

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera

Modulární koncepce stropu interiéru tramvaje

Diplomová práce

2020

Bc. Bohuslav Langr

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Bohuslav Langr**
Osobní číslo: **D17498**
Studijní program: **N3708 Dopravní inženýrství a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky: Kolejová vozidla**
Téma práce: **Modulární koncepce stropu interiéru tramvaje**
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

Zásady pro vypracování

Práce se bude zabývat stropem nového typu tramvají, které tvoří modulární systém a vychází z varianty platformy. Dlouhodobé zkušenosti z montáže stropů tramvají ukazují, že je nutné z důvodu snížení výrobních nákladů i montážních časů věnovat tomuto celku velký důraz. Vychází to i z toho, že tato část je montována obvykle až jako poslední a musí být dostatečně modifikovatelná a nastavitelná vzhledem k již namontovanému interiéru. Stěžejní částí diplomové práce bude návrh dvou koncepcí stropu. První koncepce bude vycházet ze standardního řešení (skládání jednotlivých dílů postupně na samotné tramvaji), druhá koncepce bude modulárním řešením stropu, v jehož částech jsou integrovány jednotlivé komponenty (např. části světel, vzduchovodů, příprava pro madla atp.).

Vypracujte:

1. Rešerši stávajícího řešení stropů tramvají s přihlédnutím ke konstrukci a montáži.
2. Návrh obvyklého řešení stropu vybraného typu vozidla.
3. Návrh modulárního řešení stropu s maximálním využitím integrace jednotlivých konstrukčních skupin vozidla s použitím moderních materiálů a výrobních technologií.
4. Vybrané výkresy konstrukční dokumentace modulárního stropu – příčný řez ve dvou místech stropu tramvaje, detailní konstrukční provedení uchycení stropu k hrubé stavbě vozidla.

Rozsah pracovní zprávy: **50 stran**
Rozsah grafických prací: **podle pokynů vedoucího DP**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] Dokumentace společnosti ŠKODA TRANSPORTATION, a.s.
- [2] KRÍŽ R., VÁVRA P.: Strojírenská příručka (5. svazek). SCIENTIA, spol. s r. o., 1994, 241 s. ISBN 80-85827-59-X.
- [3] HELLER P., DOSTÁL J.: Kolejová vozidla III. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2011. ISBN 978-80-261-0028-7.
- [4] ČSN EN 45545-1. Drážní aplikace – Protipožární ochrana drážních vozidel – Část 1: Obecně. Praha: ÚNMZ, 2013.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Aleš Hába, Ph.D.**
Katedra mechaniky, materiálů a částí strojů

Datum zadání diplomové práce: **18. února 2020**
Termín odevzdání diplomové práce: **18. května 2020**

L.S.

doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

Ing. Jakub Vágner, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení autora

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 1. 6. 2020

Bc. Bohuslav Langr

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce Ing. Aleši Hábovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při tvorbě diplomové práce. Dále poděkování patří mému zaměstnavateli a kolegům za jejich podporu. V neposlední řadě děkuji rodině za poskytnutí podmínek ke studiu.

Anotace

Práce se zabývá návrhem obložení stropu interiéru tramvaje. Součástí práce je rešerše stávajících řešení a návrh řešení nového.

Klíčová slova

obložení stropu, interiér, tramvajové vozidlo, vzduchový kanál

Title

Modular concept of the tram-car interior ceiling

Annotation

The work deals with design of tram-car interior ceiling. The work contains research of existing solutions and proposal of design modifications of new solution.

Keywords

ceiling, interior, tram-car, air duct channel

Obsah

Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	13
Seznam symbolů a zkratk	14
1 Úvod	16
2 Definice obložení stropu	18
2.1 Popis	18
2.1.1 Podhledové kryty.....	18
2.1.2 Nadokenní kryty	19
2.1.3 Kotvící a nosné prvky.....	20
2.2 Vazby	20
2.2.1 Vazby mimo vozidlo	20
2.2.2 Vazby v rámci vozidla	23
2.3 Legislativa.....	26
2.3.1 Normy, předpisy a vyhlášky.....	26
2.3.2 Patenty	28
3 Rešerše stávajících řešení	31
3.1 Škoda Forcity Classic (26T)	31
3.1.1 Technické parametry	31
3.1.2 Popis řešení stropního obložení.....	32
3.1.3 Výhody a nevýhody.....	34
3.2 Škoda Forcity Classic (18T)	34
3.2.1 Technické parametry	34
3.2.2 Popis řešení stropního obložení.....	35
3.2.3 Výhody a nevýhody.....	37
3.3 Škoda Forcity Classic (35T)	38
3.3.1 Technické parametry	38
3.3.2 Popis řešení stropního obložení.....	39
3.3.3 Výhody a nevýhody.....	40
4 Požadavky na navrhovaný systém stropního obložení	42
4.1 Obecné	42
4.1.1 Pohledová funkce.....	42
4.1.2 Vazba na další konstrukční celky interiéru.....	42
4.1.3 Materiálové řešení.....	42
4.2 Specifické.....	42
4.2.1 Rozměrová variabilita	42

5	Návrh obvyklého řešení stropu – návrh č. 1	44
5.1	Popis koncepce stropního obložení	44
5.1.1	Kotvící a nosné prvky	44
5.1.2	Podhledové kryty	45
5.1.3	Nadokenní kryty	46
5.2	Navazující konstrukční celky	48
5.2.1	Vzduchové kanály	48
5.2.2	Osvětlení	48
5.2.3	Ostatní	49
5.3	Návrh skladby stropu na článku vozidla	50
5.4	Postup montáže	51
5.5	Výhody a nevýhody	52
5.5.1	Výhody	52
5.5.2	Nevýhody	53
6	Návrh modulárního řešení stropu – návrh č. 2	54
6.1	Popis koncepce stropního obložení	54
6.1.1	Stropní moduly	54
6.1.2	Nadokenní kryty	57
6.2	Navazující konstrukční celky	57
6.3	Návrh skladby stropu na článku vozidla	58
6.4	Postup montáže	59
6.5	Výhody a nevýhody	60
6.5.1	Výhody	60
6.5.2	Nevýhody	60
7	Pevnostní výpočet	61
7.1	Výpočtový model	61
7.1.1	Návrh č. 1	61
7.1.2	Návrh č. 2	62
7.2	Zatěžovací stavy a jejich kombinace	63
7.2.1	Mimořádná zatížení	63
7.3	Posouzení statické pevnosti	64
7.3.1	Vyhodnocení	66
7.4	Pevnostní posouzení šroubových spojů	69
7.4.1	Ověření výpočtu	69
7.4.2	Návrh č. 1	72
7.4.3	Návrh č. 2	73
8	Ověření průřezů vzduchových kanálů	74
9	Výpočet součinitele prostupu tepla střechy	75
9.1.1	Vnitřní součinitel přestupu tepla na povrchu skříně	75
9.1.2	Vnější součinitel přestupu tepla na povrchu skříně	75

9.1.3	Součinitel prostupu tepla	76
10	Závěr	77
	Literatura.....	79
	Elektronické zdroje.....	81
	Přílohy	82

Seznam obrázků

Obr. 1: Hmotnostní podíl jednotlivých celků tramvaje.....	16
Obr. 2: Podélný a příčný řez článkem tramvaje.....	17
Obr. 3: Schéma stropu tramvaje.....	18
Obr. 4: Podhledový panel s ventilačními otvory (PK TS Lionet).....	19
Obr. 5: Nadokenní kryt s integrovanými drážkami pro papírovou reklamu (Škoda 15T).....	20
Obr. 6: Ukázka ovlivnění vnitřního prostředí rozdílným provedením horizontálních konstrukcí - architektura.....	21
Obr. 7: Schéma dělení interiéru vozidla.....	23
Obr. 8: Příklad osvětlení interiéru tramvaje (Siemens Avenio) [20].....	24
Obr. 9: Příklad kotvení madel do obložení stropu (Stadler/Siemens S-Bahn Berlin).....	25
Obr. 10: Příklad kotvení madel do obložení stropu (Škoda 15T).....	25
Obr. 11: Schematický příčný řez stropem [14].....	28
Obr. 12: Schematický příčný řez stropem [15].....	29
Obr. 13: Schematický příčný řez-montáž stropního rámu ke střeše [16].....	29
Obr. 14: Schematický příčný řez stropem [17].....	30
Obr. 15: Strop tramvaje Škoda 26T.....	31
Obr. 16: Strop 26T - schematický příčný řez v místě recirkulačního kanálu.....	32
Obr. 17: Strop 26T - schematický příčný řez.....	33
Obr. 18: Strop 26T - axonometrický pohled.....	33
Obr. 19: Strop tramvaje 18T.....	35
Obr. 20: Strop 18T - schematický příčný řez.....	36
Obr. 21: Strop 18T - axonometrický pohled.....	37
Obr. 22: Strop tramvaje 35T.....	38
Obr. 23: Strop 35T - schematický příčný řez.....	39
Obr. 24: Strop 35T - axonometrický pohled.....	40

Obr. 25: Schematický řez skříňní vozidla [1]	43
Obr. 26: Extrudovaný integrální nosník.....	44
Obr. 27: Držák integrálního nosníku	45
Obr. 28: Spojení držáku s profilem.....	45
Obr. 29: Podhledový kryt	46
Obr. 30: Pohledový kryt - uchycení.....	46
Obr. 31: Nadokenní kryt	47
Obr. 32: Nadokenní kryt - uchycení	47
Obr. 33: Obložení stropu – schematický příčný řez	47
Obr. 34: Vzduchové kanály – uchycení do obložení	48
Obr. 35: Další komponenty – příklad zástavby	49
Obr. 36: Další komponenty – příklad zástavby	49
Obr. 37: Strop – schematický příčný řez.....	50
Obr. 38: Návrh skladby stropu článku – schematický příčný řez	50
Obr. 39: Návrh skladby stropu článku – axonometrický pohled	51
Obr. 40: Návrh skladby stropu článku - perspektivní pohled	51
Obr. 41: Stropní modul - axonometrický pohled.....	54
Obr. 42: Rám stropního modulu.....	55
Obr. 43: Stropní modul - skladba	55
Obr. 44: Stropní modul - příčný řez	56
Obr. 45: Obložení stropu – schematický příčný řez	57
Obr. 46: Strop – schematický příčný řez	57
Obr. 47: Návrh skladby stropu článku – schematický příčný řez	58
Obr. 48: Návrh skladby stropu článku – axonometrický pohled	58
Obr. 49: Návrh skladby stropu článku - perspektivní pohled	59
Obr. 50: Výpočtový model sestavy integrálního nosníku s okrajovými podmínkami	61
Obr. 51: Ukázka zasíťování nosníku	62

Obr. 52: Výpočtový model sestavy rámu modulu s okrajovými podmínkami	63
Obr. 53: Ukázka zasíťování rámu modulu.....	63
Obr. 54: Pole napětí Von Mises v nejvíce namáhaném místě - LC_S03.....	66
Obr. 55: Displacement - LC_S04.....	67
Obr. 56: Pole napětí Von Mises v nejvíce namáhaném místě - LC_S02.....	68
Obr. 57: Displacement - LC_S02.....	68
Obr. 58: Skladba střechy - schéma.....	76
Obr. 59: Počet dílů stropu - porovnání variant	77
Obr. 60: Světlá výška stropu	78
Obr. 61: Hmotnost stropu - porovnání variant	78

Seznam tabulek

Tab. 1: Přehled vazeb a požadavků - vazby mimo vozidlo	22
Tab. 2: Přehled vazeb a požadavků - vazby v rámci vozidla	26
Tab. 3: Přehled norem a předpisů	27
Tab. 4: Přehled technických parametrů 26T	31
Tab. 5: Přehled technických parametrů 18T	34
Tab. 6: Přehled technických parametrů 35T	38
Tab. 7: Zatěžovací stavy - mimořádná zatížení	64
Tab. 8: Vlastnosti materiálu	65
Tab. 9: Maximální hodnoty napětí Von Mises – integrální nosník	66
Tab. 10: Maximální hodnoty napětí Von Mises – podélné nosníky	67
Tab. 11: Vyhodnocení šroubového spoje	72
Tab. 12: Vyhodnocení šroubového spoje	73
Tab. 13: Uvažované hodnoty pro výpočet	74
Tab. 14: Vnitřní součinitel přestupu tepla	75
Tab. 15: Tepelně izolační vlastnosti materiálů	76

Seznam symbolů a zkratk

Latinská písmena

a	[m·s ⁻²]	zrychlení
A	[m ²]	průtočná plocha vzduchových kanálů
A _s	[mm ²]	výpočtový průřez šroubu
A ₅₀	[%]	tažnost materiálu
C	[-]	tuhostní konstanta
c _b	[N·mm ⁻¹]	tuhost šroubu
c _m	[N·mm ⁻¹]	tuhost spojovaných součástí
d _i	[m]	tloušťka materiálu
D ₀	[mm]	průměr díry pro šroub
d ₂	[mm]	střední průměr závitu šroubu
E	[N·mm ⁻²]	modul pružnosti materiálu v tahu
F	[N]	síla
g	[m·s ⁻²]	tíhové zrychlení
HV	[-]	tvrdost materiálu dle Vickerse
k _j	[W·m ⁻² ·K ⁻¹]	součinitel prostupu tepla složenou stěnou
L	[mm]	délka
M	[N·m]	krouticí moment
M _z	[N·m]	třecí moment v závitu šroubu
M _p	[N·m]	třecí pod hlavou šroubu
m _o	[kg]	hmotnost cestujícího
P _z	[mm]	stoupání závitu šroubu
Q	[m ³ ·h ⁻¹]	objemový průtok
R _m	[N·mm ⁻²]	mez pevnosti materiálu
R _{p0,2}	[N·mm ⁻²]	smluvní mez kluzu materiálu
s	[mm]	velikost klíče pro utažení matice/šroubu
S _r	[mm ²]	redukovaný průřez spojovaných součástí
S ₁	[-]	součinitel bezpečnosti pro statickou pevnost
U	[-]	míra využití prvku z hlediska namáhání
v	[m·s ⁻¹]	rychlost proudění vzduchu
w	[km·h ⁻¹]	rychlost vozidla
W _k	[mm ³]	průřezový modul v krutu

Řecká písmena

α_{20}	$[10^{-6} \cdot K^{-1}]$	součinitel teplotní roztažnosti materiálu
α_e	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	součinitel přestupu tepla vnější
α_i	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$	součinitel přestupu tepla vnitřní
λ_i	$[W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}]$	součinitel tepelné vodivosti
ρ	$[kg \cdot m^{-3}]$	hustota materiálu
σ_c	$[N \cdot mm^{-2}]$	výpočtové napětí v materiálu
σ_{DOV}	$[N \cdot mm^{-2}]$	maximální dovolené napětí v materiálu
σ_{red}	$[N \cdot mm^{-2}]$	redukované napětí v materiálu
τ	$[N \cdot mm^{-2}]$	smykové napětí v materiálu
μ	$[-]$	součinitel tření

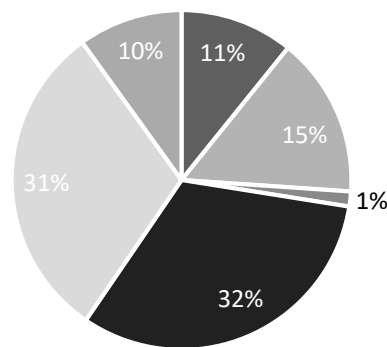
Zkratky

ŠTRN	Škoda Transportation, a. s.
HS	hrubá stavba skříně
HVAC	heating, ventilation and air conditioning (topeni, větrání a klimatizace)
PKTS	PK Transportnye Systemy
FCX	ForCity X
HPL	high pressure laminate (vysokotlaký laminát)

1 Úvod

V současnosti je kladen důraz na zvyšování ekologie dopravy a to zejména ve velkých městech. Rozvoj a modernizace tramvajové dopravy je jedním ze způsobů, jak tohoto cíle dosáhnout. S rozvojem spojený rostoucí počet cestujících spolu s vývojem nových technologií s sebou přináší požadavky na vyšší kvalitu cestování. Tyto požadavky se odrážejí jak ve zlepšování infrastruktury, tak ve zlepšování samotných vozidel, potažmo jejich interiérů.

podíl jednotlivých celků na hmotnosti vozidla

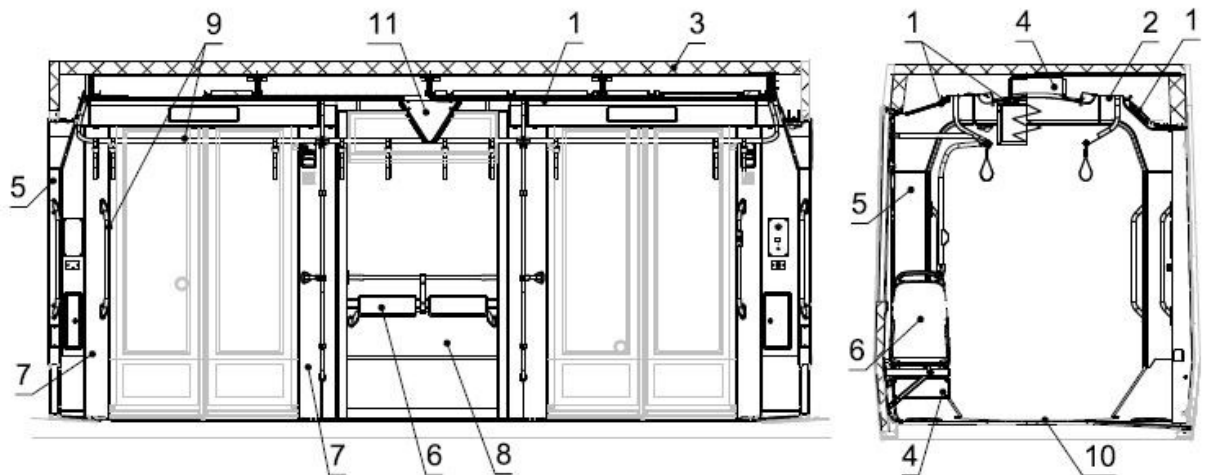


■ přístroje na střeše ■ ostatní ■ kabina ■ HS ■ podvozky ■ interiér

Pozn.: Průměrné hodnoty několika jednosměrných, 5ti článkových tramvají se třemi podvozky

Obr. 1: Hmotnostní podíl jednotlivých celků tramvaje

Interiér vozidla tvoří jeho významnou část. A to jak z hlediska konstrukčního, tak z hlediska uživatelského. Dá se říci, že z pohledu cestujících, je interiér částí nejdůležitější. Stejně jako tvoří interiér podstatnou část celého vozidla, tak strop, resp. stropní obložení tvoří významnou část interiéru samotného. Jako samostatný konstrukční celek prochází tedy stropní obložení postupným vývojem zohledňujícím změny konstrukce vozidel, materiálové možnosti a zvyšující se počet technologií montovaných do vozidla, které musí zakrýt případně integrovat.



1 – obložení stropu, 2 – osvětlení interiéru, 3 – izolace skříňě, 4 – HVAC, 5 – obložení čelnic, 6 – sedadla, 7 – obložení dveří, 8 – obložení bočnic (oken), 9 – madla, 10 – podlaha, 11 – informační systémy

Obr. 2: Podélný a příčný řez článkem tramvaje

Díky výše popsaným důvodům se stropní obložení stává komplexnějším konstrukčním celkem a dlouhodobé zkušenosti z montáže tramvají ukazují, že je nutné z důvodu snížení výrobních nákladů a montážních časů věnovat tomuto celku velký důraz. Vychází to i z toho, že stropní obložení nebo jeho části jsou obvykle montovány až ke konci montáže a musí být tedy dostatečně modifikovatelné a nastavitelné vůči již namontovanému interiéru a výrobním tolerancím HS.

2 Definice obložení stropu

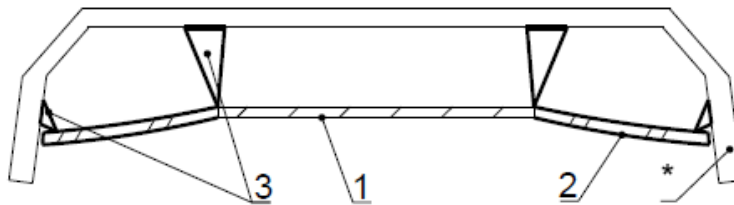
2.1 Popis

Obložení stropu článků tramvaje vytváří samostatný konstrukční celek, resp. systém v rámci interiéru vozidla, který v sobě zahrnuje veškeré vybavení (prvky) včetně kotvících prvků, které slouží pro nesení a zakrytí jiných konstrukčních celků a technologií montovaných pod střechu vozidla.

Obložení se obvykle skládá z následujících prvků:

- podhledové kryty (středové)
- nadokenní (boční) kryty
- kotvící a nosné prvky

Další prvky nacházející se na stropu vozidla, jako například vzduchové kanály, výdechy ventilace, osvětlení nebo izolace, jsou buď navrženy jako samostatné konstrukční celky, nebo mohou být integrovány jako součást některého ze zmíněných základních prvků. V případě, že jsou řešeny jako samostatné celky, musí stropní obložení řešit návaznosti na tyto prvky a často slouží jako jejich nosná konstrukce.



1 – podhledové kryty, 2 – nadokenní kryty, 3 – kotvící a nosné prvky, * - HS

Obr. 3: Schéma stropu tramvaje

2.1.1 Podhledové kryty

Podhledové kryty se nachází zpravidla ve střední části stropu článku a vytváří hlavní pohledovou část. V případě vozidel vybavených ventilací nebo klimatizací (dnes standardní řešení) mohou být v rámci těchto krytů řešeny otvory pro zpětné nasávání vzduchu z interiéru (recirkulaci) do vzduchových kanálů nebo výdechy již upraveného studeného či teplého vzduchu proudícího do interiéru.



Obr. 4: Podhledový panel s ventilačními otvory (PK TS Lionet)

Střední částí vozidla probíhá zpravidla po celé jeho délce ulička vytvářející hlavní koridor pohybu. Z toho plyne potřeba zajištění dostatečné výšky v tomto prostoru a zároveň zajištění dostatečného prostoru nad obložením pro další technologie. Dalším hlediskem je splnění vzhledových požadavků jak z hlediska tvaru, tak povrchové úpravy. Z těchto důvodů se používají deskové kompozitní materiály, které mají při zachování nízké hmotnosti a malé tloušťky dostatečnou tuhost jako např.:

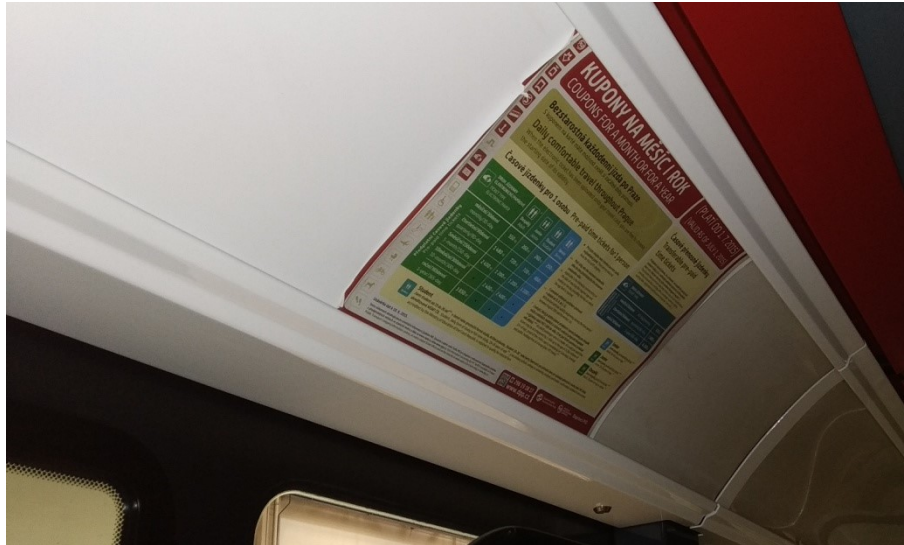
- pultruzní profily
- termoplasty
- hliníkové sendvičové kompozity

Případně lze použít ocelové či hliníkové plechy.

2.1.2 Nadokenní kryty

Nadokenní kryty, jak název napovídá, se nachází nad okny v prostoru mezi obložením oken (či obložením bočnic) a střední částí stropu. Jejich hlavním účelem je zakrytí technologií zde umístěných, a to především elektrických přístrojů. K přístrojům je třeba zajistit dobrý a rychlý přístup, proto bývají kryty konstruovány jako výklopné. Vzhledem k zástavbovým rozměrům některých přístrojů většinou nelze zachovat vodorovné umístění krytů v rovině střední části stropu a tyto se svažují mírně k oknům. Toho se s výhodou využívá pro umístění reklamních zařízení.

Materiálové řešení je zde obdobné jako v případě podhledových krytů, tedy deskové kompozitní materiály nebo v případě větší tvarové náročnosti sklolaminátové prepregy.



Obr. 5: Nadokenní kryt s integrovanými drážkami pro papírovou reklamu (Škoda 15T)

2.1.3 Kotvící a nosné prvky

Do této skupiny můžeme zařadit veškeré prvky sloužící k ustavení a fixování obložení stropu do nosné struktury skříňe vozu. Může se jednat o jednoduché držáky či konzoly zpravidla ocelové či hliníkové, nebo o nosné substrukтуры například prostorové rámy.

2.2 Vazby

Obložení stropu článku jako konstrukční celek vytváří velké množství návazností jednak na další konstrukční celky v rámci vozidla, ale také na subjekty či systémy mimo vozidlo. Z těchto vazeb plyne množství požadavků, které je třeba při návrhu obložení zohlednit.

2.2.1 Vazby mimo vozidlo

Sem patří zejména návaznosti (a z nich plynoucí požadavky) na subjekty v rámci provozu vozidla, a to na provozovatele a cestující. Také sem můžeme zařadit návaznost na výrobce a životní prostředí.

Provozovatel

Z hlediska vazby na provozovatele plynou následující požadavky:

- snadná údržba a výměna poškozených částí
- snadný přístup k dalším systémům
- snadné čištění
- možnost umístění reklamy a informačních zařízení
- možnost změny vzhledu

V rámci údržby je vhodné, aby nemuselo být demontováno velké množství dílů a neprodužovala se tak doba odstavení vozidla a aby díly byly odolné vůči případné neodborné manipulaci.

Snadným přístupem k dalším systémům je myšlen zejména přístup k el. přístrojům umístěným pod střešou vozidla jako svorkovnice, tachograf či protipožární čidla.

Při velké členitosti povrchu je riziko většího usazování nečistot a zhoršená manipulace s prostředky pro čištění. Není vhodné, aby se na obložení vyskytovaly ostré hrany a rohy, kde by se nástroje mohly zadrhnout.

Změna vzhledu například změnou barevného provedení obložení.

Cestující

Z hlediska vazby na cestující plynou následující požadavky:

- zajištění příjemného prostředí
- zajištění hygienického prostředí
- bezpečnost

Zajištění příjemného prostředí spočívá také v moderním „nadčasovém“ vzhledu. Vhodným vzhledem lze také přispět k jasnému členění interiéru a k efektu prostorového zvětšení vnitřního prostoru, jež mají vhodně pojaté horizontální konstrukce obecně.



světlý klenutý strop s perforací pro prostup denního světla (návštěvnické centrum zámku Schönbrunn) [21]



tmavý strop s příčně orientovanými přiznanými nosíky (Bauhaus muzeum v Desavě) [22]

Obr. 6: Ukázka ovlivnění vnitřního prostředí rozdílným provedením horizontálních konstrukcí - architektura

Hygienickým prostředím je myšleno například hlukové či tepelné stínění interiéru vozidla od okolního prostředí.

Bezpečnost pro cestující musí být zajištěna jednak při „standardním“ provozu, například aby nedocházelo k poranění cestujících o ostré hrany či rohy, ale také v případě nějaké mimořádnosti. Obložení by mělo mít dostatečnou integritu i při kolizi a nesmí uvolňovat toxické látky v případě požáru.

Výrobce

Z hlediska výrobce jsou to především technicko-ekonomické požadavky:

- cena
- hmotnost
- snadná montáž
- čas montáže

Do ceny a času montáže se promítají i faktory jako je způsob přepravy jednotlivých dílů a možnosti jejich skladování.

Životní prostředí

- tepelně technické vlastnosti vozidla
- recyklovatelnost materiálů
- zdravotní nezávadnost
- ekologie výroby samotných dílů

Současné zvyšující se nároky na šetrnost k životnímu prostředí se promítají čím dál více i do tramvajové, potažmo železniční dopravy. V rámci schvalování vozidel do provozu je třeba řešit tzv. Analýzu materiálového složení a likvidace vozidla. Důležitým parametrem vozidla, jež dostává stále vyšší váhu při hodnocení soutěžních tendrů na nová vozidla, je spotřeba energie, která je velkou měrou spotřebovávána i na vytápění a klimatizaci vozidla.

Tab. 1: Přehled vazeb a požadavků - vazby mimo vozidlo

Vazba:	Požadavky:
provozovatel	snadná údržba a výměna poškozených částí
	snadný přístup k dalším systémům
	snadné čištění
	možnost umístění reklamy a informačních zařízení
	možnost změny vzhledu
cestující	zajištění příjemného prostředí
	zajištění hygienického prostředí
	bezpečnost
výrobce	nízká cena
	hmotnost
	snadná montáž
životní prostředí	tepelně technické vlastnosti vozidla

	recyklovatelnost materiálů
	zdravotní nezávadnost

2.2.2 Vazby v rámci vozidla

Vazby obložení stropu v rámci vozidla zahrnují návaznosti na další konstrukční celky.

Skříň vozidla

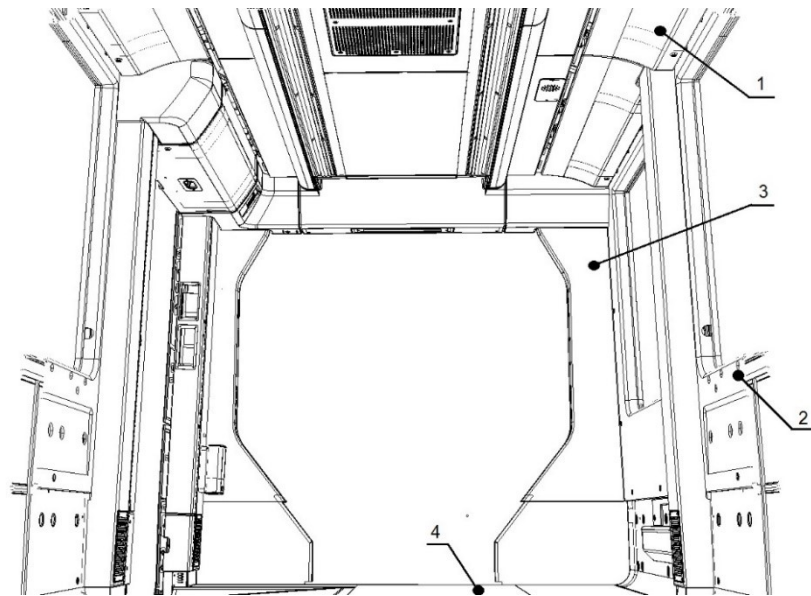
Skříň vozidla a především její střecha tvoří nosnou strukturu pro upevnění stropního obložení do interiéru vozidla ať přímo nebo pomocí další nosné konstrukce. Je tedy třeba řešit:

- způsob rozmístění kotvících prvků
- pevnostní charakteristiky

Obložení interiéru

V rámci interiéru je třeba řešit tyto návaznosti:

- návaznost na obložení bočnic
- návaznost na obložení čelnic
- návaznost na kabinu řidiče



1 – obložení stropu, 2 – obložení bočnic, 3 – obložení čelnic, 4 – podlaha

Obr. 7: Schéma dělení interiéru vozidla

Je vhodné, aby v interiéru vozu nevznikaly příliš velké spáry mezi jednotlivými částmi obložení z důvodů jednak estetických a také bezpečnostních. Naopak při jejich vzájemném dotyku je třeba zajistit, aby třeba vlivem vibrací nedocházelo k nežádoucím zvukovým projevům. V případě návaznosti dílů z jiných materiálů může vznikat problém s odstínem povrchové úpravy – kdy na různém podkladu působí stejný odstín i lesk zcela odlišně.

Izolace

Stropní částí vozidla může procházet v závislosti na klimatických podmínkách značné množství tepla (velké tepelné ztráty v zimním období, resp. nadměrné tepelné zisky v letním období), což zvyšuje spotřebu el. energie na zajištění tepelné pohody v interiéru vozidla HVAC zařízeními. V případě umístění provozních přístrojů na střeše hrozí pronikání nepříjemného hluku do interiéru. Musí se tedy řešit:

- zástavba izolace
- tepelné mosty
- útlum zvuku

Větrání, topení a klimatizace

Dnes jsou již standardně všechna vozidla vybavena nucenou ventilací vzduchu případně klimatizací. Protože zařízení pro úpravu vzduchu je z prostorových důvodů umísťováno na střechu, řeší se tedy následující:

- zástavba nebo integrování vzduchových kanálů
- zástavba výdechů (mřížek) ventilace (klimatizace)
- zástavba nasávacích mřížek pro zpětně nasávaný vzduch (recirkulaci)

Vnitřní osvětlení

- zástavba světelných zdrojů a krytů



Obr. 8: Příklad osvětlení interiéru tramvaje (Siemens Avenio) [20]

Madla a záchytné tyče

Ve vozidle je třeba zajistit dostatečné množství zařízení pro přidržování stojících cestujících za jízdy. Vzhledem k prostorovým a ergonomickým možnostem je vhodné tato zařízení (madla) kotvit do stropní části. Je tedy třeba zajistit:

- uchycení madel přímo do obložení
- přístup pro uchycení madel do jiné nosné části (např. střechy)



kotvení do obložení stropu - viditelné v interiéru

Obr. 9: Příklad kotvení madel do obložení stropu (Stadler/Siemens S-Bahn Berlin)



kotvení do střechy HS – schováno krytem

Obr. 10: Příklad kotvení madel do obložení stropu (Škoda 15T)

Další konstrukční celky

K dalším vazbám a požadavkům může patřit např.:

- zástavba informačních zařízení
- přístup k el. zařízením a kabelům pod střechou článku
- zástavba hasicího systému
- zástavba monitorovacích zařízení
- zástavba signalizačního audio systému
- zástavba reklamních panelů

Tab. 2: Přehled vazeb a požadavků - vazby v rámci vozidla

Vazba:	Požadavky:
skříň vozidla	způsob rozmístění uchycení
	pevnostní charakteristiky
obložení interiéru	návaznost na obložení bočnic
	návaznost na obložení čelnic
	návaznost na kabinu řidiče
izolace	zástavba izolace
	tepelné mosty
HVAC	zástavba nebo integrování vzduchových kanálů
	zástavba výdechů (mřížek) ventilace (klimatizace)
	zástavba nasávacích mřížek pro recirkulaci
vnitřní osvětlení	zástavba světel a krytů
madla a držadla	uchycení made přímo do obložení
	přístup pro uchycení madel do jiné nosné části (např. střechy)
další celky	zástavba informačních zařízení
	přístup k el. zařízením a kabelům pod střechou článku
	zástavba hasičiho systému
	zástavba monitorovacích zařízení
	zástavba audio systému

2.3 Legislativa

2.3.1 Normy, předpisy a vyhlášky

Na stropní obložení jako konstrukční celek vozidla se přímo nevztahují žádné normy ani předpisy. Při návrhu je však nutné brát v úvahu legislativu vztahující se ke kolejovým (tramvajovým) vozidlům obecně, případně legislativu vztahující se na navazující konstrukční celky.

V případě obecné legislativy pro kolejová vozidla je jednou z nejvýznamnějších norma ČSN EN 45545-2 [2] týkající se požární odolnosti a toxicity materiálů. Na tuto normu je kladen velký důraz a má velký vliv na materiálové, potažmo konstrukční řešení nejen interiérů kolejových vozidel obecně. Dále můžeme jmenovat např. normu DIN 25201-2 [6], která udává požadavky na šroubové spoje kolejových vozidel nebo normu DIN 6701-3 [4] udávající požadavky na lepené spoje, kterých se v oblasti kolejových vozidel hojně využívá.

U navazujících konstrukčních celků jmenujme třeba vyhlášku EHK č. 107 [9], jež udává obecné požadavky na interiéry vozidel pro hromadnou přepravu osob, potažmo tramvají, EN 13272-2 [3] týkající se osvětlení interiéru městských kolejových vozidel, případně normy týkající se povrchových úprav jako ČSN EN ISO 8501 [13].

Přehled norem a předpisů vzatých v úvahu při návrhu stropního obložení je v následující tabulce.

Tab. 3: Přehled norem a předpisů

Označení:	Název:
ČSN EN 45545 [2]	Protipožární ochrana drážních vozidel
DIN 6701 [4]	Adhesive bonding of railway vehicles and parts
ČSN EN 15085 [7]	Železniční aplikace - Svařování železničních kolejových vozidel a jejich částí
EN 50126 [11]	Drážní zařízení - Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti
EN 50125 [12]	Drážní zařízení - Podmínky prostředí pro zařízení
EN 13272 [3]	Railway applications-Electrical lightning for rolling stock in public transport systems
DIN 25201 [6]	Design guide for railway vehicles and their components - Bolted joints
ČSN 28 1300 [10]	<i>Tramvajová vozidla - Technické požadavky a zkoušky</i>
EHK č. 107 [9]	Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel kategorie M2 nebo M3 z hlediska jejich celkové konstrukce
VDV 150 [8]	Recommendation of type - light rail vehicles
ČSN EN 14750 [5]	Klimatizace pro městská a příměstská kolejová vozidla
ČSN EN ISO 8501 [13]	Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků
ČSN EN 12663 [18]	Železniční aplikace - Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel

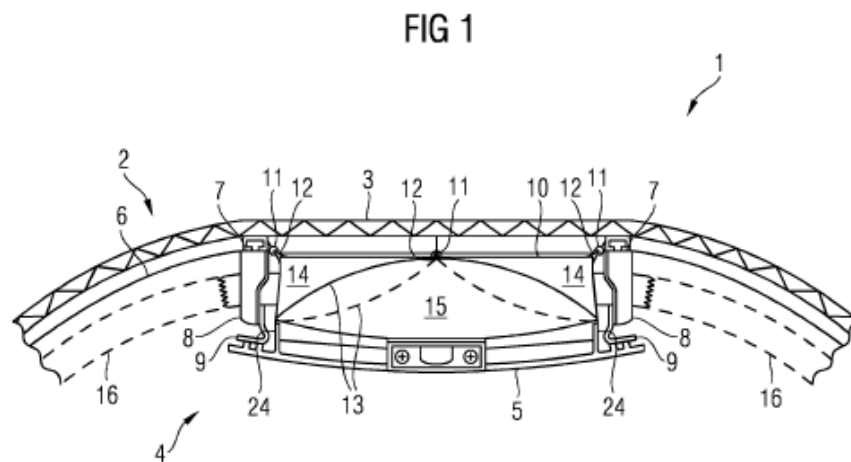
2.3.2 Patenty

Vzhledem k tomu, že stropní obložení je poměrně velkým a významným konstrukčním celkem, tak zejména velcí výrobci přichází s ucelenými řešeními, na která uplatňují patentovou ochranu. Některé z těchto patentů jsou uvedeny níže.

WO 2012/156272 A1

Název: Vehicle having a textile channel [14]

Vlastník: Siemens



5 - podhledový kryt, 8 a 9 - kotvící prvky krytu, 10 - textilní kanál, 11 a 12 - kolejničky uchycení kanálu ke střeše, 13 - membrána, 14 - prostor teplého vzduchu, 15 -prostor studeného vzduchu a 24 - suchý zip

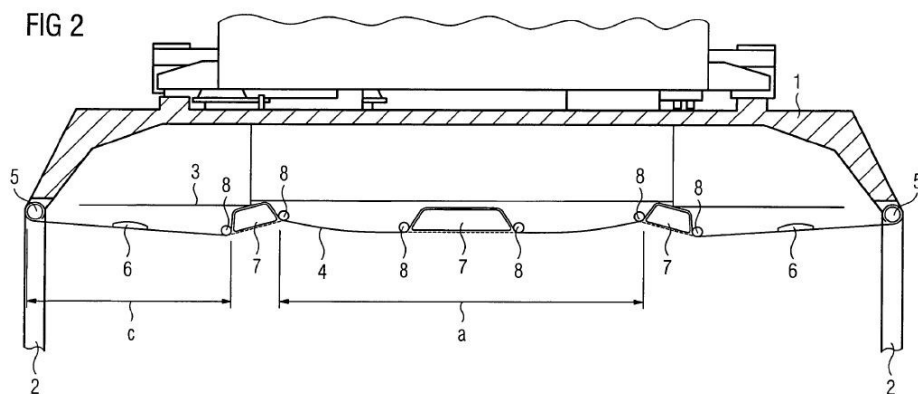
Obr. 11: Schematický příčný řez stropem [14]

Patent popisuje vytvoření stropních vzduchovodů pomocí textilního „šitého“ kanálu s membránami oddělujícími teplý a studený vzduch. Kanál je uchycen ke střeše kolejničkami (podobně jako záclona) a ve spodní části pomocí suchého zipu ke stropním panelům.

DE 10 2008 048 656 B3

Název: Vnitřní montáž stropu vozidel [15]

Vlastník: Siemens



4 - stropní panel, 5 - hřídele navíjení, 6 - výdechy ventilace, 7 - osvětlení, 8 - tvarovací prvky, a - pohledový kryt, b - nadokenní kryt

Obr. 12: Schematický příčný řez stropem [15]

Patent popisuje vytvoření stropního obložení z pružného materiálu např. z aramidové tkaniny. Tkanina je na jednom nebo obou koncích navíjena na cívku a po straně vedena vodícím prvkem udávajícím tak příčný tvar „krytu“. Tímto je docíleno jednotné konstrukce obložení pro vozidla s různým příčným profilem a šířkou skříně.

WO 2017/220745 A1

Název: Způsob montáže stropního rámu na střešní konstrukci kolejového vozidla pomocí přípravku [16]

Vlastník: Bombardier

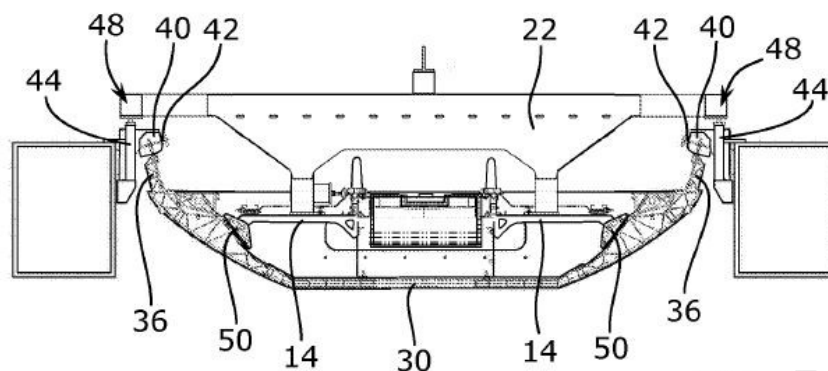


Fig. 5

14 – stropní rám, 22 – stropní přípravek (pohyblivý), 30 – konstrukce střechy HS, 44 a 48 – polohovací prvky, 50 a 42- kotvící prvky

Obr. 13: Schematický příčný řez-montáž stropního rámu ke střeše [16]

Patent popisuje způsob montáže a přesného polohování stropní konstrukce (nosného rámu stropního obložení) do konstrukce střechy obrácené vzhůru nohama pomocí montážního a střešního přípravku za pomoci polohovacích prvků. Po montáži se střecha (nosná část hrubé stavby skříně) společně se stropním rámem usadí do HS článku vozidla. Pro montáž do HS slouží stejné polohovací otvory jako pro usazení stropního rámu.

WO 2016/012397A1

Název: Zařízení pro distribuci vzduchu v interiéru kolejového vozidla [17]

Vlastník: Bombardier

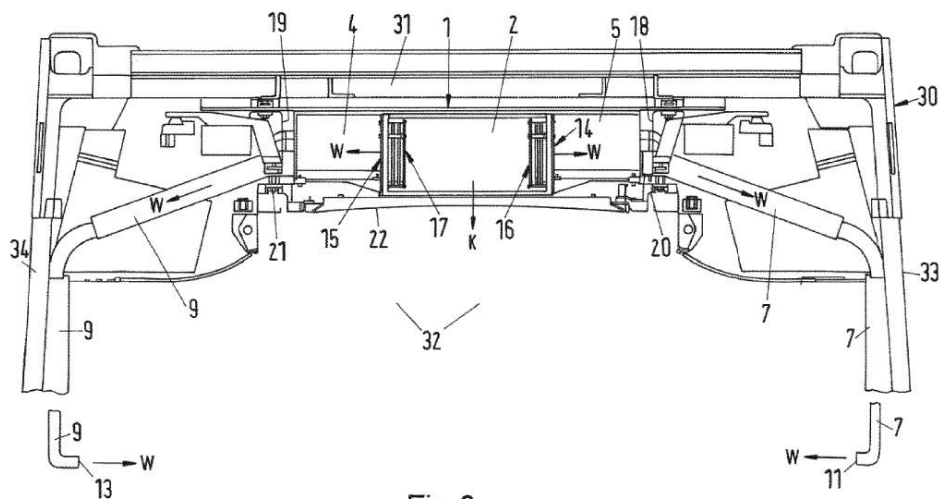


Fig.3

2 – primární vzduchový kanál, 4 a 5 – sekundární vzduchový kanál, 7 – kanály vedoucí k podlaze, 16 a 17 – ventilátor, w – směr proudění teplého vzduchu, k – směr proudění studeného vzduchu

Obr. 14: Schematický příčný řez stropem [17]

Patent popisuje způsob rozvodu a regulace upraveného vzduchu pomocí kanálů (primárního a sekundárního) vzájemně propojených ventilátory, kterými je řízeno množství vzduchu proudícího z výdechů umístěných na stropě a z výdechů umístěných u podlahy vozu.

3 Rešerše stávajících řešení

3.1 Škoda Forcity Classic (26T)

3.1.1 Technické parametry

Tab. 4: Přehled technických parametrů 26T

Délka [mm]	32100
Šířka [mm]	2650
Rozchod [mm]	1435
Obsaditelnost sedící/stojící	56/170
Pohon	B'o 2' B'o
Výkon [kW]	400
Napájení[V]	DC 600
Max. rychlost [km/h]	70
Nízkopodlažnost [%]	100
Klimatizace	Ano
V provozu od	2014
Místo provozu	Miskolc, Maďarsko



Obr. 15: Strop tramvaje Škoda 26T

3.1.2 Popis řešení stropního obložení

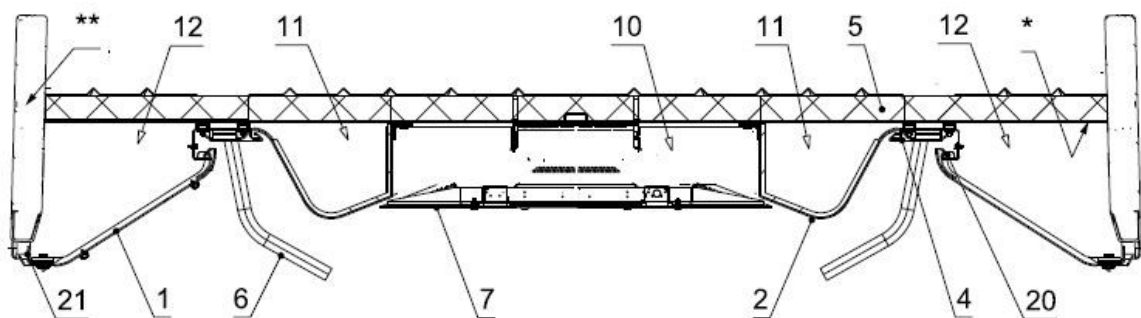
Následující popis je proveden na obložení předního článku tramvaje.

Stropní obložení

Obložení je tvořeno následujícími prvky:

- podhledové kryty
- nadokenní kryty
- kryty madel
- kryt kanálu zpětně nasávaného vzduchu

Podhledové kryty **2** z tvarovaných sendvičových panelů jsou na straně směrem do středu vozu uchyceny šrouby do světelného kanálu **3** a na druhé straně šroubovány pomocí T-kamenů do C-drážek **22** střechy HS (C-drážky navařeny na spodní straně kružin). Kryty jsou opatřeny otvory tvořícími výdechy pro upravený vzduch pouštěný do interiéru vozu. Nadokenní kryty **1** z téhož materiálu jako podhledové jsou konstruovány jako výklopné směrem do středu vozu. Uchycení je pomocí pantů **20** kotvených do střechy skříně vozu. V zavřené poloze jsou jištěny pomocí zámků zapadajících do protikusu **21** šroubovaného do bočnice skříně. Kryt recirkulačního kanálu **7** z hliníkového plechu je šroubován přímo do střechy skříně. Perforace v krytu vytváří nasávací otvory pro zpětně nasávaný vzduch. Dále je zde vytvořeno víko jako servisní a čistící vstup. Kryty madel **4** z hliníkového plechu jsou z jedné strany nasunuty na patky šroubované do střechy a z druhé strany šroubovány přímo do C-drážek střechy. Madla jsou kotvena taktéž přes T-kameny do C-drážek střechy článku.

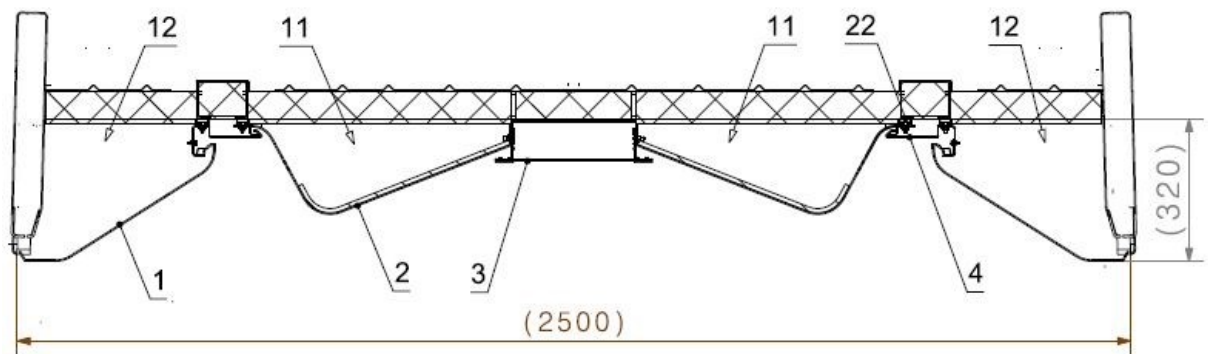


1 – nadokenní kryt, 2 – podhledový kryt, 4 – kryt madel, 5 – izolace, 6 – madlo, 7 – kryt recirkulačního kanálu, 10 – kanál recirkulace, 11 – kanál teplý/studený vzduch, 12 – prostor pro el. přístroje, 20 – panty, 21 – protikus pantu, * - spodní rovina kružin HS, ** - bočnice HS

Obr. 16: Strop 26T - schematický příčný řez v místě recirkulačního kanálu

Vzduchové kanály

Vzduchové kanály jsou tvořeny převážně stropním obložení. Kanály pro studený/teplý vzduch **11** tvoří kryty **2** a na horní straně izolace **5** střechy. Kanál pro recirkulovaný vzduch je tvořen krytem **7** na spodní straně, na horní straně izolací **5** a kanálem vedoucím vzduch do klimatizační jednotky. Výdechy vzduchu jsou tvořeny perforací krytů.

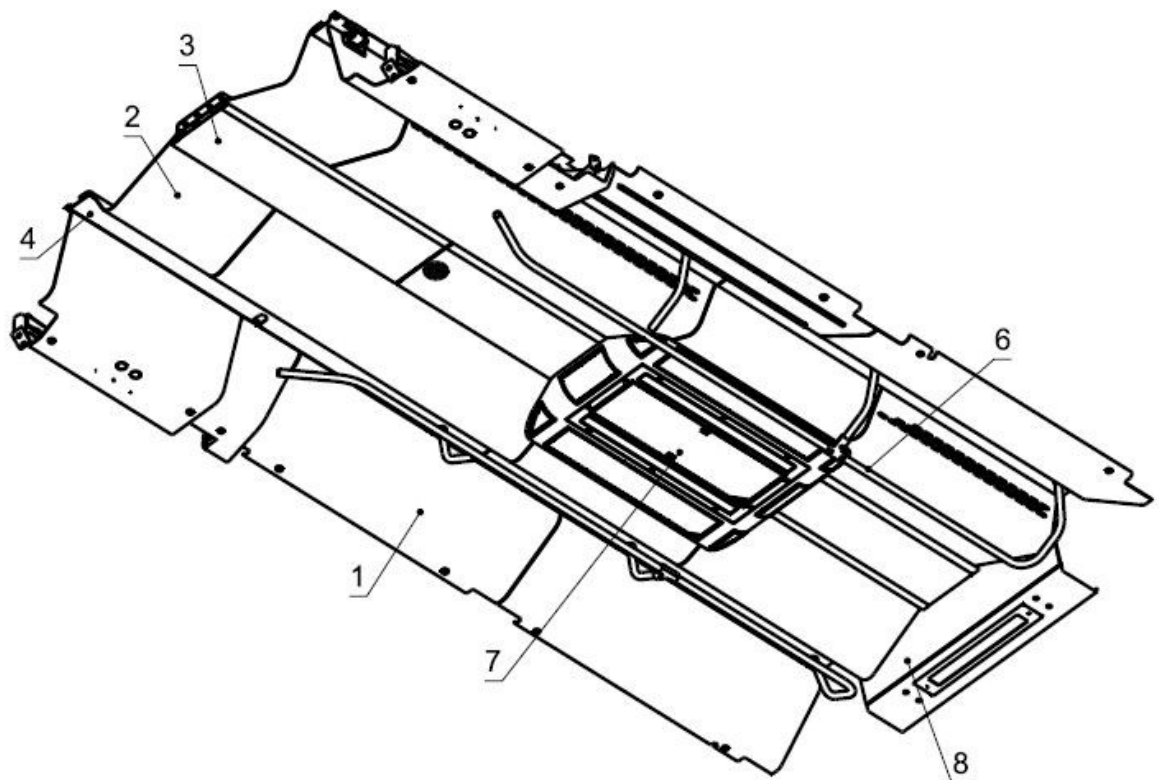


1 – nadokenní kryt, 2 – pohledový kryt, 3 – světelný kanál, 4 – kryt madel, 11 – kanál teplý/studený vzduch, 12 – prostor pro el. přístroje, 22 – C-drážky

Obr. 17: Strop 26T - schematický příčný řez

Osvětlení

Osvětlení je tvořeno jedním světelným kanálem 3 jdoucím osou článku, v němž jsou osazeny světelné zdroje. Boční stěny kanálu slouží jako nosná konstrukce pro kotvení krytů 2. Zespu je kanál chráněn polykarbonátovým krytem.



Obr. 18: Strop 26T - axonometrický pohled

3.1.3 Výhody a nevýhody

Výhody:

- kryty lze demontovat nezávisle na sobě
- možnost ustavení dílů ve všech směrech
- není potřeba samostatných vzduchových kanálů po délce článku
- nízká hmotnost
- snadná údržba (především čištění vzduchových kanálů)

Nevýhody:

- velký počet dílů (především šroubových spojů)
- obtížné spasování dílů vůči sobě (každý díl nutno spasovat zvlášť)
- časová náročnost montáže
- nedostatečná možnost směřování a regulace proudění upraveného vzduchu do prostoru pro cestující
- „nemoderní vzhled“

3.2 Škoda Forcity Classic (18T)

3.2.1 Technické parametry

Tab. 5: Přehled technických parametrů 18T

Délka [mm]	30080
Šířka [mm]	2300
Rozchod [mm]	1000
Obsaditelnost sedící/stojící	41/176
Pohon	Bo' 2 Bo'
Výkon [kW]	400
Napájení[V]	DC 750
Max. rychlost [km/h]	70
Nízkopodlažnost [%]	100
Klimatizace	Ano
V provozu od	2018
Místo provozu	Eskişehir, Turecko



Obr. 19: Strop tramvaje 18T

3.2.2 Popis řešení stropního obložení

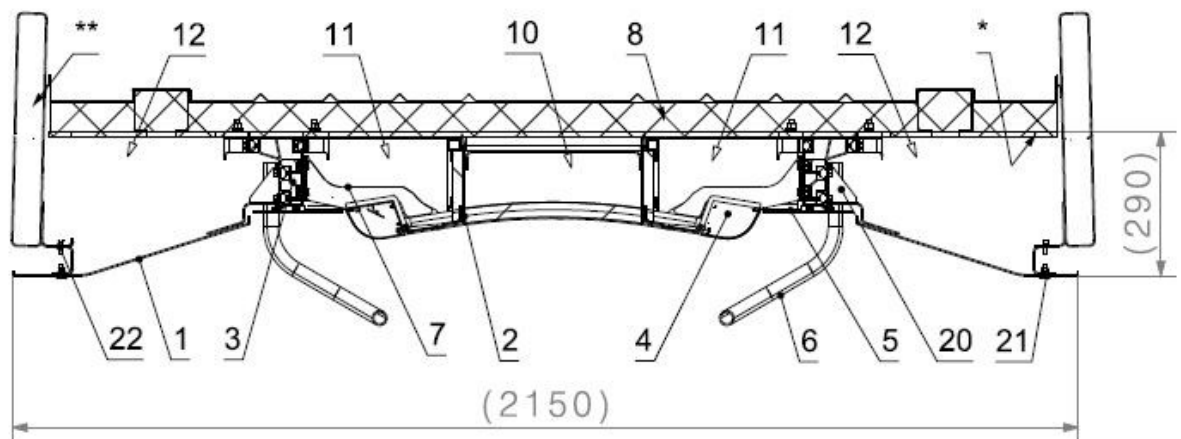
Následující popis je proveden na obložení předního článku tramvaje.

Stropní obložení

Obložení je tvořeno následujícími prvky:

- extrudovaný nosný profil
- nadokenní kryty
- kryty madel
- podhledové kryty

Extrudovaný hliníkový profil **3** je základním nosným prvkem stropu článku. Profil je tvarován tak, že tvoří systém C-drážek, do kterých jsou kotveny další prvky stropu. Samotný profil je šroubován pomocí držáků do kružin střechy. Nadokenní kryty **1** z laminátu jsou konstruovány jako výklopné (část krytů do středu článku a část k oknům). Uchyceny jsou pomocí pantů **20** šroubovaných přes T-kameny do nosného profilu nebo bočnice skříně. V zavřené poloze jsou drženy zámkem **21** zapadajícím do protikusů **22** šroubovaných buď do nosného profilu, nebo bočnice. Kryty madel **5** z hliníkového sendvičového panelu jsou opatřeny perforací tvořící mřížku výdechů vzduchu vháněného do interiéru. Zespodu jsou šroubovány do nosného profilu (viditelné šrouby). Podhledové kryty **2** jsou tvořeny částečně svařovanou a částečně lepenou prostorovou konstrukcí, jejímž základem jsou příčné konzoly (nosný prvek). Ke konzolám jsou na spodní stranu nalepeny sendvičové panely tvořící podhled stropu. Na horní straně jsou navařeny stěny, tvořící vzduchové kanály. Celá konstrukce je šroubována ke konzolám stropního osvětlení **4**. Madla jsou v tomto případě šroubována pomocí T-kamenů do C-drážek nosného profilu.



1 – nadokenní kryt, 2 – podhledový kryt, 3 – nosný profil, 4 – světelný kanál, 5 – kryt madel, 6 – madlo, 7 – konzola světel, 8 – izolace, 10 – kanál recirkulace, 11 – kanál teplý/studený vzduch, 12 – prostor pro el. přístroje, 20 – pant, 21 – zámek, 22 – protikus zámku, * - spodní rovina kružin HS, ** - bočnice HS

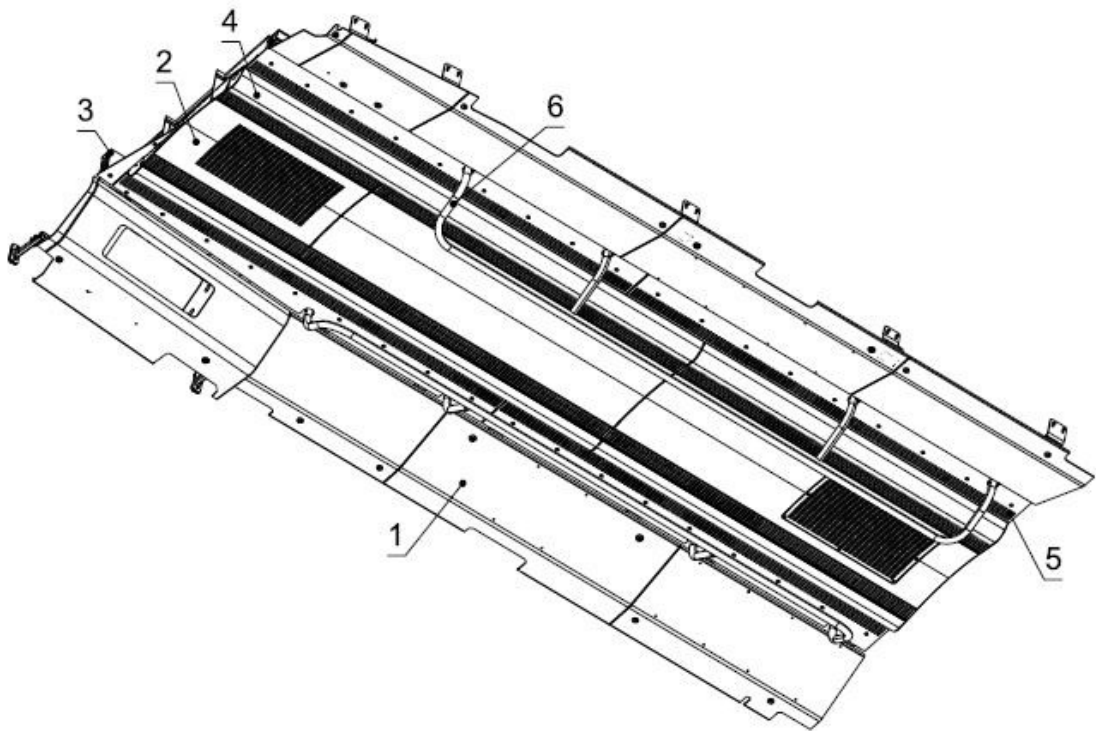
Obr. 20: Strop 18T - schematický příčný řez

Vzduchové kanály

Vzduchové kanály jsou tvořeny převážně ostatními prvky stropu. Horní stěnu vzduchových kanálů tvoří izolace střešy **8**. Kanál pro recirkulovaný vzduch **10** tvoří konstrukce podhledových panelů **2**. Kanály studeného/teplého vzduchu **11** jsou tvořeny bočními stěnami recirkulačního kanálu **10**, osvětlením článku **4** a krytem madel **5**. Přívod vzduchu do kanálů je tvořen plechovými mezikusy šroubovanými ke střeše článku.

Osvětlení

Osvětlení je tvořeno dvěma světelnými tubusy **4** šroubovanými ke konzolám **7**, které jsou šroubovány do nosného profilu. Světelné tubusy jsou z horní strany opatřeny izolací, aby nedocházelo k jejich ohřívání vlivem teplého proudícího vzduchu ve vzduchovém kanálu.



Obr. 21: Strop 18T - axonometrický pohled

3.2.3 Výhody a nevýhody

Výhody:

- částečná nezávislost většiny dílů na průhybu střechy
- není potřeba samostatných vzduchových kanálů po délce článku
- možnost směřování a regulace proudění upraveného vzduchu do prostoru pro cestující

Nevýhody:

- velký počet dílů
- obtížné spasování dílů vůči sobě
- nutnost kompenzace průhybu střechy v kotvení nosného profilu způsobeného osazením přístrojů na střechu článku – profil je montován před osazením přístrojů (obtížné a časově náročné)
- časová náročnost montáže
- velký počet viditelných šroubových spojení
- velký počet překážek (konzol uchycení osvětlení) ve vzduchovém kanále
- přístup ke kanálům upraveného vzduchu (v případě údržby nutno demontovat některé díly obložení)
- hmotnost

3.3 Škoda Forcity Classic (35T)

3.3.1 Technické parametry

Tab. 6: Přehled technických parametrů 35T

Délka [mm]	31390
Šířka [mm]	2650
Rozchod [mm]	1435
Obsaditelnost sedící/stojící	56/191
Pohon	B'o B'o B'o
Výkon [kW]	560
Napájení[V]	DC 600/750
Max. rychlost [km/h]	60
Nízkopodlažnost [%]	100
Klimatizace	Ano
V provozu od	2019
Místo provozu	Chemnitz, Německo



Obr. 22: Strop tramvaje 35T

3.3.2 Popis řešení stropního obložení

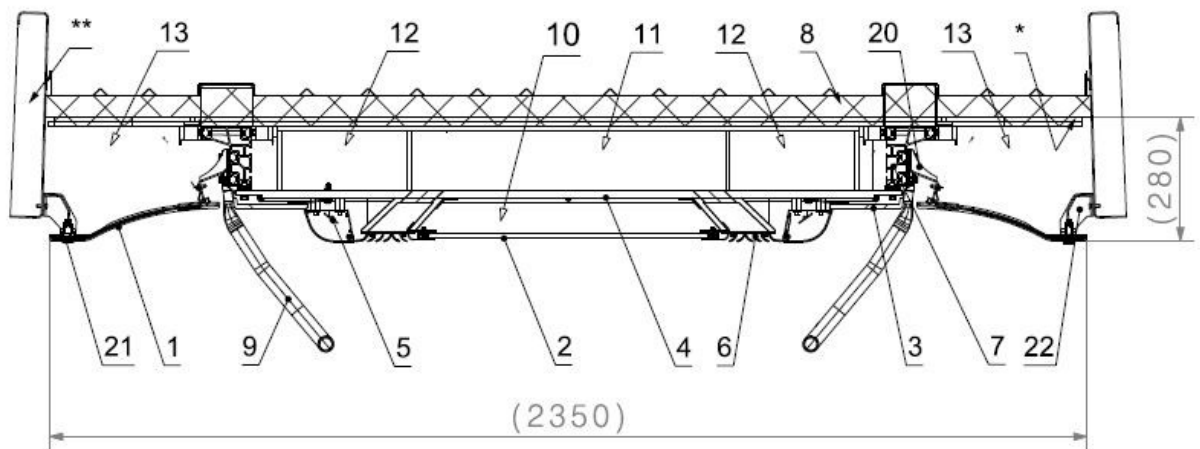
Následující popis je proveden na obložení předního článku tramvaje.

Stropní obložení

Obložení je tvořeno následujícími prvky:

- extrudovaný nosný profil
- nadokenní kryty
- kryty madel
- podhledové kryty

Extrudovaný hliníkový profil **7** je základním nosným prvkem stropu článku. Profil je tvarován tak, že tvoří systém C-drážek, do kterých jsou kotveny další prvky stropu. Samotný profil je šroubován pomocí držáků do kružin střechy. Nadokenní kryty **1** z laminátu jsou konstruovány jako výklopné směrem do středu článku. Uchyceny jsou pomocí pantů **20** šroubovaných přes T-kameny do nosného profilu. V zavřené poloze jsou drženy zámkem **21** zapadajícím do protikusů **22** šroubovaných do nosného profilu. Kryty madel **3**, též laminátové, jsou šroubovány do C-drážek nosného profilu a do vložek ve vzduchovodu **4**. Podhledové panely **2** sendvičové konstrukce jsou šroubovány do držáků ve vzduchovém kanálu.



1 – nadokenní kryt, 2 – podhledový kryt, 3 – kryt madel, 4 – vzduchovod, 5 – světelný kanál, 6 – výdechy ventilace, 7 – nosný profil, 8 – izolace, 9 – madlo, 10 – kanál recirkulace, 11 – kanál studeného vzduchu, 12 – kanál teplého vzduchu, 13 - prostor pro el. přístroje, 20 – pant, 21 – zámek, 22 – protikus zámku, * - spodní rovina kružin HS, ** - bočnice HS

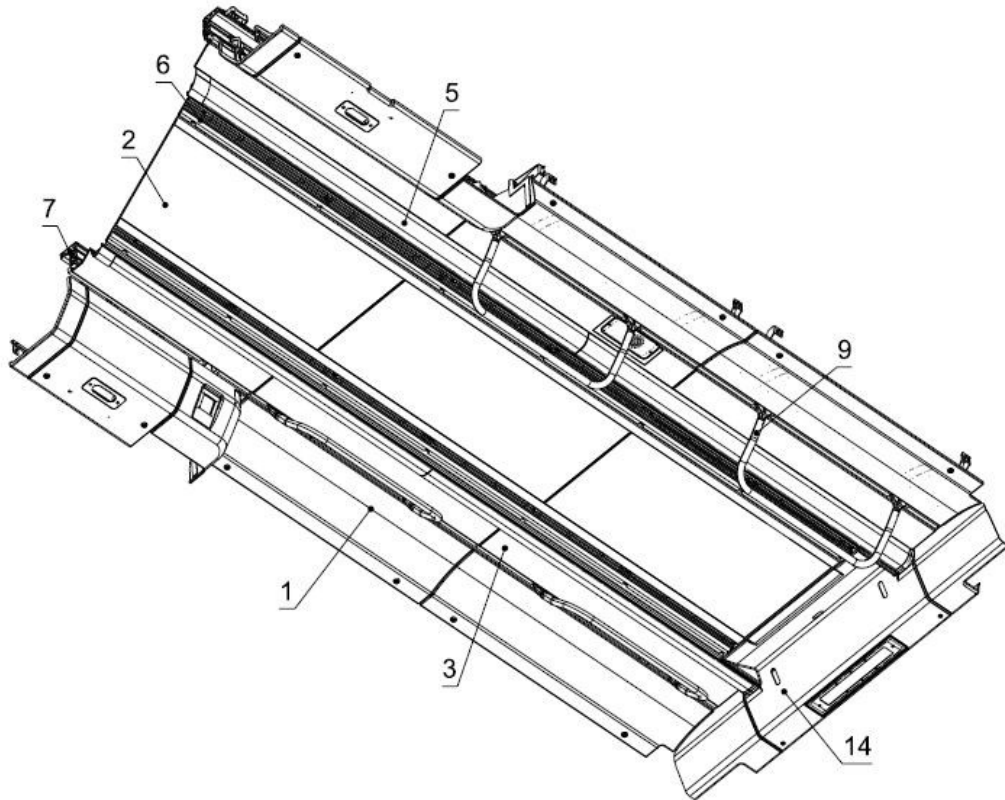
Obr. 23: Strop 35T - schematický příčný řez

Vzduchové kanály

Vzduchové kanály jsou tvořeny lepenou prostorovou konstrukcí **4** z kompozitních desek. Celá konstrukce vytváří oddělené kanály pro teplý vzduch **12**, studený vzduch **11** a recirkulovaný vzduch **10**. Konstrukce je jako celek šroubována pomocí T-kamenů do C-drážek nosného profilu **7**. Mřížky výdechů **6** studeného vzduchu jsou tvořeny samostatným profilem šroubovaným ke konstrukci **4**. Teplý vzduch je veden k podlaze článku.

Osvětlení

Osvětlení je tvořeno dvěma světelnými tubusy 5 šroubovanými ke vzduchovým kanálům 4.



Obr. 24: Strop 35T - axonometrický pohled

3.3.3 Výhody a nevýhody

Výhody:

- nezávislost většiny dílů na průhybu střechy
- nižší počet dílů
- jednodušší spasování dílů vůči sobě
- kratší čas montáže
- možnost směřování a regulace proudění upraveného vzduchu do prostoru pro cestující
- oddělení kanálů pro teplý a studený vzduch

Nevýhody:

- zhoršená manipulace s konstrukcí vzduchových kanálů při montáži (potřeba technologických přípravků)
- vyšší cena řešení vlivem použití kompozitové konstrukce kanálů (do ceny se promítají i vyšší nároky na manipulaci a dopravu)
- zhoršené možnosti údržby (čištění) vzduchových kanálů

- maximální průhyb střechy přenesen do celé délky článku (vlivem ustavení konstrukce vzduchových kanálů) – možné problémy s dodržením výškových požadavků u navazujících celků
- počet šroubových spojů
- hmotnost

4 Požadavky na navrhovaný systém stropního obložení

4.1 Obecné

V souladu s výše uvedeným popisem musí navrhovaný systém stropního obložení plnit následující základní požadavky:

- pohledová funkce
- vazba na další konstrukční celky
- materiálové řešení

4.1.1 Pohledová funkce

- zakrytí technologií montovaných pod střechu vozu
- moderní „nadčasový“ vzhled

4.1.2 Vazba na další konstrukční celky interiéru

- napojení na ostatní obložení interiéru
- možnost zástavby tepelné/zvukové izolace
- nosná struktura pro další konstrukční celky

4.1.3 Materiálové řešení

- splnění požadavků na požární odolnost dle [2]
- recyklovatelnost

4.2 Specifické

Systém stropního obložení je navrhován s ohledem na možnost zástavby do koncepční řady tramvají FCX společnosti ŠTRN. S tímto se pojí následující požadavky:

- rozměrová variabilita
- zkrácení času montáže stropu

4.2.1 Rozměrová variabilita

Výška stropu

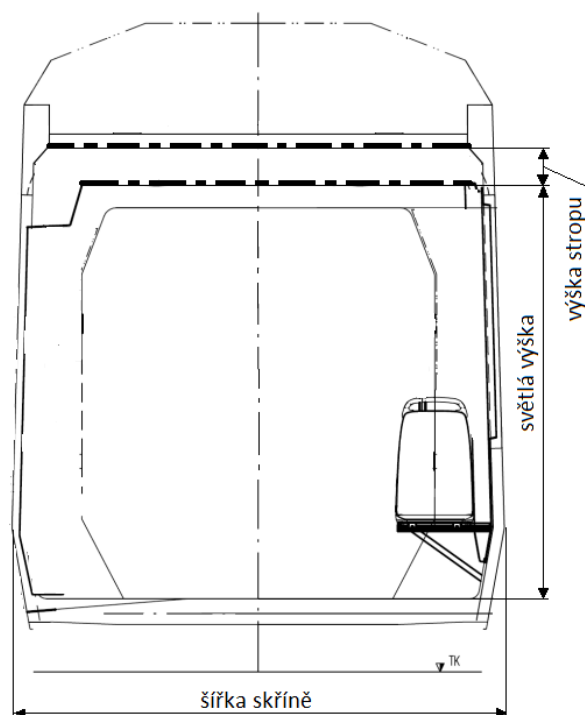
Výška stropu nad podlahou je variabilní v závislosti na výšce nástupní hrany, nicméně podchozí výška (vzdálenost spodní plochy stropu od podlahy v místě uličky a nástupních prostorů) nesmí být menší než 2000 mm.

Šířka stropu

Šířka stropu je závislá na šířce HS vozidla, ta je variabilní v závislosti na specifických požadavcích daných provozovatelem a infrastrukturou v místě provozu. Šířka vozidla se může pohybovat v rozmezí 2300 mm – 2650 mm.

Délka stropu

Délka stropu se odvíjí od délky jednotlivých článků. Ty jsou navrženy jako systém sestávající z modulů neměnné a variabilní délky. Změna délky je možná buď přidáním některého modulu, nebo změnou délky variabilního modulu. Délka celého článku se pohybuje v rozmezí 4330 mm – 14225 mm.



Obr. 25: Schematický řez skříní vozidla [1]

5 Návrh obvyklého řešení stropu – návrh č. 1

Návrh následujícího řešení vychází z již používané koncepce popsané v kapitole 3.2 využívající extrudovaný integrální nosník jako hlavní nosný prvek stropního obložení. Cílem tohoto návrhu je upravit nosník a jeho uchycení k HS tak, aby došlo k redukci počtu dílů obložení, potažmo dílů celého stropu. Následkem toho je předpokládáno zrychlení a zefektivnění montáže, tzn. nižší pracnost, větší jednoduchost a lepší spasování jednotlivých dílů vůči sobě.

5.1 Popis koncepce stropního obložení

Obložení se v tomto případě skládá ze základních prvků obecně popsaných v kap. 2.1, tedy:

- kotvící a nosné prvky
- podhledové kryty
- nadokenní kryty

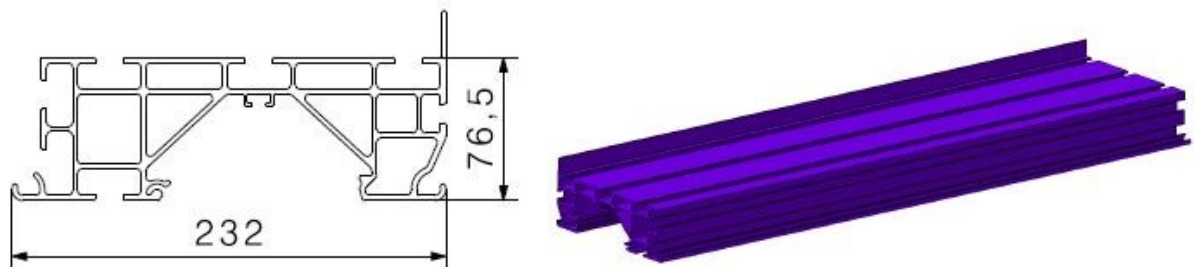
5.1.1 Kotvící a nosné prvky

Integrální nosník

Jedná se o extrudovaný profil, jenž tvoří hlavní nosný prvek stropního obložení. Jako materiál je zvolena hliníková slitina. Profil je navržen tak, aby v sobě integroval následující funkce:

- systém C-drážek pro uchycení držáků a dalšího vybavení
- světelný kanál vnitřního osvětlení
- tvarový pant pro uchycení podhledových a nadokenních krytů
- pohledová funkce

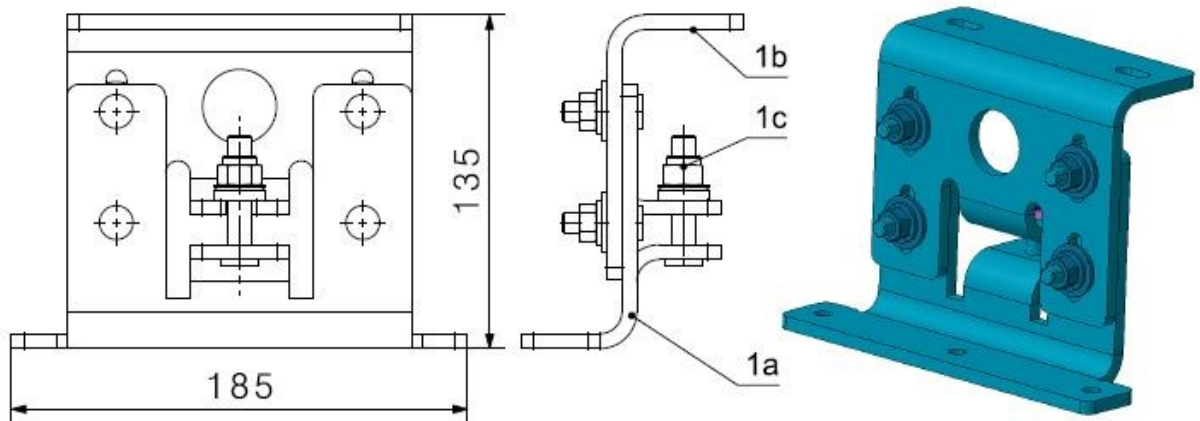
Profil je možné vyrábět v délce až 25 m (viz [19]), což překračuje maximální uvažovanou délku jednoho článku u tramvajích koncepce FCX. To umožňuje použití pouze jednoho, resp. dvou nosníků po celé délce stropu. Toto řešení však nemusí být vždy vhodné vzhledem k rozmístění dalšího vybavení či s ohledem na dopravu a manipulaci.



Obr. 26: Extrudovaný integrální nosník

Držák integrálního nosníku

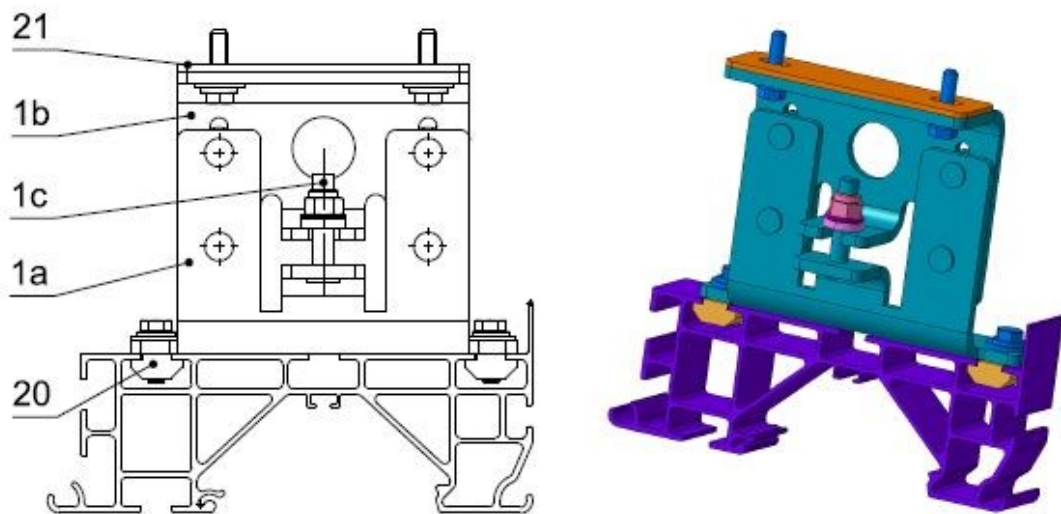
Držák slouží k uchycení integrálního nosníku do kružin HS a je navržen tak, aby umožňoval ustavení nosníku ve všech třech osách. Z tohoto důvodu je navržen jako dvoudílný.



1a – spodní díl, 1b – horní díl, 1c – rektifikační šroub

Obr. 27: Držák integrálního nosníku

Spodní díl **1a** je pomocí T-kamenů **20** šroubován do C-drážek integrálního nosníku. V C-drážkách je odehráváno ustavení v podélné ose vozidla (ose x). V oválných dírách pro šrouby je umožněno ustavení v příčné ose vozidla (ose y) a to ± 10 mm. Ustavení ve svislé ose (ose z) je umožněno v oválných dírách pro šrouby spojující horní díl **1b** se spodním dílem **1a** držáku. Míra výškového ustavení činí ± 10 mm. Pro usnadnění výškového stavění při montáži je zde umístěn rektifikační šroub **1c**. Celý držák je šroubován do kružin HS, od nichž je tepelně izolován polyamidovou podložkou **21** (viz řez D4-D4 – příloha č. 7).



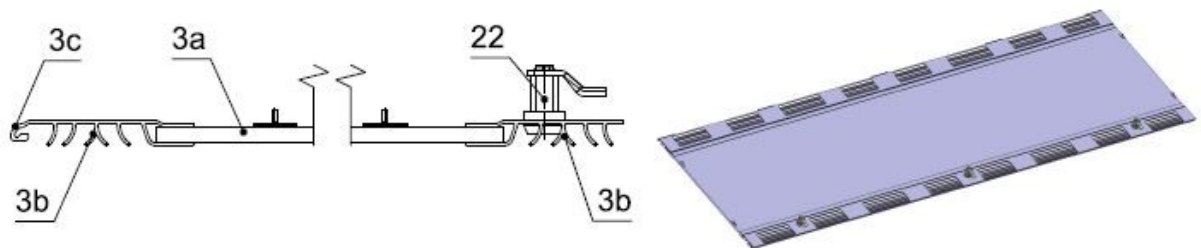
1a – spodní díl, 1b – horní díl, 1c – rektifikační šroub, 20 – T-kámen, 21 – termoizolační podložka

Obr. 28: Spojení držáku s profilem

5.1.2 Podhledové kryty

Podhledové kryty jsou navrženy jako výklopné s integrovanými výdechy ventilace. Materiálově je kryt řešen kompozitní deskou **3a** tl. 9,6 mm, jejímž nosným materiálem je pěna z fenolické pryskyřice vyztužená skelnými vlákny a oboustranně laminována pohledovou HPL vrstvou (viz katalogový list - příloha č. 14). Výdechy ventilace **3b** jsou tvořeny hliníkovým extrudovaným profilem, který v sobě zahrnuje tvarový zámek zapadající do protikusu v integrálním nosníku. (Tvarový zámek se nachází pouze na jedné straně krytu, na druhé straně je odfrézován a

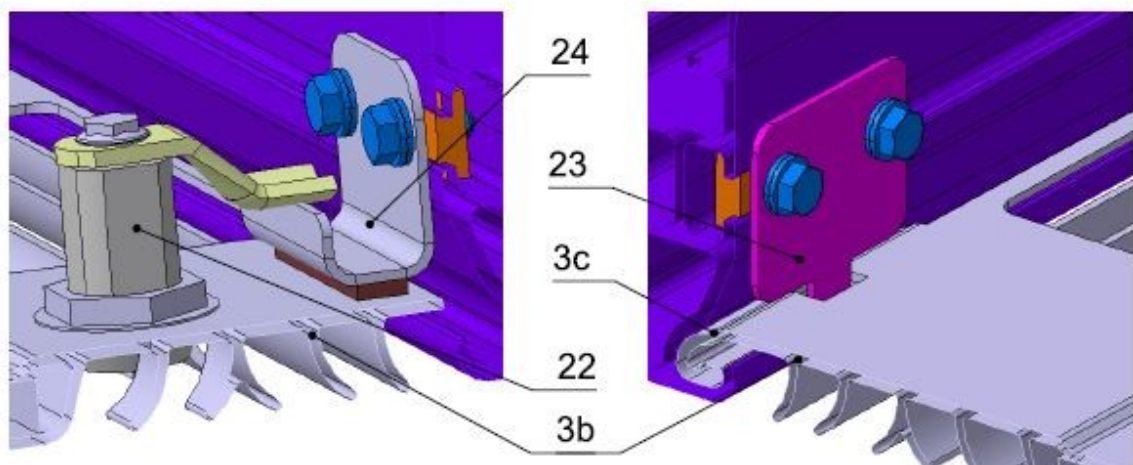
nahrazen mechanickými zámky **22**). Spojení desky a výdechů je zajištěno tvarovým řešením a lepením. Délku krytů lze libovolně volit dle vhodnosti pro konkrétní uspořádání interiéru až do 2640 mm (max. délka fenolických desek).



3a – kompozitní deka, 3b – výdechy ventilace, 3c – tvarový zámek, 22 – mechanický zámek

Obr. 29: Podhledový kryt

Tvarové řešení pantu umožňuje libovolné ustavení krytu v podélné ose vozidla. Fixování ve zvolené poloze je zajištěno držákem **23** šroubovaným pomocí T-kamenů do C-drážek v nosníku. Zamezení pohybu při jízdě ve svislém směru je dosaženo tvarem zámku (kryt možno vyjmout pouze po jeho úplném otevření) a zámkem mechanickým **22** s dorazem **24** šroubovaným opět do C-drážek nosníku.

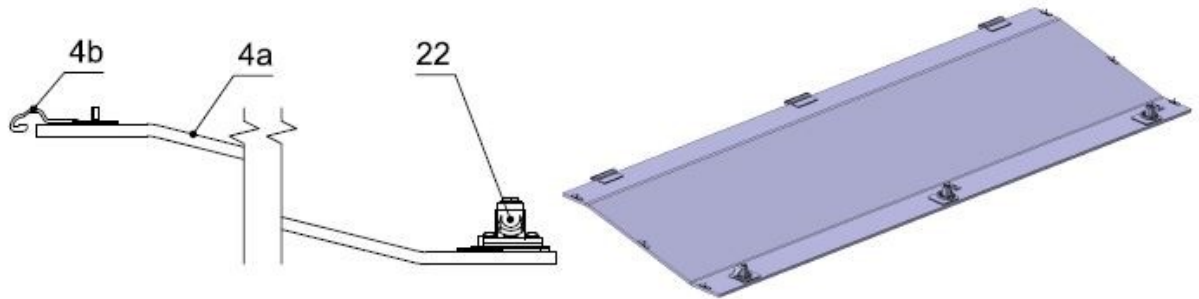


3b – výdechy ventilace, 3c – tvarový zámek, 22 – mechanický zámek, 23 – držák, 24 – doraz

Obr. 30: Pohledový kryt - uchycení

5.1.3 Nadokenní kryty

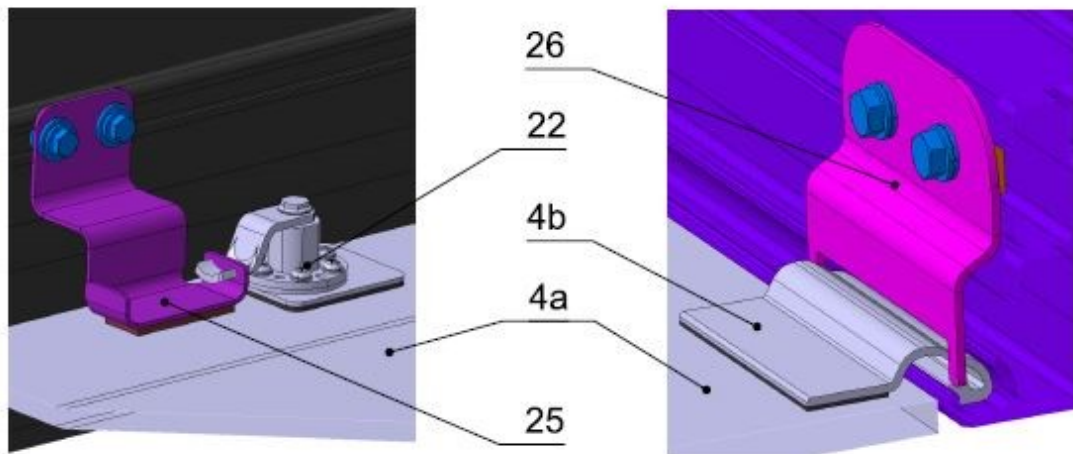
Nadokenní kryty jsou navrženy také jako výklopné. Materiál je v zásadě stejný jako u krytů podhledových, tedy kompozitní deska **4a** z fenolické pěny, ta je však v tomto případě jednostranně laminována vrstvou překližky a pohledové HPL vrstvy. Celková tloušťka těchto desek je 7,8 mm. Výhoda této skladby spočívá v tom, že překližka může tvořit nosnou vrstvu pro případné zalisování matic, sloužících např. pro montáž nosičů papírové reklamy (viz dále). Tento materiál umožňuje i tvarování desek, čehož je zde využito pro získání většího prostoru pro el. přístroje a lepší čitelnost případných reklamních panelů. Délku těchto krytů lze libovolně měnit až do 2640 mm stejně jako u krytů podhledových.



4a – kompozitní deska, 4b – tvarový zámek, 22 – mechanický zámek

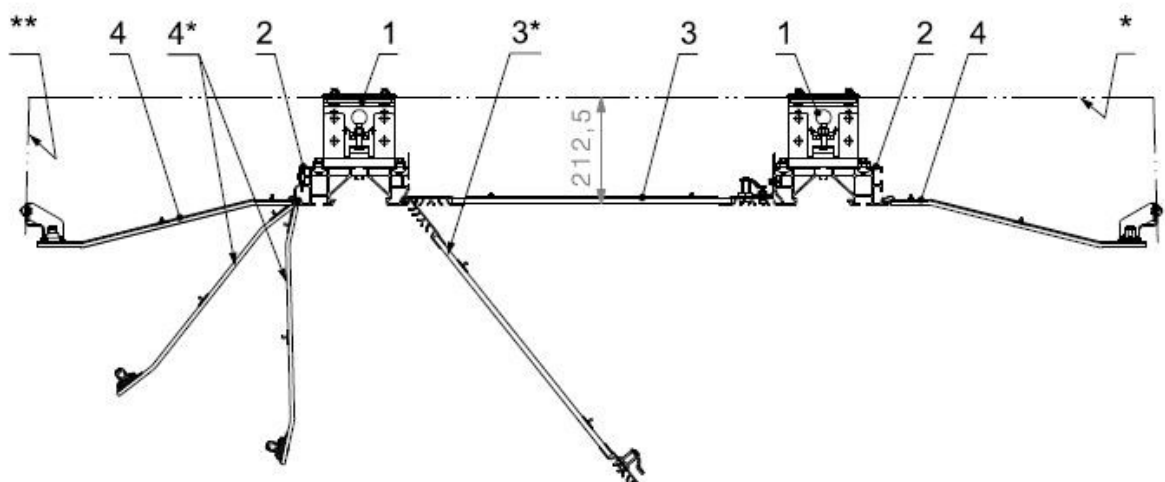
Obr. 31: Nadokenní kryt

Tyto kryty jsou montovány obdobně jako kryty podhledové s tím rozdílem, že hliníkové tvarové panty **4b**, jsou lepeny k rubové straně desky. Mechanické zámkové **22** zapadají do protikusu, jenž současně tvoří doraz **25** krytů a je šroubován do C-drážek ve skříni HS.



4a – kompozitní deska, 4b – tvarový zámek, 22 – mechanický zámek, 25 – doraz, 26 – držák

Obr. 32: Nadokenní kryt - uchycení



1 – držák, 2 – integrální nosník, 3 – podhledový kryt, 3* - podhledový kryt pootevřený, 4 – nadokenní kryt, 4* - nadokenní kryt pootevřený, * - spodní rovina kružin HS, ** - bočnice HS

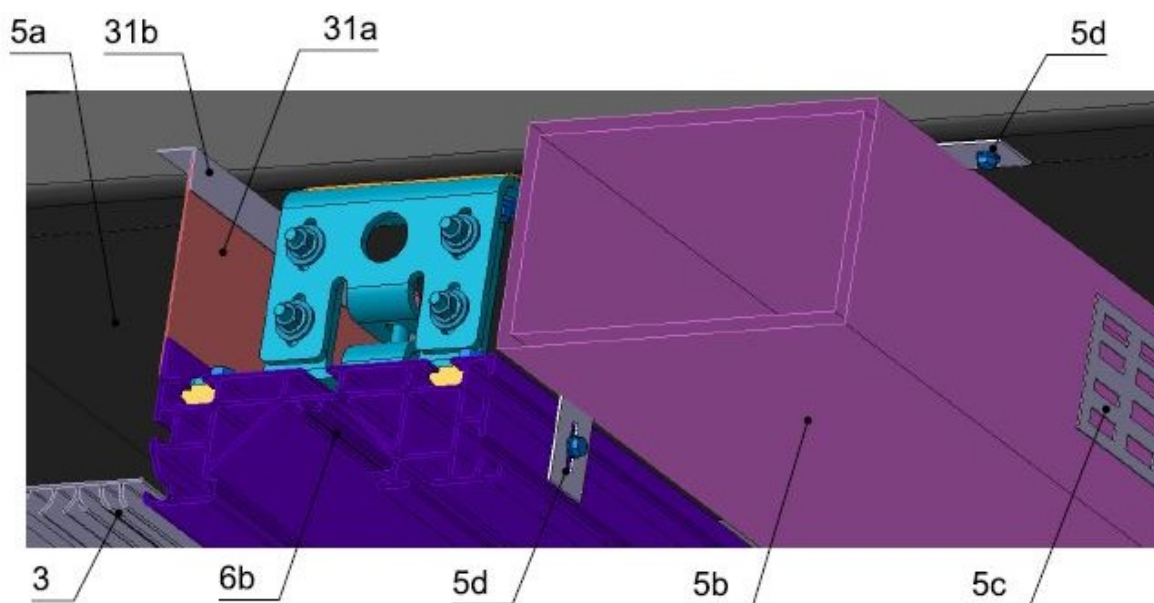
Obr. 33: Obložení stropu – schematický příčný řez

5.2 Navazující konstrukční celky

Jak bylo popsáno výše, tak stropní obložení musí umožnit zástavbu dalších konstrukčních celků. Koncepce tohoto řešení některé z nich částečně integruje, a proto je jejich principiální popis uveden dále. Zejména potom vzduchové kanály.

5.2.1 Vzduchové kanály

V tomto řešení jsou uvažovány tři samostatné vzduchové kanály. Střední ventilační kanál **5a** pro upravený teplý/studený vzduch z HVAC jednotky a dva menší kanály **5b** umístěné po stranách integrálních nosníků.



3 – podhledový kryt 5a – střední kanál, 5b – recirkulační kanál, 5c – nasávací mřížka, 5d – držáky, 31a – tkanina, 31b – L-profil

Obr. 34: Vzduchové kanály – uchycení do obložení

Středový kanál je částečně integrován do obložení, neboť jeho spodní část tvoří podhledové kryty **3**. Horní část je tvořena polyesterovou izolací **30** s povrchem z hliníkové folie. Boky kanálu jsou ze speciální tkaniny **31a** používané pro látkové šité kanály. Tkanina je pomocí suchých zipů uchycena k integrálnímu nosníku a k L-profilu **31b** šroubovanému do kružin HS.

Krajní kanály **5b** jsou určeny jako recirkulační, tedy pro odsávání vzduchu z prostoru pro cestující zpět do HVAC jednotky. Materiálově jsou řešeny jako lepené, a to opět z desek z fenolické pěny tl. 10 mm bez dalších laminovaných vrstev. Nasávací mřížky **5c** jsou situovány na boku těchto kanálů, zároveň slouží jako revizní otvory pro čištění. Z tohoto důvodu jsou šroubovány. Uchycení kanálů do stropu je realizováno pomocí držáků **5d** (držáky jsou součástí kanálů) šroubovaných do kružin HS a C-drážky v integrálním nosníku.

5.2.2 Osvětlení

Osvětlení je řešeno jako přímé ve dvou světelných kanálech **6**, které jsou plně integrovány do integrálních nosníků. Předpokládá se využití současného standardního řešení světelných zdrojů,

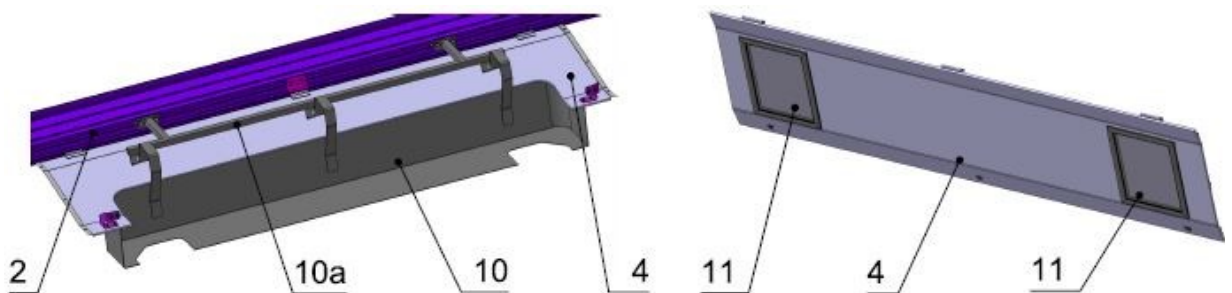
tedy led modulů velikosti cca 2x40x100 mm. Pro jejich montáž je ve světelném kanálu vytvořena C-drážka. Pohledovou část osvětlení tvoří polykarbonátové kryty **6b** zapadající do tvarových zámků v nosníku.

5.2.3 Ostatní

Pro uchycení dalších konstrukčních celků do stropního obložení lze s výhodou využít C-drážek probíhajících po celé délce integrálního nosníku. Příklady možností uchycení některých celků jsou uvedeny na obrázcích níže.

Kryt dveřního pohonu

Kryt **10** je řešen jako výklopný, zavěšený na pantech s rámem **10a** šroubovaným do integrálního nosníku. V zavřené poloze může být fixován pomocí zámků s protikusy na HS podobně jako kryty nadokenní. Materiálově může být řešen např. jako laminátový.



2 – integrální nosník, 4 – nadokenní kryt, 10 – kryt dveřního pohonu, 10a – rám s panty, 11 – reklamní panel

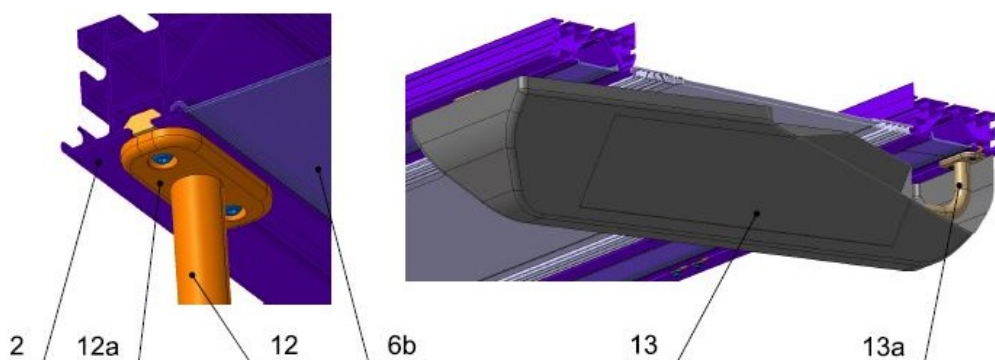
Obr. 35: Další komponenty – příklad zástavby

Reklamní panely

Panely **11** na papírovou reklamu, v tomto případě formátu A4, lze šroubovat do nadokenních krytů. Z tohoto důvodu je pro kryty zvolena kompozitní deska s vrstvou překližky.

Madla

Uchycení madel **12** je v této koncepci zvoleno jako pohledové, tedy viditelné v interiéru vozu. Příruba madla **12a** dosedá na spodní plochu integrálního nosníku a je šroubována do zde umístěné C-drážky. Nosník je tedy částečně pohledový.

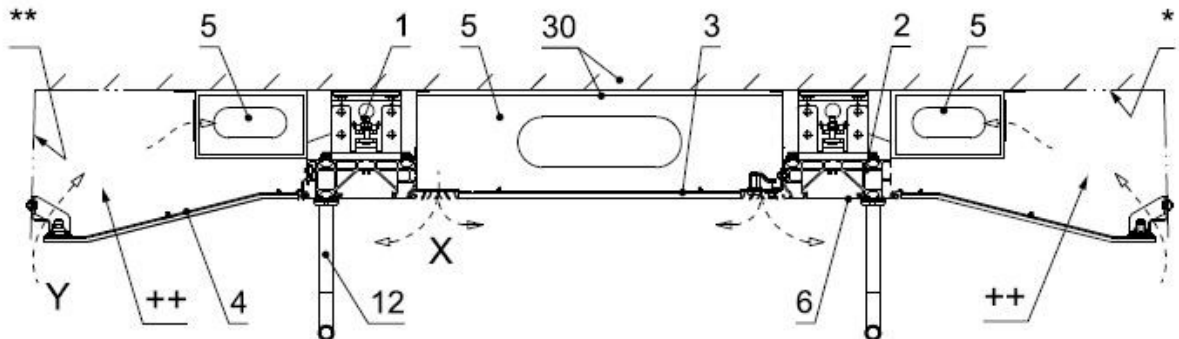


1 – integrální nosník, 12 – vodorovné madlo, 12a – příruba madla, 13 – displej, 13a – držák

Obr. 36: Další komponenty – příklad zástavby

Informační zařízení

Na obrázku výše (Obr. 36) je příklad uchycení displeje **13** velikosti 29". Uchycení jeho držáku **13a** je provedeno stejně jako u model.



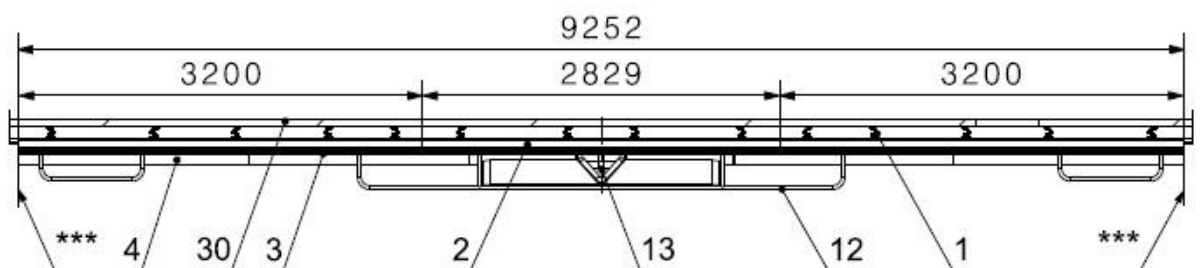
1 – držák, 2 – integrální nosník, 3 – pohledový kryt, 4 – nadokenní kryt, 5 – vzduchové kanály, 6 – kryt světelného kanálu, 12 - madla, * - spodní rovina kružin HS, ** - bočnice HS, ++ - prostor pro přístroje, X – upravený vzduch, Y – recirkulovaný vzduch

Obr. 37: Strop – schematický příčný řez

5.3 Návrh skladby stropu na článku vozidla

Následující návrh skladby stropu této koncepce je modelován pro vložený článek (např. prostřední článek 3 - článkového vozidla). Uvažovaná šířka skříně 2500 mm, délka 9390 mm a výška 2685 mm. Dále jsou uvažovány nástupní dveře po obou stranách článku situované v polovině délky.

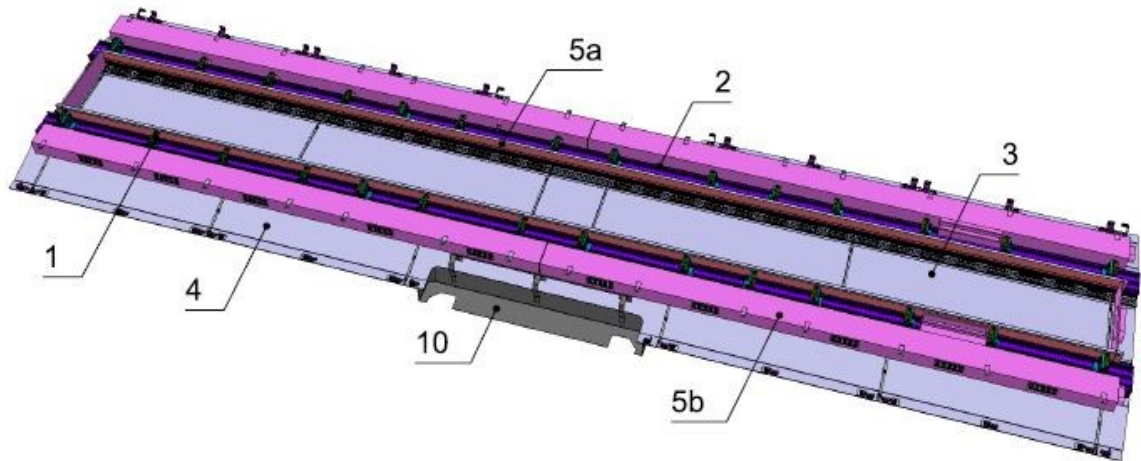
S ohledem na náročnost manipulace a uvažované uspořádání komponent zavěšených na strop je integrální nosník/y **2** po délce článku rozdělen na tři části (3200 + 2829 + 3200) mm. Rozmístění držáků **1** je závislé na rozmístění kružin (delší nosníky jsou uchyceny 5 držáky, kratší nosník je uchycen 4 držáky). Pohledové kryty **3** jsou voleny ve třech délkách. Pevně fixované kryty délky 182 mm a 500 mm (situované na středu a koncích článku). Výklopné kryty mají délku 2084 mm.



1 – držák, 2 – integrální nosník, 3 – pohledový kryt, 4 – nadokenní kryt, 12 - madla, 13 – informační displej, 30 - izolace, *** - rovina obložení čelnic

Obr. 38: Návrh skladby stropu článku – schematický příčný řez

Nadokenní kryty **4** jsou voleny ve třech délkách, pevně fixované kryty délky 182 mm (umístěné na koncích článku) a výklopné délky 1635 mm a 1735 mm.



1 – držák, 2 – integrální nosník, 4 – nadokenní kryt, 5a – střední kanál, 5b – recirkulační kanál,
10 – kryt dveřního pohonu

Obr. 39: Návrh skladby stropu článku – axonometrický pohled



Obr. 40: Návrh skladby stropu článku - perspektivní pohled

5.4 Postup montáže

Předpokládaný postup montáže je uveden v následujících bodech:

1. montáž izolace a kabelových tras mezi kružiny HS
2. osazení nosníků držáky (horním i spodním dílem)
3. montáž nosníků s držáky do vozidla
 - kotvit pouze pomocí držáků na koncích a uprostřed nosníků
 - ustavit na nominální rozměry
 - šrouby umožňující ustavení ve svislém směru ponechat volné
4. montáž přístrojů na střechu vozidla
5. konečné ustavení integrálních nosníků
 - kompenzace vzniklých průhybů střechy pomocí rektifikačních šroubů

- přišroubování zbývajících držáků ke kružinám HS
 - propojení nosníků spojkou v boční C-drážce
 - utažení všech šroubových spojů na potřebný moment
6. dokončení montáže el. kabeláže a přístrojů pod střechou vozidla
 7. montáž vzduchových kanálů
 - ukotvení bočních kanálů do kružin HS a C-drážky nosníků
 - ukotvení L-profilů (středního kanálu) ke kružinám HS
 - připevnění (pomocí suchého zipu) bočních látkových stěn středního kanálu k L-profilům a integrálním nosníkům
 - nalepení (pomocí samolepicí vrstvy) izolace tl. 10 mm na spodní plochu kružin a již instalované izolace do prostoru středního kanálu
 - instalace čidel atd.
 8. montáž podhledových krytů
 - ustavení v podélném směru a montáž fixačních držáků
 - montáž protikusů pro zámky
 - seřízení krycích lišt (lišty na rubové straně bránící průhledu nominálními mezerami mezi kryty)
 9. montáž nadokenních krytů
 - ustavení v podélném směru a montáž fixačních držáků
 - montáž protikusů pro zámky do C-drážek v bočnici HS
 - seřízení krycích lišt (lišty na rubové straně bránící průhledu nominálními mezerami mezi kryty)
 10. montáž naddveřních krytů
 11. montáž osvětlení
 - montáž světelných modulů do světelného kanálu v nosnících
 - propojení konektorů
 - montáž polykarbonátových krytů
 12. montáž zbývajících celků (madla, kamerový systém atd.)

5.5 Výhody a nevýhody

5.5.1 Výhody

- snadné spasování dílů vůči sobě
- nezávislost většiny dílů na průhybu střechy
- kratší čas montáže
- možnost směřování a regulace proudění upraveného vzduchu do prostoru pro cestující
- snadný přístup pro údržbu vzduchových kanálů
- minimalizace použitých druhů materiálů
- nízká hmotnost (stropu jako celku i jednotlivých dílů)

5.5.2 Nevýhody

- nutnost kompenzace průhybu střechy v kotvení nosného profilu způsobeného osazením přístrojů na střechu článku – profil je montován před osazením přístrojů
- v případě použití nosníků délky celého článku je zhoršená manipulace s díly při přepravě a skladování – potřeba manipulačních prostředků

6 Návrh modulárního řešení stropu – návrh č. 2

Cílem následujícího návrhu je vytvoření řešení integrujícího více částí stropního obložení do jednoho celku (modulu). Ten je montován do vozidla jako samostatný díl, což vede ke snížení počtu dílů stropního obložení a tím k dalšímu zkrácení času montáže (oproti předchozí variantě) a lepší efektivitě. Zkrácení času montáže může být dosaženo také tím, že některá další vybavení (např. osvětlení), lze na modul montovat v tzv. předmontáži, tedy před namontováním modulu do vozidla.

6.1 Popis koncepce stropního obložení

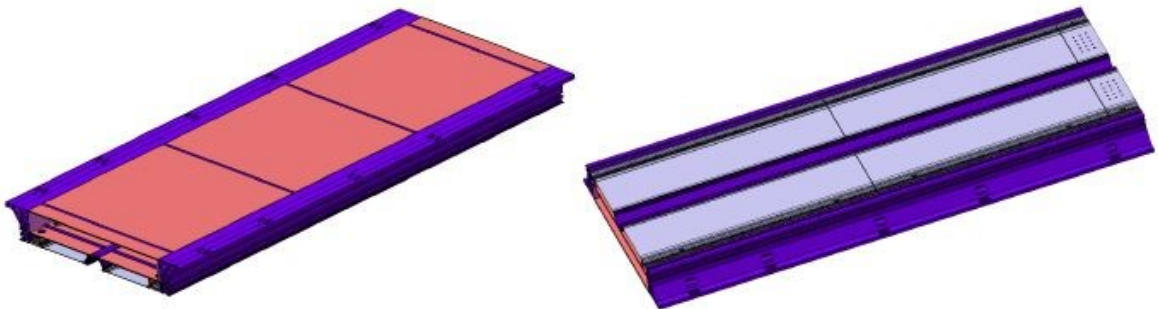
Počet prvků samotného obložení je v tomto případě redukován na:

- stropní moduly
- nadokenní kryty

6.1.1 Stropní moduly

Stropní moduly vytváří střední část obložení a integrují do sebe následující celky:

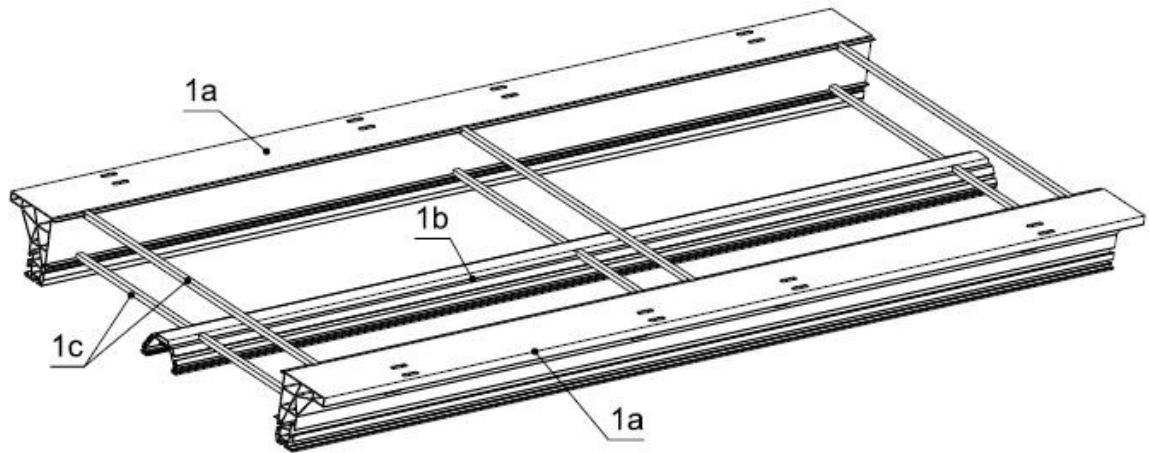
- kotvící a nosné prvky
- podhledové kryty
- vzduchové kanály
- osvětlení



Obr. 41: Stropní modul - axonometrický pohled

Skladba stropních modulů

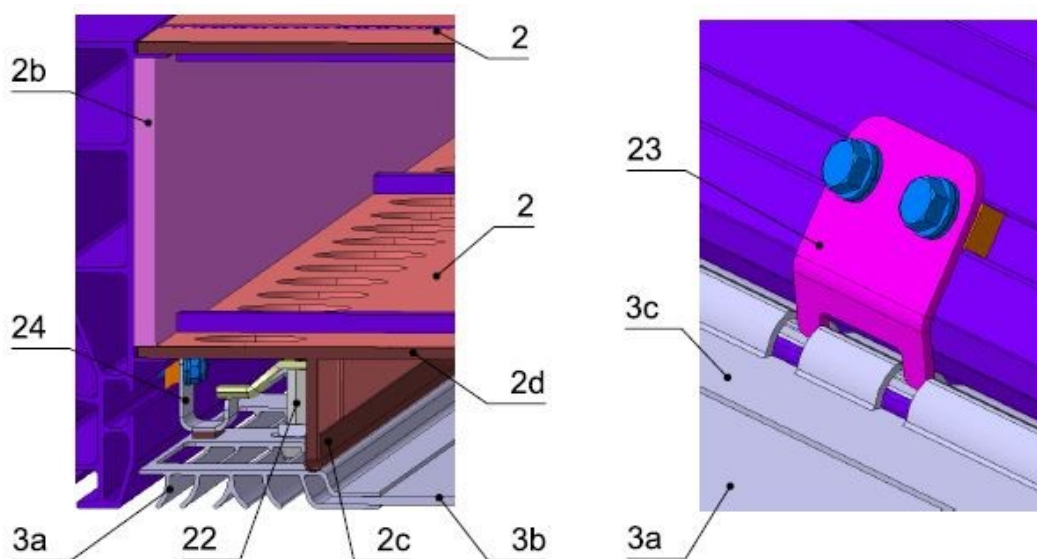
Základem stropního modulu je svařovaný prostorový hliníkový rám tvořený podélnými extrudovanými profily a příčnými výztuhami. Krajiní profily **1a** jsou navrženy tak, že vytváří systém C-drážek a tvarových pantů pro uchycení dalšího vybavení a kotvení modulu do HS skříňe vozu. Střední profil **1b** zahrnuje také systém C-drážek a tvarových pantů, zároveň vytváří světelný kanál. Pro příčné výztuhy **1c** jsou zvoleny hliníkové profily obdélníkového průřezu 20x15x3 mm.



1a – krajní nosník, 1b – střední nosník, 1c – příčné výtuhy

Obr. 42: Rám stropního modulu

Spodní pohledovou část tvoří výklopné kryty s integrovanými výdechy ventilace. Materiálově je kryt řešen kompozitní deskou **3a** tl. 3,4 mm, jejímž nosným materiálem je pěna z fenolické pryskyřice vyztužená skelnými vlákny jednostranně laminovaná pohledovou HPL vrstvou (viz katalogový list - příloha č. 14). Desky jsou na některých místech opatřeny perforací (umístění záleží na konkrétní skladbě interiéru) vytvářející nasávací otvory pro recirkulaci. Výdechy ventilace **3b** jsou tvořeny hliníkovým extrudovaným profilem. Tvarový pant **3c** je rovněž z extrudovaného hliníkového profilu. Zamezení pohybu při jízdě je ve svislém směru dosaženo jednak tvarem zámku (kryt možno vyjmout pouze po jeho úplném otevření) a mechanickým zámkem **22** s dorazem **24** šroubovaným do C-drážek krajního nosníku. V podélném směru je kryt fixován držákem **23**, opět šroubovaným do C-drážky. Spojení kompozitní desky, výdechů ventilace a pantů je zajištěno tvarovým řešením a lepením. Délku krytů lze libovolně volit dle vhodnosti pro konkrétní uspořádání interiéru až do 2640 mm (max. délka fenolických desek).

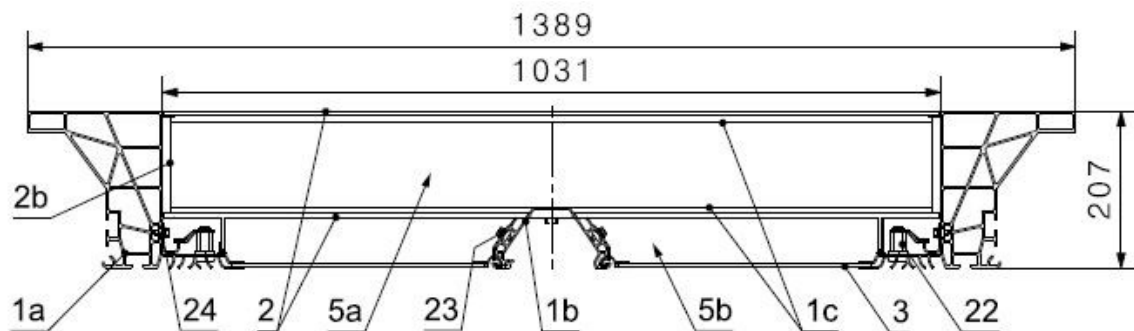


2 – kompozitní deska kanálu, 2b – PES izolace, 2c – těsnění píreli, 3a – kompozitní deska krytu, 3b – výdech ventilace, 3c – tvarový pant, 22 – mechanický zámek, 23 – držák, 24 – doraz

Obr. 43: Stropní modul - skladba

Vnitřní prostor modulu vytváří tři vzduchové kanály. V horní části je situován kanál **5a** pro upravený vzduch z HVAC jednotky. Vodorovné stěny **2** kanálu vytváří fenolické desky tl. 5 mm, jež jsou k rámu modulu přilepeny. Ve spodních deskách jsou otvory pro průchod upraveného vzduchu k výdechům a šroubovaná víka **2a** revizních otvorů. Svislé stěny tvoří PES izolace **2b** tl. 10 mm lepená na vnitřní stranu krajních nosníků. Izolace zabraňuje nadměrnému ohřívání/ochlazování nosníků. V dolní části modulu jsou umístěny dva menší recirkulační kanály **5b**, které jsou odděleny profilem světelného kanálu. Dostatečné utěsnění prostoru recirkulačního kanálu od prostoru výdechů upraveného vzduchu je realizováno těsnicím U-profilem **2c** typu pireli.

Světelný kanál **6** tvořený extrudovaným profilem je umístěn do podélné osy modulu, potažmo podélné osy vozidla. Do kanálu je možné montovat LED moduly v jedné, případně ve dvou řadách. Pro jejich uchycení je zde umístěna C-drážka. Kanál je ze spodní strany chráněn polykarbonátovým krytem **6a**, který není zamýšlen jako součást modulu. Pro sjednocení vzhledu je vhodnější použít kryt v délce několika modulů případně celého článku.



1a – krajní nosník, 1b – střední nosník, 1c – příčné výztuhy 2 – kompozitní deska kanálu, 2b – PES izolace, 3 – kryt, 22 – mechanický zámek, 23 – držák, 24 – doraz

Obr. 44: Stropní modul - příčný řez

Montáž modulů do vozidla

Stropní moduly jsou šroubovány do kružin HS bez použití další přidaných držáků. V krajních nosnících modulu jsou umístěny podélně orientované oválné otvory pro šrouby. Ty umožňují ustavení v podélné ose vozidla (ose x). Ustavení ve svislé ose (ose z) je umožněno vkládáním či naopak ubíráním podložek **40**. Míra výškového ustavení činí ± 6 mm. V kružinách HS jsou umístěny matice v klecích **41** umožňující ustavení modulů v příčném směru (ose y) a to ± 10 mm (viz det. B21 – příloha č. 10).

Vzájemná návaznost modulů je řešena tak, že podélné profily jsou k sobě přisunuty tzv. na sraz a provázány spojkou šroubovanou do boční C-drážky. To zajistí jednak výškovou návaznost modulů a také dostatečnou těsnost bočních stěn vzduchových kanálů. Těsnost vodorovných stěn kanálů je řešena pomocí měkkého EPDM těsnění **2d** lepeného před montáží na čela fenolických desek.

Vzhledem k délkové variabilitě konceptu tramvají FCX nelze jednoznačně stanovit pevnou délku jednoho či několika modulů, ze kterých by bylo vždy možné sestavit stropní obložení. Délka

6.3 Návrh skladby stropu na článku vozidla

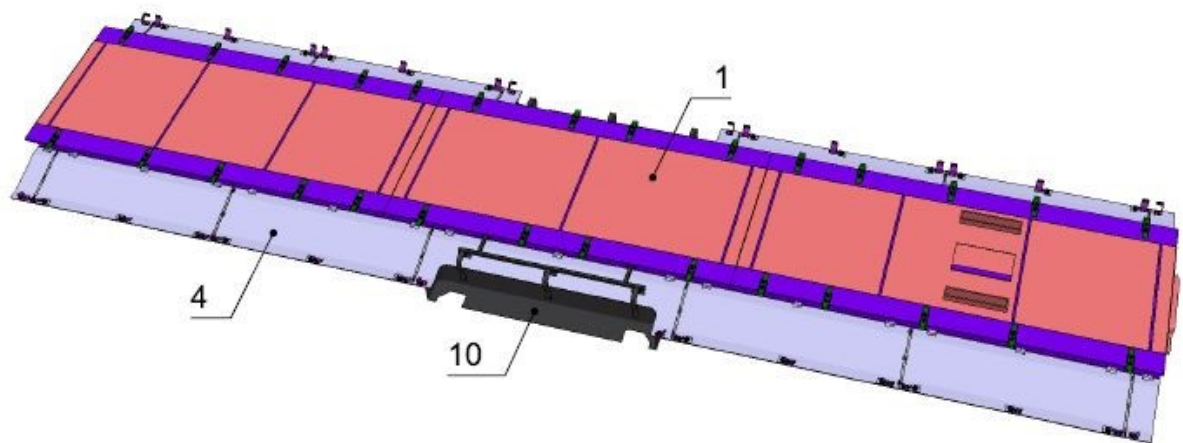
Pro lepší porovnání této a předcházející koncepce je návrh skladby stropu modelován pro vložený článek (např. prostřední článek 3 - článkového vozidla) viz kap. 5.3 stejných rozměrových parametrů.

S ohledem na náročnost manipulace a uvažované uspořádání komponent zavěšených na strop je využito dvou, resp. tří modulů délky 3200 + 2829 + 3200 mm. Pohledové kryty na kratším modulu **1a** jsou voleny ve dvou délkách. Kratší, pevně fixovaný (délka 500 mm), s perforací, situovaný uprostřed a delší výklopné kryty (délka 1158 mm) na krajích modulu. Na delším modulu **1b** jsou kryty řešeny obdobně s rozdílem, že kratší nevýklopný kryt (délka 190 mm) je umístěn vždy na konci článku a delší kryty mají délku 1500 mm



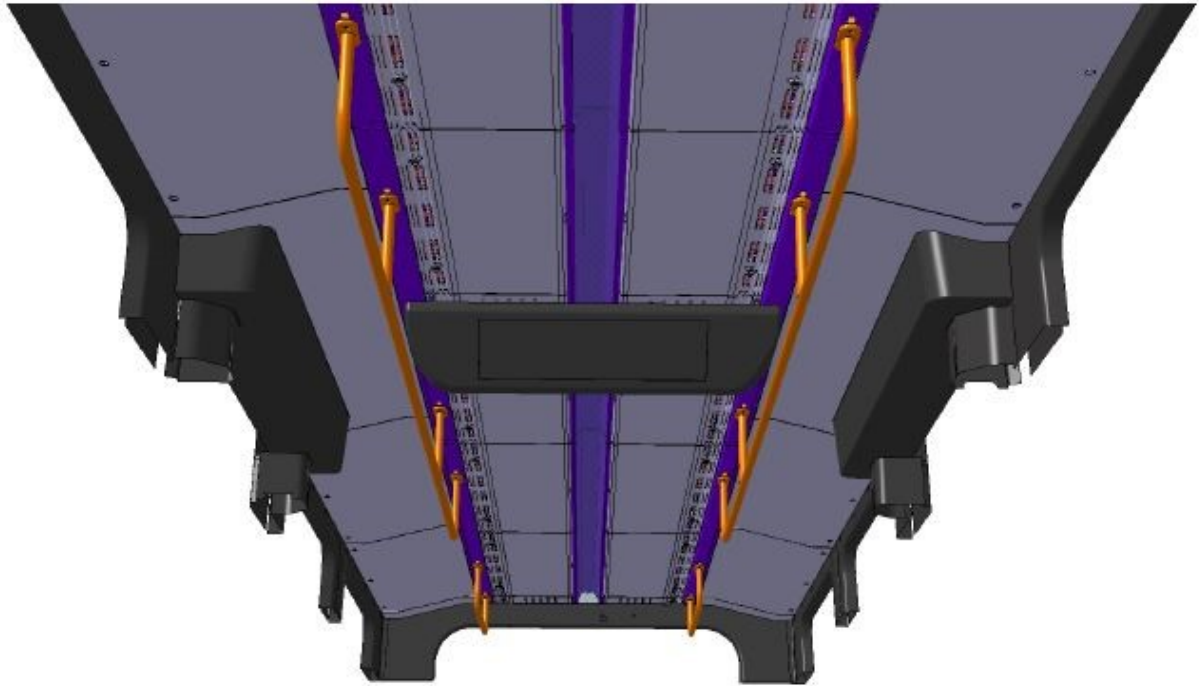
Obr. 47: Návrh skladby stropu článku – schematický příčný řez

Nadokenní kryty **4** jsou voleny ve třech délkách, pevně fixované kryty délky 182 mm (umístěné na koncích článku) a výklopné délky 1635 mm a 1735 mm.



1 – stropní modul, 4 – nadokenní kryt, 10 – kryt dveřního pohonu

Obr. 48: Návrh skladby stropu článku – axonometrický pohled



Obr. 49: Návrh skladby stropu článku - perspektivní pohled

6.4 Postup montáže

Předpokládaný postup montáže je uveden v následujících bodech:

1. montáž izolace a kabelových tras mezi kružiny HS
2. montáž stropních modulů do vozidla (moduly již osazeny světelnými zdroji, čidly atd.)
 - ustavení modulů na nominální rozměry
 - šrouby nejsou dotaženy na moment
3. montáž přístrojů na střechu vozidla
4. konečné ustavení stropních modulů
 - kompenzace vzniklých průhybů střechy pomocí přidání či odebrání podložek pod šroubovými spoji
 - propojení modulů spojkami v boční C-drážce bočních profilů
 - utažení všech šroubových spojení na potřebný moment
 - propojení konektorů světelných modulů atd.
 - montáž polykarbonátových krytů světelného kanálu
5. dokončení montáže el. kabeláže a přístrojů pod střechou vozidla
6. montáž nadokenních krytů
 - ustavení v podélném směru a montáž fixačních držáků
 - montáž protikusů pro zámky do C-drážek v bočnici HS
 - seřízení krycích lišt (lišty na rubové straně bránící průhledu nominálními mezerami mezi kryty)
7. montáž naddveřních krytů
8. montáž zbývajících celků (madla, kamerový systém atd.)

6.5 Výhody a nevýhody

6.5.1 Výhody

- nízký počet dílů montovaných na vozidlo v konečné montáži
- snadné spasování dílů vůči sobě
- nezávislost většiny dílů na průhybu střechy
- kratší čas montáže
- možnost směřování a regulace proudění upraveného vzduchu do prostoru pro cestující
- snadný přístup pro údržbu vzduchových kanálů
- minimalizace použitých druhů materiálů
- nízká hmotnost (stropu jako celku)

6.5.2 Nevýhody

- zhoršená manipulace s modulem obložení při montáži vlivem velikosti a hmotnosti (potřeba technologických přípravků)
- zhoršená manipulace s díly při přepravě a skladování – potřeba manipulačních prostředků

7 Pevnostní výpočet

V rámci obou návrhů obložení stropu je proveden pevnostní výpočet vybraných částí a šroubových spojů.

7.1 Výpočtový model

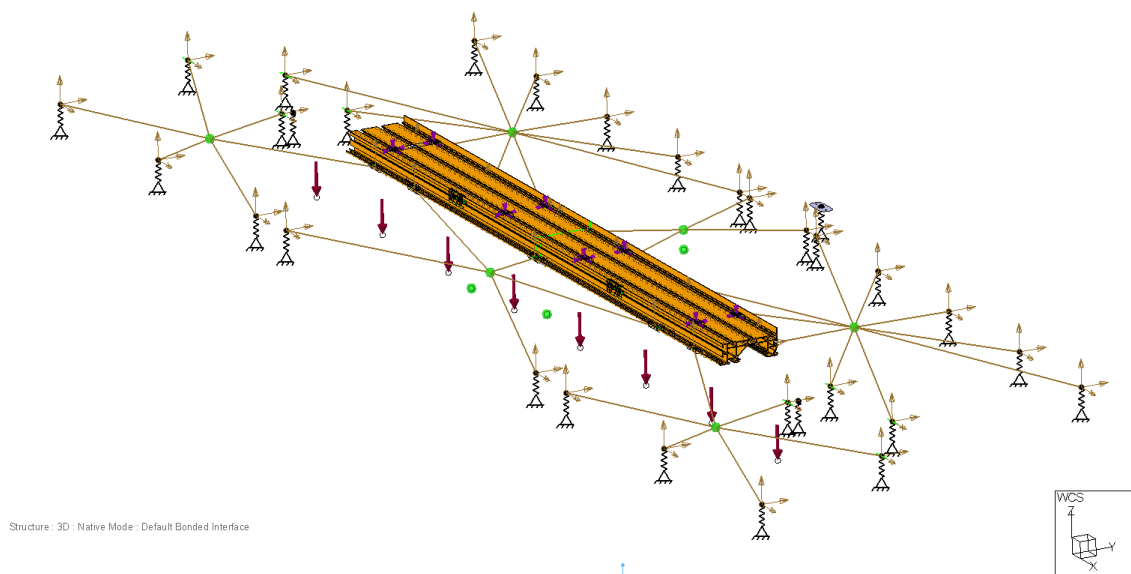
7.1.1 Návrh č. 1

V rámci návrhu této koncepce obložení je proveden pevnostní výpočet extrudovaného integrálního nosníku (tvar nosníku viz příloha č. 1). Konkrétně jde o nosník délky 2829 mm. Vybrán je z důvodu vyššího uvažovaného zatížení od komponent montovaných do stropního obložení viz kap. 5.3.

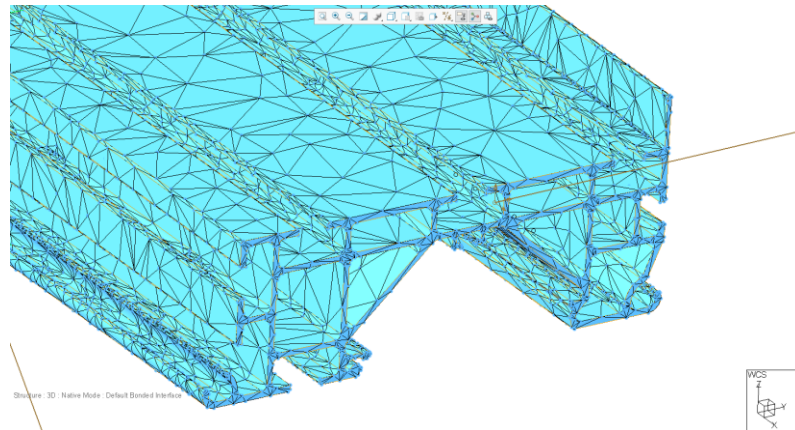
3D model sestavy nosníku je vytvořen v programu Catia V5. Výpočtový model je vytvořen v programu Creo následujícím způsobem:

- Je počítán pouze jeden nosník (na jedné straně vozidla), protože zatížení je symetrické.
- Navazující díly jako např. nadokenní a podhledové kryty, madla a držák displeje jsou nahrazeny hmotnými body. Hmotné body jsou s výpočtovým modelem nosníku propojeny pomocí vazby „Rigid Link“, kdy uvažujeme, že toto spojení disponuje nekonečně velkou tuhostí.
- V místech, kde je nosník uchycen k HS jsou definovány okrajové podmínky zamezující pohyb v jednotlivých osách. Tyto okrajové podmínky jsou vždy vztaženy k bodu a následně pomocí vazby „Rigid Link“ spojeny s modelem.

Výpočtová síť je vytvořena automaticky programem objemovými prvky „Tetrahedry“ (čtyřstěn) v počtu 402 149 ks. K zasítování modelu využívá program Creo metodu GEA (Analýza geometrických elementů).



Obr. 50: Výpočtový model sestavy integrálního nosníku s okrajovými podmínkami



Obr. 51: Ukázka zasíťování nosníku

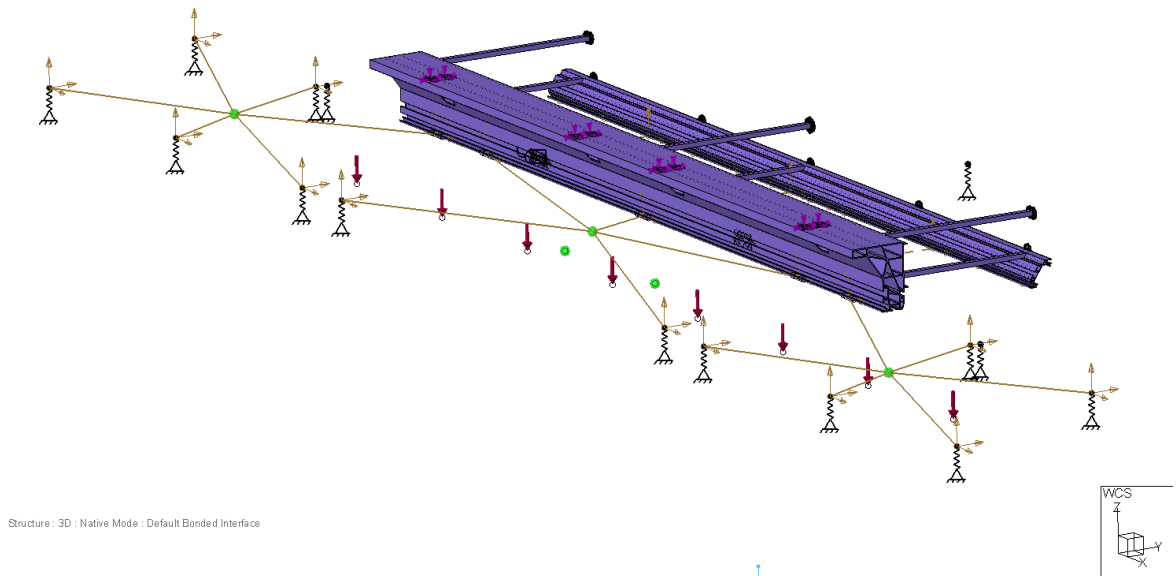
7.1.2 Návrh č. 2

V rámci návrhu této koncepce obložení je proveden pevnostní výpočet stropního modulu délky 2829 mm, resp. jeho rámu (konstrukce rámu viz příloha č. 8). Vybrán je z důvodu vyššího uvažovaného zatížení od komponent montovaných do stropního obložení viz kap. 6.3.

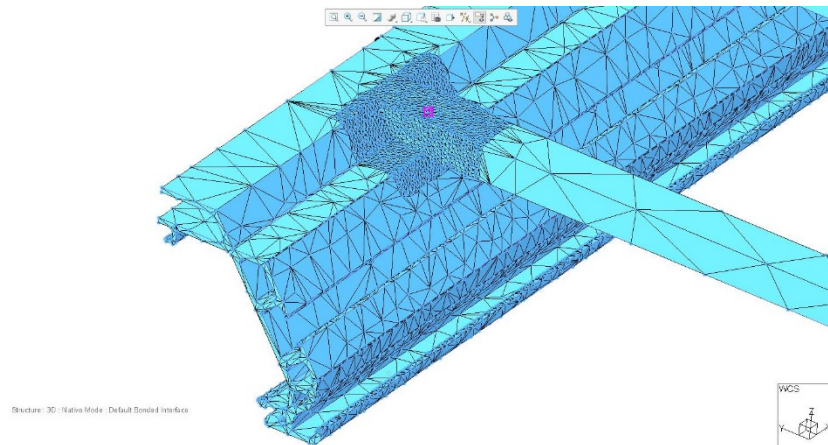
3D model sestavy rámu je vytvořen v programu Catia V5. Výpočtový model je vytvořen v programu Creo následujícím způsobem:

- Celý rám modulu byl rozdělen rovinou XZ, protože zatížení je symetrické a tudíž můžeme předpokládat, že bude symetrické i namáhání. V místě rozdělení dodána okrajová podmínka symetrie.
- Navazující díly (kryty, madla, držák displeje) jsou nahrazeny hmotnými body. Jejich propojení s výpočtovým modelem rámu je pomocí vazby „Rigid Link“. V místech, kde je rám uchycen k HS je opět využito okrajových podmínek zamezujících posuny v jednotlivých osách.
- Svary jsou nahrazeny protažením geometrie – pro zjednodušení výpočtu nejsou uvažovány

Výpočtová síť je tvořena stejným způsobem jako v případě návrhu č. 1, tedy objemovými prvky typu „Tetrahedr“ v počtu 487 857 ks. Protože se ukázalo, že k největšímu namáhání rámu dochází v místech spojení podélných nosníků s příčnicí, tak je v těchto místech výpočtová síť zjemněna (velikost prvků maximálně 2 mm).



Obr. 52: Výpočtový model sestavy rámu modulu s okrajovými podmínkami



Obr. 53: Ukázka zasítování rámu modulu

7.2 Zatěžovací stavy a jejich kombinace

Tramvaje koncepce FCX spadají dle normy ČSN EN 12663-1 [18] do kategorie P-V. Tato norma definuje dvě skupiny zatížení:

- mimořádná zatížení
- provozní zatížení

V rámci této práce je dále provedeno ověření statické pevnosti, tedy namáhání od mimořádných zatížení. Vzhledem k tomu, že jde o principiální návrh systému obložení nikoliv aplikaci na konkrétním vozidle, tak únavová pevnost od provozních zatížení není hodnocena.

7.2.1 Mimořádná zatížení

Dle [18], kapitola 6.5.2 a tabulek 13, 14 a 15 jsou formou působícího zrychlení definována mimořádná zatížení uvedená v následující tabulce (Tab. 7).

Tab. 7: Zatěžovací stavy - mimořádná zatížení

Zatěžovací stav [-]	Zrychlení a_x (osa x) [$m \cdot s^{-2}$]	Zrychlení a_y (osa y) [$m \cdot s^{-2}$]	Zrychlení a_z (osa z) [$m \cdot s^{-2}$]
LC_S01	2g	-	-1g
LC_S02	-2g	-	-1g
LC_S03	-	1g	-1g
LC_S04	-	-1g	-1g
LC_S05	-	-	-1,5g

Dále jsou uvažovány silové účinky způsobené zatížením stropních madel. Na nich je uvažováno zatížení (formou osamělých sil) od jednoho cestujícího každých 500 mm délky madla následujícím způsobem:

$$\text{Osa } x: F_x = 0 [N] \dots \text{nepřenáší se}$$

$$\text{Osa } y: F_y = 0,35 \cdot m_o \cdot a_y [N] \tag{1a}$$

$$\text{Osa } z: F_z = 0,35 \cdot m_o \cdot a_z [N] \tag{1b}$$

kde: m_o ... hmotnost cestujícího, uvažováno 70 [kg]

a_y ... zrychlení v ose y odpovídající příslušnému zatěžovacímu stavu [$m \cdot s^{-2}$]

a_z ... zrychlení v ose z odpovídající příslušnému zatěžovacímu stavu [$m \cdot s^{-2}$]

7.3 Posouzení statické pevnosti

Základním požadavkem pro prokázání dostatečné statické pevnosti je dle [18] míra využití ověřovaného prvku, která je dána základním vzorcem:

$$U = \frac{\sigma_c \cdot S_1}{R} \leq 1 \tag{2}$$

kde: σ_c ... vypočítané napětí [$N \cdot mm^{-2}$]

R ... mez pružnosti R_{eH} nebo smluvní mez kluzu $R_{p0,2}$ [$N \cdot mm^{-2}$]

S_1 ... součinitel bezpečnosti [-]

U ... využití prvku [-]

Úpravou (2) dostaneme vztah pro výpočet dovoleného napětí ve tvaru:

$$\sigma_{Dov} = \frac{R_{p0,2}}{S_1} \tag{3}$$

Materiálem extrudovaných profilů (nosníků) je hliníková slitina EN AW 6063 T66 (lisovaný profil tloušťka stěny ≤ 10 mm, dodací podmínky dle EN 755-2). Příčné výztuhy jsou z dutých profilů 20x15x3 dle EN 755-9, jež jsou z hliníkové slitiny EN AW 6060 T66. V souladu s [18] je volen součinitel bezpečnosti $S_1 = 1,15$.

Tab. 8: Vlastnosti materiálu

EN AW 6063 T66			
Minimální pevnost v tahu	$[N \cdot mm^{-2}]$	R_m	245
Minimální mez kluzu	$[N \cdot mm^{-2}]$	$R_{p0,2}$	200
Tažnost	[%]	A_{50}	8
Tvrдость	[-]	HV	80
Součinitel teplotní roztažnosti	$[10^{-6} \cdot K^{-1}]$	α_{20}	22,2
Hustota	$[kg \cdot m^{-3}]$	ρ	2700
EN AW 6060 T66			
Minimální pevnost v tahu	$[N \cdot mm^{-2}]$	R_m	215
Minimální mez kluzu	$[N \cdot mm^{-2}]$	$R_{p0,2}$	160
Tažnost	[%]	A_{50}	6
Tvrдость	[-]	HV	75
Součinitel teplotní roztažnosti	$[10^{-6} \cdot K^{-1}]$	α_{20}	23.4
Hustota	$[kg \cdot m^{-3}]$	ρ	2700

Hodnota dovoleného napětí v extrudovaných profilech číní:

$$\sigma_{Dov}^1 = 173,9 [N \cdot mm^{-2}]$$

Hodnota dovoleného napětí v dutých profilech (příčkách rámu modulu) číní:

$$\sigma_{Dov}^2 = 139,1 [N \cdot mm^{-2}]$$

7.3.1 Vyhodnocení

Z výpočtů konkrétních mimořádných zatěžovacích stavů je vyhodnoceno pole redukovaného napětí Von Mises.

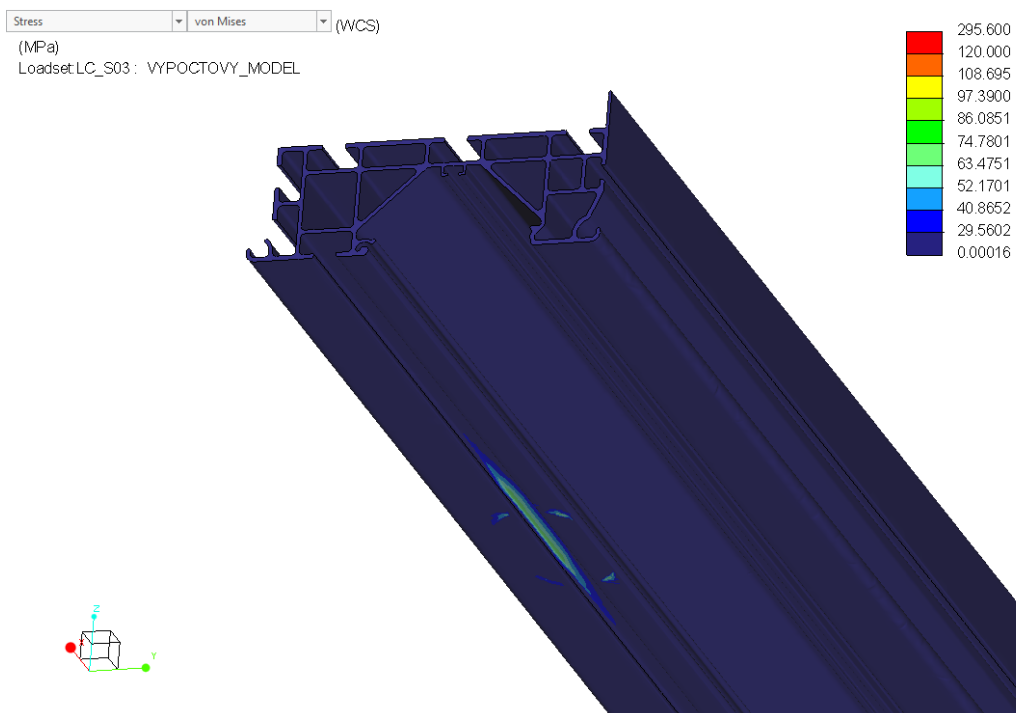
Návrh č. 1

Hodnoty maximálních dosažených napětí pro jednotlivé zatěžovací stavy jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 9).

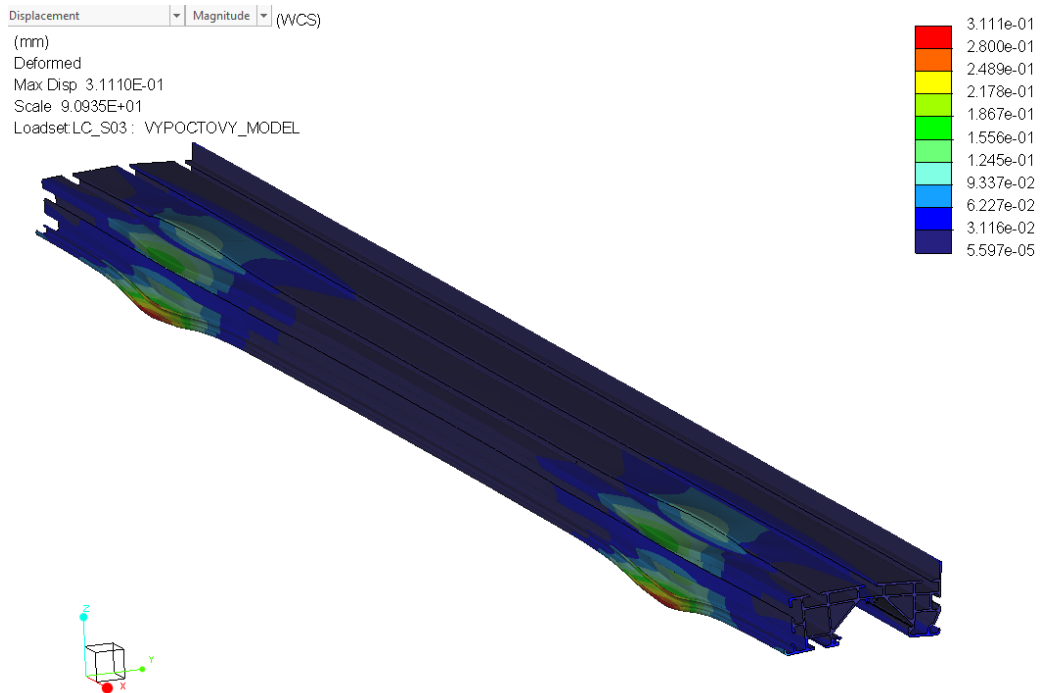
Tab. 9: Maximální hodnoty napětí Von Mises – integrální nosník

Zatěžovací stav [-]	Max. napětí Von Mises [$N \cdot mm^{-2}$]	Mezní hodnota [$N \cdot mm^{-2}$]	Výsledek [-]
LC_S01	5,5	173,9	vyhovuje
LC_S02	6		vyhovuje
LC_S03	97,1		vyhovuje
LC_S04	92,7		vyhovuje
LC_S05	6,5		vyhovuje

Z výsledků provedených výpočtů vyplývá, že navržený integrální nosník z hlediska statické pevnosti vyhovuje.



Obr. 54: Pole napětí Von Mises v nejmáhaném místě - LC_S03



Obr. 55: Displacement - LC_S04

Návrh č. 2

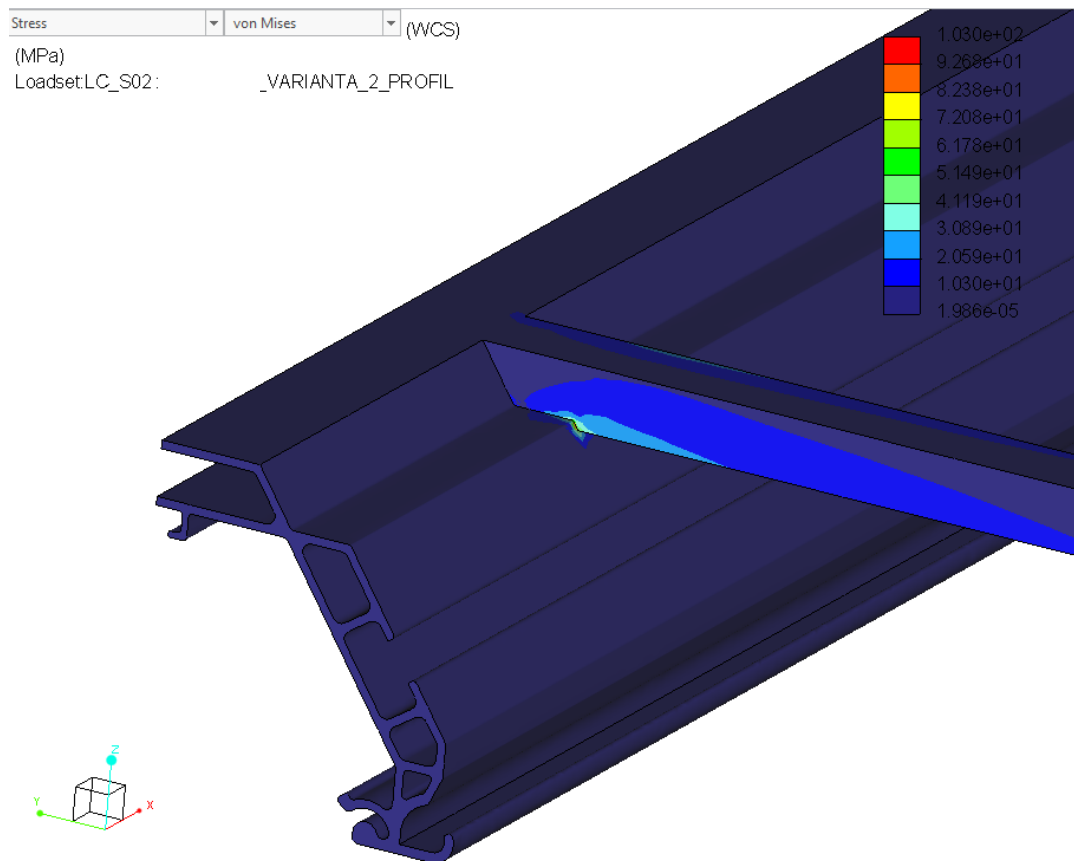
Hodnoty maximálních dosažených napětí pro jednotlivé zatěžovací stavy jsou uvedeny v následující tabulce (Tab. 10).

Tab. 10: Maximální hodnoty napětí Von Mises – podélné nosníky

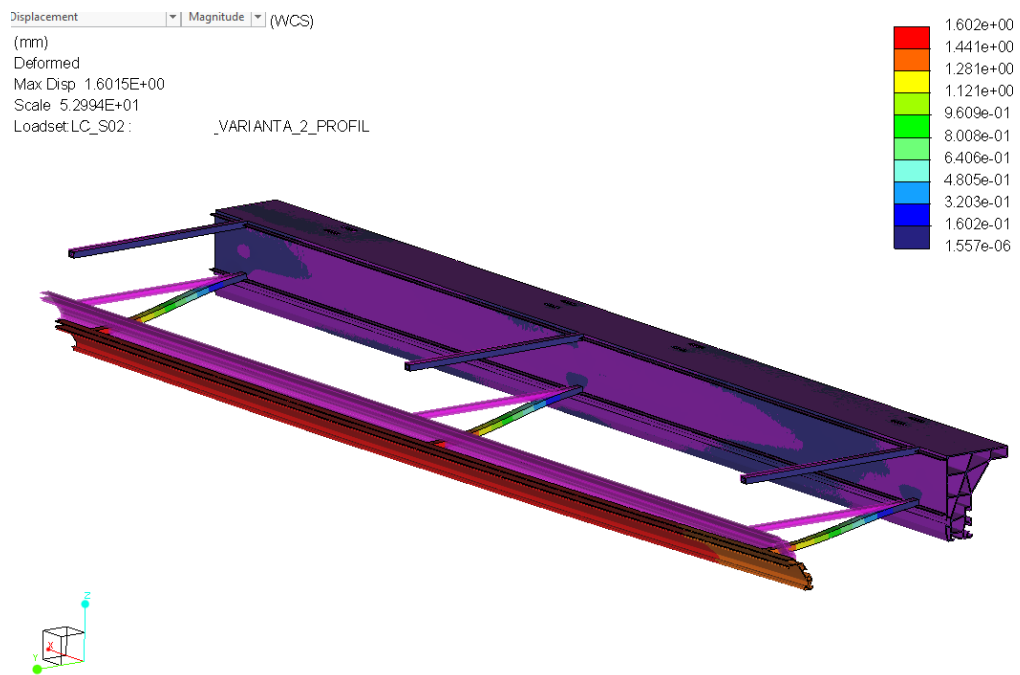
Zatěžovací stav [-]	Max. napětí Von Mises [$N \cdot mm^{-2}$]	Mezní hodnota [$N \cdot mm^{-2}$]	Výsledek [-]
LC_S01	86,8	173,9 (139,1)	vyhovuje
LC_S02	95,6		vyhovuje
LC_S03	60,3		vyhovuje
LC_S04	61,7		vyhovuje
LC_S05	33,4		vyhovuje

Z výsledků provedených výpočtů vyplývá, že navržený rám z hlediska statické pevnosti vyhovuje.

Dále se také ukázalo, že v místě středního extrudovaného profilu (světelného kanálu) dojde k posuvu o cca -1,5 mm v ose z, což je akceptovatelné.



Obr. 56: Pole napětí Von Mises v nejmáhaném místě - LC_S02



Obr. 57: Displacement - LC_S02

7.4 Pevnostní posouzení šroubových spojů

Šrouby jsou hodnoceny, stejně jako integrální nosník (rám modulu), pro mimořádné zatížení na statickou pevnost (hodnocen pouze nejnepříznivější stav). Na základě výpočtů v programu Creo byly určeny osové a příčné síly působící na šroubové spoje. Tyto hodnoty jsou použity jako vstupní data pro vyhodnocení pevnosti šroubů v programu Mitcalc.

7.4.1 Ověření výpočtu

Pro validaci výsledků z programu je pro vybrané hodnoty provedeno početní ověření.

Tuhost šroubu

Pro oba šroubové spoje jsou použity metrické šrouby s šestihrannou hlavou se závitem k hlavě. Tuhost je stanovena dle následujícího vzorce:

$$c_b = \frac{A_s \cdot E_b}{L} \quad (4)$$

kde: c_b ... tuhost šroubu [$N \cdot mm^{-1}$]
 A_s ... výpočtový průřez šroubu [mm^2]
 E_b ... modul pružnosti v tahu materiálu šroubu [$N \cdot mm^{-2}$]
 L ... délka závitu šroubu v sevření [mm]

Tuhost spojovaných součástí

Určení tuhostí spojovaných součástí v sevření je poměrně komplikované. Jelikož v této práci jde především o principiální návrh, je pro výpočet jednotlivých tuhostí použita zjednodušená metoda s pomocí redukovaného průřezu tzv. Röttscherův válec:

$$S_r = \frac{\pi}{4} \cdot \left[\left(s + \frac{L}{2} \right)^2 - D_0^2 \right] \quad (5a)$$

kde: S_r ... redukovaný průřez spoj součástí [mm^2]
 D_0 ... průměr díry pro šroub [mm]
 E_b ... modul pružnosti v tahu materiálu šroubu [$N \cdot mm^{-2}$]
 s ... velikost otvoru klíče [mm]

Dílčí tuhost jednotlivých spojovaných částí je potom dána vztahem:

$$c_i = \frac{S_r \cdot E_i}{l_i} \quad (5b)$$

kde: c_i ... tuhost dílčí spoj. součásti [$N \cdot mm^{-1}$]
 E_i ... modul pružnosti v tahu materiálu dílčí spoj. součásti [MPa]
 l_i ... tloušťka dílčí spoj. součásti [mm]

Výsledná tuhost resp. poddajnost sevřených spojovaných součástí je dána vztahem:

$$\frac{1}{c_m} = \frac{1}{c_1} + \frac{1}{c_2} + \frac{1}{c_3} + \dots + \frac{1}{c_i} \quad (5c)$$

kde: c_m ... celková tuhost spoj. součástí v sevření [$N \cdot mm^{-1}$]

Minimální předpětí spoje

Na šroubový spoj působí i radiální síla. Její přenos musí být zajištěn silovým stykem, tedy třecí silou mezi spojovanými součástmi vyvolanou přepětím spoje. Minimální potřebné předpětí je stanoveno dle následujícího vzorce:

$$F_{o,min} = \frac{F_r}{\mu_q} \quad (6)$$

kde: $F_{o,min}$... minimální potřebná síla předpětí [N]
 F_r ... radiální provozní síla působící na šroub [N]
 μ_q ... součinitel tření mezi spojovanými součástmi [-]

Utahovací moment

Z požadavku na minimální předpětí plyne velikost potřebného utahovacího momentu. Ten lze stanovit dle následujících vztahů:

$$M = M_z + M_p \quad (7a)$$

$$M_z = \left(\frac{1}{2} \cdot F_o \cdot d_2 \cdot \tan(\gamma + \varphi) \right) \cdot 10^{-3} \quad (7b)$$

$$\tan \gamma = \frac{P_z}{\pi \cdot d_2} \quad (7c)$$

$$\tan \varphi = \mu_t \quad (7d)$$

$$M_p = \left(\frac{1}{2} \cdot F_o \cdot d_o \cdot \mu_c \right) \cdot 10^{-3} \quad (7e)$$

$$d_o = \frac{D_o + s}{2} \quad (7f)$$

kde: M ... utahovací moment šroubového spoje [Nm]
 M_z ... třecí moment v závitu šroubu [Nm]
 M_p ... třecí moment pod hlavou šroubu resp. maticí [Nm]
 F_o ... síla předpětí spoje [N]
 d_2 ... střední průměr závitu šroubu [mm]
 d_o ... střední průměr mezikružjí mezi hlavou šroubu a dírou pro šroub [mm]
 P_z ... stoupání závitu [mm]
 μ_q ... součinitel tření v závitu šroubu [-]

Síla ve šroubu zatíženého spoje

Působením zatížení na spoj vzroste i síla ve šroubu. Tuto sílu stanovíme následujícím způsobem:

$$F_1 = F_o + \Delta F_1 \quad (8a)$$

$$\Delta F_1 = F_a \cdot C \quad (8b)$$

$$C = \frac{c_b}{c_b + c_m} \quad (8c)$$

kde: ΔF_1 ... část zatěžující síly přenášená šroubem [N]
 F_a ... zatěžující síla působící v ose šroubu [N]
 C ... tuhostní konstanta spoje [-]

Napětí ve šroubu zatíženého spoje

Pro posouzení, zda šroubový spoj vyhovuje, je nutné stanovit napětí ve šroubu.

Normálové napětí stanovíme dle vzorce:

$$\sigma = \frac{F_1}{A_s} \quad (9a)$$

kde: σ ... normálové tahové napětí [MPa]
 F_1 ... síla působící na šroub [N]
 A_s ... výpočtový průřez šroubu [mm²]

Dále je třeba stanovit smykové napětí od utahovacího momentu snížené o třecí moment pod hlavou šroubu:

$$\tau = \frac{M_z \cdot 10^3}{W_k} \quad (9b)$$

$$W_k = \frac{\pi \cdot d_r^3}{16} \quad (9c)$$

kde: τ ... smykové napětí od utahovacího momentu [$N \cdot mm^{-2}$]
 M_z ... třecí moment v závitu šroubu [Nm]
 W_k ... průřezový modul v krutu [mm³]
 d_r ... redukovaný průměr závitu šroubu [mm]

Výsledné redukované napětí ve šroubu je stanoveno dle hypotézy HMM:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \quad (9d)$$

kde: σ ... výsledné napětí ve šroubu [$N \cdot mm^{-2}$]

7.4.2 Návrh č. 1

V rámci tohoto návrhu je hodnoceno šroubové spojení mezi integrálním nosníkem a držákem (viz det. D1 – příloha č. 7).

Tab. 11: Vyhodnocení šroubového spoje

Vstupní hodnoty			
Osová síla	[N]	F _a	1873
Příčná síla	[N]	F _r	916
Součinitel tření v závitech a pod hlavou šroubu	[–]	$\mu_{t,c,q}$	0,14
Utahovací moment	[Nm]	M	16
Rozměr šroubu	M8		
Pevnostní třída šroubu	A2-70		
Výpočtový průřez šroubu	[mm ²]	A _s	36,6
Střední průměr závitu šroubu	[mm]	d ₂	7,188
Mez kluzu materiálu šroubu	[N · mm ⁻²]	R _e	450
Modul pružnosti v tahu materiálu šroubu	[N · mm ⁻²]	E _b	200000
Dovolený tlak v krajní svěrné části	[N · mm ⁻²]	p _{DOV}	350
Svěrná délka spoje	[mm]	L	12,2
Výsledné hodnoty			
Tuhost šroubu	[N · mm ⁻¹]	c _b	600095
Tuhost spojovaných součástí	[N · mm ⁻¹]	c _m	197974
Minimální potřebná síla předpětí	[N]	F _{o,min}	6543
Síla předpětí od utahovacího momentu	[N]	F _o	11000
Osová síla ve šroubu od zatížení	[N]	F ₁	12408
Tahové napětí v jádře šroubu od max. osově síly	[N · mm ⁻²]	σ	339
Napětí v krutu v jádře od utahovacího momentu	[N · mm ⁻²]	τ	123,5
Výsledné redukované napětí v jádře šroubu	[N · mm ⁻²]	σ _{RED}	401
Bezpečnost na mezi kluzu	[–]	n	1,12
Tlak v dosedací ploše hlavy (matice) šroubu	[N · mm ⁻²]	p	129
$\sigma_{RED} < R_e$... vyhovuje			
$p < p_{DOV}$... vyhovuje			

Z provedeného výpočtu vyplývá, že navržený šroubový spoj z hlediska statické pevnosti vyhovuje. Tuhost šroubu je výrazně vyšší než tuhost spojovaných součástí, což by mohlo mít negativní vliv při hodnocení únavové pevnosti. Protokol výpočtu je uveden v příloze č. 12.

7.4.3 Návrh č. 2

V rámci tohoto návrhu je hodnoceno šroubové spojení mezi rámem modulu a kružinou HS (viz det. B21 – příloha č. 10).

Tab. 12: Vyhodnocení šroubového spoje

Vstupní hodnoty			
Osová síla	[N]	F _a	1407
Příčná síla	[N]	F _r	574
Součinitel tření v závitech a pod hlavou šroubu	[-]	$\mu_{t,c,q}$	0,14
Utahovací moment	[Nm]	M	16
Rozměr šroubu	M8		
Pevnostní třída šroubu	A2-70		
Výpočtový průřez šroubu	[mm ²]	A _s	36,6
Střední průměr závitu šroubu	[mm]	d ₂	7,188
Mez kluzu materiálu šroubu	[N · mm ⁻²]	R _e	450
Modul pružnosti v tahu materiálu šroubu	[N · mm ⁻²]	E _b	200000
Dovolený tlak v krajní svěrné části	[N · mm ⁻²]	p _{DOV}	350
Svěrná délka spoje	[mm]	L	17,2
Výsledné hodnoty			
Tuhost šroubu	[N · mm ⁻¹]	c _b	425648,5
Tuhost spojovaných součástí	[N · mm ⁻¹]	c _m	247854
Minimální potřebná síla předpětí	[N]	F _{o,min}	4100
Síla předpětí od utahovacího momentu	[N]	F _o	11000
Osová síla ve šroubu od zatížení	[N]	F ₁	11889
Tahové napětí v jádře šroubu od max. osově síly	[N · mm ⁻²]	σ	325
Napětí v krutu v jádře od utahovacího momentu	[N · mm ⁻²]	τ	123,5
Výsledné redukované napětí v jádře šroubu	[N · mm ⁻²]	σ _{RED}	389
Bezpečnost na mezi kluzu	[-]	n	1,15
Tlak v dosedací ploše hlavy (matice) šroubu	[N · mm ⁻²]	p	126
$\sigma_{RED} < R_e$... vyhovuje			
$p < p_{DOV}$... vyhovuje			

Z provedeného výpočtu vyplývá, že navržený šroubový spoj z hlediska statické pevnosti vyhovuje. Tuhost šroubu je o něco nižší než u návrhu č. 1, ale stále vyšší než tuhost spojovaných součástí. Protokol výpočtu je uveden v příloze č. 13.

8 Ověření průřezů vzduchových kanálů

Vzduchové kanály musí zaručit rovnoměrné vedení požadovaného množství vzduchu od klimatizační jednotky po celém vozidle, resp. článku. Je vhodné, aby se rychlost proudění vzduchu v kanálech pohybovala v rozmezí 4 – 7 m³·s⁻¹. Z tohoto důvodu musí být kanály vhodně dimenzovány.

Dle ČSN EN 14750-1 [5] je pro vozidla kategorie B požadované množství čerstvého vzduchu dodávaného do prostoru pro cestující 12 m³/h/osobu. Pro sjednocení chladícího a vytápěcího výkonu je možné množství dodávaného vzduchu snížit na 8 m³/h/osobu.

Základní vzorec pro výpočet rychlosti proudění vzduchu v kanálu je dán vztahem:

$$v = \frac{Q}{A \cdot 3600} \quad (10)$$

kde: v ... rychlost proudění vzduchu (závislá na objemovém průtoku) [m · s⁻¹]
 Q ... objemový průtok [m³ · h⁻¹]
 A ... průtočná plocha [m²]

Následující tabulka (Tab. 13) ukazuje hodnoty použité při výpočtu. Množství vzduchu zde uvedené představuje maximální objem připadající na jednu klimatizační jednotku (uvažovaný pro platformu tramvají FCX). Množství recirkulovaného vzduchu je menší, neboť část je z prostoru pro cestující odvedena ven netěsnostmi skříně a větracími otvory v HS.

Tab. 13: Uvažované hodnoty pro výpočet

Objemový průtok čerstvého (upraveného) vzduchu	[m ³ · h ⁻¹]	Q _{ch}	2500
Objemový průtok recirkulovaného vzduchu	[m ³ · h ⁻¹]	Q _{rc}	1250
Průtočná plocha kanálu čerstvého vzduchu	[m ²]	A _{ch} [*]	0,145
Průtočná plocha kanálů recirkulovaného vzduchu	[m ²]	A _{rc} [*]	0,046
Průtočná plocha kanálu čerstvého vzduchu	[m ²]	A _{ch} ^{**}	0,133
Průtočná plocha kanálů recirkulovaného vzduchu	[m ²]	A _{rc} ^{**}	0,046
Pozn.: průtočná plocha recirkulovaných kanálů = součet obou kanálů * platí pro návrh popsany v kap. 5 ** platí pro návrh popsany v kap. 6			

Rychlost proudění čerstvého, resp. upraveného vzduchu v kanálu činí:

$$v_{ch}^* = 4,79 [m \cdot s^{-1}]$$

$$v_{ch}^{**} = 5,24 [m \cdot s^{-1}]$$

Rychlost proudění recirkulovaného vzduchu v kanálu činí:

$$v_{rc}^* = 6,98 [m \cdot s^{-1}]$$

$$v_{rc}^{**} = 6,98 [m \cdot s^{-1}]$$

9 Výpočet součinitele prostupu tepla střechy

Jak bylo popsáno v kap. 2, u stropní části vozidla je třeba zajistit dostatečné tepelné i zvukové stínění. Obě tyto funkce lze sloučit a řešit vhodným výběrem materiálu tepelné/zvukové izolace v dostatečné tloušťce. Obě výše popsané koncepce stropního obložení umožňují zástavbu izolace v tloušťce dané výškou kružin HS. V následujících odstavcích je uveden výpočet součinitele prostupu tepla střechou.

9.1.1 Vnitřní součinitel přestupu tepla na povrchu skříně

Jde o hodnotu závislou na proudění, sálání a vlastnostech povrchu ve vzduchové vrstvě v bezprostřední blízkosti povrchu skříně. Pro praktický výpočet součinitele přestupu tepla za klidu je tato veličina zjišťována experimentálně a lze ji zahrnout pouze přibližně. Pro výpočet jsou převzaty hodnoty zjištěné pro osobní vůz ČD viz následující tabulka (Tab. 14).

Tab. 14: Vnitřní součinitel přestupu tepla

Část vozidla	Vnitřní součinitel přestupu tepla na povrchu skříně $\alpha_i [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
Bočnice	8,1
Střecha	8,7
Dveře, Čelnice	9,2
Podlaha	6,9
Okna	11

9.1.2 Vnější součinitel přestupu tepla na povrchu skříně

Tato veličina je závislá na rychlosti pohybujícího se vozidla a lze ji vypočítat dle vztahu:

$$\alpha_e = 9 + 3,5 \cdot w^{0,66} \quad (11)$$

kde: α_e ... vnější součinitel přestupu tepla na povrchu skříně [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
 w ... rychlost vozidla [$km \cdot h^{-1}$]

Při výpočtu výkonu pro chlazení (stojící vozidlo) je uvažována hodnota součinitele α_e při rychlosti 5 $km \cdot h^{-1}$.

Hodnota součinitele pro rychlost 5 $km \cdot h^{-1}$ činí:

$$\alpha_e^{(5)} = 19,125 [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

Hodnota součinitele pro rychlost 70 $km \cdot h^{-1}$ (maximální rychlost) činí:

$$\alpha_e^{(70)} = 66,787 [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

9.1.3 Součinitel prostupu tepla

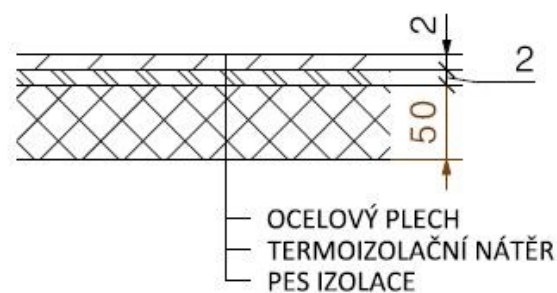
Základní vzorec pro výpočet prostupu tepla složenou rovinnou stěnou je dán vztahem:

$$k_j = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \left(\sum_{i=1}^n \frac{d_i}{\lambda_i}\right) + \frac{1}{\alpha_e}} \quad (12)$$

kde: k_j ... součinitel prostupu tepla složenou stěnou [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]
 d_i ... tloušťka vrstvy ve stěně [m]
 λ_i ... součinitel tepelné vodivosti vrstvy [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]

Výslednou hodnotu součinitele prostupu tepla je třeba navýšit o 5 – 10 % z důvodů zhoršení tepelně izolačních vlastností stěny v průběhu provozu a tepelných můstek.

Skladba střechy pro výpočet je znázorněna na následujícím obrázku (Obr. 58). Je uvažována polyesterová netkaná izolace jednostranně laminovaná hliníkovou folií (např. viz technický list - příloha č. 15) a termoizolační nátěr (např. viz technický list - příloha č. 16).



1 – ocelový plech, 2 – termoizolační nátěr, 3 – PES izolace

Obr. 58: Skladba střechy - schéma

V následující tabulce (Tab. 15) jsou hodnoty součinitele tepelné vodivosti použité pro výpočet součinitele prostupu tepla jednotlivých částí skříně vozidla.

Tab. 15: Tepelně izolační vlastnosti materiálů

Materiál	λ_i [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]
Ocel	50
Izolační nátěr	0,070
PES izolace	0,036

Hodnota součinitele prostupu tepla střechy $k_{střecha}$ pro rychlost 5 a 70 [$km \cdot h^{-1}$] navýšená o 5% přírážku na tepelné mosty a zhoršené tepelné technické vlastnosti v průběhu provozu:

$$k_{střecha}^{(5)} = 0,663 [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

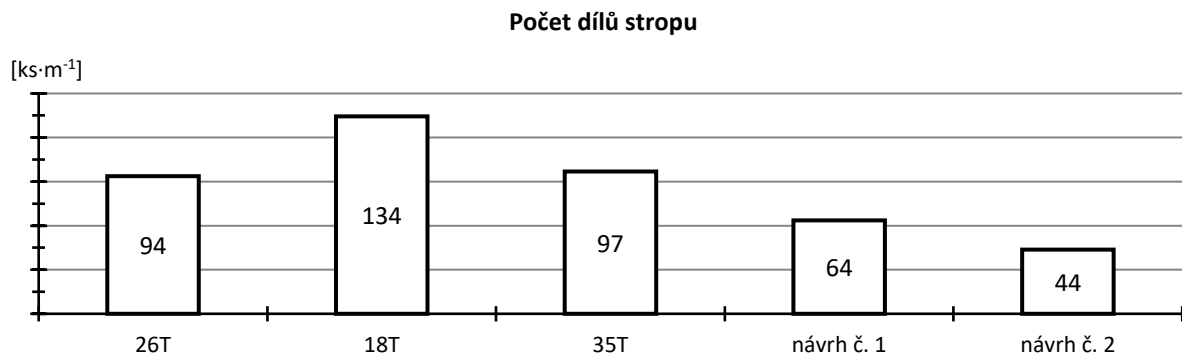
$$k_{střecha}^{(70)} = 0,679 [W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$$

10 Závěr

Tato diplomová práce byla zaměřena na návrh stropu, resp. na stropní obložení interiéru (a některých navazujících celků) pro tramvaje vycházející z koncepce Škoda FCX.

V první polovině práce byl proveden popis obecných požadavků a také rešerše stávajících řešení s výčtem jejich hlavních výhod a nevýhod. Z rešerše plyne, že hlavní nevýhodou současných řešení je především velký počet dílů. Z toho pramení obtížné spasování jednotlivých dílů vůči sobě a časová náročnost montáže. Na základě toho byly ve druhé polovině práce provedeny návrhy dvou řešení obložení, které by měly eliminovat nevýhody současných řešení a zároveň plnit veškeré požadavky. Zejména zachovat možnost ustavení obložení ve všech směrech s ohledem na rozměrové tolerance HS.

Návrh č. 1 popsáný v kap. 5 vychází z jednoho ze stávajících řešení (viz kap. 3.2), kde je hlavním nosným prvkem extrudovaný integrální nosník. Požadovaná zlepšení byla u tohoto návrhu dosažena především změnou tvaru nosníku a jeho uchycení k HS. Jak je vidět na grafu (Obr. 59), tak bylo dosaženo značného snížení počtu dílů a tedy i rychlosti montáže. V modelovém návrhu (viz kap. 5.2) pro skříň šířky 2500 mm je zvolena šířka střední části stropu (příčná rozteč nosníků) 727 mm. Tuto rozteč je možné dle potřeby měnit (v závislosti na šířce skříně) a zachovat tak jednotnou šířku nadokenních krytů. Toto řešení je do jisté míry modulární, neboť využívá několik prvků (integrační nosník, nadokenní kryty, pohledové kryty včetně mřížek ventilace a tvarové panty), které je možné vyrábět pro jakoukoliv konfiguraci vozidla pomocí stále stejné formy a pouze dle potřeby délkově dělit.

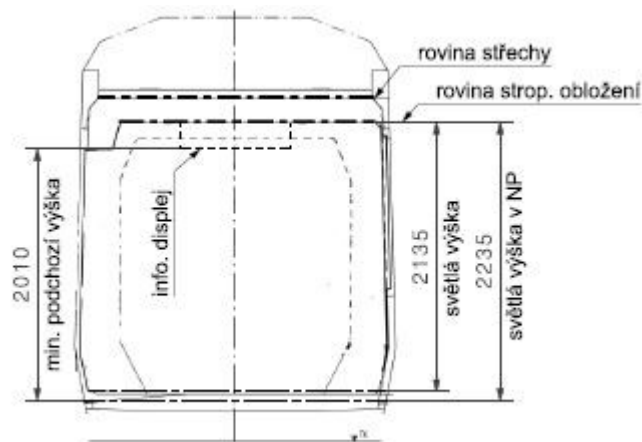


Pozn.: počet zahrnuje díly stropního obložení, vzduchové kanály a osvětlení (včetně šroubových spojů)
počet dílů je přepočítána na 1 m délky

Obr. 59: Počet dílů stropu - porovnání variant

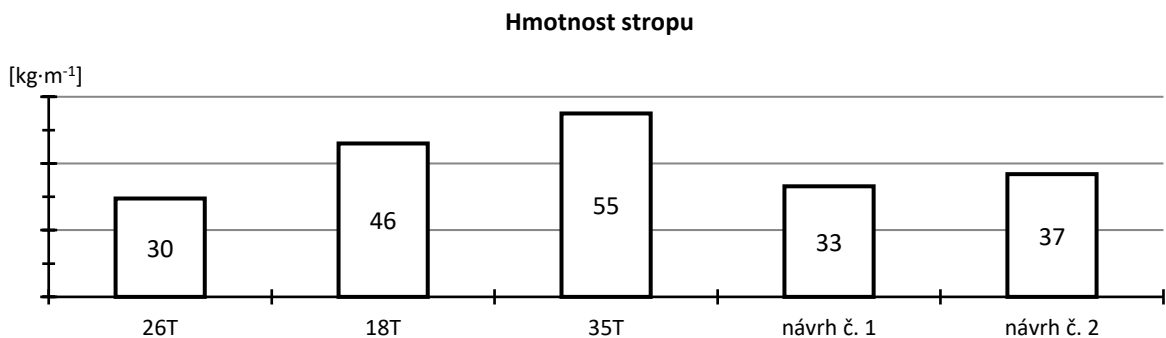
Návrh č. 2 popsáný v kap. 6 byl vytvořen jako modulární. Modularita však není dosažena zcela, neboť díky velké délkové variabilitě koncepce FCX není možné stanovit konečný počet modulů určité délky, ze kterých by bylo možné sestavit strop pro všechny konfigurace vozidla. Moduly tvoří střední část stropu, integrují do sebe několik funkcí (nosné prvky, vzduchové kanály, pohledové kryty a osvětlení) a montují se jako samostatné díly přímo na vozidlo. Díky tomu je dosaženo dalšího snížení množství dílů montovaného na vozidlo v konečné montáži. Zvolená šířka modulu 1389 mm je uvažována jako jednotná bez ohledu na šířku skříně. V tomto případě

je tedy potřeba měnit šířku nadokenních krytů s ohledem na šířku skříně vozu. Konstrukce krytů je shodná s řešením v prvním návrhu.



Obr. 60: Světlná výška stropu

Ustavení stropního obložení ve všech směrech s ohledem na tolerance HS je umožněno u obou návrhů. V příčném a podélném směru je realizováno shodně pro obě varianty, a to pomocí oválných děr pro šrouby, resp. C-drážek v rozsahu ± 10 mm. Ve svislém směru je umožněno ustavení ± 10 mm realizované v dírách pro šrouby držáků u prvního návrhu. Pro druhý návrh je umožněno distančními podložkami v rozsahu ± 6 mm. Tyto hodnoty byly voleny tak, aby nominální světlná výška stropu činila 2235 mm (v prostorech nástupních dveří), což zde umožňuje zástavbu informačních displejů velikosti až 29" při plnění požadavku na minimální podchozí výšku 2000 mm. Nominální světlná výška v části nad podvozky činí 2135 mm.



Pozn.: hmotnost zahrnuje stropní obložení, vzduchové kanály a osvětlení
hmotnost je přepočítána na 1 m délky

Obr. 61: Hmotnost stropu - porovnání variant

Na grafu (Obr. 61) porovnávajícím hmotnosti jednotlivých koncepcí stropu je patrné, že bylo u obou návrhů dosaženo i nízké hmotnosti. Převážná většina komponentů je tvořena pouze dvěma druhy materiálů, a to hliníkem a kompozitními fenolickými deskami v různém provedení. Oba tyto materiály umožňují velkou variabilitu při volbě povrchových úprav a dosažení libovolného vzhledu dle požadavků zákazníka. Navíc lze odebrat velkou část pohledových dílů od jednoho dodavatele, čímž se minimalizuje riziko špatné návaznosti dílů a odchylek odstínů povrchových úprav na dílech.

Literatura

- [1] *Dokumentace (nákresy, technické podmínky, protokoly z měření) poskytnutá ŠTRN*
- [2] *ČSN EN 45545-2+A1, Protipožární ochrana drážních vozidel: Část 2: Požadavky na požární vlastnosti materiálů a součástí.* Duben 2016. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016, 64 s.
- [3] *EN 13272-2, Railway applications-Electrical lightning for rolling stock in public transport systems: Part 2: Urban rail.* May 2019. Brussels: European committee for standardization, 2019, 22 s.
- [4] *DIN 6701-3, Adhesive bonding of railway vehicles and parts: Part 3: Guideline for construction design and verification of bonds on railway vehicles.* December 2015. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2015, 36 s.
- [5] *ČSN EN 14750, Železniční aplikace - Klimatizace pro městská a příměstská kolejová vozidla - Část 1: Část 1: Parametry pohodlí.* Prosinec 2006. Praha: Český normalizační institut, 2006, 24 s.
- [6] *DIN 25201-1, Design guide for railway vehicles and their components - Bolted joints: Part 1: Classification of bolted joints.* December 2015. Berlin: Deutsches Institut für Normung, 2015, 9 s
- [7] *ČSN EN 15085-3, Železniční aplikace - Svařování železničních kolejových vozidel a jejich částí: Část 3: Konstrukční požadavky.* Květen 2008. Praha: Český normalizační institut, 2008, 43 s.
- [8] *VDV Recommendation 150: Recommendation of Type-Light Rail Vehicles.* 04/95. Köln: Verband Deutscher Verkehrsunternehmen, 1995.
- [9] *(EHK OSN) č. 107Jednotná ustanovení pro schvalování vozidel kategorie M2 nebo M3 z hlediska jejich celkové konstrukce [2018/237]. In: . Evropská komise, 2017, Úř. věst. L 52, 23.2.2018.*
- [10] *ČSN 28 1300, Tramvajová vozidla - Technické požadavky a zkoušky.* Leden 2007. Praha: Český normalizační institut, 2007, 28 s.
- [11] *ČSN EN 50126-1 ed. 2, Drážní zařízení - Stanovení a prokázání bezporuchovosti, pohotovosti, udržovatelnosti a bezpečnosti (RAMS): Část 1: Generický proces RAMS.* Březen 2019. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2019, 94 s.
- [12] *ČSN EN 50125-1 ed. 2, Drážní zařízení - Podmínky prostředí pro zařízení: Část 1: Drážní vozidla a jejich zařízení.* Únor 2015. Praha: Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015, 16 s.
- [13] *ČSN EN ISO 8501-1, Příprava ocelových povrchů před nanesením nátěrových hmot a obdobných výrobků - Vizuální vyhodnocení čistoty povrchu: Část 1: Stupně zarezavění a stupně přípravy ocelového podkladu bez povlaku a ocelového podkladu po úplném odstranění předchozích povlaků.* Listopad 2007. Praha: Český normalizační institut, 2007, 16 s.
- [14] *Vehicle having a textile channel.* 2012. Německo, mezinárodní. WO 2012/156272 A1 Patent. Uděleno 10.05.2012. Zapsáno 22.11.2012.

- [15] *Innenausbau des deckenbereichs von fahrzeugen. 2010. Německo. DE 10 2008 048 656 B3 Patent. Uděleno 24.09.2008. Zapsáno 15.04.2010.*
- [16] *Method of assembling a ceiling framework to a roof structure of a vehicle body of a rail vehicle. 2017. Velká Británie, mezinárodní. WO 2017/220745 A1 Patent. Uděleno 22.06.2017. Zapsáno 28.12.2017.*
- [17] *Air distribution device for the interior of a rail vehicle. 2016. Německo, mezinárodní. WO 2016/012397 A1 Patent. Uděleno 20.07.2015. Zapsáno 28.01.2016.*
- [18] *ČSN EN 12663-1+A1, Železniční aplikace – Pevnostní požadavky na konstrukce skříní kolejových vozidel: Část 1: Lokomotivy a vozidla osobní dopravy (a alternativní metoda pro nákladní vozy). Září 2014. Praha: Český normalizační institut, 2014, 36 s.*
- [19] *Sapa Profiler AB: Dizajnový manuál. Sapa Profily, 2006, 163 s.*

Elektronické zdroje

- [20] *Avenio tram enters passenger service in Den Haag. In: Railway Gazette International [online]. Sutton: DVV MEDIA INTERNATIONAL, [2015], 2 November 2015 [cit. 2019-10-07]. Dostupné z: <https://www.railwaygazette.com/avenio-tram-enters-passenger-service-in-den-haag/41579.article>*
- [21] *Strop s ukrytým obrazem v letní rezidenci rakouských císařů. In: Archiweb: internetové centrum architektury [online]. 22.10.2012 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://archiweb.cz/n/press/strop-s-ukrytym-obrazem-v-letni-rezidenci-rakouskych-cisarů>*
- [22] *Bauhaus muzeum v Desavě. In: Archiweb: internetové centrum architektury [online]. [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://archiweb.cz/b/bauhaus-muzeum-v-desave-bauhaus-museum-dessau>*

Přílohy

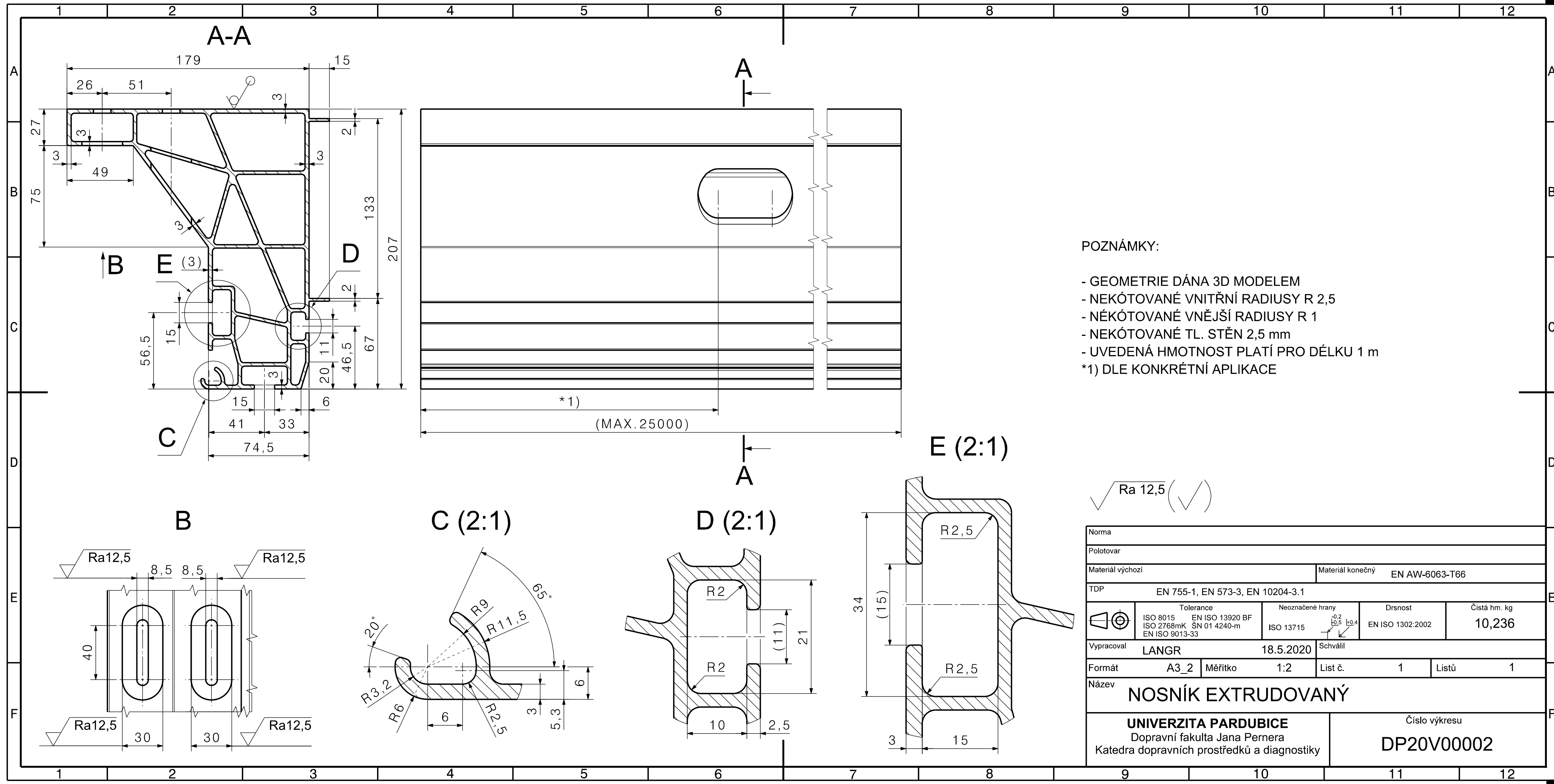
- Příloha č. 1 *Výkres DP20V00001 (Nosník extrudovaný)*
- Příloha č. 2 *Výkres DP20V00002 (Nosník extrudovaný)*
- Příloha č. 3 *Výkres DP20V00003 (Nosník extrudovaný)*
- Příloha č. 4 *Výkres DP20V00004 (Držák-S)*
- Příloha č. 5 *Výkres DP20V00005 (Držák-H)*
- Příloha č. 6 *Výkres DP20V00006 (Držák-S2)*
- Příloha č. 7 *Výkres DP20V00007 (Obložení stropu-návrh č. 1)*
- Příloha č. 8 *Výkres DP20V00008 (Rám)*
- Příloha č. 9 *Výkres DP20V00009 (Modul stropní)*
- Příloha č. 10 *Výkres DP20V00010 (Obložení stropu-návrh č. 2)*
- Příloha č. 11 *Výkres DP20V00011 (Kryt nadokenní)*
- Příloha č. 12 *Protokol výpočtu šroubového spoje - návrh č. 1*
- Příloha č. 13 *Protokol výpočtu šroubového spoje - návrh č. 2*
- Příloha č. 14 *Technický list (Warofoam-Rudolf Rost)*
- Příloha č. 15 *Technický list (Sorberpoly 2D AGC - Pyrotek)*
- Příloha č. 16 *Technický list (Decicoat T35 - Pyrotek)*

Příloha č. 1

Výkres DP20V00001 (Nosník extrudovaný)

Příloha č. 2

Výkres DP20V00002 (Nosník extrudovaný)



POZNÁMKY:

- GEOMETRIE DÁNA 3D MODELEM
- NEKÓTOVANÉ VNITŘNÍ RADIUSY R 2,5
- NĚKÓTOVANÉ VNĚJŠÍ RADIUSY R 1
- NEKÓTOVANÉ TL. STĚN 2,5 mm
- UVEDENÁ HMOTNOST PLATÍ PRO DÉLKU 1 m
- *1) DLE KONKRÉTNÍ APLIKACE

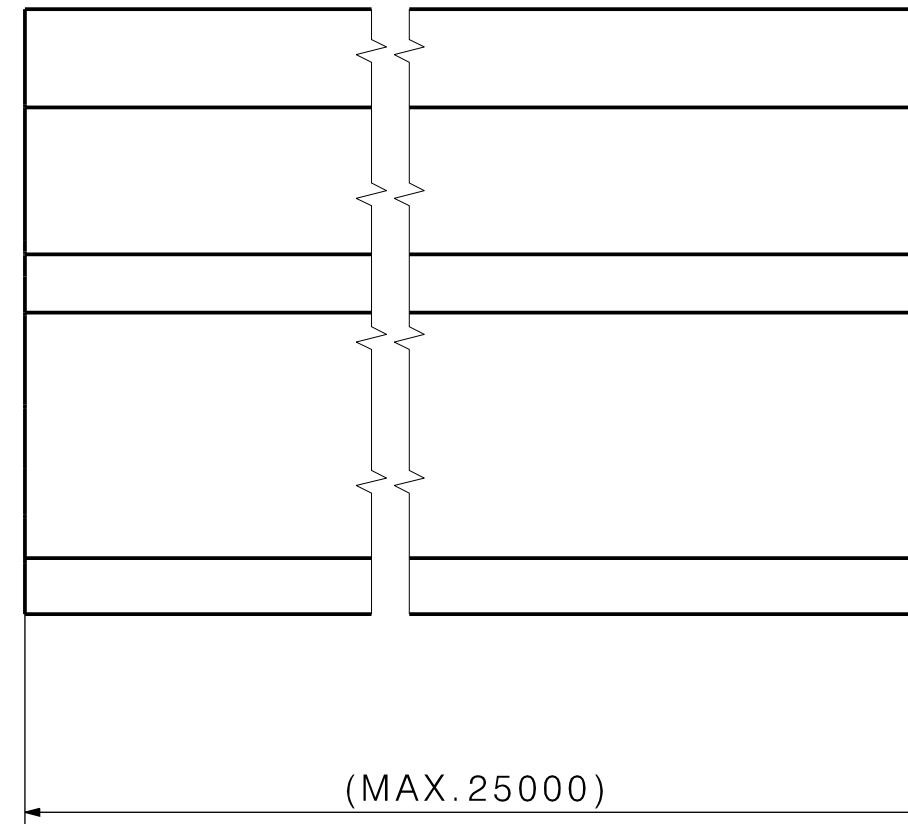
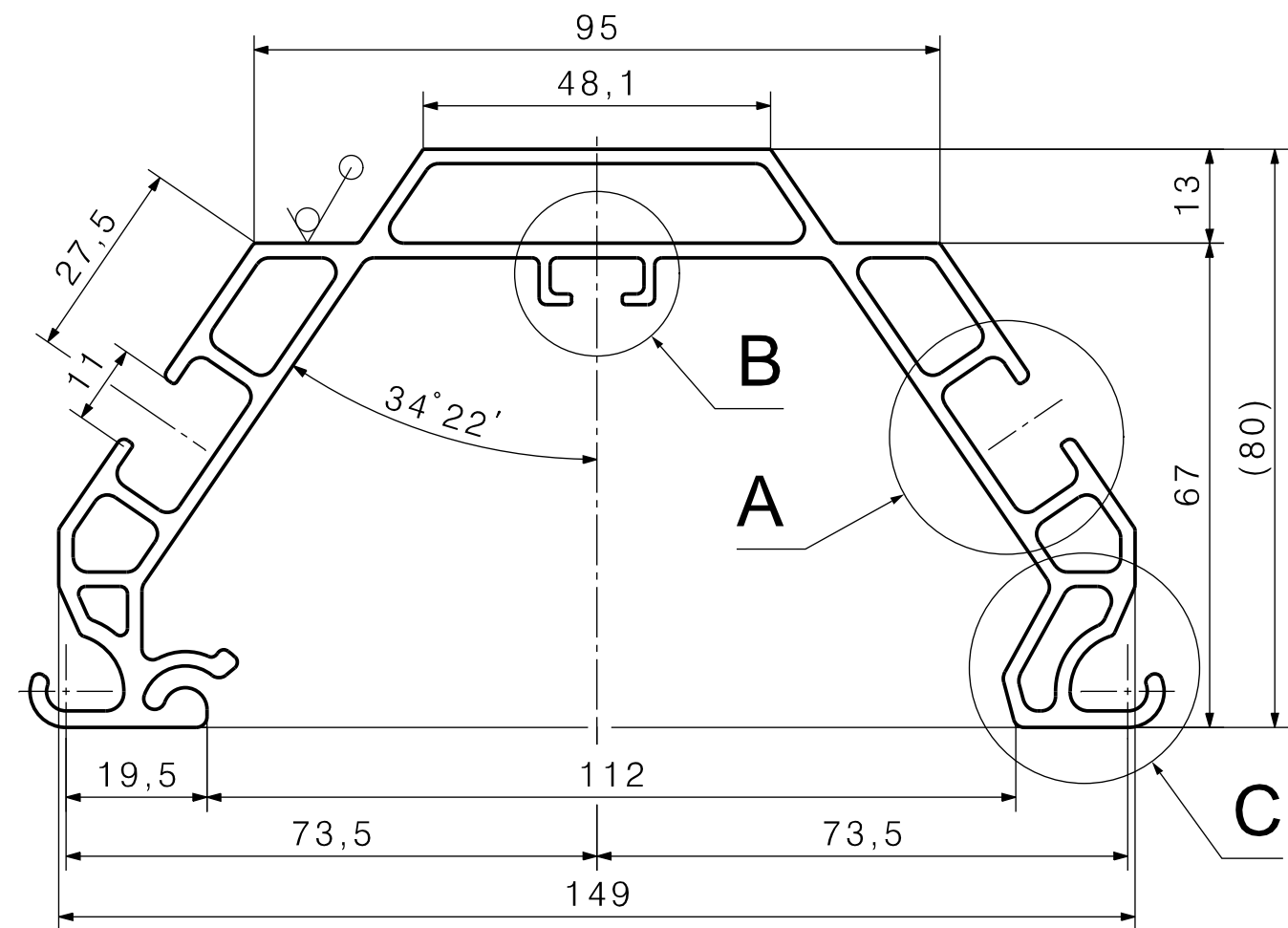
√ Ra 12,5 (✓)

Norma				
Polotovár				
Materiál výchozí			Materiál konečný EN AW-6063-T66	
TDP EN 755-1, EN 573-3, EN 10204-3.1				
	Tolerance		Neoznačené hrany	Drsnost
	ISO 8015	EN ISO 13920 BF	ISO 13715	EN ISO 1302:2002
ISO 2768mK ŠN 01 4240-m				Čistá hm. kg
EN ISO 9013-33				10,236
Vypracoval LANGR		18.5.2020		Schválil
Formát A3_2	Měřítko 1:2	List č. 1	Listů 1	
Název NOSNÍK EXTRUDOVANÝ				
UNIVERZITA PARDUBICE			Číslo výkresu	
Dopravní fakulta Jana Pernera			DP20V00002	
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky				

Příloha č. 3

Výkres DP20V00003 (Nosník extrudovaný)

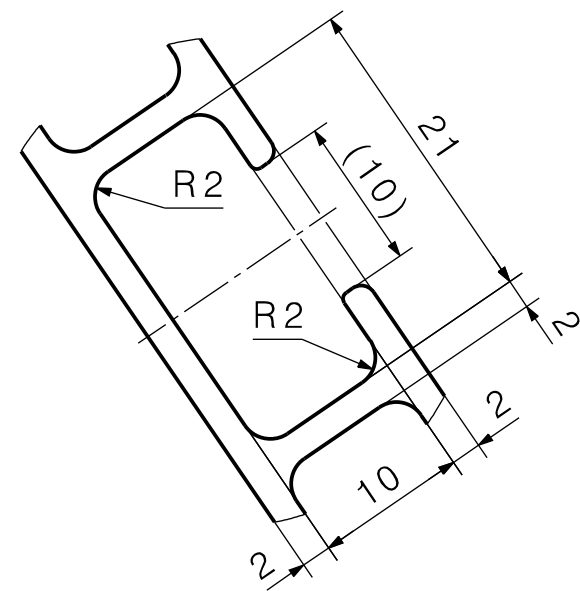
Veškerá práva k tomuto technickému podkladu přísluší ŠKODA TRANSPORTATION a.s. Bez souhlasu této společnosti není dovoleno postoupit jej třetí osobám.
 All rights to this technical document belong exclusively to the company ŠKODA TRANSPORTATION a.s. This technical document may not be copied, duplicated nor otherwise communicated to a third party without permission.



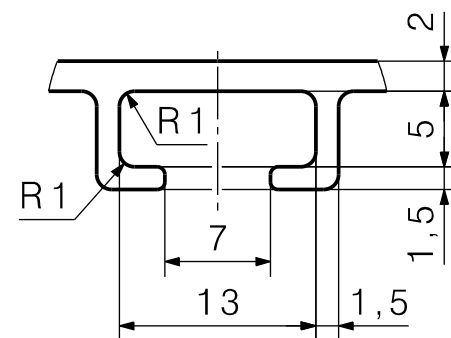
POZNÁMKY:

- GEOMETRIE DÁNA 3D MODELEM
- NEKÓTOVANÉ VNITŘNÍ RADIUSY R 2,5
- NÉKÓTOVANÉ VNĚJŠÍ RADIUSY R 1
- NEKÓTOVANÉ TL. STĚN 2 mm
- UVEDENÁ HMOTNOST PLATÍ PRO DÉLKU 1 m

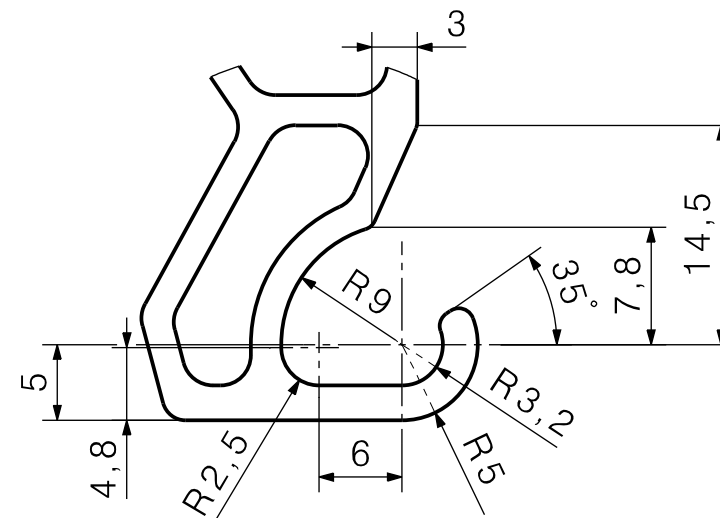
A (2:1)



B (2:1)



C (2:1)



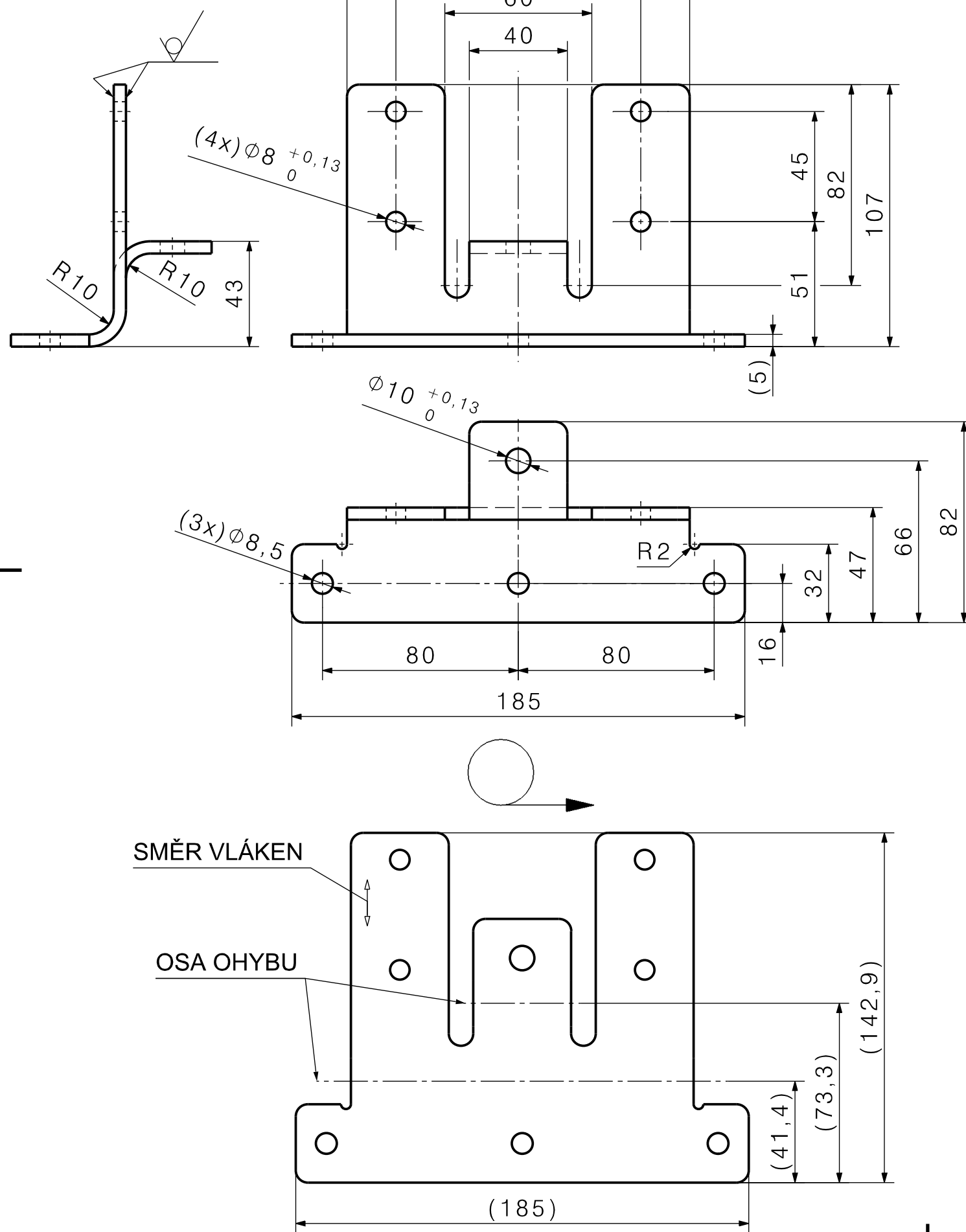
$\sqrt{Ra\ 12,5}$ (✓)

Norma					
Polotovar					
Materiál výchozí			Materiál konečný EN AW-6063-T66		
TDP EN 755-1, EN 573-3, EN 10204-3.1					
	Tolerance		Neoznačené hrany	Drsnost	Čistá hm. kg
	ISO 8015	EN ISO 13920 BF	ISO 13715	EN ISO 1302:2002	3,336
ISO 2768mK ŠN 01 4240-m					
EN ISO 9013-33					
Vypracoval LANGR		18.5.2020		Schválil	
Formát A3_2	Měřítko 1:1	List č. 1	Listů 1		
Název NOSNÍK EXTRUDOVANÝ					
UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Katedra dopravních prostředků a diagnostiky			Číslo výkresu DP20V00003		

Příloha č. 4

Výkres DP20V00004 (Držák-S)

Všechna práva k tomuto technickému podkladu přísluší ŠKODA TRANSPORTATION a.s. Bez souhlasu této společnosti nesmí být podklad kopírován, rozmnožován a není dovoleno postoupit jej třetímu osobám.
 All rights to this technical document belong exclusively to the company ŠKODA TRANSPORTATION a.s. This technical document may not be copied, duplicated nor otherwise communicated to a third party without permission.



POZNÁMKY:
 - NEKÓTOVANÉ RADIUSY R 5

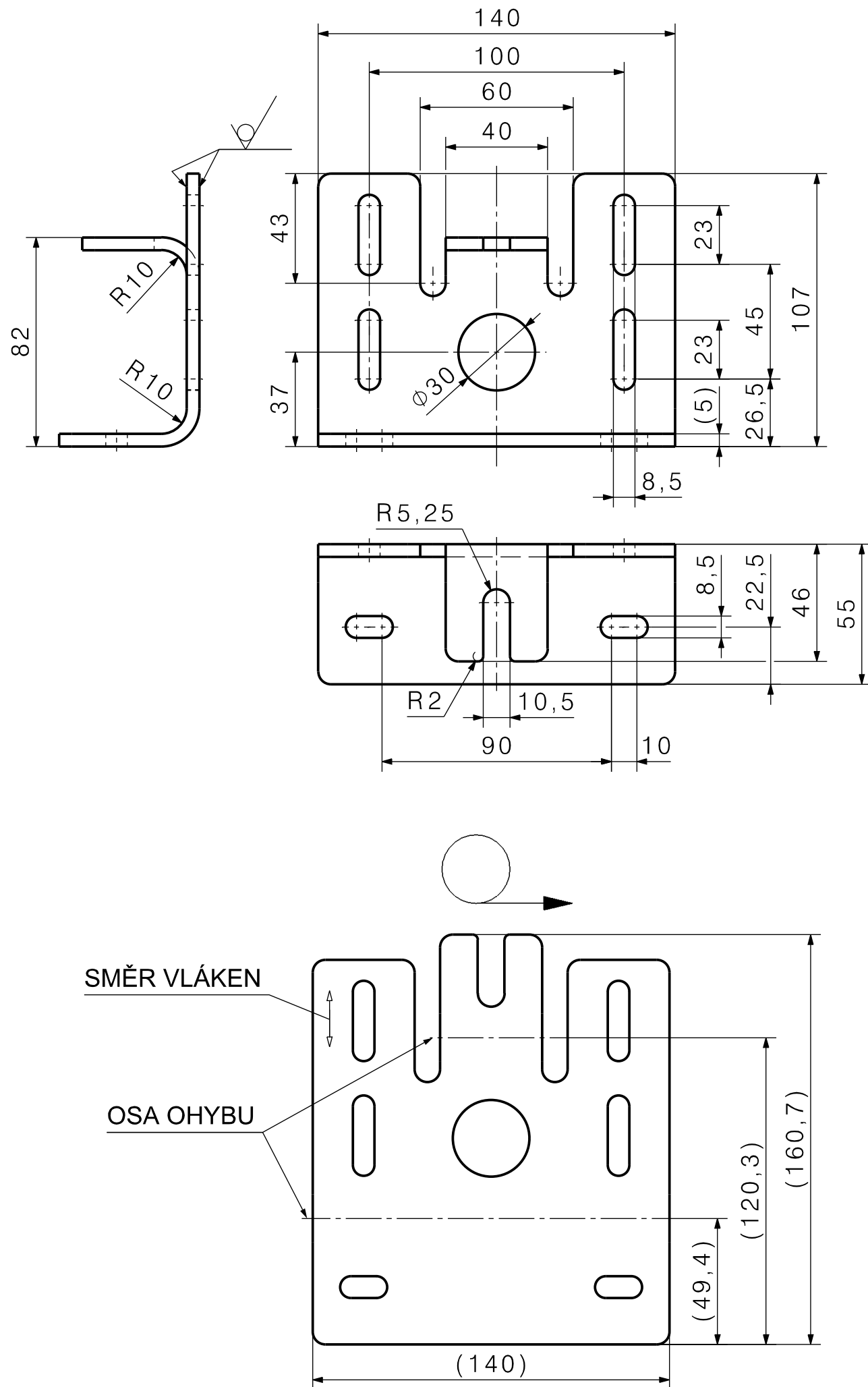
POVRCHOVÁ ÚPRAVA:
 - ELOXOVÁNÍ ISO 7599 TŘÍDA AA10, PŘÍPRAVA POVRCHU E6,
 PLOCHA S=0,042 m²

$\sqrt{Ra\ 12,5}$ (✓)

Norma		EN 485-4			
Polotovar		P 5-185x143			
Materiál výchozí			Materiál konečný		
			EN AW-5083-H111		
TDP					
EN 485-1, EN 573-3, EN 10204-3.1					
	Tolerance		Neoznačené hrany	Drsnost	Čistá hm. kg
	ISO 8015	EN ISO 13920 BF	ISO 13715	EN ISO 1302:2002	
	ISO 2768mK	ŠN 01 4240-m			
	EN ISO 9013-33				
Vypracoval		18.5.2020		Schválil	
LANGR					
Formát	A3	Měřítko	1:2	List č.	1
				Listů	1
Název					
DRŽÁK-S				Číslo výkresu	
UNIVERZITA PARDUBICE				DP20V00004	
Dopravní fakulta Jana Pernera					
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky					

Příloha č. 5

Výkres DP20V00005 (Držák-H)



POZNÁMKY:
 - NEKÓTOVANÉ RADIUSY R 5

POVRCHOVÁ ÚPRAVA:
 - ELOXOVÁNÍ ISO 7599 TŘÍDA AA10, PŘÍPRAVA POVRCHU E6,
 PLOCHA S=0,043 m²

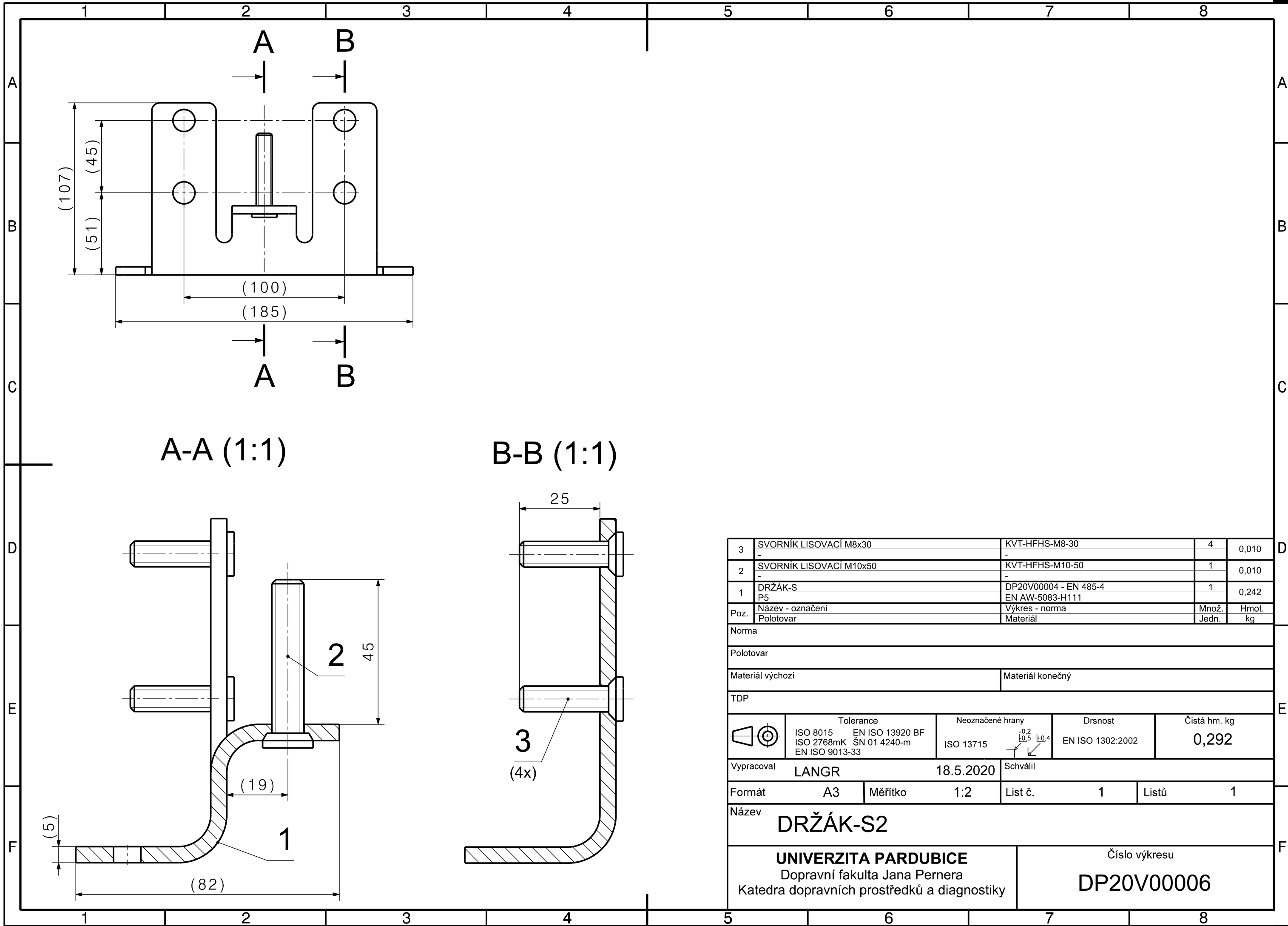
$\sqrt{Ra\ 12,5}$ (✓)

Norma		EN 485-4			
Polotovar		P 5-140x161			
Materiál výchozí			Materiál konečný		
			EN AW-5083-H111		
TDP					
EN 485-1, EN 573-3, EN 10204-3.1					
	Tolerance		Neoznačené hrany 	Drsnost EN ISO 1302:2002	Čistá hm. kg 0,248
	ISO 8015	EN ISO 13920 BF			
	ISO 2768mK	ŠN 01 4240-m	$-0,2$ $\pm 0,5$ $+0,4$		
	EN ISO 9013-33				
Vypracoval		18.5.2020		Schválil	
LANGR					
Formát	A3	Měřítko	1:2	List č.	1
				Listů	1
Název					
DRŽÁK-H				Číslo výkresu	
UNIVERZITA PARDUBICE Dopavní fakulta Jana Pernera Katedra dopravních prostředků a diagnostiky				DP20V00005	

Příloha č. 6

Výkres DP20V00006 (Držák-S2)

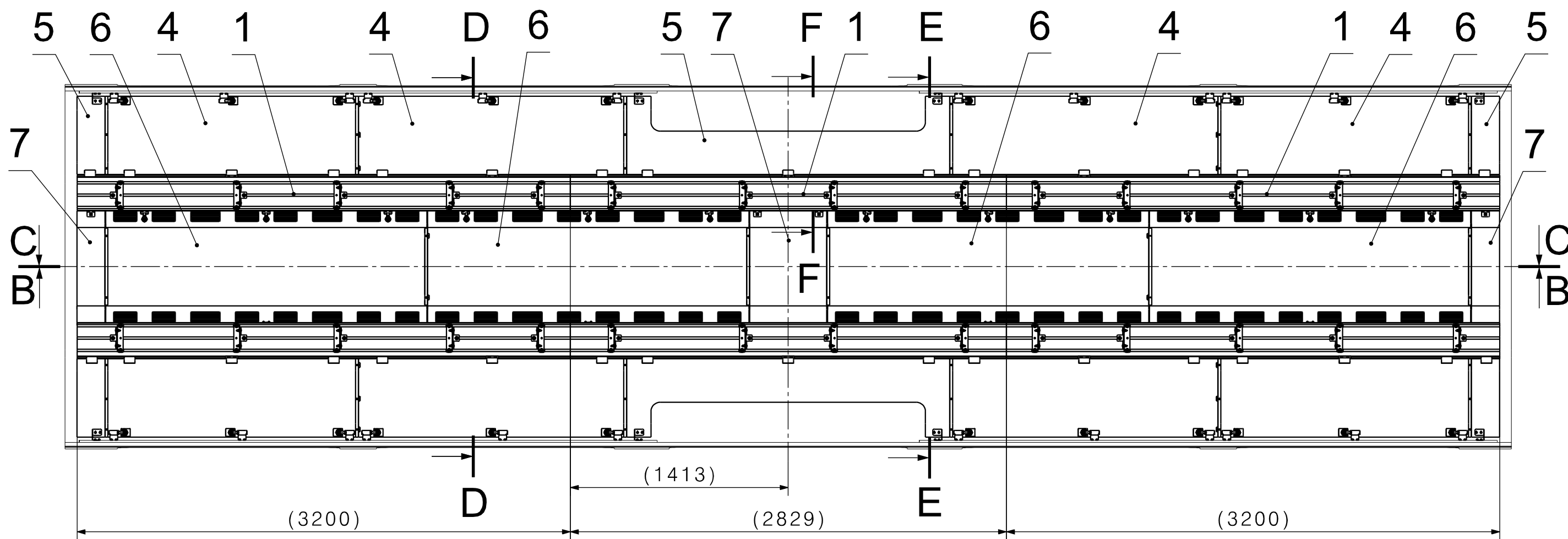
Všechna práva k tomuto technickému podkladu přísluší ŠKODA TRANSPORTATION a.s. Bez souhlasu této společnosti nesmí být podklad kopírován, rozmnožován a není dovoleno postoupit jej třetí osobám.
 All rights to this technical document belong exclusively to the company ŠKODA TRANSPORTATION a.s. This technical document may not be copied, duplicated nor otherwise communicated to a third party without permission.



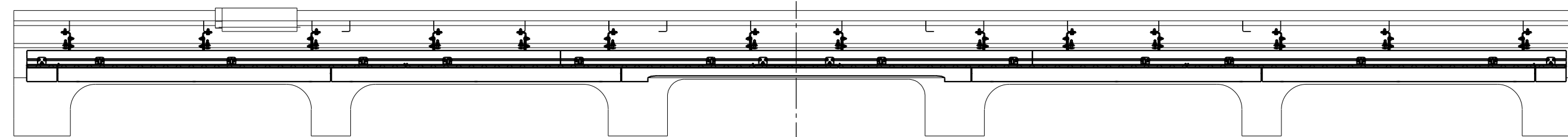
Příloha č. 7

Výkres DP20V00007 (Obložení stropu-návrh č. 1)

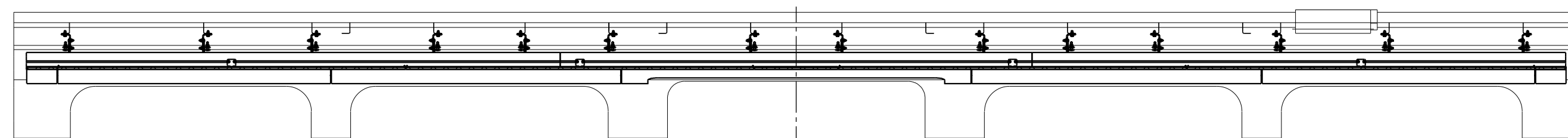
A-A (1:25)



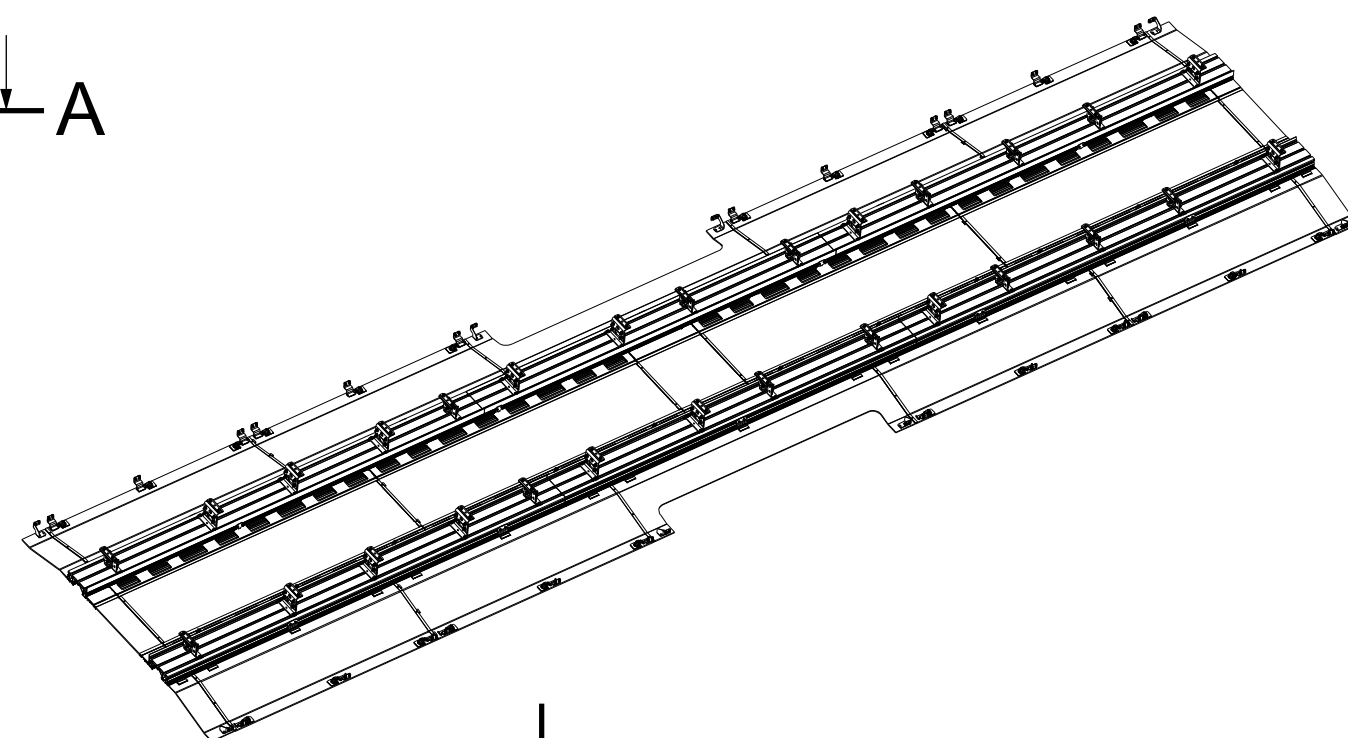
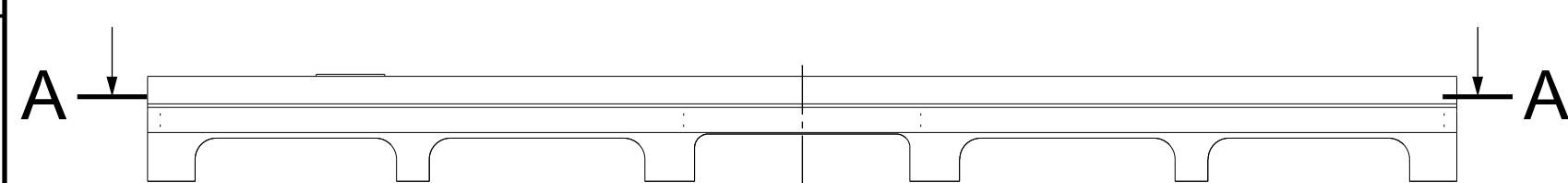
B-B (1:25)



C-C (1:25)



AXONOMETRICKÝ POHLED

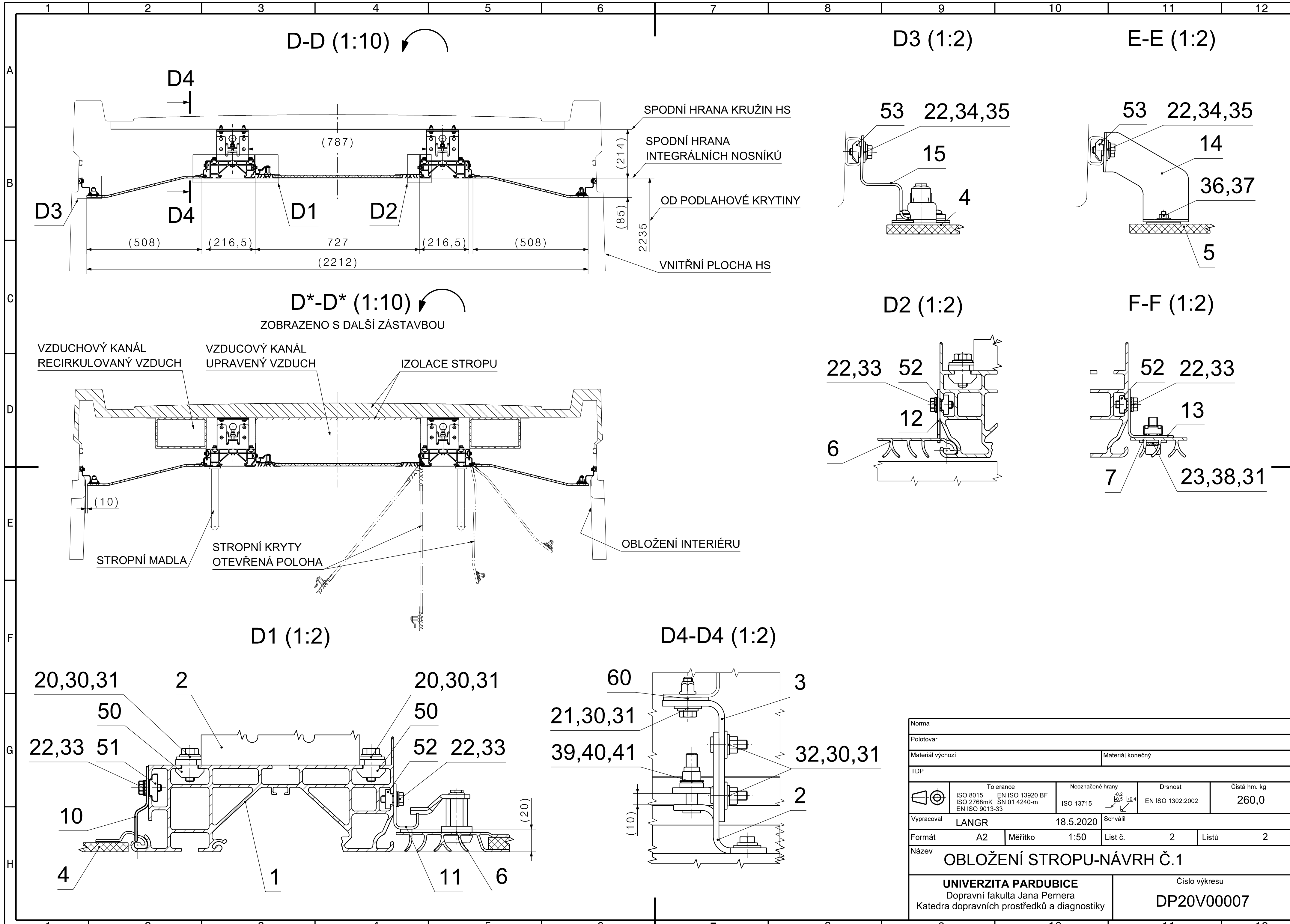


60	PODLOŽKA IZOLAČNÍ P3	POLYAMID	28	-
53	MATICE-T M6	NOSTA 99 23 647 024N	56	0,010
52	MATICE-T M6	NOSTA 99 12 461 072	40	0,010
51	MATICE-T M6	NOSTA 99 23 786 110	20	0,015
50	MATICE-T M8	NOSTA 99 11 440 031	48	0,035
41	SEDLO KUŽELOVÉ	DIN 6319 D12 st	28	0,005
40	PODLOŽKA KULOVÁ	DIN 6319 C10,5 st	28	0,005
39	MATICE M10	DIN 985	28	0,005
38	PODLOŽKA NL8spss	NORD-LOCK	8	0,003
37	PODLOŽKA 4-200 HV-A2	ISO 7093-1	16	0,002
36	MATICE M4-8-A2K	ISO 4032	16	0,002
35	PODLOŽKA 6-200 HV-A2	ISO 7093-1	96	0,003
34	PODLOŽKA 6-A2	DIN 6796	96	0,002
33	PODLOŽKA NL6spss	NORD-LOCK	38	0,002
32	MATICE M8-A2-70	ISO 4032	96	0,005
31	PODLOŽKA 8-200 HV-A2	ISO 7093-1	192	0,006
30	PODLOŽKA 8-A2	DIN 6796	192	0,003
23	ŠROUB M8x25-A2-70	ISO 4762	4	0,010
22	ŠROUB M6x16-A2-70	ISO 4017	124	0,005
21	ŠROUB M8x30-A2-70	ISO 4017	48	0,015
20	ŠROUB M8x25-A2-70	ISO 4017	48	0,010
15	DORAZ P2	- EN ISO 9445-2 1.4301+2B	8	-
14	KONZOLA P2	- EN ISO 9445-2 1.4301+2B	8	-
13	DRŽÁK P2	- EN 485-4 EN AW-5754-H22	4	-
12	ZARÁŽKA P2	- EN 485-4 EN AW-5754-H22	4	-
11	DORAZ P2	- EN 485-4 EN AW-5754-H22	12	-
10	ZARÁŽKA P2	- EN 485-4 EN AW-5754-H22	8	-
7	PANEL PODHLEDU-PEVNÝ	-	3	-
6	PANEL PODHLEDU-VÝKLOPNÝ	-	4	-
5	KRYT NADOKENNI-PEVNÝ	-	6	-
4	KRYT NADOKENNI-VÝKLOPNÝ	-	8	-
3	DRŽÁK-H	DP20V00005	28	0,248
2	DRŽÁK-S2	DP20V00006	28	0,292
1	NOSNÍK EXTRUDOVANÝ	DP20V00001 EN AW-6063-T66	6	-
Poz.	Název - označení	Material	Množ. Jedn.	Hmot. kg
	Polotovary			

Norma		Polotovary		Materiál výchozí		Materiál konečný	
TDP							
	Tolerance		Neoznačené hrany		Drsnost		Cistá hm. kg
	ISO 8015	EN ISO 13920 BF	ISO 13715	EN ISO 1302:2002			260,0
ISO 2768mK		ŠN 01 4240-m					
EN ISO 9013-33							
Vypracoval	LANGR	18.5.2020	Schválil				
Formát	A2	Měřítko	1:50	List č.	1	Listů	2
Název							
OBLOŽENÍ STROPU-NÁVRH Č.1							
UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Katedra dopravních prostředků a diagnostiky				Číslo výkresu DP20V00007			

Veškerá práva k tomuto technickému podkladu přísluší SKODA TRANSPORTATION a.s. Bez souhlasu této společnosti nesmí být podklad kopírován, rozmnožován a není dovoleno postoupit jej třetím osobám.
 All rights to this technical document belong exclusively to the company SKODA TRANSPORTATION a.s. This technical document may not be copied, duplicated nor otherwise communicated to a third party without permission.

Všechna práva k tomuto technickému podkladu přísluší SKODA TRANSPORTATION a.s. Bez souhlasu této společnosti nesmí být podklad kopírován, rozmnožován a není dovoleno postoupit jej třetím osobám.
 All rights to this technical document belong exclusively to the company SKODA TRANSPORTATION a.s. This technical document may not be copied, duplicated nor otherwise communicated to a third party without permission.



Norma				
Polotovár				
Materiál výchozí		Materiál konečný		
TDP				
	Tolerance	Neoznačené hrany	Drsnost	Čistá hm. kg
	ISO 8015 EN ISO 13920 BF ISO 2768mK EN ISO 9013-33	ŠN 01 4240-m	ISO 13715	EN ISO 1302:2002
Vypracoval	LANGR	18.5.2020	Schválil	
Formát	A2	Měřítko	1:50	List č. 2 Listů 2
Název				
OBLOŽENÍ STROPU-NÁVRH Č.1			Číslo výkresu DP20V00007	
UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Katedra dopravních prostředků a diagnostiky				

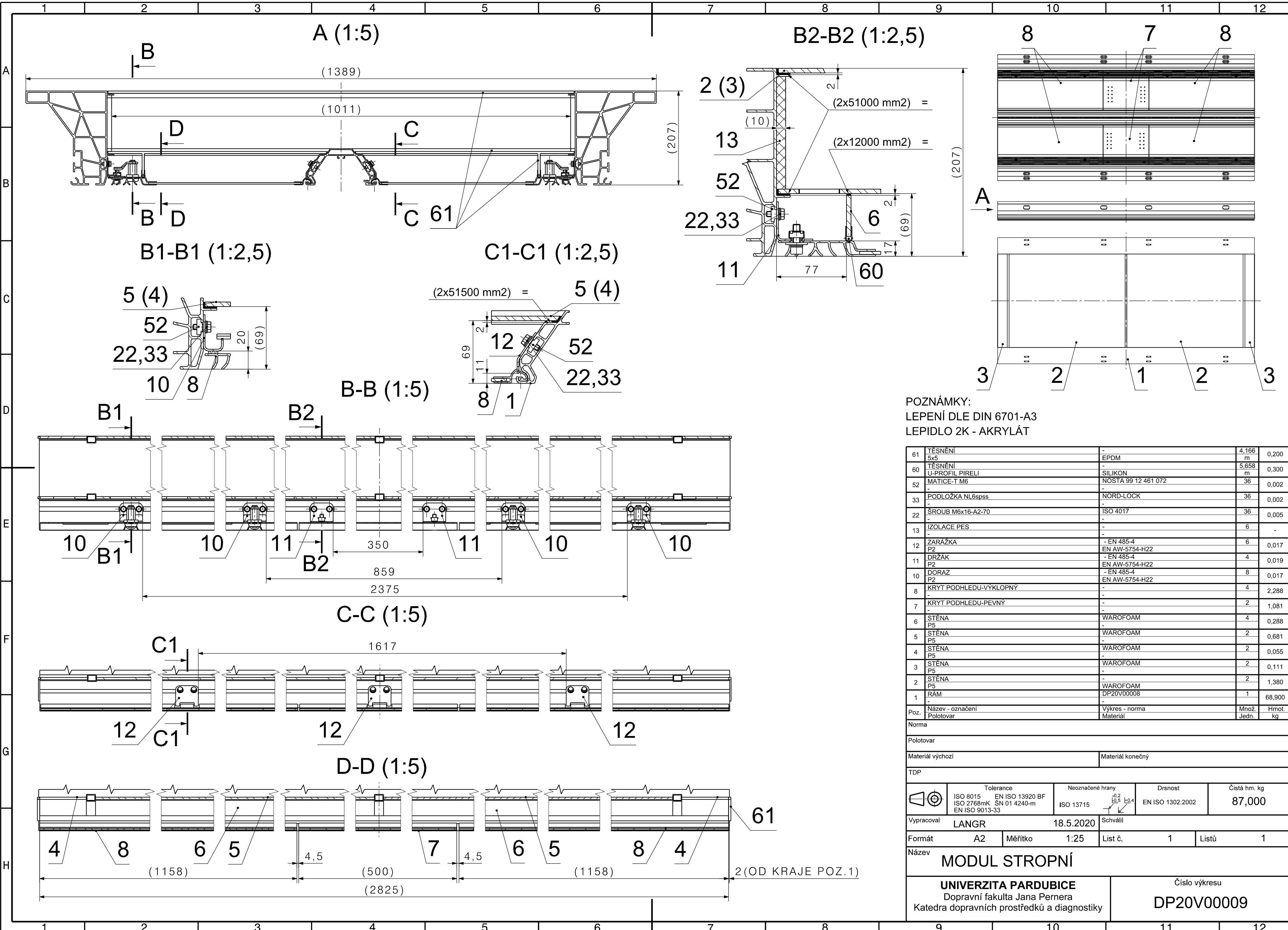
Příloha č. 8

Výkres DP20V00008 (Rám)

Příloha č. 9

Výkres DP20V00009 (Modul stropní)

Veškerá práva k tomuto technickému podkladu přísluší SKODA TRANSPORTATION a.s. Bez souhlasu této společnosti nesmí být podklad kopírován, rozmnožován a není dovoleno postoupit jej třetím osobám.
 All rights to this technical document belong exclusively to the company SKODA TRANSPORTATION a.s. This technical document may not be copied, duplicated nor otherwise communicated to a third party without permission.



POZNÁMKY:
 LEPENÍ DLE DIN 6701-A3
 LEPIDLO 2K - AKRYLÁT

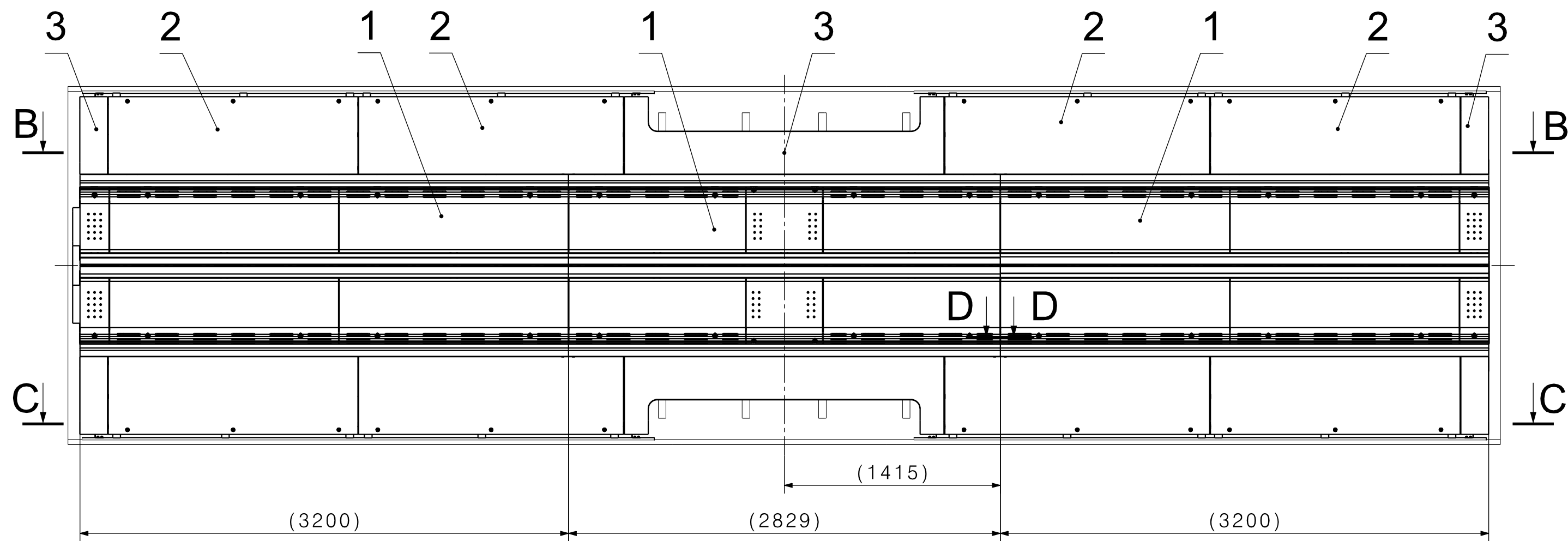
61	TĚSNĚNÍ 5x5	EPDM	4,166 m	0,200
60	TĚSNĚNÍ U-PROFIL PIRELI	SILIKON	5,658 m	0,300
52	MATICE-T M6	NOSTA 99 12 461 072	36	0,002
33	PODLOŽKA NL6spss	NORD-LOCK	36	0,002
22	ŠROUB M6x16-A2-70	ISO 4017	36	0,005
13	IZOLACE PES	-	6	-
12	ZARÁŽKA P2	- EN 485-4 EN AW-5754-H22	6	0,017
11	DRŽÁK P2	- EN 485-4 EN AW-5754-H22	4	0,019
10	DORAZ P2	- EN 485-4 EN AW-5754-H22	8	0,017
8	KRYT PODHLEDU-VÝKLOPNÝ	-	4	2,288
7	KRYT PODHLEDU-PEVNÝ	-	2	1,081
6	STĚNA P5	WAROFOAM	4	0,288
5	STĚNA P5	WAROFOAM	2	0,681
4	STĚNA P5	WAROFOAM	2	0,055
3	STĚNA P5	WAROFOAM	2	0,111
2	STĚNA P5	WAROFOAM	2	1,380
1	RÁM	DP20V00008	1	68,900
Poz.	Název - označení	Výkres - norma	Množ.	Hmot.
	Polotovary	Material	Jedn.	kg

Polotovary		Material konečný	
TDP			
	Tolerance ISO 8015 EN ISO 13920 BF ISO 2768mK ŠN 01 4240-m EN ISO 9013-33	Neoznačené hrany ISO 13715	Čistá hm. kg 87,000
Drsnost EN ISO 1302:2002	Schválil		
Vypracoval LANGR	18.5.2020		
Formát A2	Měřítka 1:25	List č. 1	Listů 1
Název MODUL STROPNÍ			
UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Katedra dopravních prostředků a diagnostiky		Číslo výkresu DP20V00009	

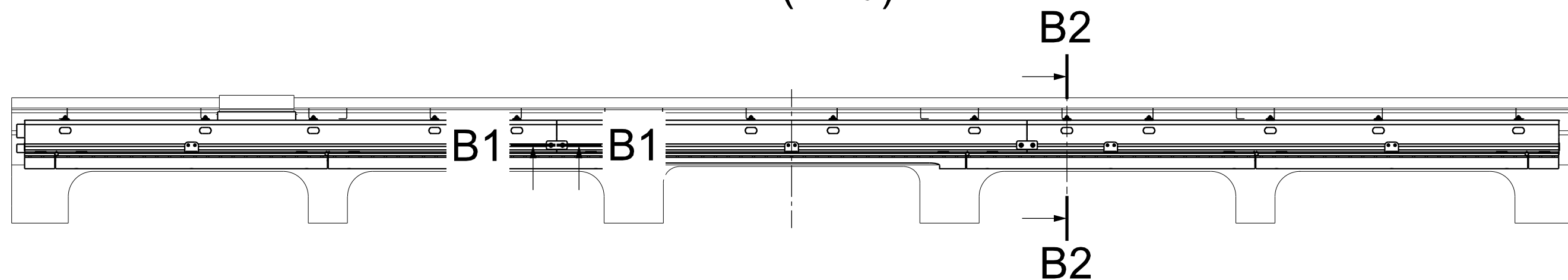
Příloha č. 10

Výkres DP20V00010 (Obložení stropu-návrh č. 2)

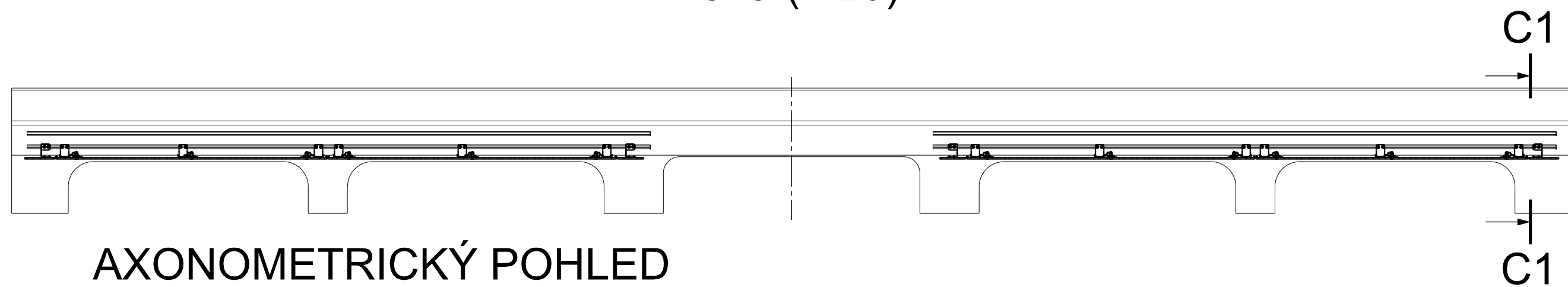
A-A (1:25)



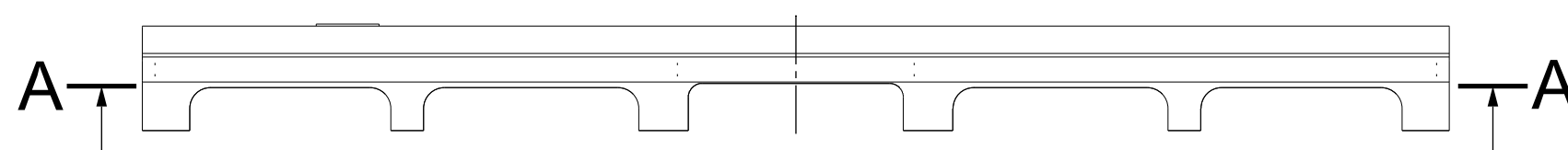
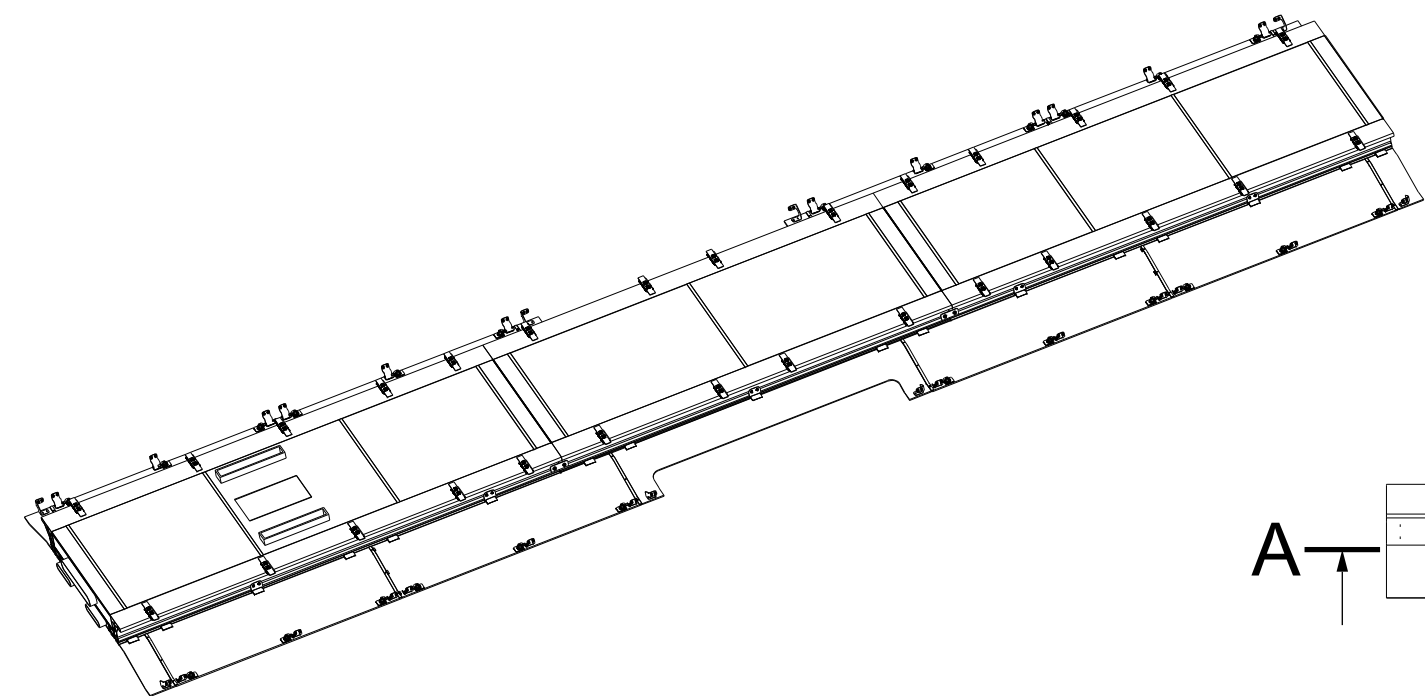
B-B (1:25)



C-C (1:25)



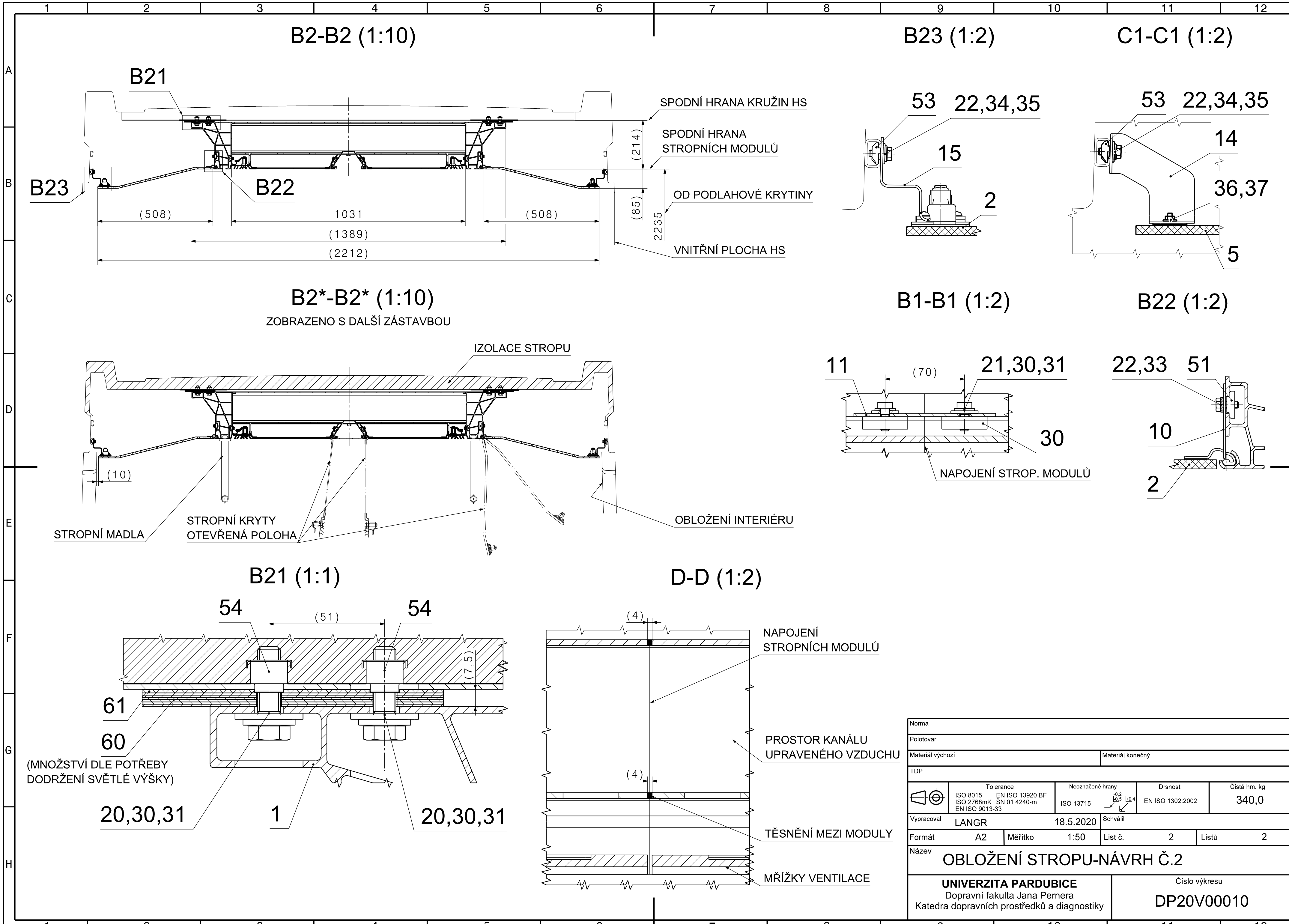
AXONOMETRICKÝ POHLED



61	PODLOŽKA DISTANČNÍ P2	POLYAMID	28	-
60	PODLOŽKA DISTANČNÍ P1	- EN ISO 9445-2 1.4301+2B	168	-
54	MATICE M8	KVT-M8-RR-140-47	56	0,015
53	MATICE-T M6	NOSTA 99 23 647 024N	56	0,010
52	MATICE-T M6	NOSTA 99 12 461 072	40	0,010
51	MATICE-T M6	NOSTA 99 23 786 110	20	0,015
37	PODLOŽKA 4-200 HV-A2	ISO 7093-1	16	0,002
36	MATICE M4-8-A2K	ISO 4032	16	0,002
35	PODLOŽKA 6-200 HV-A2	ISO 7093-1	76	0,003
34	PODLOŽKA 6-A2	DIN 6796	76	0,002
33	PODLOŽKA NL6spss	NORD-LOCK	20	0,002
31	PODLOŽKA 8-200 HV-A2	ISO 7093-1	64	0,006
30	PODLOŽKA 8-A2	DIN 6796	64	0,003
22	ŠROUB M6x16-A2-70	ISO 4017	84	0,005
21	ŠROUB M8x20-A2-70	ISO 4017	8	0,010
20	ŠROUB M8x35-A2-70	ISO 4017	56	0,020
15	DORAZ P2	- EN ISO 9445-2 1.4301+2B	8	-
14	KONZOLA P2	- EN ISO 9445-2 1.4301+2B	8	-
11	SPOJKA P3	- EN 485-4 EN AW-5754-H22	4	-
10	ZARÁŽKA P2	- EN 485-4 EN AW-5754-H22	8	-
3	KRYT NADOKENNÍ-PEVNÝ	-	6	-
2	KRYT NADOKENNÍ-VÝKLOPNÝ	-	8	-
1	MODUL STROPNÍ	DP20V00009	3	-
Poz.	Název - označení Polotovary	Výkres - norma Materiál	Množ. Jedn.	Hmot. kg
Norma				
Polotovary				
Materiál výchozí			Materiál konečný	
TDP				
Tolerance ISO 8015 EN ISO 13920 BF ISO 2768mK ŠN 01 4240-m EN ISO 9013-33		Neoznačené hrany ISO 13715		Čistá hm. kg 340,0
Drsnost EN ISO 1302:2002				
Vypracoval LANGR		18.5.2020		Schválil
Formát A2		Měřítko 1:50		List č. 1
				Listů 2
Název OBLOŽENÍ STROPNÍ-NÁVRH Č.2				
UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Katedra dopravních prostředků a diagnostiky			Číslo výkresu DP20V00010	

Veškerá práva k tomuto technickému podkladu přísluší SKODA TRANSPORTATION a.s. Bez souhlasu této společnosti nesmí být podklad kopírován, rozmnožován a není dovoleno postoupit jej třetí osobám.
 All rights to this technical document belong exclusively to the company SKODA TRANSPORTATION a.s. This technical document may not be copied, duplicated nor otherwise communicated to a third party without permission.

Všechná práva k tomuto technickému podkladu přísluší SKODA TRANSPORTATION a.s. Bez souhlasu této společnosti nesmí být podklad kopírován, rozmnožován a není dovoleno postoupit jej třetím osobám.
 All rights to this technical document belong exclusively to the company SKODA TRANSPORTATION a.s. This technical document may not be copied, duplicated nor otherwise communicated to a third party without permission.

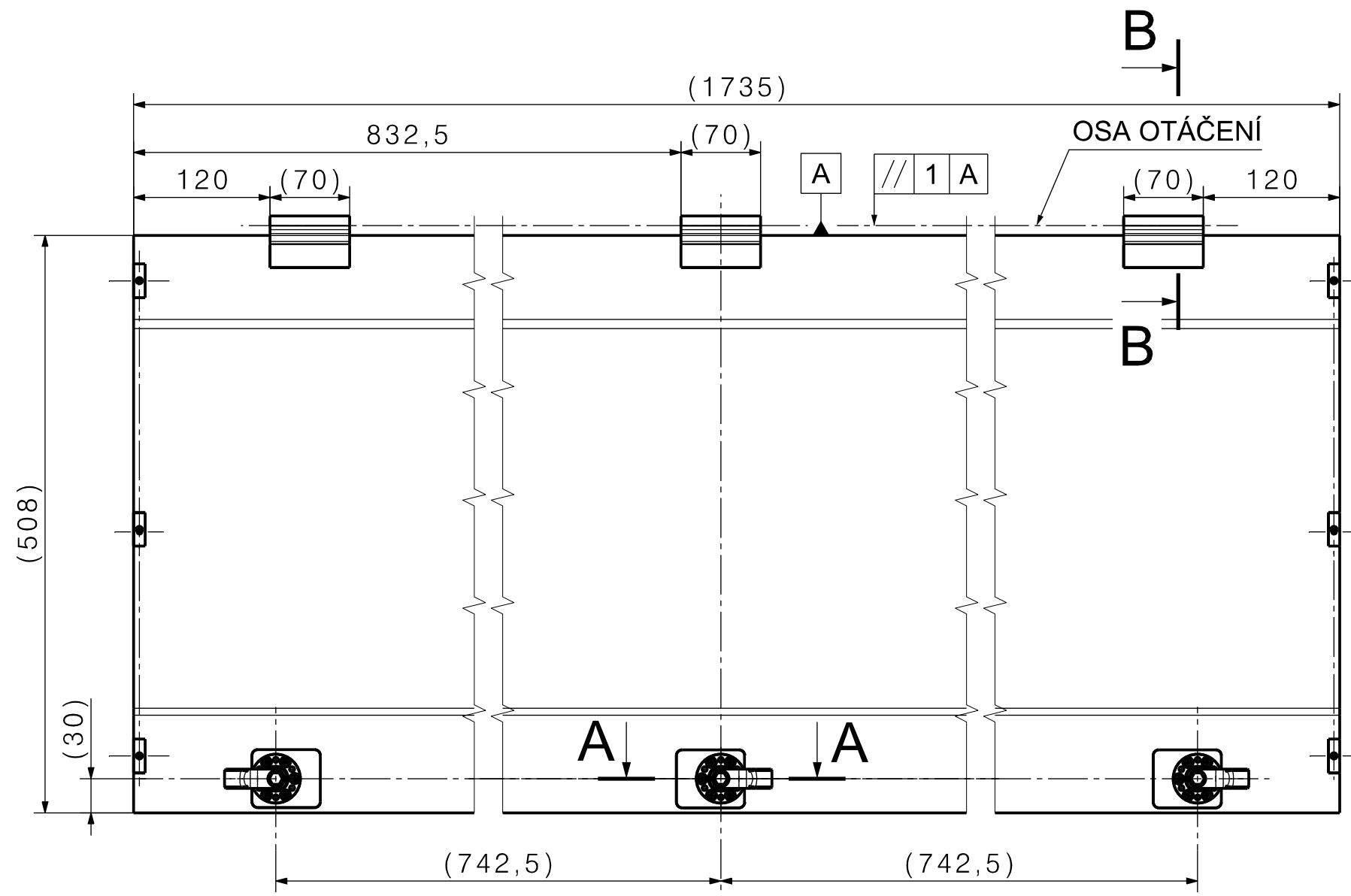


Norma				
Polotovár				
Materiál výchozí			Materiál konečný	
TDP				
	Tolerance	Neoznačené hrany	Drsnost	Čistá hm. kg
	ISO 8015 EN ISO 13920 BF ISO 2768mK EN ISO 9013-33	ŠN 01 4240-m ISO 13715	0.2 0.3 0.4	EN ISO 1302:2002
Vypracoval LANGR		18.5.2020		Schválil
Formát A2	Měřítka 1:50	List č. 2	Listů 2	
Název				
OBLOŽENÍ STROPU-NÁVRH Č.2				
UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní fakulta Jana Pernera Katedra dopravních prostředků a diagnostiky			Číslo výkresu DP20V00010	

Příloha č. 11

Výkres DP20V00011 (Kryt nadokenní)

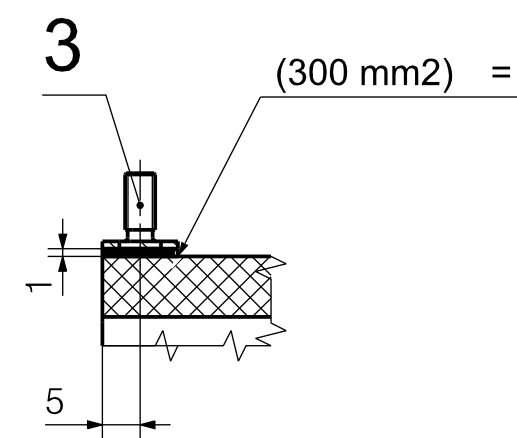
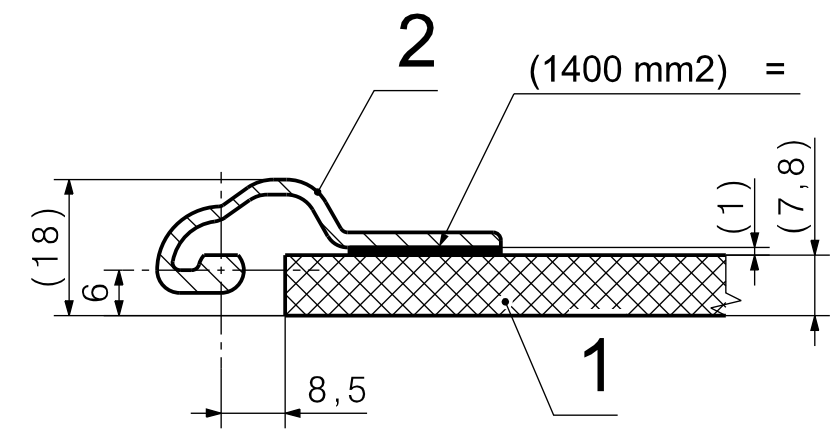
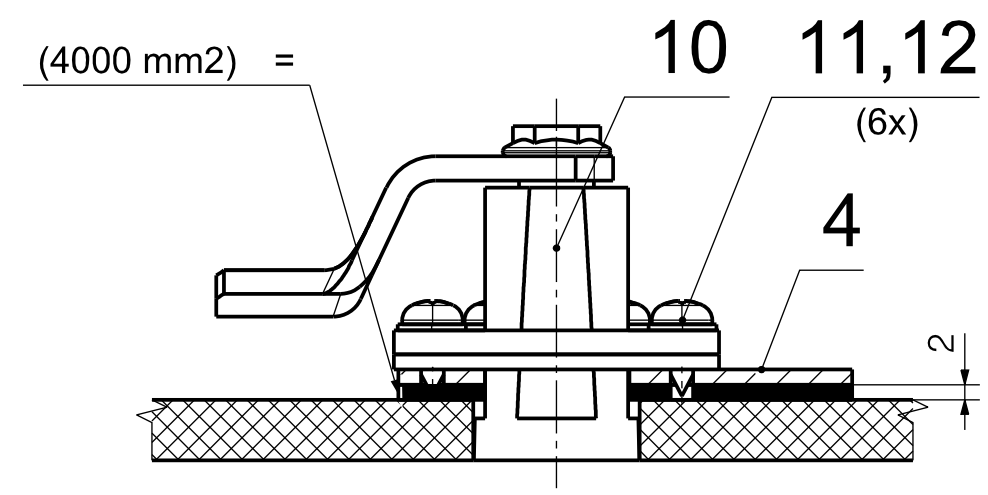
Veškerá práva k tomuto technickému podkladu přísluší ŠKODA TRANSPORTATION a.s. Bez souhlasu této společnosti nesmí být podklad kopírován, rozmnožován a není dovoleno postoupit jej třetí osobám.
 All rights to this technical document belong exclusively to the company ŠKODA TRANSPORTATION a.s. This technical document may not be copied, duplicated nor otherwise communicated to a third party without permission.



A-A (1:1)

B-B (1:1)

C-C (1:1)



POZNÁMKY:
 LEPENÍ DLE DIN 6701-A3
 LEPIDLO 2K - AKRYLÁT

Poz.	Název - označení	Výkres - norma	Množ.	Hmot.	
	Polotovár	Materiál	Jedn.	kg	
12	ŠROUB	ST4,2x13-F-H A3L - ISO 7049	18	0,001	
11	PODLOŽKA	4-200HV-A2K - ISO 7089	18	0,001	
10	ZÁMEK	SOUTHCO E3-1411-001	3	0,100	
3	ŠROUB M4	ROTALOC F1-T38x15	6	0,05	
2	PANT	EN AW-6063-T66	3	0,027	
1	DESKA P7.8	-	1	3,500	
Norma					
Polotovár					
Materiál výchozí		Materiál konečný			
TDP					
		Tolerance ISO 8015 EN ISO 13920 BF ISO 2768mK ŠN 01 4240-m EN ISO 9013-33	Neoznačené hrany ISO 13715	Drsnost EN ISO 1302:2002	Čistá hm. kg 4,073
Vypracoval		LANGR	18.5.2020	Schválil	
Formát		A3_2	Měřítko	1:2	
List č.		1	Listů		
Listů		1			

DRŽÁK NADOKENNÍ

UNIVERZITA PARDUBICE
 Dopravní fakulta Jana Pernera
 Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Číslo výkresu
DP20V00011

Příloha č. 12

Protokol výpočtu šroubového spoje - návrh č. 1



Předejpatý šroubový spoj

i **Výpočet bez chyb.**

ii **Informace o projektu**

?

Kapitola vstupních parametrů

1.0 **Zatížení spoje, základní parametry výpočtu.**

1.1 Jednotky výpočtu

SI Units (N, mm, kW...)

1.2 **Režim zatížení, typ spoje**

1.3 Provedení šroubového spoje

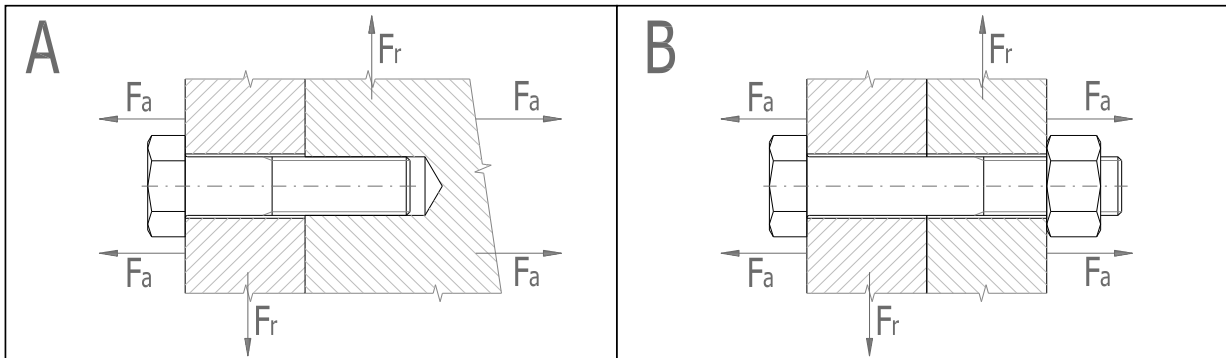
B ... Spojení součástí průchozím šroubem s maticí

1.4 Zatížení šroubového spoje

Kombinované zatížení

1.5 Průběh zatížení

Statické zatížení



1.6 **Zatížení spoje**

1.7 Maximální osová síla

F_{amax} 1873,00 [N]

1.8 Minimální osová síla

F_{amin} 1873,00 [N]

1.9 Maximální radiální síla

F_r 916,00 [N]

2.0 **Provozní a montážní parametry spoje.**

2.1 Požadovaný součinitel těsnosti (předpětí) spoje

q_a 1,000

2.2 Požadovaná bezpečnost proti bočnímu posunutí

q_r 1,000

2.3 Požadované zbytkové předpětí sevřených částí spoje

F_{2min} 6543,00 [N]

2.4 Požadovaná bezpečnost šroubu na mezi kluzu

n_s 1,100

2.5 Součinitel tření v závitech

μ_t 0,140

2.6 Součinitel tření ve stykové ploše hlavy (matice) šroubu

μ_c 0,140

2.7 Součinitel tření mezi spojovanými plochami

μ_q 0,140

2.8 Uvažovat přídatná ohybová napětí

Ne

2.9 Úhlová výchylka kolmosti dosedací plochy hlavy šroubu

δ 0,100 [°]

2.10 Montážní teplota

T_0 20,0 [° C]

2.11 Uvažovat vliv provozní teploty na předpětí spoje

Ne

2.12 Provozní teplota šroubu

T_b 148,9 [° C]

2.13 Provozní teplota spojovaných částí

T_m 148,9 [° C]

2.14 Spoj je zatěžován pouze při provozní teplotě

2.15 Uvažovat snížení montážního předpětí trvalou deformací (sednutím) spoje

Ano

2.16 Trvalá plastická deformace (sednutí) spoje

ΔL 0,00900 [mm]

2.17 **Faktor zavedení provozní síly**

2.18 Faktor zavedení provozní síly

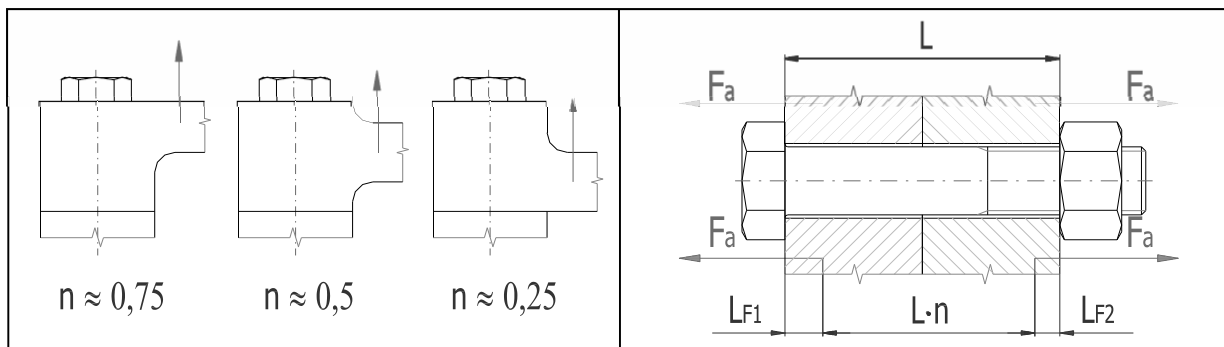
n 0,000

2.19 Vzdálenost působíště provozní síly od hlavy šroubu

L_{F1} 0,000 [mm]

2.20 Vzdálenost působíště provozní síly od matice

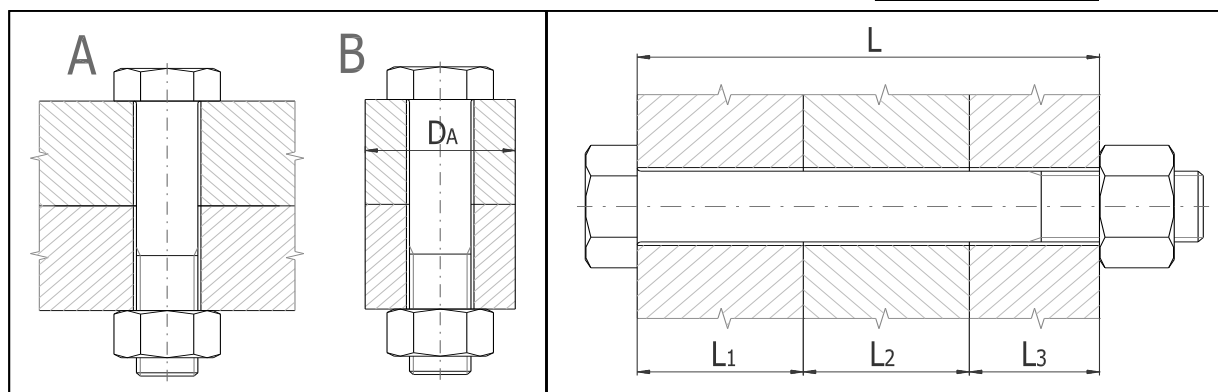
L_{F2} 0,000 [mm]



3.0 Provedení, rozměry a materiál spojovaných částí.

- 3.1 Provedení spojovaných částí
 3.2 Počet sevřených částí
 3.5 Celková výška sevřených částí

A ... Deska
 i 4
 L 12,200 [mm]



3.6	L_1	E	α	p_D	Materiál	EN
Část 1	2,000	200000	16	630	Korozivzdorná ocel X5CrNi18-10 [1.4301]	
Část 2	2,200	200000	16	630	Korozivzdorná ocel X5CrNi18-10 [1.4301]	
Část 3	5,000	7100	23,8	250	Tvářená hliníková slitina EN AW-5083-H111	
Část 4	3,000	6890	23,6	350	Tvářená hliníková slitina EN AW-6063-T66	

4.0 Návrh spojovacího šroubu.

- 4.1 Typ šroubu, materiálová norma Šrouby z korozivzdorných ocelí [EN ISO 3506]

4.2 **Předběžný návrh minimálních průměrů závitu** 1/2

	Ax-50	Ax-70	Ax-80	C1-50	C4-50	C1-70	C4-70	C3-80
MC	M12	M8	M8	M10	M10	M8	M8	M8
MF	M12	M8	M8	M10	M10	M8	M8	M8
UNC	7/16	5/16	5/16	7/16	7/16	3/8	3/8	5/16
UNF	7/16	5/16	5/16	3/8	3/8	5/16	5/16	1/4
UNEF	7/16	5/16	1/4	3/8	3/8	5/16	5/16	1/4

4.3 Materiál šroubu

- 4.4 Pevnostní třída (material) šroubu

Class A2-70

- 4.5 Modul pružnosti v tahu

E 200000 [MPa]

- 4.6 Mez pevnosti v tahu

R_m 700 [MPa]

- 4.7 Mez kluzu

$R_{eR} R_{p0,2}$ 450 [MPa]

- 4.8 Součinitel tepelné roztažnosti

α 16 [$10^{-6}/^{\circ}C$]

- 4.9 Hustota

ρ 7900 [kg/m^3]

4.11 Parametry závitu

- 4.12 Typ závitu

Metrický závit - hrubý

- 4.13 Automatický návrh šroubu

- 4.14 Velikost závitu

M8

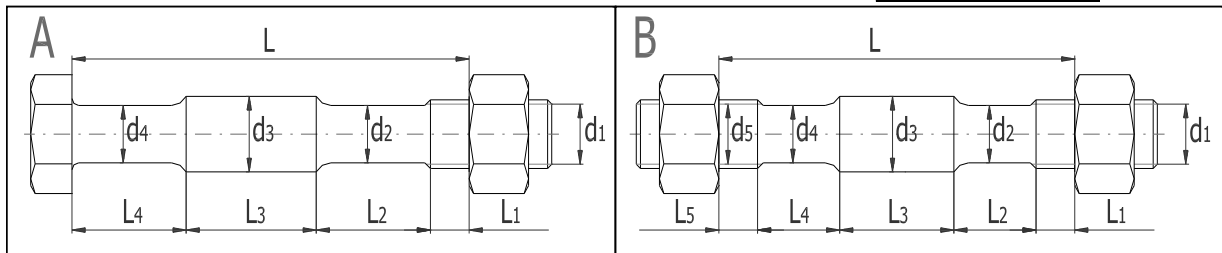
- 4.15 Velký průměr závitu šroubu

d 8,0000 [mm]

- 4.16 Rozteč závitu

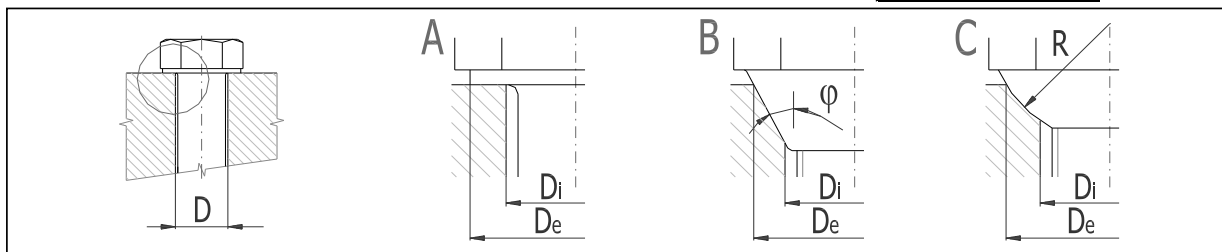
p 1,2500 [mm]

4.17 Malý průměr závitu šroubu	d_r	<input type="text" value="6,4660"/>	[mm]
4.18 Střední průměr závitu šroubu	d_m	<input type="text" value="7,1880"/>	[mm]
4.19 Provedení a geometrie šroubu			
4.20 Typ šroubu	A ... Průchozí šroub s hlavou a maticí ▼		
4.21 Provedení šroubu	Plný šroub ▼		
4.22 Provedení hlavy šroubu	Šestihránná hlava ▼		
4.23 Počet jednotlivých úseků šroubu s rozdílným průřezem	i	<input type="text" value="1"/>	
4.24 Celková výška sevřených částí	L	<input type="text" value="12,2"/>	[mm]



4.25 Úsek šroubu		1	2	3	4	5	6	
4.26 Délka úseku	L_i	<input type="text" value="12,200"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	[mm]
4.27 Průměr úseku	d_i	<input type="text" value="6,827"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	<input type="text" value="0,000"/>	[mm]
4.28 Vnitřní průměr dutého šroubu	d_h	<input type="text" value="0,000"/>						[mm]

4.29 Geometrie spoje		A ... Mezikruhov ^á styková plocha ▼ <input type="checkbox"/>	
4.30 Provedení dosedacích ploch pod hlavou (maticí) šroubu	D	<input type="text" value="8,500"/>	[mm]
4.31 Průměr díry pro spojovací šroub	D_e	<input type="text" value="13,000"/>	[mm]
4.32 Vnější průměr dosedací (stykové) plochy	D_i	<input type="text" value="8,500"/>	[mm]
4.33 Vnitřní průměr dosedací (stykové) plochy			



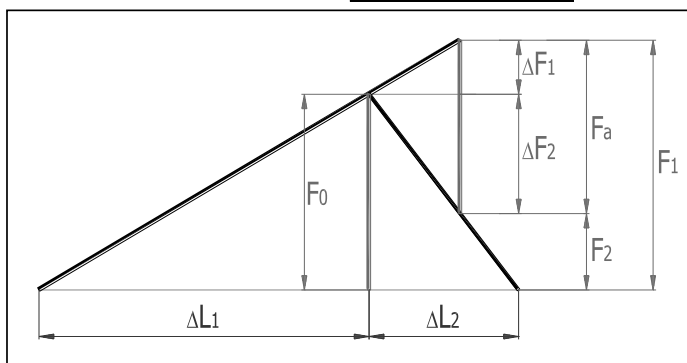
Kapitola výsledků

5.0 Předpětí, silové poměry a pracovní diagram spoje.

5.1 Konstanty tuhosti spoje			
5.2 Tuhost spojovacího šroubu	C_b	<input type="text" value="600094,78"/>	[N/mm]
5.3 Tuhost sevřených částí	C_m	<input type="text" value="197973,8"/>	[N/mm]
5.4 Výsledná tuhost skupiny přitěžovaných částí spoje	C_1	<input type="text" value="148863,2"/>	[N/mm]
5.5 Výsledná tuhost skupiny odlehčovaných částí spoje	C_2	<input type="text" value="-"/>	[N/mm]
5.6 Montážní předpětí šroubového spoje			
5.7 Maximální osová složka provozní síly	F_a	<input type="text" value="1873"/>	[N]
5.8 Maximální radiální složka provozní síly	F_r	<input type="text" value="916"/>	[N]
5.9 Minimální potřebná svěrná síla pro přenos radiální síly	F_{cmin}	<input type="text" value="6542,86"/>	[N]
5.10 Část osov ^é složky provozní síly přitěžující šroub	ΔF_1	<input type="text" value="1408,37"/>	[N]
5.11 Část osov ^é složky provozní síly odlehčující sevřené součásti	ΔF_2	<input type="text" value="464,63"/>	[N]
5.12 Minimální potřebné montážní předpětí spoje	F_{0min}	<input type="text" value="9601"/>	[N]
5.13 Montážní předpětí spoje	F_0	<input type="text" value="10999,56"/>	<input type="checkbox"/> [N]
5.14 Utahovací moment	M	<input type="text" value="16"/>	[Nm]
5.15 Silové poměry zatíženého spoje			
5.16 Změna předpětí ohřátím spoje na provozní teplotu	ΔF_{OT}	<input type="text" value="0,00"/>	[N]

- 5.17 Ztráta předpětí trvalou deformací (sednutím) spoje
- 5.18 Provozní předpětí spoje
- 5.19 Zbytkové předpětí sevřených částí spoje
- 5.20 Výsledná vnitřní osová síla ve šroubu
- 5.21 Součinitel těsnosti (předpětí) spoje
- 5.22 Bezpečnost proti bočnímu posunutí

ΔF_{0L}	-1184,79	[N]
F_0'	11223,14	[N]
F_2	7942,21	[N]
F_1	12407,93	[N]
q_a	4,240	
q_r	1,214	



6.0 Pevnostní kontroly staticky zatíženého šroubového spoje.

6.1 Pevnostní kontrola spoje v provozním stavu

6.2 Vnitřní osová síla ve šroubu	F_1	12407,93	[N]
6.3 Tahové napětí v jádře šroubu od osově síly	σ	338,96	[MPa]
6.4 Napětí v krutu v jádře šroubu od utahovacího momentu	τ	123,61	[MPa]
6.5 Přídavné ohybové napětí	σ_b	0,00	[MPa]
6.6 Výsledné redukované napětí v jádře šroubu	σ_{red}	400,92	[MPa]
6.7 Mez kluzu materiálu šroubu	R_e	450	[MPa]
6.8 Bezpečnost na mezi kluzu	n	1,12	

6.9 Pevnostní kontrola spoje v montážním stavu

6.10 Montážní předpětí spoje	F_0	10999,56	[N]
6.11 Tahové napětí v jádře šroubu od montážního předpětí	σ	300,48	[MPa]
6.12 Výsledné redukované napětí v jádře šroubu	σ_{red}	368,96	[MPa]
6.13 Dovolené napětí (90% R_e)	σ_D	405	[MPa]

6.14 Kontrola tlaku v dosedací ploše hlavy šroubu

6.15 Tlak v dosedací ploše hlavy (matice) šroubu	p	129,17	[MPa]
6.16 Dovolný tlak v krajní sevřené části	p_D	350	[MPa]

Příloha č. 13

Protokol výpočtu šroubového spoje - návrh č. 2



Předejatý šroubový spoj

i **Výpočet bez chyb.**

ii **Informace o projektu**

?

Kapitola vstupních parametrů

1.0 **Zatížení spoje, základní parametry výpočtu.**

1.1 Jednotky výpočtu

SI Units (N, mm, kW...)

1.2 **Režim zatížení, typ spoje**

1.3 Provedení šroubového spoje

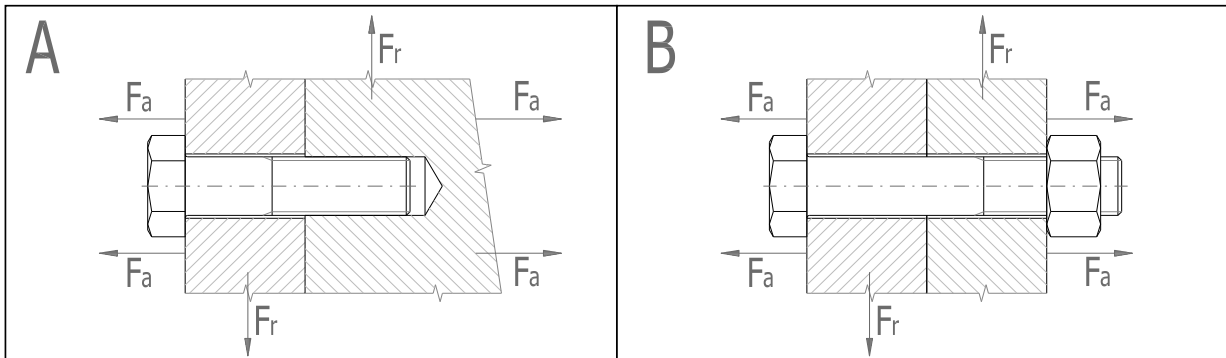
B ... Spojení součástí průchozím šroubem s maticí

1.4 Zatížení šroubového spoje

Kombinované zatížení

1.5 Průběh zatížení

Statické zatížení



1.6 **Zatížení spoje**

1.7 Maximální osová síla

F_{amax} 1407,00 [N]

1.8 Minimální osová síla

F_{amin} 1407,00 [N]

1.9 Maximální radiální síla

F_r 574,00 [N]

2.0 **Provozní a montážní parametry spoje.**

2.1 Požadovaný součinitel těsnosti (předpětí) spoje

q_a 1,000

2.2 Požadovaná bezpečnost proti bočnímu posunutí

q_r 1,000

2.3 Požadované zbytkové předpětí sevřených částí spoje

F_{2min} 4100,00 [N]

2.4 Požadovaná bezpečnost šroubu na mezi kluzu

n_s 1,100

2.5 Součinitel tření v závitech

μ_t 0,140

2.6 Součinitel tření ve stykové ploše hlavy (matice) šroubu

μ_c 0,140

2.7 Součinitel tření mezi spojovanými plochami

μ_q 0,140

2.8 Uvažovat přídatná ohybová napětí

Ne

2.9 Úhlová výchylka kolmosti dosedací plochy hlavy šroubu

δ 0,100 [°]

2.10 Montážní teplota

T_0 20,0 [° C]

2.11 Uvažovat vliv provozní teploty na předpětí spoje

Ne

2.12 Provozní teplota šroubu

T_b 148,9 [° C]

2.13 Provozní teplota spojovaných částí

T_m 148,9 [° C]

2.14 Spoj je zatěžován pouze při provozní teplotě

2.15 Uvažovat snížení montážního předpětí trvalou deformací (sednutím) spoje

Ano

2.16 Trvalá plastická deformace (sednutí) spoje

ΔL 0,00900 [mm]

2.17 **Faktor zavedení provozní síly**

2.18 Faktor zavedení provozní síly

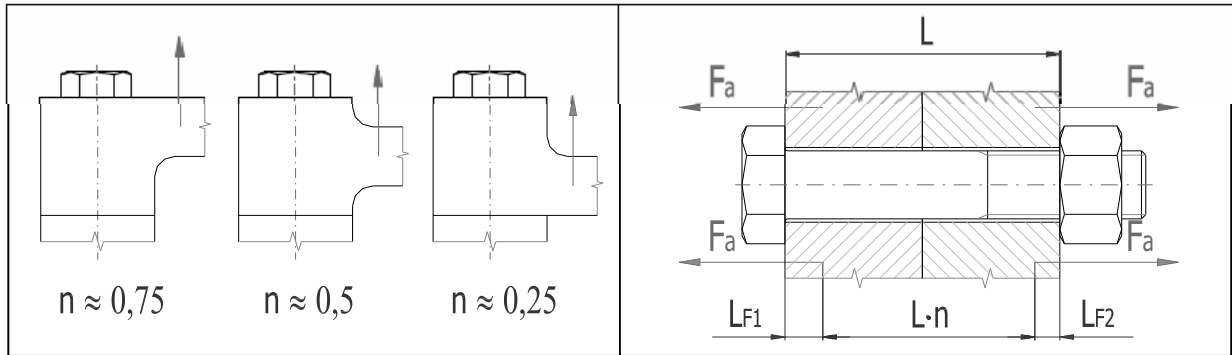
n 0,000

2.19 Vzdálenost působíště provozní síly od hlavy šroubu

L_{F1} 0,000 [mm]

2.20 Vzdálenost působíště provozní síly od matice

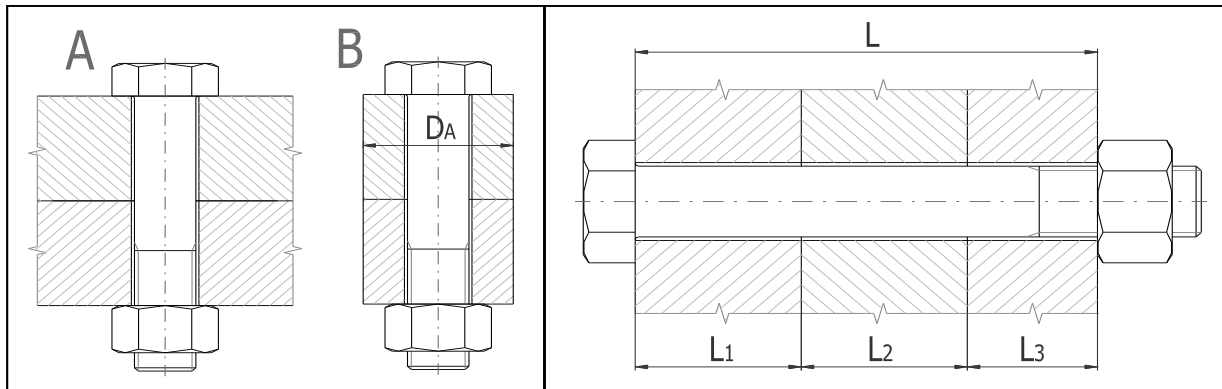
L_{F2} 0,000 [mm]



3.0 Provedení, rozměry a materiál spojovaných částí.

- 3.1 Provedení spojovaných částí
- 3.2 Počet sevřených částí
- 3.5 Celková výška sevřených částí

A ... Deska
 i 6
 L 17,200 [mm]



Část 1	2,000	200000	16	630	Korozivzdorná ocel X5CrNi18-10 [1.4301]
Část 2	2,200	200000	16	630	Korozivzdorná ocel X5CrNi18-10 [1.4301]
Část 3	3,000	6890	23,6	350	Tvářená hliníková slitina EN AW-6063-T66
Část 4	6,000	200000	16	630	Korozivzdorná ocel X5CrNi18-10 [1.4301]
Část 5	1,500	3500	11,1	250	Polyamid PA66
Část 6	2,500	207000	11,1	490	Konstrukční ocel S235JR [1.0038]

4.0 Návrh spojovacího šroubu.

4.1 Typ šroubu, materiálová norma Šrouby z korozivzdorných ocelí [EN ISO 3506]

4.2 **Předběžný návrh minimálních průměrů závitu**

1/2

	Ax-50	Ax-70	Ax-80	C1-50	C4-50	C1-70	C4-70	C3-80
MC	M10	M8	M6	M10	M10	M8	M8	M6
MF	M10	M8	M8	M8	M8	M8	M8	M8
UNC	3/8	5/16	1/4	3/8	3/8	5/16	5/16	12 (0.216)
UNF	3/8	1/4	12 (0.216)	5/16	5/16	1/4	1/4	12 (0.216)
UNEF	3/8	1/4	12 (0.216)	5/16	5/16	1/4	1/4	12 (0.216)

4.3 **Materiál šroubu**

4.4 Pevnostní třída (materiál) šroubu

Class A2-70

4.5 Modul pružnosti v tahu

E 200000 [MPa]

4.6 Mez pevnosti v tahu

R_m 700 [MPa]

4.7 Mez kluzu

R_e, R_{p0,2} 450 [MPa]

4.8 Součinitel tepelné roztažnosti

α 16 [10⁻⁶/°C]

4.9 Hustota

ρ 7900 [kg/m³]

4.11 **Parametry závitu**

4.12 Typ závitu

Metrický závit - hrubý

4.13 Automatický návrh šroubu

4.14 Velikost závitu

M8

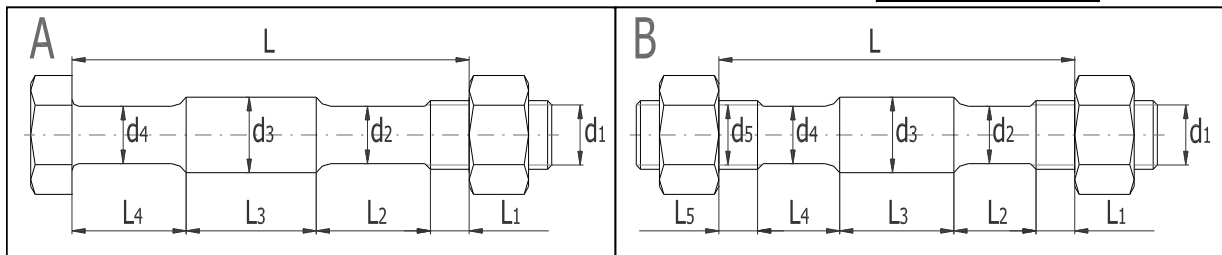
4.15 Velký průměr závitu šroubu

d 8,000 [mm]

4.16 Rozteč závitu	p	1,2500	[mm]
4.17 Malý průměr závitu šroubu	d_r	6,4660	[mm]
4.18 Střední průměr závitu šroubu	d_m	7,1880	[mm]

4.19 Provedení a geometrie šroubu

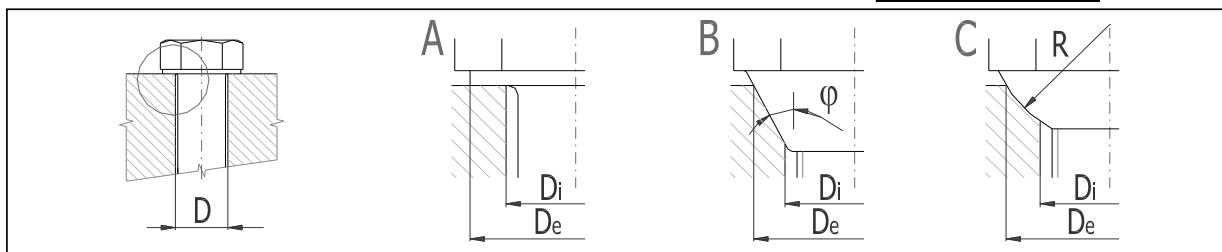
4.20 Typ šroubu	A ... Průchozí šroub s hlavou a maticí ▼		
4.21 Provedení šroubu	Plný šroub ▼		
4.22 Provedení hlavy šroubu	Šestihránná hlava ▼		
4.23 Počet jednotlivých úseků šroubu s rozdílným průřezem	i	1	
4.24 Celková výška sevřených částí	L	17,2	[mm]



4.25 Úsek šroubu		1	2	3	4	5	6	
4.26 Délka úseku	L_i	15,200	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	[mm]
4.27 Průměr úseku	d_i	6,827	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	[mm]
4.28 Vnitřní průměr dutého šroubu	d_h	0,000						[mm]

4.29 Geometrie spoje

4.30 Provedení dosedacích ploch pod hlavou (maticí) šroubu	A ... Mezikruhová styková plocha ▼ <input type="checkbox"/>		
4.31 Průměr díry pro spojovací šroub	D	8,500	[mm]
4.32 Vnější průměr dosedací (stykové) plochy	D_e	13,000	[mm]
4.33 Vnitřní průměr dosedací (stykové) plochy	D_i	8,500	[mm]



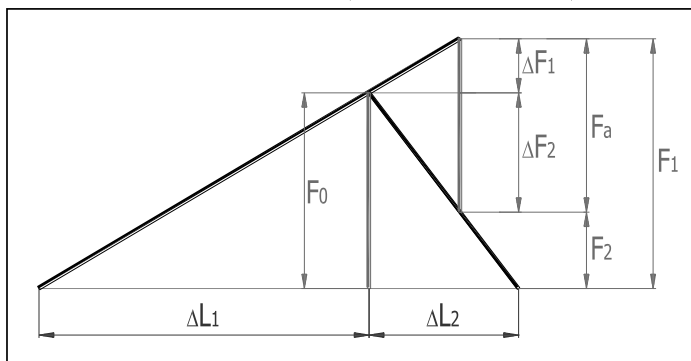
Kapitola výsledků

5.0 Předpětí, silové poměry a pracovní diagram spoje.

5.1 Konstanty tuhosti spoje			
5.2 Tuhost spojovacího šroubu	C_b	425648,63	[N/mm]
5.3 Tuhost sevřených částí	C_m	247854,00	[N/mm]
5.4 Výsledná tuhost skupiny přitěžovaných částí spoje	C_1	156641,90	[N/mm]
5.5 Výsledná tuhost skupiny odlehčovaných částí spoje	C_2	-	[N/mm]
5.6 Montážní předpětí šroubového spoje			
5.7 Maximální osová složka provozní síly	F_a	1407	[N]
5.8 Maximální radiální složka provozní síly	F_r	574	[N]
5.9 Minimální potřebná svěrná síla pro přenos radiální síly	F_{cmin}	4100	[N]
5.10 Část osově složky provozní síly přitěžující šroub	ΔF_1	889,21	[N]
5.11 Část osově složky provozní síly odlehčující sevřené součásti	ΔF_2	517,79	[N]
5.12 Minimální potřebné montážní předpětí spoje	F_{0min}	6952	[N]
5.13 Montážní předpětí spoje	F_0	10999,56	<input type="checkbox"/> [N]
5.14 Utahovací moment	M	16	[Nm]
5.15 Silové poměry zatíženého spoje			

- 5.16 Změna předpětí ohřátím spoje na provozní teplotu
 5.17 Ztráta předpětí trvalou deformací (sednutím) spoje
 5.18 Provozní předpětí spoje
 5.19 Zbytkové předpětí sevřených částí spoje
 5.20 Výsledná vnitřní osová síla ve šroubu
 5.21 Součinitel těsnosti (předpětí) spoje
 5.22 Bezpečnost proti bočnímu posunutí

ΔF_{0T}	0,00	[N]
ΔF_{0L}	-1444,11	[N]
F_0'	10444,66	[N]
F_2	8148,89	[N]
F_1	11888,77	[N]
q_a	5,792	
q_r	1,988	



6.0 Pevnostní kontroly staticky zatíženého šroubového spoje.

6.1 Pevnostní kontrola spoje v provozním stavu

6.2 Vnitřní osová síla ve šroubu	F_1	11888,77	[N]
6.3 Tahové napětí v jádře šroubu od osově síly	σ	324,78	[MPa]
6.4 Napětí v krutu v jádře šroubu od utahovacího momentu	τ	123,61	[MPa]
6.5 Přídavné ohybové napětí	σ_b	0,00	[MPa]
6.6 Výsledné redukované napětí v jádře šroubu	σ_{red}	388,99	[MPa]
6.7 Mez kluzu materiálu šroubu	R_e	450	[MPa]
6.8 Bezpečnost na mezi kluzu	n	1,15	

6.9 Pevnostní kontrola spoje v montážním stavu

6.10 Montážní předpětí spoje	F_0	10999,56	[N]
6.11 Tahové napětí v jádře šroubu od montážního předpětí	σ	300,49	[MPa]
6.12 Výsledné redukované napětí v jádře šroubu	σ_{red}	368,96	[MPa]
6.13 Dovolené napětí (90% R_e)	σ_D	405	[MPa]
6.14 Kontrola tlaku v dosedací ploše hlavy šroubu			
6.15 Tlak v dosedací ploše hlavy (matice) šroubu	p	125,76	[MPa]
6.16 Dovolný tlak v krajní sevřené části	p_D	490	[MPa]

Příloha č. 13

Protokol výpočtu šroubového spoje - návrh č. 2



WARO®foam Classic Train *the light structural and carrier panel*

Product description

WARO®foam is a fire resistant and light construction panel.

Composition

Depending on the thickness WARO®foam consists of several layer of glass fiber reinforced phenolic resin foam.

Quality

In the standard quality the surfaces are produced so that they are coatable and glueable. Alternatively, aluminum concealment or an HPL coating layer can be applied. A part from raw panel material it is also possible to fabricate project related 3-D mouldings.

Processing

The formatting and processing can be done on normal wood processing machines with a suitable ventilation and suction. The construction panel can be glued with different coating materials (e.g. aluminum, steel, laminated panels etc.) or can be furnished with a coat of paint. Further information on request.

Areas of application / References

WARO®foam is primarily used for the interior design in the railcar and ship building sector for the self-supporting and isolated air duct construction, as well as lightweight construction walls and ceilings.

Stock and transport regulations

Our extended information is applicable, which you can find in a separate document called „Regulations for storage and internal transports“.

Remarks

Before the use of this product the specific properties of the project and conditions of application are to be checked by the client itself. The test values listed here are determined by fixed specifications and are to be understood as a guideline, but not as an assurance. The customer is fully responsible for the suitability and the properties of our product under the conditions of usage chosen by the customer.

Technical data	
Material	Phenolic resin, reinforced with glass fiber
Density [kg/m ³]	approx. 210 <i>others on request</i>
Thickness [mm]	2,6/3/4/5/6/8/10/12/15
Thickness tolerance, max. [mm]	+/- 0.3
Length, max. [mm]	2640
Width, max. [mm]	1220
Surface quality	Uncoated
Surface weight [Kg/m ²] on 10 mm	approx. 2.0
Flexural module [N/mm ²]	900
Tensile strength [N/mm ²]	1
Thermal conductivity λ [W/mK] <i>with 210 Kg/m³</i>	0.042
Fire class DIN 5510-2 EN 45545-2	Flame Retardant S4, ST2, SR2, FED = < 1.0 HL2 (R1)

Příloha č. 15

Technický list (Sorberpoly 2D AGC - Pyrotek)

SORBERPOLY™ 2D AGC

polyester sound absorber with aluminium foil glass cloth facing

Sorberpoly™ 2D AGC is a polyester insulation product offering both sound absorbing and thermal insulation properties. The product is made from non-woven, ultrafine polyester fibres, faced with a durable, flame retardant Aluminium foil-covered Glass Cloth – ‘AGC.’

The insulation base, Sorberpoly 2D, uses a horizontal lapping process to form a thick absorbent insulation medium of the polyester fibres. Sorberpoly 2D is fuel, oil and grease resistant, and is lightweight. It’s inherently hydrophobic (non-wicking) and suited to high humidity applications.

The standard foil facing, AGC, is a flame retardant aluminium glass cloth with fire retardant adhesive, complying with the highest rating to EN 45545 rail standard and IMO Marine standard. It acts as a radiant barrier, and besides enhancing the fire and thermal insulation performance, it further protects the insulation base from mechanical stress, dirt, oil and liquid ingress.

The product is easy to use and can be used in cavities and voids within building structures, transport vehicles, trains and boats. It is also suitable to use in making baffle absorbers and office partitions.

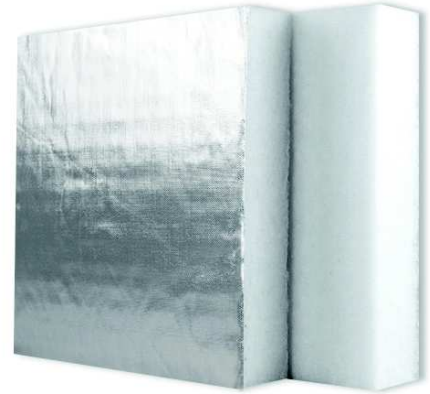
Sorberpoly 2D AGC is a low irritant product. It is much easier for operators to use compared to fibreglass or mineral wool alternatives.

VOC, ODP, HEALTH AND SAFETY

Sorberpoly 2D AGC is non-toxic and safe to handle by methods prescribed in the Safety Data Sheet.

SPECIFICATIONS

Colour	White (polyester) with silver facing
Available	Various sizes available (depending on MOQ) Standard thicknesses: 25 and 50 mm (1 and 2 in) Also available: 6 to 100 mm thick (0.2 to 3.9 in)
	Custom kit options, custom sizes, colours and/or thicknesses available depending on MOQ



applications

- Rail carriages and locomotives
- Marine, truck and bus engine compartments, firewalls, bonnet liners, and cavity infill
- Hydraulic pump enclosures
- Machinery and equipment enclosures
- Compressor and generator set enclosures
- Noise control and thermal insulation for HVAC equipment
- Air-conditioning units and systems
- Acoustic panels

features

- Lightweight, with high sound absorption properties
- Complies to international standards with excellent fire and toxicity ratings
- Will not degrade, crumble or smell over time
- Non-toxic, will not irritate the skin when handled
- Compressible, easy to cut and install
- Non-wicking and hydrophobic - avoiding contamination and generation of odours
- Excellent thermal insulator with low thermal conductivity
- Long-term stability and performance even in dynamic applications
- Multiple assembly approaches are possible
- Light and heat-reflective impermeable facing
- Available with self-adhesive backing for ease of installation



PRODUCT SPECIFICATIONS

Standard thickness	Width ¹	Density ²	Moisture absorption (WSS M99P32-B)	Operating temperature range ³
25 mm (1 in)	1.4 m (4.6 ft)	18 to 32 kg/m ³ (1.12 to 2.0 lb/ft ³)	2% at 38 °C (100 °F) 98% RH (for 24 hrs) (Report No. 02015BD)	-50 to 130 °C (-58 to 266 °F)
50 mm (2 in)				

Tolerance: Thickness ± 2 mm (0.08 in); Density: ± 5%. Other densities and thicknesses available with varying rolls and sheet dimensions. All above products are available with pressure-sensitive adhesive backing. Under extreme temperature conditions or where the substrate surfaces cannot be free from contaminants, mechanical fixing will be required on vertical surfaces. For all inverted installations including ceiling installations, mechanical fixing must be done in addition to PSA adhesion. Please consult your local Pyrotek representative for more information.

¹Useable width: Some surface coverings may overhang the useable width. ²For plain polyester only. ³Higher temperatures can be suitable depending on the application.

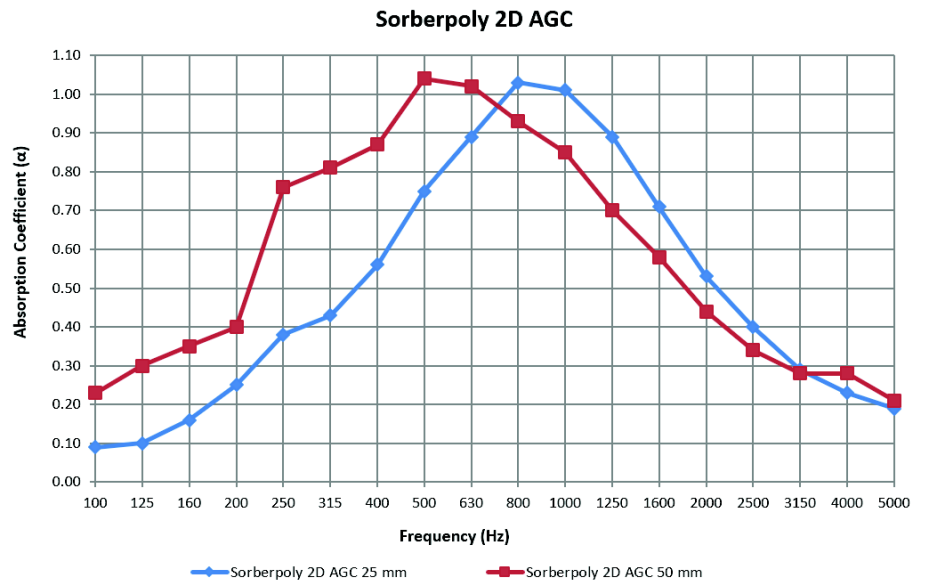
MATERIAL PROPERTIES

Test method	Property	Report no.	Results
AS 1530.3 1999*	Method for fire tests on building materials, components and structures	7-574373-CN	0,0,0-1
EN 45545-2 (ISO 5658-2)	Spread of flame	417606	R1 R7 (HL1, HL2, HL3) for 5 mm to 150 mm products (0.2 to 5.9 in)
EN 45545-2 (ISO 5660-1: 50 kWm ⁻²)	Heat release rate by cone calorimeter		
EN45545-2 (ISO 5659-2: 50 kWm ⁻²)	Smoke generation (optical density)		
ASTM C518*	Thermal conductivity	DI0567/DU01	0.036 W/mK
BS 6853:1999*	Toxicity testing	2974/R1	R= 0.037
NF F 16-101	French standard test method for fire behaviour of rail or rolling stock. Complies with section 7.2.3 for Category A1, A2 and B rolling stock	18781-15A, 18801-15A	M1 F1
UL 94*	Flammability of plastic materials	06414JY	HF-1

*Results for Sorberpoly 2D

ACOUSTIC PERFORMANCE

Frequency (Hz)	25 mm	50 mm
100	0.09	0.23
125	0.10	0.30
160	0.16	0.35
200	0.25	0.40
250	0.38	0.76
315	0.43	0.81
400	0.56	0.87
500	0.75	1.04
630	0.89	1.02
800	1.03	0.93
1000	1.01	0.85
1250	0.89	0.70
1600	0.71	0.58
2000	0.53	0.44
2500	0.40	0.34
3150	0.29	0.28
4000	0.23	0.28
5000	0.19	0.21
NRC	0.65	0.75
SAA	0.65	0.73
α_w	0.45 (M)	0.45 (LM)



Tested to ISO 354:2003 at University of Canterbury, New Zealand | Report Numbers: 303 & 304
Acoustic results based on 32 kg/m³ density material

For further information and contact details, please visit our website pyroteknc.com

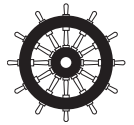
Caveats: Specifications are subject to change without notice. The data in this document is typical of average values based on tests by independent laboratories or by the manufacturer and are indicative only. Materials must be tested under intended service conditions to determine their suitability for purpose. The conclusions drawn from acoustic test results are as interpreted by qualified independent testing authorities. Nothing here releases the purchaser/user from responsibility to determine the suitability of the product for their project needs. Always seek the opinion of your acoustic, mechanical and fire engineer on data presented by the manufacturer. Due to the wide variety of individual projects, Pyrotek is not responsible for differing outcomes from using their products. Pyrotek disclaims any liability for damages or consequential loss as a result of reliance solely on the information presented. No warranty is made that the use of this information or of the products, processes or equipment to which this Information Page refers will not infringe any third party's patents or rights. **DISCLAIMER:** This document is covered by Pyrotek standard Disclaimer, Warranty and © Copyright clauses. See pyroteknc.com/disclaimer.



Příloha č. 16

Technický list (Decicoat T35 - Pyrotek)

DECICOAT™ T35



0575

water-based, sprayable thermal coating

Decicoat T35 is a water-based spray-on thermal insulation coating specially formulated with anti-condensation and corrosion protection properties. It has been developed to meet market requirements in the rail, off-shore, marine, chemical, petroleum, automotive and construction industries.

Unlike traditional insulation materials like glass wool or mineral fibre, Decicoat T35 provides a seamless and sprayable application with 100% coverage. This means Decicoat T35 successfully prevents thermal bridging.

With excellent adhesion to most metals, Decicoat T35 bonds flush with substrates even around uneven surfaces. Depending on the application requirement, it can be used as an independent solution, or to complement other insulation materials, when added protection from condensation and corrosion are required for overall thermal performance.

Condensation is associated with relative humidity, air pressure and occurs when temperature differentials between two areas pass over the 'dew point' threshold. With the right coating thickness, Decicoat T35 regulates surface temperatures of the component by inhibiting thermal transfer to effectively control the onset of condensation.

Near odourless, it complies with international fire codes for rail and marine applications, exhibiting a low spread of flame, low heat release, low toxicity and low smoke release during combustion.



applications

- Marine vessels: interiors of superstructures and hulls in workboats, luxury yachts and super-liners.
- Rail applications: carriage ceiling and walls
- Industrial: on the underside of metal deck roofing, metal wall cladding or shipping containers
- Applications exposed to high humidity and temperature fluctuations
- Oil & gas/offshore: interior structures of habitable areas and LNG pipelines
- Automotive: heavy vehicles, buses, trailers, tractors
- Applied in conjunction with traditional fibrous or foam insulation to improve overall thermal insulation systems
- Domestic: pipes, walls, interiors

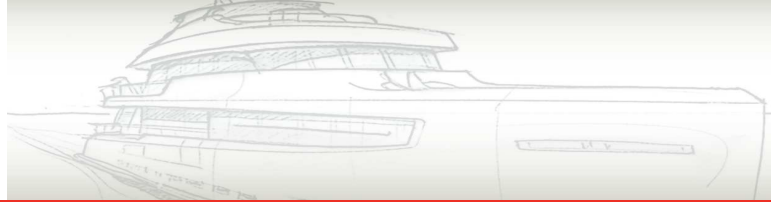
SPECIFICATIONS

Colour	White
Available	Pail: 19 L, 5 gal
	Drum: 200 L

features

- Thermal insulation, excellent anti-condensation and corrosion protection
- Eliminate thermal bridging
- Complies to international standards - low spread of flame, smoke and toxicity
- Manufactured under ISO 9001 Quality Systems
- Use in conjunction with other insulation materials
- Decrease interior sound levels by damping panel resonance
- Lightweight, non-sag formulation with excellent adhesion to various metal substrates
- Long-lasting, cures to a hard chip, UV and moisture-resistant finish
- Water-based compound – no volatile solvents or thinners required for cleaning - low odour environment
- No primer required - easy, fast and seamless application
- Sprayable - air gun or airless spray system




PRODUCT SPECIFICATIONS

Colour	UOM	Weight	Consumption for 1 mm (0.04 in) DFT. Includes allowance for up to 10% material shrinkage	Service temp range (max short term)	Application guidance
White	19 L (5 gal) pail	0.39 kg/m ² /mm DFT (0.08 lb/ft ² /mm DFT)	1.1 L/m ² (0.027 gal/ft ²)	-40 °C to 120 °C (-40 °F to -248 °F)	Minimum recommended application: 0.5 mm DFT General purpose installation: 2 mm DFT Other thicknesses as per specification or requirement
	200 L drum				

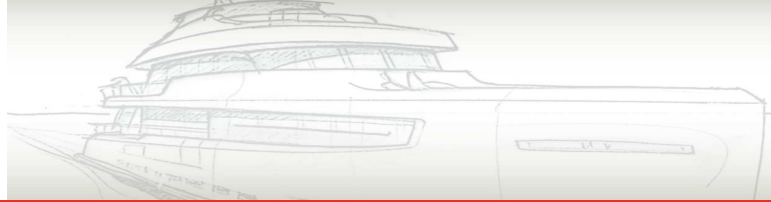
To achieve a desired dry film thickness, provision for material shrinkage of up to 10% on average should be included when applying a wet coating.

Storage: Store between 10 °C to 45 °C (50 °F to 113 °F).

Shelf Life: 24 months from receiving goods (stored under recommended conditions).

MATERIAL PROPERTIES

Test method	Property	Report	Results
IMO FTP Part 5	Surface flammability	376675	Complies for Bulkhead, walls and ceiling linings up to 2.5 mm thickness on metallic substrate. USCG Type approval granted.
IMO FTP Annex 2	Smoke and toxicity	376675	
MED B	EC Type Certificate (Module B) for Marine Equipment Directive	164.112/112/EWC MED0384TE	
MED D	EC Type Certificate (Module D) for Marine Equipment Directive	MEDD00000UK MEDD00000R4 MEDD00001HN	
DNV Type approval	Type approval certification	F-21139	Complies to DNV GL Offshore Standards, SOLAS & recognised as suitable for use by Transport Canada.
EN 45545-2 (ISO 5658-2)	Spread of flame	376677	R1, R7, R8, HL3
EN 45545-2 (ISO 5660-1 : 50kWm-2)	Heat release rate by cone calorimeter	376679	
EN 45545-2 (ISO 5659-2 : 50kWm-2)	Smoke generation (optical density)	376678	
RISSB AS 7529	Material fire performance	376677, 376678, 376679	Complies with requirements for combustible component material in Locomotive and Passenger rolling stock.
ASTM E 162	Surface flammability	101731845MID-001c	Complies for US (FRA) Federal railroad administration requirements and requirements of NFPA 130 - Complies for US (DOT) Department of transportation requirements for acoustic insulation of transit bus and vans (Docket 90A).
ASTM E 662	Optical Density of Smoke Generated	101731845MID-002c	
ASTM E 800 (SMP-800C)	Gases Present or Generated During Fires	101731845MID-003c	
FMVSS 302	Flammability of interior materials	20713JY	Complies to the requirements of US (DOT) Department of transportation for occupant compartments of motor vehicles.



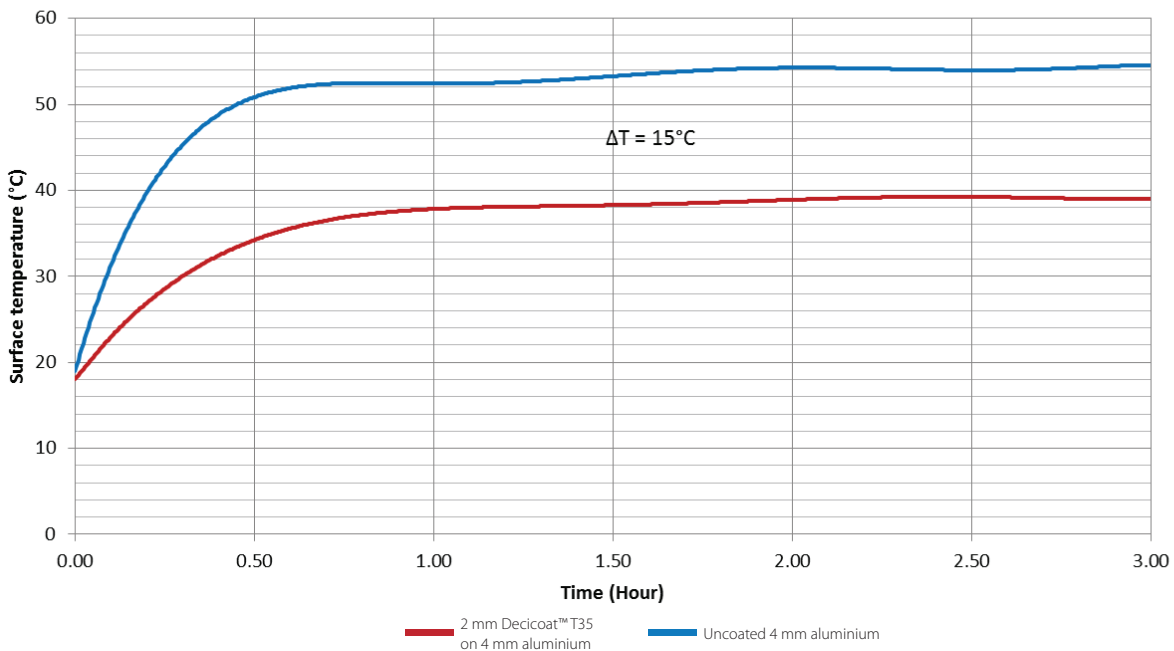
CHEMICAL RESISTANCE

UV	Water	Petrol	Diesel	10% HCl solution	10% NaOH solution	Permeability (ASTM1653) (Report no. 19013BD1)
2000+ hours	Excellent	Good	Good	Good	Good	< 3 metric perms

THERMAL PERFORMANCE

Thermal conductivity (ISO 8302) (Report no. 332/13)
0.07 Wm ⁻¹ K ⁻¹

Surface temperature comparison with radiated heat



Report no.20613BD1

For further information and contact details, please visit our website pyroteknc.com

Caveats: Specifications are subject to change without notice. The data in this document is typical of average values based on tests by independent laboratories or by the manufacturer and are indicative only. Materials must be tested under intended service conditions to determine their suitability for purpose. The conclusions drawn from acoustic test results are as interpreted by qualified independent testing authorities. Nothing here releases the purchaser/user from responsibility to determine the suitability of the product for their project needs. Always seek the opinion of your acoustic, mechanical and fire engineer on data presented by the manufacturer. Due to the wide variety of individual projects, Pyrotek is not responsible for differing outcomes from using their products. Pyrotek disclaims any liability for damages or consequential loss as a result of reliance solely on the information presented. No warranty is made that the use of this information or of the products, processes or equipment to which this Information Page refers will not infringe any third party's patents or rights. DISCLAIMER: This document is covered by Pyrotek standard Disclaimer, Warranty and © Copyright clauses. See pyroteknc.com/disclaimer.

