

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra mechaniky



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Konstrukční systém vily nad krajinou

Robin Blažek

2018

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci na téma *Konstrukční systém vily nad krajinou* vypracoval samostatně za odborného vedení vedoucího Ing. Arch., Ing. Františka Denka, Ph.D., a že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Dále prohlašuji, že nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

.....

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji Ing. Arch., Ing. Františku Denkovi, Ph.D. za jeho odborné vedení a užitečné rady při zpracování bakalářské práce.

**KONSTRUKČNÍ SYSTÉM VILY
NAD KRAJINOU**

**STRUCTURAL DESIGN OF HOUSE
RAISED ABOVE THE LANDSCAPE**

Anotace:

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem konstrukčního systému velkorozponové vily. Zdrojem základních rozměrů a koncepce celého projektu je architektonická studie již realizované stavby s názvem Villa Kogelhof. Cílem práce je na základě studie daného objektu a vykonané rešerše předběžně navrhnout možné varianty konstrukčních systémů, vzájemně porovnat jejich výhody/nevýhody a následně jednu konkrétní alternativu podrobněji rozpracovat. Součástí finálního návrhu bude také výkresová část.

Klíčová slova: konstrukční systém, velkorozponová konstrukce, ocelové táhlo, zavěšená podlaha, ocelový rošt, lepený lamelový nosník

Annotation:

This thesis focuses on structural design of large-span house. Source of basic dimensions and idea of the whole project is architectural study of already built building called Villa Kogelhof. Objective of thesis is draft of several structural systems, their mutual comparison and one of the systems is designed more detailed. Drawing part is also included in final design.

Keywords: structural system, large-span building, steel tension rod, suspended floor, steel grid, glue-laminated beam



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

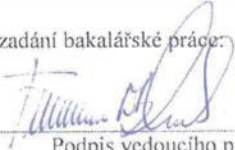

Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE


Příjmení:	BLAŽEK	Jméno:	ROBIN	Osobní číslo:	439179
Zadávací katedra:	K132 - KATEDRA MECHANIKY				
Studijní program:	STAVEBNÍ INŽENÝRSTVÍ				
Studijní obor:	KONSTRUKCE POZEMNÍCH STAVEB				

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:	KONSTRUKČNÍ SYSTÉM VILY NAD KRAJINOU				
Název bakalářské práce anglicky:	STRUCTURAL DESIGN OF HOUSE RAISED ABOVE				
Pokyny pro vypracování:	THE LANDSCAPE				
	<ul style="list-style-type: none">- REŠERŠE KONSTRUKČNÍ KONZOLOVÝCH, VISUTÝCH, ZÁNEŠENÝCH OBJEKTŮ- POPIS ŘEŠENÉHO OBJEKTU- NÁVRH VARIANT KONSTRUKČNÍCH SYSTÉMŮ- PODROBNĚ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ FINÁLNÍ VARIANTY- VÝKRESOVÁ ČÁST				
Seznam doporučené literatury:					
Jméno vedoucího bakalářské práce:	ING. ARCH., ING. FRANTIŠEK DENK, PH.D.				
Datum zadání bakalářské práce:	16.2.2018	Termín odevzdání bakalářské práce:	27.5.2018		
			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“.

22.2.2018	
Datum převzetí zadání	Podpis studenta(ky)

Obsah

1	Úvod.....	9
2	Villa Kogelhof	9
3	Cíle práce	11
4	Rešerše konstrukcí konzolových, visutých a zavěšených objektů	12
4.1	Ragnarock Museum – MVRDV & COBE.....	12
4.2	Balancing Barn – MVRDV.....	13
4.3	Millennium Dome – Richard Rodgers	15
4.4	Museum of Tomorrow – Santiago Calatrava	16
4.5	Statoil International offices – A-LAB.....	18
4.6	DNB Bank Headquarters - MVRDV	20
4.7	Viadukt Millau – Norman Foster	21
5	Varianty konstrukčních systémů	23
5.1	Železobetonová předpjatá deska	23
5.1.1	Popis.....	23
5.1.2	Předběžný návrh.....	24
5.2	Ocelový příhradový nosník.....	27
5.2.1	Popis.....	27
5.2.2	Předběžný návrh.....	29
5.3	Lepený lamelový nosník	31
5.3.1	Popis.....	31
5.3.2	Předběžný návrh.....	32
5.4	Ocelový vierendeelův nosník.....	35
5.4.1	Popis.....	35
5.4.2	Předběžný návrh.....	36
6	Podrobné konstrukční řešení finální varianty	38
6.1	Zatížení	39
6.1.1	Zatížení sněhem	39
6.1.2	Zatížení větrem	39
6.1.3	Užitné zatížení.....	41
6.2	Skladby	41
6.2.1	Skladba podlahy.....	41
6.2.2	Skladba střešního pláště.....	41
6.2.3	Fasádní panely.....	41
6.3	3D model.....	41

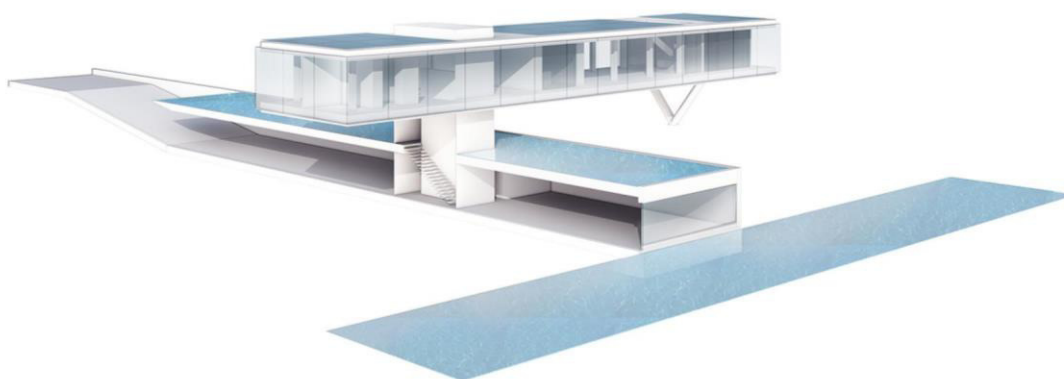
6.4	Návrh ocelového příčnicku	43
6.4.1	Výpočet vnitřních sil	43
6.4.2	Návrh profilu	43
6.5	Návrh táhla	44
6.5.1	Výpočet vnitřních sil	44
6.5.2	Návrh táhla	44
6.6	Návrh lepeného lamelového nosníku	45
6.6.1	Výpočet vnitřních sil	45
6.6.2	Návrh profilu	45
6.7	Návrh příčnicku ve střešní konstrukci	49
6.7.1	Výpočet vnitřních sil	49
6.7.2	Návrh profilu	49
7	Výkresová část	51
7.1	Půdorys podlahy	52
7.2	Půdorys stropu	53
7.3	Příčný řez A-A'	54
7.4	Příčný řez B-B'	54
7.5	Podélný řez	55
7.6	Detail č.1 – schéma uložení vazníku	56
7.7	Detail č.2 – schéma ukotvení táhla	57
8	Závěr	58
9	Zdroje	59
9.1	Seznam použité literatury	59
9.2	Seznam použitých norem	62
9.3	Seznam použitého softwaru	62

1 Úvod

Překonání velkého rozpětí za použití co nejmenšího počtu podpor je jedním z významných témat architektury již od rané historie a přetrvává dodnes. Problém týkající se dříve především halových objektů a mostů se v poslední době přenáší i do budov obytných. Stále náročnější požadavky na prostornost interiérů a variabilitu vnitřní dispozice vyžadují moderní technologické postupy a užívání lepších a únosnějších materiálů. V minulosti nepředstavitelné konzoly na desítky metrů, či rozpětí mezi podporami ve dvojciferných hodnotách dnes již nejsou překážkou. Ukázkou tohoto trendu je i Villa Kogelhof, jejímž návrhem se v práci budu zabývat.

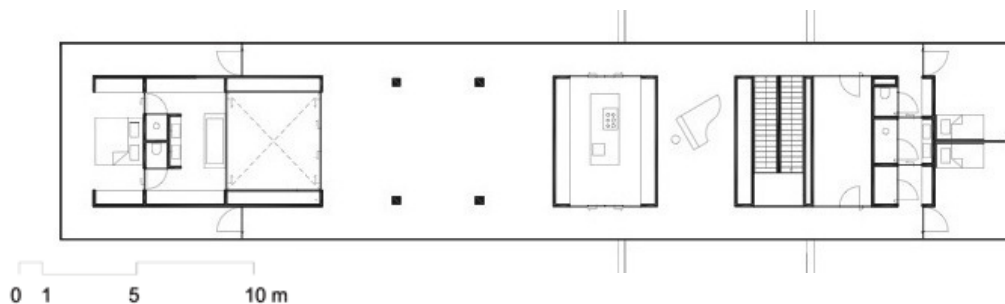
2 Villa Kogelhof

Jedná se o projekt navržený holandskou architektonickou kanceláří Paul de Ruiter Architects. Nachází se u města Noord-Beveland na jihozápadě Nizozemí a je součástí pozemků o rozloze 25 hektarů, na jejichž území se nachází ekologická zóna s chráněnými živočišnými i rostlinnými druhy.



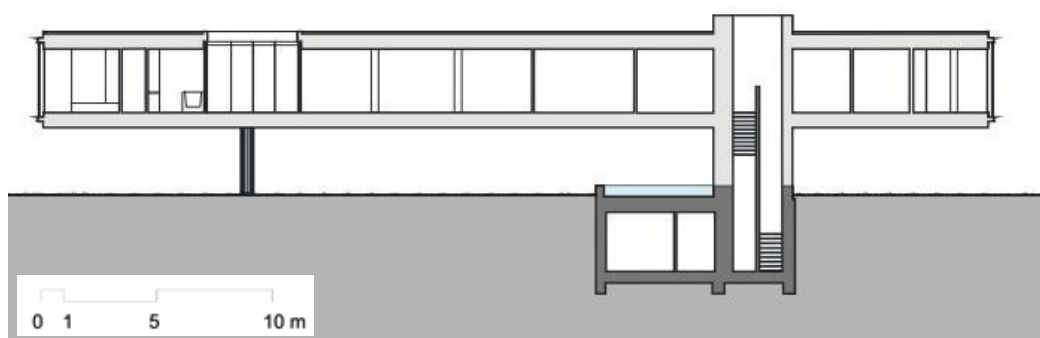
Obrázek 1 - Vila Kogelhof - 3D vizualizace ^[1]

Konstrukčně lze objekt rozdělit na stavbu spodní a vrchní. V části pod terénem se nachází parkoviště pro 6 automobilů, sklad a koupelna s WC. Nad stropem je pak utvořena mělká vodní plocha, která zvenčí vypadá jako nádrž či rybník. Ta má prosklené dno, jenž zajišťuje dostatečný přívod světla. Schodišťové jádro propojuje podzemní a nadzemní prostory. Ty jsou vyhrazeny obytným prostorům. Velmi otevřený půdorys obsahuje několik skleněných příček, 2ložnice, koupelnu, kuchyňku a volné pobytové místnosti.



Obrázek 2 - Vila Kogelhof - Půdorys^[1]

Vrchní stavba je kvádr o rozměrech cca 40 x 8,3 x 4 m a je podepřena pouze schodišťovým jádrem a podporou ve tvaru „V“. Ze statického hlediska jde o rozpětí 20 m s převislými konzolami o délce 8,5 m na obě strany.



Obrázek 3 - Vila Kogelhof - Řez podélný^[1]

Důležitým prvkem celého konceptu je kompletně prosklená fasáda, která má poskytovat obyvatelům krásné výhledy do krajiny a umocňovat pocit propojení s okolním prostředím. Technologie mají zajišťovat objektu jeho soběstačnost ve smyslu výroby vlastní energie a využití vody z mělké nádrže nad garážemi k vytápění. K energetické náročnosti by měla přispívat i, již zmiňovaná, prosklená fasáda s vnitřními roletami.



Obrázek 4 - Vila Kogelhof – foto^[2]

3 Cíle práce

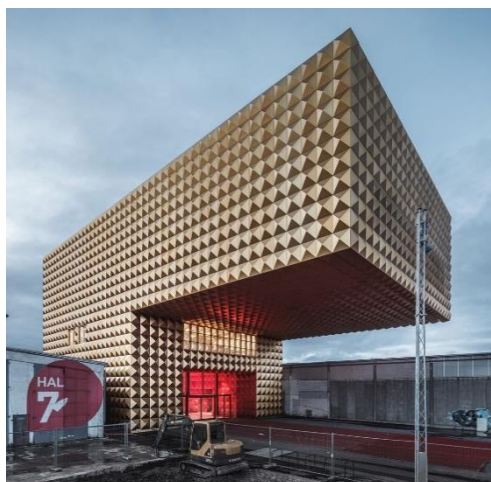
Jakožto první cíl práce lze označit vykonání rešerše. Jejím hlavním tématem je překonání velkého rozpětí a týkat se bude především visutých, konzolových a zavěšených konstrukcí. Sloužit by měla ke zmapování možných řešení této problematiky.

Úkolem části následující je na základě zadaných parametrů ze studie a vykonané rešerše navrhnout několik variant konstrukčního řešení Villy Kogelhof. Vzhledem k náročnosti a rozsahu budovy se práce zabývá pouze vrchní stavbou a její součástí není řešení základových konstrukcí objektu. Jednotlivé konstrukční systémy budou podrobeny předběžnému návrhu, aby došlo ke zjištění alespoň přibližných geometrických rozměrů hlavních nosných prvků. Na základě výsledků by mělo dojít k určitému zhodnocení a případnému porovnání s ostatními variantami, a to ať už z pohledu finančního, konstrukčního či realizačního.

Posledním cílem je výběr jedné z variant (kritéria výběru nejsou přesně definována) a její podrobnější řešení. Návrh se bude opět týkat především hlavních nosných prvků. Konstrukce tvořící podpory bude pouze konstrukčně naznačena, bez výpočtů dimenzí. Stejně rozpracovanosti budou i detaily, které budou řešeny pouze principiálně, bez výpočtů konkrétních rozměrů. Řešení základových konstrukcí není součástí této práce. Do práce je zařazena i výkresová dokumentace, popisující hlavní nosné prvky.

4 Rešerše konstrukcí konzolových, visutých a zavěšených objektů

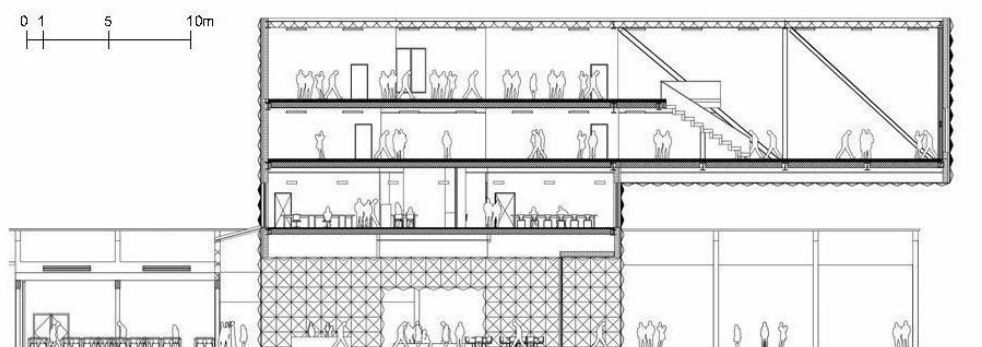
4.1 Ragnarock Museum – MVRDV & COBE



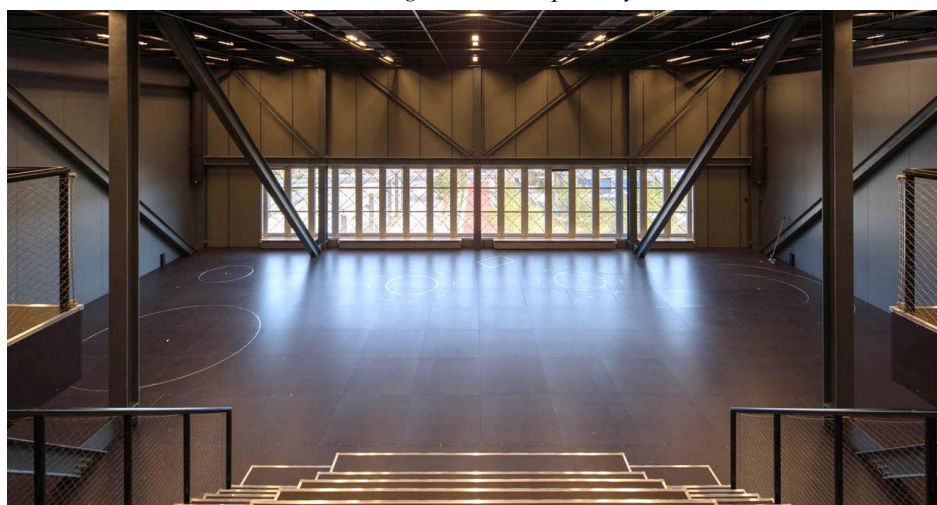
Obrázek 5 - Ragnarock – foto^[3]

Objekt byl naprojektován ve spolupráci holandské architektonické skupiny MVRDV a dánské architektonické kanceláře COBE. Budova se nachází ve městě Roskilde na jihovýchodě Dánska a jedná se o museum populární a rockové hudby. Exteriér musea je tvořen hliníkovými panely zlaté barvy vytvarovanými do jehlanu. Hlavním prvkem poutajícím pozornost na první pohled je 20metrová konzola, uvnitř které se nachází

prostor auditoria. Konzola je vytvořena pomocí pravoúhlého roštu z válcovaných „I“ profilů a dvou šikmých vzpěr, spojujících podlahovou a stropní část. Užití ocelové konstrukce je pro podobné objekty v dnešní době velmi časté řešení.



Obrázek 6 - Ragnarock - řez podélný^[4]



Obrázek 7 - Ragnarock – prostor auditoria^[4]

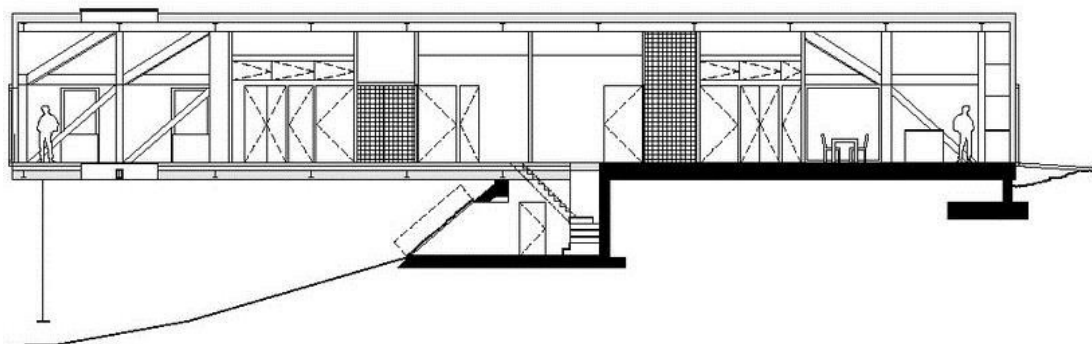
4.2 Balancing Barn – MVRDV



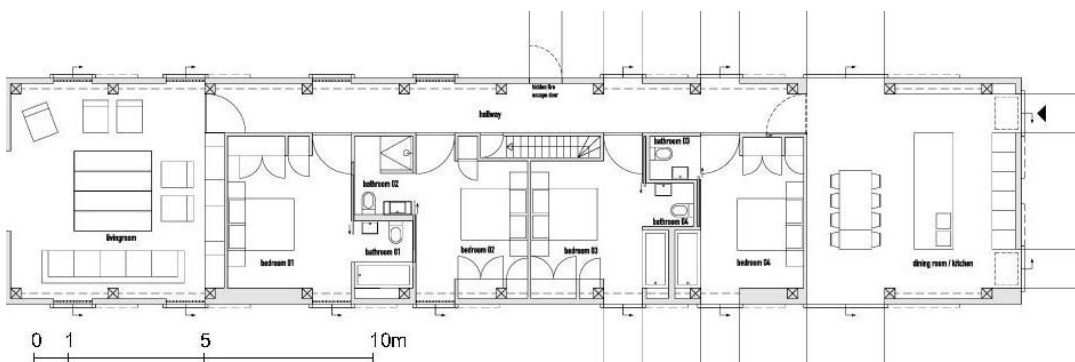
Obrázek 8 - Balancing Barn – foto^[5]

Dalším z projektů MVRDV je Balancing Barn neboli „vyvážená stodola“. Jedná se o obytnou budovu pro rodinné bydlení, jejíž venkovní vzhled, připomínající stodolu, odkazuje na tradiční anglický venkov, kde se také nachází (konkrétně městečko Suffolk na východě Anglie). Hlavní myšlenkou bylo vytvořit něco typického pro dané prostředí neobvyklým způsobem. K tomu posloužilo

vysunutí objektu přes hranu svahu. V interiéru je kladen důraz na přírodní materiály, především na dřevo. Velká okna a část skleněné podlahy v konzolové části mají v návštěvnicích umocňovat jedinečný pocit propojení s přírodou. Podélný rozměr domu je 30 metrů a téměř polovina je tvořena konzolou. Opět zde byla použita ocelová konstrukce, konkrétně pravoúhlý rošt z válcovaných „I“ profilů a spojení stropní s podlahovou deskou je zajištěno šikmými vzpěrami.



Obrázek 9 - Balancing Barn – řez podélný^[5]



Obrázek 10 - Balancing Barn – půdorys^[6]



Obrázek 11 - Balancing Barn – nosná ocelová konstrukce během výstavby^[7]



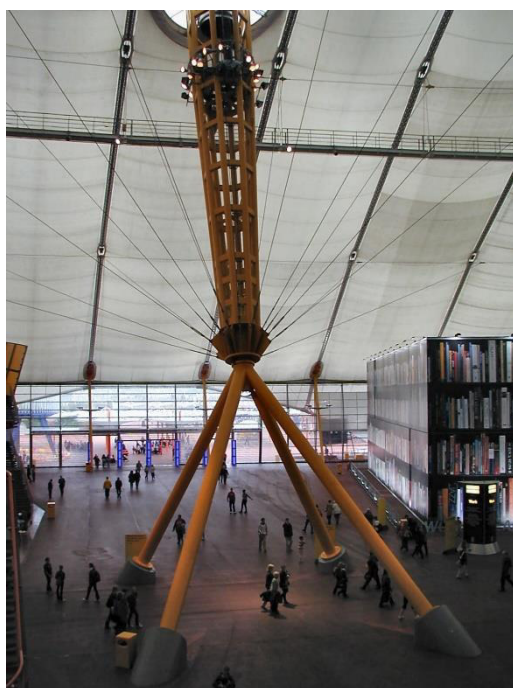
Obrázek 12 - Balancing Barn – výsledné zakrytí ocelové konstrukce dřevěným obkladem^[7]

4.3 Millennium Dome – Richard Rodgers

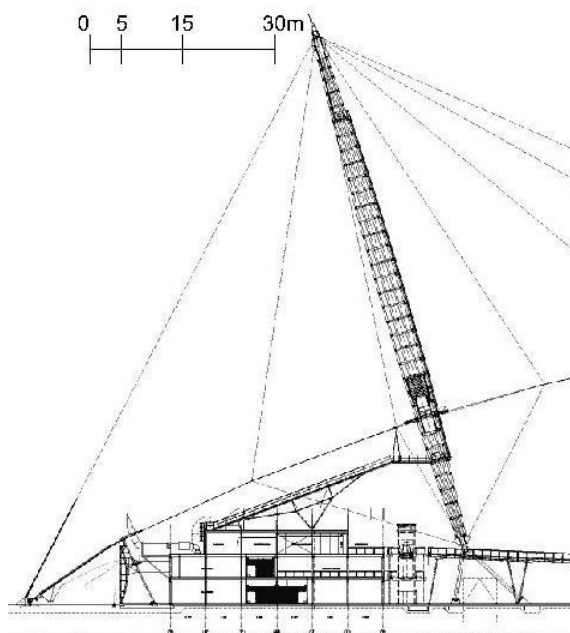


Obrázek 13 - Millennium Dome – foto^[8]

Autorem stavby je Richard Rogers, britský architekt, který se do povědomí veřejnosti dostal především díky projektu Centre Georges Pompidou. Millennium Dome byl postaven na oslavu příchodu nového milénia. Pro umístění byl vybrán Greenwichský poloostrov v Londýně. Jedná se o zavěšenou konstrukci. Kupolovité zastřešení je zajištěno dvanácti 95 m vysokými ocelovými sloupy, které ční skrze střešní plášť směrem vzhůru. Ten je tvořen tkaninou ze skleněných vláken s teflonem (PTFE). Půdorysně jde o kruh s průměrem 365 m. V nejvyšším místě dosahuje střecha výšky 50 m a zastřešuje plochu přes 100 000 m². Tyto parametry ji řadí mezi největší samostatně zastřešené stavby světa. Do rešerše jsem objekt zahrnul z toho důvodu, že principiálně se také jedná o překonání velkého rozpětí a zavěšení konstrukce je jedním z možných řešení této problematiky.



Obrázek 14 - Millennium Dome – sloup^[9]



Obrázek 15 - Millennium Dome – částečný řez^[10]

4.4 Museum of Tomorrow – Santiago Calatrava



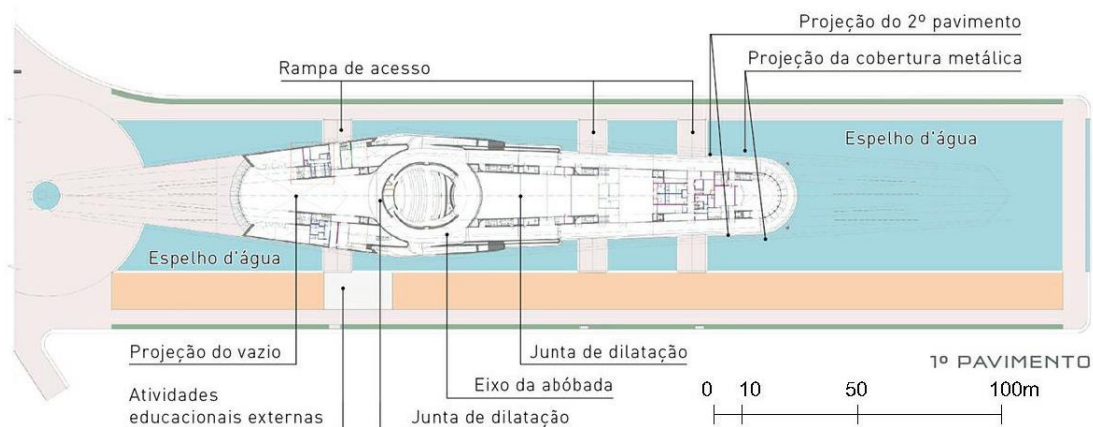
Obrázek 16 - Museum of Tomorrow - foto^[11]

„Muzeum zítřka“ je značně extravagantní betonová konstrukce. Nachází se v Riu de Janeiru, v Brazílii. Na obě strany objektu přesahuje vykonzolovaná střešní část v délce až 75 m. Těchto rozměrů bylo dosaženo pomocí monolitické betonové konstrukce s předpínací výztuží.

Důležitým prvkem celého návrhu byla energetická náročnost budovy. Na povrchu střechy proto byly zkonstruovány střešní solární panely na pohyblivých lamelách, umožňující natočení vždy do co nejpříznivějšího úhlu. Voda ze zálivu je pak používána k regulaci teploty v budově a také jako zdroj vody pro fontány vedle objektu.



Obrázek 17 - Museum of Tomorrow – finální vizualizace^[12]



Obrázek 18 - Museum of Tomorrow – půdorys^[13]



Obrázek 19 - Museum of Tomorrow – bednění hlavní nosné konstrukce^[14]



Obrázek 20 - Museum of Tomorrow – detail bednění krajní části^[14]

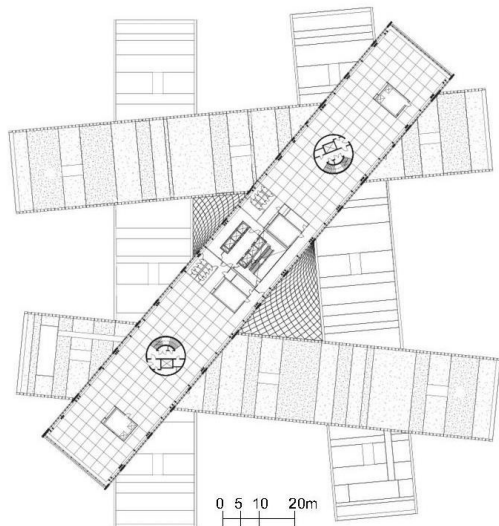
4.5 Statoil International offices – A-LAB



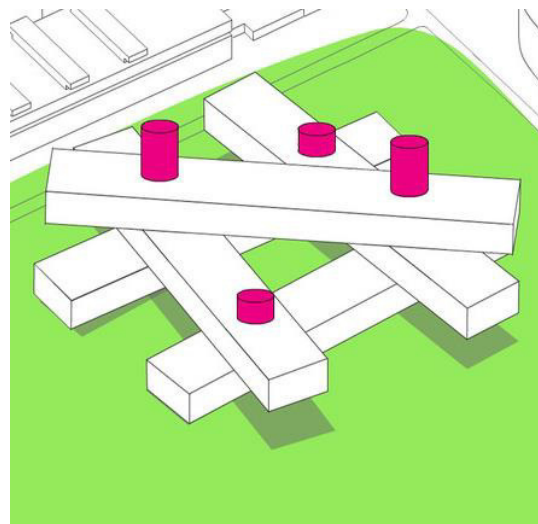
Obrázek 21 - Statoil – foto^[15]

Mezinárodním sídlem olejové firmy Statoil se staly kancelářské budovy v Oslu navržené norskými architekty ze společnosti A-Lab. Objekt je umístěn na pobřeží místního fjordu a díky originálnímu

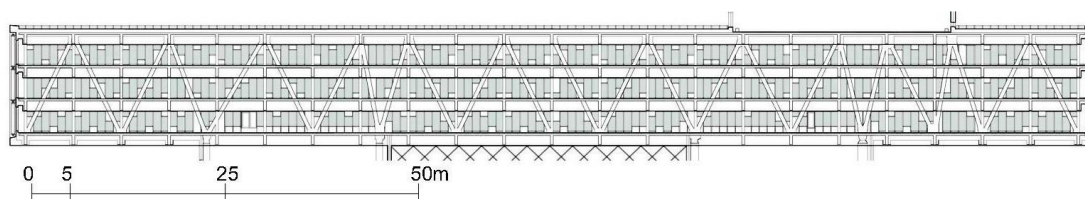
uspořádání poskytuje jedinečné výhledy z konzolových částí do krajiny. Konstrukce komplexu se skládá z pěti kvádrů o půdorysných rozměrech 140 x 23 m. Na sebe jsou jednotlivé útvary poskládány ve třech úrovních. Spojujícími prvky jsou čtyři železobetonová jádra se schodišti. Hlavní nosnou funkci zde plní ocelová příhradová konstrukce, která umožnila vytvořit až 30 m konzolu. Fasáda je pak tvořena z prefabrikovaných panelů, jejichž součástí jsou okenní otvory, tepelná izolace i systém stínění.



Obrázek 22 - Statoil - půdorys^[15]



Obrázek 23 - Statoil - 3D perspektiva^[15]



Obrázek 24 - Statoil - řez kvádrem^[15]

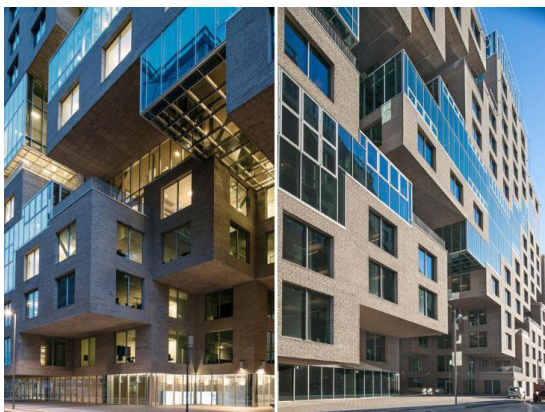


Obrázek 25 - Statoil – Ukládání ocelové konstrukce^[16]



Obrázek 26 - Statoil – Uložení betonových vazníků do kapsy na příhradové konstrukci^[16]

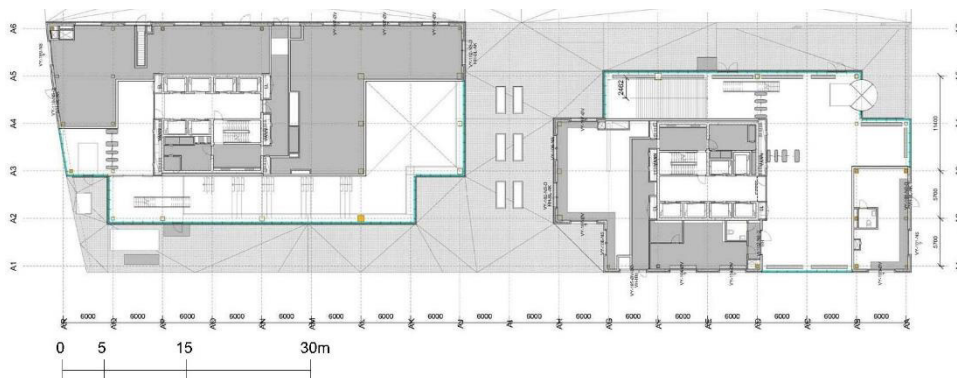
4.6 DNB Bank Headquarters - MVRDV



Obrázek 27 - DNB Headquarters – foto^[17]

Budova je součástí nové finanční čtvrti v centru Osla. Bankovní společnost DNB si zde nechala postavit hned tři objekty vedle sebe. Základní myšlenka projektu je založena na tzv. „pixel cubes“. Stavba je tvořena z modulových jednotek o šířce 6 m. Ty jsou skládány a spojovány napříč celým komplexem, místy jsou také vynechány a vznikají tak volné prostory

mezi. Jednotlivé „kostky“ jsou tvořeny ocelovou konstrukcí, která je zvenčí schována za cihlovými obklady. Objekt má 17 poschodí a nabízí přes 36 000 m² podlahové plochy. V interiéru lze spatřit přiznanou ocelovou konstrukci.



Obrázek 28 - DNB Headquarters - půdorys^[18]



Obrázek 29 - DNB Headquarters - model^[19]

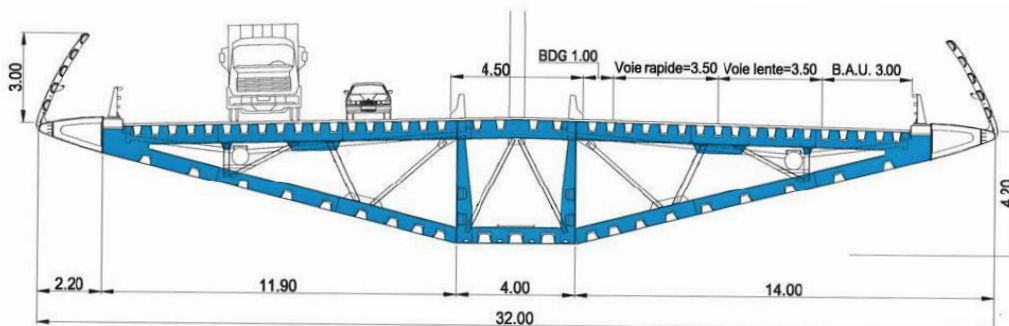
4.7 Viadukt Millau – Norman Foster



Obrázek 30 - Viadukt Millau - foto^[20]

Bezespору největším a také nejznámějším počinem britského architekta Normana Fostera je Viadukt Millau, silniční most o délce téměř 2,5 kilometrů na jihu Francie. Ze statického hlediska se jedná o tenkou ocelovou zavěšenou konstrukci. Hlavním nosným prvkem je ocelová komora lichoběžníkového tvaru a max. výšky v ose 4,2 m.

Mostovka byla průběžně vysouvána z obou stran (viz obr. 34). Půdorysné rozměry pilířů se mění po celé výšce až na maximálních 17 x 27 m. Nejvyšší pilíř ční do výšky 246 m. Pylony jsou ocelové a dosahují výšky 87 m. Na závěsy byla použita lana T15S s pevností 1 860 MPa. Ocelové prvky jsou z materiálu S355 a S460, betonová část je pak z betonu B60 (dle dnešního značení C50/60).



Obrázek 31 - Viadukt Millau - řez mostovkou^[21]



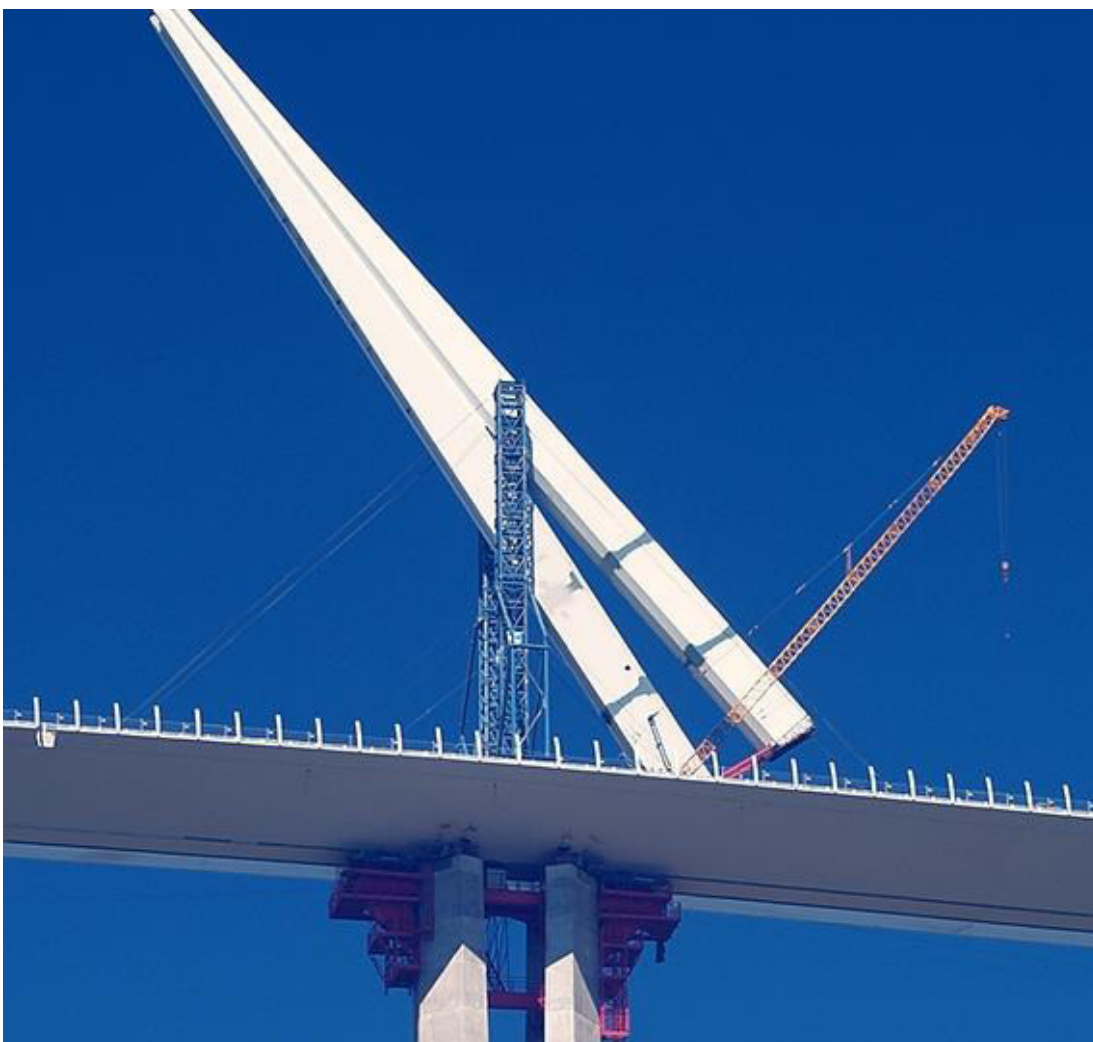
Obrázek 32 - Viadukt Millau - řez mostovkou (foto)^[22]



Obrázek 33 - Viadukt Millau - řez pilířem (foto)^[23]



Obrázek 34 - Viadukt Millau – vysouvání mostovky^[24]



Obrázek 35 - Viadukt Millau – vztyčování pylonu^[25]

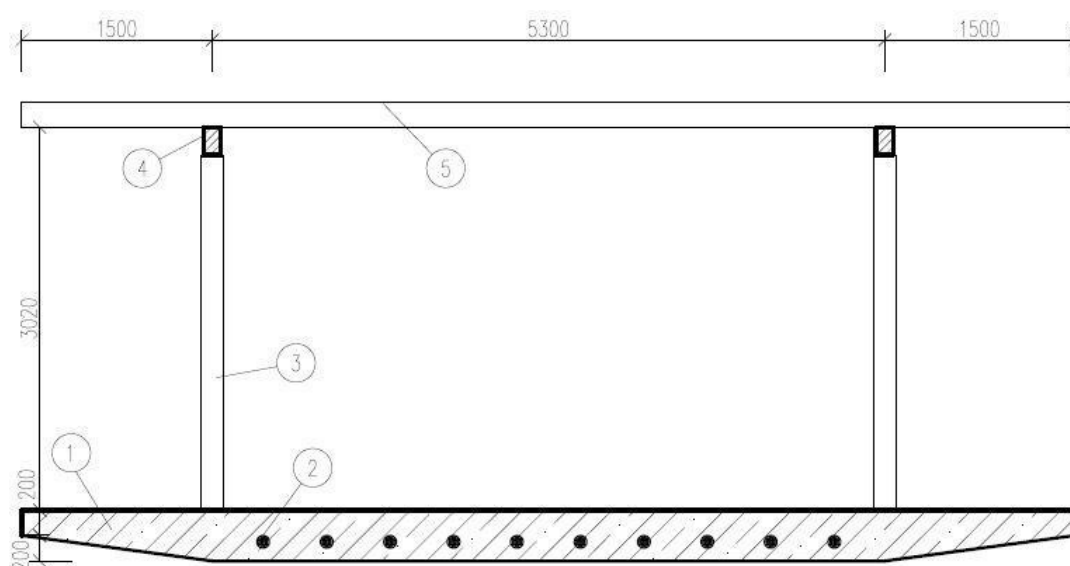
5 Varianty konstrukčních systémů

V následující části budou prezentovány jednotlivé konstrukční varianty. Mezi společné položky návrhu patří umístění stavby na území ČR do oblasti Polabí (Pardubice). Přírodní podmínky jsou tedy obdobné jako v případě skutečné realizace. Jedná se o velmi mírná zatížení větrem i sněhem a na základě tohoto předpokladu nejsou tato zatížení v předběžných návrzích uvažována. Naopak nezanedbatelnou částí je zatížení užitné (o velikosti $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$) a stálé od skladby podlahy (těžká podlaha), případně střešního pláště.

5.1 Železobetonová předpjatá deska

5.1.1 Popis

Základním nosným prvkem, který slouží k překonání rozpětí, je železobetonová deska s předpjatou výztuží. Na betonové desce je pak vytvořena dřevěná konstrukce, skládající se ze sloupů, podélných trámů a následných příčných prvků, nesoucích střešní skladbu. Dále by se zde nacházelo potřebné zavětrování v několika rovinách, aby i tato část objektu dosáhla potřebné prostorové tuhosti.

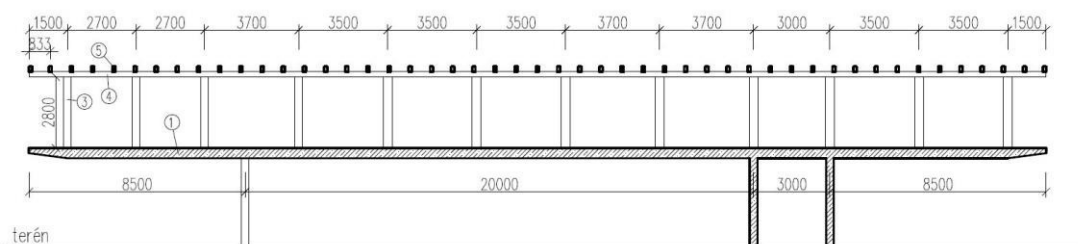


- 1) ŽB předpjatá deska - tl. 400mm
- 2) Předpínací výztuž - 10kabelů po 24lanech (Y1860S7)
- 3) Dřevěné sloupy tvořící nosnou konstrukci
- 4) Dřevěné podélníky uložené na sloupy
- 5) Příčnický nesoucí střešní skladbu s OSB deskami

Obrázek 36 – ŽB deska - řez příčný

Původní myšlenkou bylo použití dvojitého „T“ průřezu místo desky. To by však vyžadovalo poměrně velké rozměry prvku kvůli prostoru nutnému k umístění

předpínacích kabelů. Desková varianta se ukázala jako vhodnější a pohledově subtilnější.



- 1) ŽB předpjatá deska - tl. 400mm
- 2) Předpínací výztuž
- 3) Dřevěné sloupy tvořící nosnou konstrukci
- 4) Dřevěné podélníky uložené na sloupy
- 5) Příčnický nosoucí střešní skladbu s OSB deskami

Obrázek 36 – ŽB deska - řez podélný

Výhodou je především variabilita vrchní stavby, umožňující téměř jakoukoli dispozici. Použití dřevěné konstrukce souhlasí s konceptem objektu, který je zasazený do přírody a je součástí regionální ekologické zóny. Mezi nevýhody můžeme zařadit mokré prostředí na stavbě, a i vyšší náročnost realizace předepjatých prvků. S tím souvisí také nárůst finančních nároků celého projektu.

5.1.2 Předběžný návrh

- Deska uvažována jako jeden profil a zatížení bylo přepočteno na metr běžný
- Materiály: beton C60/75, předepnutá lana Y1860, Ø15,7mm
- V úvahu byla brána charakteristická a kvazistálá kombinace pro posouzení napětí v MSP
- Charakteristická kombinace:

$$\Sigma G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,1} \cdot Q_{k,i}$$

– z proměnných zatížení uvažujeme pouze užité, tedy:

$$\Sigma G_{k,j} + Q_{k,1}$$

- Kvazistálá kombinace:

$$\Sigma G_{k,j} + P + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

– součinitel ψ_2 pro obytné plochy je 0,3:

$$\Sigma G_{k,j} + 0,3 \cdot Q_{k,i}$$

- Uvažuji umístění předpínacích kabelů v horní části průřezu pro podporovou část a v dolní části pro část v poli

- Vytvořen 2D model v programu SCIA Engineer (dále jen SCIA) pro výpočet vnitřních sil (ohybových momentů)

Výsledná zatížení:

stálé zatížení bez vlastní tíhy $g_k = 23,2 \text{ kN/m}$

užitné zatížení $q_k = 12,5 \text{ kN/m}$

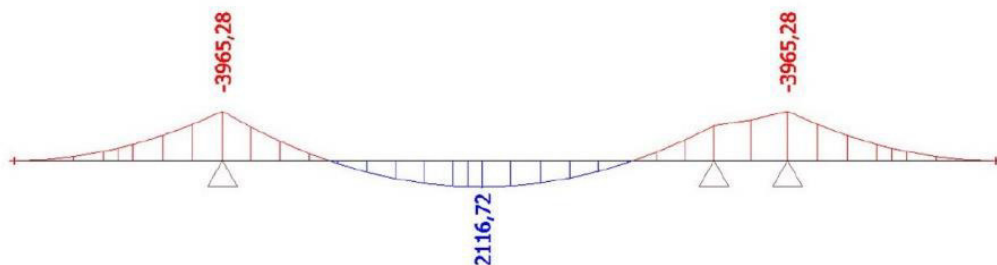
vlastní tíhu zahrnuje software SCIA automaticky ($g_{0,k} \cong 75 \text{ kN/m}$)

Výsledky ze SCIA:

- **Pro charakteristickou kombinaci:**

Moment nad podporou: $M_{ek,1} = 3965 \text{ kNm}$

Moment v poli: $M_{ek,2} = 2116 \text{ kNm}$

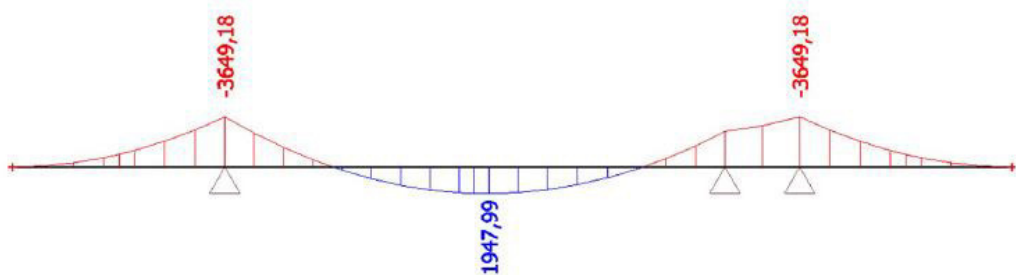


Obrázek 37 - Vykreslení "Mek" pro charakteristickou kombinaci

- **Pro kvazistálou kombinaci:**

Moment nad podporou: $M_{ev,1} = 3650 \text{ kNm}$

Moment v poli: $M_{ev,2} = 1950 \text{ kNm}$



Obrázek 38 - Vykreslení "Mev" pro kvazistálou kombinaci

Posouzení napětí nad podporou:

Charakteristická kombinace

$$\sigma_h = -\frac{N_p}{A_c} - \frac{N_p \cdot e_p}{W_h} + \frac{M_{ek}}{W_h} = -\frac{39,9}{3,02} - \frac{39,9 \cdot 0,037}{0,202} + \frac{3,965}{0,202}$$

$$\sigma_h = |-0,89| \text{ MPa} \leq 0,6f_{ck} = 36 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_d = -\frac{N_p}{A_c} + \frac{N_p \cdot e_p}{W_d} - \frac{M_{ek}}{W_d} = -\frac{39,9}{3,02} + \frac{39,9 \cdot 0,037}{0,177} - \frac{3,965}{0,177}$$

$$\sigma_d = |-27,3| \text{ MPa} \leq 0,6f_{c_k} = 36 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Kvazistálá kombinace

$$\sigma_h = -\frac{N_p}{A_c} - \frac{N_p \cdot e_p}{W_h} + \frac{M_{ev}}{W_h} = -\frac{39,9}{3,02} - \frac{39,9 \cdot 0,037}{0,202} + \frac{3,650}{0,202}$$

$$\sigma_h = |-2,45| \text{ MPa} \leq 0,45f_{c_k} = 27 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_d = -\frac{N_p}{A_c} + \frac{N_p \cdot e_p}{W_d} - \frac{M_{ev}}{W_d} = -\frac{39,9}{3,02} + \frac{39,9 \cdot 0,037}{0,177} - \frac{3,650}{0,177}$$

$$\sigma_d = |-25,5| \text{ MPa} \leq 0,45f_{c_k} = 27 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posouzení napětí v poli:

Charakteristická kombinace

$$\sigma_h = -\frac{N_p}{A_c} + \frac{N_p \cdot e_p}{W_h} - \frac{M_{ek}}{W_h} = -\frac{39,9}{3,02} + \frac{39,9 \cdot 0,063}{0,202} - \frac{2,115}{0,202}$$

$$\sigma_h = |-11,2| \text{ MPa} \leq 0,6f_{c_k} = 36 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_d = -\frac{N_p}{A_c} - \frac{N_p \cdot e_p}{W_d} + \frac{M_{ek}}{W_d} = -\frac{39,9}{3,02} - \frac{39,9 \cdot 0,063}{0,177} + \frac{2,115}{0,177}$$

$$\sigma_d = |-15,5| \text{ MPa} \leq 0,6f_{c_k} = 36 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Kvazistálá kombinace

$$\sigma_h = -\frac{N_p}{A_c} + \frac{N_p \cdot e_p}{W_h} - \frac{M_{ev}}{W_h} = -\frac{39,9}{3,02} + \frac{39,9 \cdot 0,063}{0,202} - \frac{1,950}{0,202}$$

$$\sigma_h = |-10,4| \text{ MPa} \leq 0,45f_{c_k} = 27 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

$$\sigma_d = -\frac{N_p}{A_c} - \frac{N_p \cdot e_p}{W_d} + \frac{M_{ev}}{W_d} = -\frac{39,9}{3,02} - \frac{39,9 \cdot 0,063}{0,177} + \frac{1,950}{0,177}$$

$$\sigma_d = |-16,4| \text{ MPa} \leq 0,45f_{c_k} = 27 \text{ MPa}$$

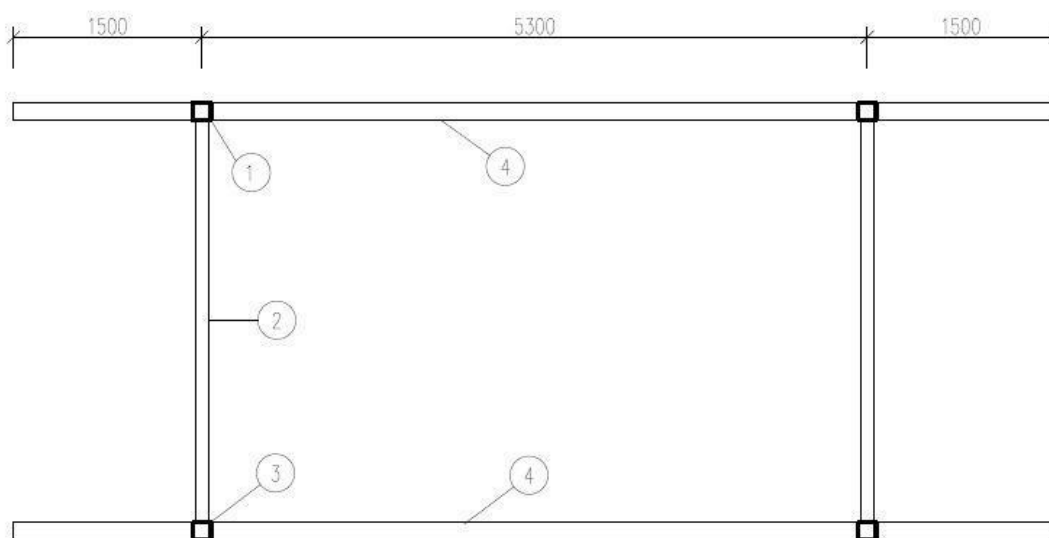
VYHOVUJE

→ Předpínací výztuž zajišťuje pro oba průřezy pouze tlakové namáhání.

5.2 Ocelový příhradový nosník

5.2.1 Popis

Hlavní nosnou konstrukci v této variantě tvoří dva příhradové nosníky. Dolní pás je v rovině podlahy a horní pás v rovině stropu. Oba nosníky jsou spojeny příčnými ocelovými profily v místech jednotlivých styčníků. Zároveň bylo umístění diagonál voleno tak, aby se rozmístění styčníků shodovalo s polohou podpor. Díky tomu došlo k menší odlišnosti ve statickém schématu od předchozích variant a jedná se zde o nosník na dvou podporách. Tato úprava však umožnila nahlížet na konstrukci jako na čistě s příhradovým působením, tj. prvky nosníku jsou namáhány pouze osově. I tentokrát by se jak ve střešní, tak v příčné rovině vyskytovalo zavětrování pro zajištění prostorové tuhosti.



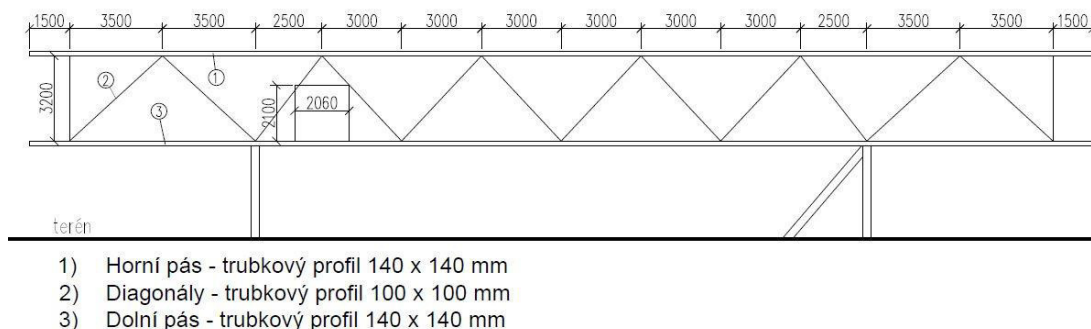
- 1) Horní pás - trubkový profil 140 x 140 mm
- 2) Diagonály - trubkový profil 100 x 100 mm
- 3) Dolní pás - trubkový profil 140 x 140 mm
- 4) Příčníky v místech styčníků obou nosníků

Obrázek 39 - Příhradovina - řez příčný

Velkou nevýhodou, která ovlivňuje celkovou podobu příhrady, je dispoziční řešení interiéru. Původní návrh zahrnuje spoustu volného prostoru a umožňuje co největší využití prosklené fasády k pohledům do krajiny. Ve snaze vyhovět těmto požadavkům jsou příhradová pole zvolena o velikosti 3 x 3,2 m.

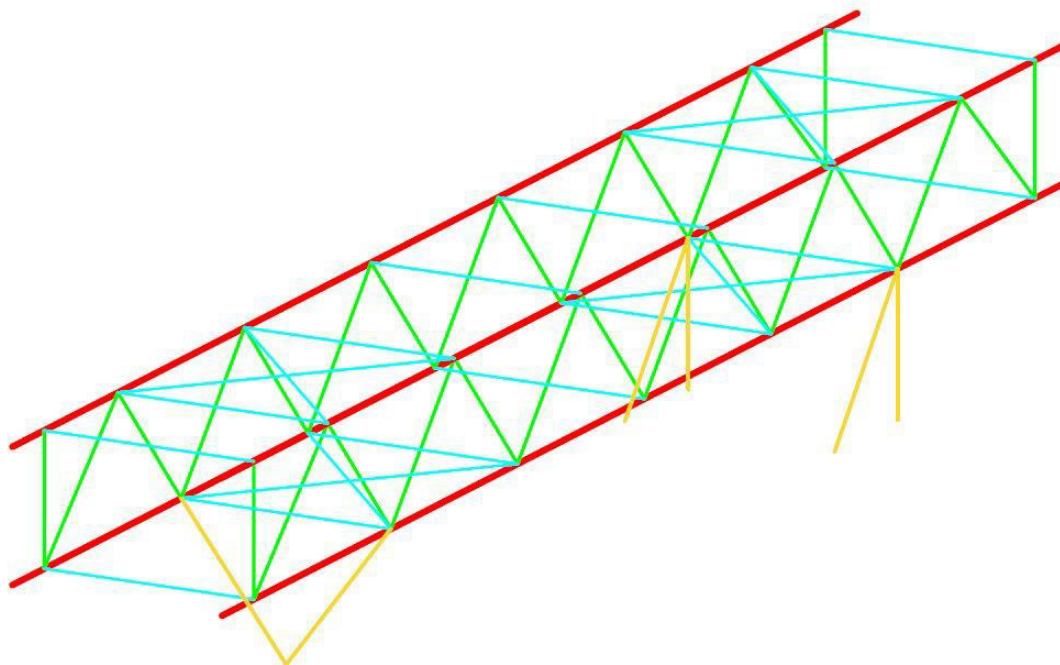
Uprostřed dvou polí pak lze vytvořit otvor cca 2 x 2,1 m. I přesto by si vnitřní uspořádání vyžádalo několik změn. Pro důslednější dodržení původního návrhu by bylo nutné výrazně zvětšovat výšku nosníků (celkovou konstrukční výšku) nebo

případně použít konstrukci dvojité podlahy, která by umožnila vytvoření otvoru v každých dvou sousedních polích.



Obrázek 40 - Příhradovina - řez podélný

Nutno však dodat, že tato varianta má i několik výhod. V porovnání s ostatními variantami by pravděpodobně byla nejméně finančně náročná. Vzhledem k předpokladu příhradového působení konstrukce by prvky vycházely poměrně subtilní. Dolní pás by pak musel být možná zvětšen pouze z konstrukčních důvodů, aby bylo možné upevnit na něj příčné prvky. Realizace by byla technologicky jednodušší díky kloubovým spojům a stavba by se z velké části obešla bez mokrého procesu.

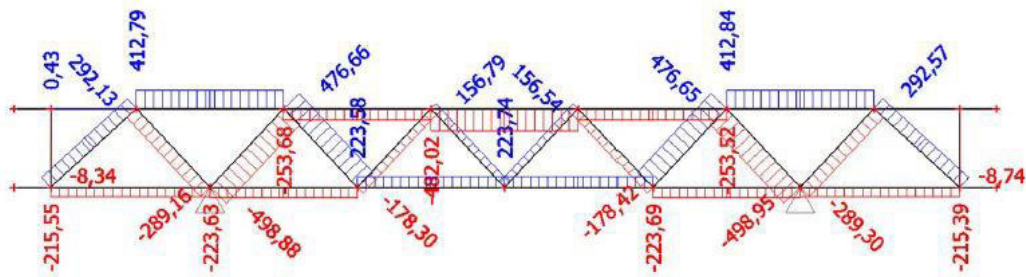


Obrázek 41 – Příhradovina – 3D schéma

5.2.2 Předběžný návrh

- Díky úpravě statického schématu lze působení konstrukce uvažovat jako čistě příhradové
- Zatížení je umístěno pouze do styčníků
- Profily zvoleny svařované trubky čtvercových průřezů

Výsledky vnitřních sil ze SCIA:



Obrázek 42 - Vykreslení normálových sil při MSÚ

Posouzení tlačené diagonály:

$$N_{max} = 499 \text{ kN}$$

NÁVRH: 100 x 100 x 8,0 mm (ocel S235)

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{3045}{37,3} = 81,64$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 93,9$$

$$\lambda^- = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{81,64}{93,9} = 0,87$$

z tabulky: $\chi = 0,753$

$$N_{Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,753 \cdot 2880 \cdot \frac{235}{1,0} \geq N_{max}$$

$$N_{Rd} = 510 \text{ kN} \geq N_{max} = 499 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení horního pásu:

$$N_{max} = 482 \text{ kN (tlak)}$$

NÁVRH: 140 x 140 x 7,1 mm (ocel S235)

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{5400}{54} = 100$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 93,9$$

$$\lambda^- = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{100}{93,9} = 1,06$$

z tabulky: $\chi = 0,624$

$$N_{Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,624 \cdot 3720 \cdot \frac{235}{1,0} \geq N_{max}$$

$$N_{Rd} = 546 \text{ kN} \geq N_{max} = 482 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Posouzení dolního pásu:

$$N_{max} = 224 \text{ kN (tlak)}$$

NÁVRH: 100 x 100 x 7,1 mm (ocel S235)

$$\lambda = \frac{L_{cr}}{i} = \frac{5400}{37,3} = 144,8$$

$$\lambda_1 = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} = 93,9 \cdot \sqrt{\frac{235}{235}} = 93,9$$

$$\lambda^- = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{144,8}{93,9} = 1,54$$

z tabulky: $\chi = 0,356$

$$N_{Rd} = \chi \cdot A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = 0,356 \cdot 2880 \cdot \frac{235}{1,0} \geq N_{max}$$

$$N_{Rd} = 241 \text{ kN} \geq N_{max} = 224 \text{ kN}$$

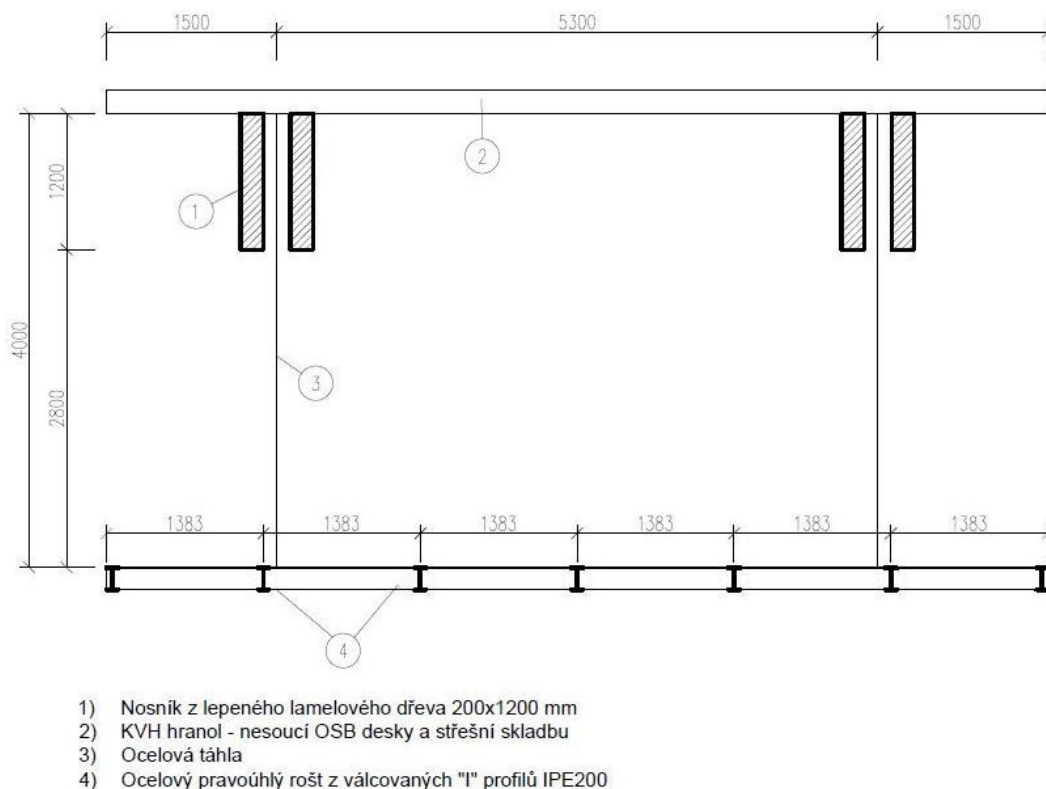
VYHOVUJE

➔ Profil dolního pásu sice vyhovuje při velmi malých rozměrech, ale z konstrukčního hlediska (kvůli připojení příčníků) by pravděpodobně musel mít velikost přinejmenším stejnou jako pás horní. Je možné, že oba pásy by z tohoto důvodu bylo nutné ještě zvětšit.

5.3 Lepený lamelový nosník

5.3.1 Popis

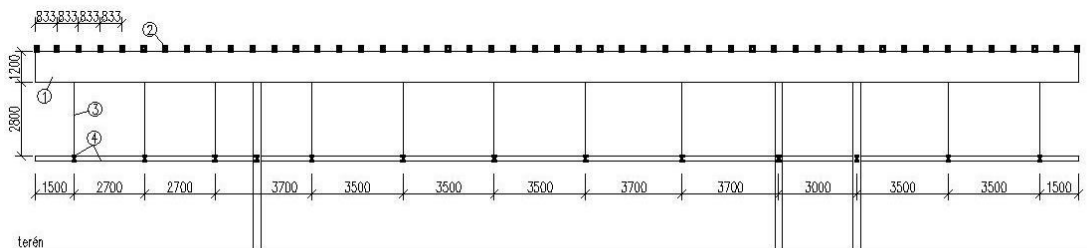
Poměrně odvážná alternativa využívá ocelového roštu zavěšeného na dřevěných nosnících. Podpory vrchní stavby budou vytaženy skrze celou výšku interiéru až ke stropní konstrukci. Sloužit budou k podepření lepených lamelových nosníků, které překonají zadané rozpětí.



Obrázek 43 - Schématický příčný řez

Na nich se budou nacházet příčníky, ze kterých budou spuštěna táhla. Ta ponесou zavěšenou ocelovou konstrukci podlahy v podobě pravoúhlého roštu z válcovaných profilů. V několika místech bude muset být umístěno zavětrování. Celková tuhost konstrukce bude v tomto případě stěžejní, jelikož je důležité, aby nedocházelo k pohybům spodní zavěšené části. Nespornou výhodou je minimální omezení vnitřní dispozice, díky táhlům, která nejsou prostorově náročná. Mezi další pozitiva lze uvést vyhnutí se mokrému procesu při výstavbě nosné konstrukce. Vzhled je čistě subjektivní, avšak dle mého názoru pohledové dřevo v interiéru perfektně zapadá do konceptu a myšlenky celého projektu. Jeho základní ideou je totiž stavba obklopená přírodou, využívající obnovitelné zdroje a nabízející člověku pocit propojení

s okolním prostředím. Tuto variantu jsem si vybral k podrobnému návrhu do další části své práce.



- 1) Nosník z lepeného lamelového dřeva 200x1200mm
- 2) KVH hranol - nosoucí OSB desky a střešní skladbu
- 3) Ocelová táhla
- 4) Ocelový pravouhelný rošt z válcovaných "I" profilů IPE200

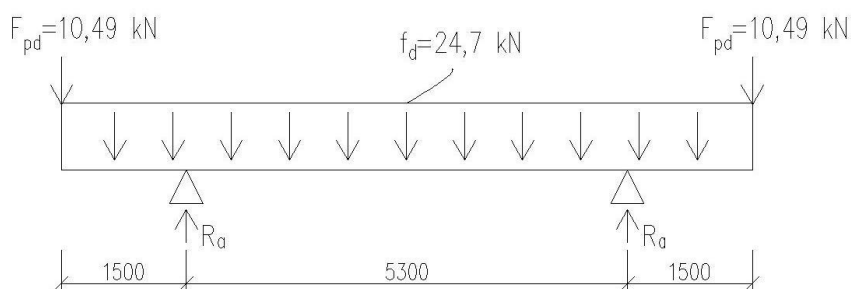
Obrázek 44 - Schématický podélný řez

5.3.2 Předběžný návrh

5.3.2.1 Ocelový profil „I“ (podlahový příčník)

- Zatížení spočítáno na největší zatěžovací šířku 3,7 m
- Staticky jde o prostý nosník s převislými konci zatížený spojitým liniovým zatížením a na převislých koncích lokální silou od fasádních panelů

Výpočetní schéma:



Výsledné návrhové hodnoty:

- Reakce: $R_a = 113,1 \text{ kN}$
- Maximální ohybový moment: $M_{ed} = 43,6 \text{ kNm}$
- Maximální posouvající síla: $V_{ed} = 65,5 \text{ kN}$

Návrh profilu:

$$W_{pl,y,min} = \frac{M_{ed} \cdot \gamma_{M0}}{\chi \cdot f_y} = \frac{43,6 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{1 \cdot 235 \cdot 10^6}$$

$$W_{pl,y,min} = 185530 \text{ mm}^3$$

⇒ z tabulek: **NÁVRH „IPE 200“** ($W_{pl,y} = 220600 \text{ mm}^3$)

Posouzení na ohyb:

$$M_{pl,Rd} = \chi \cdot W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1 \cdot 220600 \cdot 10^{-9} \cdot 235 \cdot 10^6 \geq M_{ed}$$

$$M_{pl,Rd} = 51,8 \text{ kNm} \geq M_{ed} = 43,6 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

Posouzení na smyk:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1400 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} \geq V_{ed}$$

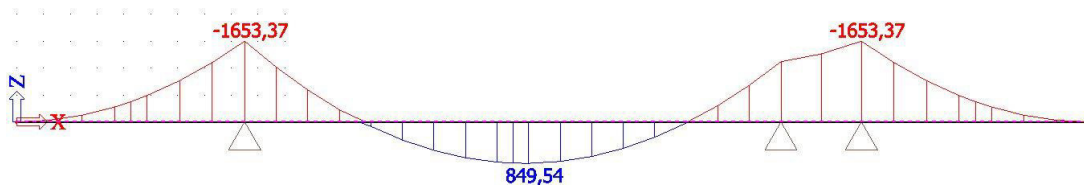
$$V_{pl,Rd} = 190 \text{ kN} \geq V_{ed} = 65,5 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

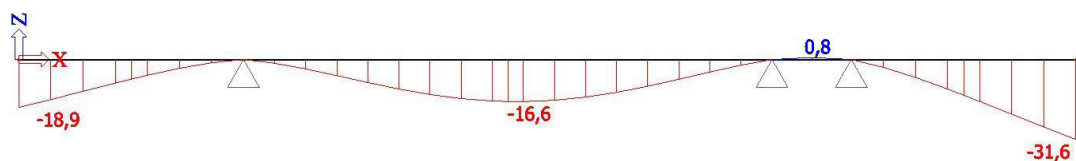
5.3.2.2 Lepený lamelový nosník

- Návrh vychází z posouzení na MSÚ a MSP
- Pro MSÚ bylo nutné vypočítat maximální moment a pro MSP maximální průhyb v charakteristické kombinaci (bylo uvažováno i s dotvarováním)
- Pro výpočet vnitřních sil byl použit program SCIA Engineer

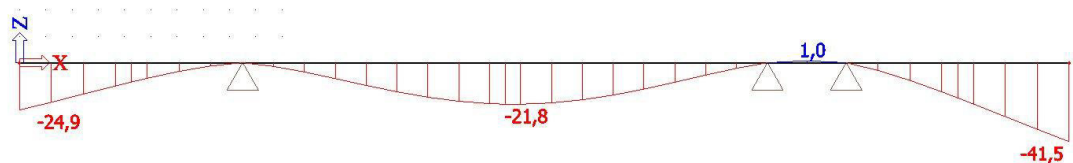
Výsledky vnitřních sil ze SCIA:



Obrázek 45 – Průběh ohybového momentu M_y



Obrázek 46 – Okamžitý průhyb nosníku od stálého zatížení



Obrázek 47 – Celkový okamžitý průhyb nosníku

Návrh profilu: GL30h - 2 x profil 200 x 1200 mm

Posouzení MSÚ:

- Maximální napětí od zatížení:

$$\sigma_y = \frac{M_{y,max}}{W_y} = \frac{1,653}{0,096}$$
$$\sigma_y = 17,2 \text{ MPa}$$

- Únosnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{30}{1,25} \geq \sigma_y$$
$$f_{m,d} = 19,2 \text{ MPa} \geq \sigma_y = 17,2 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

Posouzení MSP:

- Okamžitý průhyb od stálého zatížení:

$$u_{inst,g} = 31,6 \text{ mm}$$

- Okamžitý průhyb od proměnného zatížení:

$$u_{inst,q} = 9,9 \text{ mm}$$

- Celkový okamžitý průhyb:

$$u_{inst} = u_{inst,g} + u_{inst,q} \leq u_{lim} = \frac{l}{150}$$

$$u_{inst} = 31,6 + 9,9 \leq u_{lim} = \frac{8500}{150}$$

$$u_{inst} = 41,5 \text{ mm} \leq u_{lim} = 56,7 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

- Průhyb po dotvarování od stálého zatížení:

$$u_{fin,g} = u_{inst,g} \cdot (1 + k_{def}) = 31,6 \cdot (1 + 0,6)$$

$$u_{fin,g} = 50,6 \text{ mm}$$

- Průhyb po dotvarování od proměnného zatížení:

$$u_{fin,q} = u_{inst,q} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def}) = 9,9 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6)$$

$$u_{fin,q} = 11,7 \text{ mm}$$

- Celkový průhyb po dotvarování:

$$u_{fin} = u_{fin,g} + u_{fin,q} \leq u_{fin,lim} = \frac{l}{100}$$

$$u_{fin} = 50,6 + 11,7 \leq u_{fin,lim} = \frac{8500}{100}$$

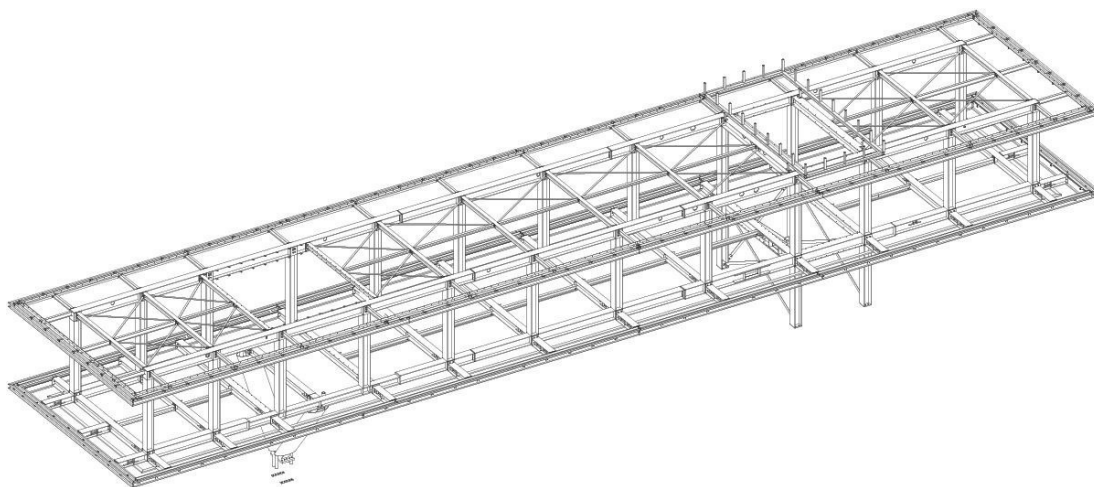
$$u_{fin} = 62,3 \text{ mm} \leq u_{fin,lim} = 85 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

5.4 Ocelový vierendeelův nosník

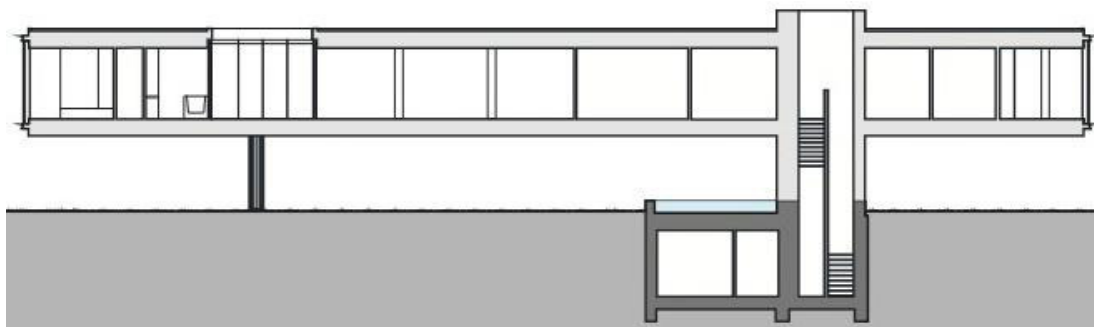
5.4.1 Popis

Jedná se o variantu, ve které byla Villa Kogelhof skutečně zrealizována. Primárními nosnými prvky jsou dva vierendeelovy nosníky z ocelových válcovaných profilů. Ty jsou doplněny příčnými prvky, které z konstrukce tvoří velmi tuhý prostorový pravouhlý rošt s převislými konci o délce 1,5 m. Jelikož je daný systém namáhán převážně ohybem, jsou tu velké nároky na únosnost vodorovných pásů nosníků. Dle dostupných informací byly použity válcované profily „I“ o výšce až 400 mm.

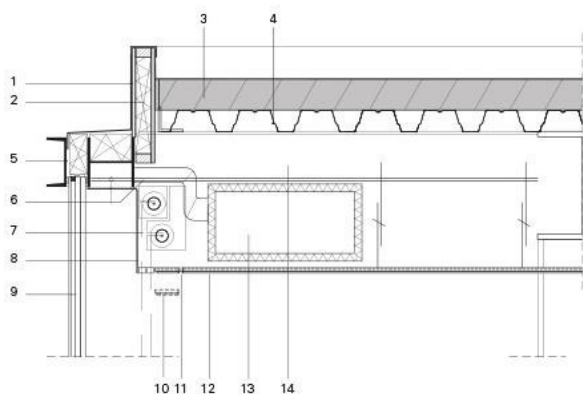


Obrázek 48 - 3D model realizované konstrukce^[26]

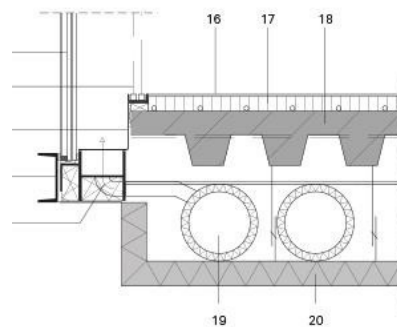
Dosažení dostatečné tuhosti celého skeletu si vyžádalo značné množství materiálu a zvýšenou náročnost provedení spojů. To se pravděpodobně projevilo i na finanční stránce projektu. Použitím této varianty však nijak neutrpěla vnitřní dispozice vrchní stavby, která díky tomu zahrnuje spoustu volných prostor a v mnoha místech umožňuje bezproblémový výhled skrze skleněnou fasádu do okolí. Pozitivně se to podepsalo i na vnějším vzhledu stavby, kdy obvodové prosklení je umístěno mezi subtilní stropní a podlahovou deskou.



Obrázek 49 - Podélný řez ze studie^[11]



Obrázek 50 - Detail napojení fasáda-strop^[26]

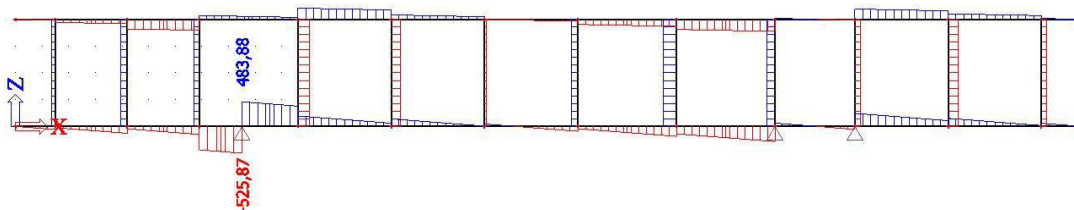


Obrázek 51 - Detail napojení fasáda-podlaha^[26]

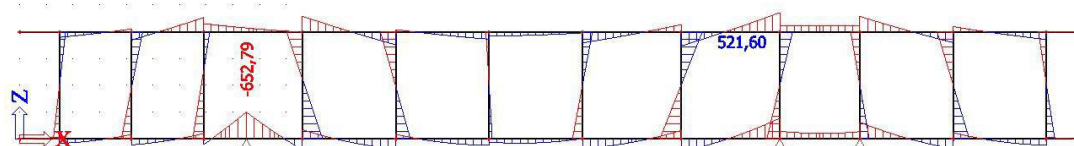
5.4.2 Předběžný návrh

- Zatížení přepočítáno na metr běžný na jeden z vierendeelových nosníků
- Bylo uvažováno pouze se stálým a užitným zatížením
- Model vierendeelova nosníku byl vytvořen v programu SCIA Engineer a byl použit pro výpočet vnitřních sil

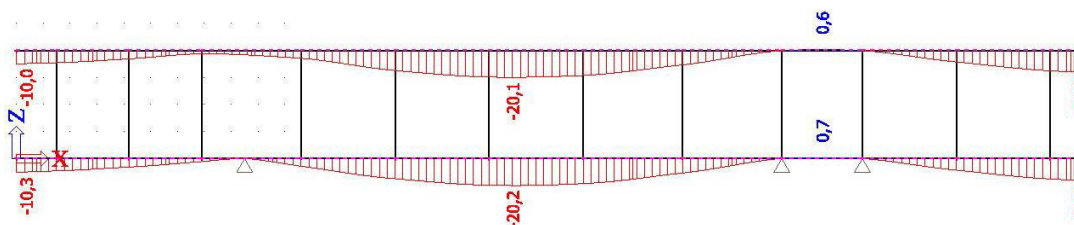
Výsledky vnitřních sil ze SCIA:



Obrázek 52 - Průběhy posouvající síly Vz



Obrázek 53 - Průběhy ohybového momentu My



Obrázek 54 – Průběhy konstrukce uz

Výsledné návrhové hodnoty:

- Maximální ohybový moment: $M_{ed} = 650 \text{ kNm}$
- Maximální posouvající síla: $V_{ed} = 525 \text{ kN}$

Návrh profilu:

$$W_{pl,y,min} = \frac{M_{ed} \cdot \gamma_{M0}}{\chi \cdot f_y} = \frac{650 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{1 \cdot 235 \cdot 10^6}$$

$$W_{pl,y,min} = 2766000 \text{ mm}^3$$

⇒ z tabulek: **NÁVRH „HEB 400“** ($W_{pl,y} = 3232000 \text{ mm}^3$)

Posouzení na ohyb:

$$M_{pl,Rd} = \chi \cdot W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1 \cdot 3232000 \cdot 10^{-9} \cdot 235 \cdot 10^6 \geq M_{ed}$$

$$M_{pl,Rd} = 760 \text{ kNm} \geq M_{ed} = 650 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

Posouzení na smyk:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{6998 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} \geq V_{ed}$$

$$V_{pl,Rd} = 950 \text{ kN} \geq V_{ed} = 525 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

Kombinace smyku a ohybu:

$$\rho = \left(\frac{2 \cdot V_{ed}}{V_{pl,Rd}} - 1 \right)^2 = \left(\frac{2 \cdot 525}{950} - 1 \right)^2 = 0,011$$

$$f_{y,red} = (1 - \rho) \cdot f_y = (1 - 0,011) \cdot 235 = 232,4 \text{ MPa}$$

$$M_{pl,Rd} = \chi \cdot W_{pl,y} \cdot \frac{f_{y,red}}{\gamma_{M0}} = 1 \cdot 3232000 \cdot 10^{-9} \cdot 232,4 \cdot 10^6 \geq M_{ed}$$

$$M_{pl,Rd} = 751 \text{ kNm} \geq M_{ed} = 650 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

Posouzení MSP - průhyb:

- Maximální průhyb uprostřed rozpětí:

$$u_{max} \leq u_{lim} = \frac{l}{250} = \frac{20000}{250}$$

$$u_{max,1} = 20,2 \text{ mm} \leq u_{lim} = 80 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

- Maximální průhyb na konzolové části:

$$u_{max} \leq u_{lim} = \frac{2 \cdot l}{250} = \frac{2 \cdot 8500}{250}$$

$$u_{max,2} = 17,1 \text{ mm} \leq u_{lim} = 68,0 \text{ mm}$$

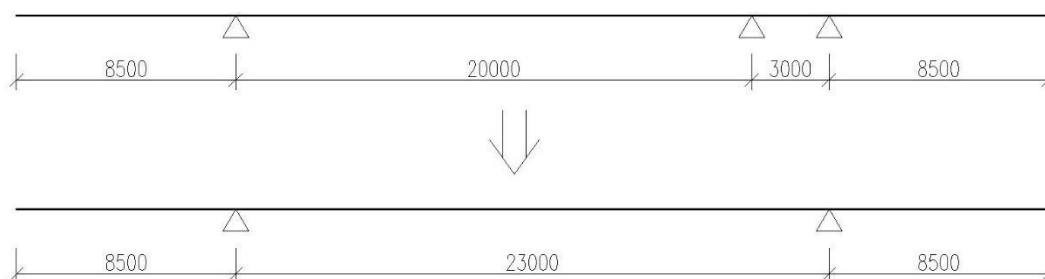
VYHOVUJE

6 Podrobné konstrukční řešení finální varianty

Na základě výsledků z předběžného návrhu došlo při finálním řešení této varianty k několika změnám.

a) Změna statického schématu

V původní variantě byly hlavní lepené lamelové nosníky uvažovány na třech podporách. Umístění dvou podpor ve velmi malé vzdálenosti od sebe však způsobovalo velké problémy s deformací na přilehlé konzolové části. Proto jsem se rozhodl vnitřní podporu odstranit a pracovat dále již s prostým nosníkem (klasicky na dvou podporách) s převislými konci. Problematika deformací se tak přesunula do části uprostřed konstrukce, kde však jsou díky velkému rozpětí daleko příhodnější limitní hodnoty. Velkou výhodou této úpravy je také fakt, že pokud by investor trval na větším omezení průhybů (například z vizuálního hlediska), lze při tomto statickém uspořádání využít nadvýšení prvků, a tak konečné deformace výrazně omezit.



Obrázek 55 – Změna statického schématu oproti předběžnému návrhu

b) Snaha o zmenšení průřezu hlavních nosníků

Jedním ze zásadních výsledků předběžného návrhu byly rozměry hlavních lepených lamelových nosníků. Ty se na výšku dostaly až na hodnotu 1200 mm. Následnými opatřeními jsem se snažil tento rozměr nosníku alespoň o trochu zmenšit, což by prospělo jednak vizuálnímu pocitu uvnitř interiéru, dále také ke snížení celkové konstrukční výšky budovy. Ve snaze zredukovat zatížení nosníků byla pozměněna skladba podlahy z prvotní těžké (betonové) varianty na lehkou podlahu, tvořenou sádrovláknitými deskami Fermacell. Tento krok velmi odlehčil ocelový podlahový rošt a tím výrazně přispěl ke zmenšení profilu nosníků. Dalším krokem bylo použití o třídu lepšího dřeva (GL30h →GL32h).

6.1 Zatížení

6.1.1 Zatížení sněhem

- Návrhová lokalita: Přelouč (Pardubický kraj)
- Sněhová oblast I.: $s_k = 0,7 \text{ kN/m}^2$
- Tvarový součinitel: $\mu = 0,8$
- Protože plochá střecha je dle normy druhem střechy pultové, normové zatížení sněhem je konstantní po celé ploše střechy s jedním tvarovým součinitelem
- Typ krajiny – otevřená: $C_e = 0,8$
- Teplotní součinitel: $C_t = 1,0$
- Zatížení sněhem:

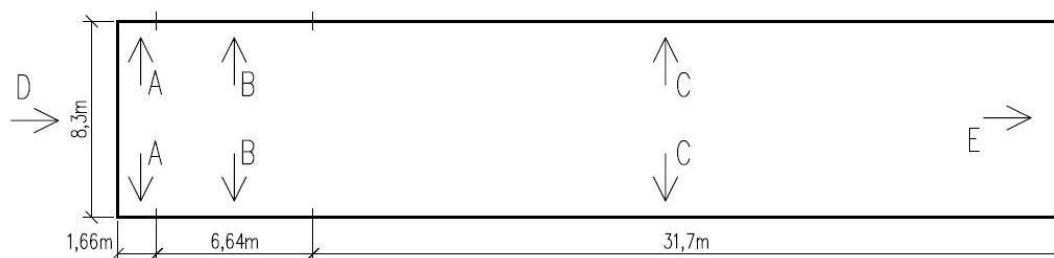
$$s = \mu \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,7$$

$$\underline{s = 0,45 \text{ kN/m}^2}$$

6.1.2 Zatížení větrem

- Větrná oblast II.: $v_{ref} = 25 \text{ m/s}$
- Referenční střední tlak větru: $q_{ref} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{ref}^2 = \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 25^2 = 390 \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$
- Kategorie terénu II.: zemědělská půda, travnatý porost, nízké překážky
- Součinitel expozice: $c_e(z) = 2,2$
- Referenční výška: $h < b \rightarrow z_c = h = 8 \text{ m}$
- Součinitel vnějšího tlaku: $A > 10 \text{ m}^2 \rightarrow z \text{ tabulky pro } c_{pe,10}$
- Výsledný tlak větru: $w(z) = q_{ref} \cdot c_e(z) \cdot c_{pe,10}$
- **Tlak podélného větru na stěny:**

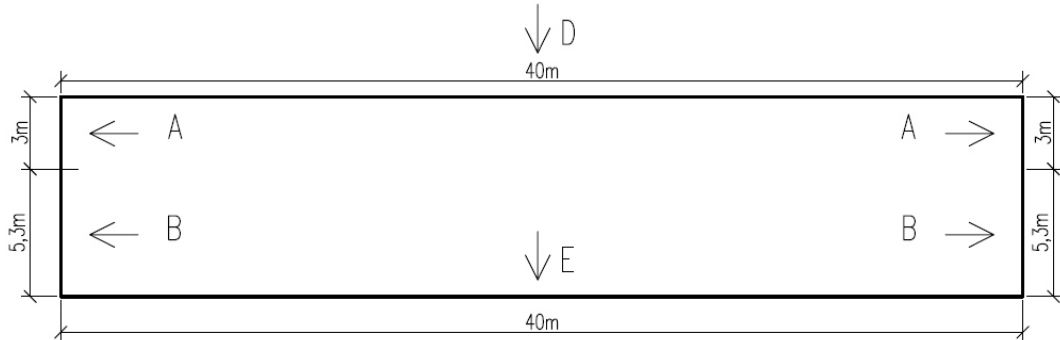
	A	B	C	D	E
$C_{pe,10}$	-1,0	-0,8	-0,5	+0,6	-0,3
$w \text{ [kN/m}^2]$	-0,9	-0,7	-0,4	+0,5	-0,3



Obrázek 56 - Schéma účinku podélného větru na stěny

- **Tlak příčného větru na stěny:**

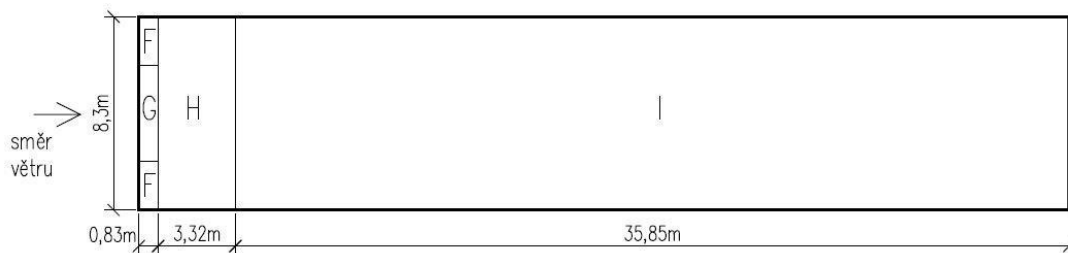
	A	B	C	D	E
$C_{pe,10}$	-1,0	-0,8	-	+0,8	-0,3
w [kN/m ²]	-0,9	-0,7	-	+0,7	-0,3



Obrázek 57 – Schéma účinku příčného větru na stěny

- **Tlak podélného větru na střechu a podlahu:**

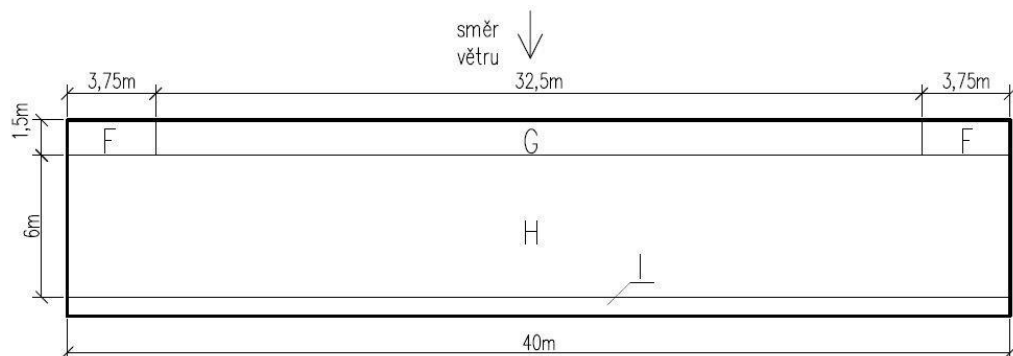
	F	G	H	I
$C_{pe,10}$	-1,0	-1,0	-0,3	$\pm 0,2$
w [kN/m ²]	-0,9	-0,9	-0,3	$\pm 0,2$



Obrázek 58 - Schéma účinku podélného větru na střechu a podlahu

- **Tlak příčného větru na střechu a podlahu:**

	F	G	H	I
$C_{pe,10}$	-1,0	-1,0	-0,3	$\pm 0,2$
w [kN/m ²]	-0,9	-0,9	-0,3	$\pm 0,2$



Obrázek 59 – Schéma účinku příčného větru na střechu a podlahu

6.1.3 Užitné zatížení

- Užitná kategorie A: obytné plochy a plochy pro domácí činnosti
- Plošné zatížení: $q_k = 1,5 \text{ kN/m}^2$

6.2 Skladby

6.2.1 Skladba podlahy

Materiál	Tloušťka [m]	Obj. tíha [kg/m ³]	Char. zatížení [kN/m ²]	γ	Návr. zatížení [kN/m ²]
Trapézový plech	0,039	-	0,06	1,35	0,08
OSB deska	0,018	600	0,11	1,35	0,15
EPS	0,15	25	0,04	1,35	0,05
Fermacell (2x12,5mm)	0,025	1200	0,30	1,35	0,41
Celkem	0,232	-	0,51	-	0,68

Pozn.: Do stálého zatížení bylo přidáno i zatížení $0,5 \text{ kN/m}^2$ od příček. Bylo uvažováno s převážně skleněnými příčkami.

6.2.2 Skladba střešního pláště

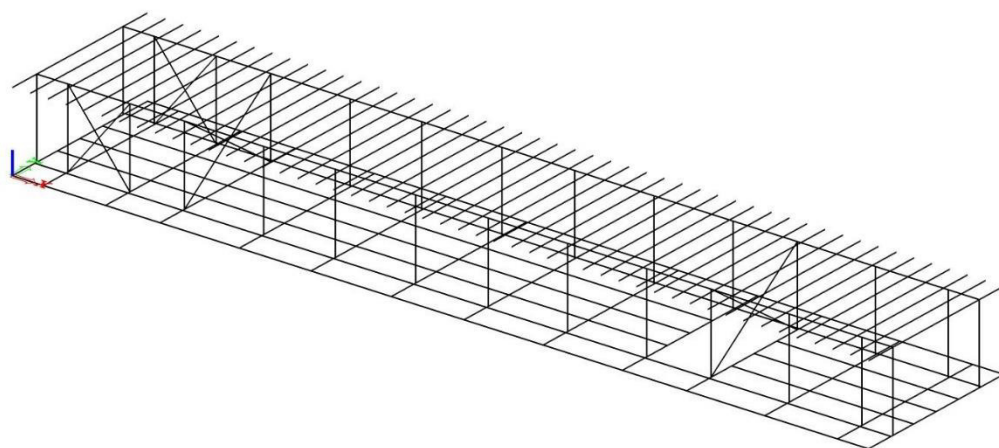
Materiál	Tloušťka [m]	Obj. tíha [kg/m ³]	Char. zatížení [kN/m ²]	γ	Návr. zatížení [kN/m ²]
OSB deska	0,022	600	0,13	1,35	0,18
Parotěs. vrstva (SBS)	-	-	-	1,35	-
EPS 100	0,26	25	0,07	1,35	0,09
HI (PVC)	-	-	-	1,35	-
Celkem	0,282	-	0,20	-	0,27

6.2.3 Fasádní panely

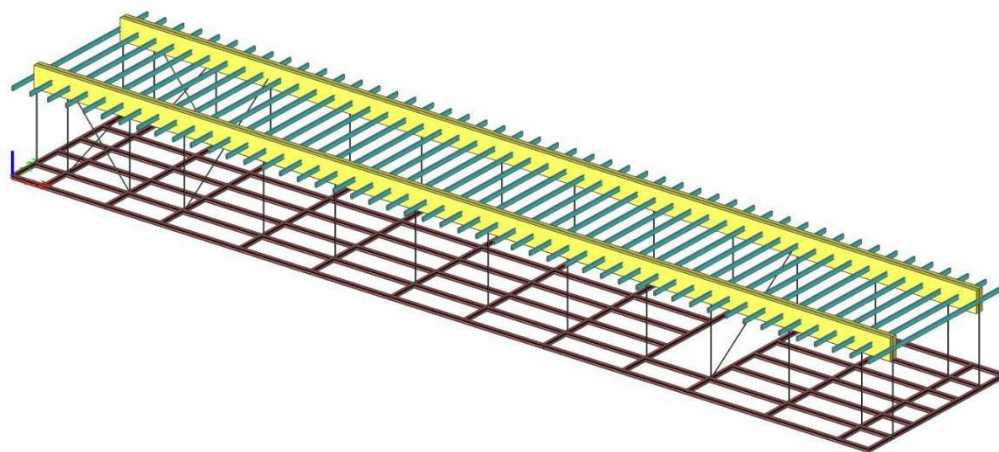
- Dvousklo – 2 x 10mm
- Plošná tíha skel: $f_{sklo} = \rho_{sklo} \cdot t_{sklo} = 2500 \cdot \frac{0,02}{100} = 0,5 \text{ kN/m}^2$
- Plošná tíha panelu (včetně rámu): $f_p = 0,6 \text{ kN/m}^2$

6.3 3D model

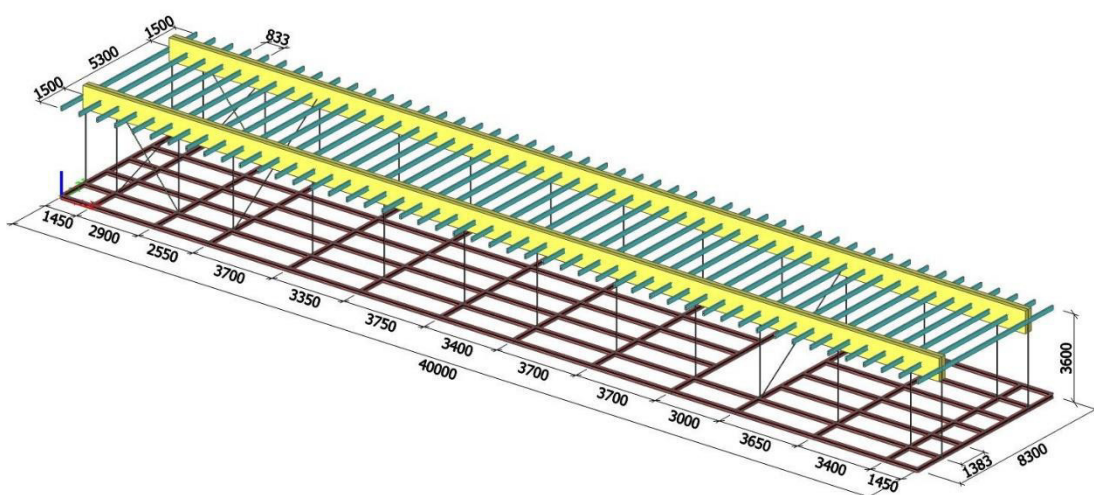
- Pro výpočet vnitřních sil a deformací byl použit 3D model konstrukce v softwaru SCIA Engineer v16.1
- Ručně vypočítané zatížení bylo zadáno v jednotlivých zatěžovacích stavech a poté byly programem vytvořeny normové kombinace pro MSÚ i MSP



Obrázek 60 – 3D model v prutovém zobrazení



Obrázek 61 – 3D model v zobrazení s reálnými průřezy

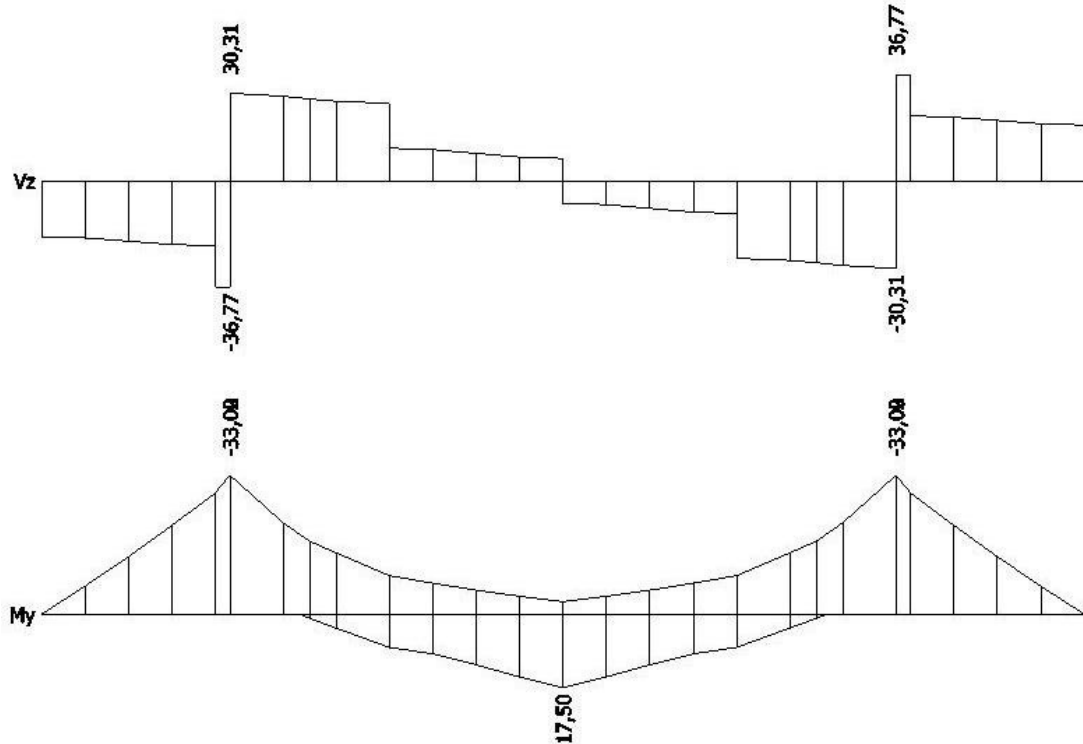


Obrázek 62 – 3D model s okótovanými základními rozměry

6.4 Návrh ocelového průříku

6.4.1 Výpočet vnitřních sil

- Výpočet proveden v programu SCIA Engineer (3D model)
- Zavedeny normové kombinace pro MSÚ
- Výsledky ze SCIA Engineer:



Obrázek 63 – Průběh posouvající síly V_z a ohybového momentu M_y

- Výsledné návrhové vnitřní síly:

Maximální ohybový moment: $M_y = 33,0 \text{ kNm}$

Maximální posouvající síla: $V_z = 36,8 \text{ kNm}$

6.4.2 Návrh profilu

- Dle průřezového modulu:

$$W_{pl,y,min} = \frac{M_y \cdot \gamma_{M0}}{\chi \cdot f_y} = \frac{33,0 \cdot 10^3 \cdot 1,0}{1 \cdot 235 \cdot 10^6}$$

$$W_{pl,y,min} = 140425 \text{ mm}^3$$

→ Z tabulek: **NÁVRH „IPE 180“** ($W_{pl,y} = 166400 \text{ mm}^3$)

- Posouzení na ohyb:

$$M_{pl,Rd} = \chi \cdot W_{pl,y} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 1 \cdot 166400 \cdot 10^{-9} \cdot 235 \cdot 10^6 \geq M_y$$

$$M_{pl,Rd} = 39,1 \text{ kNm} \geq M_y = 33,0 \text{ kNm}$$

VYHOVUJE

- Posouzení na smyk:

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{1125 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1,0} \geq V_z$$

$$V_{pl,Rd} = 152,6 \text{ kN} \geq V_z = 36,8 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

- Kombinace ohybu a smyku:

$$\frac{1}{2} V_{pl,Rd} = 0,5 \cdot 152,6 \geq V_{ed}$$

$$\frac{1}{2} V_{pl,Rd} = 76,3 \text{ kN} \geq V_{ed} = 36,8 \text{ kN}$$

→ Jedná se o ohyb s malým smykem – neovlivňuje momentovou únosnost

6.5 Návrh táhla

6.5.1 Výpočet vnitřních sil

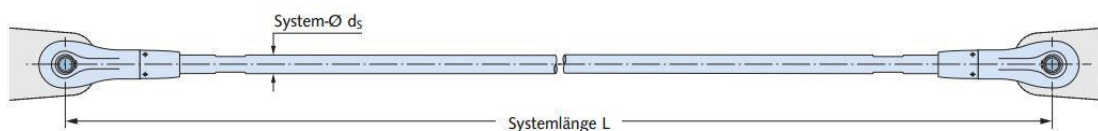
- Výpočet proveden v programu SCIA Engineer
- Zavedeny normové kombinace pro MSÚ
- Výsledné návrhové vnitřní síly:

Maximální tahová síla: $N_{ed} = 69,4 \text{ kN}$

6.5.2 Návrh táhla

- Bude použito systémové táhlo Halfen Detan – plná tyč
- Ukotvení do nosníku – viz výkresová část – detail č.2

→ Dle výrobce: **NÁVRH „Halfen Detan – Zugstabsystem - S460N – Ø20mm“**



Obrázek 64 – Schéma systémového táhla Halfen DETAN^[27]

- Posouzení na tah:

$$N_{t,Rd} = 110,2 \text{ kN} \geq N_{ed} = 69,4 \text{ kN}$$

VYHOVUJE

6.6 Návrh lepeného lamelového nosníku

6.6.1 Výpočet vnitřních sil

- Výpočet proveden v programu SCIA Engineer
- Zavedeny normové kombinace pro MSÚ i MSP
- Výsledky ze SCIA Engineer:



Obrázek 65 – Průběh posouvající síly Vz a ohybového momentu My

- Výsledné návrhové hodnoty:
Maximální ohybový moment: $M_y = 991,8 \text{ kNm}$
Maximální posouvající síla: $V_z = 265,5 \text{ kN}$

6.6.2 Návrh profilu

→ Lepený lamelový nosník 2 x 180 x 940 mm, dřevo GL32h

Posouzení MSÚ:

- Maximální napětí na nosníku:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_y}{W} = \frac{M_y}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \frac{991,8}{\frac{1}{6} \cdot 0,36 \cdot 0,94^2}$$
$$\sigma_{m,d} = 18,7 \text{ MPa}$$

- Součinitel materiálu – lepené lamelové dřevo: $\gamma_M = 1,25$
- Součinitel k_{mod} – střednědobé zatížení: $k_{mod} = 0,8$
- Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{32}{1,25}$$
$$f_{m,d} = 20,5 \text{ MPa}$$

- Při výpočtu je nutné zohlednit příčnou a torzní stabilitu pomocí kritického napětí, relativní štíhlosti a součinitele „ k_{crit} “
- Efektivní délka – pro prostě podepřený nosník se spojitým zatížením lze brát tabulkovou hodnotu: $l_{ef} = 0,9l = 0,9 \cdot 23000 = 20700 \text{ mm}$
- Výpočet kritického napětí:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 0,36^2}{0,94 \cdot 20,7} \cdot 11800$$

$$\sigma_{m,crit} = 61,3 \text{ MPa}$$

- Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{32}{61,3}} = 0,72$$

- Součinitel k_{crit} :

$$\text{pro } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \rightarrow k_{crit} = 1$$

- Návrhové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,d} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d} = 1 \cdot 20,5$$

$$\sigma_{m,d} = 18,7 \text{ MPa} \leq 20,5 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

- Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,k} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3,5}{1,25}$$

$$f_{v,d} = 2,24 \text{ MPa}$$

- Účinná šířka průřezu:

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 0,36 = 0,24 \text{ m}$$

- Smykové napětí:

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_z}{2 \cdot A} = \frac{3 \cdot 265,5}{2 \cdot 0,24 \cdot 0,94} \leq f_{v,d}$$

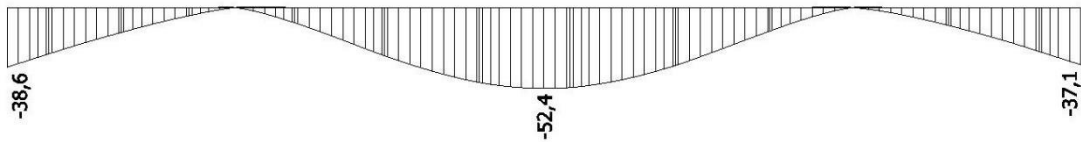
$$\tau_{v,d} = 1,77 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,24 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

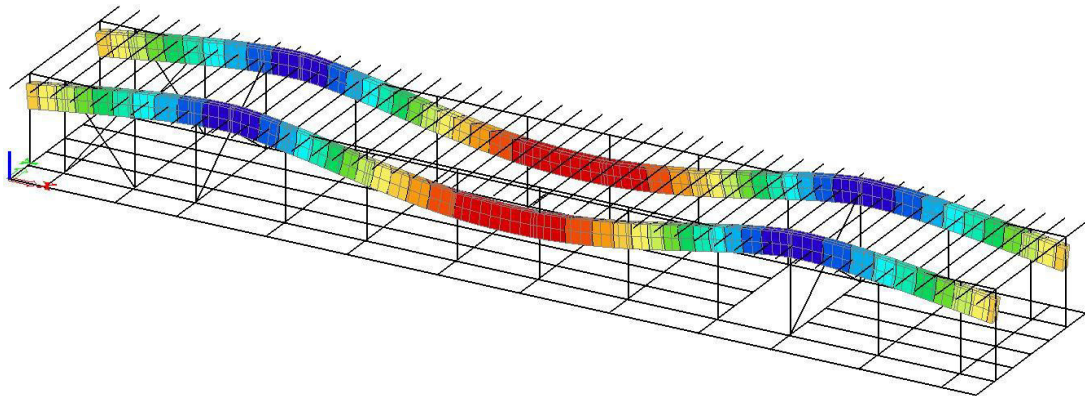
Posouzení MSP:

- Posudek spočívá v ověření splnění limitních hodnot pro okamžitý průhyb od charakteristické kombinace a dále také pro průhyb po dotvarování způsobený časovým působením zatížení

- Hodnoty okamžitého průhybu byly vypočteny v programu SCIA Engineer a dále použity pro ruční výpočet dotvarování



Obrázek 66 – Celkový okamžitý průhyb nosníku



Obrázek 67 – Celkový okamžitý průhyb nosníků ve 3D zobrazení

- Okamžitý průhyb – střed nosníku – od stálého zatížení:

$$u_{inst,1,g} = 24,3 \text{ mm}$$

- Okamžitý průhyb – střed nosníku – od proměnného zatížení:

$$u_{inst,1,q} = 28,1 \text{ mm}$$

- Celkový okamžitý průhyb – střed nosníku:

$$u_{inst,1} = u_{inst,1,g} + u_{inst,1,q} \leq u_{lim,1} = \frac{L}{300}$$

$$u_{inst,1} = 24,3 + 28,1 \leq u_{lim,1} = \frac{23000}{300}$$

$$u_{inst,1} = 52,4 \text{ mm} \leq u_{lim,1} = 76,7 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

- Okamžitý průhyb – okraj konzoly – od stálého zatížení:

$$u_{inst,2,g} = 34,5 \text{ mm}$$

- Okamžitý průhyb – okraj konzoly – od proměnného zatížení:

$$u_{inst,2,q} = 4,1 \text{ mm}$$

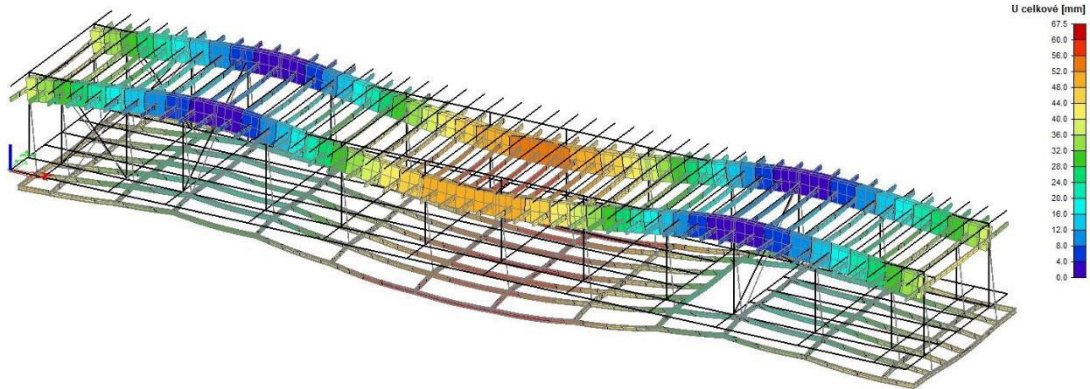
- Celkový okamžitý průhyb – okraj konzoly:

$$u_{inst,2} = u_{inst,2,g} + u_{inst,2,q} \leq u_{lim,2} = \frac{L}{150}$$

$$u_{inst,2} = 34,5 + 4,1 \leq u_{lim,2} = \frac{8500}{150}$$

$$u_{inst,2} = 38,6 \text{ mm} \leq u_{lim,2} = 56,7 \text{ mm}$$

VYHOVUJE



Obrázek 68 – Celková deformace konstrukce ve 3D zobrazení

- Průhyb po dotvarování – střed nosníku – od stálého zatížení:

$$u_{fin,1,g} = u_{inst,1,g} \cdot (1 + k_{def}) = 24,3 \cdot (1 + 0,6)$$

$$u_{fin,1,g} = 38,9 \text{ mm}$$

- Průhyb po dotvarování – střed nosníku – od užitečného zatížení:

$$u_{fin,1,uzit} = u_{inst,1,uzit} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def})$$

$$u_{fin,1,uzit} = 23,1 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6)$$

$$u_{fin,1,uzit} = 27,3 \text{ mm}$$

- Celkový průhyb po dotvarování – střed nosníku:

$$u_{fin,1} = u_{fin,1,g} + u_{fin,1,uzit} \leq u_{lim,3} = \frac{L}{200}$$

$$u_{fin,1} = 38,9 + 27,3 \leq u_{lim,3} = \frac{23000}{200}$$

$$u_{fin,1} = 66,2 \text{ mm} \leq u_{lim,3} = 115 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

- Průhyb po dotvarování – okraj konzoly – od stálého zatížení:

$$u_{fin,2,g} = u_{inst,2,g} \cdot (1 + k_{def}) = 34,5 \cdot (1 + 0,6)$$

$$u_{fin,2,g} = 55,2 \text{ mm}$$

- Průhyb po dotvarování – okraj konzoly – od užitého zatížení:

$$u_{fin,2,uzit} = u_{inst,2,uzit} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{def})$$

$$u_{fin,2,uzit} = 1,4 \cdot (1 + 0,3 \cdot 0,6)$$

$$u_{fin,2,uzit} = 1,7 \text{ mm}$$

- Celkový průhyb po dotvarování – okraj konzoly:

$$u_{fin,2} = u_{fin,2,g} + u_{fin,2,uzit} \leq u_{lim,4} = \frac{L}{100}$$

$$u_{fin,2} = 55,2 + 1,4 \leq u_{lim,4} = \frac{8500}{100}$$

$$u_{fin,2} = 56,6 \text{ mm} \leq u_{lim,4} = 85 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

6.7 Návrh příčnicku ve střešní konstrukci

6.7.1 Výpočet vnitřních sil

- Výpočet vnitřních sil proveden v program SCIA Engineer
- Příčník uvažován jako prostý nosník na rozpětí 5,3m s převislými konci na obou stranách o délce 1,5m
- Výsledné návrhové hodnoty:

Maximální ohybový moment: $M_y = 2,5 \text{ kNm}$

Maximální posouvající síla: $V_z = 3 \text{ kN}$

6.7.2 Návrh profilu

Posouzení na ohyb:

- Součinitel materiálu – KVH hranol: $\gamma_M = 1,3$
- Součinitel k_{mod} – střednědobé zatížení: $k_{mod} = 0,8$
- Návrhová pevnost v ohybu:

$$f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3}$$

$$f_{m,d} = 14,8 \text{ MPa}$$

- Při výpočtu je nutné zohlednit příčnou a torzní stabilitu pomocí kritického napětí, relativní štíhlosti a součinitele „ k_{crit} “
- Efektivní délka – pro prostě podepřený nosník se spojitým zatížením lze brát tabulkovou hodnotu: $l_{ef} = 0,9l = 0,9 \cdot 5300 = 4770 \text{ mm}$

- Výpočet kritického napětí:

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2}{h \cdot l_{ef}} \cdot E_{0,05} = \frac{0,78 \cdot 0,06^2}{0,18 \cdot 4,77} \cdot 7400$$

$$\sigma_{m,crit} = 24,2 \text{ MPa}$$

- Poměrná štíhlost:

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{24,2}} = 1,0$$

- Součinitel k_{crit} :

$$pro \ 0,75 < \lambda_{rel,m} \leq 1,4 \rightarrow k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1,56 - 0,75 \cdot 1$$

$$\lambda_{rel,m} = 0,81$$

- Návrhové napětí v ohybu:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{\frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2} = \frac{2,5}{\frac{1}{6} \cdot 0,06 \cdot 0,18^2} \leq k_{crit} \cdot f_{m,d} = 0,81 \cdot 14,8$$

$$\sigma_{m,d} = 7,72 \text{ MPa} \leq 12,0 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

- Návrhová pevnost ve smyku:

$$f_{v,k} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{4,0}{1,3}$$

$$f_{v,d} = 2,46 \text{ MPa}$$

- Účinná šířka průřezu:

$$b_{eff} = k_{cr} \cdot b = 0,67 \cdot 0,06 = 0,04 \text{ m}$$

- Smykové napětí:

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_d}{2 \cdot A} = \frac{3 \cdot 3}{2 \cdot 0,04 \cdot 0,18} \leq f_{v,d}$$

$$\tau_{v,d} = 0,63 \text{ MPa} \leq f_{v,d} = 2,46 \text{ MPa}$$

VYHOVUJE

7 Výkresová část

7.1 Půdorys podlahy

7.2 Půdorys stropu

7.3 Příčný řez A-A'

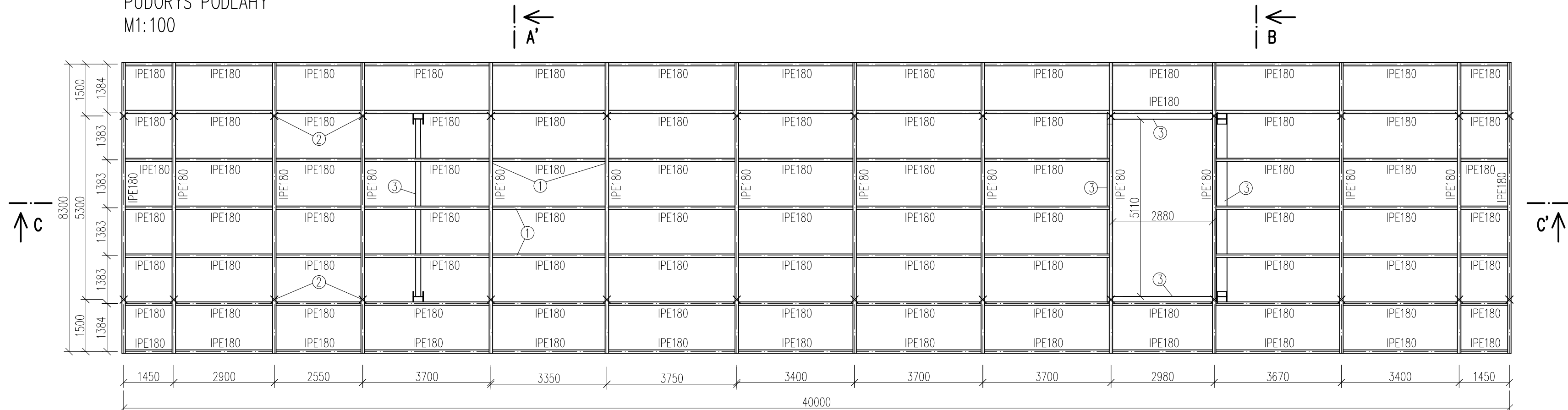
7.4 Příčný řez B-B'

7.5 Podélný řez

7.6 Detail č.1 – schéma uložení vazníku

7.7 Detail č.2 – schéma ukotvení táhla

Příloha č.1
PŮDORYS PODLAHY
M1:100



LEGENDA PRVKŮ:

- ① VÁLCOVANÝ PROFIL IPE180 – S235
- ② OCELOVÉ TÁHLO – HALFEN DETAN S460N, ϕ 20mm
- ③ OCELOVÁ KONSTRUKCE TVOŘÍCÍ PODPORU

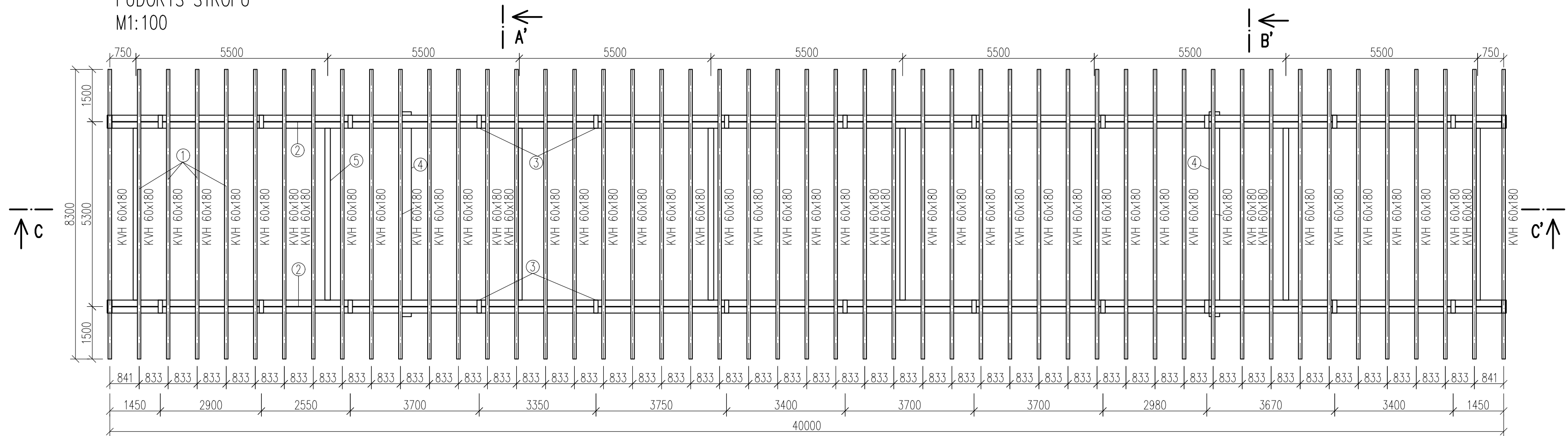
MATERIÁLY:

- OCEL S235
- OCEL S460

POZN.: – PRVKY KÓTOVÁNY NA OSU

- PO CELÉ PLOŠE BUDE UMÍSTĚN TRAPÉZOVÝ PLECH A NÁSLEDNĚ ZÁKLOP
- Z OSB DESEK – NA TOTO SOUVRSTVÍ BUDE DÁLE POLOŽENA SKLADBA PODLAHY

Příloha č.2
PŮDORYS STROPU
M1:100



LEGENDA PRVKŮ:

- ① KVH HRANOL – 60 x 180 mm, C24
- ② DVOJICE LEPENÝCH LAMELOVÝCH NOSNÍKŮ – 2 x 180 x 940 mm, GL32h
– MEZERA MEZI NOSNÍKY POUZE NA TLOUŠŤKU PLECHU PRO UKOTVENÍ TÁHLA
– NOSNÍKY SPOJENY DVOJICEMI SVORNÍKŮ PRO ZAJIŠTĚNÍ SPOLUPŮSOBENÍ
- ③ KOTVÍCÍ PLECH PRO PŘÍPOJ TÁHLA – viz PŘÍLOHA č.7 – DETAIL č.2
- ④ OCELOVÁ KONSTRUKCE TVOŘÍCÍ PODPORU
- ⑤ STABILIZUJÍCÍ BSH HRANOL BRÁNÍCÍ KLOPENÍ

POZN.: – PRVKY KÓTOVÁNY NA OSU
– PO CELÉ PLOŠE BUDE UMÍSTĚN ZÁKLOP Z OSB DESEK

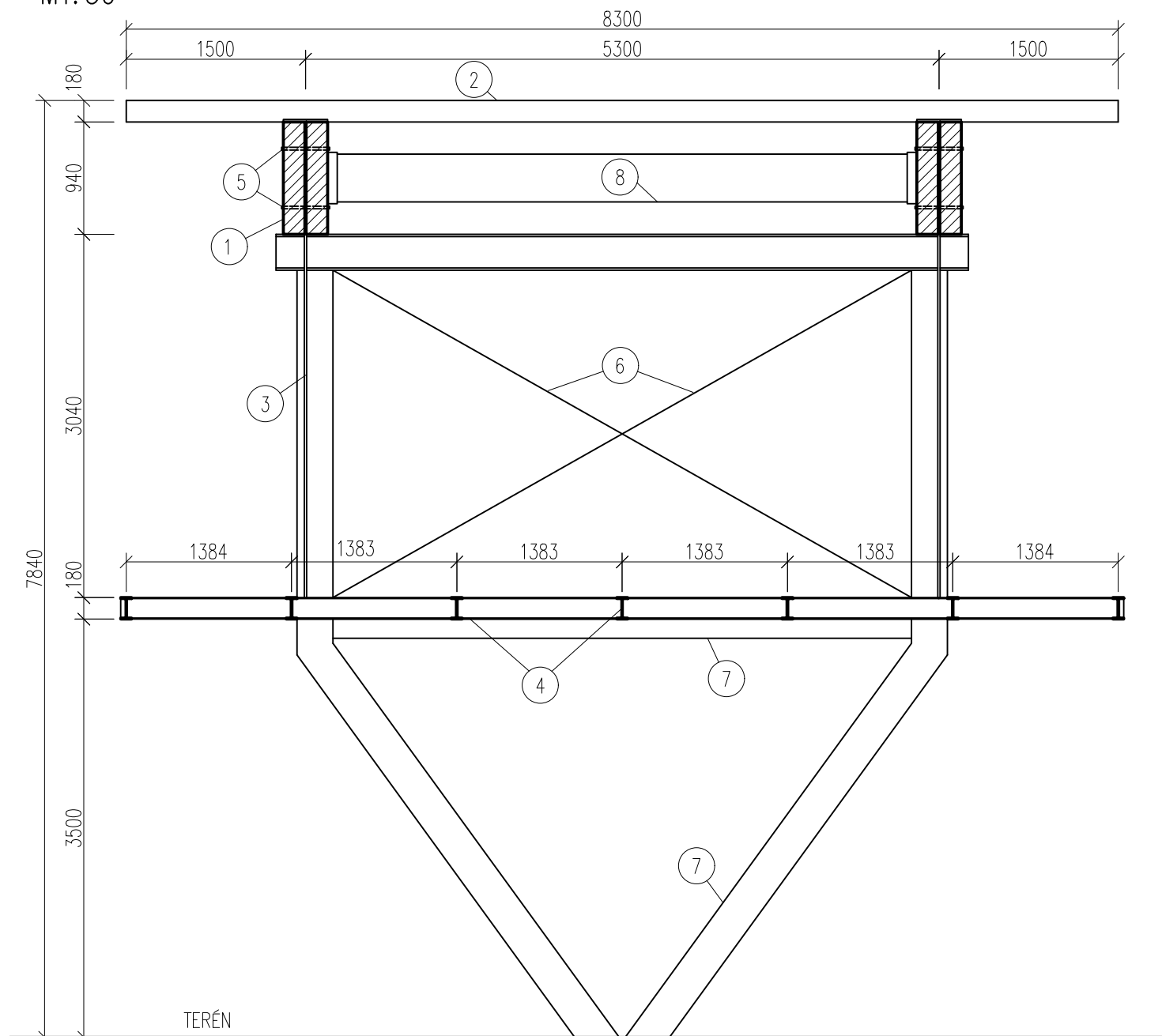
MATERIÁLY:

LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO GL32h
KVH HRANOLY C24
OCEL S235
BSH HRANOLY

Příloha č.3

ŘEZ A-A' – PŘÍČNÝ ŘEZ NOSNOU KONSTRUKCÍ

M1:50





POZN.: ŘEŠENÍ ZÁKLADOVÝCH KONSTRUKCÍ NENÍ SOUČÁSTÍ PRÁCE

LEGENDA PRVKŮ:

- ① DVOJICE LEPENÝCH LAMELOVÝCH NOSNÍKŮ – 2 x 180 x 940 mm, GL32h
– MEZERA MEZI NOSNÍKY POUZE NA TLOUŠŤKU KOTVÍČÍHO PLECHU PRO UKOTVENÍ TÁHLA
- ② KVH HRANOL – 60 x 180 mm, C24
- ③ OCELOVÉ TÁHLO – HALFEN DETAN S460N, \varnothing 20 mm
- ④ VÁLCOVANÝ PROFIL IPE180 – S235
- ⑤ DVOJICE SVORNÍKŮ ZAJÍŠTUJÍCÍ SPOLUPŮSOBENÍ NOSNÍKŮ
- ⑥ ZTUŽIDLA OCELOVÉ KONSTRUKCE TVOŘÍCÍ PODPORU
- ⑦ OCELOVÁ KONSTRUKCE TVOŘÍCÍ PODPORU
- ⑧ STABILIZUJÍCÍ BSH HRANOL BRÁNICÍ KLOPENÍ (ROZMÍSTĚNÍ PO 5,5 m)

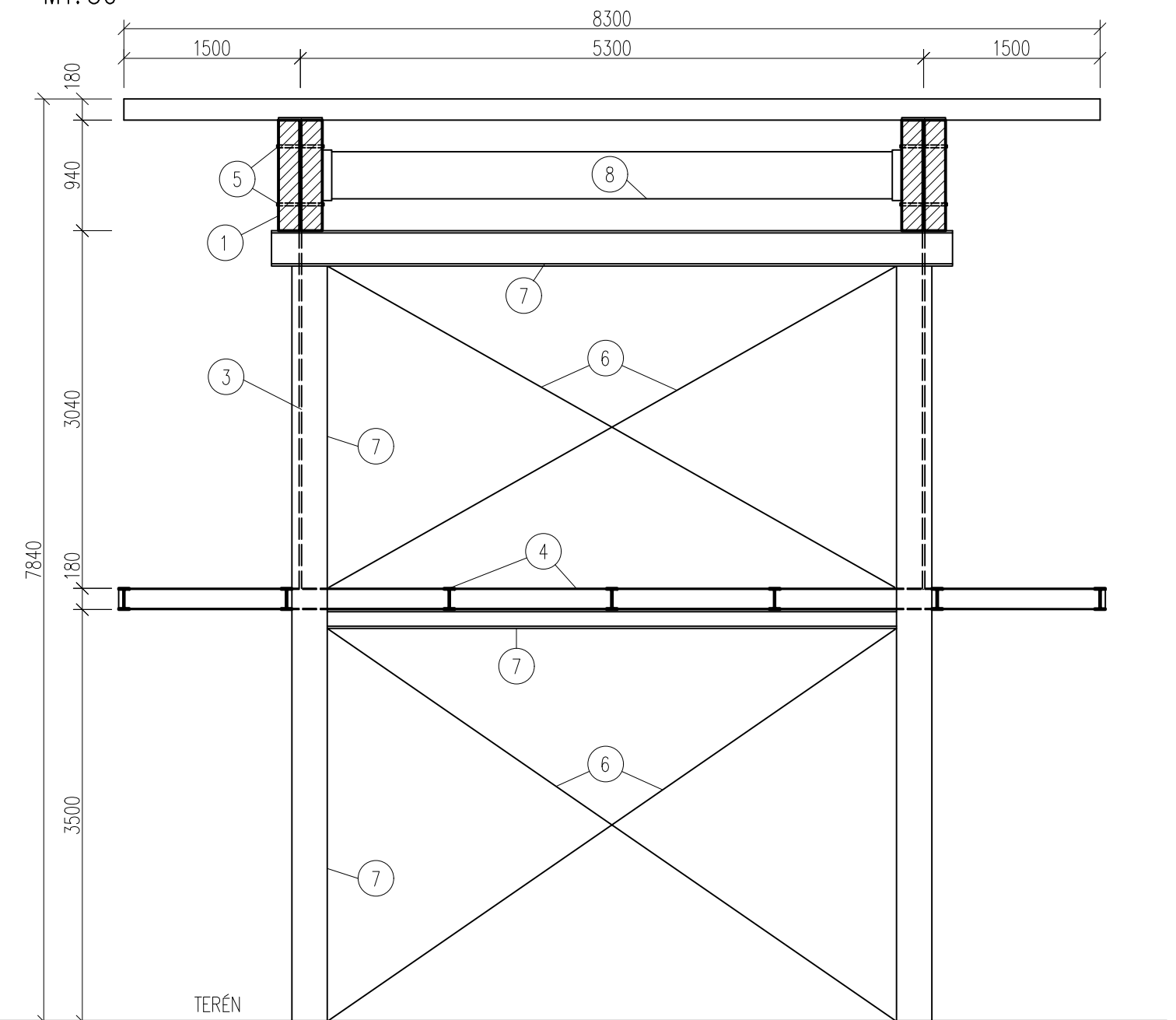
LEGENDA MATERIÁLŮ:

-  LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO GL32h
-  OCEL S235

Příloha č.4

ŘEZ B-B' – PŘÍČNÝ ŘEZ KONSTRUKCÍ V OKOLÍ PODPORY

M1:50





POZN.: ŘEŠENÍ ZÁKLADOVÝCH KONSTRUKCÍ NENÍ SOUČÁSTÍ PRÁCE

LEGENDA PRVKŮ:

- ① DVOJICE LEPENÝCH LAMELOVÝCH NOSNÍKŮ – 2 x 180 x 940 mm, GL32h
– MEZERA MEZI NOSNÍKY POUZE NA TLOUŠŤKU KOTVÍČÍHO PLECHU PRO UKOTVENÍ TÁHLA
- ② KVH HRANOL – 60 x 180 mm, C24
- ③ OCELOVÉ TÁHLO – HALFEN DETAN S460N, \varnothing 20 mm
- ④ VÁLCOVANÝ PROFIL IPE180 – S235
- ⑤ DVOJICE SVORNÍKŮ ZAJÍŠTUJÍCÍ SPOLUPŮSOBENÍ NOSNÍKŮ
- ⑥ ZTUŽIDLA OCELOVÉ KONSTRUKCE TVOŘÍCÍ PODPORU
- ⑦ OCELOVÁ KONSTRUKCE TVOŘÍCÍ PODPORU
- ⑧ STABILIZUJÍCÍ BSH HRANOL BRÁNICÍ KLOPENÍ (ROZMÍSTĚNÍ PO 5,5 m)

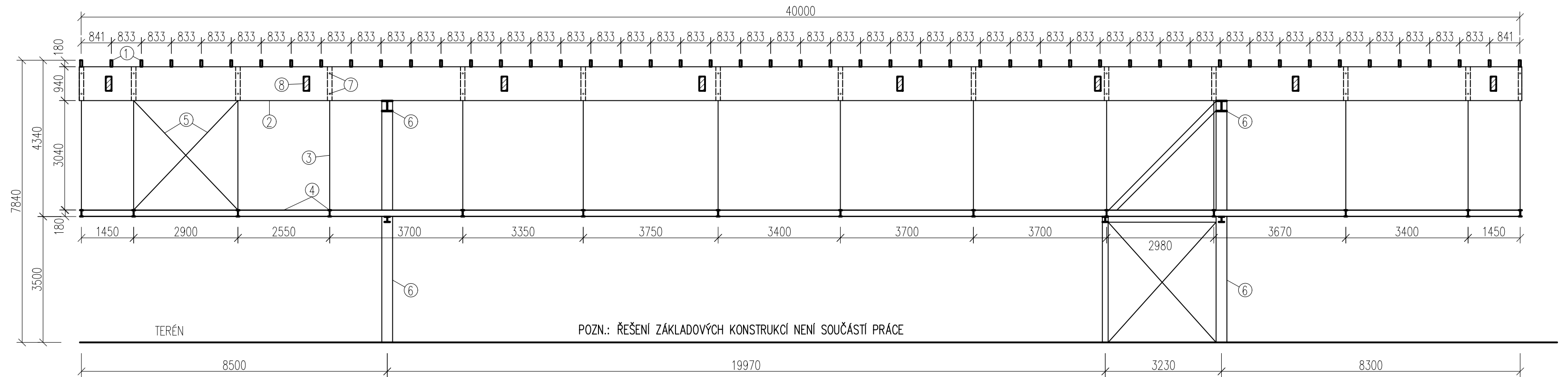
LEGENDA MATERIÁLŮ:

-  LEPENÉ LAMELOVÉ DŘEVO GL32h
-  OCEL S235

Příloha č.5

ŘEZ C-C' – PODÉLNÝ ŘEZ NOSNOU KONSTRUKCÍ

M1:100



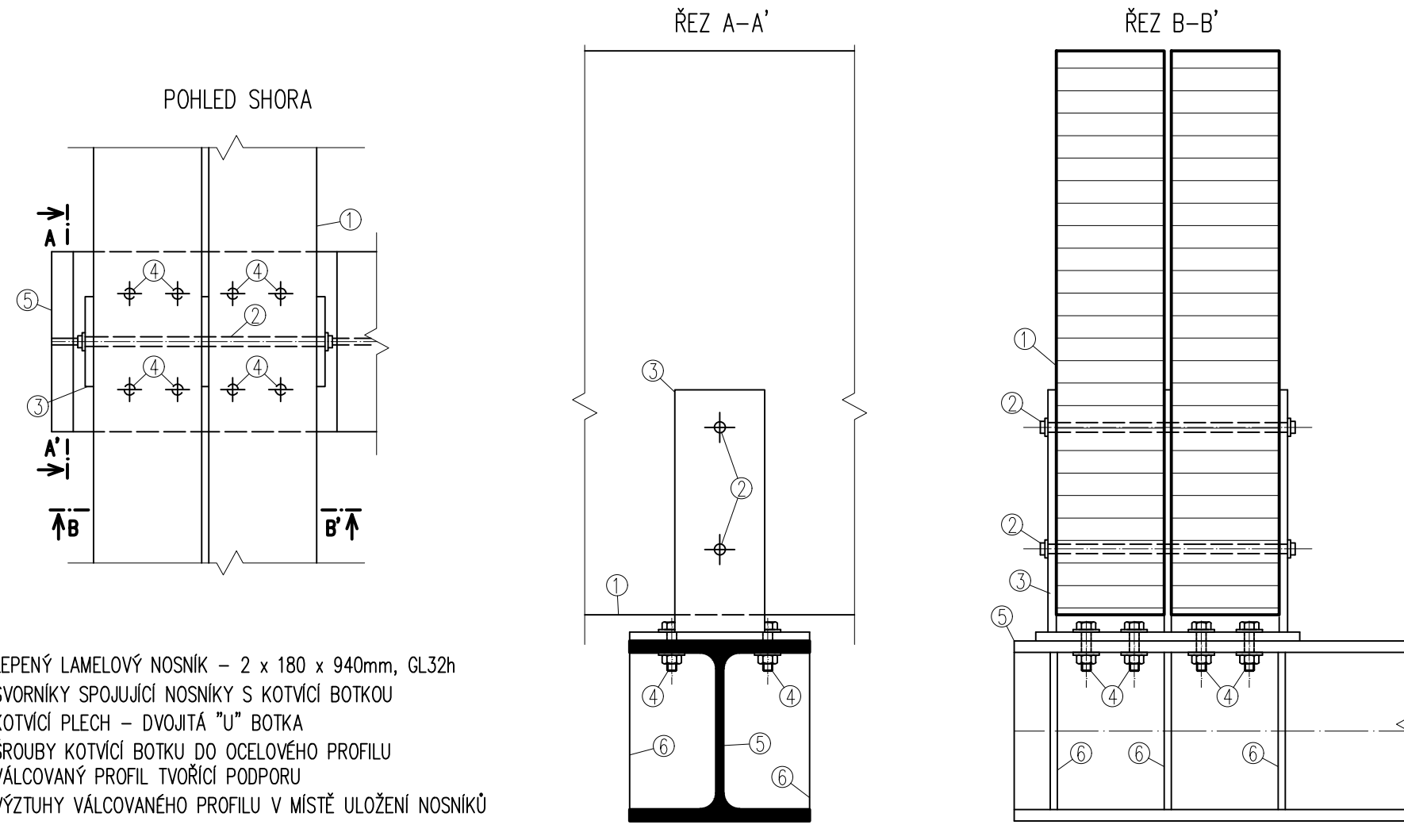
LEGENDA PRVKŮ:

- ① KVH HRANOL – 60 x 180 mm, C24
- ② DVOJICE LEPENÝCH LAMELOVÝCH NOSNÍKŮ – 2 x 180 x 940 mm, GL32h
- ③ OCELOVÉ TÁHLO – HALFEN DETAN S460N, ϕ 20mm
- ④ VÁLCOVANÝ PROFIL IPE180 – S235
– VŠECHNY PROFILY PODLAHOVÉHO ROŠTU JSOU STEJNÉ DIMENZE
- ⑤ ZTUŽIDLA ZAVĚŠENÉ KONSTRUKCE
- ⑥ OCELOVÁ KONSTRUKCE TVOŘÍCÍ PODPORU
- ⑦ DVOJICE SVORNÍKŮ ZAJIŠŤUJÍCÍ SPOLUPŮSOBENÍ NOSNÍKŮ
- ⑧ STABILIZUJÍCÍ BSH HRANOL BRÁNICÍ KLOPENÍ

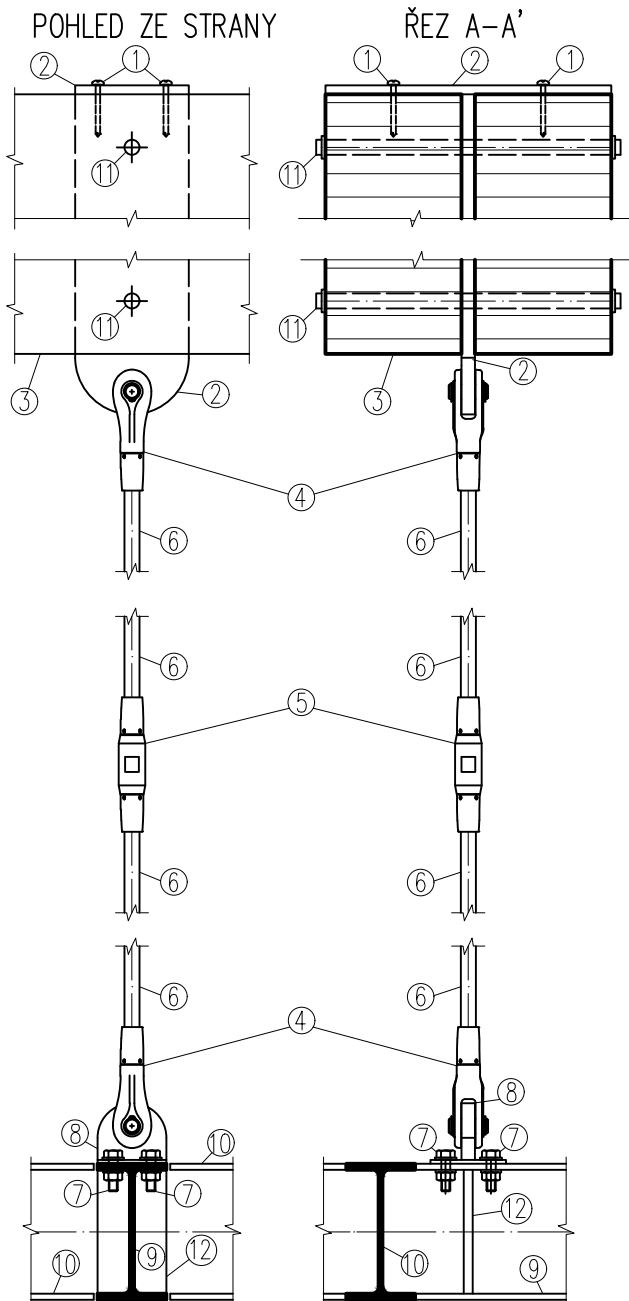
MATERIÁLY:

- OCEL S235
- DŘEVO KVH – C24
- LEPENÉ BSH HRANOLY

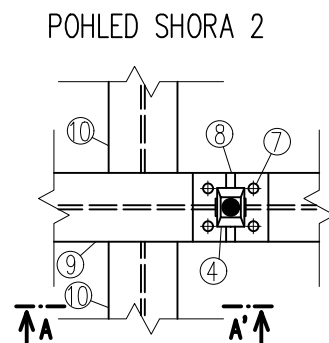
Příloha č.6
 DETAIL č.1 – SCHÉMA ULOŽENÍ VAZNÍKU
 M1:10



Příloha č.7
 DETAIL č.2 – SCHÉMA UKOTVENÍ TÁHLA
 M1:10



- ① VRUTY KOTVÍCÍ PLECH DO NOSNÍKU
- ② PLECHOVÝ "T" PROFIL UKOTVENÝ DO NOSNÍKU
- ③ LEPENÝ LAMELOVÝ NOSNÍK – 2 x 180 x 940mm, GL32h
- ④ KONCOVKA SYSTÉMOVÉHO TÁHLA – HALFEN DETAN
- ⑤ NAPÍNAČÍ KUS SYSTÉMOVÉHO TÁHLA – HALFEN DETAN
- ⑥ SYSTÉMOVÉ TÁHLO – HALFEN DETAN – S460N, Ø20mm
- ⑦ ŠROUBY KOTVÍCÍ PLECH DO PROFILU PODLAHY
- ⑧ PLECHOVÝ PROFIL PRO UKOTVENÍ TÁHLA
- ⑨ PODLAHOVÝ PŘÍČNÍK – IPE180, S235
- ⑩ PODLAHOVÝ PODÉLNÍK – IPE180, S235
- ⑪ SVORNÍKY SPOJUJÍCÍ DVOJICI NOSNÍKŮ
- ⑫ VÝZTUHY OCELOVÉHO PROFILU V MÍSTĚ UKOTVENÍ TÁHLA

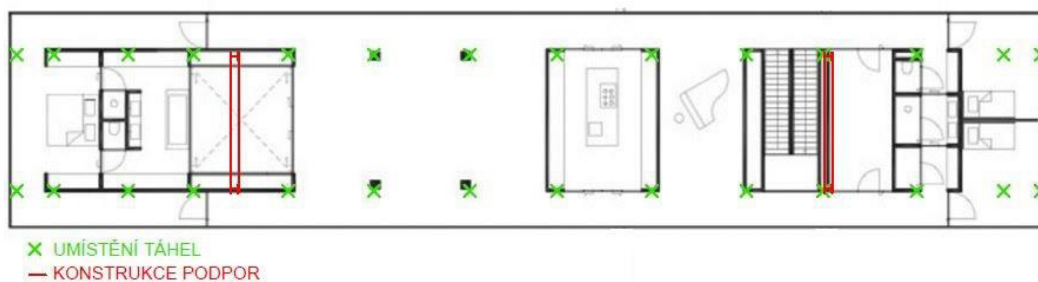


8 Závěr

Problematika velkých rozpětí či konzolových částí konstrukcí je velmi aktuální. Tato práce mi umožnila získat větší přehled o tom, co je dnes možné a jaká rizika tyto konstrukce obnáší. Velkým přínosem pro mne je i seznámení se obecně s fází předběžného návrhu a tvorba variant.

V bakalářské práci se podařilo dosáhnout vytyčených cílů. Byly vytvořeny možné konstrukční varianty a zdůrazněny jejich výhody i nevýhody. Podrobněji byla rozebrána asi nejdůležitější alternativa z navrhovaných.

Výsledkem je návrh budovy, jejíž hlavní nosnou konstrukci tvoří dřevěné lamelové nosníky. Vzhledem k rozpětí a charakteru budovy se pak jedná o poměrně neobvyklou stavbu. I přes veškerou snahu dodržet co nejvíce zadání architektonické studie byly nakonec provedeny určité změny.



Jednou z těch výraznějších je umístění táhel i na posledním příčnicku v konstrukci, což lze vidět z příloženého schématu. Pokud by investor/architekt trval na řešení bez jejich použití, musela by konstrukce ocelového roštu doznat značných změn, a především výrazného zvětšování profilů, což by se negativně projevilo na ceně. Z druhého pohledu nutno říci, že táhla mají průměr 20 mm a vzhledem k tomu, že zasklení fasády není zcela bezrámové, dalo by se umístění táhel zkorigovat s umístěním spojovacího profilu, a tudíž by nebyl výhled skrze fasádu ničím rušen.

Co se týče táhla v prostoru ložnice (na schématu předposlední vpravo), v půdoryse ze studie sice v tomto místě žádný prvek není, avšak v podkladech získaných z realizace se zde nacházel sloup. Jelikož zadání bylo kombinováno z těchto dvou zdrojů, umístění táhel do tohoto bodu nepovažuji za změnu.

Dodržena byla většina základních rozměrů, včetně hlavního rozpětí a velikostí konzol, což byl jeden z hlavních cílů.

9 Zdroje

9.1 Seznam použité literatury

- 1) Villa Kogelhof. In: *Archidesignweb.wordpress.com* [online]. 26 April 2016 [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://archidesignweb.wordpress.com/2016/04/26/villa-kogelhof/>
- 2) Paul de Ruiter Architects: Villa Kogelhof. In: *Stavbaweb.dumabyt.cz* [online]. [cit. 2018-04-29]. Dostupné z: <https://stavbaweb.dumabyt.cz/paul-de-ruiter-architects-villa-kogelhof-10588/clanek.html>
- 3) MVRDV and COBE complete Roskilde rock museum dressed with golden studs. In: *Dezeen.com* [online]. 29 April 2016 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://www.dezeen.com/2016/04/29/ragnarock-roskilde-rock-museum-mvrdv-cobe-denmark-gold-studs/>
- 4) New Rock Music Museum by COBE and MVRDV. In: *Metalocus.es* [online]. 30 April 2016 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://www.metalocus.es/en/news/new-rock-music-museum-cobe-and-mvrdv>
- 5) Balancing Barn / MVRDV. In: *Archdaily.com* [online]. 14 October 2010 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://www.archdaily.com/81757/balancing-barn-mvrdv>
- 6) Balancing Barn by MVRDV. In: *Dezeen.com* [online]. 14 October 2010 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://www.dezeen.com/2010/10/14/balancing-barn-by-mvrdv-and-mole-architects-photographed-by-edmund-sumner/>
- 7) MVRDV, Balancing Barn. In: *Elplanz-arquitectura.blogspot.cz* [online]. 18 March 2012 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://elplanz-arquitectura.blogspot.cz/2012/03/mvrdv-balancing-barn.html>
- 8) Olympic facilities in London from a bird's eye view. In: *Ridus.ru* [online]. 29 March 2012 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://www.ridus.ru/news/27521>
- 9) AD Classics: Millennium Dome / Richard Rogers (RSHP). In: *Archdaily.com* [online]. 24 January 2017 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://www.archdaily.com/793706/ad-classics-millennium-dome-rsh-plus-p>
- 10) 2007 Pritzker Architecture Prize Laureate by Richard Rogers. In: *Aeccafe.com* [online]. 24 August 2011 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://www10.aeccafe.com/blogs/arch-showcase/2011/08/24/2007-pritzker-architecture-prize-laureate-by-richard-rogers/>

- 11) Rio de Janeiro: apre il 'Museo del Domani' di Santiago Calatrava. In: *Archiportale.com* [online]. 22 December 2015 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: http://www.archiportale.com/news/2015/12/architettura/rio-de-janeiro-apre-il-museo-del-domani-di-santiago-calatrava_49549_3.html
- 12) Museum of Tomorrow: a captivating invitation to imagine a sustainable world. In: *2luxury2.com* [online]. 17 December 2015 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://www.2luxury2.com/museum-of-tomorrow-a-captivating-invitation-to-imagine-a-sustainable-world/>
- 13) Santiago Calatrava: Museu do Amanhã, Rio de Janeiro. In: *Arcoweb.com.br* [online]. 7 August 2014 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <http://www.arcoweb.com.br/finestra/arquitetura/santiago-calatrava-museu-amanha-rio-janeiro-2014>
- 14) Museum of Tomorrow, Brazil. In: *Peri.com* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://www.peri.com/en/projects/cultural-buildings/museum-of-tomorrow.html>
- 15) Statoil Regional and International Offices / a-lab. In: *Archdaily.com* [online]. 15 April 2013 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://www.archdaily.com/359599/statoil-regional-and-international-offices-a-lab>
- 16) In Progress: Statoil / a-lab. In: *Archdaily.com* [online]. 8 September 2011 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://www.archdaily.com/166664/in-progress-statoil-a-lab>
- 17) MVRDV Completes the Pixelated DNB NOR Bank Headquarters In Oslo. In: *Inhabitat.com* [online]. 13 December 2012 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://inhabitat.com/mvrdv-completes-the-pixelated-dnb-nor-bank-headquarters-in-oslo/>
- 18) DNB Bank Headquarters, Norway. In: *Clay-wienerberger.com* [online]. [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://clay-wienerberger.com/expertise/dnb-bank-headquarters-norway>
- 19) DnB NOR headquarters by MVRDV. In: *Dezeen.com* [online]. 17 September 2009 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://www.dezeen.com/2009/09/17/dnb-nor-headquarters-by-mvrdv/>
- 20) Megaconstrucciones del mundo. In: *Taringa.net* [online]. [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://www.taringa.net/posts/imagenes/2336041/Megaconstrucciones-del-mundo.html>
- 21) Sources of information referenced in "Victoria's iconic, world-class blunder". In: *Focusonvictoria.ca* [online]. [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <http://www.focusonvictoria.ca/supportivedocsdbmarch-april2017/>

- 22) Materials. In: *Millau-viaduct.pbworks.com* [online]. 31 November 2007 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <http://millau-viaduct.pbworks.com/w/page/20927957/Materials>
- 23) Millau Viaduct: The world highest bridge. In: *Thebuilderblog.wordpress.com* [online]. 26 January 2008 [cit. 2018-03-31]. Dostupné z: <https://thebuilderblog.wordpress.com/2008/01/26/millau-viaduct-the-world-highest-bridge/>
- 24) Technology: Millau Viaduct - A Bridge Taller Than the Eiffel Tower. In: *Inspiration.detail.de* [online]. April 2005 [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <https://inspiration.detail.de/technology-millau-viaduct---a-bridge-taller-than-the-eiffel-tower-107764.html?lang=en>
- 25) Les 6 étapes hors du commun de la construction du viaduc. In: *Leviaducdemillau.com* [online]. [cit. 2018-05-19]. Dostupné z: <http://www.leviaducdemillau.com/fr/comprendre/les-6-etapes-hors-du-commun-de-la-construction-du-viaduc>
- 26) Villa Kogelhof, Kamperland. In: *Bauforumstahl.de* [online]. [cit. 2018-05-15]. Dostupné z: <https://www.bauforumstahl.de/villa-kogelhof-kamperland>
- 27) Detan Stabsysteme. In: *Halfen.com* [online]. 2016 [cit. 2018-05-13]. Dostupné z: http://downloads.halfen.com/catalogues/de/media/catalogues/tensionrodsystem/DT_16.1.pdf
- 28) KOŽELOUH, Bohumil, ed. *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5*. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2004. ISBN 80-86769-13-5.
- 29) KUKLÍK, Petr a Anna KUKLÍKOVÁ. *Navrhování dřevěných konstrukcí: příručka k ČSN EN 1995-1*. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, 2010. ISBN 978-80-87093-88-7.
- 30) SOKOL, Zdeněk a František WALD. *Ocelové konstrukce: tabulky*. 3. vydání. V Praze: České vysoké učení technické, 2016. ISBN 978-80-01-06032-2.
- 31) FOGLAR, Marek, Michaela FRANTOVÁ a Pavel JIŘÍČEK. *Betonové konstrukce 3: navrhování betonových konstrukcí na MSP, úvod do předpjatého betonu*. V Praze: České vysoké učení technické, 2011. ISBN 978-80-01-04943-3.

9.2 Seznam použitých norem

- ČSN EN 1990 (730002): *Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- ČSN EN 1991-1-3 (730035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- ČSN EN 1991-1-4 (730035): *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- ČSN EN 1993-1-1 (731401): *Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2007.
- ČSN EN 1995-1-1 (731701): *Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.

9.3 Seznam použitého softwaru

- SCIA Engineer v16.1
- AutoCAD 2017
- MS Office 2016