,82	-7,70 → -18,55	23,26	-6,49	42,4	Vyhovuje
		-2385,20	86,74	-43,69	173,36	-48,37		

Mezní stav únosnosti VYHOVUJE - 42,4 %

Posouzení mezního stavu použitelnosti

Mezní stav omezení napětí

č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,\max}$ [MPa]	$\sigma_{s,\min}$ [MPa]	Využití [%]	Posouzení
1	S1 - MSP/Char	-35,58	13,02	-6,04 → -6,33	8,85	51,69	25,74	49,2	Vyhovuje
2	S2 - MSP/Char	-65,03	2,61 → 2,83	-5,57 → -6,04	4,91	17,32	14,80	27,3	Vyhovuje
3	S3 - MSP/Char	-66,45	-8,26 → -8,64	-5,51 → -5,89	6,64	26,52	21,80	36,9	Vyhovuje
4	S4 - MSP/Char	-74,72	-11,90 → -12,33	-6,87 → -7,30	8,87	39,25	28,55	49,3	Vyhovuje
5	S5 - MSP/Char	-61,63	-3,85 → -4,05	-8,97 → -9,43	7,89	41,55	18,97	43,8	Vyhovuje
6	S6 - MSP/Char	-51,81	-1,54 → -1,61	-9,66 → -10,07	7,57	45,72	14,77	42,1	Vyhovuje
7	S7 - MSP/Char	-99,04	8,52 → 9,08	-8,55 → -14,75	13,25	68,64	33,75	73,6	Vyhovuje
8	S8 - MSP/Char	-84,88	-10,26 → -10,74	4,48 → 4,96	6,41	20,52	23,60	35,6	Vyhovuje
9	S9 - MSP/Char	-59,91	-2,17 → -2,38	4,58 → 5,02	4,03	12,40	12,76	22,4	Vyhovuje
10	S10 - MSP/Char	-40,00	12,27	4,79 → 5,11	7,58	41,45	23,59	42,1	Vyhovuje
11	S11 - MSP/Char	-105,85	23,36 → 23,96	5,45 → 12,07	16,12	80,40	50,53	89,5	Vyhovuje

97,1 % VYHOVUJE

Pouze pro nekomerční využití

200x350 - pata

č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	σ_c [MPa]	$\sigma_{s,max}$ [MPa]	$\sigma_{s,min}$ [MPa]	Využití [%]	Posouzení
12	S12 - MSP/Char	-116,31	26,20 → 26,86	-5,48 → -12,76	17,48	86,96	55,48	97,1	Vyhovuje
Limitní hodnoty $k_1 \times f_{ck} / k_3 \times f_{yk}$					18,00	400,00			

Mezní stav omezení šířky trhlin

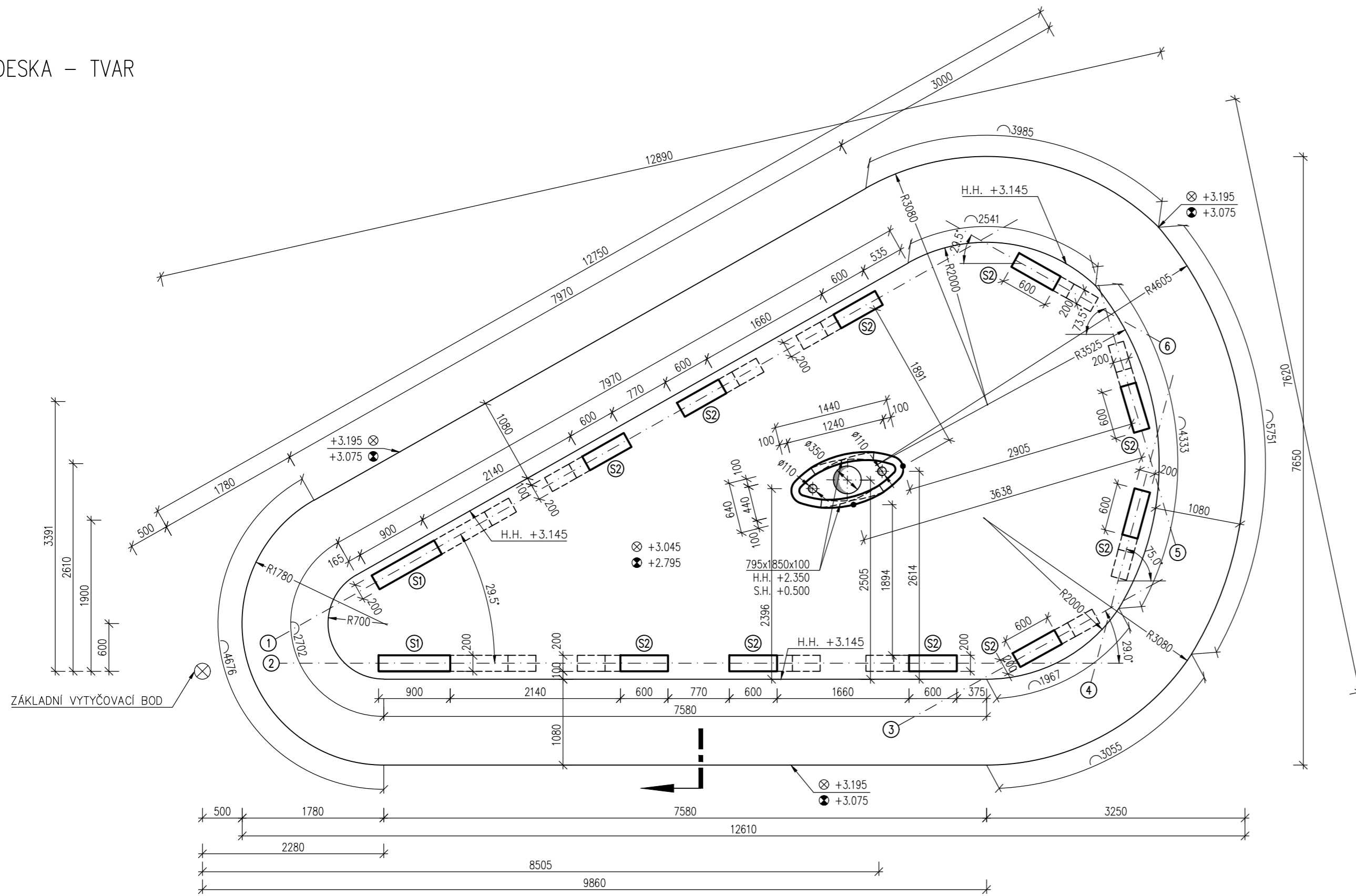
č.	Název	N_{Ed} [kN]	M_{Edy} [kNm]	M_{Edz} [kNm]	$\Delta\varepsilon$ [-]	$s_{r,max}$ [m]	w [mm]	Využití [%]	Posouzení
1	S1 - MSP/Kvazi	-30,96	7,84 → 8,02	-3,02 → -3,20	$73,2 \cdot 10^{-6}$	0,151	0,011	3,7	Vyhovuje
2	S2 - MSP/Kvazi	-37,24	0,66	-3,05 → -3,35	$23,5 \cdot 10^{-6}$	0,236	0,006	1,9	Vyhovuje
3	S3 - MSP/Kvazi	-38,28	-5,54	-3,05 → -3,36	$48,9 \cdot 10^{-6}$	0,159	0,008	2,6	Vyhovuje
4	S4 - MSP/Kvazi	-37,55	-7,67	-4,48 → -4,78	$88,1 \cdot 10^{-6}$	0,162	0,014	4,7	Vyhovuje
5	S5 - MSP/Kvazi	-33,07	-2,35	-5,83 → -6,10	$87,6 \cdot 10^{-6}$	0,226	0,020	6,6	Vyhovuje
6	S6 - MSP/Kvazi	-29,47	-0,68	-6,08 → -6,32	$88,2 \cdot 10^{-6}$	0,245	0,022	7,2	Vyhovuje
7	S7 - MSP/Kvazi	-48,94	5,23	-5,56 → -5,95	$80,7 \cdot 10^{-6}$	0,187	0,015	5,0	Vyhovuje
8	S8 - MSP/Kvazi	-45,32	-6,35 → -6,61	2,43 → 2,69	$39,6 \cdot 10^{-6}$	0,151	0,006	2,0	Vyhovuje
9	S9 - MSP/Kvazi	-31,89	-0,06 → -0,24	2,42 → 2,60	$14,3 \cdot 10^{-6}$	0,245	0,004	1,2	Vyhovuje
10	S10 - MSP/Kvazi	-32,18	7,33 → 7,51	2,38 → 2,56	$59,0 \cdot 10^{-6}$	0,149	0,009	2,9	Vyhovuje
11	S11 - MSP/Kvazi	-49,67	15,41 → 15,69	2,59 → 2,87	$115 \cdot 10^{-6}$	0,150	0,017	5,8	Vyhovuje
12	S12 - MSP/Kvazi	-49,96	16,48 → 16,76	-2,94 → -3,22	$128 \cdot 10^{-6}$	0,150	0,019	6,4	Vyhovuje
Maximální povolená šířka w_{max}							0,300		

Mezní stav použitelnosti VYHOVUJE - 97,1 %

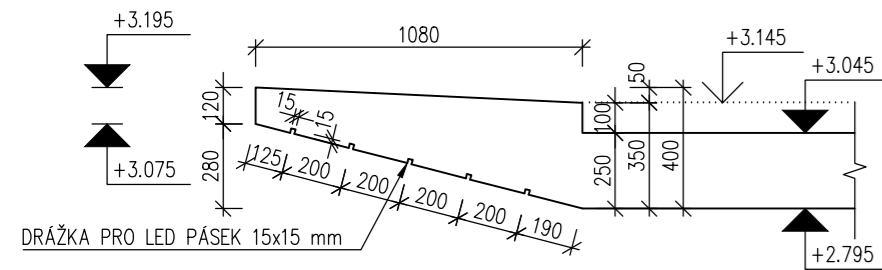
Využití: 97,1 %

97,1 % VYHOVUJE

DESKA – TVAR



ŘEZ KONZOLOU 1:25



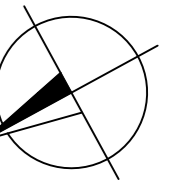
POZNÁMKY:

- JE NUTNÉ DODRŽOVAT VŠECHNY VÝROBNĚ TECHNICKÉ A MONTÁŽNÍ DOKUMENTACE, SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY A NORMY EN A ČSN.
- PŘED PROMRZÁNÍM NEBO ROZBĚDÁNÍM CHRÁNIT ZÁKLADOVOU SPÁRU VRSTVOU PODKLADNÍHO BETONU C12/15-X0 TLOUŠTKY MIN. 100 mm.
- PROSTUPY MUSÍ KORESPONDOVAT SE STAVEBNÍ ČÁSTÍ A S ČÁSTÍ PROFESÍ.
- DODATEČNÉ PROSTUPY MOHOU BÝT DO VELIKOSTI 150x150 mm.

- ⊗ HORNÍ HRANA
- SPODNÍ HRANA

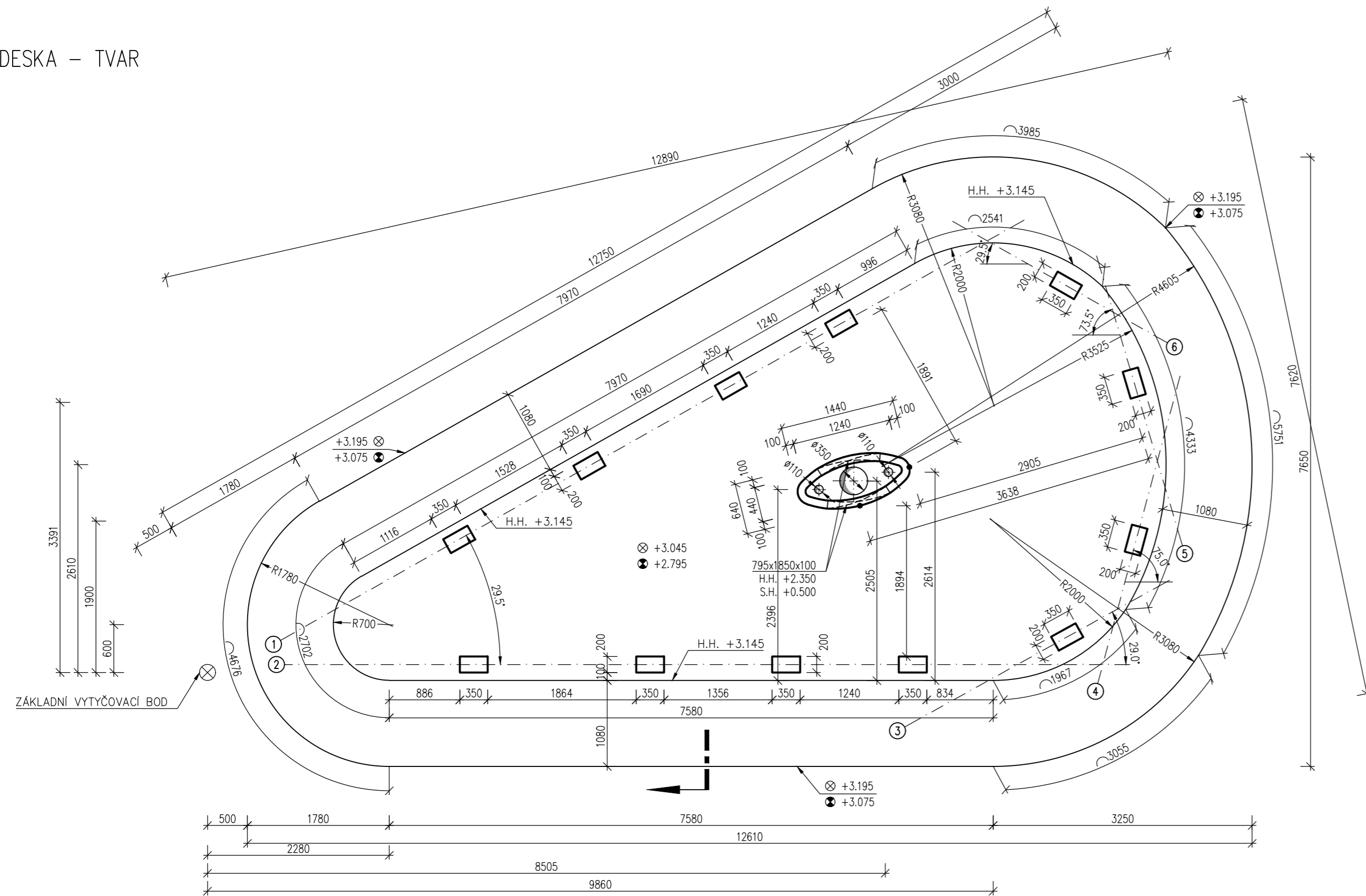
Ⓢ OZNAČENÍ SLOUPŮ PRO VÝKRES VÝZTUŽE

BETON	C30/37-XC2,XF3-CI0.2-Dmax 16-S3 – DESKA
KRYTÍ	30 mm
BETON	C30/37-XC2,XF1-CI0.2-Dmax 16-S3 – SLOUPY
KRYTÍ	30 mm
BETON	C30/37-XC2,XF1-CI0.2-Dmax 16-S3 – STĚNA
KRYTÍ	38 mm
BETON	C30/37-XC2,XA1-CI0.2-Dmax 22-S3 – ZÁKLADOVÁ DESKA
KRYTÍ	40 mm
OCEL	B500B

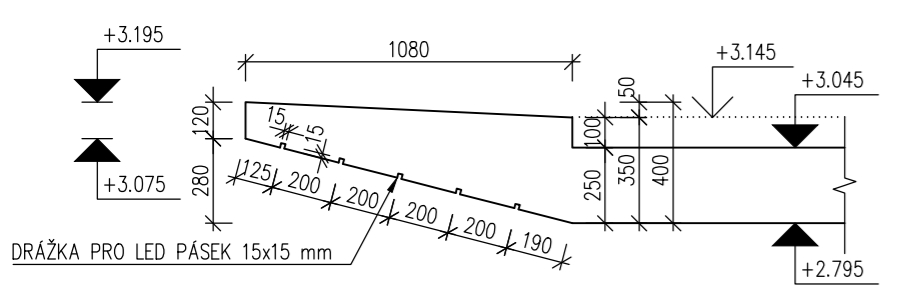


OBOR	PŘEDMĚT	JMÉNO STUDENTA		
SI-C 25	133BAPC	RADIM VÍTEK		
ROČNÍK	VEDOUČÍ			
4.	Ing. MARTIN TÍPKA, Ph.D.			
TÉMA:			FORMÁT	3xA4
NÁVRH A ANALÝZA KONSTRUKCE AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY			MĚŘÍTKO	1:50, 1:25
NÁZEV:			DATUM	22.05.2023
VÝKRES TVARU – DESKA – VARIANTA 1			Č. VÝKR.	1

DESKA – TVAR



ŘEZ KONZOLOU 1:25

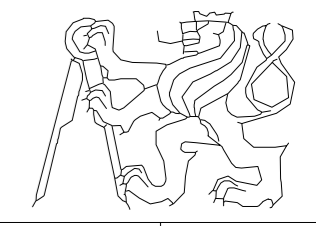


POZNÁMKY:

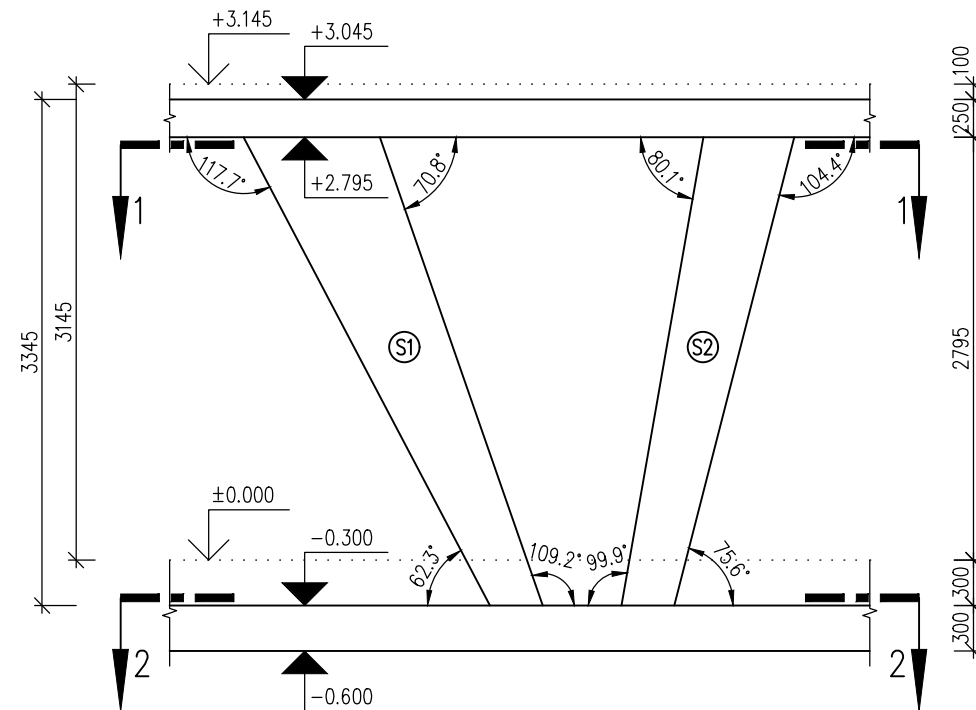
- JE NUTNÉ DODRŽOVAT VŠECHNY VÝROBNĚ TECHNICKÉ A MONTÁŽNÍ DOKUMENTACE, SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY A NORMY EN A ČSN.
- PŘED PROMRZÁNÍM NEBO ROZBĚDÁNÍM CHRÁNIT ZÁKLADOVOU SPÁRU VRSTVOU PODKLADNÍHO BETONU C12/15-X0 TLOUŠTKY MIN. 100 mm.
- PROSTUPY MUSÍ KORESPONDOVAT SE STAVEBNÍ ČÁSTÍ A S ČÁSTÍ PROFESÍ.
- DODATEČNĚ PROSTUPY MOHOU BÝT DO VELIKOSTI 150x150 mm.

- ⊗ HORNÍ HRANA
- SPODNÍ HRANA

BETON	C30/37-XC2,XF3-CI0.2-Dmax 16-S3 – DESKA
KRYTÍ	30 mm
BETON	C30/37-XC2,XF1-CI0.2-Dmax 16-S3 – SLOUPY
KRYTÍ	30 mm
BETON	C30/37-XC2,XF1-CI0.2-Dmax 16-S3 – STĚNA
KRYTÍ	38 mm
BETON	C30/37-XC2,XA1-CI0.2-Dmax 22-S3 – ZÁKLADOVÁ DESKA
KRYTÍ	40 mm
OCEL	B500B

OBOR	PŘEDMĚT	JMÉNO STUDENTA		
SI-C 25	133BAPC	RADIM VÍTEK		
ROČNÍK	VEDOUČÍ			
4.	Ing. MARTIN TÍPKA, Ph.D.			
TÉMA:			FORMÁT	3x4
NÁVRH A ANALÝZA KONSTRUKCE AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY			MĚŘÍTKO	1:50, 1:25
NÁZEV:			DATUM	22.05.2023
VÝKRES TVARU – DESKA – VARIANTA 2			Č. VÝKR.	2

SLOUPY – TVAR



POZNÁMKY:

- JE NUTNÉ DODRŽOVAT VŠECHNY VÝROBNĚ TECHNICKÉ A MONTÁŽNÍ DOKUMENTACE, SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY A NORMY EN A ČSN.
- PŘED PROMRZÁNÍM NEBO ROZBĚDÁNÍM CHRÁNIT ZÁKLADOVOU SPÁRU VRSTVOU PODKLADNÍHO BETONU C12/15–X0 TLOUŠTKY MIN. 100 mm.
- PROSTUPY MUSÍ KORESPONDOVAT SE STAVEBNÍ ČÁSTÍ A S ČÁSTÍ PROFESÍ.
- DODATEČNÉ PROSTUPY MOHOU BÝT DO VELIKOSTI 150x150 mm.

- ⊗ HORNÍ HRANA
- SPODNÍ HRANA

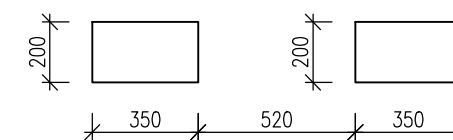
Ⓢ1 OZNAČENÍ SLOUPŮ PRO VÝKRES VÝZTUŽE

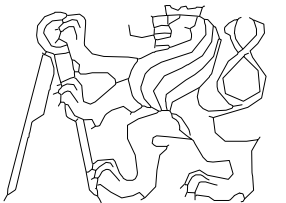
BETON	C30/37–XC2,XF3–C10.2–Dmax 16–S3 – DESKA
KRYTÍ	30 mm
BETON	C30/37–XC2,XF1–C10.2–Dmax 16–S3 – SLOUPY
KRYTÍ	30 mm
BETON	C30/37–XC2,XF1–C10.2–Dmax 16–S3 – STĚNA
KRYTÍ	38 mm
BETON	C30/37–XC2,XA1–C10.2–Dmax 22–S3 – ZÁKLADOVÁ DESKA
KRYTÍ	40 mm
OCEL	B500B

ŘEZ 1–1 1:25



ŘEZ 2–2 1:25



OBOR	PŘEDMĚT	JMÉNO STUDENTA		
SI-C 25	133BAPC	RADIM VÍTEK		
ROČNÍK	VEDOUcí			
4.	Ing. MARTIN TÍPKA, Ph.D.			
TÉMA:			FORMÁT	A3
NÁVRH A ANALÝZA KONSTRUKCE AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY			MĚŘÍTKO	1:50, 1:25
			DATUM	22.05.2023
NÁZEV:			Č. VÝKR.	3
VÝKRES TVARU – SLOUPY – VARIANTA 1				

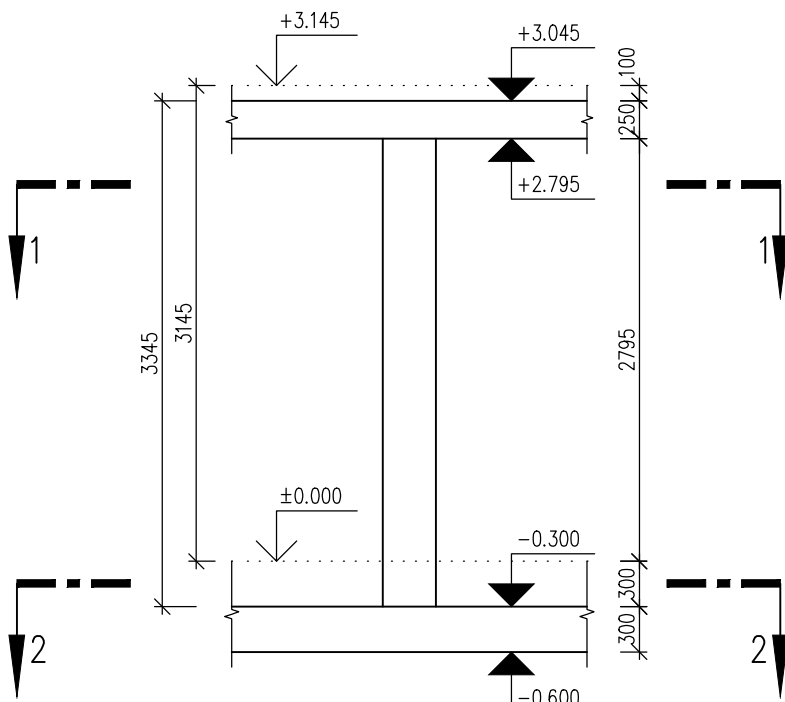
POZNÁMKY:

- JE NUTNÉ DODRŽOVAT VŠECHNY VÝROBNĚ TECHNICKÉ A MONTÁŽNÍ DOKUMENTACE, SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY A NORMY EN A ČSN.
- PŘED PROMRZÁNÍM NEBO ROZBŘEDÁNÍM CHRÁNIT ZÁKLADOVOU SPÁRU VRSTVOU PODKLADNÍHO BETONU C12/15-X0 TLOUŠTKY MIN. 100 mm.
- PROSTUPY MUSÍ KORESPONDOVAT SE STAVEBNÍ ČÁSTÍ A S ČÁSTÍ PROFESÍ.
- DODATEČNÉ PROSTUPY MOHOU BÝT DO VELIKOSTI 150x150 mm.

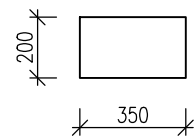
- ⊗ HORNÍ HRANA
- ⊙ SPODNÍ HRANA

BETON KRYTÍ	C30/37-XC2,XF3-C10.2-Dmax 16-S3 - DESKA 30 mm
BETON KRYTÍ	C30/37-XC2,XF1-C10.2-Dmax 16-S3 - SLOUPY 30 mm
BETON KRYTÍ	C30/37-XC2,XF1-C10.2-Dmax 16-S3 - STĚNA 38 mm
BETON KRYTÍ	C30/37-XC2,XA1-C10.2-Dmax 22-S3 - ZÁKLADOVÁ DESKA 40 mm
OCEL	B500B

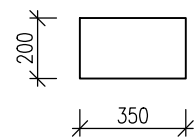
SLOUPY – TVAR



ŘEZ 1-1 1:25

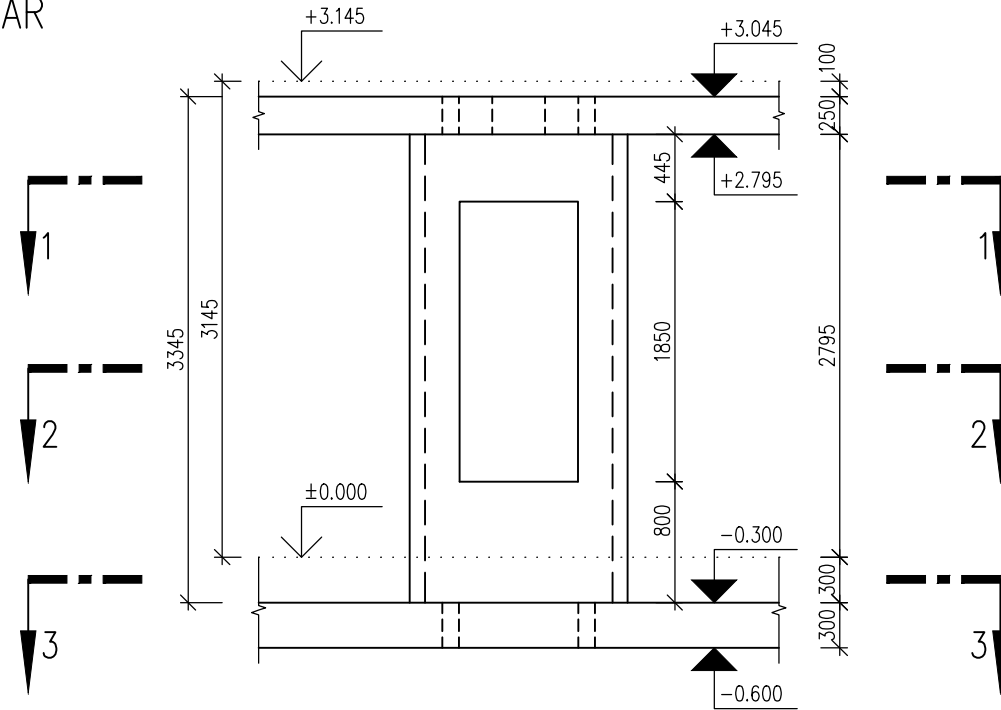


ŘEZ 2-2 1:25

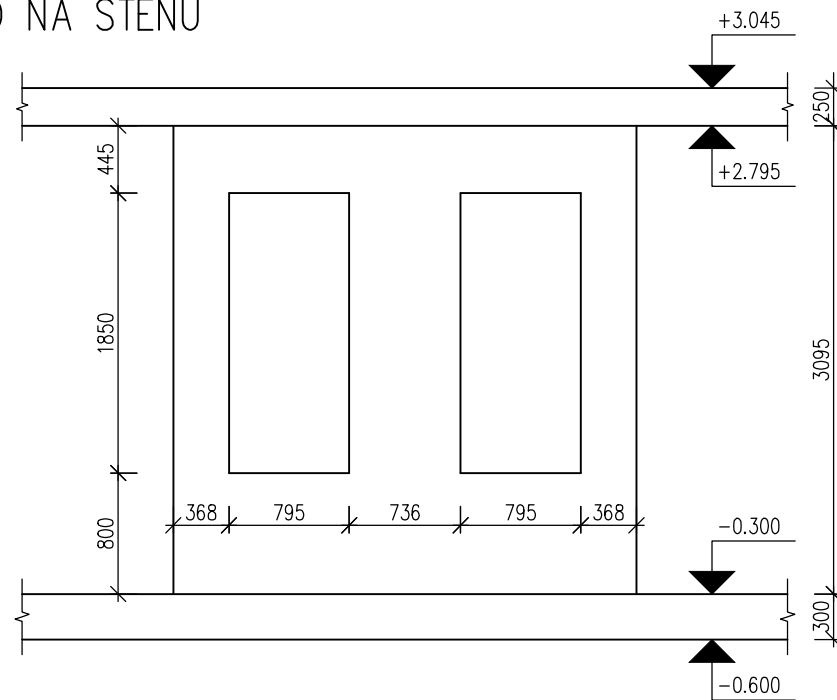


OBOR	PŘEDMĚT	JMÉNO STUDENTA		
SI-C 25	133BAPC	RADIM VÍTEK		
ROČNÍK	VEDOUČÍ			
4.	Ing. MARTIN TIPKA, Ph.D.			
TÉMA:			FORMÁT	A4
NÁVRH A ANALÝZA KONSTRUKCE AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY			MĚŘÍTKO	1:50, 1:25
			DATUM	22.05.2023
NÁZEV:			Č. VÝKR.	4
VÝKRES TVARU – SLOUPY – VARIANTA 2				

STĚNA – TVAR



ROZVINUTÝ POHLED NA STĚNU



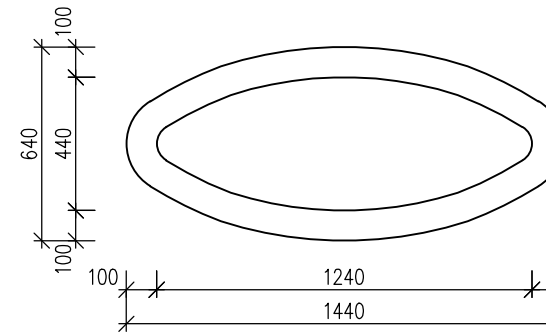
POZNÁMKY:

- JE NUTNÉ DODRŽOVAT VŠECHNY VÝROBNĚ TECHNICKÉ A MONTÁŽNÍ DOKUMENTACE, SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY A NORMY EN A ČSN.
- PŘED PROMRZÁNÍM NEBO ROZBŘEDÁNÍM CHRÁNIT ZÁKLADOVOU SPÁRU VRSTVOU PODKLADNÍHO BETONU C12/15–X0 TLOUŠTKY MIN. 100 mm.
- PROSTUPY MUSÍ KORESPONDOVAT SE STAVEBNÍ ČÁSTÍ A S ČÁSTÍ PROFESÍ.
- DODATEČNÉ PROSTUPY MOHOU BÝT DO VELIKOSTI 150x150 mm.

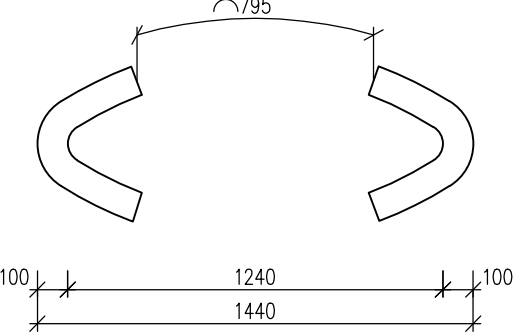
- ⊗ HORNÍ HRANA
- ⊙ SPODNÍ HRANA

BETON KRYTÍ	C30/37–XC2, XF3–C10.2–Dmax 16–S3 – DESKA 30 mm
BETON KRYTÍ	C30/37–XC2, XF1–C10.2–Dmax 16–S3 – SLOUPY 30 mm
BETON KRYTÍ	C30/37–XC2, XF1–C10.2–Dmax 16–S3 – STĚNA 38 mm
BETON KRYTÍ	C30/37–XC2, XA1–C10.2–Dmax 22–S3 – ZÁKLADOVÁ DESKA 40 mm
OCEL	B500B

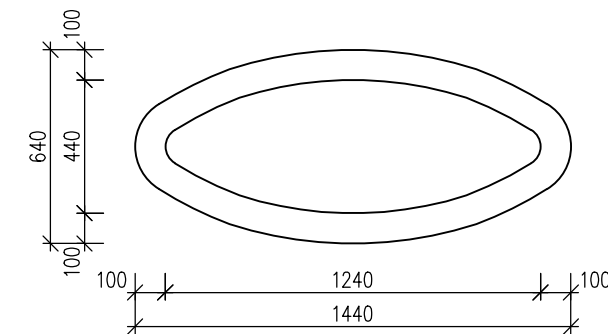
ŘEZ 1–1 1:25

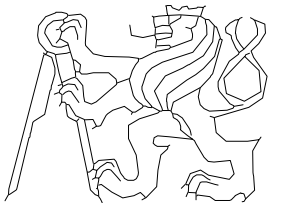


ŘEZ 2–2 1:25

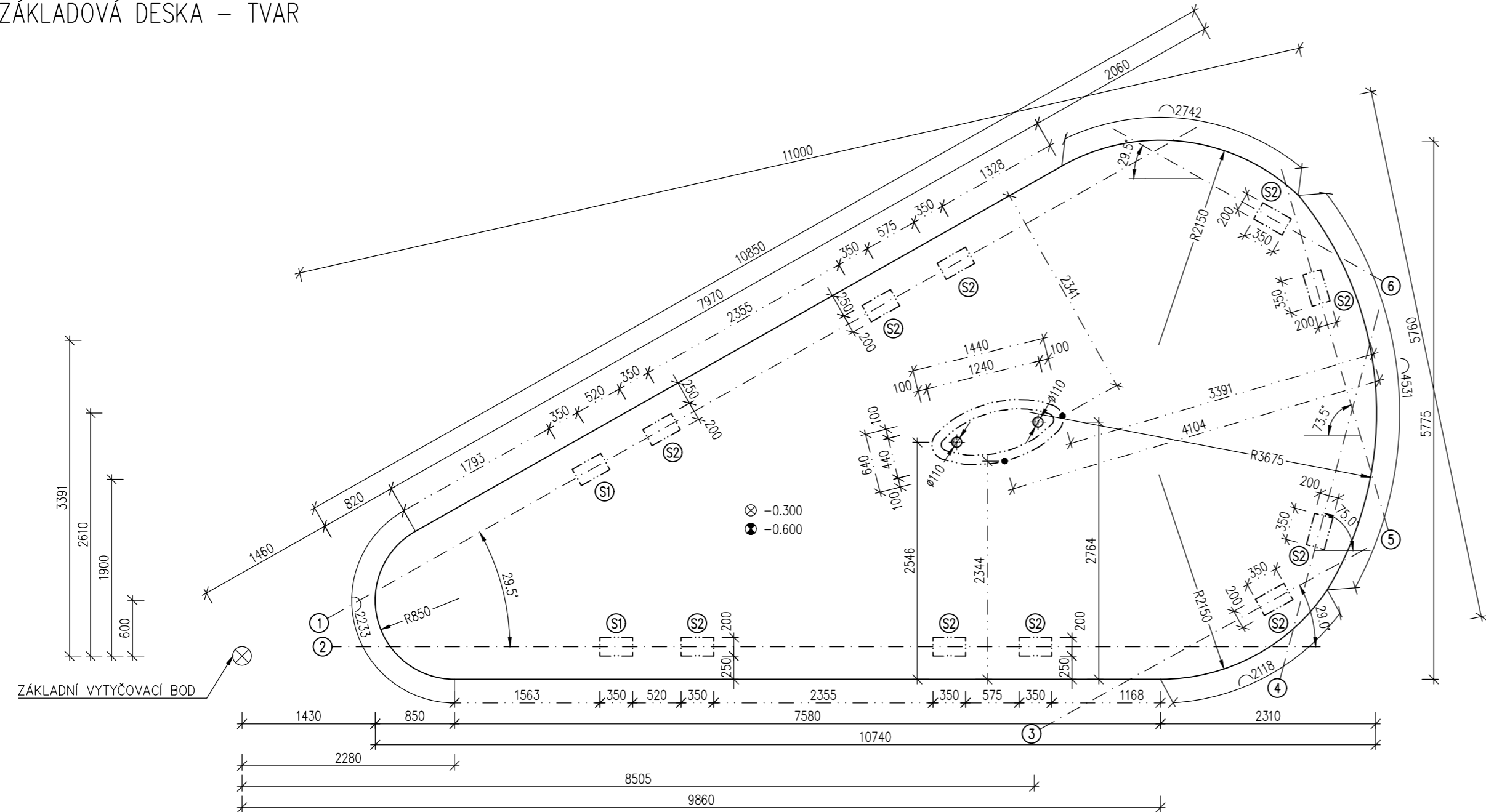


ŘEZ 3–3 1:25



OBOR	PŘEDMĚT	JMÉNO STUDENTA		
SI-C 25	133BAPC	RADIM VÍTEK		
ROČNÍK	VEDOUČÍ			
4.	Ing. MARTIN TÍPKA, Ph.D.			
TÉMA:			FORMÁT	A3
NÁVRH A ANALÝZA KONSTRUKCE AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY			MĚŘÍTKO	1:50, 1:25
			DATUM	22.05.2023
NÁZEV:			Č. VÝKR.	5
VÝKRES TVARU – STĚNA – VARIANTA 1 A 2				

ZÁKLADOVÁ DESKA – TVAR



POZNÁMKY:

- JE NUTNÉ DODRŽOVAT VŠECHNY VÝROBNĚ TECHNICKÉ A MONTÁŽNÍ DOKUMENTACE, SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY A NORMY EN A ČSN.
- PŘED PROMRZÁNÍM NEBO ROZBŘEDÁNÍM CHRÁNIT ZÁKLADOVOU SPÁRU VRSTVOU PODKLADNÍHO BETONU C12/15-X0 TLOUŠTKY MIN. 100 mm.
- PROSTUPY MUSÍ KORESPONDOVAT SE STAVEBNÍ ČÁSTÍ A S ČÁSTÍ PROFESÍ.
- DODATEČNÉ PROSTUPY MOHOU BÝT DO VELIKOSTI 150x150 mm.

— · · · — KÓTY KONSTRUKCÍ NAD

⊗ HORNÍ HRANA

● SPODNÍ HRANA

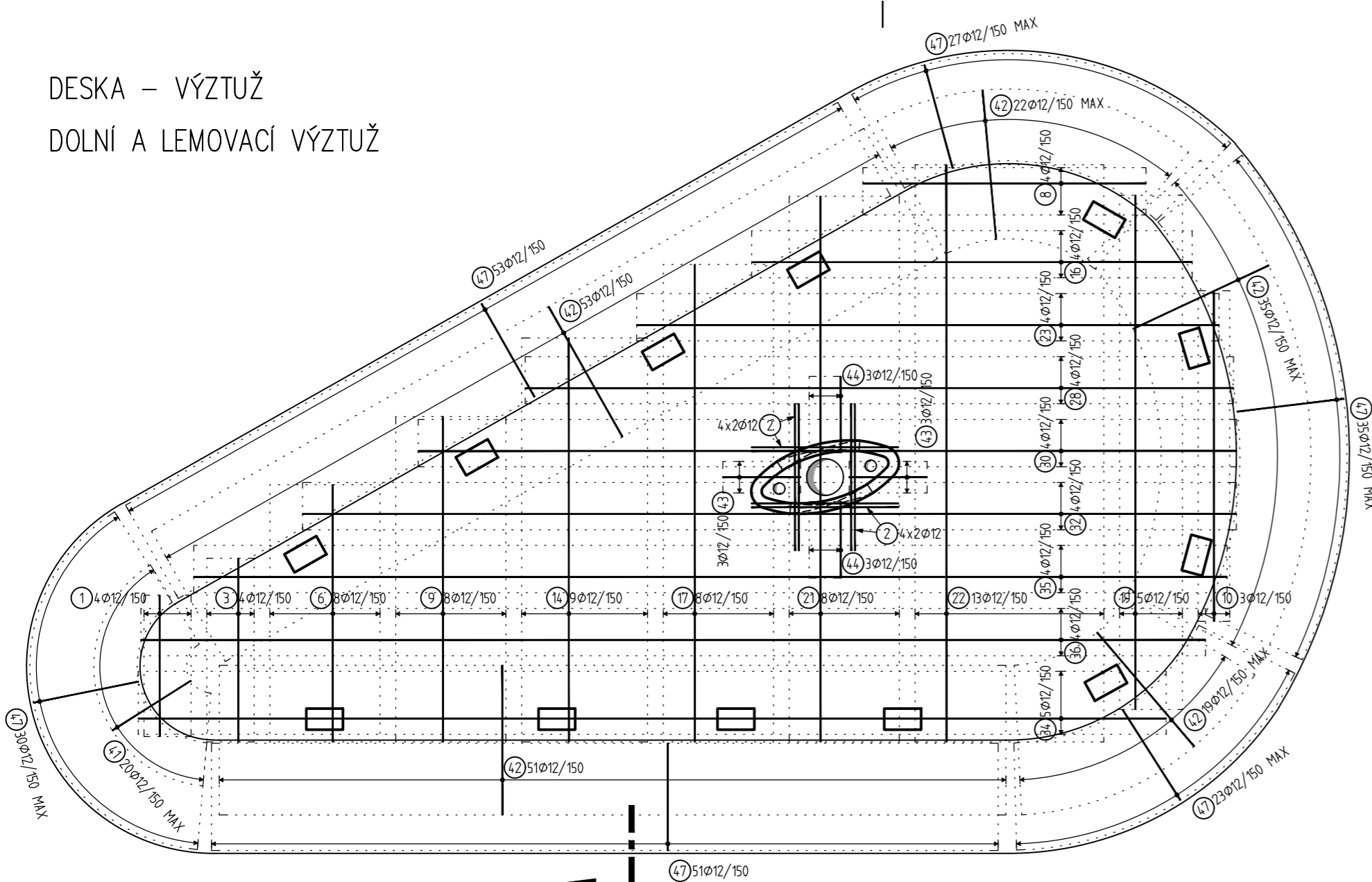
Ⓢ OZNAČENÍ SLOUPŮ PRO VÝKRES VÝZTUŽE

BETON	C30/37-XC2, XF3-CI0.2-Dmax 16-S3	DESKA
KRYTÍ	30 mm	
BETON	C30/37-XC2, XF1-CI0.2-Dmax 16-S3	SLOUPY
KRYTÍ	30 mm	
BETON	C30/37-XC2, XF1-CI0.2-Dmax 16-S3	STĚNA
KRYTÍ	38 mm	
BETON	C30/37-XC2, XA1-CI0.2-Dmax 22-S3	ZÁKLADOVÁ DESKA
KRYTÍ	40 mm	
OCEL	B500B	

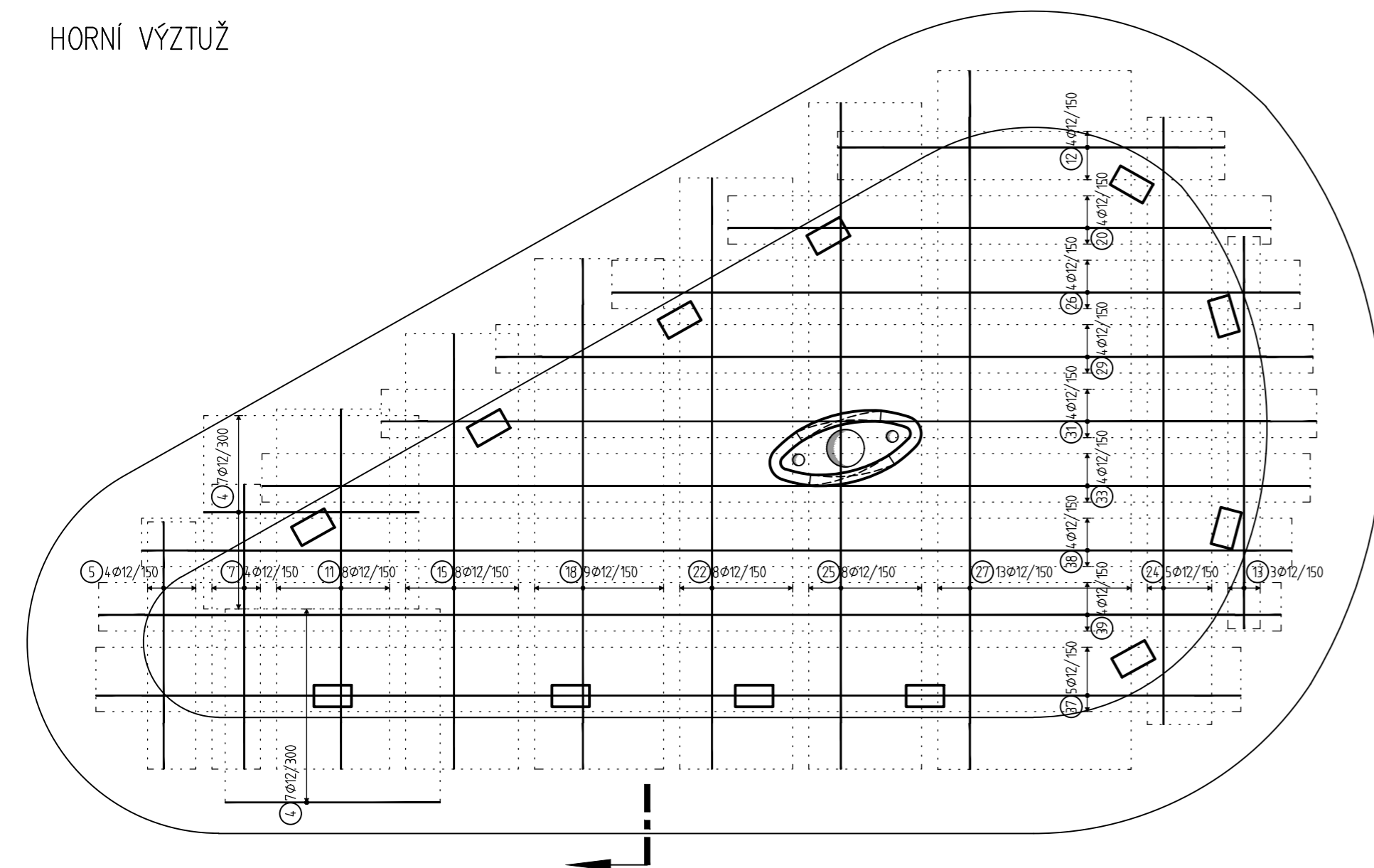
OBOR	PŘEDMĚT	JMÉNO STUDENTA
SI-C 25	133BAPC	RADIM VÍTEK
ROČNÍK	VEDOUČÍ	
4.	Ing. MARTIN TIPKA, Ph.D.	
TÉMA:		
NÁVRH A ANALÝZA KONSTRUKCE AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY		
NÁZEV:	VÝKRES TVARU – ZÁKLADOVÁ DESKA – VARIANTA 1	

FORMÁT		3x4
MĚŘÍTKO		1:50
DATUM		22.05.2023
Č. VÝKR.		6

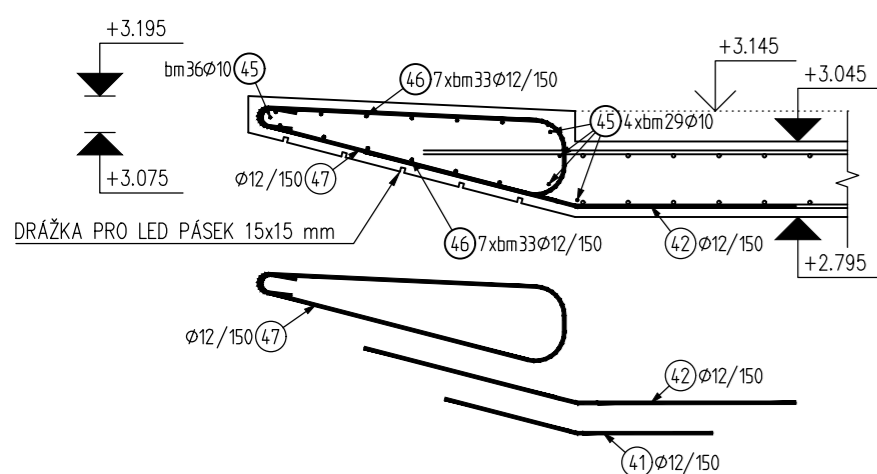
DESKA – VÝZTUŽ
DOLNÍ A LEMOVACÍ VÝZTUŽ



HORNÍ VÝZTUŽ

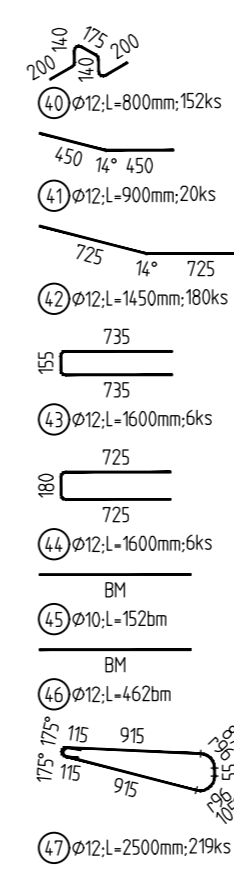


ŘEZ KONZOLOU 1:25



VÝKAZ VÝZTUŽE

1350	1	∅12, L=1350mm; 4ks
1400	2	∅12, L=1400mm; 6ks
1750	3	∅12, L=1750mm; 4ks
2000	4	∅12, L=2000mm; 14ks
2300	5	∅12, L=2300mm; 4ks
2450	6	∅12, L=2450mm; 8ks
2650	7	∅12, L=2650mm; 4ks
2700	8	∅12, L=2700mm; 4ks
3100	9	∅12, L=3100mm; 8ks
3150	10	∅12, L=3150mm; 3ks
3350	11	∅12, L=3350mm; 8ks
3600	12	∅12, L=3600mm; 4ks
3650	13	∅12, L=3650mm; 3ks
3850	14	∅12, L=3850mm; 9ks
4050	15	∅12, L=4050mm; 8ks
4200	16	∅12, L=4200mm; 4ks
4550	17	∅12, L=4550mm; 8ks
4750	18	∅12, L=4750mm; 9ks
4900	19	∅12, L=4900mm; 5ks
5050	20	∅12, L=5050mm; 4ks
5200	21	∅12, L=5200mm; 8ks
5500	22	∅12, L=5500mm; 2ks
5550	23	∅12, L=5550mm; 4ks
5650	24	∅12, L=5650mm; 5ks
6200	25	∅12, L=6200mm; 8ks
6400	26	∅12, L=6400mm; 4ks
6500	27	∅12, L=6500mm; 13ks
6750	28	∅12, L=6750mm; 4ks
7600	29	∅12, L=7600mm; 4ks
7800	30	∅12, L=7800mm; 4ks
8700	31	∅12, L=8700mm; 4ks
8900	32	∅12, L=8900mm; 4ks
9750	33	∅12, L=9750mm; 4ks
9800	34	∅12, L=9800mm; 5ks
9850	35	∅12, L=9850mm; 4ks
10150	36	∅12, L=10150mm; 4ks
10650	37	∅12, L=10650mm; 5ks
10700	38	∅12, L=10700mm; 4ks
11000	39	∅12, L=11000mm; 4ks



POZNÁMKY:

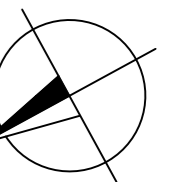
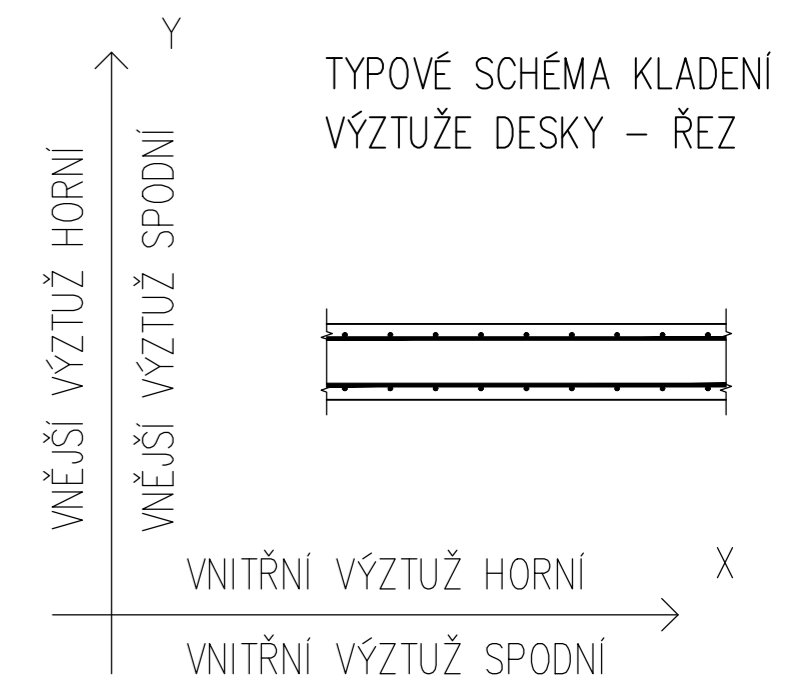
- JE NUTNÉ DODRŽOVAT VŠECHNY VÝROBNĚ TECHNICKÉ A MONTÁŽNÍ DOKUMENTACE, SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY A NORMY EN A ČSN.
- PŘED PROMRZÁNÍM NEBO ROZBŘEDÁNÍM CHRÁNIT ZÁKLADOVOU SPÁRU VRSTVOU PODKLADNÍHO BETONU C12/15-X0 TLOUŠŤKY MIN. 100 mm.
- PROSTUPY MUSÍ KORESPONDOVAT SE STAVEBNÍ ČÁSTÍ A S ČÁSTÍ PROFESÍ.
- DODATEČNÉ PROSTUPY MOHOU BÝT DO VELIKOSTI 150x150 mm.
- KOTEVNÍ DÉLKA PRO BETON C30/37 A PRO VÝZTUŽ ∅6 JE 320 mm, ∅8 JE 430 mm, ∅10 JE 540 mm, ∅12 JE 650 mm, ∅14 JE 760 mm, ∅16 JE 860 mm, ∅18 JE 970 mm, ∅20 JE 1080 mm, ∅22 JE 1190 mm, ∅25 JE 1350 mm A ∅28 JE 1510 mm.
- VÝZTUŽ KOLMÁ K HLAVNÍ VÝZTUŽI VYKONZOLOVANÉ ČÁSTI DESKY JE VYKÁZÁNA V ŘEZU NA BEŽNÉ METRY.
- UPRAVIT PŘESAHUJÍCÍ VÝZTUŽ DO BEDNĚNÍ.
- V MÍSTĚCH PROSTUPŮ VÝZTUŽI ROZTÁHNOUT NEBO UPALIT.
- VÝZTUŽ JE NAVRŽENA NA MAX. ŠÍŘKU TRHLINY wlim = 0,3 mm.

TABULKA VÝZTUŽE

Pol	Profil	Delka [mm]	ks	50	
				10	12
*1	50 12	1350	4		5.4
*2	50 12	1400	16		22.4
*3	50 12	1750	4		7.0
*4	50 12	2000	14		28.0
*5	50 12	2300	4		9.2
*6	50 12	2450	8		19.6
*7	50 12	2650	4		10.6
*8	50 12	2700	4		10.8
*9	50 12	3100	8		24.8
*10	50 12	3150	3		9.5
*11	50 12	3350	8		26.8
*12	50 12	3600	4		14.4
*13	50 12	3650	3		11.0
*14	50 12	3850	9		34.6
*15	50 12	4050	8		32.4
*16	50 12	4200	4		16.8
*17	50 12	4550	8		36.4
*18	50 12	4750	9		42.8
*19	50 12	4900	5		24.5
*20	50 12	5050	4		20.2
*21	50 12	5200	8		41.6
*22	50 12	5500	21		115.5
*23	50 12	5550	4		22.2
*24	50 12	5650	5		28.3
*25	50 12	6200	8		49.6
*26	50 12	6400	4		25.6
*27	50 12	6500	13		84.5
*28	50 12	6750	4		27.0
*29	50 12	7600	4		30.4
*30	50 12	7800	4		31.2
*31	50 12	8700	4		34.8
*32	50 12	8900	4		35.6
*33	50 12	9750	4		39.0
*34	50 12	9800	5		49.0
*35	50 12	9850	4		39.4
*36	50 12	10150	4		40.6
*37	50 12	10650	5		53.3
*38	50 12	10700	4		42.8
*39	50 12	11000	4		44.0
40	50 12	800	152		121.6
41	50 12	900	20		18.0
42	50 12	1450	180		261.0
43	50 12	1600	6		9.6
44	50 12	1600	6		9.6
45	50 10	BM	-	152.0	
46	50 12	BM	-		462.0
47	50 12	2500	219		547.5
CELKOVÁ DELKA [m]				152.0	2670.7
HMOTNOST [kg]				93.7	2371.1
CELKOVÁ HMOTNOST [kg]					2464.8

BETON KRYTÍ	C30/37-XC2, XF3-C10.2-Dmax 16-S3 - DESKA 30 mm
BETON KRYTÍ	C30/37-XC2, XF1-C10.2-Dmax 16-S3 - SLOUPY 30 mm
BETON KRYTÍ	C30/37-XC2, XF1-C10.2-Dmax 16-S3 - STĚNA 38 mm
BETON KRYTÍ	C30/37-XC2, XA1-C10.2-Dmax 22-S3 - ZÁKL. DESKA 40 mm
OCEL	B500B

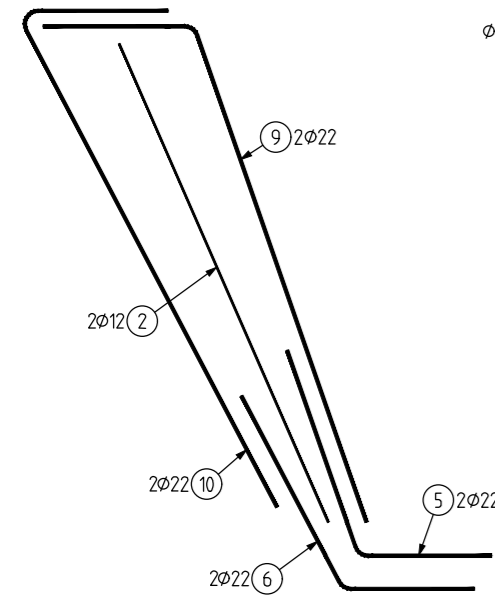
UVÁDĚNÉ DÉLKY JSOU VZTAŽENY K OSE PRUTU. POLOMĚRY OBLOUKŮ JSOU VZTAŽENY KE STŘEDNICI. NEZNAČENÉ ÚHLY JSOU NÁSOBKY 45°. CELKOVÉ DÉLKY VLOŽEK JSOU STŘIŽNÉ DÉLKY. ROVNÉ VLOŽKY JSOU VE VÝKAZU OZNAČENÉ '*'.



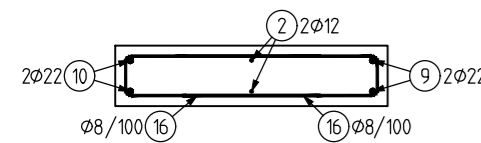
OBOR	PŘEDMĚT	JMÉNO STUDENTA	
SI-C 25	133BAPC	RADIM VÍTEK	
ROČNÍK	VEDOUČÍ		
4.	Ing. MARTIN TÍPKA, Ph.D.		
TÉMA:			
NÁVRH A ANALÝZA KONSTRUKCE AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY			
NÁZEV:		FORMÁT	A2
VÝKRES VÝZTUŽE – DESKA – VARIANTA 2		MĚŘITKO	1:50, 1:25
		DATUM	22.05.2023
		Č. VÝKR.	9

SLOUPY – VÝZTUŽ

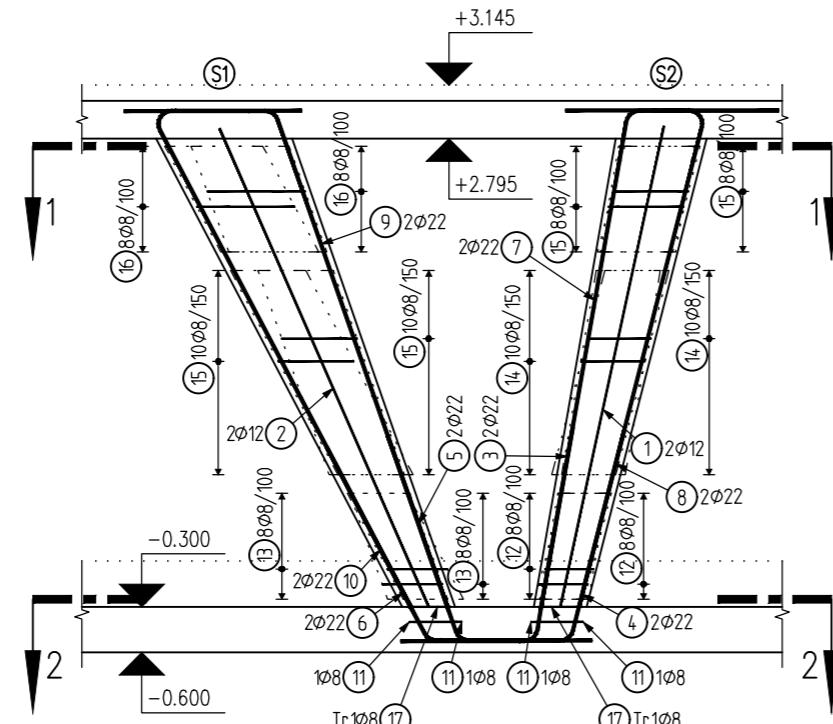
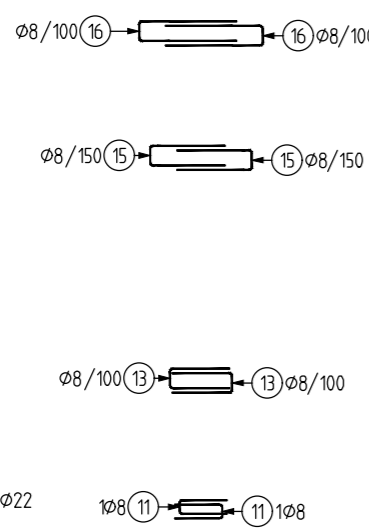
USPOŘADÁNÍ PODÉLNÉ VÝZTUŽE SLOUPU S1



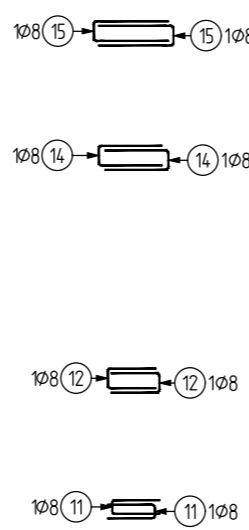
ŘEZ 1-1 1:25



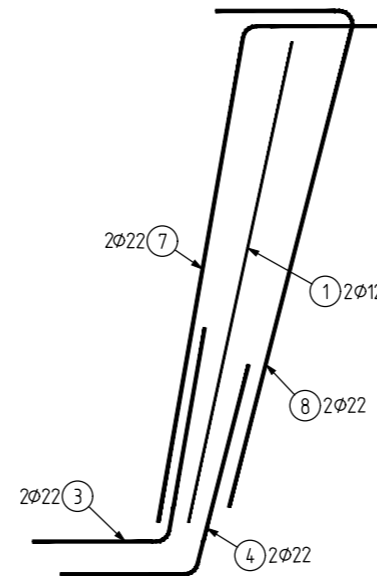
USPOŘADÁNÍ TRŽMINKŮ NA KONCI OBLASTI SLOUPU S1



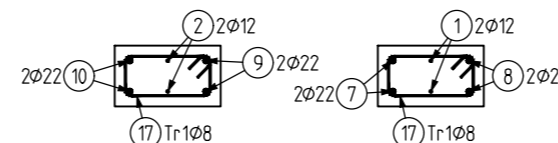
USPOŘADÁNÍ TRŽMINKŮ NA KONCI OBLASTI SLOUPU S2



USPOŘADÁNÍ PODÉLNÉ VÝZTUŽE SLOUPU S2



ŘEZ 2-2 1:25



VÝKAZ VÝZTUŽE VŠECH SLOUPŮ S1

Pol	Profil	Delka [mm]	ks
2	Ø12	L=3450	4ks
3	Ø22	L=2300	4ks
4	Ø22	L=2300	4ks
5	Ø22	L=2300	4ks
6	Ø8	L=1400	32ks
7	Ø22	L=4450	4ks
8	Ø22	L=4600	4ks
9	Ø8	L=700	4ks
10	Ø8	L=900	32ks
11	Ø8	L=1100	40ks
12	Ø8	L=1400	32ks
13	Ø8	L=1400	32ks
14	Ø8	L=1100	160ks
15	Ø8	L=1000	2ks
16	Ø8	L=1000	10ks

VÝKAZ VÝZTUŽE VŠECH SLOUPŮ S2

Pol	Profil	Delka [mm]	ks
1	Ø12	L=3250	20ks
2	Ø22	L=2300	20ks
3	Ø22	L=2300	20ks
4	Ø22	L=4300	20ks
5	Ø8	L=700	20ks
6	Ø8	L=750	160ks
7	Ø8	L=950	200ks
8	Ø8	L=1100	160ks
9	Ø8	L=1100	160ks
10	Ø8	L=1000	10ks

TABULKA VÝZTUŽE VŠECH SLOUPŮ S1

Pol	Profil	Delka [mm]	ks	50			
				8	12	22	
*2	50	12	3450	4			
5	50	22	2300	4		9.2	
6	50	22	2300	4		9.2	
9	50	22	4450	4		17.8	
10	50	22	4600	4		18.4	
11	50	8	700	4	2.8		
13	50	8	900	32	28.8		
15	50	8	1100	40	44.0		
16	50	8	1400	32	44.8		
17	50	8	1000	2	2.0		
CELKOVÁ DELKA [m]					122.4	13.8	54.6
HMOTNOST [kg]					48.3	12.3	162.9
CELKOVÁ HMOTNOST [kg]					223.5		

TABULKA VÝZTUŽE VŠECH SLOUPŮ S2

Pol	Profil	Delka [mm]	ks	50			
				8	12	22	
*1	50	12	3250	20			
3	50	22	2300	20		65.0	
4	50	22	2300	20		46.0	
7	50	22	4300	20		86.0	
8	50	22	4250	20		85.0	
11	50	8	700	20	14.0		
12	50	8	750	160	120.0		
14	50	8	950	200	190.0		
15	50	8	1100	160	176.0		
17	50	8	1000	10	10.0		
CELKOVÁ DELKA [m]					510.0	65.0	263.0
HMOTNOST [kg]					201.2	57.7	784.8
CELKOVÁ HMOTNOST [kg]					1043.7		

POZNÁMKY:

- JE NUTNÉ DODRŽOVAT VŠECHNY VÝROBNĚ TECHNICKÉ A MONTÁŽNÍ DOKUMENTACE, SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY A NORMY EN A ČSN.
- PŘED PROMRZÁNÍM NEBO ROZBŘEDÁNÍM CHRÁNIT ZÁKLADOVOU SPÁRU VRSTVOU PODKLADNÍHO BETONU C12/15-X0 TLOUŠTKY MIN. 100 mm.
- PROSTUPY MUSÍ KORESPONDOVAT SE STAVEBNÍ ČÁSTÍ A S ČÁSTÍ PROFESÍ.
- DODATEČNÉ PROSTUPY MOHOU BÝT DO VELIKOSTI 150x150 mm.

- KOTEVNÍ DÉLKA PRO BETON C30/37 A PRO VÝZTUŽ Ø6 JE 320 mm, Ø8 JE 430 mm, Ø10 JE 540 mm, Ø12 JE 650 mm, Ø14 JE 760 mm, Ø16 JE 860 mm, Ø18 JE 970 mm, Ø20 JE 1080 mm, Ø22 JE 1190 mm, Ø25 JE 1350 mm A Ø28 JE 1510 mm.

- VÝZTUŽ KOLMÁ K HLAVNÍ VÝZTUŽI VYKONZOLOVANÉ ČÁSTI DESKY JE VYKÁZÁNA V ŘEZU NA BĚŽNÉ METRY.
- UPRAVIT PŘESAHUJÍCÍ VÝZTUŽ DO BEDNĚNÍ.
- V MÍSTECH PROSTUPŮ VÝZTUŽ ROZTÁHNOUT NEBO UPÁLIT.

- VÝZTUŽ JE NAVRŽENA NA MAX. ŠÍŘKU TRHLINY $w_{lim} = 0,3$ mm.

- ⊗ HORNÍ HRANA
- SPODNÍ HRANA

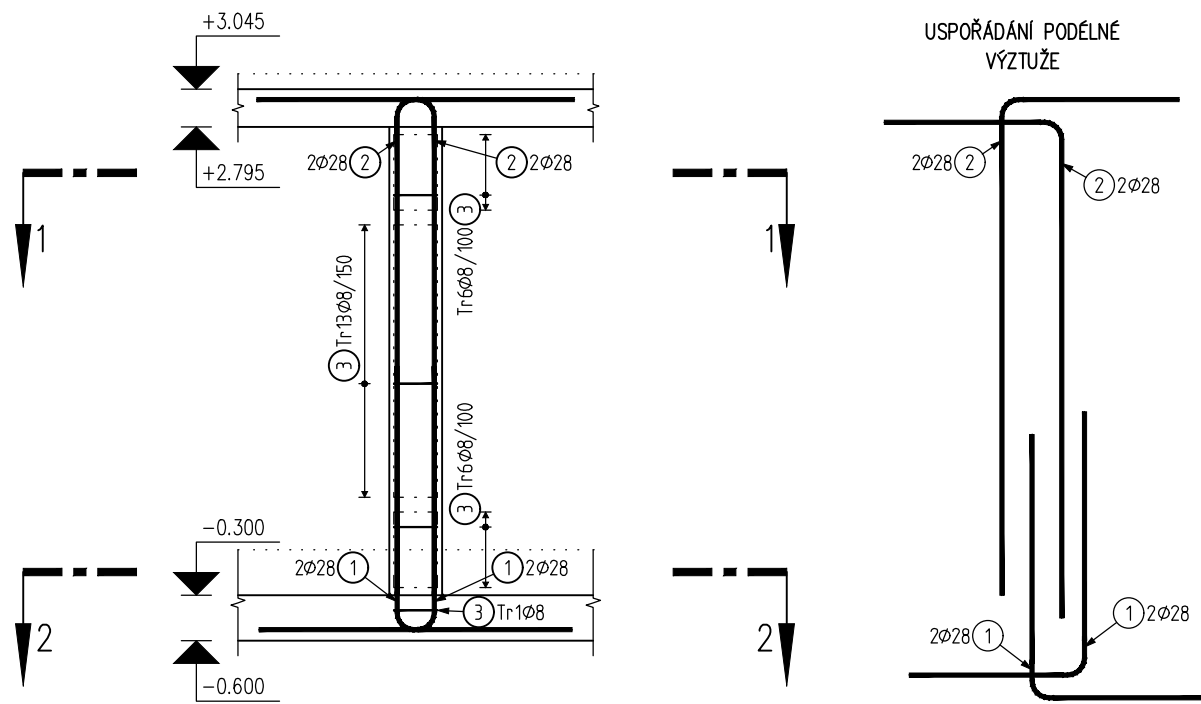
Ⓢ1 OZNAČENÍ SLOUPŮ PRO VÝKRES VÝZTUŽE

BETON	C30/37-XC2, XF3-CI0.2-Dmax 16-S3 – DESKA
KRYTÍ	30 mm
BETON	C30/37-XC2, XF1-CI0.2-Dmax 16-S3 – SLOUPY
KRYTÍ	30 mm
BETON	C30/37-XC2, XF1-CI0.2-Dmax 16-S3 – STĚNA
KRYTÍ	38 mm
BETON	C30/37-XC2, XA1-CI0.2-Dmax 22-S3 – ZÁKLADOVÁ DESKA
KRYTÍ	40 mm
OCEL	B500B

UVÁDĚNÉ DÉLKY JSOU VZTAŽENY K OSE PRUTU.
 POLOMĚRY OBLOUKŮ JSOU VZTAŽENY KE STŘEDNICI.
 NEZNAČENÉ ÚHLY JSOU NÁSOBKY 45°.
 CELKOVÉ DÉLKY VLOŽEK JSOU STŘÍŽNÉ DÉLKY.
 ROVNÉ VLOŽKY JSOU VE VÝKAZU OZNAČENÉ '*'.

OBOR	PŘEDMĚT	JMÉNO STUDENTA		
SI-C 25	133BAPC	RADIM VÍTEK		
ROČNÍK	VEDOUČÍ			
4.	Ing. MARTIN TÍPKA, Ph.D.			
TÉMA:				
NÁVRH A ANALÝZA KONSTRUKCE AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY			FORMÁT	3xA4
			MĚŘÍTKO	1:50, 1:25
			DATUM	22.05.2023
NÁZEV:			Č. VÝKR.	10
VÝKRES VÝZTUŽE – SLOUPY – VARIANTA 1				

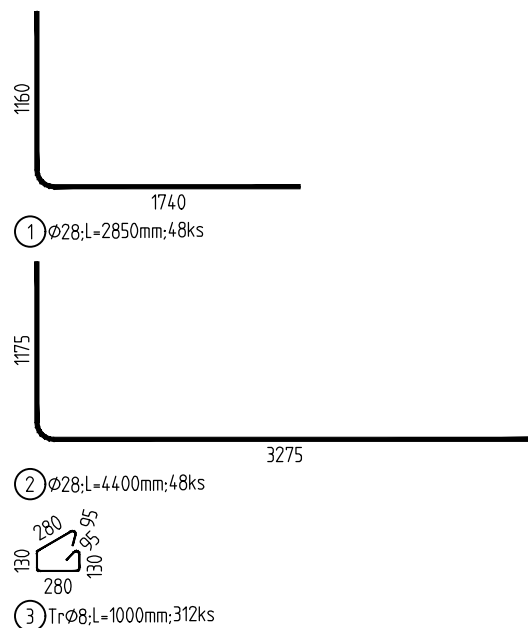
SLOUPY – VÝZTUŽ



ŘEZ 1-1 1:25 ŘEZ 2-2 1:25



VÝKAZ VÝZTUŽE VŠECH SLOUPŮ



TABULKA VÝZTUŽE VŠECH SLOUPŮ

Pol	Profil	Delka [mm]	ks	50		
				8	28	
1	50 28	2850	48		136.8	
2	50 28	4400	48		211.2	
3	50 8	1000	312	312.0		
CELKOVÁ DELKA [m]					312.0	348.0
HMOTNOST [kg]					123.1	1682.1
CELKOVÁ HMOTNOST [kg]						1805.2

POZNÁMKY:

- JE NUTNÉ DODRŽOVAT VŠECHNY VÝROBNĚ TECHNICKÉ A MONTÁŽNÍ DOKUMENTACE, SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY A NORMY EN A ČSN.
- PŘED PROMRZÁNÍM NEBO ROZBŘEDÁNÍM CHRÁNIT ZÁKLADOVOU SPÁRU VRSTVOU PODKLADNÍHO BETONU C12/15-X0 TLOUŠTKY MIN. 100 mm.
- PROSTUPY MUSÍ KORESPONDOVAT SE STAVEBNÍ ČÁSTÍ A S ČÁSTÍ PROFESÍ.
- DODATEČNÉ PROSTUPY MOHOU BÝT DO VELIKOSTI 150x150 mm.
- KOTEVNÍ DÉLKA PRO BETON C30/37 A PRO VÝZTUŽ $\phi 6$ JE 320 mm, $\phi 8$ JE 430 mm, $\phi 10$ JE 540 mm, $\phi 12$ JE 650 mm, $\phi 14$ JE 760 mm, $\phi 16$ JE 860 mm, $\phi 18$ JE 970 mm, $\phi 20$ JE 1080 mm, $\phi 22$ JE 1190 mm, $\phi 25$ JE 1350 mm A $\phi 28$ JE 1510 mm.
- VÝZTUŽ KOLMÁ K HLAVNÍ VÝZTUŽI VYKONZOLOVANÉ ČÁSTI DESKY JE VYKÁZANA V ŘEZU NA BĚŽNÉ METRY.
- UPRAVIT PŘESAHUJÍCÍ VÝZTUŽ DO BEDNĚNÍ.
- V MÍSTECH PROSTUPŮ VÝZTUŽ ROZTÁHNOUT NEBO UPÁLIT.
- VÝZTUŽ JE NAVRŽENA NA MAX. ŠÍŘKU TRHLINY $w_{lim} = 0,3$ mm.

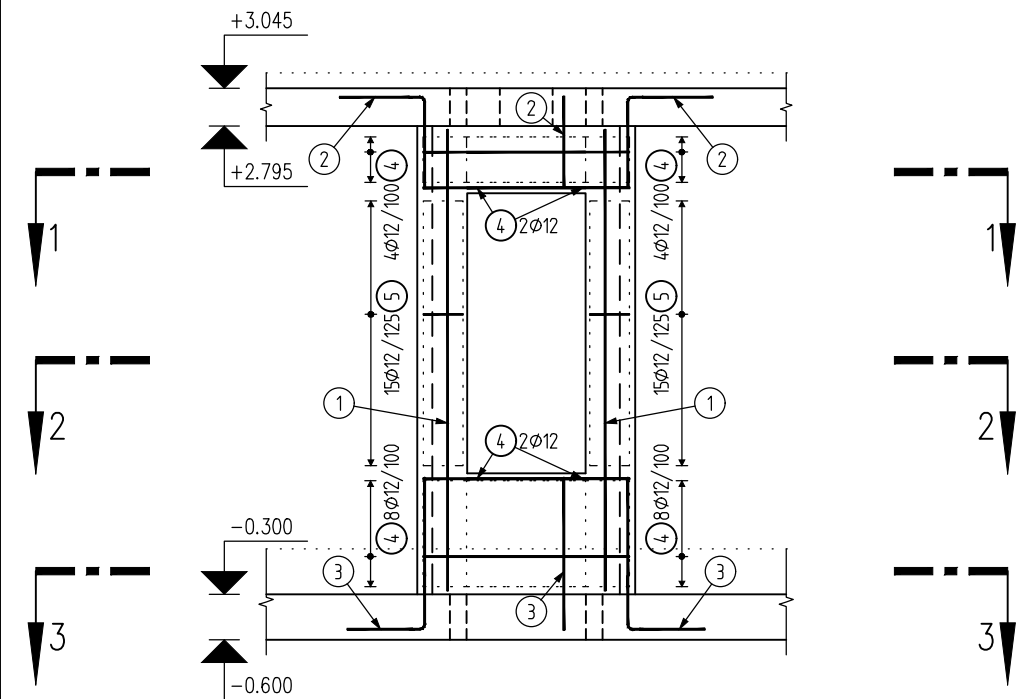
- ⊗ HORNÍ HRANA
- ⊙ SPODNÍ HRANA

BETON KRYTÍ	C30/37-XC2, XF3-CI0.2-Dmax 16-S3 - DESKA 30 mm
BETON KRYTÍ	C30/37-XC2, XF1-CI0.2-Dmax 16-S3 - SLOUPY 30 mm
BETON KRYTÍ	C30/37-XC2, XF1-CI0.2-Dmax 16-S3 - STĚNA 38 mm
BETON KRYTÍ	C30/37-XC2, XA1-CI0.2-Dmax 22-S3 - ZÁKLADOVÁ DESKA 40 mm
OCEL	B500B

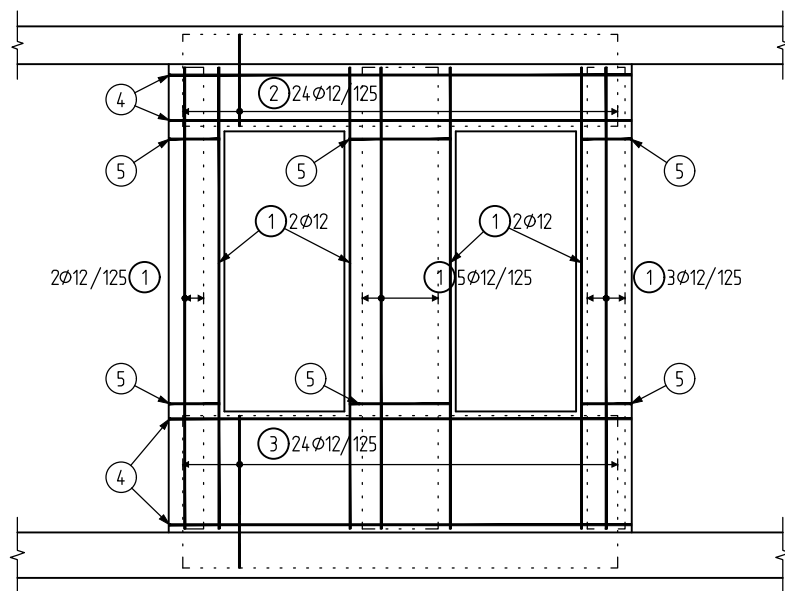
UVÁDĚNÉ DÉLKY JSOU VZTAŽENY K OSE PRUTU.
 POLOMĚRY OBLOUKŮ JSOU VZTAŽENY KE STŘEDNICI.
 NEZNAČENÉ ÚHLY JSOU NÁSOBKY 45°.
 CELKOVÉ DÉLKY VLOŽEK JSOU STŘIŽNÉ DÉLKY.
 ROVNÉ VLOŽKY JSOU VE VÝKAZU OZNAČENÉ '*'.

OBOR	PŘEDMĚT	JMÉNO STUDENTA		
SI-C 25	133BAPC	RADIM VÍTEK		
ROČNÍK	VEDOUcí			
4.	Ing. MARTIN TIPKA, Ph.D.			
TÉMA:			FORMÁT	A3
NÁVRH A ANALÝZA KONSTRUKCE AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY			MĚŘÍTKO	1:50, 1:25
NÁZEV:			DATUM	22.05.2023
VÝKRES VÝZTUŽE – SLOUPY – VARIANTA 2			Č. VÝKR.	11

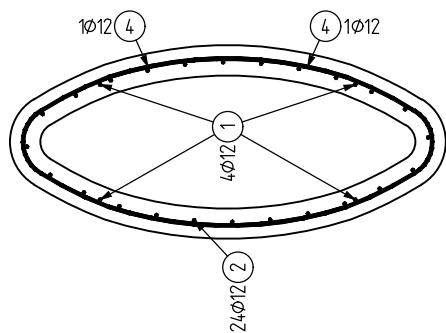
STĚNA – VÝZTUŽ



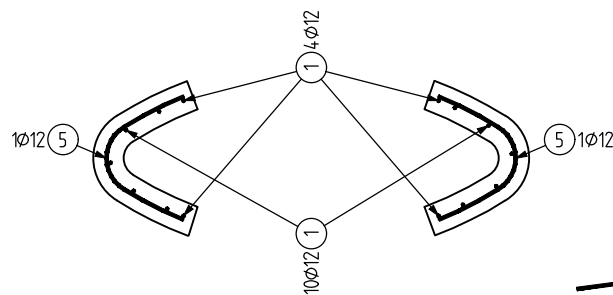
ROZVINUTÝ POHLED NA STĚNU



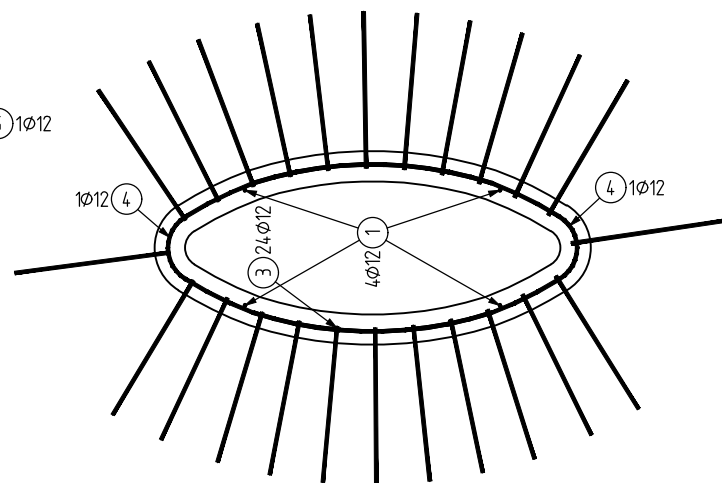
ŘEZ 1-1 1:25



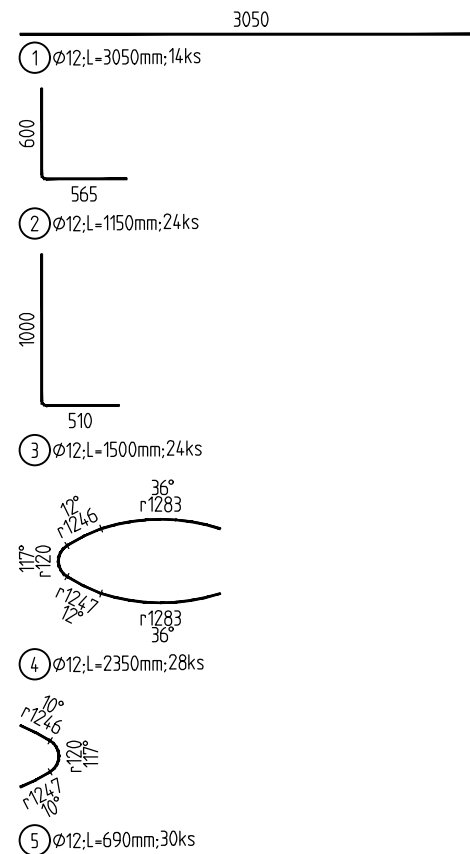
ŘEZ 2-2 1:25



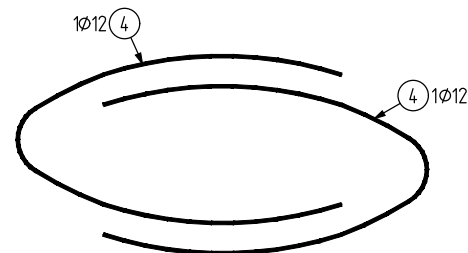
ŘEZ 3-3 1:25



VÝKAZ VÝZTUŽE



USPOŘADÁNÍ TŘMÍNKŮ



POZNÁMKY:

- JE NUTNÉ DODRŽOVAT VŠECHNY VÝROBNĚ TECHNICKÉ A MONTÁŽNÍ DOKUMENTACE, SOUVISEJÍCÍ PŘEDPISY A NORMY EN A ČSN.
- PŘED PROMRZÁNÍM NEBO ROZBŘEDÁNÍM CHRÁNIT ZÁKLADOVOU SPÁRU VRSTVOU PODKLADNÍHO BETONU C12/15–X0 TLOUŠTKY MIN. 100 mm.
- PROSTUPY MUSÍ KORESPONDOVAT SE STAVEBNÍ ČÁSTÍ A S ČÁSTÍ PROFESÍ.
- DODATEČNÉ PROSTUPY MOHOU BÝT DO VELIKOSTI 150x150 mm.

- KOTEVNÍ DÉLKA PRO BETON C30/37 A PRO VÝZTUŽ $\phi 6$ JE 320 mm, $\phi 8$ JE 430 mm, $\phi 10$ JE 540 mm, $\phi 12$ JE 650 mm, $\phi 14$ JE 760 mm, $\phi 16$ JE 860 mm, $\phi 18$ JE 970 mm, $\phi 20$ JE 1080 mm, $\phi 22$ JE 1190 mm, $\phi 25$ JE 1350 mm A $\phi 28$ JE 1510 mm.

- VÝZTUŽ KOLMÁ K HLAVNÍ VÝZTUŽI VYKONZOLOVANÉ ČÁSTI DESKY JE VYKÁZANA V ŘEZU NA BĚŽNÉ METRY.
- UPRAVIT PŘESAHUJÍCÍ VÝZTUŽ DO BEDNĚNÍ.
- V MÍSTECH PROSTUPŮ VÝZTUŽ ROZTÁHNOUT NEBO UPÁLIT.

- VÝZTUŽ JE NAVRŽENA NA MAX. ŠÍŘKU TRHLINY $w_{lim} = 0,3$ mm.

- ⊗ HORNÍ HRANA
- ⊙ SPODNÍ HRANA

BETON	C30/37–XC2,XF3–C10.2–Dmax 16–S3 – DESKA
KRYTÍ	30 mm
BETON	C30/37–XC2,XF1–C10.2–Dmax 16–S3 – SLOUPY
KRYTÍ	30 mm
BETON	C30/37–XC2,XF1–C10.2–Dmax 16–S3 – STĚNA
KRYTÍ	38 mm
BETON	C30/37–XC2,XA1–C10.2–Dmax 22–S3 – ZÁKLADOVÁ DESKA
KRYTÍ	40 mm
OCEL	B500B

UVÁDĚNÉ DÉLKY JSOU VZTAŽENY K OSE PRUTU.
 POLOMĚRY OBLOUKŮ JSOU VZTAŽENY KE STŘEDNICI.
 NEZNAČENÉ ÚHLY JSOU NÁSOBKY 45°.
 CELKOVÉ DÉLKY VLOŽEK JSOU STŘIŽNÉ DÉLKY.
 ROVNÉ VLOŽKY JSOU VE VÝKAZU OZNAČENÉ '*'.

TABULKA VÝZTUŽE

Pol	Profil	Delka [mm]	ks	50	
				ks	12
*1	50 12	3050	14	42.7	
2	50 12	1150	24	27.6	
3	50 12	1500	24	36.0	
4	50 12	2350	28	65.8	
5	50 12	690	30	20.7	
CELKOVÁ DELKA [m]				192.8	
HMOTNOST [kg]				171.2	
CELKOVÁ HMOTNOST [kg]				171.2	

OBOR	PŘEDMĚT	JMÉNO STUDENTA		
SI-C 25	133BAPC	RADIM VÍTEK		
ROČNÍK	VEDOUcí			
4.	Ing. MARTIN TIPKA, Ph.D.			
TÉMA:			FORMÁT	A3
NÁVRH A ANALÝZA KONSTRUKCE AUTOBUSOVÉ ZASTÁVKY			MĚŘÍTKO	1:50, 1:25
NÁZEV:			DATUM	22.05.2023
VÝKRES VÝZTUŽE – STĚNA – VARIANTA 1 A 2			Č. VÝKR.	12