



**FAKULTA STROJNÍ
ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY
V PLZNI**

Studijní program: Konstruování strojů a technických zařízení

Číslo studijního programu: N0715A270017

Studijní specializace: Konstruování vozidel a manipulačních zařízení

TECHNICKÝ NÁVRH VESTAVBOVÉ SADY ELEKTROPOHONU DO STÁVAJÍCÍHO VOZIDLA

Diplomová práce

Autor práce: Bc. et Mgr. Martin Fazekaš

Vedoucí práce: doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. et Mgr. Martin FAZEKÁŠ
Osobní číslo:	S23N0026K
Studijní program:	N0715A270017 Konstruování strojů a technických zařízení
Specializace:	Konstruování vozidel a manipulačních zařízení
Téma práce:	Technický návrh vestavbové sady elektropohonu do stávajícího vozidla
Zadávací katedra:	Katedra konstruování strojů

Zásady pro vypracování

Základní požadavky:

Cílem diplomové práce je konstrukční návrh technického řešení vestavby univerzálního setu elektropohonu do stávajícího osobního vozidla. Dále provést specifikaci požadavků s ohledem na správnou funkčnost. Konstrukční návrh systému by měl obsahovat rozbor technických možností jednotlivých řešení, splňovat požadavky technické jednoduchosti a respektovat bezpečnostní požadavky. U výsledného řešení provést komplexní hodnocení.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova diplomové práce:

1. Vypracování rešerše včetně systematického popisu funkce.
2. Vypracování rozboru technických parametrů.
3. Vypracování vybrané varianty řešení včetně výpočtového hodnocení.
4. Zhodnocení vybraného konstrukčního návrhu.

Konzultant: Ing. Martin Gorscheneck, Ph.D.

Rozsah diplomové práce: **40-60 stran**
Rozsah grafických prací: **podle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- [1] VALA, M.: *Teorie a konstrukce silničních vozidel I*. Univerzita Pardubice, Pardubice, 2003
- [2] VLK, F. *Stavba motorových vozidel*. Brno: Vlk, 2005
- [3] ŘAŠA, J., ŠVERCL, J.: *Strojnické tabulky*. Scientia, Praha, 2004
- [4] SHIGLLEY, J., E., MISCHKE, C., R., BUDYNAS, R., G. *Konstruování strojních součástí*. VUT v Brně, Brno, 2010
- [5] Podkladový materiál, výkresy, prospekty, katalogy apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů

Datum zadání diplomové práce: **16. října 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2024**

L.S.

Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.
děkan

Ing. Zdeněk Chval, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni. Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval/a samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v Seznamu použitých zdrojů, který je součástí této práce a na základě konzultací s vedoucím práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

V Plzni dne:

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. et Mgr. Fazekaš	Jméno Martin
STUDIJNÍ OBOR	N0715A270017 „Konstruování strojů a technických zařízení“	
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Jméno Josef
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST - KKS	
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ
NÁZEV PRÁCE	Technický návrh vestavbové sady elektropohonu do stávajícího vozidla	

FAKULTA	strojn	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2024
---------	--------	---------	-----	-------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	120	TEXTOVÁ ČÁST	59	GRAFICKÁ ČÁST	61
--------	-----	--------------	----	---------------	----

ANOTACE	Diplomová práce zpracovává konstrukční návrh přestavby vozidla Škoda Felicia 6U1 na elektropohon s akumulátorovými bateriemi. V této práci je rozpracováno spojení elektromotoru s původní převodovkou a umístění a upevnění bateriových modulů Tesla do vozidla.
KLÍČOVÁ SLOVA	Škoda Felicia 1.6MPi, přestavba, převodovka, spojka, elektromotor, Hyper9, bateriový modul Tesla, Electric Classic Cars, analýza MKP, Inventor, bateriový box

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bc. et Mgr. Fazekaš	Name Martin
FIELD OF STUDY	N0715A270017 "Design engineering of machines and technical devices"	
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Name Josef
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS	
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR
TITLE OF THE WORK	The Technical Design of Electric Drive Compartment to be Built into an Existing Vehicle	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2024
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	120	TEXT PART	59	GRAPHICAL PART	61
----------------	-----	------------------	----	-----------------------	----

ABSTRACT	This thesis elaborates the design proposal for the conversion of the Škoda Felicia 6U1 vehicle to an electric drive with accumulator batteries. The connection of the electric motor with the original transmission and the placement and fastening of the Tesla battery modules in the vehicle are being developed in this work.
KEY WORDS	Skoda Felicia 1.6MPi, conversion, transmission, clutch, electric motor, HyPer9, Tesla battery module, Electric Classic Cars, MKP analysis, Inventor, battery box

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Josefu Formánkovi, Ph.D. za trpělivost, cenné technické rady a ochotu vždy pomoci během vypracování. Zároveň bych chtěl poděkovat konzultantovi Ing. Martinu Gorschenekovi, Ph.D. za veškeré poskytnuté podklady a informace potřebné pro pochopení problematiky a Ing. Davidu Kovaříkovi za dílčí korekce práce.

A nakonec bych chtěl poděkovat své rodině za trpělivost a tiché motivující prostředí.

Obsah

1	Úvod.....	13
2	Vybrané historické přestavby v ČR.....	14
2.1	Škoda Eltra 151L	14
2.2	Škoda (Tatra) Beta EL.....	14
3	Příklady přestaveb firmy Electric Classic Cars.....	16
3.1	VW Beetle 1200	16
3.2	VW Beetle 1303	16
3.3	Fiat 500	17
4	Základní díly elektropohonu pro přestavbu	19
4.1	Elektromotor.....	19
4.1.1	Komutátorový stejnosměrný motor.....	19
4.1.2	Bezkomutátorový stejnosměrný motor (BLDC)	19
4.1.3	Synchronní motor s permanentním magnetem (PMSM, SRIPM).....	19
4.1.4	Indukční asynchronní motor	20
4.2	Akumulátory	20
4.2.1	Olověný akumulátor	20
4.2.2	Lithium-iontový akumulátor	21
4.3	Další součásti	22
4.3.1	Plynový pedál.....	22
4.3.2	DC-DC měnič.....	23
4.3.3	VN Vodiče	23
4.3.4	Bezpečnostní prvky	23
4.3.5	Systémový a bateriový MF displej.....	24
4.3.6	Nabíječka AC/DC.....	25
4.3.7	Precharge relé a rezistor.....	25
4.3.8	Zdroj podtlaku pro brzdový posilovač.....	25
4.3.9	Posilovač řízení	26
4.3.10	Elektrické topení.....	26
5	Přestavba vozidla – legislativa v ČR a EU.....	27
5.1	Legislativa ČR	27
5.2	Legislativa EU.....	27
5.2.1	EHK OSN č. 10	27

5.2.2	EHK OSN č. 85	28
5.2.3	EHK OSN č. 100	28
5.2.4	EHK OSN č. 101	29
6	Přestavované vozidlo	30
6.1	Parametry vozu před přestavbou	30
6.2	Předpokládané parametry po přestavbě	31
7	Dostupné varianty elektromotorů a baterií	32
7.1	Varianta 1	32
7.2	Varianta 2	32
7.3	Varianta 3	33
7.4	Varianta 4	34
7.5	Hodnocení variant	34
8	Zástavba vybraného elektromotoru	36
8.1	Výkresová dokumentace	36
8.2	Možnosti spojení	39
8.3	Výběr varianty spojení motoru s převodovkou	40
8.4	Konstrukční řešení	41
8.4.1	Příruba setrvačnicku	41
8.4.2	Příruba převodovky	42
8.4.3	Zadní držák elektromotoru	43
8.5	Analýza MKP	45
8.5.1	Příruba setrvačnicku	45
8.5.2	Příruba převodovky	46
8.6	Zadní držák elektromotoru	48
9	Umístění akumulátorových baterií	50
9.1	Výkresová dokumentace	50
9.2	Možnosti umístění	51
9.2.1	Změření prostorů k zástavbě baterie	51
9.2.2	Konstrukční řešení	53
10	Zhodnocení konstrukčního řešení	56
11	Závěr	57
	Reference	58

Příloha A - Výkresová dokumentace - elektromotor EVHyp e-box (eveurope.eu)

Příloha B - Výkresová dokumentace - elektromotor HyPer 9 (evwest.com)

Příloha C - Charakteristiky elektromotoru HyPer 9 (go-ev.com)

Příloha D - Výkresová dokumentace - bateriový modul Tesla (evwest.com)

Příloha E – Výkresová dokumentace – bateriový box pro 3 moduly Tesla (evwest.com)

Příloha F - Výkresová dokumentace - spojení elektromotoru s převodovkou

Příloha G - Výkresová dokumentace - baterýbox 1 (nádrž)

Příloha H - Výkresová dokumentace - baterýbox 2 (kufr)

Obrázek 1: Škoda Eltra 151 L – motorový a zavazadlový prostor [6]	14
Obrázek 2: Škoda Beta EL – volič směru jízdy [8]	15
Obrázek 3: Škoda Beta EL – motorový prostor [8]	15
Obrázek 4: Škoda Beta EL – nabídkový prospekt [8]	15
Obrázek 5: VW Beetle 1200 – motorový a zavazadlový prostor [12].....	16
Obrázek 6: VW Beetle 1303 - zavazadlový a motorový prostor [13].....	17
Obrázek 7: Fiat 500 - zavazadlový a motorový prostor [17].....	18
Obrázek 8: Fiat 500 - přestavbový set ECC [17]	18
Obrázek 9: olovený akumulátor v řezu (varta-automotive.cz).....	21
Obrázek 10: tvary li-ion článků	21
Obrázek 11: pohled do baterý packu Tesla Model S [22].....	22
Obrázek 12: plynový senzor Curtis PB-8 (kit-elec-shop.com)	23
Obrázek 13: servisní odpojovač v oddělené poloze (renhotecev.com).....	24
Obrázek 14: HVIL konektory (renhotecev.com)	24
Obrázek 15: bateriový a systémový monitor (evwest.com).....	24
Obrázek 16: onboard nabíječka li-ion baterie [24]	25
Obrázek 17: brzdový podtlakový set [24]	25
Obrázek 18: Posilovač řízení - elektrické servo a univerzální set elektrického posilovače [24].....	26
Obrázek 19: Díly topení - vodní ohřívač, VN PTC vložka a elektrický VN klima kompresor [24].....	26
Obrázek 20: Rozměry Škoda Felicia (skoda-techweb.cz)	30
Obrázek 21: konverzní set s motorem HyPer9 [24]	32
Obrázek 22: konverzní set s motorem HyPer9 [25]	33
Obrázek 23: Motorová jednotka Nissan Leaf [25].....	33
Obrázek 24: konverzní set se zadním motorem Tesla Model 3 [25]	34
Obrázek 25: 3D model zadní příruby a horního boxu	36
Obrázek 26: 3D model Hyper 9 [26]	36
Obrázek 27: otisk příruby.....	37
Obrázek 28: příruba převodovky Favorit	37
Obrázek 29: kontrola modelu na převodovce Favorit.....	38
Obrázek 30: rozdělený model k tisku	38
Obrázek 31: kontrola modelu na převodovce Felicia.....	38
Obrázek 32: příruba převodovky Felicia 1.3.....	38

Obrázek 33: Adaptérový kit pro přestavbu [28].....	39
Obrázek 34: hřídelová spojka [29]	39
Obrázek 35: ocelová svařovaná příruba [29]	39
Obrázek 36: příruba pro BMW z hliníkové slitiny [26]	39
Obrázek 37: řez spojením příruby a hřídele elektromotoru.....	41
Obrázek 38: příruba převodovky a elektromotoru	42
Obrázek 39: kontrola přesahu příruby	42
Obrázek 40: Silentblok motoru 1.6 MPI	43
Obrázek 41: kontrola rozměrů u zadního držáku elektromotoru	43
Obrázek 42: Celkový pohled na sestavu pohonu s držáky	44
Obrázek 43: příruba setrvačnicku – příprava MKP simulace	45
Obrázek 44: příruba setrvačnicku – napětí dle MKP simulace.....	46
Obrázek 45: příruba převodovky – příprava MKP simulace	47
Obrázek 46: příruba převodovky – napětí dle MKP simulace	48
Obrázek 47: zadní držák elektromotoru – příprava MKP simulace	49
Obrázek 48: zadní držák elektromotoru – napětí dle MKP simulace	49
Obrázek 49: 3D model bateriového modulu Tesla (grabcad.com).....	50
Obrázek 50: prostor rezervy zespodu	51
Obrázek 51: tvarové západky pro pásy nádrže v karoserii	52
Obrázek 52: náčrtek prostoru nádrže (pohled zespodu)	52
Obrázek 53: podlaha kufru s úchytnými oky.....	53
Obrázek 54: Boční fixace modulu v boxu	54
Obrázek 55: sestava bateriového boxu místo nádrže	54
Obrázek 56: sestava bateriového boxu v kufru – zadní pohled	55
Obrázek 57: sestava bateriového boxu v kufru – přední pohled	55
Obrázek 58: blokové schéma VN propojení pohonu.....	56
Tabulka 1: Točivý moment a výkon motoru 1.6MPI AEE (cimbu.cz)	30
Tabulka 2: Převodové poměry převodovky 14S [23]	31
Tabulka 3: Přehled bateriových modulů [24].....	35
Tabulka 4: technické údaje spojky Škoda Felicia [23].....	40

Přehled použitých zkratk a symbolů

ot/min	otáčky za minutu
V	Volty
Nm	Newtonmetr
Ah	Ampérhodina
Kg	kilogram
BLDC	BrushLess Direct Current (motor)
PMSM	Permanent Magnet Synchronous Motor
SRIPM	Synchronous Reluctance Internal Permanent Magnet (motor)
AGM	Absorbent Glass Mat
EFB	Enhanced Flooded Battery
VRLA	Valve-Regulated Lead Acid
BMS	Battery Monitoring System
TPS	Throttle Position Sensors
APPS	Accelerator Pedal Position Sensors
HVIL	High Voltage Interlock Loop
AC/DC	Alternating Current/Direct Current
PTC	Positive Temperature Coefficient
OHC	Over Head Camshaft

1 Úvod

Tato diplomová práce se zabývá přestavbou vozidla škoda Felicia se spalovacím motorem 1.6MPi na elektropohon s energií uloženou do akumulátorů. Cílem by měl být konstrukční návrh technického řešení zástavby hlavních částí, tj. vybraného elektromotoru, uložení potřebných elektrických akumulátorových baterií a také dalších nutných součástí do vozidla.

Nápad na téma této diplomové práce se zrodil autorovi této práce již před pár lety, když na internetu narazil na zajímavé přestavby různých aut britské firmy Electric Classic Cars. Vzhledem k cenové relaci nových elektrovozidel a také k jisté ekologičnosti lepšího využití již vyrobených starších aut se téma přestavby na „zelený“ pohon jeví zajímavým. Navíc zatím v České republice není firma zabývající se těmito přestavbami starších aut nebo přímo veteránů.

Tato problematika je ovšem velmi rozsáhlá a lze ji rozdělit do dvou menších částí. První je samotný konstrukční návrh, tj. jestli je to vůbec proveditelné a lze všechny potřebné díly a součásti elektropohonu umístit do vybraného vozidla tak, aby z hlediska české legislativy návrh stále splňoval podmínky přestavby a nespádl do kategorie homologace nového typu vozidla. A druhou částí je úprava a doplnění stávající elektroinstalace tak, aby vozidlo bylo pojízdné a všechny potřebné systémy fungovaly. V této části se jeví velmi obtížným napojit moderní elektronické asistenční systémy vozidel jako je ABS, ESP na nový pohon, proto se jako ideální modely na přestavbu jeví starší auta bez těchto asistenčních systémů.

2 Vybrané historické přestavby v ČR

Před každým objevováním je třeba se podívat, co už objeveno bylo, a tak tato kapitola seznámí čtenáře s vybranými vozidly z ČR a způsobem jejich přestavby.

2.1 Škoda Eltra 151L

Elektromobil škoda Eltra 151 L byl vyráběn v letech 1991-1994 v plzeňské firmě Škoda Elcar Ejovice z vozu Favorit, který dodávala i se spalovacím motorem automobilka Škoda Mladá Boleslav. Přestavba spočívala v nahrazení původního zážehového motoru o objemu 1.3 litru stejnosměrným elektromotorem Elis o výkonu 15,4 kW při 5000 ot/min a napětí 90 V, který poháněl přední kola přes původní spojku a převodovku. Převodovka však měla z důvodu malého výkonu elektromotoru zablokovaný pátý převodový stupeň. Točivý moment elektromotoru byl 49 Nm. Zdrojem elektrické energie bylo 14 olověných akumulátorů 6 V/180 Ah umístěných v motorovém prostoru a za zadními sedadly (viz obr. 1). Jejich hmotnost byla kolem 420 kg a nabíjely se asi 12 hodin. Celková kapacita akumulátorů byla 15 kWh a při průměrné spotřebě kolem 20 kWh/100 km mělo vozidlo dojezd 60–80 km, přičemž maximální rychlost nepřekročila 80 km/h. Kvůli zvýšené hmotnosti byla užitečná hmotnost snížena z původních 450 kg na 280 kg a vůz byl nově pouze čtyřmístný. Celkem bylo vyrobeno okolo 150 vozů. [5]

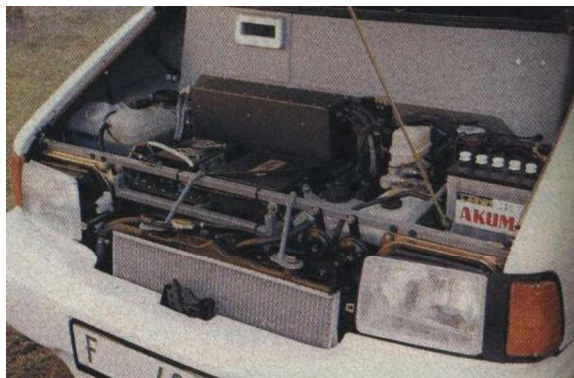


Obrázek 1: Škoda Eltra 151 L – motorový a zavazadlový prostor [6]

2.2 Škoda (Tatra) Beta EL

Dalším projektem plzeňské firmy Škoda Elcar Ejovice byl vůz Beta. Navazoval na typ Eltra a byl koncipován jako lehký dvoumístný dodávkový vůz s ocelovým rámem z obdélníkových profilů, ochranným trubkovým rámem a probarvenou sklolaminátovou karoserií s díly a motorem Škoda a od roku 1997 Hyundai, to již převzala výrobu nová firma Škoda Tatra. V rámci toho se v letech 1994–1997 stavěly prototypy Bety i s elektrickým pohonem. Poháněl ji asynchronní elektromotor různých výrobců o maximálním výkonu 40 kW a jmenovitém napětí 180V, poháněný přes frekvenční měnič ze sady 30 Ni-Cd akumulátorů 6 V/ 100 Ah. Motor s převodovkou s jedním trvalým převodem a frekvenčním měničem byly uloženy v přední části vozu (viz obr. 2), baterie pak měly své místo v zadní části vozu pod podlahou nákladového prostoru. Změna směru jízdy byla vyřešena pákovým voličem, který elektronicky přepínal směr otáčení elektromotoru (viz obr. 3). Vůz se pohyboval rychlostí maximálně 100 km/h a při celkové kapacitě akumulátorů 18 kWh a průměrné spotřebě 15 kWh/100 km měl dojezd asi 120 km. Vyrobeno bylo pouze kolem deseti prototypů s různými motory i bateriemi. [7] [8]

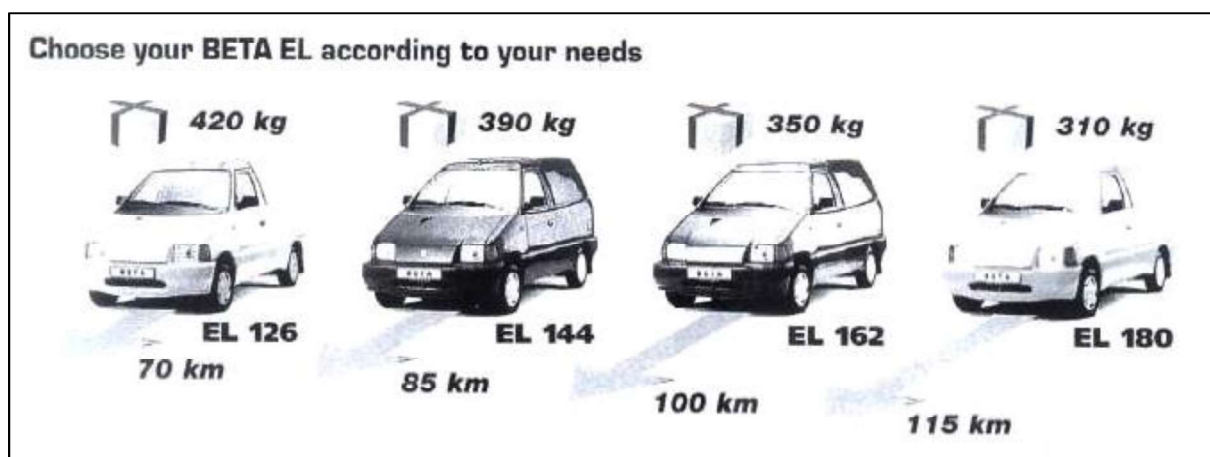
V roce 1999 se jeden z vyrobených vozů účastnil ve švédském Öresundu rallye elektromobilů, kde skončil první ve sprintu a druhý v dojezdu, díky tomuto úspěchu se začala připravovat sériová výroba pro severský trh (viz obr. 4), nakonec z toho ale kvůli ukončení projektu Beta v ČR sešlo. [8]



Obrázek 3: Škoda Beta EL – motorový prostor [8]



Obrázek 2: Škoda Beta EL – volič směru jízdy [8]



Obrázek 4: Škoda Beta EL – nabídkový prospekt [8]

3 Příklady přestaveb firmy Electric Classic Cars

Electric Classic Cars je mladá dynamická firma z Velké Británie zabývající se individuálními přestavbami široké škály ikonických ale i obyčejných automobilů nejrůznějších značek z období padesátých až osmdesátých let na elektrický pohon. Součástí přestavby je většinou i celková rekonstrukce karoserie a interiéru. Nyní se seznámíme se třemi zajímavými a pro tuto práci inspirativními příklady těchto přestaveb malých vozidel.[9]

3.1 VW Beetle 1200

První přestavbou je červený Volkswagen Beetle typ 1200 z roku 1965. Původně jej poháněl zážehový vzduchem chlazený motor o objemu 1,2 litru s výkonem 22 kW při 3400 ot/min a točivým momentem 75 Nm při 2000 ot/min. Dokázal vyvinout maximální rychlost 108 km/h a zrychlení z 0 na 100 km/h měl za 37 sekund. Při pohotovostní hmotnosti 730 kg měl užitečnou hmotnost 380 kg. [10][11]

Při přestavbě byl do zadní části vozu k původní převodovce nainstalován střídavý indukční elektromotor Curtis HPEVS AC-50 o výkonu 53 kW a krouticím momentu 163 Nm (viz obr. 5). Ve vozidle se nově nachází dva batteryboxy, jeden je umístěn do předního zavazadlového prostoru místo palivové nádrže (viz obr. 5) a druhý je za zadními sedadly. Celková kapacita akumulátorů je 22kWh a při průměrné spotřebě 14 kWh/100 km umožňuje dojezd asi 100 mil, tj. 160 km. Po přestavbě se zvýšila hmotnost vozidla o cca 60 kg a většina tohoto zatížení je v přední části vozidla, takže se zlepšilo ovládání vozidla při vyšších rychlostech. Díky většímu krouticímu momentu elektromotoru se také zlepšila jízdní dynamika vozidla. [10][12]



Obrázek 5: VW Beetle 1200 – motorový a zavazadlový prostor [12]

3.2 VW Beetle 1303

Druhou přestavbou je stříbrný Volkswagen Beetle typ 1303 z roku 1973. Tento automobil poháněl motor o objemu 1,3 litru s výkonem 32 kW při 4100 ot/min a točivým momentem 88 Nm při 3000 ot/min. Dokázal vyvinout maximální rychlost 125 km/h a zrychlení z 0 na 100 km/h měl za 25 sekund. Při pohotovostní hmotnosti 890 kg měl užitečnou hmotnost 400 kg. [10][11]

U tohoto vozidla proběhla komplexní přestavba s velkými zásahy do karoserie, podvozku i interiéru. V zadní části místo původního motoru a převodovky je umístěna zadní pohonná jednotka Tesla Performance z vozu Tesla S s výkonem 475 kW a krouticím momentem 650 Nm. Tato pohonná jednotka se skládá z indukčního střídavého asynchronního motoru, řídicí jednotky se střídačem a z diferenciálu s výstupem na kloubové hřídele ke kolům. Vzhledem k výkonu pohonné jednotky a jejím rozměrům je umístěna v novém trubkovém rámu napojeném na zesílená místa v karoserii (viz obr. 6). Tato pohonná jednotka potřebuje napájení v rozsahu 300 - 400 Voltů, takže jsou potřeba speciální akumulátory s vyšším napětím. Rozmístění batteryboxů je stejné jako u předchozí přestavby, jen jsou oba boxy výrazně větší, aby pojmy každý šest akumulátorů LG Chem (viz obr. 6). Tyto akumulátory mají jmenovité napětí 60 Voltů a jejich celková kapacita je 32 kWh. Reálný průměrný dojezd vozidla při normálním jízdním stylu je cca 200 km, z čehož vychází průměrná spotřeba 16 kWh/100 km. Co se týká hodnot zrychlení 0 – 100 km/h, tak bez přípravy je hodnota kolem 3,2 sekund a po zahřátí pneumatik, motoru a baterií je možné se dostat na 2,1 sekundy!

Na vozidle jsou silnější kloubové hřídele, brzdy a kola z vozu Porsche 930. Karoserie vozidla byla výrazně odlehčena, a proto se hmotnost po přestavbě snížila o 20 kg. Opět došlo ke změně rozložení hmotnosti z původních 40:60 (předek: zadek) na 46:54 a tím ke zlepšení jízdních vlastností. [10][13][14]



Obrázek 6: VW Beetle 1303 - zavazadlový a motorový prostor [13]

Vozidlo je používáno majitelem firmy k dennímu ježdění ale i k víkendovým amatérským závodům ve sprintu. Tento typ přestavby bohužel v ČR není dovolen, ale je ukázkou toho, co je možné z takto malého auta komplexní úpravou dostat, pokud nejsou příliš velká omezení legislativou.

3.3 Fiat 500

Poslední přestavbou je bílý Fiat 500 L z roku 1968. Původně jej poháněl zážehový vzduchem chlazený dvouválcový motor o objemu 0,5 litru s výkonem 13,5 kW při 4600 ot/min a točivým momentem 35 Nm při 3000 ot/min. Dokázal vyvinout maximální rychlost 95 km/h. Při pohotovostní hmotnosti 530 kg měl užitečnou hmotnost 320 kg. [15][16]

Při přestavbě byl do zadní části vozu k původní převodovce nainstalován střídavý indukční elektromotor Curtis AC-20 o výkonu 36 kW a krouticím momentu 94 Nm (viz obr. 7). Ve vozidle se opět nachází dva batteryboxy, jeden je umístěn do předního zavazadlového prostoru místo rezervního kola a palivové nádrže a druhý je za zadními sedadly (viz obr. 7). V předním batteryboxu se nachází jeden Tesla modul o kapacitě 5,3 kWh a v zadním dva moduly. Celková kapacita akumulátorů je 15,9 kWh a při průměrné spotřebě 15 kWh/100 km umožňuje dojezd asi 100 km, toto vozidlo je typickým městským vozem s miniaturními rozměry. Díky menším rozměrům a lepšímu umístění předního batteryboxu je v předním zavazadlovém prostoru více místa a také přepravované věci „nevoní“ po palivu. [17][18]



Obrázek 7: Fiat 500 - zavazadlový a motorový prostor [17]

Celkový pohled na přestavbový set je na obrázku 8, kde se v horní části nachází zadní baterýbox vlevo a přední baterýbox vpravo. Pod předním boxem je modrý elektromotor s namontovaným stříbrným adaptérem k převodovce a černou zadní upravenou motorovou příčkou se silentbloky. Ve spodní části je pak horní krycí plech elektromotoru s výkonovou elektronikou – střídačem vlevo a nabíječkou uprostřed.



Obrázek 8: Fiat 500 - přestavbový set ECC [17]

4 Základní díly elektropohonu pro přestavbu

Základní dvojicí dílů pro přestavbu vozidla je elektromotor pohánějící vůz a akumulátory k jeho napájení.

4.1 Elektromotor

Elektromotor je točivý stroj přeměňující dodanou elektrickou energii na mechanickou práci na principu elektromagnetické indukce. Každý elektromotor se skládá z pevné části (statoru) a pohyblivé části (rotoru). Při provozu ve vozidle je žádoucí, aby se motor uměl přepnout do generátorového režimu, kdy při brzdění vyrábí elektřinu a odebírá vozidlu mechanickou energii. Získanou energii pak elektronika vozidla ukládá zpět do akumulátoru a zvyšuje tím dojezd. Ve vozidlech na elektřinu se používali a používají tyto následující druhy elektromotorů.

4.1.1 Komutátorový stejnosměrný motor

Přesněji stejnosměrný sériový motor s komutátorem je napájen stejnosměrným napětím, k přepínání napájení rotorových cívek slouží komutátor s uhlíky. Motor má statorové vinutí jako budící a rotorové vinutí (kotvu) jako pracovní. Tento motor se vyznačuje velkým krouticím momentem od nulových otáček, ale také potřebou pravidelné údržby k čištění komutátoru a výměně uhlíků, malou účinností v porovnání s dalšími typy motorů. A navíc je velkým zdrojem rušení díky jiskření na komutátoru. Tento typ elektromotoru byl použit například ve Fiatu Panda Eletra. V současnosti se již v elektromobilech nepoužívá. [19][20]

4.1.2 Bezkomutátorový stejnosměrný motor (BLDC)

Tento typ stejnosměrného motoru je konstrukčně stejný jako předchozí typ, jen používá elektronickou bezkontaktní komutaci, díky které je bezúdržbový. Cívka v rotoru je většinou nahrazena silnými magnety. Motor si zachoval velký krouticí moment od malých otáček a navíc díky elektronické komutaci má vysokou účinnost 95-98% a malé rozměry v poměru k výkonu. Nevýhodou tohoto motoru je malý stálý výkon a snižující se krouticí moment se zvyšujícími se otáčkami. Tento typ se používá v malých vozidlech, kde stačí výkon do 60 kW, například Toyota Prius. [19][20]

4.1.3 Synchronní motor s permanentním magnetem (PMSM, SRIPM)

Tento střídavý třífázový synchronní motor má v rotoru vhodně seskládané silné magnety a cívky pouze ve statoru. Do nich je přiváděn třífázový střídavý proud, jenž vytváří točivé elektromagnetické pole, ke kterému je přitahováno stálé magnetické pole rotoru od jeho magnetů. Nejvyšší síly je dosahováno, když jsou magnetické póly rotoru v úhlu 45° proti pólům statoru, protože tehdy má magnetická síla tangenciální směr – působí největší velikostí do směru otáčení. Tento motor bohužel při jízdě stálou rychlostí po rovině díky otáčení magnetů v rotoru indukuje zpět do statorového vinutí ztrátové proudy, které jej zahřívají a snižují účinnost. Upravením rotoru při využití jevu reluktance lze tyto zpětné indukce minimalizovat a takto upravený motor používá označení SRIPM. Tento typ motoru má velký krouticí moment v širokém spektru otáček, vysokou účinnost až 96% a kompaktní rozměry. Díky použitým dílům a materiálům je však velmi drahý. Jedná se o v současnosti nejpoužívanější motor, používá jej např. Chevrolet Bolt EV, Nissan Leaf, BMW i3, Toyota Prius, VW ID. 4, Škoda Enyaq a Tesla v modelech S, X, 3, Y. [19][21]

4.1.4 Indukční asynchronní motor

Přesnější pojmenování je třífázový střídavý asynchronní motor s kotvou nakrátko. Tedy v rotoru nejsou cívký ale pouze jakási kovová klec. Do statoru se přivádí třífázový střídavý proud vytvářející točivé elektromagnetické pole, jež v rotoru indukuje protipole. Rozdílným natočením těchto polí (skluzem) vzniká krouticí moment. Otáčky rotoru jsou trochu nižší než rychlost točení statorového elektromagnetického pole, proto se motor nazývá asynchronní. Jde o nejrozšířenější druh elektromotoru na světě (nejen ve vozích). Motory ve vozidlech se vyznačují vysokou účinností až 94%, dlouhou životností a bezúdržbovostí. Mají jednoduchou konstrukci a malé rozměry. Pro stejnosměrné zdroje však, stejně jako motory s permanentním magnetem, vyžadují invertor (střídač) a složitější regulační elektroniku. Při jízdě stálou rychlostí dochází vlivem vířivých proudů v rotorové kleci k 3-4% ztrátám energie. A také nemá tak vysoký krouticí moment při malých otáčkách jako stejnosměrný motor. Motor se používá v Toyotě RAV4, GM EV1 a v Tesle v modelech S, X, 3, Y. [19][21]

4.2 Akumulátory

Energie potřebná pro pohon elektromotoru a také pro napájení dalších elektrických spotřebičů ve vozidle je u elektromobilů ukládána do akumulátorových baterií. Akumulátor je takzvaný sekundární článěk, tj. opakovaně použitelný zdroj elektrické energie, kde je elektrická energie přeměněna na chemickou při nabíjení článku a naopak chemická přeměněna na elektrickou při jeho vybíjení.

Vlastnosti akumulátorů jsou pro elektromobil velmi důležité hned z mnoha důvodů, které si často odporují, neboť je požadován co největší dojezd a zároveň malá hmotnost, rychlé nabíjení a schopnost dodávat vysoké proudy ale dlouhá životnost, bezúdržbovost, bezpečnost, teplotní stabilita atd.

Hlavními parametry tedy jsou:

Jmenovité napětí [V] – napětí, se kterým pracuje výkonová elektronika elektromotoru a napájecí soustavy. Výsledné napětí je vždy násobkem jednotlivých akumulátorových článků.

Kapacita [kAh] – udává kolik energie je uloženo v akumulátoru, hlavní veličina ovlivňující dojezd vozu.

Špičkový proud [A] – udává maximální proud dodávaný z akumulátoru po omezenou krátkou dobu (typicky 10-20 sekund). Obdobně jako se u akumulátorů spalovacích motorů udává normovaný startovací proud.

Trvalý proud [A] – udává maximální proud dodávaný z akumulátoru trvale.

Energetická hustota [Wh/kg] – představuje množství energie uložené v akumulátoru v poměru k jeho hmotnosti.

Rychlost nabíjení [min] – udává, za jak dlouho je akumulátor nabit na požadovanou hodnotu.

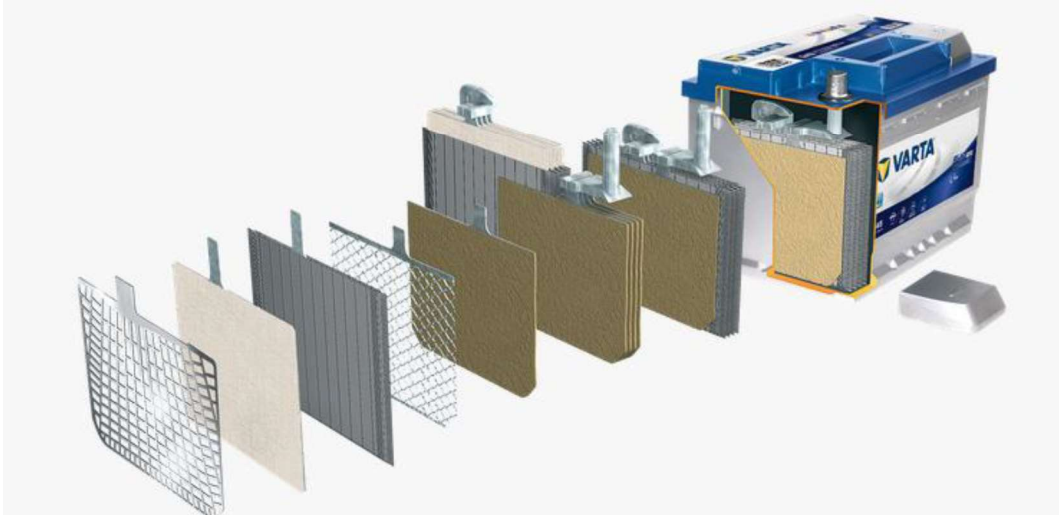
Provozní životnost [počet cyklů] – udává počet úplných nabíjecích a vybíjecích cyklů vzhledem k poklesu kapacity.

Akumulátorů je velké množství druhů a i v současnosti probíhá velmi rychlý rozvoj technologií a výzkumu v této oblasti, proto jsou v následujícím přehledu dva hlavní zástupci jako varianty pro přestavbu.

4.2.1 Olověný akumulátor

Jedná se o dosud nejrozšířenější typ akumulátoru v automotive, skládá se z olověných deskových elektrod zaplavených v roztoku vodou zředěné kyseliny sírové. Jmenovité napětí jednoho článku je kolem 2 V. Velkou výhodou tohoto typu akumulátoru je jeho odolnost, kdy mu nevádí krátkodobé zatěžování s velkým odběrem proudu. Nevýhodou je vysoká hmotnost (nízká energetická hustota kolem 30 – 80 Wh/kg), sulfatace (degradace elektrod) při vybitém stavu, samovybíjení cca 5% za měsíc i při odpojeném stavu a hlavně možnost tvorby výbušného vodíkového plynu při přebíjení akumulátoru a také dlouhé nabíjení (nabíjecí proud maximálně 0,1 x kapacita akumulátoru, tj. nabíjení v řádu hodin). [20][22]

V současnosti je tento základní typ vylepšen na odolnější a bezúdržbové varianty označované jako AGM, kdy je elektrolyt nasáklý ve skelné vatě, nebo EFB, kde je použit speciální separátor zajišťující vysokou cyklickou stabilitu, dále VRLA, kdy je elektrolyt ve formě gelu, anebo nejodolnější trakční DEEP CYCLE typ pro cyklické a hluboké vybíjení. [22]



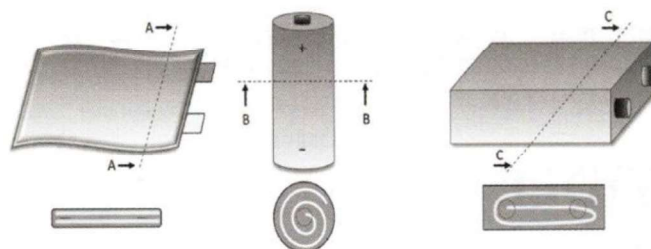
Obrázek 9: olověný akumulátor v řezu (varta-automotive.cz)

4.2.2 Lithium-iontový akumulátor

Tyto akumulátory jsou dnes nejpoužívanější jak v elektromobilech, tak i v různých domácích aplikacích, mobilních telefonech, noteboocích atd. Svůj název získaly podle iontů lithia, které při nabíjení přechází na anodu a při vybíjení naopak na katodu. Pod tuto kategorii v současnosti patří několik konkrétních technologií jako LiNiCoAlO_2 , LiMn_2O_4 , LiFePO_4 , LiCoO_2 , a další.

Lithium-iontové akumulátory mají vysokou energetickou hustotu přes 200 Wh/kg, jmenovité napětí jednoho článku je kolem 3,6V, jsou schopny dodávat velký proud a zároveň se velkým proudem i mohou nabíjet, netrpí na samovybíjení. Mají životnost 500-2000 cyklů podle použité technologie. Nevýhodou je jejich vysoká pořizovací cena, při vysokých proudech nutnost aktivního chlazení, velké riziko požáru při elektrické závadě nebo mechanickém poškození a také nutnost speciálních monitorovacích obvodů (BMS) pro vyrovnávání a nabíjení jednotlivých článků.

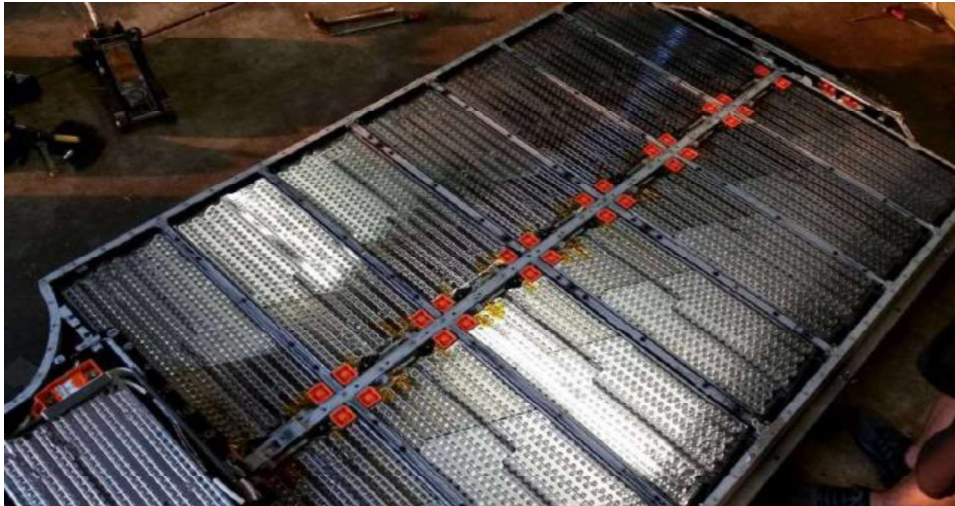
Jednotlivé články se vyrábí v různých velikostech buď jako deskové, válcové nebo hranolové (viz obr. 10).



Obrázek 10: tvary li-ion článků

Například americká společnost Tesla do svých modelů S a X používá válcové články Panasonic označované jako 18650NCR, s kapacitou 3400mAh, jejichž rozměry jsou 18mm průměr, 65mm délka. 444 těchto článků tvoří jeden modul s kapacitou 5,3kWh a jmenovitým napětím 22,8V, kdy jsou články za-

pojeny systémem 6 série 74 paralelně. Maximální proudový odběr po dobu maximálně 10 sekund z jednoho článku je 10,2 A (3C), což pro modul dává 750 A, trvalý odběr z jednoho článku je 6,8 A (2C), takže celý modul dává 500A. V bateriovém packu umístěném pod celou podlahou mezi koly vozu je pak celkem 16 těchto modulů zapojených do série a dávajících celkové jmenovité napětí 360 V pro pohonnou soustavu (viz obr. 11).



Obrázek 11: pohled do baterie packu Tesla Model S [22]

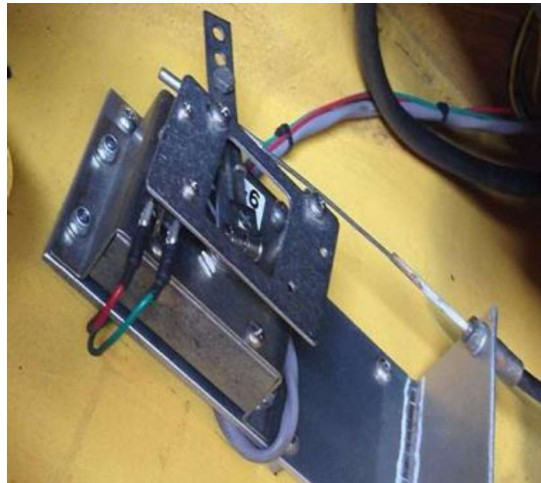
4.3 Další součásti

Ovšem k přestavbě jsou potřeba i další součásti, bez kterých by elektromotor s akumulátorem ve vozidle nemohl správně fungovat

4.3.1 Plynový pedál

U dnešních automobilů je plynový pedál pouze elektronický snímač polohy (TPS, APPS), který předává data do řídicí jednotky motoru a ta následně zvýší, či naopak sníží tažnou sílu spalovacího motoru. V elektromobilu má tento elektronický snímač dvě funkce, při jeho sešlápnutí do 1/3 a více se chová stejně jako u spalovacích motorů, ale od nulové polohy do 1/3 sešlápnutí se chová jako regulovaná brzda – elektromotor pracuje v brzděném rekuperačním režimu (vyrábí elektrický proud a nabíjí s ním baterii vozidla).

U starších vozidel určených k přestavbě je plynový pedál ještě mechanický (většinou lankem) spojen se škrticí klapkou motoru a proto je nutná jeho náhrada za elektrickou verzi. Jsou možné dvě varianty náhrady pedálu. Za prvé je možné tento původní pedál úplně demontovat a na jeho místo po úpravě pedálové konzole připevnit nový elektronický pedál určený pro elektromobily. Nebo zachovat původní lankový pedál a v motorovém prostoru na lanko napojit pouze senzor (např. Curtiss PB-8). Nový elektronický plyn musí být kompatibilní s řídicí jednotkou přestavbového setu, proto je výhodné, pokud je již jeho součástí.



Obrázek 12: plynový senzor Curtis PB-8 (kit-elec-shop.com)

4.3.2 DC-DC měnič

Tento měnič slouží k napájení původního stejnosměrného 12V rozvodu elektrické energie ve vozidle a dobíjení záložního 12V akumulátoru z vysokonapěťového akumulátoru vozidla. Funguje v elektromobilu místo alternátoru a musí být dostatečně výkonný (od 1 do 2,5 kW).

4.3.3 VN Vodiče

Vodiče propojující baterii vozidla s pohonnou soustavou musí mít podle předpisu EHK OSN 100 v jasně oranžovou barvu a musí být stíněné pro zamezení vysílání rušení v elektromagnetickém spektru. Protože přenáší velké proudy (v některých případech až 1000 A) mají velký průměr (okolo 20mm) a nelze je ohýbat do ostrých zlomů a úhlů.

4.3.4 Bezpečnostní prvky

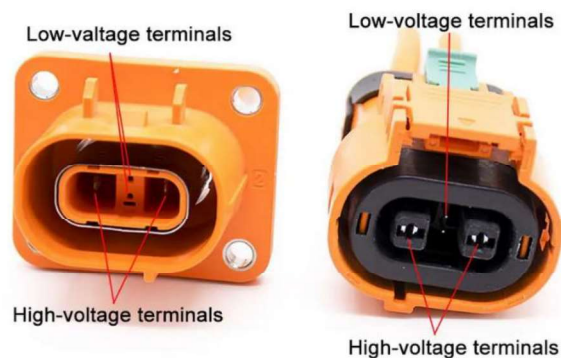
Při každé přestavbě je třeba dbát na maximální bezpečnost, a proto musí být napájecí soustava vybavena několika bezpečnostními prvky. Vysokonapěťová soustava se zapíná hlavním stykačem (main contactor), až když je klíček zapalování v poloze 1 (zapnuté systémy vozu a vůz připraven k jízdě) do té doby je vše napájeno ze záložní 12V baterie.

Vozidlo musí obsahovat dobře přístupný servisní odpojovač (service disconnect), který většinou obsahuje i hlavní pojistku a před jakoukoliv prací na vozidle musí být z vozidla odebrána jeho vypínací část (i s pojistkou). Hlavní pojistka ve VN obvodu slouží pro případ nadproudu nebo zkratu a chrání samotné díly obvodu. Dále je vhodné pro případ nehody vybavit vozidlo systémem s pojistkovou pyropatronou, která při nárazu vozidla mžikově přeruší VN obvod. Tato pyropatróna je však iniciována elektricky podobně jako airbagy a tudíž je pro její použití ve vozidle potřeba další elektronika.



Obrázek 13: servisní odpojovač v oddělené poloze (renhotecev.com)

Posledním opatřením je použití tzv. HVIL konektorů pro konce VN kabelů. Tento systém, kdy je součástí VN konektorů i NN kontakt, funguje tak, že při rozpojování (ať už náhodným nebo úmyslném) se první rozpojí NN kontakt, který je monitorován jednotkou a ta ihned vypne hlavní stykač a tím přeruší VN obvod před rozpojením HVIL konektoru.



Obrázek 14: HVIL konektory (renhotecev.com)

4.3.5 Systémový a bateriový MF displej

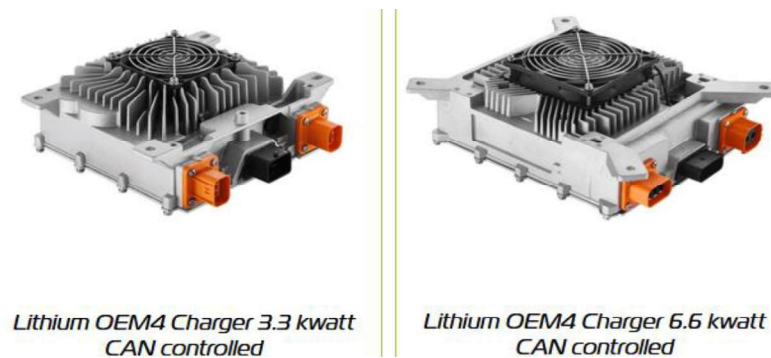
Protože řídicí jednotky elektromotorů ale i BMS baterie mohou předávat množství dat potřebných pro řidiče, je nutné dovybavit vozidlo displejem s ovládacími prvky, který zobrazuje a zároveň umožňuje přepínat a i měnit parametry motoru i baterie. Jednodušším zásahem je do interiéru namontovat přídatný ukazatel nebo obrazovku/tablet, případně složitějším je přes převodník použít stávající zobrazovače na přístrojové desce nebo rádiu.



Obrázek 15: bateriový a systémový monitor (evwest.com)

4.3.6 Nabíječka AC/DC

Umožňuje bezpečné nabíjení akumulátoru vozidla z AC i DC dobíjecích stanic. Nabíječka komunikuje s BMS jednotkou baterie a reguluje průběh nabíjení. Umožňuje připojit vozidlo k nabíjecím stanicím na stejnosměrné i střídavé napětí. Při použití střídavého napětí je limitována výkonem svého zabudovaného usměrňovače (u přestaveb a starších elektroaut většinou 3,3 nebo 6,6 kW). Má aktivní vzduchové nebo vodní chlazení. Součástí nabíječky je i odpovídající konektor pro připojení vozu k dobíjecí stanici.



Obrázek 16: onboard nabíječka li-ion baterie [24]

4.3.7 Precharge relé a rezistor

Precharge rezistor slouží k omezení přechodových jevů na začátku nabíjení po připojení vozidla k nabíjecí stanici. A relé naopak slouží k tomu, aby rezistor nebyl zapojen v obvodu, pokud nabíjení není v činnosti.

4.3.8 Zdroj podtlaku pro brzdový posilovač

Odstraněním spalovacího motoru s celým jeho příslušenstvím vozidlo ztratí zdroj podtlaku pro brzdový systém. Tento je nutné nahradit buď zachováním původních komponent a použitím zdroje nového podtlaku na elektrickou energii, nebo demontáží původního posilovače a použitím kompletního posilovače z jiného elektromobilu.



Obrázek 17: brzdový podtlakový set [24]

4.3.9 Posilovač řízení

Posilovače řízení, pokud je jimi vozidlo vybaveno, mohou být buď hydraulické, nebo elektromechanické. V případě elektromechanického je potřeba pouze zkontrolovat, aby měl DC-DC měnič dostatečný výkon pro jeho napájení. V případě hydraulického posilovače je potřeba nahradit původní hydraulické čerpadlo (servo), poháněné mechanicky (přes řemen) spalovacím motorem, čerpadlem poháněným elektřinou. Nebo zabudovat nové řízení s elektrickým posilovačem.



*Elektrisch-hydraulische pomp
voor stuurbevrachting -
GEBRUIKT*



*Universal electric power steering
kit*

Obrázek 18: Posilovač řízení - elektrické servo a univerzální set elektrického posilovače [24]

4.3.10 Elektrické topení

Protože původní topení ve vozidle používalo odpadní teplo z chladicí soustavy spalovacího motoru, musí se původní topení nahradit jiným zdrojem tepla. Takovýto zdroj tepla by měl mít výkon alespoň 500 - 800W, ideálně kolem 2-3kW. Nejjednodušší cesta je napojit původní vodní okruh topení na nový zdroj tepla a cirkulační čerpadlo. Složitější variantou je nahradit původní vodní vložku topení novou PTC vložkou napájenou v horším případě z 12V rozvodu anebo v lepším případě z VN rozvodu (menší zátěž pro DC-DC měnič a vodiče). Nejsložitější cestou je nahradit původní topení reverzním tepelným čerpadlem jako je tomu u moderních elektroaut, kdy lze jak ohřívat, tak i chladit vnitřek vozu podle potřeby.



*TEMRO DC water heater 2250
Watt*



DC heater 1300 watts



*EV High Voltage Air Conditioning
Compressor Pump 1.6 kW*

Obrázek 19: Díly topení - vodní ohřivač, VN PTC vložka a elektrický VN klima kompresor [24]

5 Přestavba vozidla – legislativa v ČR a EU

Protože bude přestavěné vozidlo jezdit po pozemních komunikacích, musí splnit celou řadu podmínek uvedených v různých předpisech a zákonech. Celá problematika schvalování přestavby je názorně popsána v bakalářské práci Jany Dufkové „Analýza proveditelnosti přestavby vozidla se spalovacím motorem na elektropohon“ na stranách 16 až 27. Proto zde bude uveden jen stručný přehled předpisů.

5.1 Legislativa ČR

Přestavbou se dle článku 73 zákona č. 51/2001 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb., o pojištění odpovědnosti za škodu způsobenou provozem vozidla a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o pojištění odpovědnosti z provozu vozidla), ve znění zákona č. 307/1999 Sb. rozumí změna nebo úprava těchto podstatných částí mechanismu nebo konstrukce silničního vozidla:

- změna druhu pohonu, vestavění jiného typu motoru,
- změna karoserie, pérování vozidla a kol způsobující změnu povoleného zatížení,
- změna druhu karoserie nebo nástavby, pro které se mění účel a způsob použití silničního vozidla,
- změna kategorie vozidla.

Přičemž ale při přestavbě lze změnit nebo upravit pouze jednu z výše jmenovaných podstatných částí a jiné části nesmí být touto ani případnými následnými přestavbami změněny. A vozidlo musí po přestavbě splňovat technické požadavky, které byly platné v době jeho výroby, nebo technické požadavky pozdějších předpisů uvedených v přílohách vyhlášky č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, pro typ vozidla příslušného druhu a kategorie.

Při provozu vozidla musí i přestavěné vozidlo plnit pravidelné prohlídky na STK v plném rozsahu, vůz je pouze osvobozen od měření emisí. [20]

5.2 Legislativa EU

Protože je ČR členem Evropské Unie, vztahují se na přestavbu další mezinárodní předpisy Evropské hospodářské komise OSN. Vozidlo nebo jeho část splňující homologační systém v daném státu získá evropskou homologační značku (v ČR je to E8). Problematicku elektromobilů řeší tyto předpisy:

5.2.1 EHK OSN č. 10

Tento předpis se týká jednotných ustanovení pro schvalování vozidel z hlediska elektromagnetické kompatibility. Touto kompatibilitou se řeší, jestli vozidlo nebo jeho část funguje bez tvorby nepřijatelného elektromagnetického rušení. A zahrnuje tyto požadavky:

- požadavky týkající se odolnosti proti vyzařovanému rušení nebo rušení šířenému vedením, ovlivňujícím funkci související s přímým ovládním vozidla, ochrannou řidiče, spolujezdce a dalších účastníků silničního provozu, s rušením, které by mohlo způsobit zmatení řidiče nebo dalších účastníků silničního provozu, s funkcí datové sběrnice vozidla a s rušením, které by ovlivnilo povinné údaje vozidla,
- požadavky na kontrolu nežádoucích vyzařovaných emisí a emisí šířených vedením pro ochranu při určeném použití elektrického nebo elektronického zařízení ve vlastních nebo sousedních či jim blízkých vozidlech, a kontrolu rušení pocházejícího z příslušenství, které může být dodatečně namontováno do vozidla,
- doplňkové požadavky na vozidla s propojovacími systémy pro nabíjení RESS týkající se kontroly emisí vznikajících při připojení vozidla k elektrické síti a odolnosti proti nim. [20]

5.2.2 EHK OSN č. 85

Neboli „jednotná ustanovení pro schvalování spalovacích motorů nebo elektrických hnacích ústrojí určených k pohonu motorových vozidel kategorie M a N z hlediska měření netto výkonu a maximálního třicetiminutového výkonu elektrických hnacích ústrojí“. Tento předpis se vztahuje na sestavení křivky výkonu při plném zatížení a maximálního třicetiminutového výkonu elektrických hnacích ústrojí v závislosti na otáčkách motoru podle údajů výrobce pro spalovací motory nebo elektrická hnací ústrojí určená k pohonu motorových vozidel kategorie M a N.

Zde je pro přestavbu důležitá část, a to že konstrukční části, které mohou ovlivnit výkon hnacího ústrojí, musí být navrženy, vyrobeny a smontovány tak, aby hnací ústrojí při normálním použití bylo schopno splňovat ustanovení tohoto předpisu navzdory vibracím, kterým může být vystaveno. [20]

5.2.3 EHK OSN č. 100

Tento předpis se jmenuje „jednotná ustanovení pro schválení bateriových elektrických vozidel z hlediska zvláštních požadavků na konstrukci, funkční bezpečnost a emise vodíku“. A týká se bezpečnostních požadavků pro veškerá bateriová elektrická silniční vozidla kategorií M a N s maximální konstrukční rychlostí převyšující 25 km/h. Zahrnuje tyto požadavky:

Konstrukční

- Montáž trakční baterie do vozidla nesmí být umožněno žádné potenciální nebezpečí kumulace plynových kapes. Prostory pro baterie musí být odvětrány.
- Trakční baterie a výkonové propojení musí být chráněny vhodně dimenzovanými pojistkami nebo jističi obvodů.
- Musí být zajištěna ochrana před přímým dotykem s živými a nechráněnými vodivými částmi výkonového připojení.
- Ochranné kryty živých částí musí být viditelně označeny.
- Je-li vozidlo galvanicky připojeno na energetickou napájecí síť nebo na mimopalubní nabíječku, nesmí být v žádném případě schopno samo se pohybovat.
- Prvky použité při nabíjení baterie z vnějšího zdroje musí zajišťovat, aby bylo v případě rozpojení nabíjecí proud možné bez fyzického poškození přerušit.

Funkční

- Výkonové propojení se zajistí prostřednictvím klíčového spínače. Tento klíč nesmí být možné vyjmout v žádné pozici, která aktivuje propojení pohonu nebo umožňuje aktivní jízdu.
- Jakmile dosáhne stav nabití baterie minimálního napětí stanoveného výrobcem, musí být uživatel na tento stav dostatečně rychle upozorněn, aby byl vozidlo schopen dopravit vlastní silou alespoň z dosahu provozu.
- Neúmyslná akcelerace, zpomalení nebo přepnutí propojení pohonu do zpětného chodu musí být znemožněno.
- Zpětná jízda musí být možná pouze po provedení zvláštní operace.
- Je-li vozidlo vybaveno zařízením pro omezení výkonu v nouzi, musí být uživatel informován zřejmým signálem.

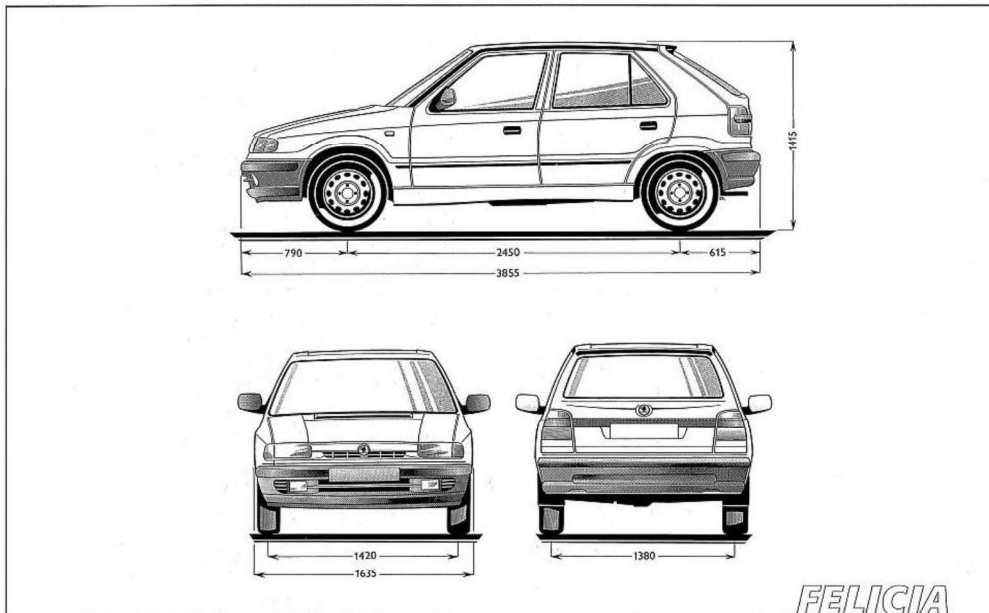
Stanovení emisí vodíku se týká plynování oloveného trakčního akumulátoru pomocí palubní nabíječky vozu a z této zkoušky jsou vyloučena vozidla vybavená bateriemi s nekapalnými elektrolyty nebo s utěsněnými bateriemi. [20]

5.2.4 EHK OSN č. 101

Tento předpis s názvem „jednotná ustanovení pro schvalování typu osobních automobilů poháněných výhradně spalovacím motorem nebo poháněných hybridním elektrickým hnacím ústrojím z hlediska měření emisí oxidu uhličitého a spotřeby paliva a/nebo měření spotřeby elektrické energie a akčního dosahu na elektřinu, a dále vozidel kategorie M1 a N1 poháněných výhradně elektrickým hnacím ústrojím z hlediska měření spotřeby elektrické energie a akčního dosahu na elektřinu“ má za úkol stanovit spotřebu vozidla v městském a mimoměstském cyklu a jeho dojezd (akční dosah). [20]

6 Přestavované vozidlo

K přestavbě bylo vybráno vozidlo Škoda Felicia 1.6 MPi z roku 1996. Vozidlo je používáno autorem práce k denním cestám do práce a zpět (celkem cca 22km). Jedná se o pětidvéřový pětimístný hatchback s pohonem předních kol.



Obrázek 20: Rozměry Škoda Felicia (skoda-techweb.cz)

6.1 Parametry vozu před přestavbou

Vůz pohání zážehový, vodou chlazený řadový čtyřválec o objemu 1,6 litru s výkonem 55 kW při 4500 ot/min a točivým momentem 135 Nm při 3500 ot/min. uložený vpředu napříč. Ventilový rozvod je OHC, motor má vícebodové nepřímé vstřikování paliva od firmy Magneti Marelli, bezkontaktní elektronické zapalování s mechanickým rozdělením jiskry do jednotlivých válců, splňuje normu EU2. Udávaná spotřeba dle EHK (město / 90km/h / 120 km/h) je 8,8 / 5,4 / 7,7 litrů na 100 km. Reálná dlouhodobá na krátkých meziměstských trasách je 7,7 litru na 100 km. Palivem je benzín Natural o minimálním oktánovém čísle 95. V následující tabulce je uveden průběh točivého momentu a výkonu motoru.

Tabulka hodnot výkonu a točivého momentu

ot./min.	výkon (kW)	točivý moment (N.m)
1.500	15.0	111.0
2.000	26.0	127.0
2.500	32.0	130.0
3.000	41.0	132.0
3.500	49.0	135.0
4.000	52.0	124.0
4.500	55.0	116.0
5.000	54.5	103.0
5.500	54.0	93.0

Tabulka 1: Točivý moment a výkon motoru 1.6MPi AEE (cimbu.cz)

Spojka je suchá jednolamelová s talířovou přitlačnou pružinou, mechanicky ovládaná lankem od spojového pedálu. Průměr obložení je 190 mm (motor 1.9D má průměr 200 mm), třecí plocha je 285 cm². Přítlak talířové pružiny je 4300 – 4900 N (u motoru 1.9D je přítlak 4100-4700N). Převodovka typ 14S je mechanická plně synchronizovaná pětistupňová s přímým řazením a oproti typu 10S má zesílené víko. Převodové poměry převodovky udává následující tabulka.

Rychlost	Počet zubů hnaný : hnací	Převodové číslo
1. rychlost	43 : 13	3,308
2. rychlost	44 : 23	1,913
3. rychlost	38 : 30	1,267
4. rychlost	39 : 40	0,975
5. rychlost	35 : 44	0,795
stálý převod	69 : 18	3,833
zpětný chod	38 : 13	2,923

Tabulka 2: Převodové poměry převodovky 14S [23]

Pohotovostní hmotnost vozidla je 965 kg, užitečná 485 kg a celková 1450 kg. Součinitel odporu vzduchu karoserie je 0,345. Dojezd vozu je cca 550 km (při spotřebě 7,7l/100km). Do nádrže se vejde 42 litrů paliva.

Vůz není vybaven posilovačem řízení ani systémem ABS.

6.2 Předpokládané parametry po přestavbě

Základním požadavkem je, aby výměna pohonu a nutného příslušenství byla dle legislativy „pouze“ přestavbou jednotlivého vozidla a nebyla třeba homologace nového vozu. Další požadavkem je co nejmenší viditelný zásah do vozidla i jeho interiéru tak, aby vozidlo vypadalo jako „obyčejná“ Felicie se spalovacím motorem.

Co se týká předpokládaných/požadovaných technických parametrů, tak základem je, aby jízdní dynamika vozidla byla minimálně zachována. Tj. výkon elektromotoru by měl být minimálně 60 kW, krouticí moment 150 Nm, a dojezd alespoň 200 km tak, aby stačilo vozidlo nabíjet jednou týdně (přes víkend). Při předpokládané spotřebě kolem 15 kW/100 km tedy budou potřeba baterie s kapacitou alespoň 30 kWh. Což při použití li-ion akumulátorů vychází na minimálně 150 kg.

Dalším důležitým požadavkem je zachování co nejmenší hmotnosti vozu, protože při zvýšené hmotnosti by jednak klesla dynamika vozu a také by mohlo příliš narůst zatížení náprav. Z přední části vozu bude demontován motor s příslušenstvím (cca 80 kg) a případně převodovka (27 kg) a řazení (3 kg). Ze střední části vozu pak výfuk (cca 15 kg) a také palivová nádrž (cca 15 kg plus 32 kg palivo). Celkem tedy bude vozidlu odebrána hmotnost 172 kg nebo 142 kg v případě zachování převodovky a řazení. Většina této hmotnosti však zatěžovala přední nápravu (v poměru 117:55=2:1).

Posledním požadavkem je cena přestavby, která by neměla přesáhnout cenu nového elektrovozu obdobných vlastností tj. v ideálním případě do 300 - 400 tisíc Kč.

7 Dostupné varianty elektromotorů a baterií

Po stanovení výchozích podmínek přestavby je třeba se podívat na nabídku firem dodávajících komponenty pro přestavbu nebo lépe kompletní přestavbové sety. Nabídku firem je z dopravních a celních důvodů nutno hledat v Evropské Unii, čímž se okruh velmi zúží. Při výběru je také dobré vybrat takové komponenty nebo sety, které splňují legislativní podmínky pro přestavbu (a tím zlevní schvalovací proces). Byly nalezeny dvě firmy nabízející kompletní univerzální sety k zástavbě a to nizozemská EVEurope.eu a rumunská EVshop.eu.

7.1 Varianta 1

V nabídce holandské firmy je kompletní konverzní sada s motorem HyPer 9 typu SRIPM o maximálním výkonu 90 kW a krouticím momentu 220 Nm. Firma dodává k motoru připevněný kovový box obsahující střídač, DC-DC měnič a další elektroniku. Set dále obsahuje plynový senzor Curtis PB-6, několik variant akumulátorů s BMS jednotkou a servisním odpojovačem s pojistkou a 3,3kW nabíječku s „Typ 2“ (Mennekes) nabíjecí zásuvkou. A samozřejmě 8 metrů VN stíněného oranžového kabelu, NN signálové vodiče plus další potřebné očka, koncovky, piny a tlačítka.

Set splňuje tyto certifikace Motor - EHK OSN 10, 100; baterie a BMS EHK OSN 10 a všechny komponenty pak certifikaci CE a nabízí se se 4 variantami motoru - chlazený vzduchem nebo vodou a podle připojeného napětí jako nízkonapěťový (maximálně 130V) a vysokonapěťový (maximálně 180V). Tento motor se, vzhledem k rozsahu otáček a podobným charakteristikám jako původní spalovací motor, bude připojovat k původní převodovce. Samotný motor (všech čtyř variant) váží cca 75 kg. Takže na baterie zbývá hmotnost cca 70 kg. To vynucuje výběr nízkonapěťového typu s menším počtem akumulátorů. Set neobsahuje displej, topení ani podtlakový systém pro brzdy. Cena za set podle baterií je cca 15 tisíc Euro (bez daně).



Obrázek 21: konverzní set s motorem HyPer9 [24]

7.2 Varianta 2

V nabídce rumunské firmy je také kompletní konverzní sada s motorem HyPer 9 typu SRIPM o maximálním výkonu 90 kW a krouticím momentu 220 Nm. Set obsahuje střídač, DC-DC měnič a další elektroniku, plynový pedál z vozu Prius II, akumulátory Tesla model S s BMS jednotkou a servisním odpojovačem

s pojistkou a 3,3kW nebo 6,6kW nabíječku s „Typ 2“ (Mennekes) nabíjecí zásuvkou. A dále VN stíněný oranžový kabel, NN signálové vodiče plus další potřebné očka, koncovky, piny a tlačítka, displej, PTC topení a podtlakový systém pro brzdy.

Firma nedeclaruje, že by set splňoval nějaké certifikace. Motor je nabízen ve 2 variantách - podle připojeného napětí jako nízkonapěťový (maximálně 130V) a vysokonapěťový (maximálně 180V). Tento motor se, vzhledem k rozsahu otáček a podobným charakteristikám jako původní spalovací motor, bude připojovat k původní převodovce. Samotný motor (obou variant) váží cca 55 kg. Takže na baterie zbývá hmotnost cca 90 kg. To vynucuje výběr nízkonapěťového typu s menším počtem akumulátorů. Cena za set podle baterií je také cca 15 tisíc Euro (bez daně).



Obrázek 22: konverzní set s motorem HyPer9 [25]

7.3 Varianta 3

Druhá nabídka rumunské firmy je kompletní konverzní sada s motorovou jednotkou z vozu Nissan Leaf typu SRIPM o maximálním výkonu 80 kW a krouticím momentu 250 Nm, vyžaduje napájení minimálně 350V a vodní chlazení. Set obsahuje střídač, DC-DC měnič a další elektroniku, plynový pedál z vozu Prius II, několik variant akumulátorů s BMS jednotkou a servisním odpojovačem s pojistkou a 3,3kW nebo 6,6kW nabíječku s „Typ 2“ (Mennekes) nabíjecí zásuvkou. A dále VN stíněný oranžový kabel, NN signálové vodiče plus další potřebné očka, koncovky, piny a tlačítka, displej, PTC topení a podtlakový systém pro brzdy.

Firma nedeclaruje, že by set splňoval nějaké certifikace. Motor je nabízen ve 3 výkonových variantách - 80kW, 110kW a 160 kW. Pro potřebu přestavby dostačuje nejmenší výkon. Tato motorová jednotka obsahuje rozvodovku s redukcí a diferencíálem a připojují se k ní přímo poloosy od kol. Samotná motorová jednotka váží cca 100 kg. Takže na baterie zbývá hmotnost cca 70 kg. To vynucuje výběr baterie s menším počtem akumulátorů. Cena za set podle baterií je cca 10 tisíc Euro (bez daně).



Obrázek 23: Motorová jednotka Nissan Leaf [25]

7.4 Varianta 4

Třetí nabídka rumunské firmy je kompletní konverzní sada s motorovou jednotkou z vozu Tesla typu SRIPM o maximálním výkonu 200 kW a krouticím momentu 400 Nm, vyžaduje napájení minimálně 350V a vodní chlazení. Set obsahuje střídač, DC-DC měnič a další elektroniku, plynový pedál z vozu Prius II, několik variant akumulátorů s BMS jednotkou a servisním odpojovačem s pojistkou a 3,3kW nebo 6,6kW nabíječku s „Typ 2“ (Mennekes) nabíjecí zásuvkou. A dále VN stíněný oranžový kabel, NN signálové vodiče plus další potřebné očka, koncovky, piny a tlačítka, displej, PTC topení a podtlakový systém pro brzdy.

Firma nedeklaruje, že by set splňoval nějaké certifikace. Pro potřebu přestavby je výkon jednotky příliš vysoký, dá se ale softwarově snížit. Tato motorová jednotka obsahuje rozvodovku s redukcí a diferenciálem a připojují se k ní přímo poloosy od kol. Samotná motorová jednotka váží cca 90 kg. Takže na baterie zbývá hmotnost cca 80 kg. To vynucuje výběr baterie s menším počtem akumulátorů ale s vyšším jmenovitým napětím. Cena za set podle baterií je cca 21 tisíc Euro (bez daně).



Obrázek 24: konverzní set se zadním motorem Tesla Model 3 [25]

7.5 Hodnocení variant

Varianty 3 a 4 by vyžadovaly větší zásahy do konstrukce vozidla – nutnost zástavby a úpravy jiných silnějších kloubových hřídelů a nábojů kol, pomocný rám motorové jednotky uchycený do podélných nosníků bez možnosti použít původní silentbloky a jejich uchycení do karoserie vozu. Při odebrání původní převodovky, kde byl náhon k mechanickému rychloměru, bude nutné zabudovat do interiéru nový elektronický rychloměr a nechat jej ocejchovat zkušebnou (cena?). Dále kvůli vyššímu potřebnému napětí (minimálně 350V) tyto zástavbové sety potřebují větší a tím i těžší baterie. A tyto všechny nevýhody snadno převáží případná pozitiva jako je úspora hmotnosti po demontáži převodovky a řazení, vyšší výkon a krouticí moment. V poslední řadě tyto sety nemají žádnou certifikaci. Tyto varianty tedy budou z dalšího výběru vyřazeny.

Zbývají tedy varianty 1 a 2, které mají stejný motor a cenu, pouze se liší v příslušenství. Varianta 1 má výkonovou elektroniku v ochranném kovovém krytu přímo u motoru, což je výhodou kvůli případnému propojování nadbytečnými kabely a také kvůli prostoru. Má certifikace. Naproti tomu varianta 2 má navíc v ceně podtlakový systém pro brzdy a PTC topení. U topení ale bude nutná úprava plastových dílů, protože toto nové topení má jiné rozměry než původní vodní vložka, což je zase zásahem do konstrukce vozu.

Vítězem hlavně díky certifikaci je tedy Varianta 1. U této varianty budou použity baterie z vozu Tesla Model S v počtu 5 kusů o celkové kapacitě 26,5 kWh a celkové hmotnosti 130 kg. Zbylé dvě možnosti baterií jsou horší (viz následující tabulka).

Baterie	Rozměr 1 modulu (mm)	Hmotnost (kg)	Kapacita (kWh)	Cena za 1kWh (Eur)
2x CATL 16S	638x372x116	104	22	200
5x Tesla Model S	690x320x80	130	26,5	170
32x LiFePo ₄	72x174x217	165	28	277

Tabulka 3: Přehled bateriových modulů [24]

Vybraný elektromotor bude kvůli použitým akumulátorům a jejich chlazení (maximální proud 500 A) softwarově omezen na maximální výkon 60 kW a krouticí moment 150 Nm. I v této konfiguraci by měl zachovat jízdní dynamiku, přestože bude mít minimálně o cca 50 kg zvýšenou hmotnost. Charakteristiky elektromotoru jsou v příloze C.

8 Zástavba vybraného elektromotoru

Dalším bodem této práce je konstrukčně vyřešit spojení sériové pětistupňové převodovky vozidla a elektromotoru HyPer 9 v úpravě od firmy EV Europe.

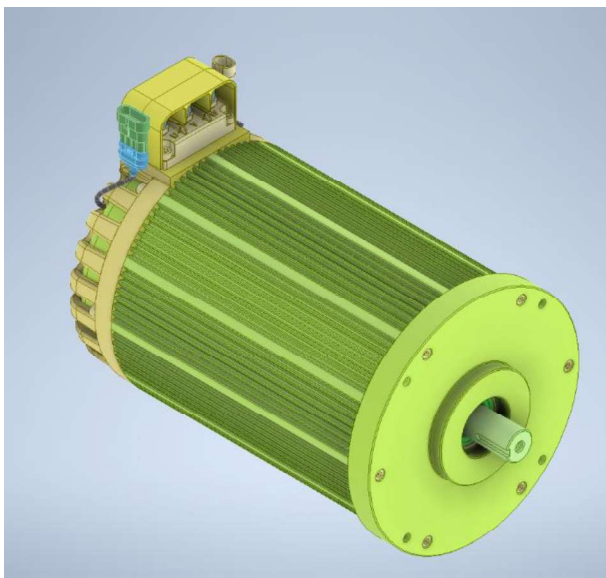
Postup další práce bude rozdělen do několika kroků. Nejdříve je nutné získat výkresovou dokumentaci k elektromotoru a převodovce, následně pak připravit možnosti spojení podle již realizovaných přestaveb a nabízených přestavbových setů, z těchto možností vybrat optimální variantu a tu konstrukčně rozpracovat.

8.1 Výkresová dokumentace

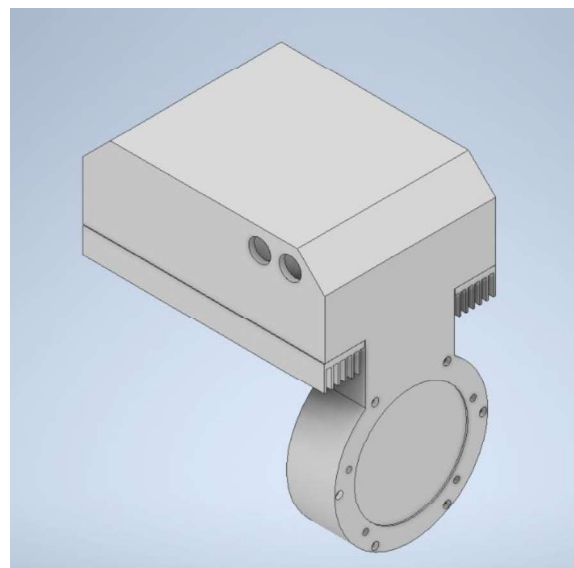
Pro potřeby tvorby 3D modelů v CAD programu Inventor je nutné zajistit v ideálním případě přímo digitální modely od prodejce nebo alespoň výkresovou dokumentaci, v nejhorším případě je nutné potřebné rozměry získat přímo změřením fyzických dílů.

Výkresová dokumentace k elektromotoru byla stažena z internetových stránek evropského prodejce www.eveurope.eu (název souboru 2018-912-00 912 E-hype assembly drawing.pdf). Tento výkres (viz příloha A) sice ukazuje tvarové modifikace motoru a má rozměry v mm, ale neobsahuje všechny potřebné rozměry přední příruby. Navíc má na dvou pohledech namontovaný adaptér k převodovce a spojkový set k jinému vozidlu.

Proto byl stažen výkres originálního neupraveného motoru HyPer 9 ze stránek amerického prodejce www.evwest.com, kde je přední příruha kompletně okótována (viz příloha B). Následně byl také stažen 3D model v souboru step (viz obr. 25). A tento byl upraven do podoby dodávané evropskou firmou domodelováním zadní příruby a horního boxu s řídicí elektronikou a chlazením (viz obr. 26).



Obrázek 26: 3D model Hyper 9 [26]



Obrázek 25: 3D model zadní příruby a horního boxu

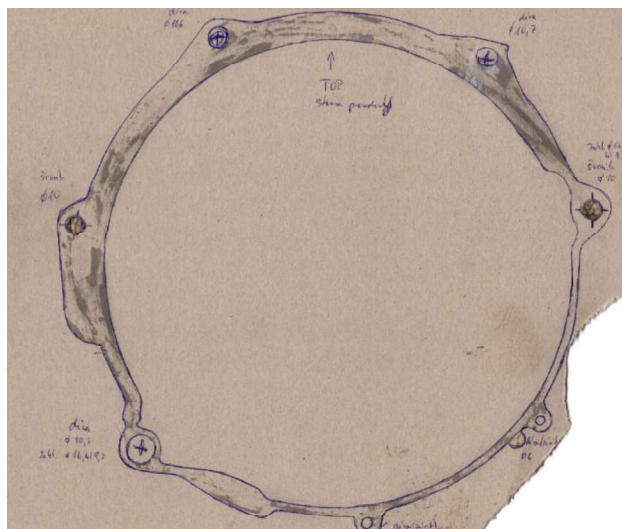
K elektromotoru je tedy připraven jak rozměrový výkres, tak i 3D model. Nyní je třeba se podívat na převodovku. Převodovka byla dodávána ve třech variantách s jinými stálými převody podle použitého motoru (1.3, 1.6, 1.9D), ale obal převodovky (tj. hlavně úchytné body a příruba k motoru) je stejný. Příruba je dokonce shodná i s vozy řady Favorit a až na jiný sklon (o 10°) a menší horní dva svorníky (M8 místo M10) i s řadou Škoda 1000 – Škoda 120. Pro potřeby zástavby motorů VW (1.6 a 1.9D) do Felicie je na motoru (1.6) nebo na převodovce (1.9D) umístěn ocelový mezikus.

Na internetu ani v odborné literatuře nebyl k dispozici výkres a vzhledem ke stáří vozidla ani 3D model převodovky. Byla tedy oslovena firma Škoda Auto a.s. s žádostí o spolupráci. Bohužel bez reakce.

Proto je třeba převodovku fyzicky přeměřit a připravit 3D model. Ve skladu školních dílen Střední školy Kralovice byla k dispozici převodovka ze Škody Favorit, která má až na několik detailů shodnou přírubu k motoru (viz obr. 27). Tato příruba byla změřena a také obkreslena na tvrdou papírovou desku (viz obr. 28).



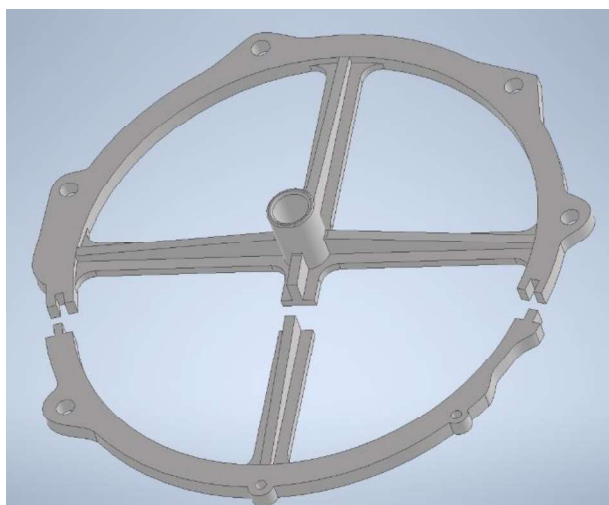
Obrázek 28: příruba převodovky Favorit



Obrázek 27: otisk příruby

Z těchto podkladů byl vytvořen 3D model. Pro ověření správného umístění všech děr, svorníků a spojovacího drážkovaného hřídele byl tento model následně rozdělen na dvě menší části tak, aby bylo možné je vytisknout na 3D tiskárně s tiskovou plochou A3 (viz obr. 29). Pro zlepšení přesnosti sestavení byl na obou krajích umístěn tvarový „zub“.

Po vytištění a slepení obou částí byl tvarový prototyp umístěn na přírubu převodovky a ověřena správná poloha. Byly provedeny drobné korekce umístění děr po obvodu a opravený prototyp opět vytištěn. Po přiložení k přírubě převodovky již vše lícuje (viz obr. 30).

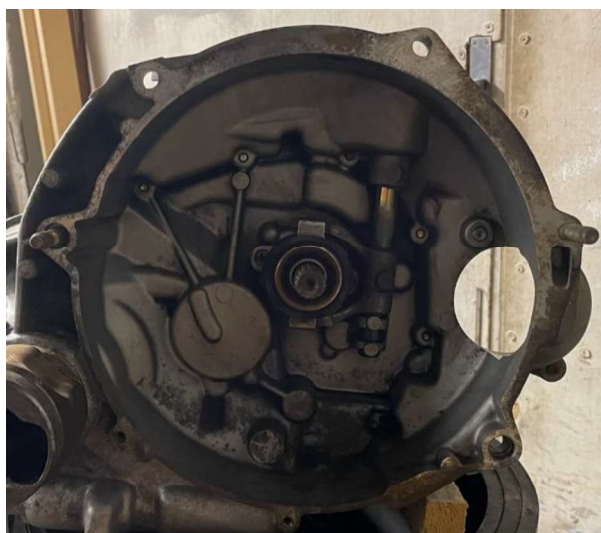


Obrázek 30: rozdělený model k tisku

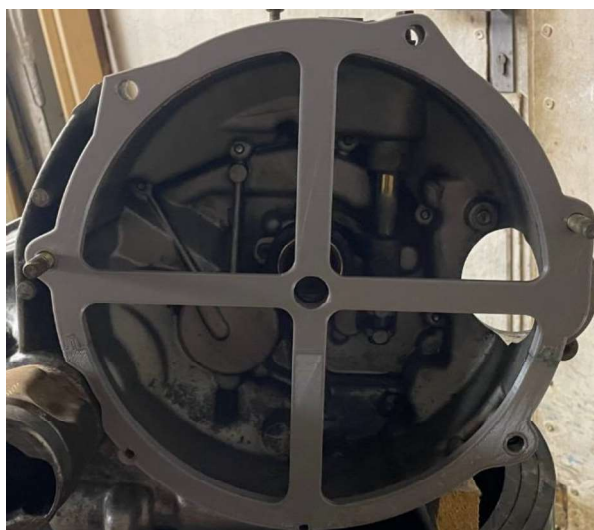


Obrázek 29: kontrola modelu na převodovce Favorit

V průběhu dokončovacích prací na tomto projektu byla přivezena do školních dílen Felicia 1.3 MPI k demontážním pracím učňů a k následnému sešrotování odbornou firmou, takže z ní byla vyjmuta převodovka, byla přeměřena a bylo ověřeno, že i na ní tvarový prototyp pasuje (viz obr. 9 a 10).



Obrázek 32: příruba převodovky Felicia 1.3



Obrázek 31: kontrola modelu na převodovce Felicia

8.2 Možnosti spojení

Průzkumem nabízených řešení přestaveb automobilů na elektrický pohon sdílených na internetu zahraničními firmami a soukromými nadšenci bylo zjištěno, že drtivá většina zachovává původní spojku vozidla a na spojení elektromotoru se setrvačником používá přírubu (viz. obr. 33 stříbrný díl vpravo nahoře), stejně tak k zajištění správné polohy spojky upevněné na hřídel elektromotoru vůči vypínacímu ložisku vkládají mezi přírubu elektromotoru a převodovky mezikus (viz. obr. 33 červený díl).



Obrázek 33: Adaptérový kit pro přestavbu [28]



Obrázek 34: hřídelová spojka [29]

Druhou variantou je přímé propojení hřídele elektromotoru a spojkové hřídele převodovky (viz obr. 34). Kde je kvůli specifickému drážkování spojkové hřídele převodovky vhodné použít střed spojkové lamely a přivařit jej k válci pro hřídel elektromotoru. I v této variantě je nutné použít přírubový adaptér pro spojení rozdílných přírub elektromotoru s převodovkou a také pro správnou vzájemnou polohu hřídelí.

Přírubové adaptéry jsou u dražších setů vyrobené z hliníkové slitiny obrobenej na CNC. Jejich hlavní výhodou je nízká hmotnost. U levnějších setů nebo domácích přestaveb jsou použity ocelové svařované desky a trubky nebo litinové obrobky, kdy je jejich výhodou cena a dostupnost (viz obr. 35 a 36)



Obrázek 36: příruba pro BMW z hliníkové slitiny [26]



Obrázek 35: ocelová svařovaná příruba [29]

8.3 Výběr varianty spojení motoru s převodovkou

Z bezpečnostních a také provozních důvodů bude i zde zachována funkčnost spojky. Tato spojka nebude mít rozjezdovou funkci (tj. umožnit měkký a plynulý rozjezd vozidla), ale pouze umožní řazení rychlostních stupňů a tím také změnu směru pohybu vozidla. [27] Nejvíce je spojka tepelně i mechanicky namáhána právě při rozjezdu. Je proto nutné zkontrolovat, zda původní spojka vyhovuje.

Níže je tabulka technických údajů spojky z dílenské příručky Škoda.

Spojka

- ◆ Jednolamelová třecí suchá spojka s talířovou pružinou, ovládaná mechanicky.

Typ motoru	Průměr lamely spojky (mm)	Třecí plocha (cm ²)	Přítlačná síla úplného vika spojky (N)
135, 135B, 136B, 135M, 136M	190	285	3700 až 4300
AEE	190	285	4300 až 4900 ¹⁾ 4600 až 5200
AEF	200	268	4100 až 4700

¹⁾ Přítlačná síla ► 06.96

Tabulka 4: technické údaje spojky Škoda Felicia [23]

Pro výpočty bude použita spojka pro typ AEE (1.6)

Výpočty pro kontrolu spojky jsou převzaty z DP spojka pomocného pohonu Ing. Holubce z roku 2008.

Kontrola přenášeného momentu:

$M_s = F * \mu * r_s * i$, kde F je kolmá přítlačná síla, μ je koef. tření, r_s je účinný poloměr spojky, i je počet třecích ploch

$$r_s = \frac{r_1 + r_2}{2} = \frac{190 + 134}{2} = 162 \text{ mm} \quad , \text{ průměry třecích ploch změřeny na spojkové lamele}$$

$$M_s = 4600 * 0,2 * 0,162 * 2$$

$$M_s = 298 \text{ Nm}$$

$M_{max} = \frac{M_s}{k}$, kde k je provozní součinitel (1,5 až 3 pro el. motory)

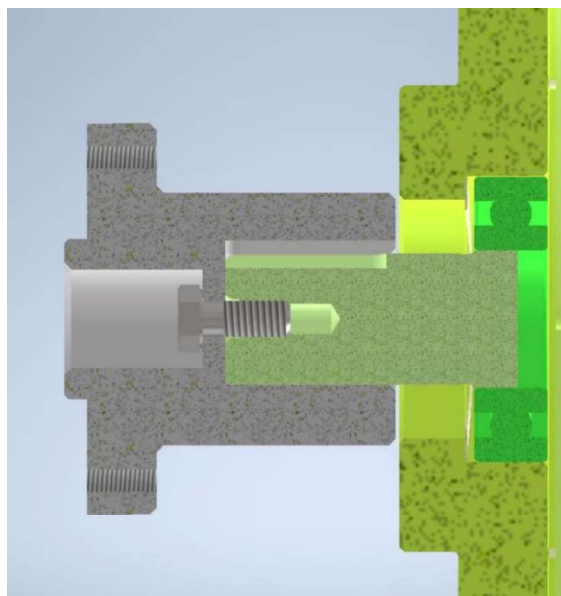
$$M_{max} = \frac{298}{1,5} = 199 \text{ Nm}$$

V zadání je maximální moment elektromotoru 150 Nm, tj. spojka momentově vyhovuje.

8.4 Konstrukční řešení

8.4.1 Příruba setrvačnicku

Nejprve je třeba zkonstruovat přírubu pro spojení setrvačnicku a hřídele elektromotoru. Byl použit tvar konce klikové hřídele, kde je montován setrvačnick. Setrvačnick bude použit z typu 1.3 MPI, kdy je tento upevněn pouze 4 šrouby. Zároveň je z něj odmontován ozubený věnec pro startér a setrvačnick je dále odlehčen (viz výkres č. DP-M03V). Výsledný tvar příruby a její umístění na hřídeli motoru je naznačen v obrázku 37 (a na výkresu č. DP-M01V). K výrobě příruby bude použita ocel 15260, případně upravená část původního klikového hřídele. Výstup z elektromotoru je pomocí hřídele s drážkou na pero. Protože je elektromotor vyráběn v USA, jsou všechny rozměry dle amerických norem v palcích - průměr hřídele je 1,125" a pero má rozměry 0,25"x 0,25"x 1,25".



Obrázek 37: řez spojením příruby a hřídele elektromotoru

Je třeba provést kontrolu pera na otláčení:

Rozměry pera: 6,35x6,35x31,75 mm, materiál 11600 ($p_{dov} = 120\text{MPa}$)

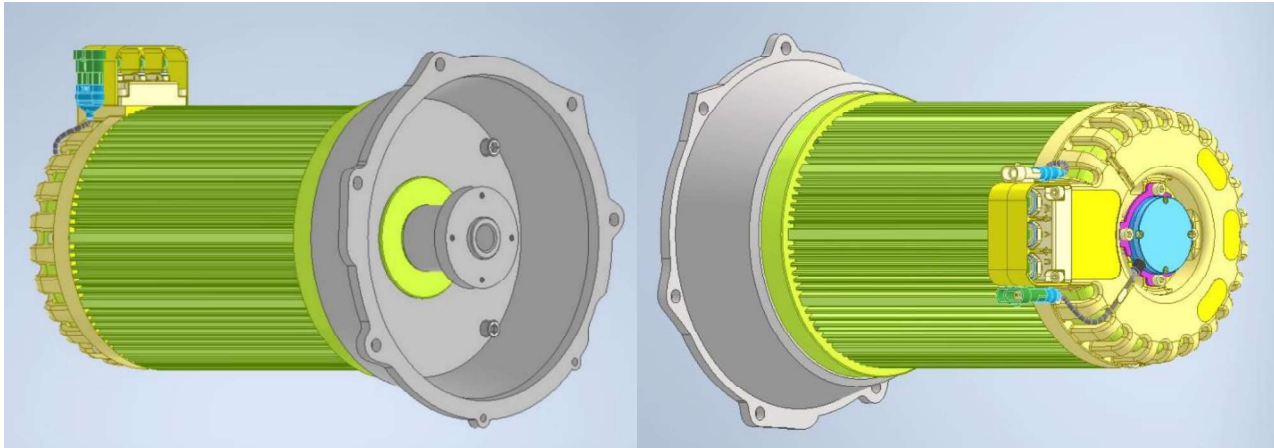
$p = \frac{4 \cdot M_k}{h \cdot l \cdot D}$, kde M_k je krouticí moment, h je výška pera, l jeho délka a D je průměr hřídele

$$p = \frac{4 \cdot 150}{0,00635 \cdot 0,03175 \cdot 0,028575} = 104 \text{ MPa} < p_{dov}$$

Pero vyhovuje.

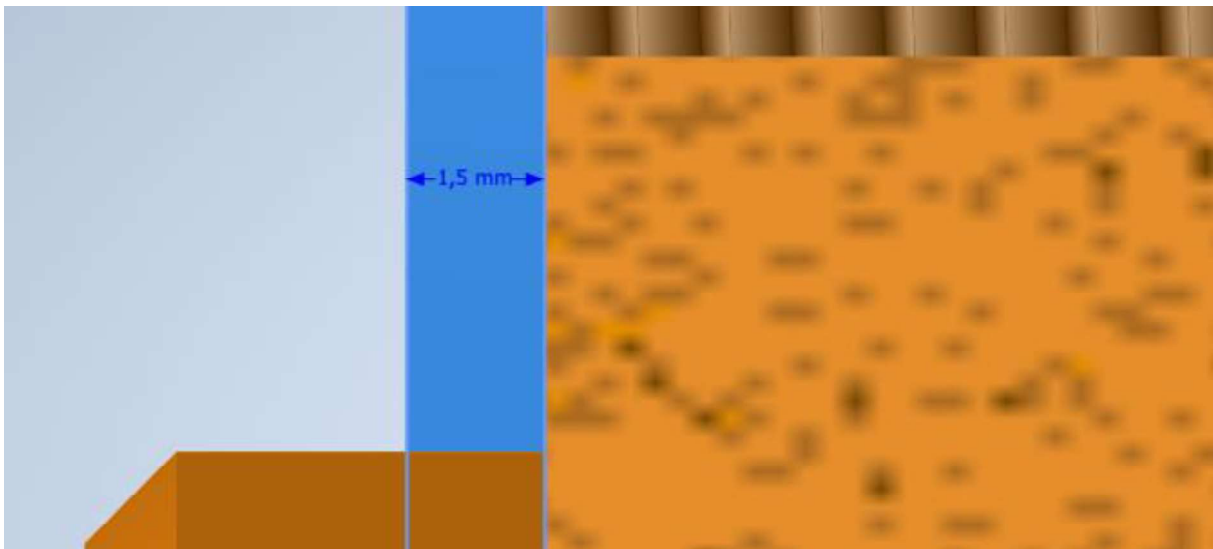
8.4.2 Příruba převodovky

Dále byla zkonstruována příruba pro spojení převodovky a elektromotoru (obr. 38). Příruba bude kvůli nižší hmotnosti vyrobena z hliníkové slitiny, materiál 6061-T6. Úspora hmotnosti proti původně zamýšlenému obrobenému litinovému odlitku je 4,9 kg.



Obrázek 38: příruba převodovky a elektromotoru

Při konstrukci byl použit CAD model tvarového prototypu pro přírubu na straně převodovky a na straně elektromotoru byla podle rozměrů na výkrese (viz příloha B) vytvarována „dnová“ příruba. Tloušťka materiálu byla navržena 10 mm. Vzdálenost mezi přírubami byla odvozena podle vzdálenosti mezi obvodovou přírubou a čelní dosedací plochou klikového hřídele pro setrvačnický, která byla změřena na původním spalovacím motoru a měla hodnotu 1,5 mm. Z této hodnoty pak vyšla celková vzdálenost mezi novým motorem a převodovkou 62 mm. Kontrola přesahu příruby o 1,5 mm byla provedena i na modelu nové sestavy (viz obr. 39). Výsledný tvar příruby převodovky a elektromotoru je na výkrese č. DP-M02V.



Obrázek 39: kontrola přesahu příruby

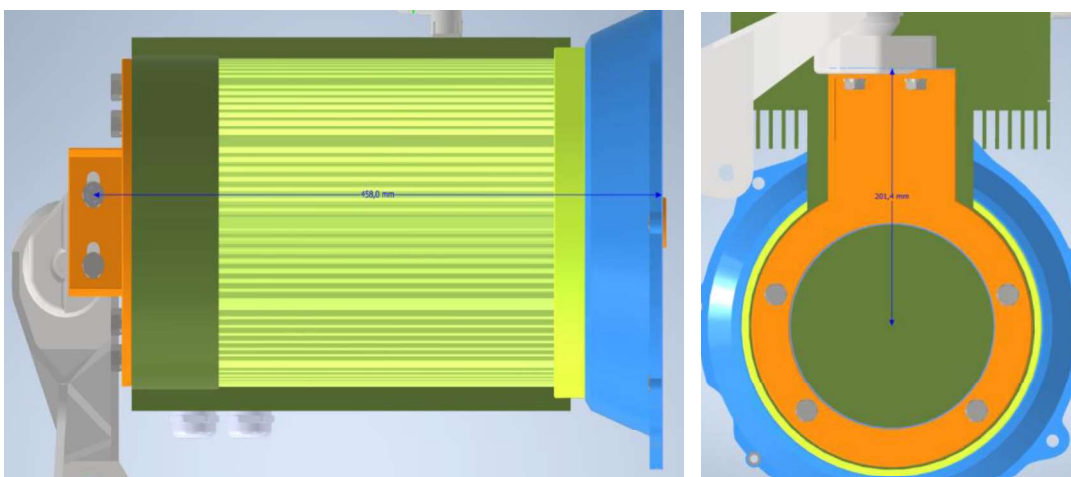
8.4.3 Zadní držák elektromotoru

A jako poslední část je třeba vyřešit uchycení elektromotoru na původní silentblok spalovacího motoru. Rozmístění otvorů čtyř šroubů M10 pro uchycení držáku na zadní stranu elektromotoru je na výkrese od firmy EVEurope (viz příloha A), dále byla změřena poloha a umístění dvou přípojných děr pro šrouby M10 na spodním dílu silentbloku motoru (viz obr. 40). Tento silentblok byl také vytvořen jako 3D model v sestavě.



Obrázek 40: Silentblok motoru 1.6 MPI

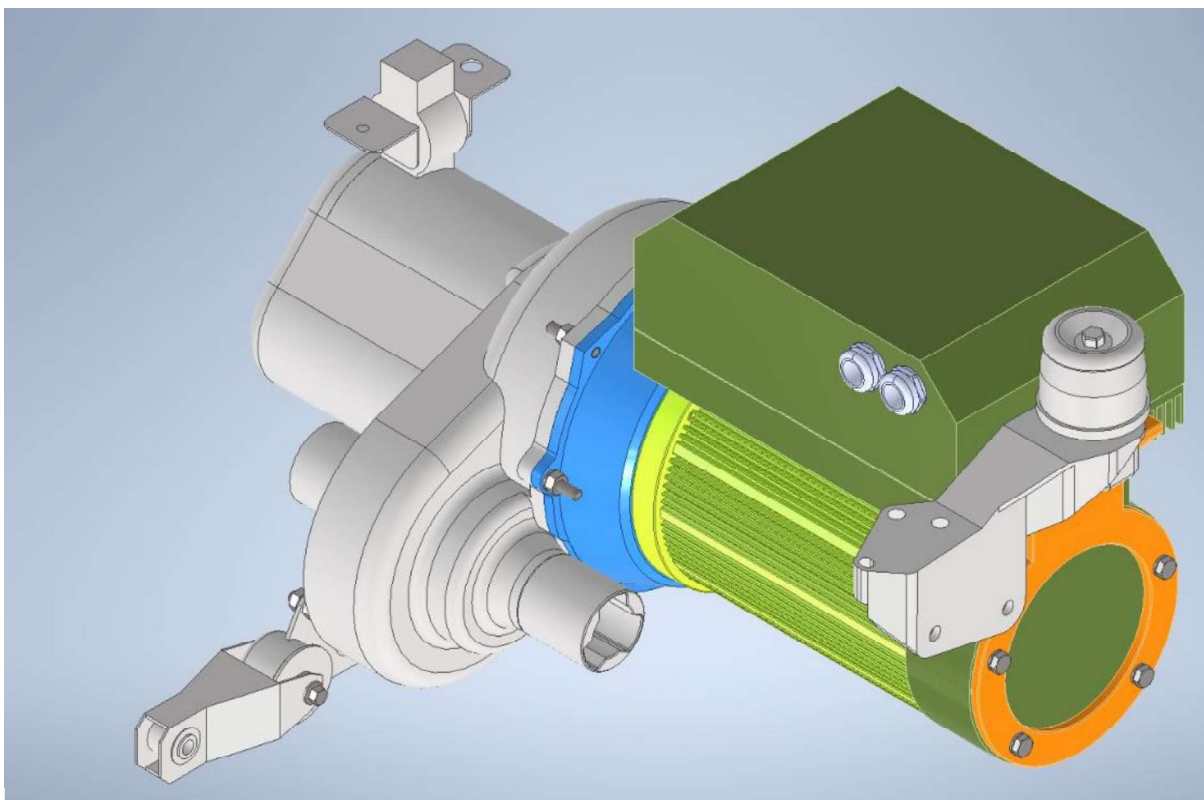
Vodorovná vzdálenost mezi dosedací plochou převodovky a středovou rovinou šroubů je 458 mm, svislá vzdálenost od středové osy hřídele motoru (a převodovky) od spodní dosedací plochy silentbloku je 201 mm. Svisle je střed elektromotoru přesně uprostřed mezi oběma šrouby silentbloku. Uložení na silentblocích má relativně velkou vůli v horizontálním i vertikálním směru, přesto jsou horní otvory na navrhovaném zadním držáku elektromotoru pro připojení k silentbloku oválné, aby bylo možné případně posunout o 10 mm. Tyto naměřené vzdálenosti byly opět zkontrolovány na modelu sestavy (viz. obr. 41)



Obrázek 41: kontrola rozměrů u zadního držáku elektromotoru

Zadní držák motoru bude kvůli hmotnosti stejně jako příruba převodovky vyroben z materiálu 6061-T6. Všechny rozměry a výsledný tvar držáku je na výkrese č. DP-M05V.

A celkový pohled na sestavu převodovky a všech tří původních držáků pohonu (šedivé části), elektromotoru s boxem řídicí jednotky (světle a tmavě zelené části), příruby mezi převodovku a elektromotor (modrá část) a zadním držákem elektromotoru (oranžová část) je na obrázku 42 a také na výkrese sestavy č. DP-M01S.



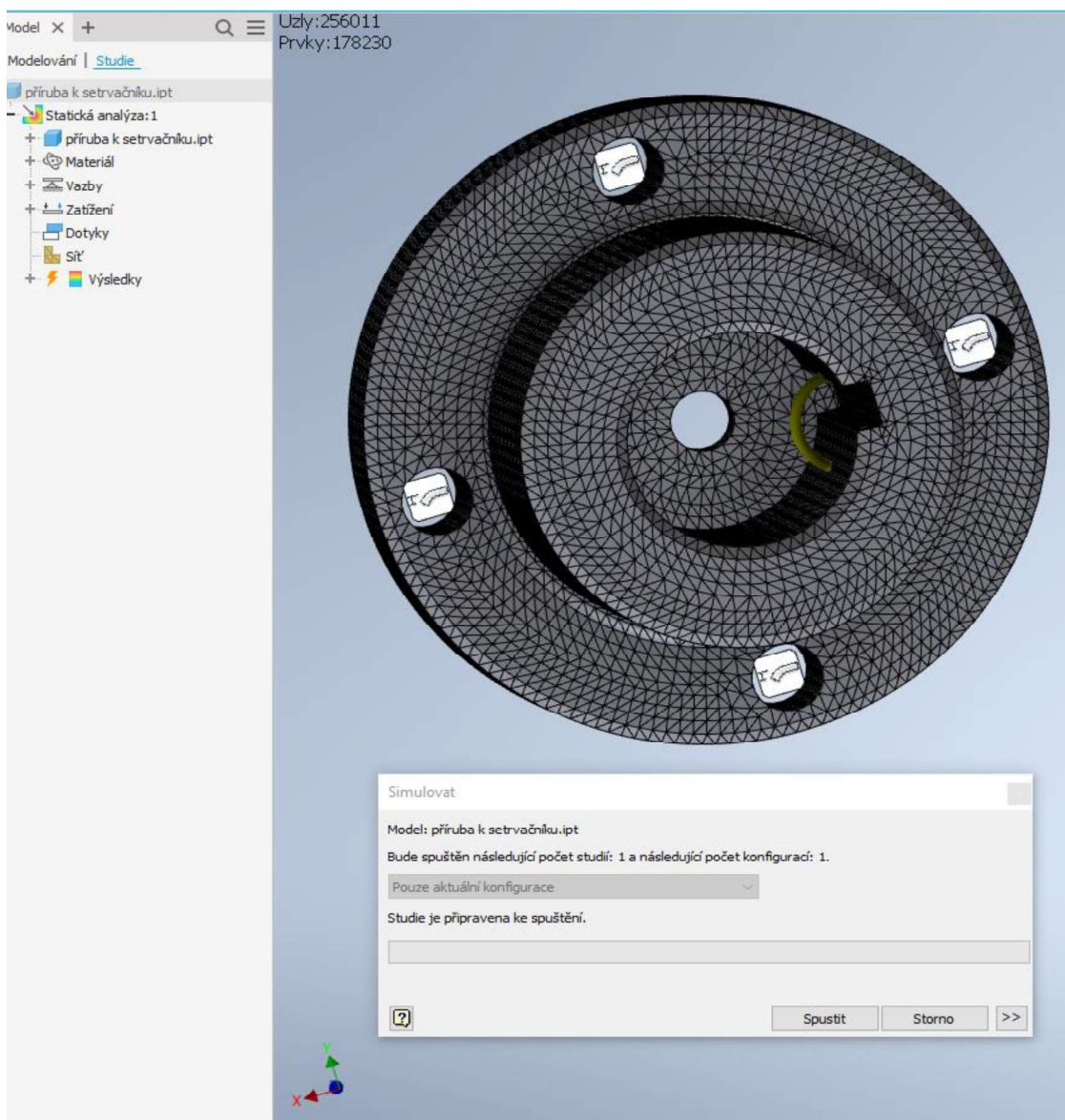
Obrázek 42: Celkový pohled na sestavu pohonu s držáky

8.5 Analýza MKP

Všechny navržené díly byly vytvořeny v programu Autodesk Inventor 2024. Zde taky byly analyzovány pomocí modulu „pevnostní analýza“ (MKP). Cílem je najít případná slabá místa v designu nových dílů.

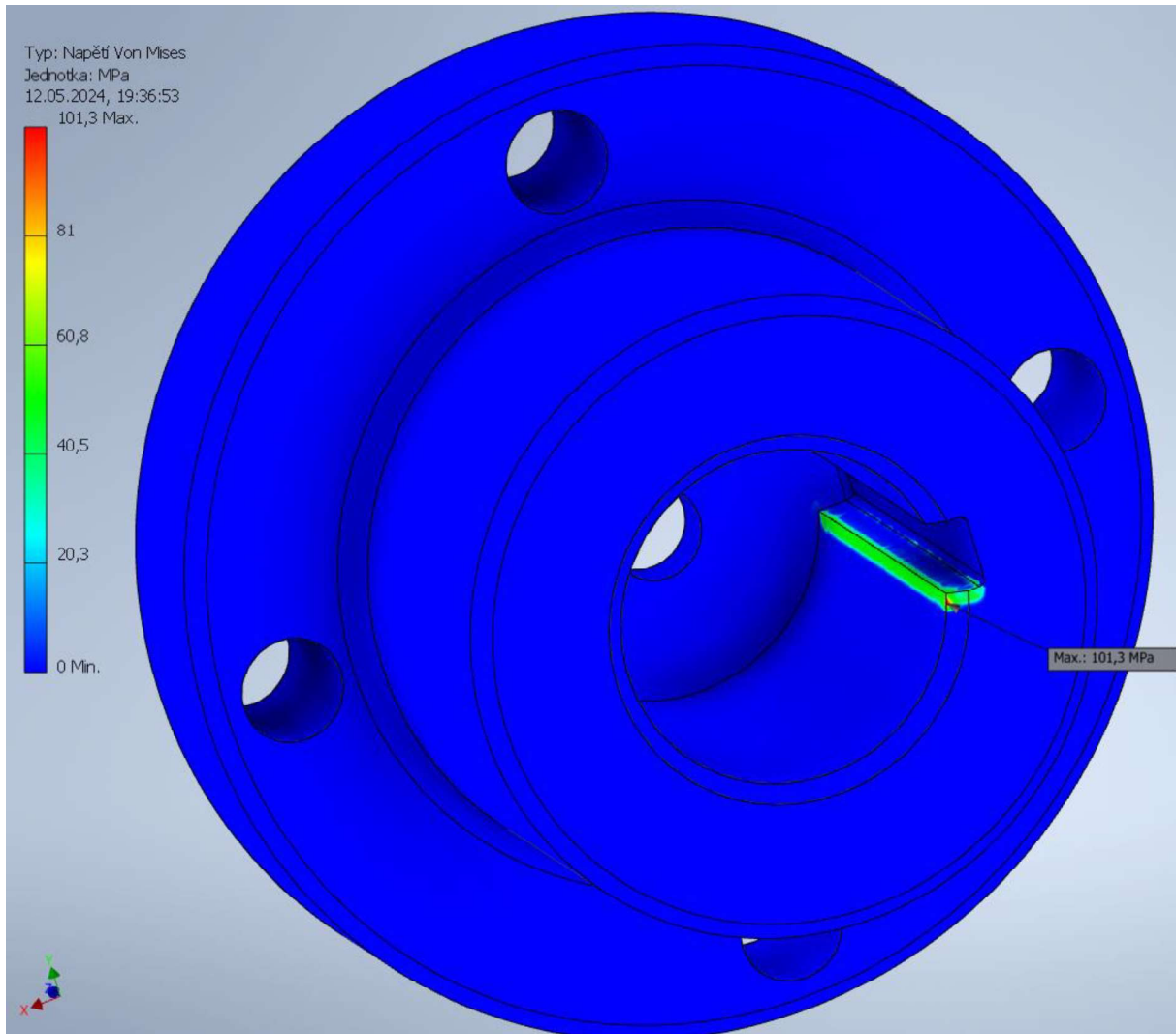
8.5.1 Příruba setrvačnicku

Příruba setrvačnicku je namáhána krouticím momentem od hřídele elektromotoru a tento krouticí moment je na přírubu přenášen pomocí pera. V modulu pevnostní analýzy byl zadán materiál příruby AISI 6150 (ekvivalent ČSN 15260), pak bylo definováno zatížení na boční plochu drážky pro pero krouticím momentem 150 Nm a pevná vazba na čtyři otvory pro šrouby setrvačnicku. Nakonec byla vytvořena síť a spuštěna simulace (viz obr. 43).



Obrázek 43: příruba setrvačnicku – příprava MKP simulace

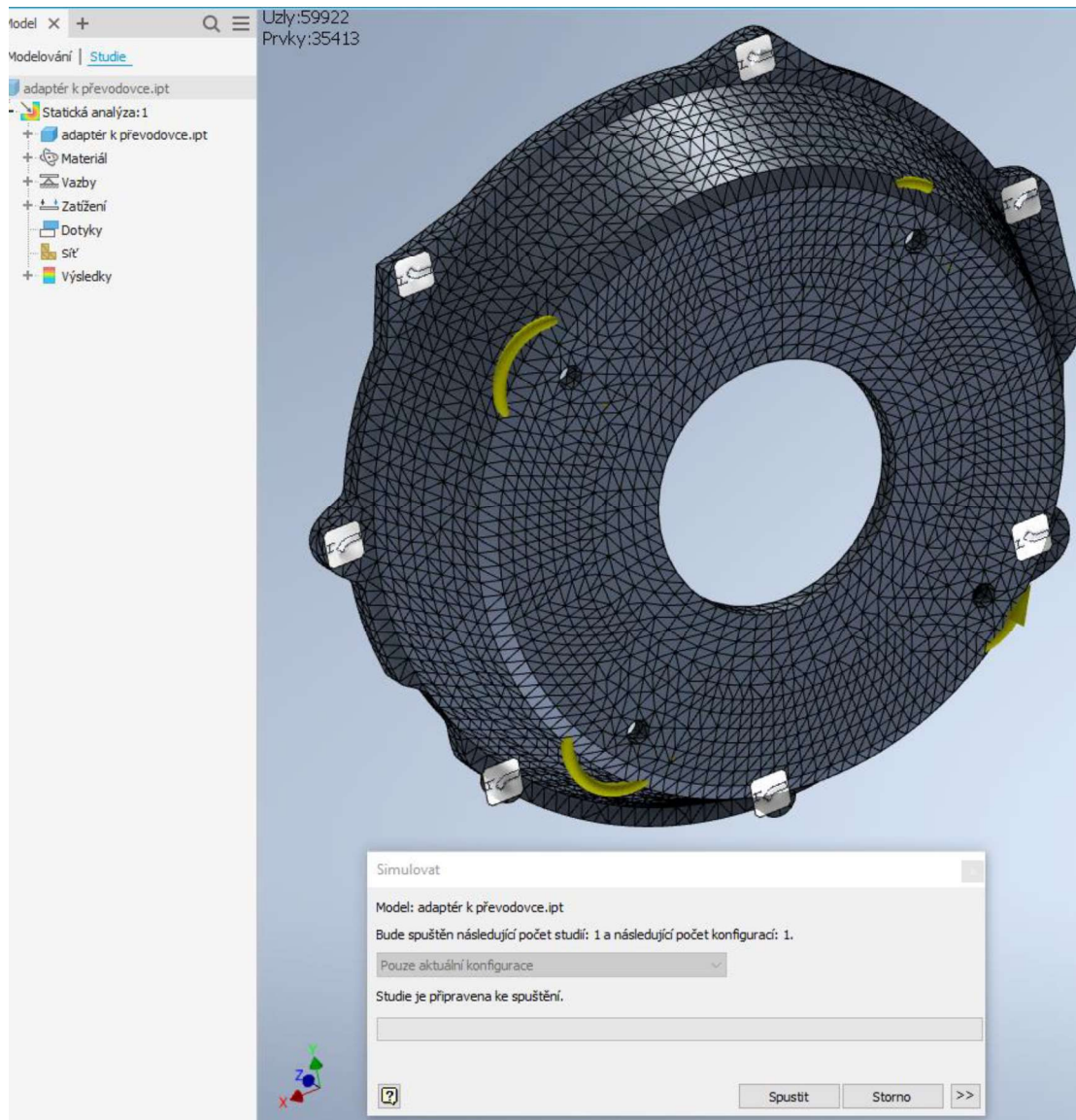
Výsledky simulace – největší napětí bylo dle předpokladů v oblasti drážky pro pero a to 101,3 MPa (viz obr. 44). Dle předchozích výpočtů pro pero mělo být maximální napětí 104 MPa, takže mezi výpočtem a MKP modelem je jen malá odchylka, model je navržen v pořádku.



Obrázek 44: příruba setrvačnicku – napětí dle MKP simulace

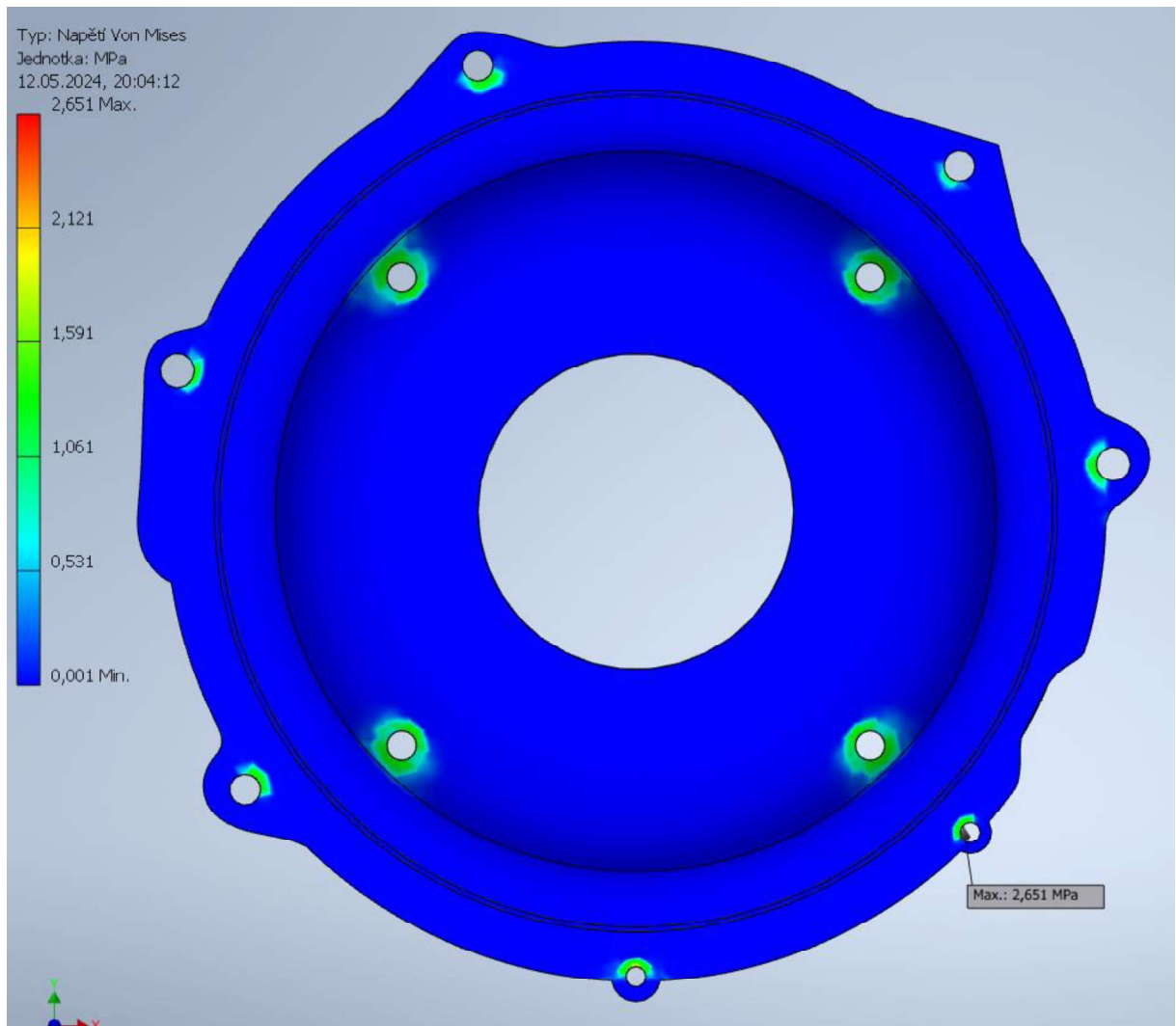
8.5.2 Příruba převodovky

Příruba převodovky je namáhána reakčním krouticím momentem od tělesa elektromotoru a tento krouticí moment je na přírubu přenášen přes uchycení čtyřmi šrouby do „dnové“ příruby. V modulu pevnostní analýzy byl zadán materiál příruby hliník 6061 T6, pak bylo definováno zatížení na čtyři otvory šroubů krouticím momentem 150 Nm a pevná vazba na sedm otvorů pro šrouby u převodovky. Nakonec byla vytvořena síť a spuštěna simulace (viz obr. 45).



Obrázek 45: příruba převodovky – příprava MKP simulace

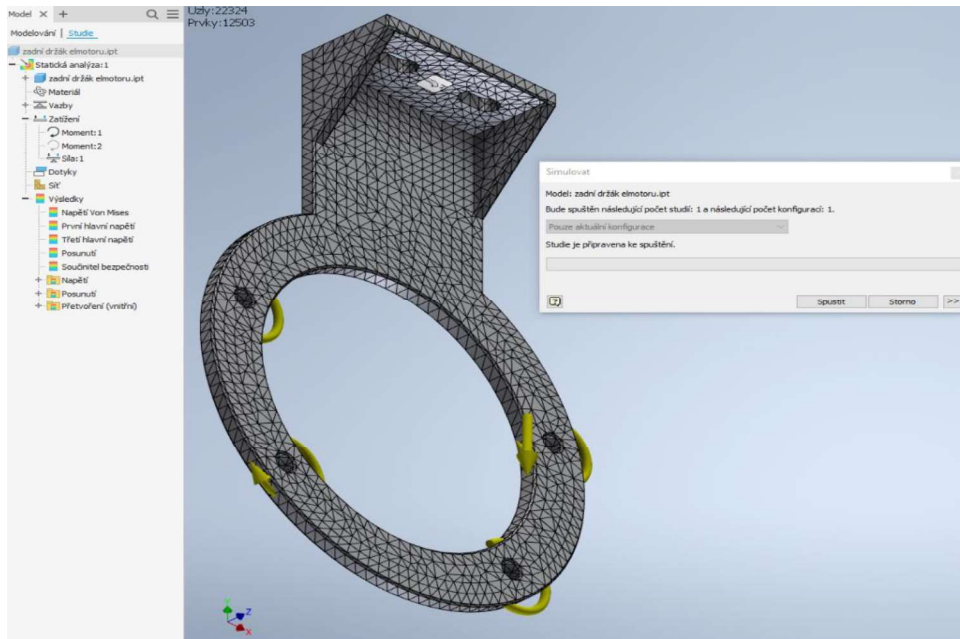
Výsledky simulace – největší napětí bylo dle předpokladů v oblasti otvorů pro šrouby a to zanedbatelných 2,7 MPa (viz obr. 46). Do simulace nebyly započteny dynamické síly při jízdě od vlastní hmotnosti elektromotoru a převodovky, proto se model jeví navržen hodně předimenzovaný.



Obrázek 46: příruba převodovky – napětí dle MKP simulace

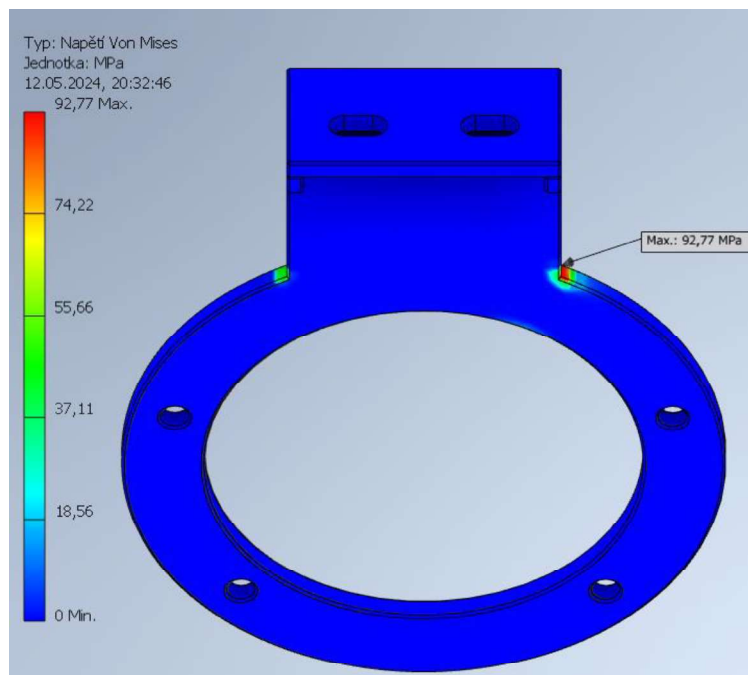
8.6 Zadní držák elektromotoru

Zadní držák elektromotoru je namáhán reakčním krouticím momentem od tělesa elektromotoru a tento krouticí moment je na držák přenášen přes uchycení čtyřmi šrouby do kruhové části držáku, dále je namáhán samotnou hmotností elektromotoru. V modulu pevnostní analýzy byl zadán materiál držáku hliník 6061 T6, pak bylo definováno zatížení na čtyři otvory šroubů krouticím momentem 150 Nm, gravitační síla od elektromotoru na kruhovou část držáku o velikosti 750N směrem dolů a pevná vazba na spodní stranu příruby pro šrouby k silentbloku. Nakonec byla vytvořena síť a spuštěna simulace (viz obr. 47).



Obrázek 47: zadní držák elektromotoru – příprava MKP simulace

Výsledky simulace – největší napětí bylo překvapivě v oblasti přechodu kruhové části držáku do příruby pro silentblok a to 92,77 MPa (viz obr. 48). Mez kluzu této hliníkové slitiny je 250 MPa, takže je splněna bezpečnost 2,5. Model je navržen v pořádku, případně lze oba ostré přechody zaoblit rádiusem R10 ke snížení tohoto napětí.



Obrázek 48: zadní držák elektromotoru – napětí dle MKP simulace

9 Umístění akumulátorových baterií

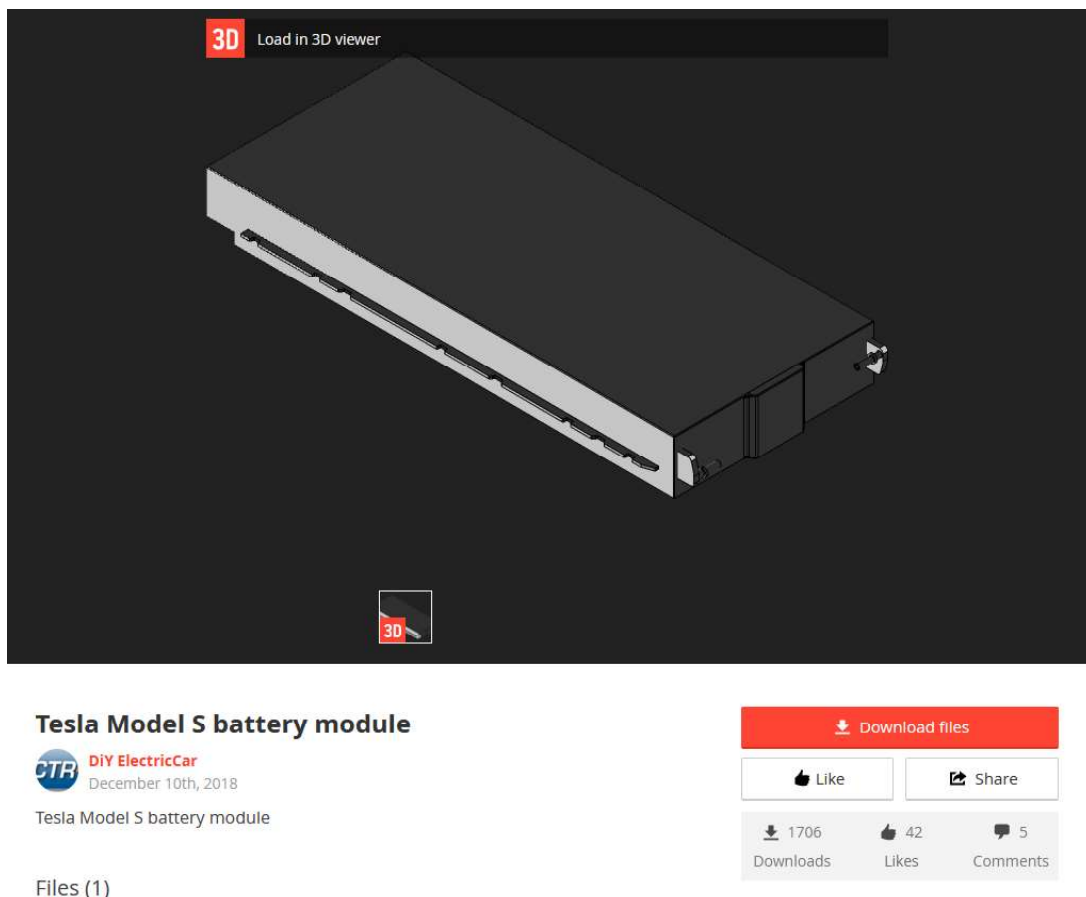
Posledním bodem této práce je konstrukčně vyřešit umístění pěti akumulátorových modulů Tesla do vozidla.

Postup práce bude opět rozdělen do několika kroků - získání výkresové dokumentace a 3D modelu k bateriovému modulu Tesla, následně pak prozkoumání možností umístění podle již realizovaných přestaveb, z těchto možností vybrat optimální variantu a tu konstrukčně rozpracovat.

9.1 Výkresová dokumentace

Pro potřeby tvorby 3D modelů v CAD programu Inventor je nutné zajistit v ideálním případě přímo digitální modely od prodejce nebo alespoň výkresovou dokumentaci, v nejhorším případě je nutné potřebné rozměry získat přímo změřením fyzických dílů.

Výkresová dokumentace k modulu Tesla byla stažena z internetových stránek www.evwest.com (viz příloha D). Tento výkres ukazuje všechny potřebné zástavbové rozměry, ale má rozměry v palcích, neobsahuje také všechny další potřebné rozměry (připojovací pólové závity, průměr koncovek chlazení). Následně byl také stažen 3D model v souboru step ze stránek grabcad.com (viz obr. 49) který už obsahuje všechny potřebné rozměry.



Obrázek 49: 3D model bateriového modulu Tesla (grabcad.com)

9.2 Možnosti umístění

Pro umístění relativně rozměrných a těžkých akumulátorů není ve vozidlech s původně spalovacím motorem moc místa. Proto se umísťují do ochranného kovového obalu (boxu) a tyto boxy pak do motorového prostoru k novému elektromotoru, který zabírá výrazně méně místa než původní spalovací motor. Dále také, jak již bylo naznačeno v úvodní části o přestavbách firmy ECC, do zavazadlového prostoru a případně za sedačky. Příklad takového hliníkového boxu do vozu VW Brouk za zadní sedadla pro tři moduly Tesla od firmy EVwest je v příloze E.

V případě přestavby vozu Felicia do předního motorového prostoru nebudou bateriové boxy umístěny hlavně kvůli bezpečnosti při případném čelním nárazu, dále je také vhodné se vyhnout pro případ požáru umístění ve vnitřním prostoru pro posádku ale i v zadním kufru, který není oddělen od prostoru pro cestující. Z tohoto pohledu se jako ideální jeví místo uvolněné demontáží palivové nádrže a také prostor pod zadním kufrem, pokud by se zrušilo kruhové zahloubení pro rezervu (viz obr. 50) a rezerva umístila výše v kufru. Bohužel tím by se nepřípustně zasáhlo do karoserie a už by se nejednalo o přestavbu. Tím tedy využití prostoru pod rezervou nevyhovuje a je nutné najít jiné místo, protože do prostoru po nádrži se všech pět modulů nevejde.



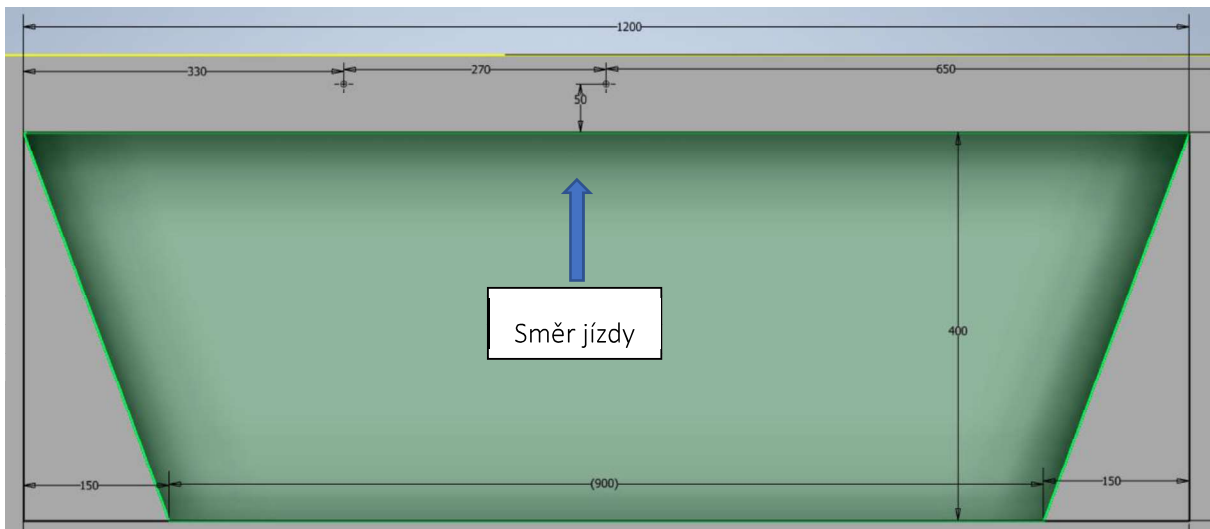
Obrázek 50: prostor rezervy zesponu

9.2.1 Změření prostorů k zástavbě baterie

Prostor po demontované palivové nádrži byl opět změřen v dílnách SŠ Kralovice na vozidle určeném k sešrotování a má půdorysně tvar lichoběžníku s delší stranou 1200 mm a kratší stranou 900 mm výška tohoto lichoběžníku je 400 mm. Na výšku měla nádrž cca 200 mm. Nádrž byla uchycena pomocí dvou plechových 35mm širokých a 3 mm silných pásků, které na zadní straně nádrže (podle směru jízdy) zapadaly do karoserie pomocí tvarových západek (viz obr. 51) a na přední straně byly přišroubovány pomocí šroubu M8. Umístění závitů pro šrouby i tvar prostoru pro nádrž ve spodní části karoserie je na obrázku 52.



Obrázek 51: tvarové západky pro pásy nádrže v karoserii

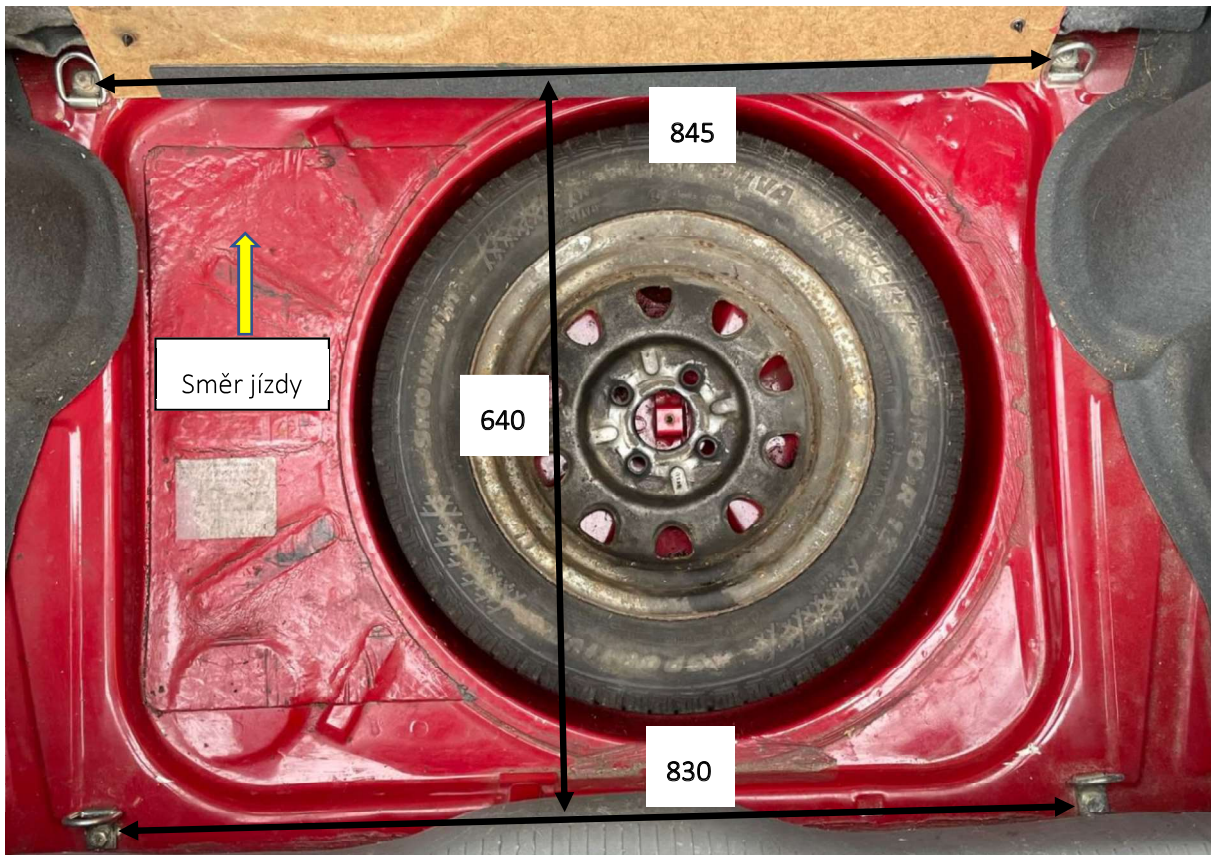


Obrázek 52: náčrtek prostoru nádrže (pohled zespodu)

Do tohoto prostoru se vejdou maximálně 2 bateriové moduly umístěné na sebe. Je potřeba najít místo pro zbylé 3 moduly.

Protože se přední motorový prostor použije k zabudování dalších nezbytných dílů jako je systém podtlaku pro brzdy, palubní nabíječka atd., tak se dalších prostor nedostává, je tedy nutné použít prostor kufru.

V rozích kufru jsou úchytná oka pro fixaci nákladu přišroubovaná do podlahy, byly tedy změřeny jejich vzdálenosti (viz. obr. 53), velikost šroubu (M8x14) a také sklon opěradel zadních sedaček, z čehož vyplynulo, že v místě předních úchytů je svisle vzhůru prostor 300 mm a vodorovně dopředu 100 mm. Tj do této části lze umístit 3 moduly nad sebou tak, aby v kufru zabírali co nejméně místa a zároveň byla přístupná rezerva.

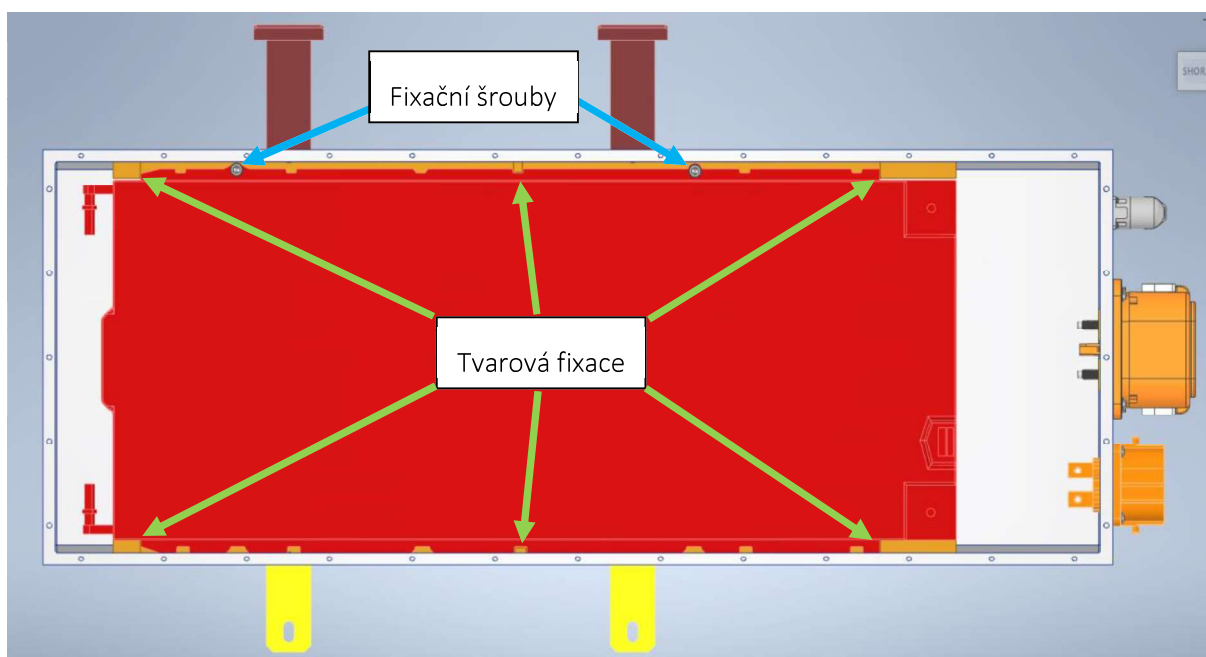


Obrázek 53: podlaha kufru s úchytnými oky

9.2.2 Konstrukční řešení

Vzhledem k podobnosti rozměrů vybraných prostorů pro umístění bateriových boxů a použití stejných modulů obdélníkového tvaru s fixačními výstupky na bocích, je vhodné zkonstruovat hlavní části těchto boxů shodným způsobem, aby se vyrábělo co nejméně různých dílů. Tj. vytvořit nejdříve jakousi vanu a do ní vyjímatelné boční držáky jednotlivých modulů a to vždy jeden držák pod boční výstupek modulu a po zafixování moduly do držáku dvěma šrouby upevnit do boční stěny vany i horní držák a tím zajistit celou vystupující boční linii modulu proti jakémukoliv posunutí (viz. obr. 54). Horní držák spodního modulu je zároveň spodním držákem modulu vrchního, držáky pravé (10 mm) a levé (12,5 mm) strany nejsou záměnné, neboť boční výstupky modulů jsou na jedné straně širší kvůli očkům pro šrouby.

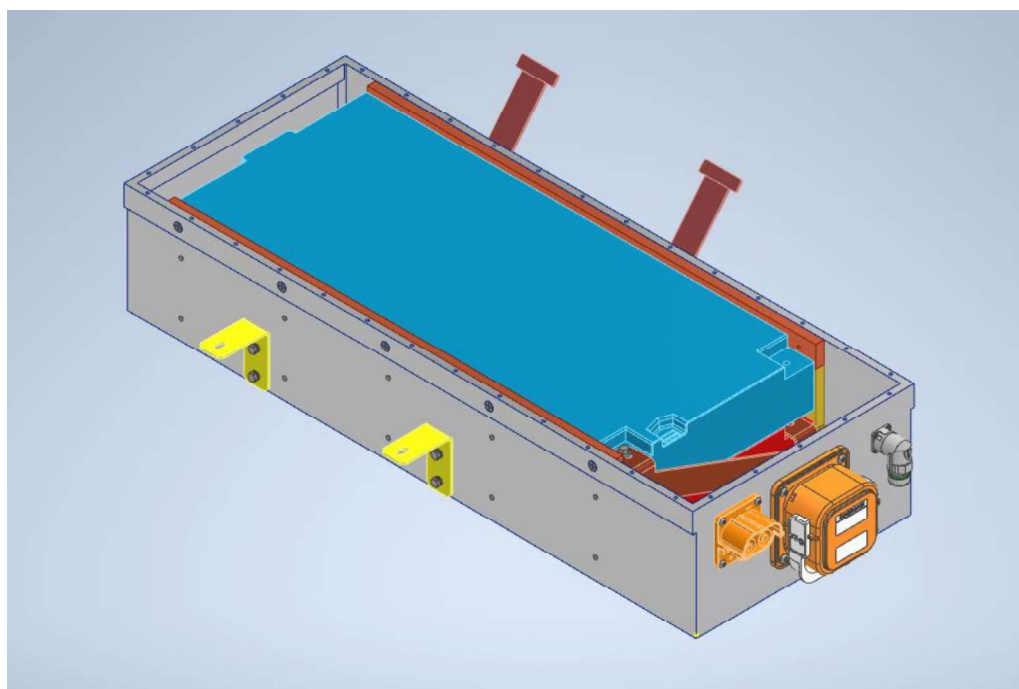
Zároveň je vana půdorysně dost prostorná, aby v levé části (na obr. 54) umožnila případné dodatečné zapojení vodního chlazení/ohřevu modulů a v pravé části, kde mají bateriové moduly připojovací konektory a také BMS konektory, je dostatečný prostor pro propojení silových i signálových vodičů s konektory a případně umístění dalších součástí elektrického obvodu (pojistky, hlavní stykač). Každá vana bude mít na této pravé straně otvory pro připevnění HVIL konektoru, servisního odpojovače a více pólového signálového konektoru. Rozdíl mezi vanami bude pouze v jejich výšce, půdorysně budou mít obě rozměry 840 x 317 mm. Vana pro dva moduly bude mít na výšku 165mm plus 5mm víko a vana pro tři moduly bude mít 242 mm plus 5 mm víko. Tím je zajištěno, že se oba boxy do vymezeného prostoru vejdu. Vana, všechny vnitřní držáky a víko budou kvůli co nejmenší hmotnosti vyrobeny z hliníkové slitiny 6061-T6, vnější držáky z ocelového plechu.



Obrázek 54: Boční fixace modulu v boxu

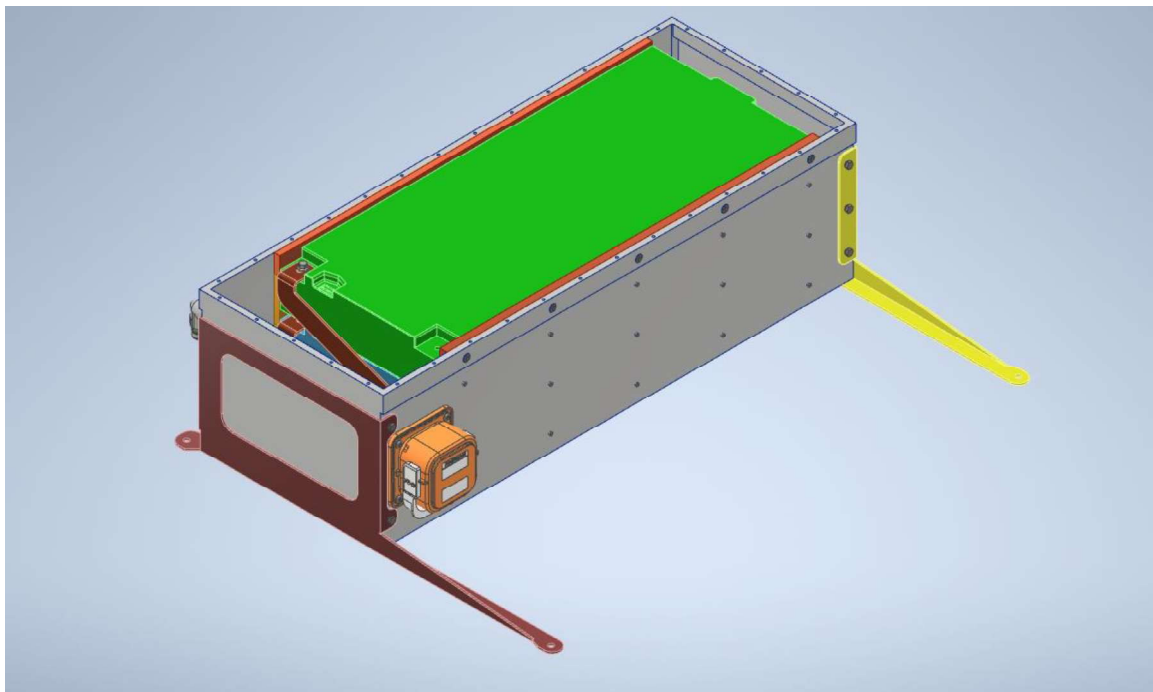
Umístění konektorů na vaně je dáno jejich dalším připojením, kdy box umístěný místo nádrže je má vyvedené z boku, protože v přední i zadní části není dost prostoru pro manipulaci s nimi. Naopak box umístěný v kufru má servisní odpojovač viditelný a snadno přístupný ze zadní strany z kufru vozu a propojovací konektory z přední strany jsou schované za opěradlo zadní sedačky.

Vnější držáky jsou k vaně pouze přišroubované, aby bylo případně možno pouze změnou držáků umístit tyto bateriové boxy do jiných prostorů nebo vozidel.

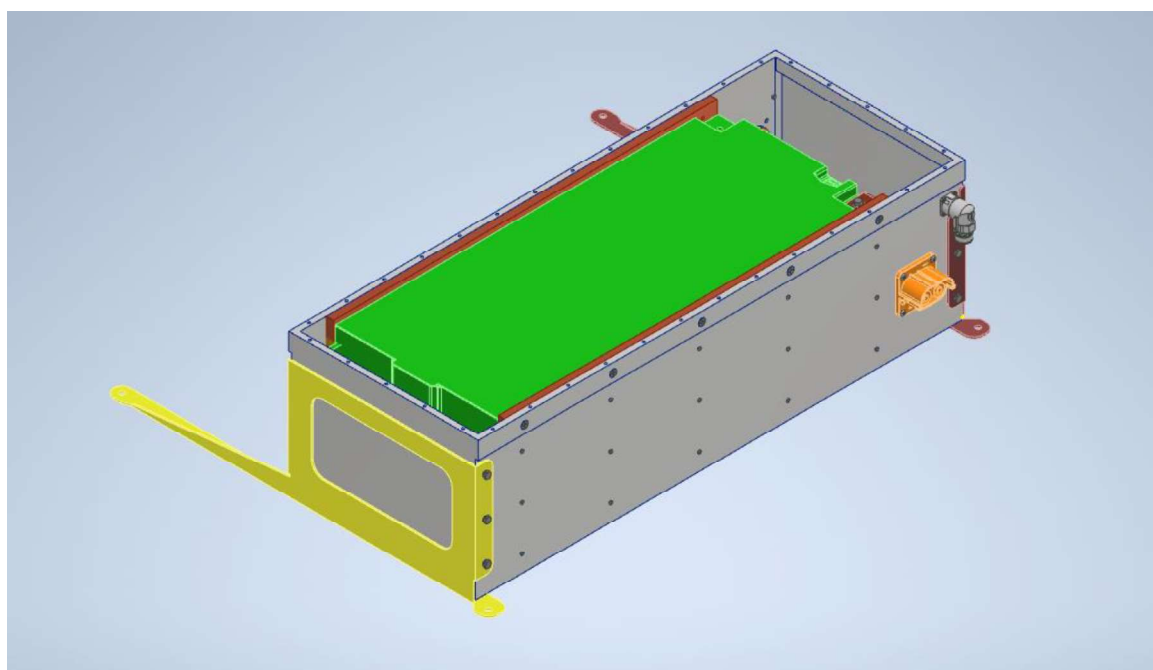


Obrázek 55: sestava bateriového boxu místo nádrže

Ke všem navrženým částem bateriových boxů byla vypracována výkresová dokumentace, která je v příloze G – nádrž a H – kufr. Celkový pohled na bateriové boxy (se sejmutým vrchním víkem) jsou na obrázku 55 respektive 56 a 57.



Obrázek 56: sestava bateriového boxu v kufru – zadní pohled



Obrázek 57: sestava bateriového boxu v kufru – přední pohled

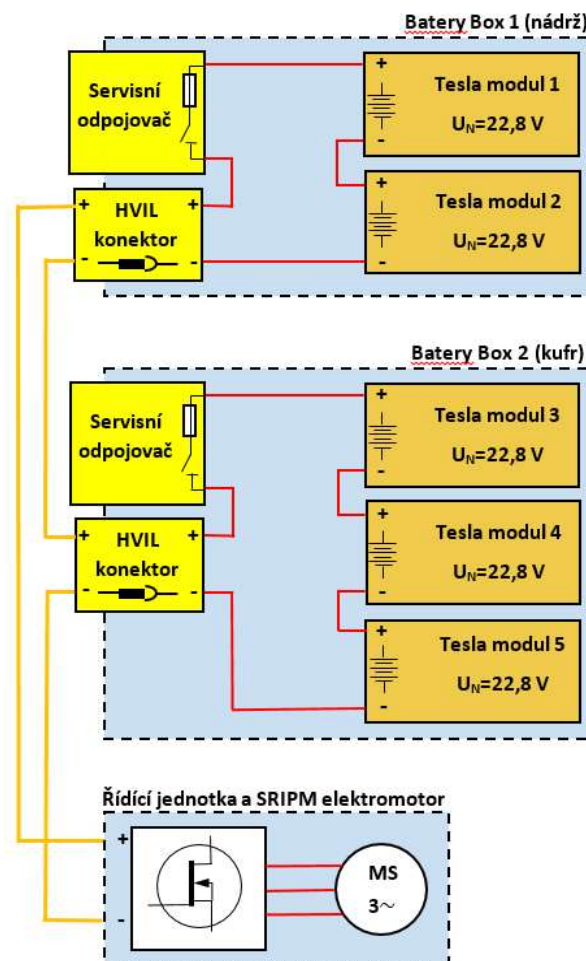
10 Zhodnocení konstrukčního řešení

Po zkonstruování všech potřebných částí je třeba se ohlédnout a zhodnotit jestli jsou splněny předpokládané parametry vozu po přestavbě. Co se týká hmotnosti, tak sestava nového elektromotoru s převodovkou váží 115 kg, což je pouze o 8 kg více než původní sestava spalovacího motoru s převodovkou. U baterií to bude výrazně horší neboť jenom samotný box s bateriemi místo nádrže váží 72 kg a je o 24 kg těžší než plná nádrž. K této hmotnosti je ještě nutné připočítat dalších 105 kg v kufru, což je hmotnost druhého bateriového boxu. Z těchto čísel vyplývá, že vozidlo bude mít výrazně větší zatížení zadní nápravy, než měl původně a také o cca 110 kg vyšší pohotovostní hmotnost a tím pádem o stejné číslo i nižší užitečnou hmotnost (tj. hmotnost přepravovaného nákladu a posádky).

Bude proto nutné snížit maximální počet přepravovaných osob z pěti na čtyři a také vyměnit zadní pružící jednotky (pružina a tlumič) za verzi z vozu Felicia kombi, kde se počítá s větším zatížením zadní nápravy. Bude také nutné absolvovat brzdné zkoušky ve státní zkušebně k ověření jejich účinnosti po změně rozložení zatížení náprav.

Co se týká finanční stránky, tak jen samotný přestavbový set stojí v přepočtu 400 tisíc Kč, dalších minimálně cca 50 tisíc bude stát výroba potřebných dílů navržených v rámci této práce a další čtyřmístné sumy budou za různé homologační zkoušky. Tj. pokud se celková cena přestavby vejde do půl milionu, bude to úspěch.

A ještě nesmí chybět alespoň blokové schéma propojení jednotlivých bateriových boxů a pohonu.



Obrázek 58: blokové schéma VN propojení pohonu

11 Závěr

Cílem této práce byl technický návrh přestavby automobilu Škoda Felicia na elektromobil za použití vestavbové sady dodané vybranou firmou. Úvodní část byla věnována průzkumu vybrané historie a současných přestaveb jak v ČR, tak i v zahraničí. V další části byly popsány základní díly pro přestavbu vozidla na elektropohon, nejdůležitější dvojice motor a baterie včetně jejich možných variant a poté i další díly nutné pro bezpečné fungování přestavěného vozidla. Následně byla zmíněna česká i evropská legislativa, jejíž podmínky musí být pro úspěšné schválení přestavby a provoz vozidla na pozemních komunikacích dodrženy. Poté byly popsány parametry vozidla před přestavbou a předpokládané parametry po přestavbě.

V hlavní části práce byly představeny čtyři nalezené varianty přestavbových setů od dvou evropských firem, varianty podrobně popsány a zhodnocena jejich použitelnost pro přestavbu. Po výběru nejlepší varianty pak byla řešena konstrukční část a to spojení elektromotoru se stávající převodovkou, konkrétně získání výkresové dokumentace a 3D modelů k původním i novým dílům, ověření jestli spojka zvládne přenášený moment, kontrola pera hřídele motoru na otažení, a poté vytvoření příruby setrvačnicku, spojujícího elektromotor s původním setrvačnickem nesoucím spojku, dále přírubu převodovky ke spojení převodovky a elektromotoru ve správné vzdálenosti od sebe pro správnou funkci spojky a zadní držák elektromotoru pro uchycení do původního silentbloku motoru. Všechny vytvořené díly pak byly ověřeny statickou MKP analýzou pro odhalení případných slabin návrhu.

Následovala podobná práce a to na umístění a konstrukci bateriových boxů místo nádrže paliva a v zavazadlovém prostoru. A nakonec zhodnocení vytvořeného návrhu, z něj vyplývá, že přestavba je technicky možná, ovšem cenově se bude hravě blížit 500 000 Kč, což je pro tuto přestavbu mimo možnosti rozpočtu a návratnost při dnešních cenách elektřiny je za životnosti takové přestavby i vozidla. A to ještě za předpokladu, že po dodání všech podkladů a žádosti bude přestavbě udělen souhlas příslušného správního úřadu.

Pozitivum tohoto návrhu je alespoň to, že je možné po drobných úpravách použít vytvořené díly pro případnou přestavbu celé řady starších vozidel Škoda řady 100 - 136 s motorem vzadu a pohonem zadních kol.

Ale jak bylo napsáno v úvodu, tato práce je pouze prvním krokem, nyní je třeba odborníka v oboru elektrotechniky a elektroniky, aby dořešil zapojení a funkčnost všech elektrických komponent původních co zůstanou ve vozidle a také nových dodaných do vozidla v rámci přestavby, což je rozsahem další minimálně bakalářská práce.

Reference

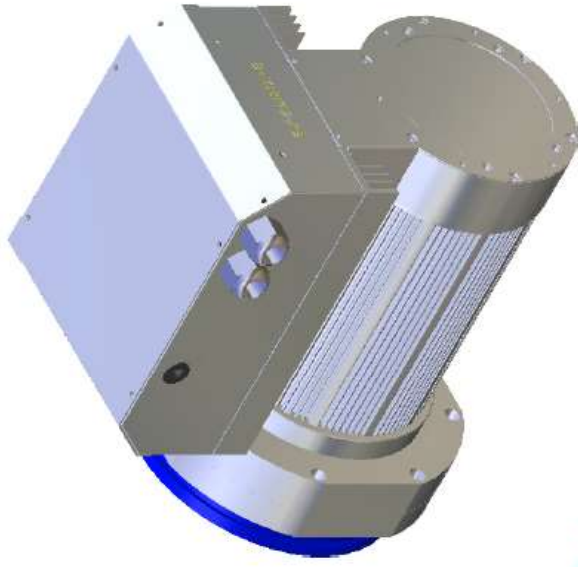
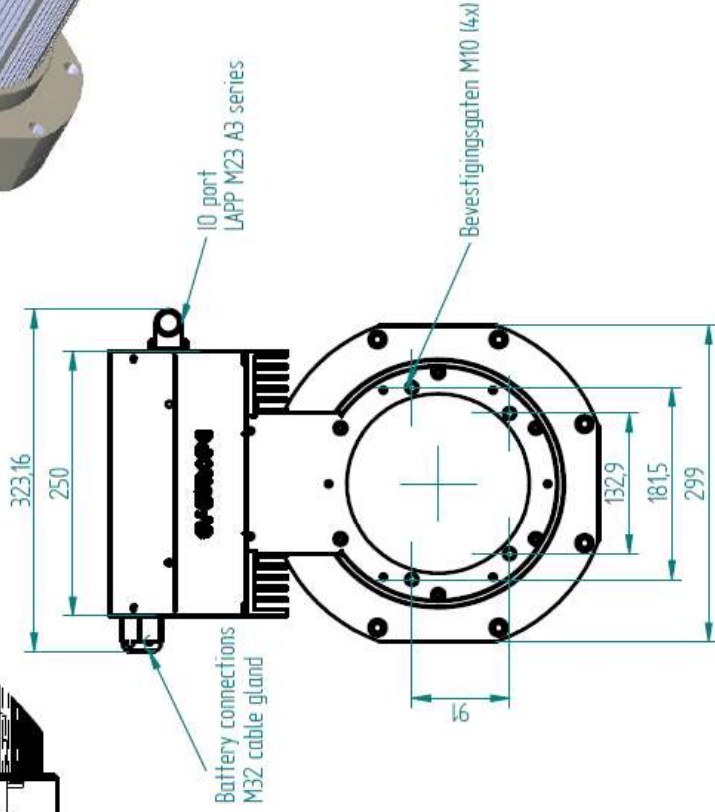
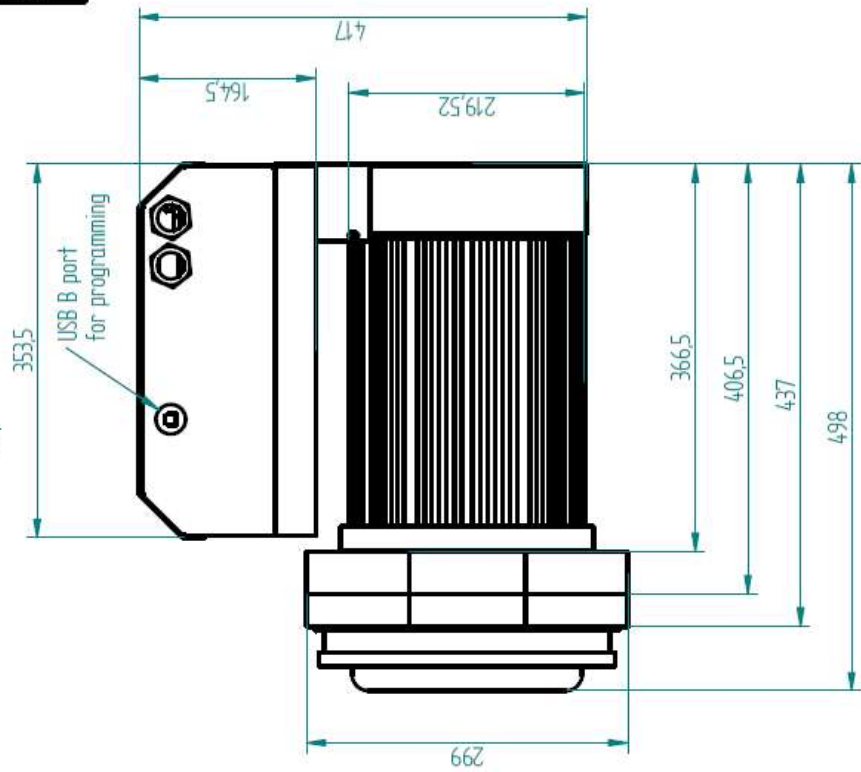
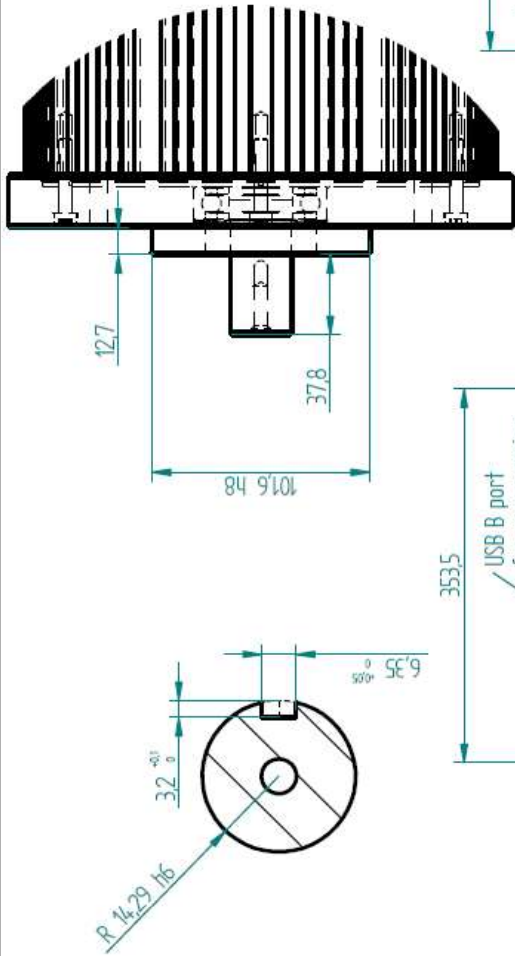
- [1] VALA, Miroslav a TESAŘ, Miroslav. *Teorie a konstrukce silničních vozidel I*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2003. ISBN 80-719-4503-X.
- [2] VLK, František. *Stavba motorových vozidel: [osobní automobily, autobusy, nákladní automobily, železniční soupravy, ergonomika, biomechanika, struktura, kolize, materiály]*. Brno: František Vlk, 2003. ISBN 80-238-8757-2.
- [3] ŘASA, Jaroslav a ŠVERCL, Josef. *Strojnické tabulky: pro školu a praxi*. Praha: Scientia, 2007. ISBN 978-80-86960-20-3.
- [4] BUDYNAS, Richard G. a NISBETT, J. Keith. *Shigleyho konstruování strojních součástí*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, nakladatelství VUTIUM, 2023. ISBN 978-80-214-5471-2.
- [5] PATERA, Zdeněk. *Škoda Eltra 151 L* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: https://auta5p.eu/katalog/skoda_elcar/eltra_151_01.php
- [6] BABORSKÝ, Jiří. *Škoda Eltra 151 L: Elektrický Favorit měl čtystupňovou převodovku* [online]. 2020 [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.auto.cz/skoda-eltra-151-l-elektricky-favorit-mel-ctystupnovou-prevodovku-134442>
- [7] REITINGER, Tomáš. *Škoda Česká dodávka - Tatra Beta* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://tatra-beta.webnode.cz/>
- [8] ELECTROAUTO. *Elektromobily TATRA* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <http://www.electro-auto.cz/tatra.html>
- [9] MORGAN, Richard. *Electric Classic Cars* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.electric-classiccars.co.uk/pages/about-us>
- [10] MORGAN, Richard. *VW Beetle* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.electricclassiccars.co.uk/blogs/conversions/vw-oval-beetle>
- [11] Technická data - Brouk. *Www.volkswagenclub.cz* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.volkswagenclub.cz/images/clanky/pdf-technicka-data/Technicka-data-Brouk.pdf>
- [12] FULLY CHARGED SHOW. *Electric VW Beetle* [online]. 2016 [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=fXsQGWWz3Is&list=PLoSZzYMLah6UZdT4bSbVlpabwx0QsNmKR&index=31>
- [13] PETROL PED. **EPIC* 600hp 1000kg Tesla powered Beetle* [online]. 2020 [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=DXGKt8sK8CQ>

- [14] KELLY, John. WEBER STATE UNIVERSITY. Understanding the Tesla Model S Performance Motor. *WeberAuto channel* [online]. 2021 [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=MQV3D8F6gvw&list=PLoSZzYMLah6UZdT4bSbVlpa-bwx0QsNmKR&index=5>
- [15] Automobile catalog. *Fiat 500L (Lusso) (man. 4) (1969)* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: https://www.automobile-catalog.com/auta_details1.php#gsc.tab=0
- [16] Fiat 500. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Fiat_500
- [17] MORGAN, Richard. ELECTRIC CLASSIC CARS. *Fiat 500* [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.electricclassiccars.co.uk/blogs/conversions/fiat-500>
- [18] MORGAN, Richard. ELECTRIC CLASSIC CARS. *Fiat 500 bolt-in electric conversion kit* [online]. 2022 [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=4zl1WGqK8k4>
- [19] THE ENGINEERS POST. *Types of Motors used in EV* [online]. 2022 [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=6H5vtu5_SF4&t=424s
- [20] DUFKOVÁ, Jana. *Analýza proveditelnosti přestavby vozidla se spalovacím motorem na elektropohon* [online]. Pardubice, 2019 [cit. 2024-05-20]. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta.
- [21] LESICS. *Tesla Model 3's motor* [online]. 2020 [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=esUb7Zy5Oio>
- [22] SMRČKA, Filip. *Optimální varianta přestavby automobilu na elektromobil* [online]. Praha, 2020 [cit. 2024-05-20]. Diplomová práce. ČVUT, fakulta elektrotechnická.
- [23] *Dílenská příručka Felicia*. 11.94. Škoda, 1994
- [24] HEIJNSDIJK, Vincent. EV EUROPE. [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://eveurope.eu>
- [25] EV SHOP. [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://evshop.eu>
- [26] EV WEST. [online]. [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: evwest.com
- [27] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily*. 2., aktualiz. vyd. Brno: Avid, 2009. ISBN 978-80-87143-12-4.
- [28] K., Alan. *Electric Audi TT Coupe* [online]. 2012 [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <http://audittevb.blogspot.com/2012/07/getting-engine-out.html>
- [29] REDD, Matthew. *Our DIY EV Finally Gets a Motor* [online]. 2009 [cit. 2024-05-20]. Dostupné z: <https://www.wired.com/2009/12/wiredcom-diy-ev-gets-motor/>
- [30] HOLUBEC, Martin. *Spojka pomocného pohonu* [online]. Brno, 2008 [cit. 2024-05-20]. Diplomová práce. VUT, fakulta strojního inženýrství.

Příloha A

Výkresová dokumentace - elektromotor EVHyp e-box

(eveurope.eu)



Getekend : W.H.Papma	Datum : 20-08-2019
Materiaal : -	Schaal: 1 : 5
Naam: Motor assembly EVHyp e-box	
Tekeningsnummer : 2018-912-00	
Revisie: Blad 1 van 1	
Aantal : -	
A3	

EV EUROPE
 Teslaweg 5
 2627AV Delft
 The Netherlands
 +31152155163

Maten zonder toleranties volgens DIN 7168

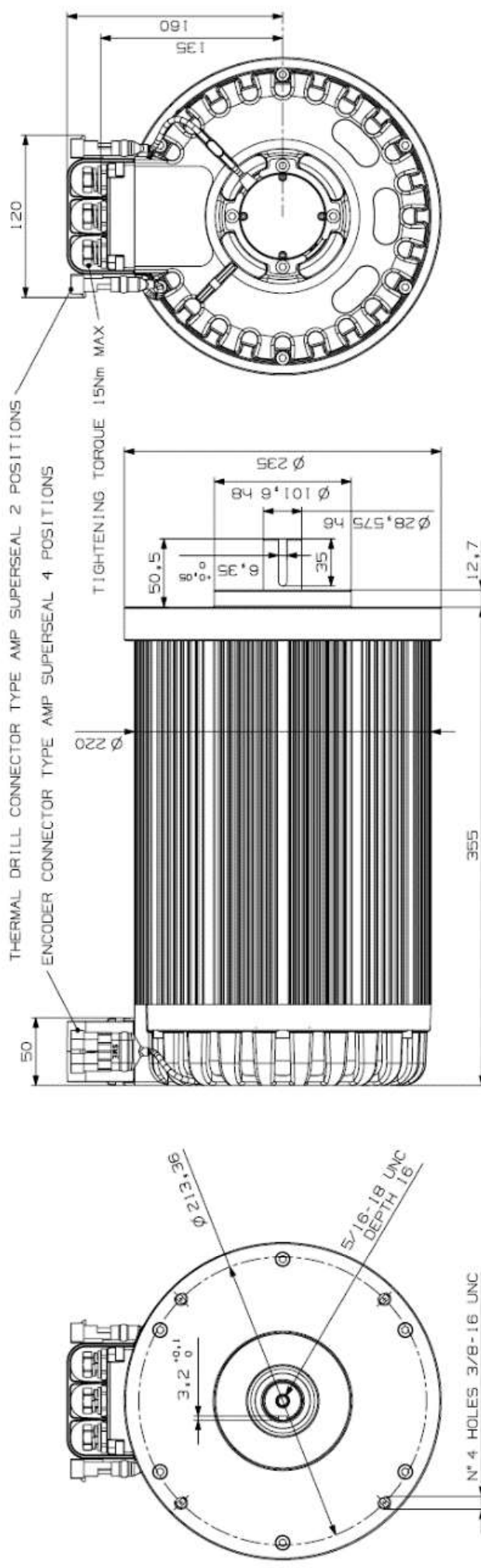
American projection

Alle rechten voorbehouden. Het is niet toegestaan de afbeeldingen of de inhoud van deze tekening te kopiëren, te verspreiden of anderszins openbaar te maken. De afbeeldingen en de inhoud van deze tekening zijn auteursrechtelijk beschermd. De afbeeldingen en de inhoud van deze tekening zijn auteursrechtelijk beschermd.

Příloha B

Výkresová dokumentace - elektromotor HyPer 9

(ewwest.com)



COMPONENT	CODE
ROTOR	MT1754B
STATOR	MT1757B
WINDING	MT1759B
FRONT COVER	MT1756A
REAR COVER	MT614B

POSITION SENSOR	
PIN 1	VCC
PIN 2	SINE
PIN 3	COSINE
PIN 4	GND

Rev.	Modification		DATE	SIGNATURE						
	DESCRIPTION	DATE								
<p>THIS DRAWING IS OUR EXCLUSIVE PROPERTY. IT CAN NOT BE COPIED, REPRODUCED, TRANSMITTED TO OTHER PEOPLE OR USED IN ANY WAY WITHOUT OUR CONSENT. ANY INFRINGEMENT WILL BE LEGALLY PURSUED.</p>										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>REV.</th> <th>DATE</th> <th>DESCRIPTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>03/03/17</td> <td>03/03/17</td> </tr> </tbody> </table>		REV.	DATE	DESCRIPTION	1	03/03/17	03/03/17	<p>Product Code: B00MT1746B000</p> <p>Product Code: MT1746B</p>		
REV.	DATE	DESCRIPTION								
1	03/03/17	03/03/17								
<p>Scale: 1:1</p> <p>Material: A.C.</p> <p>Product Code: B00MT1746B000</p> <p>Product Code: MT1746B</p>										
<p>IPM001225-90T100/54</p>										
<p>Sheet of</p>										



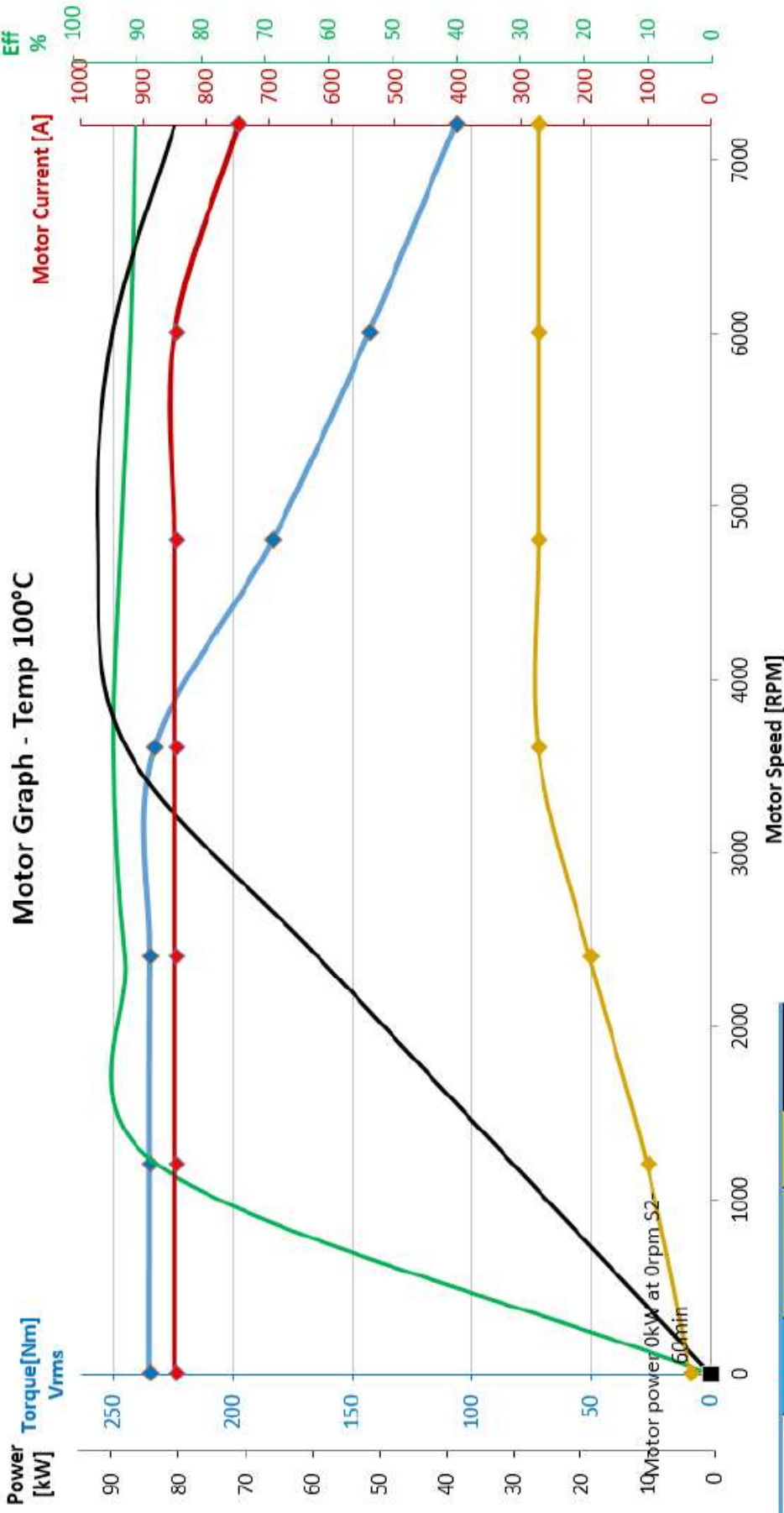
Příloha C

Charakteristiky elektromotoru HyPer 9

(go-ev.com)

NetGain Motors, Inc.

800 South State Street / Suite 4 / Lockport, IL 60441 / 630-243-9100 / 630-685-4054 (FAX)



Rpm	Nm	Mot Eff %	Vrms	Pm (kW)
0	235.1	0.0	8.5	0.0
1200	235.0	87.5	26.6	29.5
2400	234.8	92.8	50.8	59.0
3600	233.1	94.6	72.5	87.8
4800	183.6	93.5	72.5	92.3
6000	143.3	92.0	72.5	90.0
7200	107.1	91.2	72.5	80.7

DC Supply:
108V

Hyper 9™

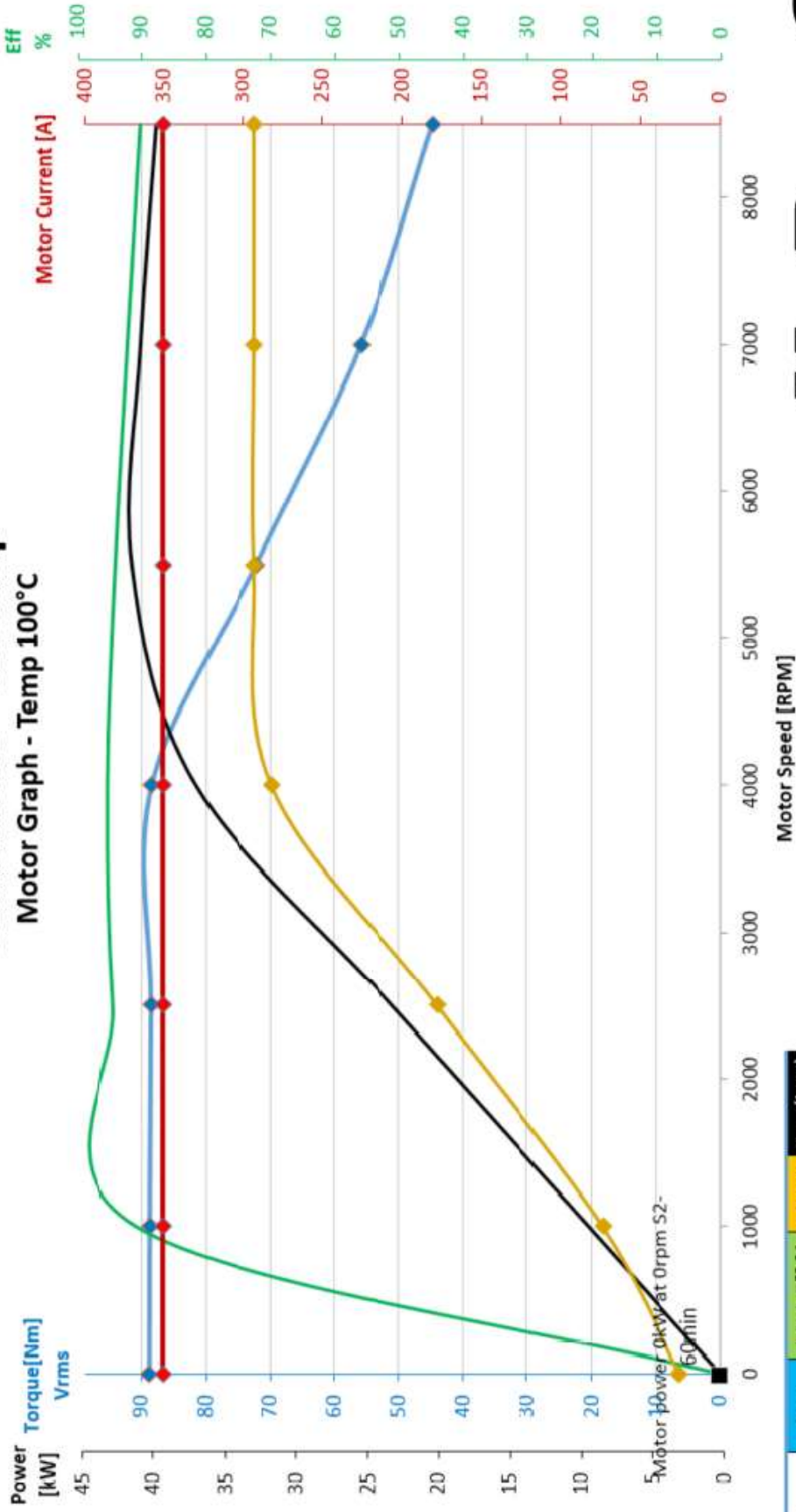
Hyper 9D™

NetGain Motors, Inc.

800 South State Street / Suite 4 / Lockport, IL 60441 / 630-243-9100 / 630-685-4054 (FAX)

Continuous - 350 Amp

Motor Graph - Temp 100°C



Rpm	Nm	Mot Eff %	Vrms	Pm (kW)
0	88.8	0.0	6.2	0.0
1000	88.7	91.7	18.2	9.3
2500	88.5	95.4	44.0	23.2
4000	88.4	96.2	69.8	37.0
5500	72.1	95.0	72.5	41.5
7000	55.8	93.1	72.5	40.9
8500	44.7	91.1	72.5	39.8

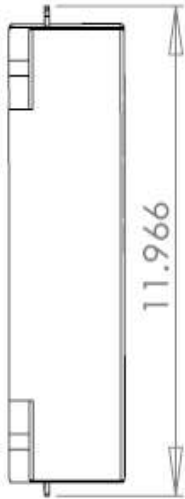
DC Supply:
108V

Hyper 9™ & Hyper 9D™

Příloha D

Výkresová dokumentace - bateriový modul Tesla

(evwest.com)

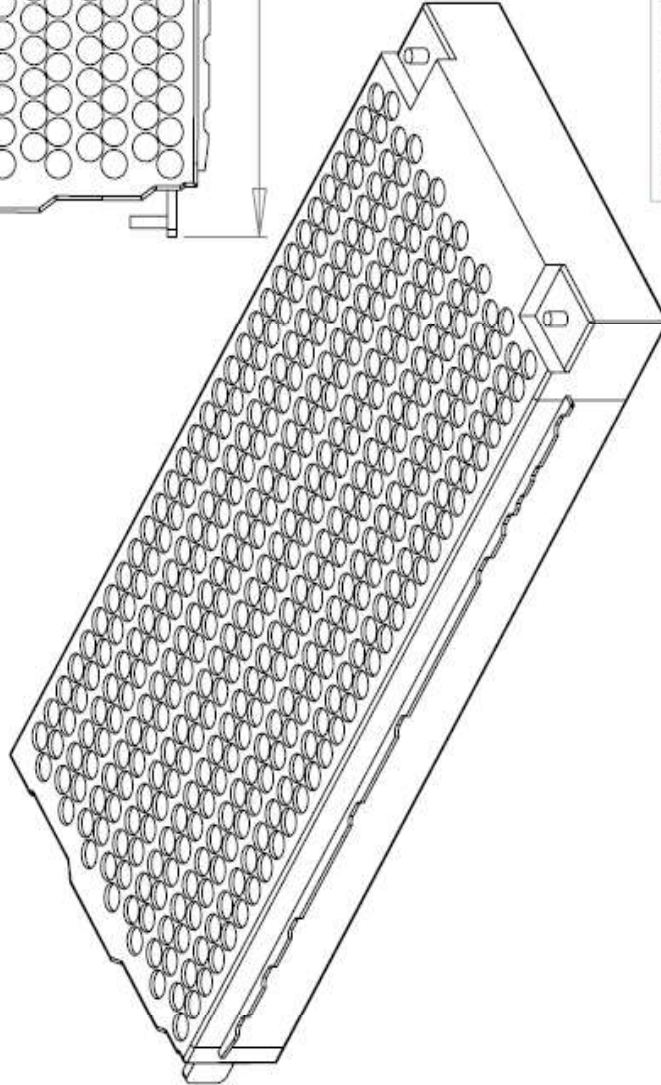


3.100

26.166

11.124

26.986



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
 THE INFORMATION CONTAINED IN THIS
 DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF
 <INSERT COMPANY NAME HERE>. ANY
 REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE
 WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF
 <INSERT COMPANY NAME HERE> IS
 PROHIBITED.



TITLE:

NAME DATE

DRAWN

CHECKED

COMMENTS:

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:

DIMENSIONS ARE IN INCHES

TOLERANCES:

MATERIAL

FINISH

DO NOT SCALE DRAWING

DWG. NO. Model S Batt

REV

SCALE: 1:10 WEIGHT:

SHEET 1 OF 1

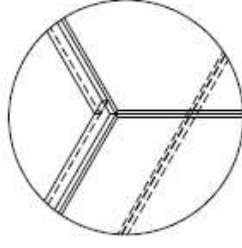
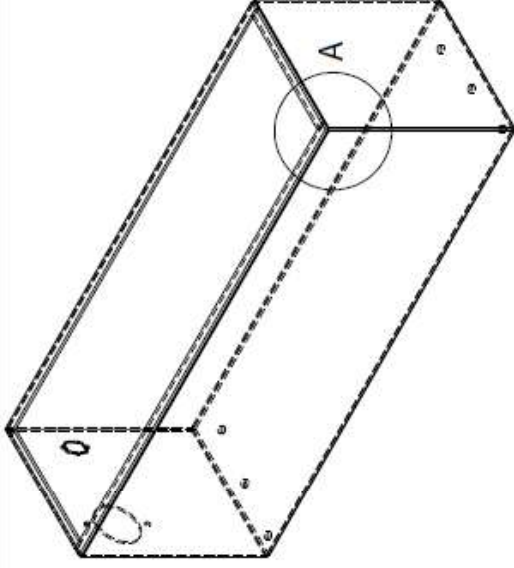
Příloha E

Výkresová dokumentace – bateriový box pro 3 moduly Tesla

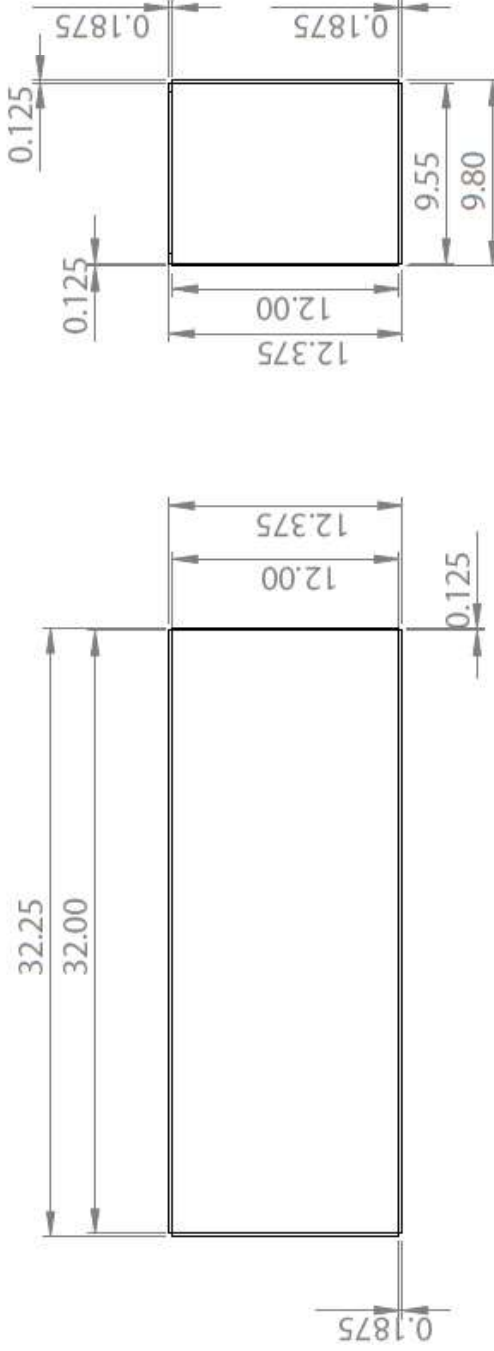
(evwest.com)



1/2" x 3/16" thick welded flange around perimeter on inside, see Detail A



DETAIL A
SCALE 1:5



PROPRIETARY AND CONFIDENTIAL
THE INFORMATION CONTAINED IN THIS DRAWING IS THE SOLE PROPERTY OF EV WEST INC. ANY REPRODUCTION IN PART OR AS A WHOLE WITHOUT THE WRITTEN PERMISSION OF EV WEST INC IS PROHIBITED.



UNLESS OTHERWISE SPECIFIED:
DIMENSIONS ARE IN INCHES
TOLERANCES:
MATERIAL
Aluminum
FINISH
Aluminum
DO NOT SCALE DRAWING

COMMENTS:
Base and Flange are 3/16" Aluminum, All else is 1/8" Phone (707) 217 6204

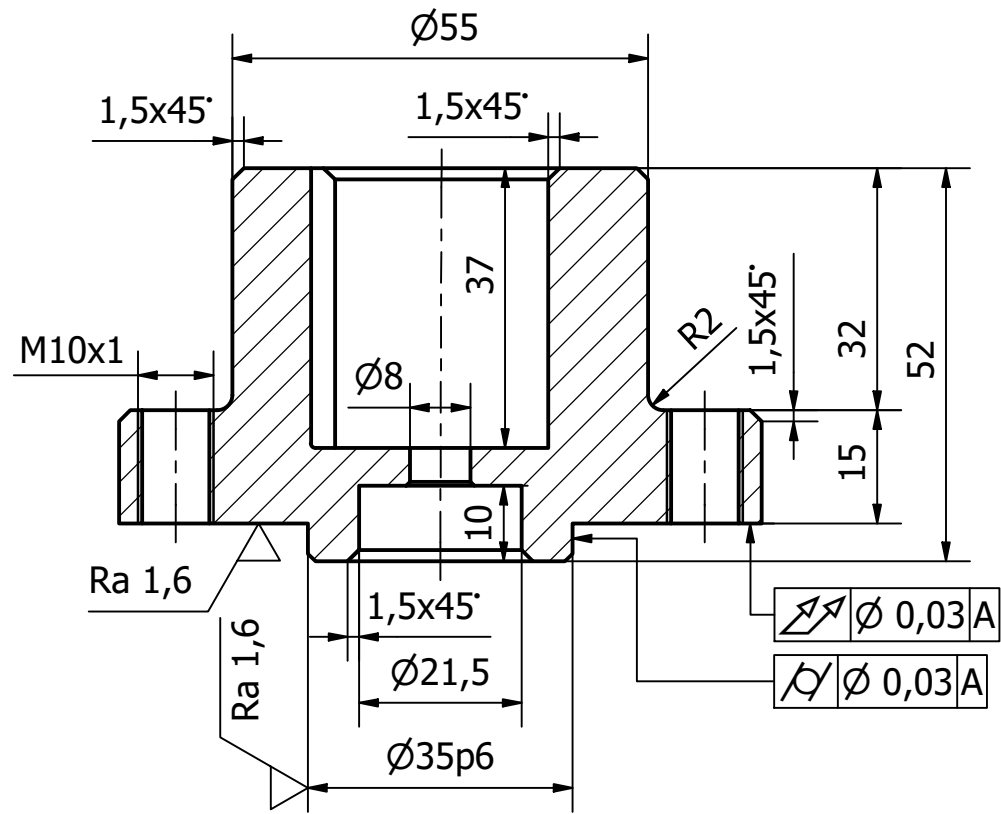
NAME Spencer Larue
DATE 4/2/19

TITLE: Late Beetle Rear Box Tesla S
DWG. NO. Rear_Box_Late
REV B
SCALE: 1:10 WEIGHT: SHEET 1 OF 1

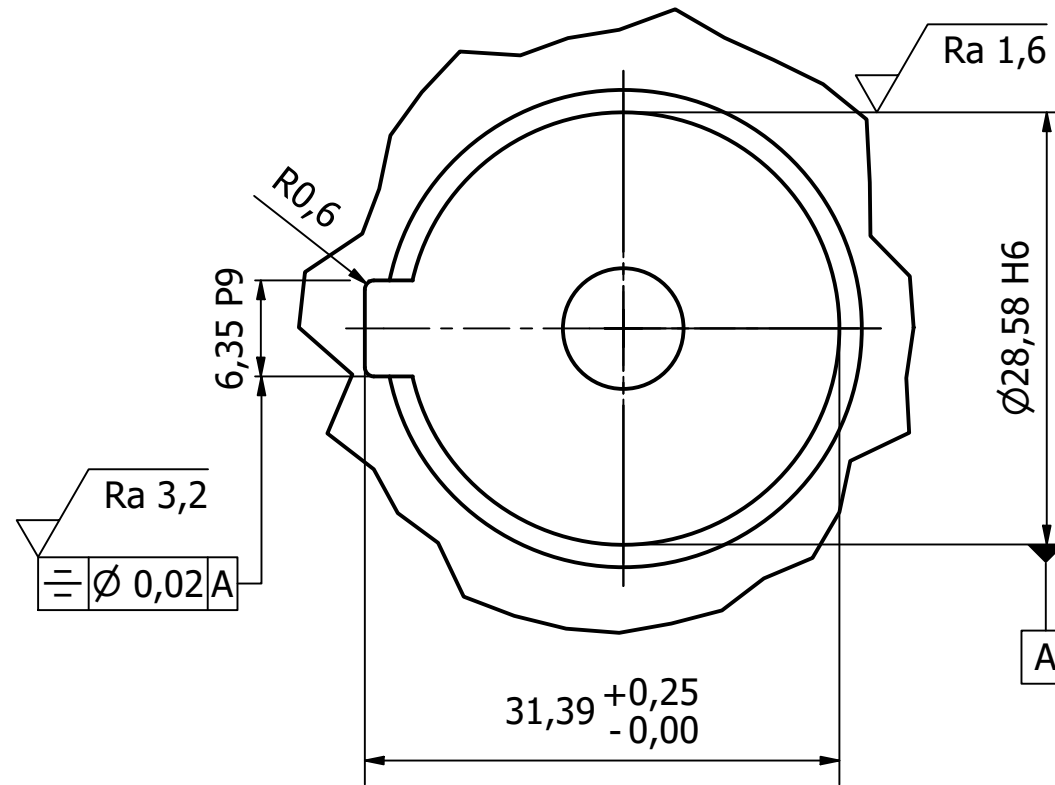
Příloha F

Výkresová dokumentace - spojení elektromotoru s převodovkou

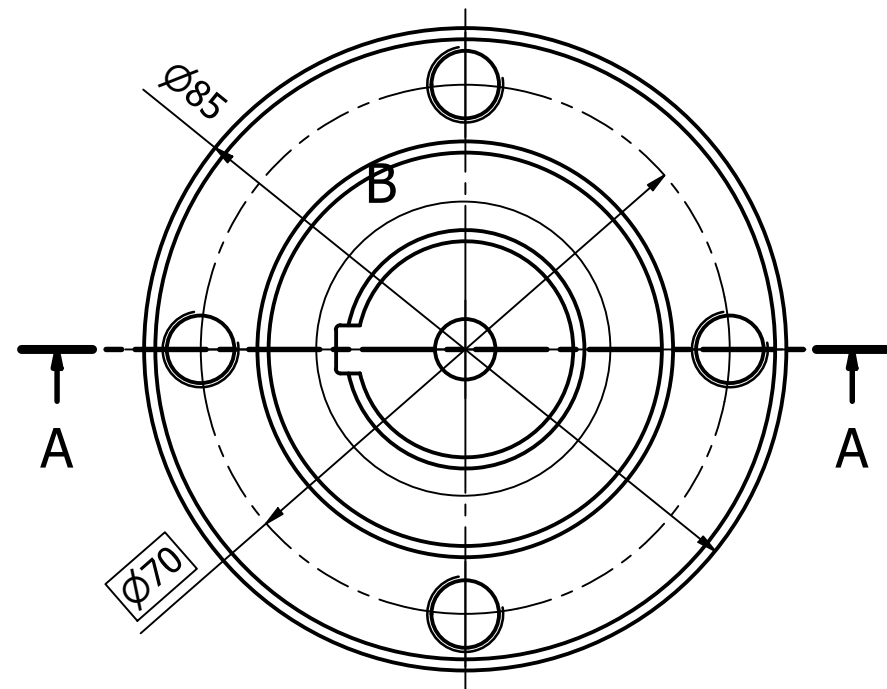
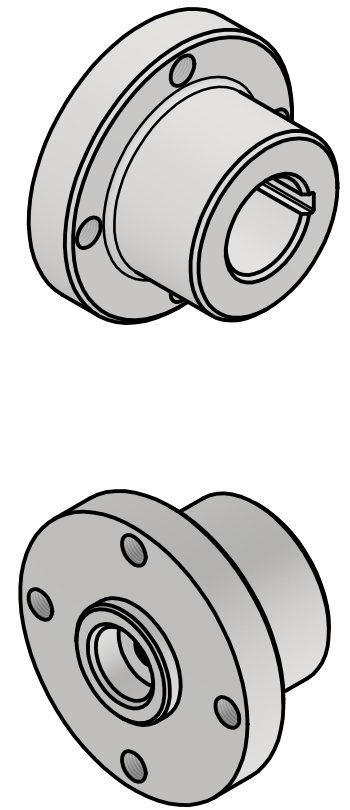
A-A (1:1)



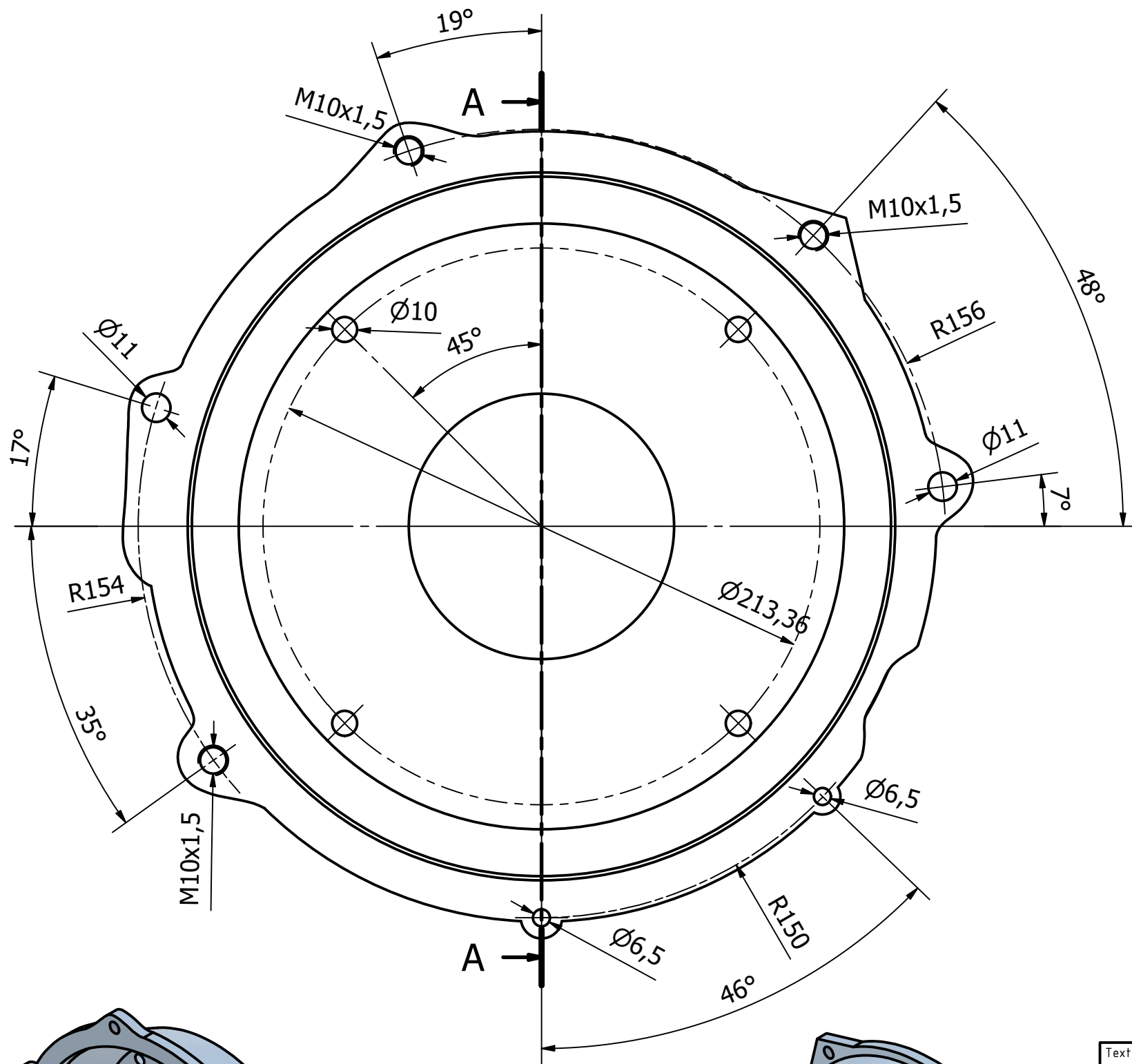
B (2:1)



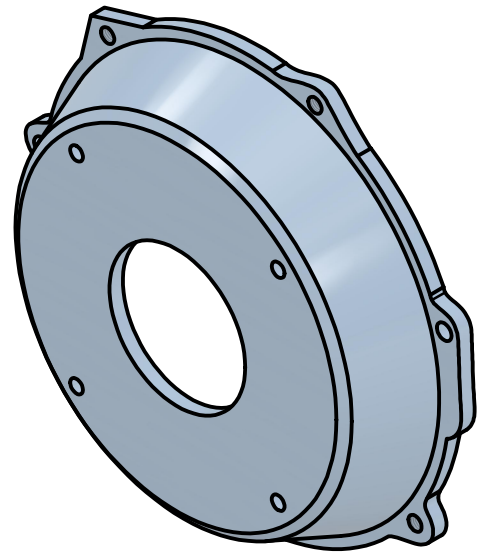
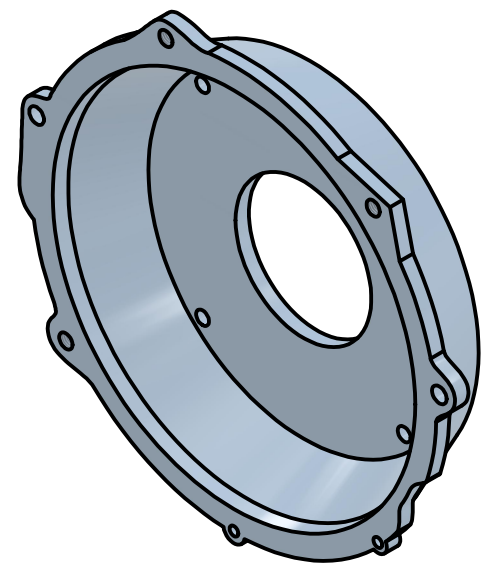
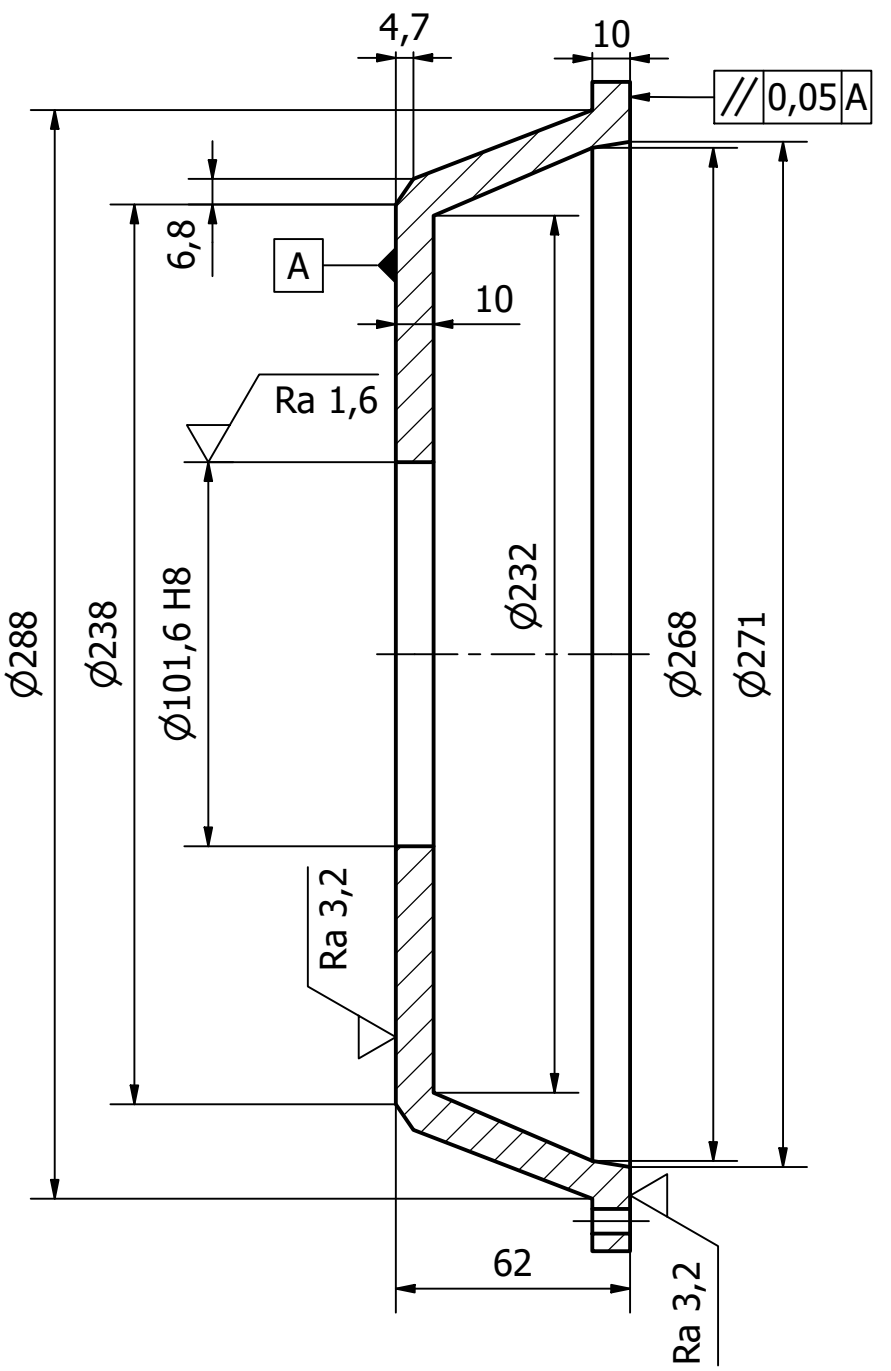
(1:2)



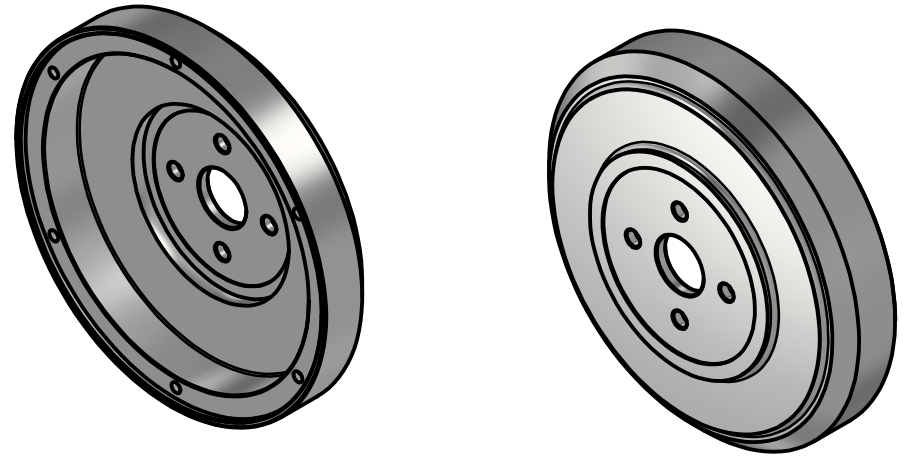
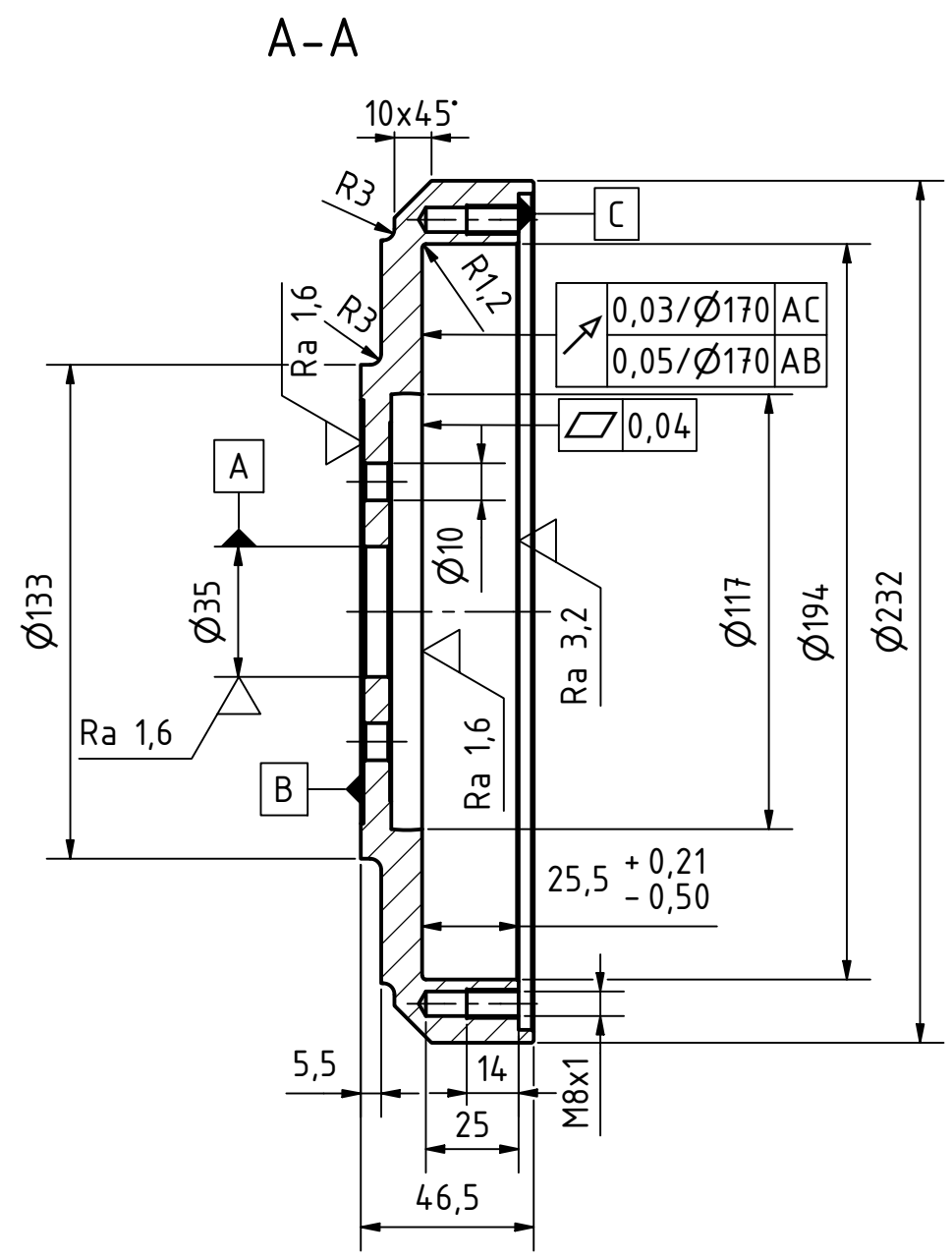
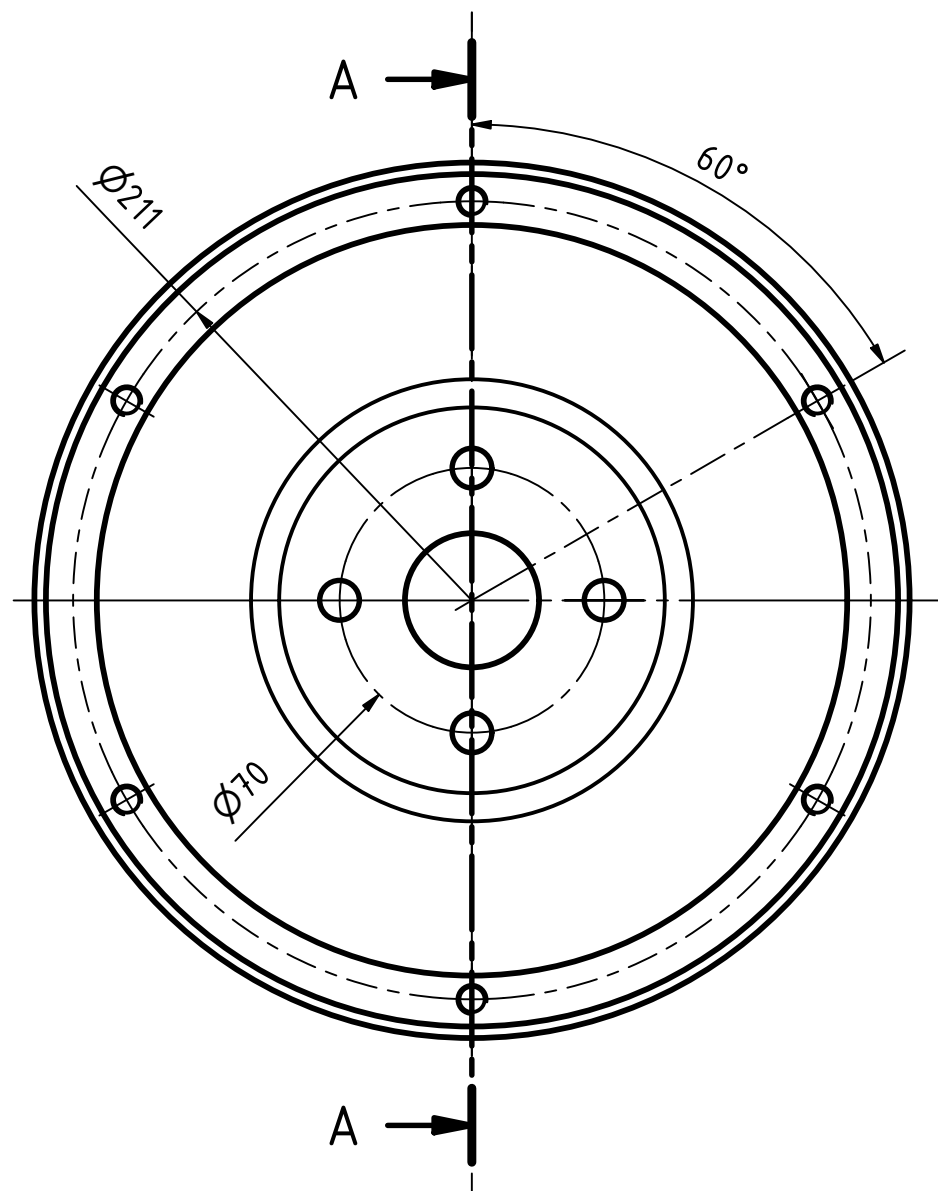
Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) 1,047 kg	Tolerování ISO 8015
Materiál - Polotovary ČSN 15260		Promítání 	
Kreslil Mgr. Martin Fazekaš Datum 10.5.2024	Název Příruba hřídele		Formát A3
	Schválil Datum Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ KKS		Číslo dokumentu DP-M01V	



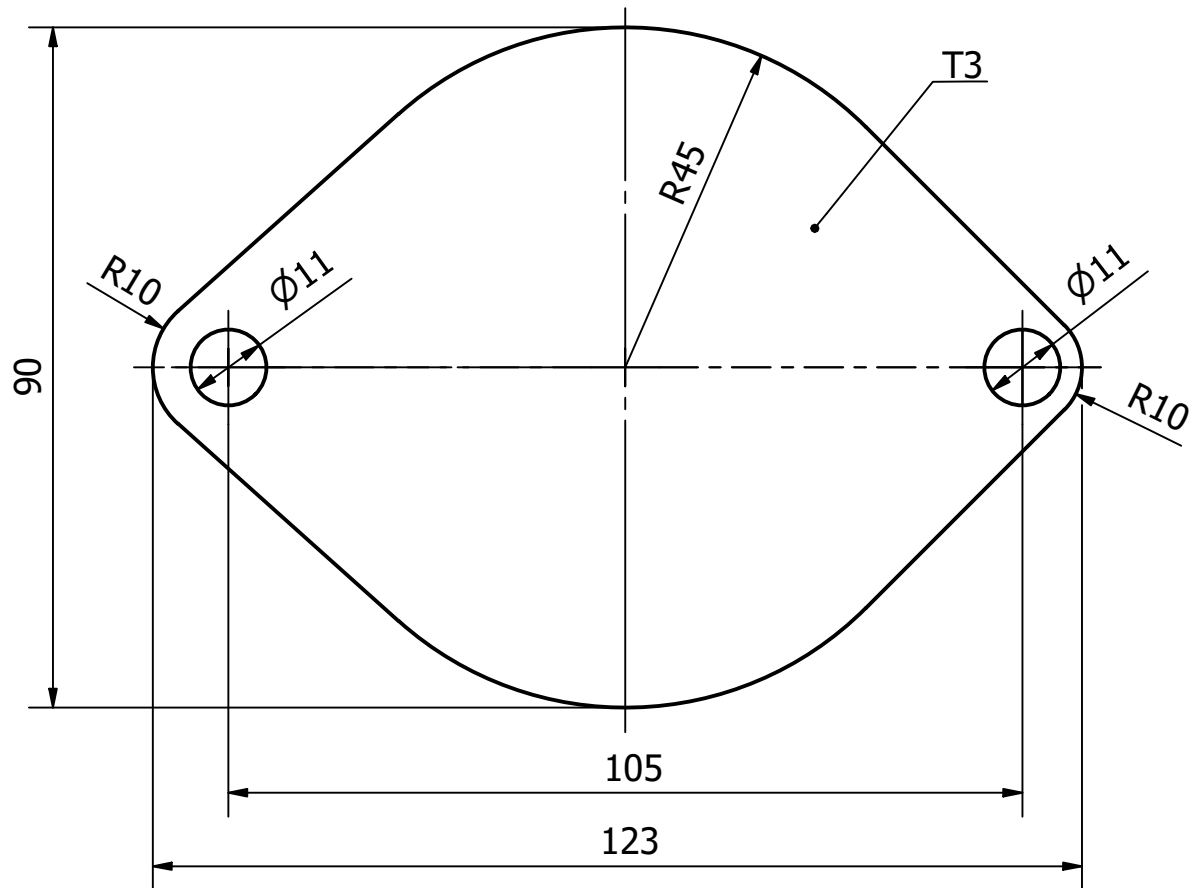
A-A



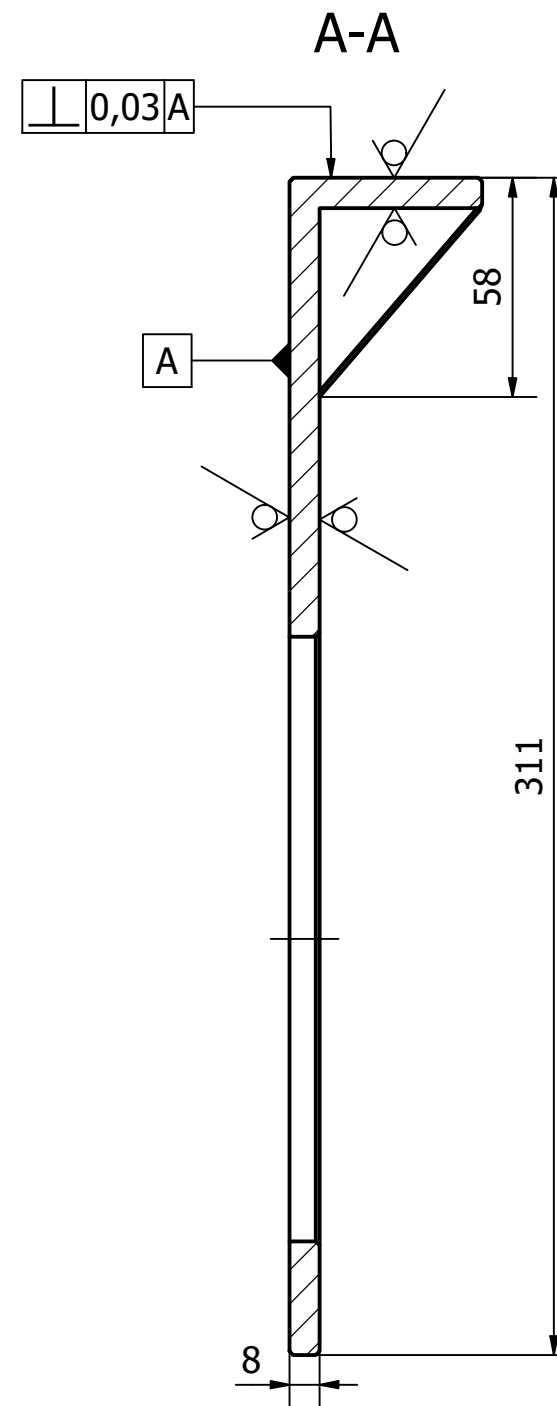
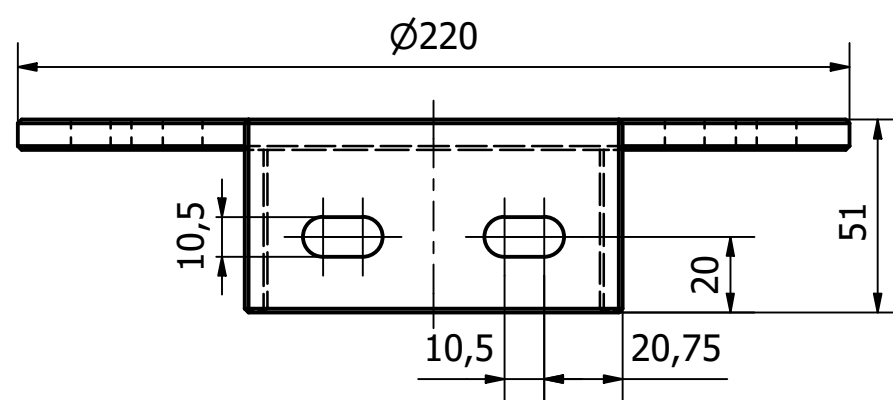
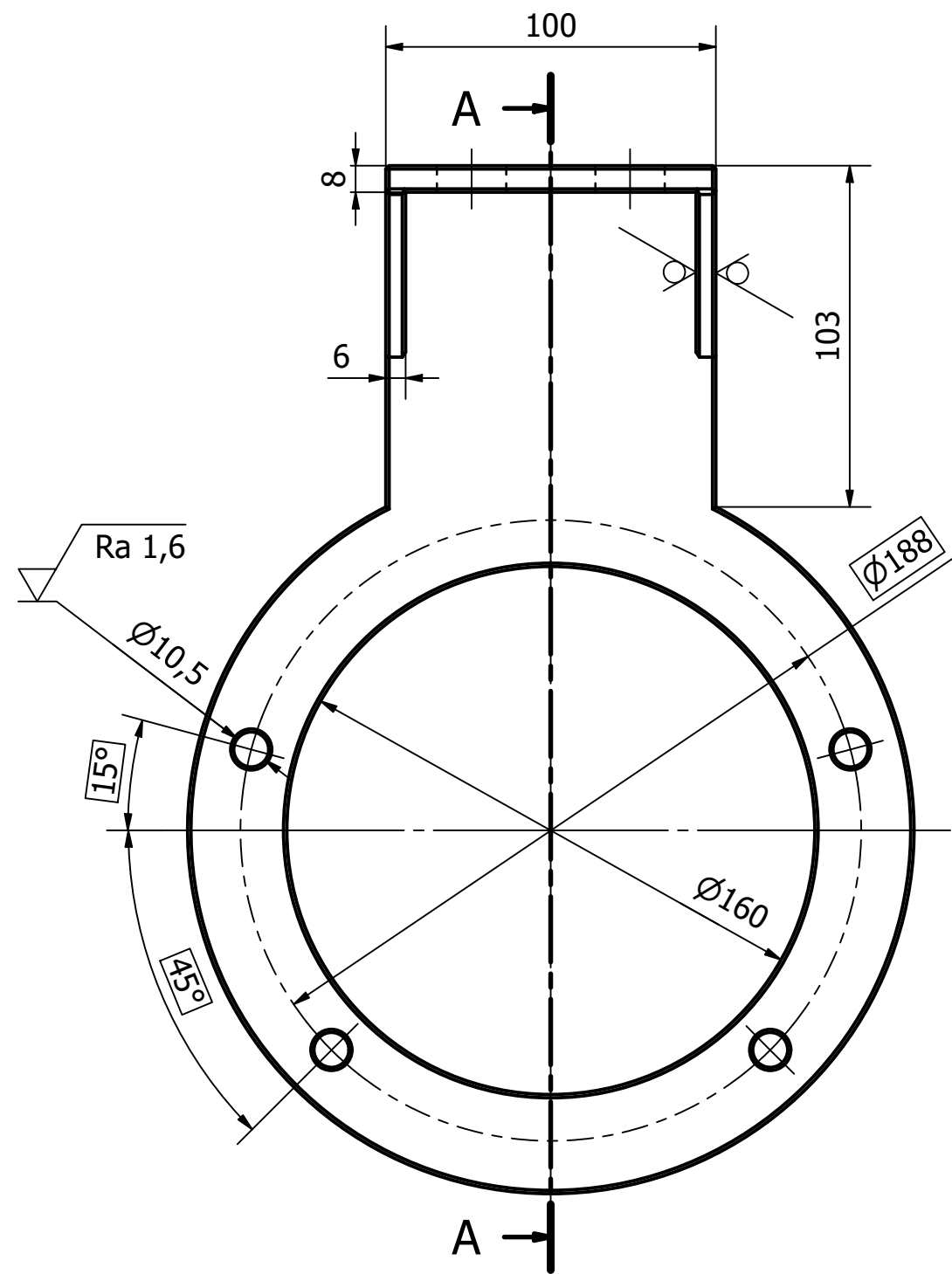
Textura povrchu $\sqrt{\text{Ra } 6,3}$ (✓)	Hrany ISO 13715 -0,4 +0,4	Měřítka 1:2	Přesnost ISO 2768 - mK
Materiál - Polotovary EN AW-6061 T6	Hmotnost (kg) 2,557 kg	Tolerování ISO 8015	Formát A3
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil Mgr. Martin Fazekaš Datum 10.5.2024	Název Příruba převodovky	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil Datum Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	Číslo dokumentu DP-M02V	



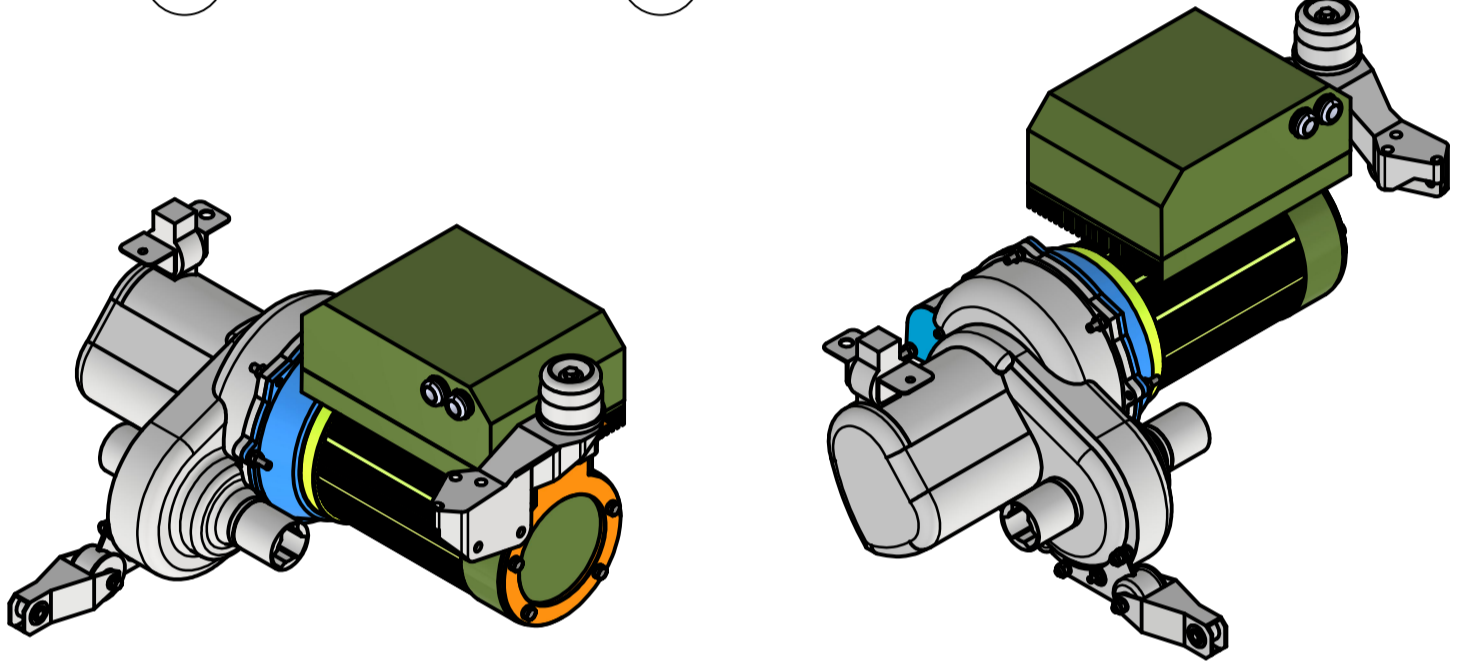
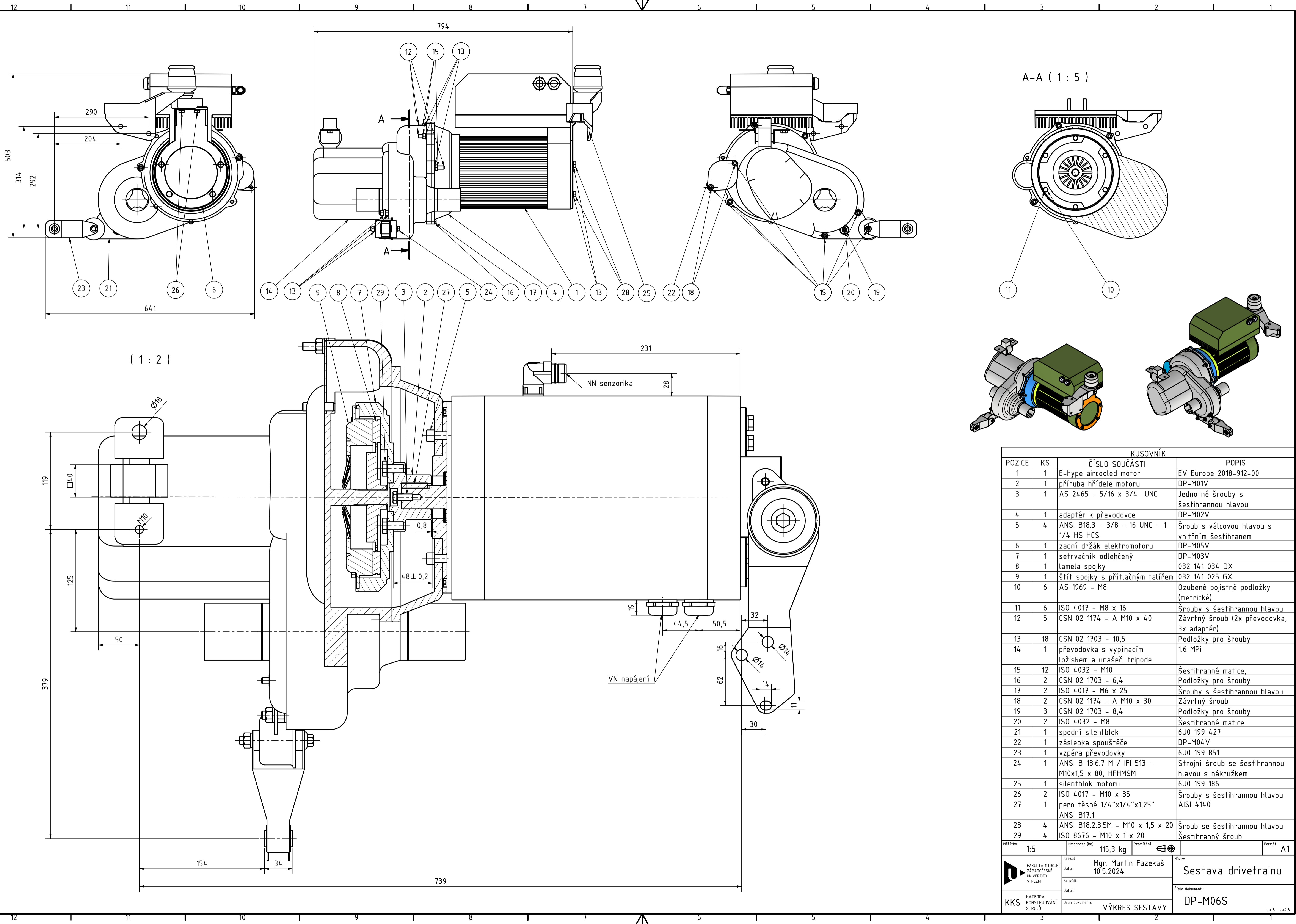
Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítka	Přesnost
		1:2	ISO 2768 - mK
Materiál - Polotovary		Hmotnost (kg)	Tolerování
ČSN 42 2643		4,930kg	ISO 8015
Kreslil Mgr. Martin Fazekaš Datum 10.5.2024 Schválil Datum Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		Název	Formát
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ		Setrvačnick odlehčený Číslo dokumentu DP-M03V	
		Promítání	



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:1 Hmotnost (kg) 0,058 kg	Přesnost ISO 2768 - mK
			Tolerování ISO 8015
Materiál - Polotovár 130x100 EN AW-1100		Formát A4	
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil Mgr. Martin Fazekaš Datum 10.5.2024	Název Záslepka spouštěče	
	Schválil Datum Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	Číslo dokumentu DP-M04V	



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítka	Přesnost
		1:2	ISO 2768 - mK
Materiál - Polotovár		Hmotnost (kg)	Tolerování
EN AW-6061 T6		0,701 kg	ISO 8015
Formát		Promítání	
A3			
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	Název	
	Mgr. Martin Fazekaš	Zadní držák elektromotoru	
Datum		Číslo dokumentu	
10.5.2024		DP-M05V	
Schválil		Druh dokumentu	
Datum		VÝROBNÍ VÝKRES	
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ		List 5 Listů 6	

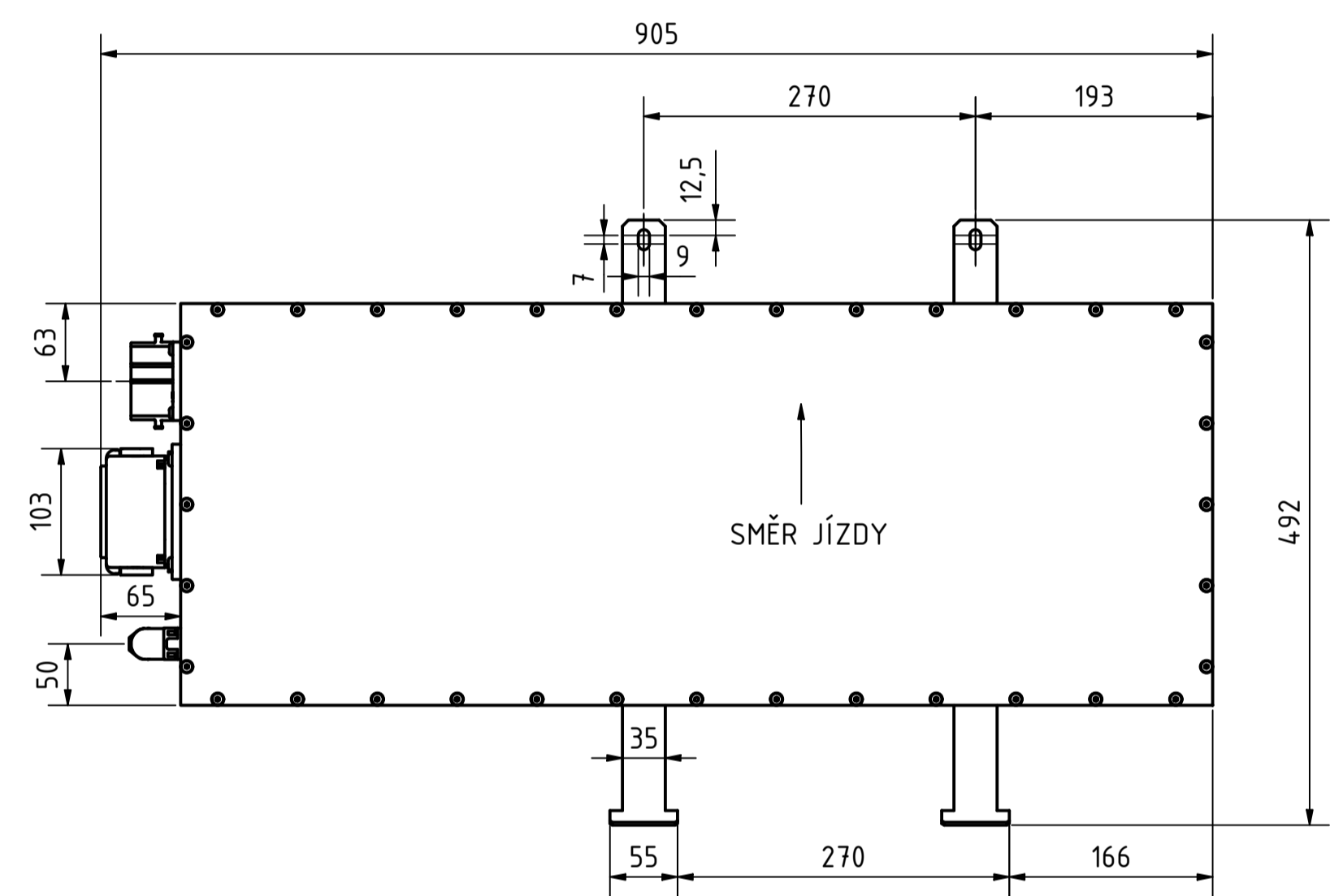
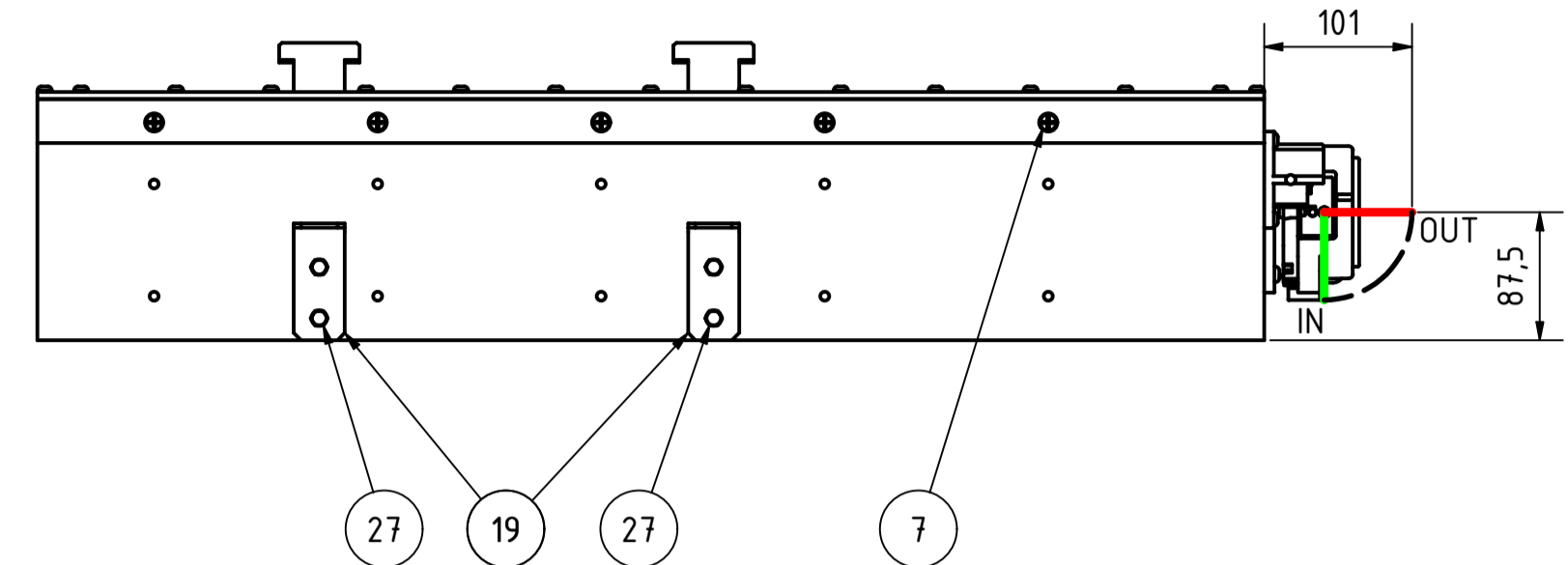
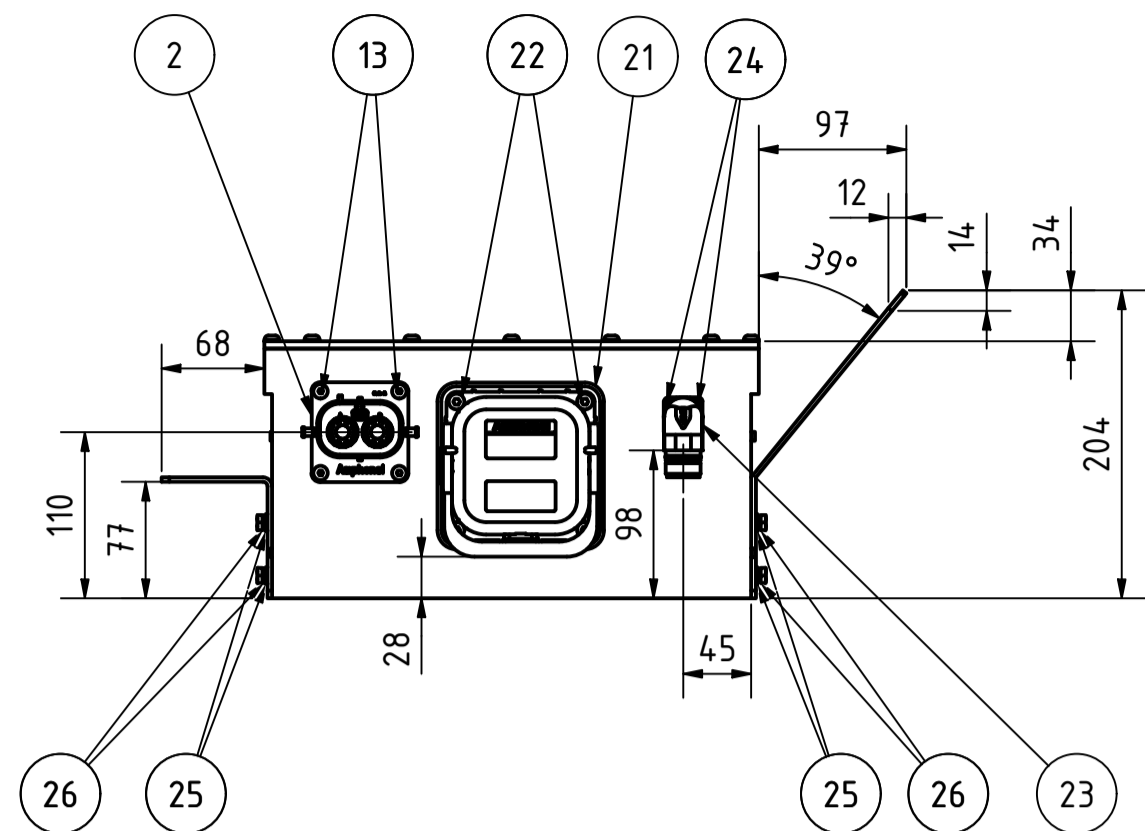
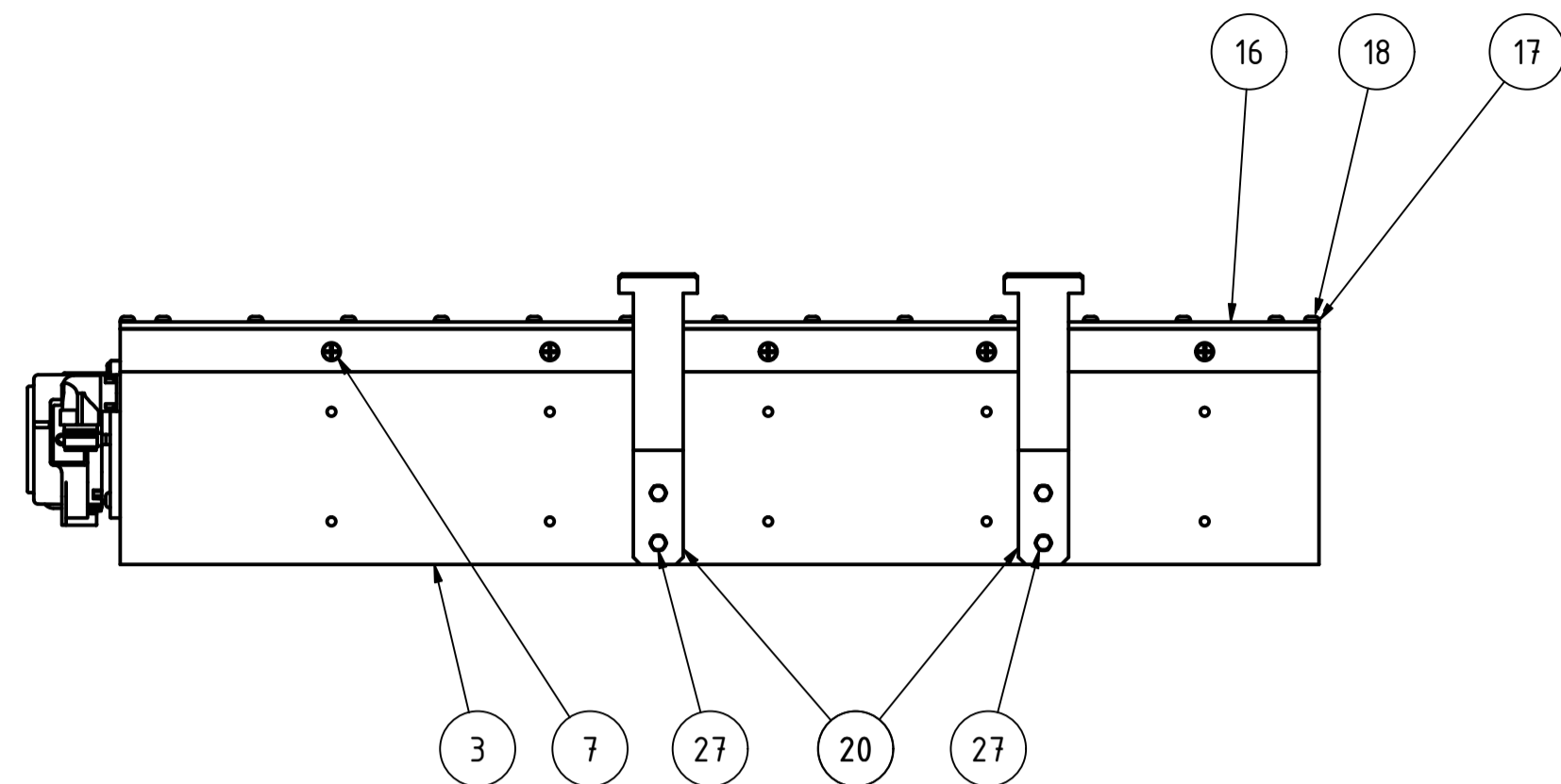


POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	E-hype aircooled motor	EV Europe 2018-912-00
2	1	příruba hřídele motoru	DP-M01V
3	1	AS 2465 - 5/16 x 3/4 UNC	Jednotné šrouby s šestihrannou hlavou
4	1	adaptér k převodovce	DP-M02V
5	4	ANSI B18.3 - 3/8 - 16 UNC - 1 1/4 HS HCS	Šroub s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem
6	1	zadní držák elektromotoru	DP-M05V
7	1	setrvačnik odlehčený	DP-M03V
8	1	lamela spojky	032 141 034 DX
9	1	štit spojky s přítláčným talířem	032 141 025 GX
10	6	AS 1969 - M8	Ozubené pojistné podložky (metrické)
11	6	ISO 4017 - M8 x 16	Šrouby s šestihrannou hlavou
12	5	CSN 02 1174 - A M10 x 40	Závrtný šroub (2x převodovka, 3x adaptér)
13	18	CSN 02 1703 - 10,5	Podložky pro šrouby
14	1	převodovka s vypínacím ložiskem a unašeci tripodu	1,6 MPI
15	12	ISO 4032 - M10	Šestihranné matice
16	2	CSN 02 1703 - 6,4	Podložky pro šrouby
17	2	ISO 4017 - M6 x 25	Šrouby s šestihrannou hlavou
18	2	CSN 02 1174 - A M10 x 30	Závrtný šroub
19	3	CSN 02 1703 - 8,4	Podložky pro šrouby
20	2	ISO 4032 - M8	Šestihranné matice
21	1	spodní silentblok	6U0 199 427
22	1	záslepka spouštěče	DP-M04V
23	1	vzpěra převodovky	6U0 199 851
24	1	ANSI B 18.6.7 M / IFI 513 - M10x1,5 x 80, FHMMSM	Strojní šroub se šestihrannou hlavou s nákrůžkem
25	1	silentblok motoru	6U0 199 186
26	2	ISO 4017 - M10 x 35	Šrouby s šestihrannou hlavou
27	1	pero těsné 1/4"x1/4"x1,25" ANSI B17.1	AISI 4140
28	4	ANSI B18.2.3.5M - M10 x 1,5 x 20	Šroub se šestihrannou hlavou
29	4	ISO 8676 - M10 x 1 x 20	Šestihranný šroub

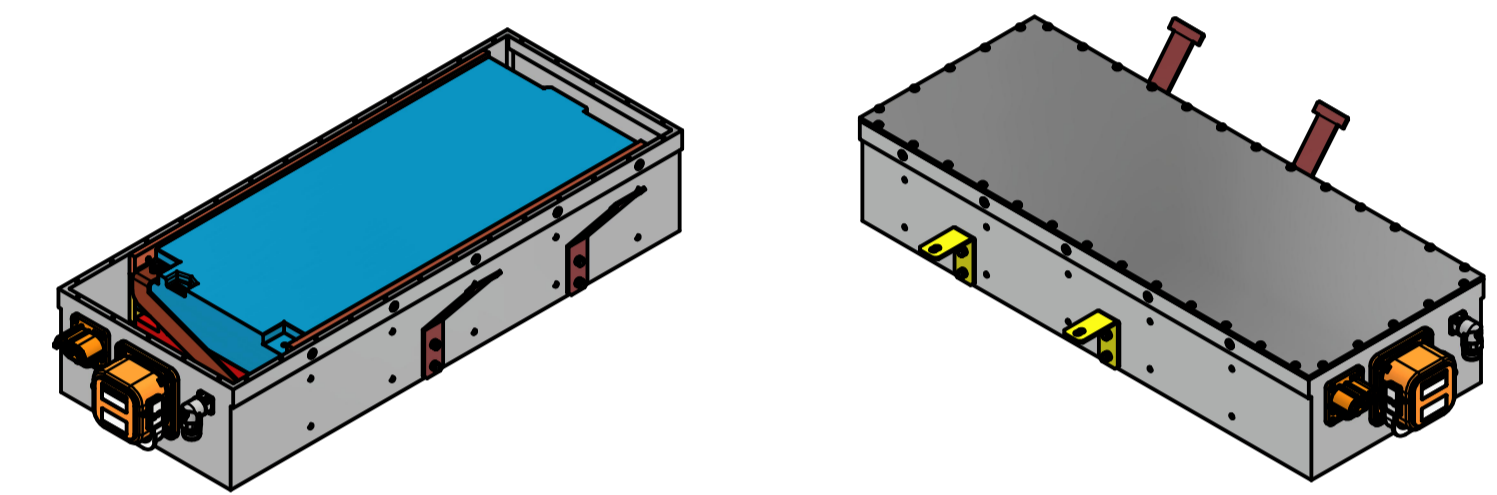
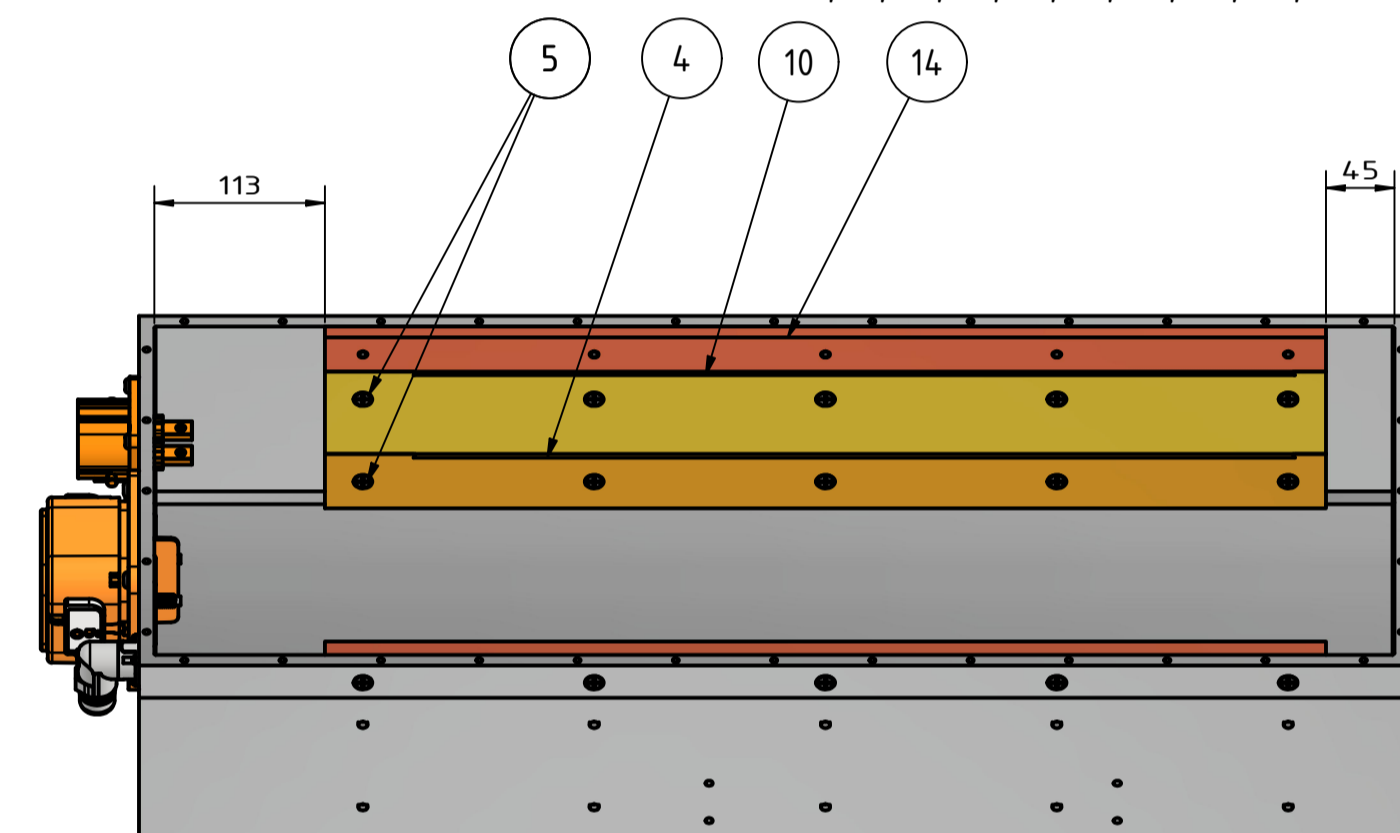
Měřítko	1:5	Hmotnost (kg)	115,3 kg	Promítání		Formát	A1
Kreslil	Mgr. Martin Fazekáš	Datum	10.5.2024	Schválil		Název	Sestava drivetrainu
KKS	KATEDRA KONSTRUKOVÁNÍ STROJŮ	Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVY	Datum		Číslo dokumentu	DP-M06S

Příloha G

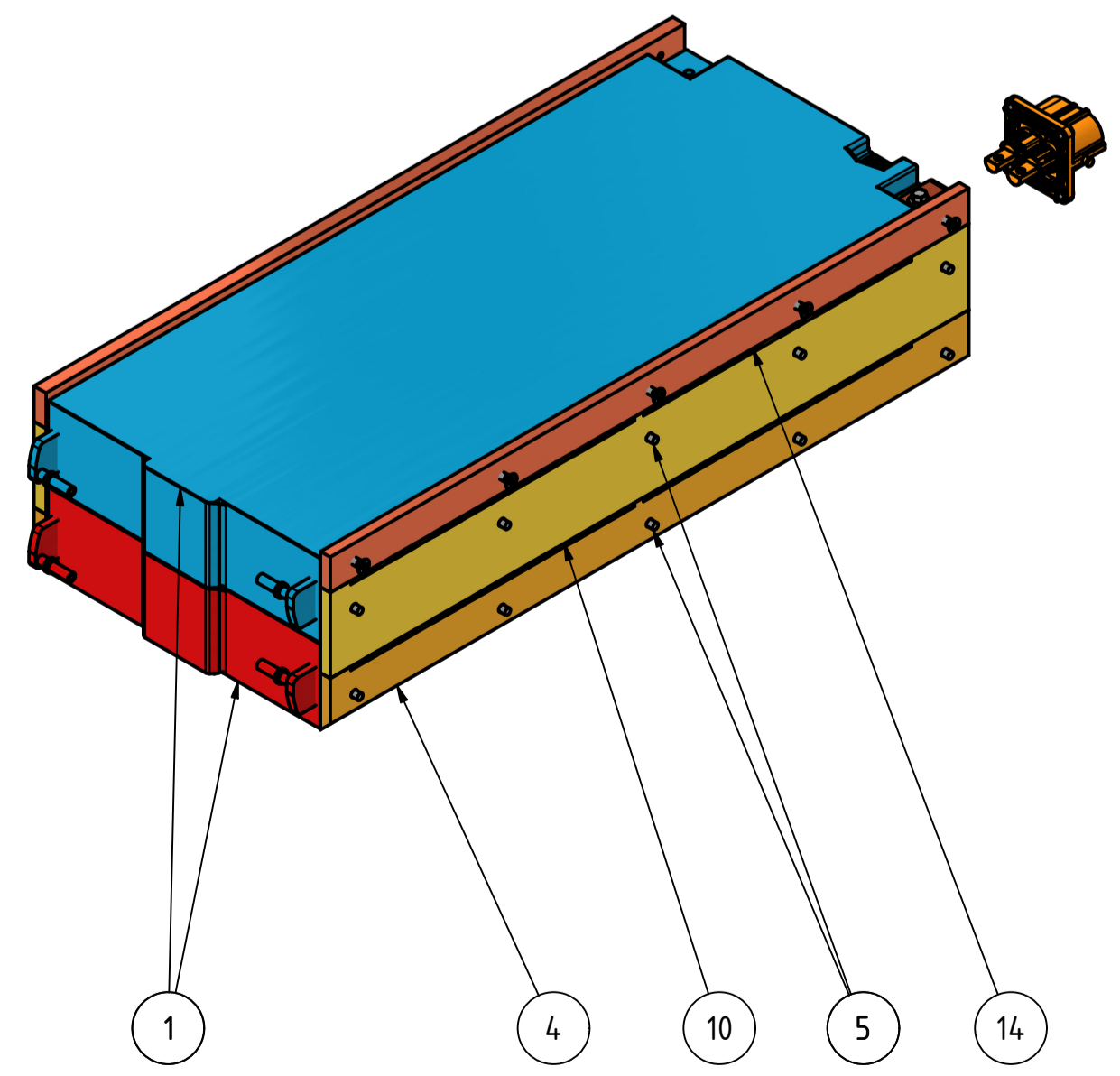
Výkresová dokumentace - baterýbox 1 (nádrž)



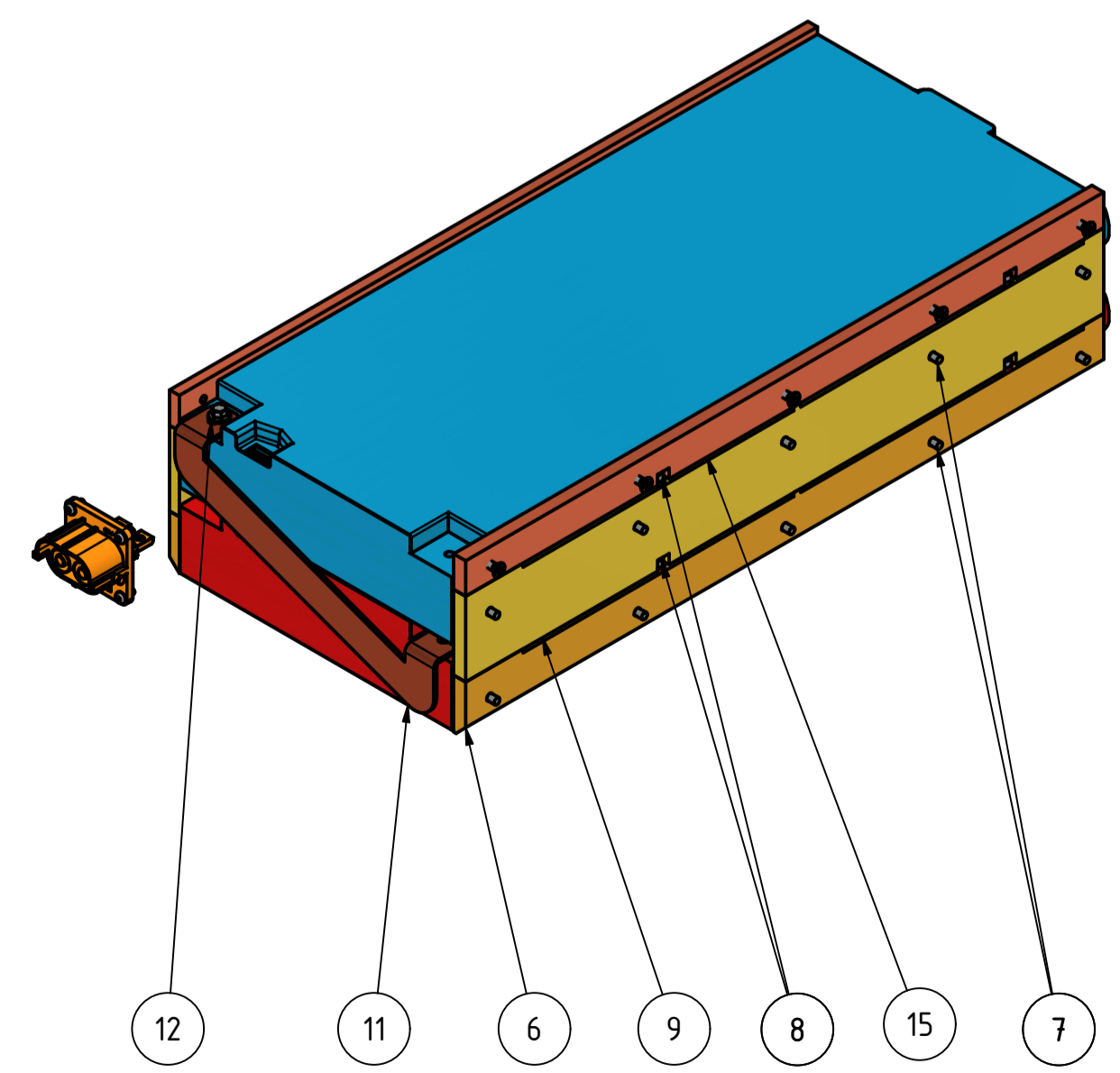
V TOMTO POHLEDU JSOU VYPNUTÉ POZICE 1, 11, 12, 16, 18, 19, 20, 25, 26, 27



V TOMTO POHLEDU JSOU VYPNUTÉ POZICE 3, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27

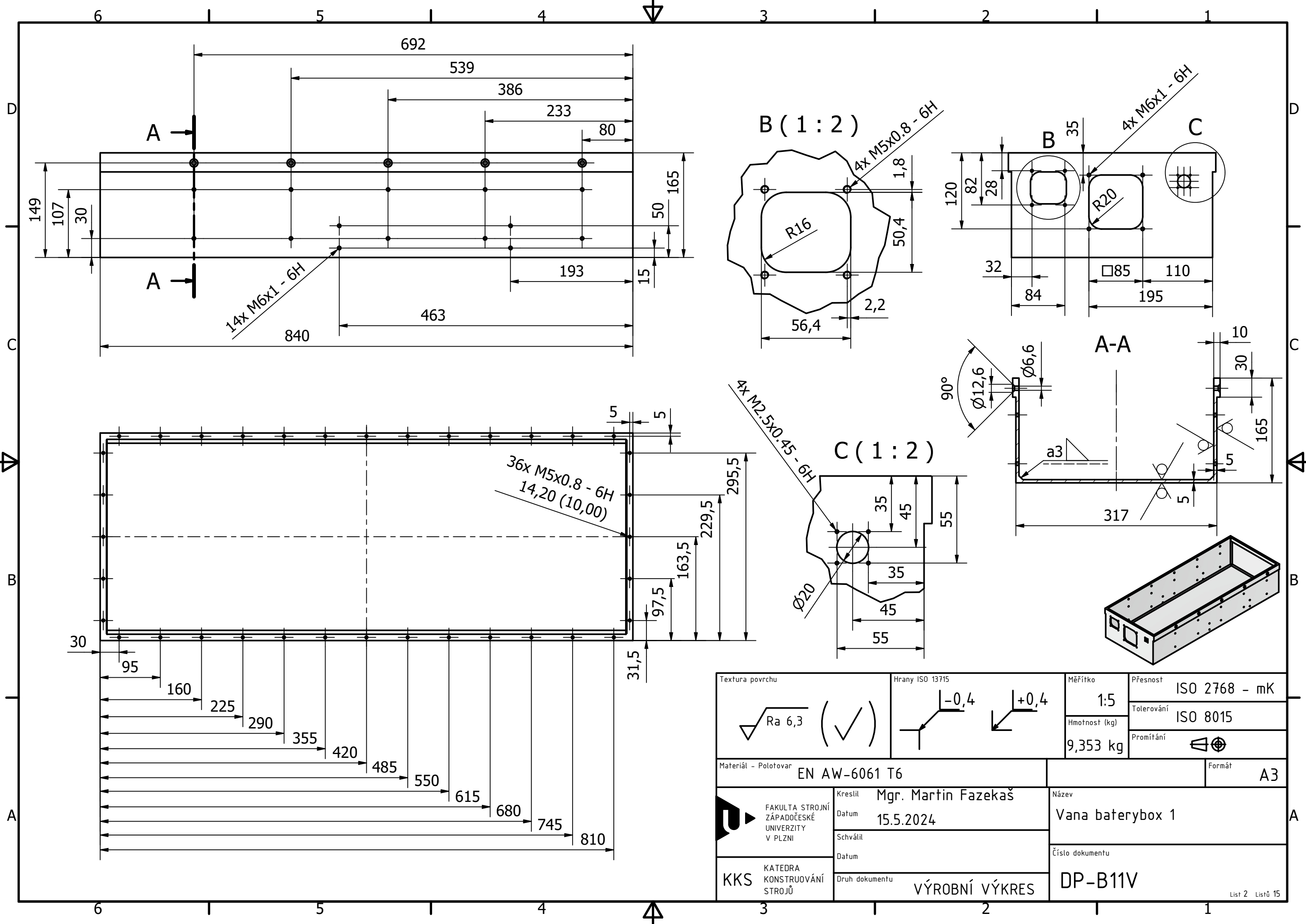


V TOMTO POHLEDU JSOU VYPNUTÉ POZICE 3, 16, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27



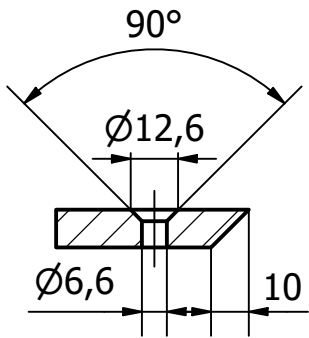
KUSOVNÍK			
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	2	Testa Modul	EVWEST model S batt
2	1	HVIL konektor Amphenol	C10-731561-02P_ASM_SW0001
3	1	baterybox 1 vana	DP-B10V
4	1	pravá spodní podpěra BB	DP-B13V
5	10	CSN EN ISO 7046-2 H - M6x16 - 8.8 - H	Šrouby se zápusťnou hlavou s křížovou drážkou tvaru H nebo tvaru Z.
6	1	levá spodní podpěra BB	DP-B12V
7	20	CSN EN ISO 7046-2 H - M6x20 - 8.8 - H	Šrouby se zápusťnou hlavou s křížovou drážkou tvaru H nebo tvaru Z.
8	4	CSN 02 1143 - M6 x 14	Šrouby s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem
9	1	levá střední podpěra BB	DP-B14V
10	1	pravá střední podpěra BB	DP-B15V
11	1	busbar	EVEUROPE Tesla battery connector
12	2	ANSI B 18.6.7 M / IFI 513 - M8x1,25 x 13, HFHMSM	Strojní šroub se šestihrannou hlavou s nákrůžkem
13	4	ANSI B18.3.4M - M5 x 0.8 x 12, BHSBHCSM	Protahovaný šroub s půlkulovou hlavou s vnitřním šestihranem - Metrický
14	1	pravá vrchní podpěra BB	DP-B17V
15	1	levá vrchní podpěra BB	DP-B16V
16	1	Horní víko BB1	DP-B11V
17	36	CSN 02 1721 - 5,5	Černé podložky
18	36	ANSI B18.3.4M - M5 x 0.8 x 16, BHSBHCSM	Protahovaný šroub s půlkulovou hlavou s vnitřním šestihranem - Metrický
19	2	přední držák BBN	DP-B18V
20	2	Zadní držák BBN	DP-B19V
21	1	servisní odpojovač Amphenol	msd-front-mounting-c3d
22	4	ANSI B18.3.4M - M6 x 1 x 16, BHSBHCSM	Protahovaný šroub s půlkulovou hlavou s vnitřním šestihranem - Metrický
23	1	signálový konektor	EPIC® SIGNAL M23 A3-Housing A3
24	4	EN ISO 7045 - M2,5 x 8 - 4.8 - Z	Šrouby s kónickou hlavou s křížovou drážkou H nebo Z. Výrobní řada A
25	8	CSN 02 1703 - 6,4	Podložky pro šrouby s válcovou a půlkulovou hlavou
26	8	CSN 02 1740 - 6	Pružné podložky čtvercového průřezu
27	8	ISO 4017 - M6 x 12	Šrouby s šestihrannou hlavou; Výrobní třída A a B

Měřítko	1:5	Hmotnost (kg)	72,1 kg	Praní		Formát	A1
Kreslil	Mgr. Martin Fazekaš	Datum	15.5.2024	Schválil		Název	Sestava bateryboxu 1
KKS	KATEDRA KONSTRUKOVÁNÍ STROJŮ	Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVY	Datum		Číslo dokumentu	DP-B20S

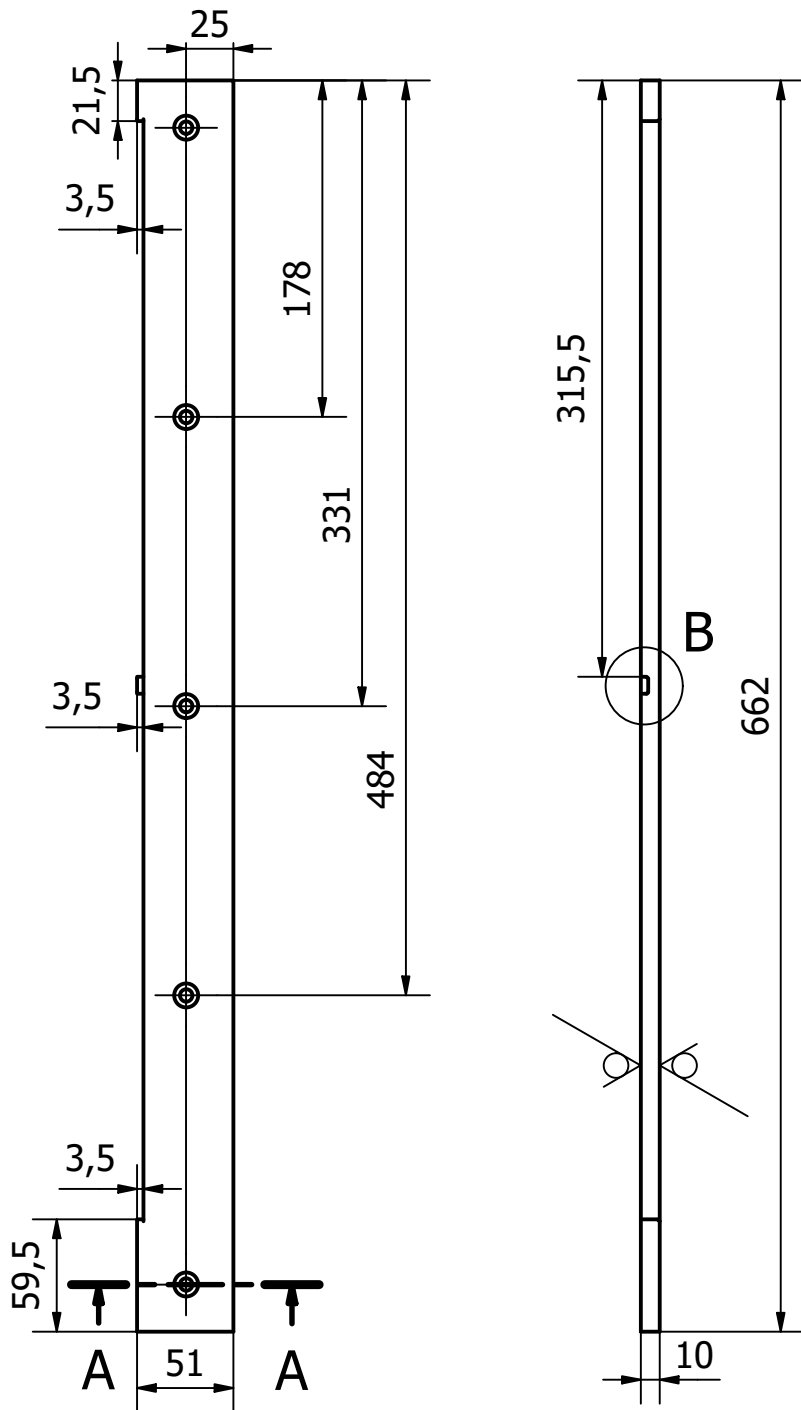
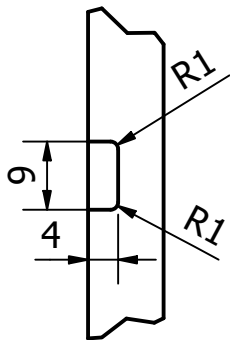


Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítka	Přesnost
		1:5	ISO 2768 - mK
Materiál - Polotovár		Hmotnost (kg)	Tolerování
EN AW-6061 T6		9,353 kg	ISO 8015
Formát		Promítání	
A3			
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	Název	
	Mgr. Martin Fazekaš	Vana baterybox 1	
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum	Číslo dokumentu	
	15.5.2024	DP-B11V	
Schválil		Druh dokumentu	
Datum		VÝROBNÍ VÝKRES	

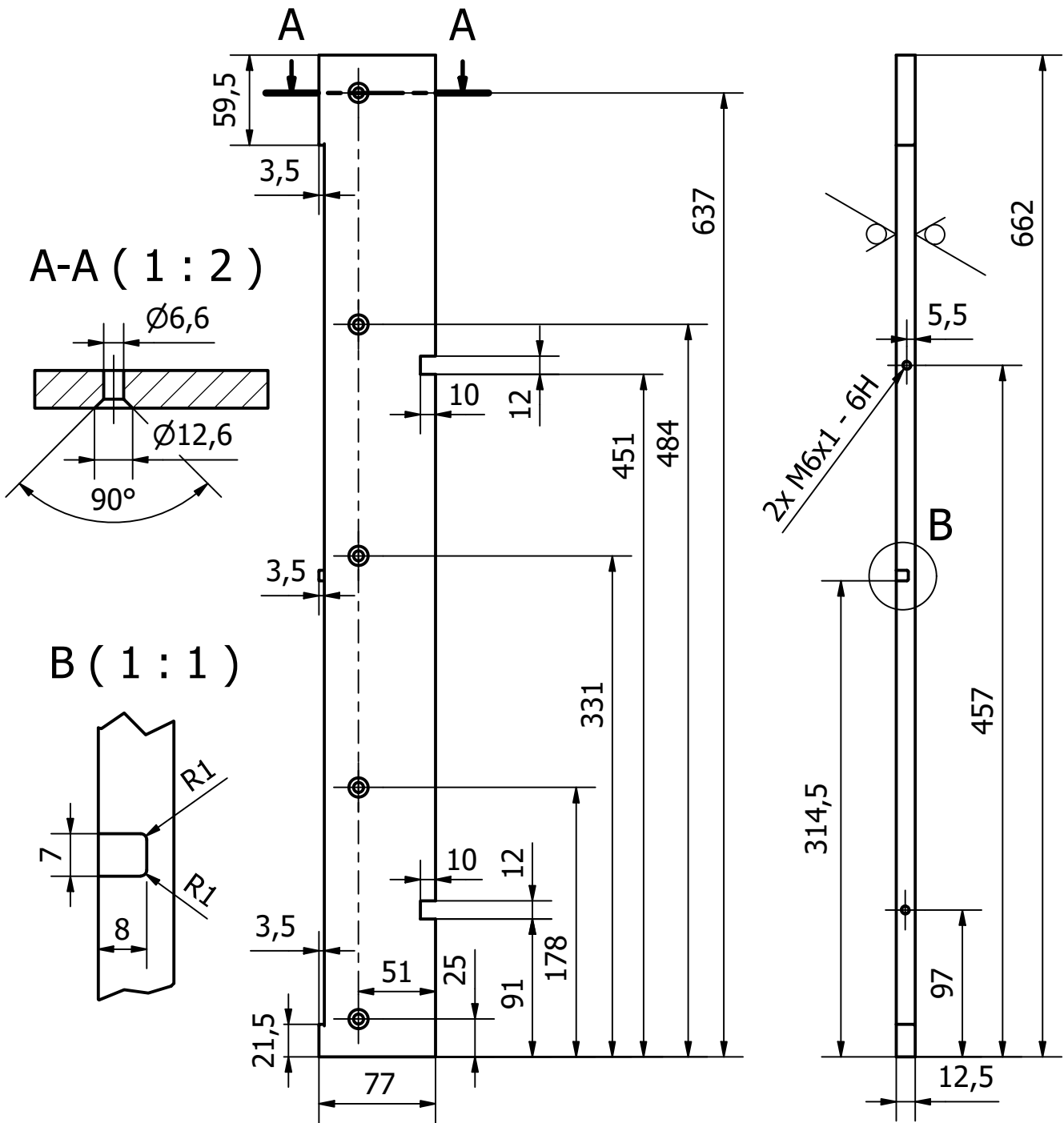
A-A (1 : 2)



B (1 : 1)



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:5	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) 0,761 kg	Tolerování ISO 8015
Materiál - Polotovár EN AW-6061 T6		Formát A4	
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil Mgr. Martin Fazekaš	Název Spodní podpěra P	
	Datum 15.5.2024	Schválil	Číslo dokumentu
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum	DP-B14V	
Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		List 5 Listů 15	

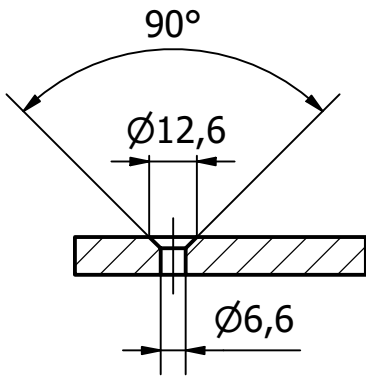


Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:5	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) 1,635 kg	Tolerování ISO 8015
			Promítání

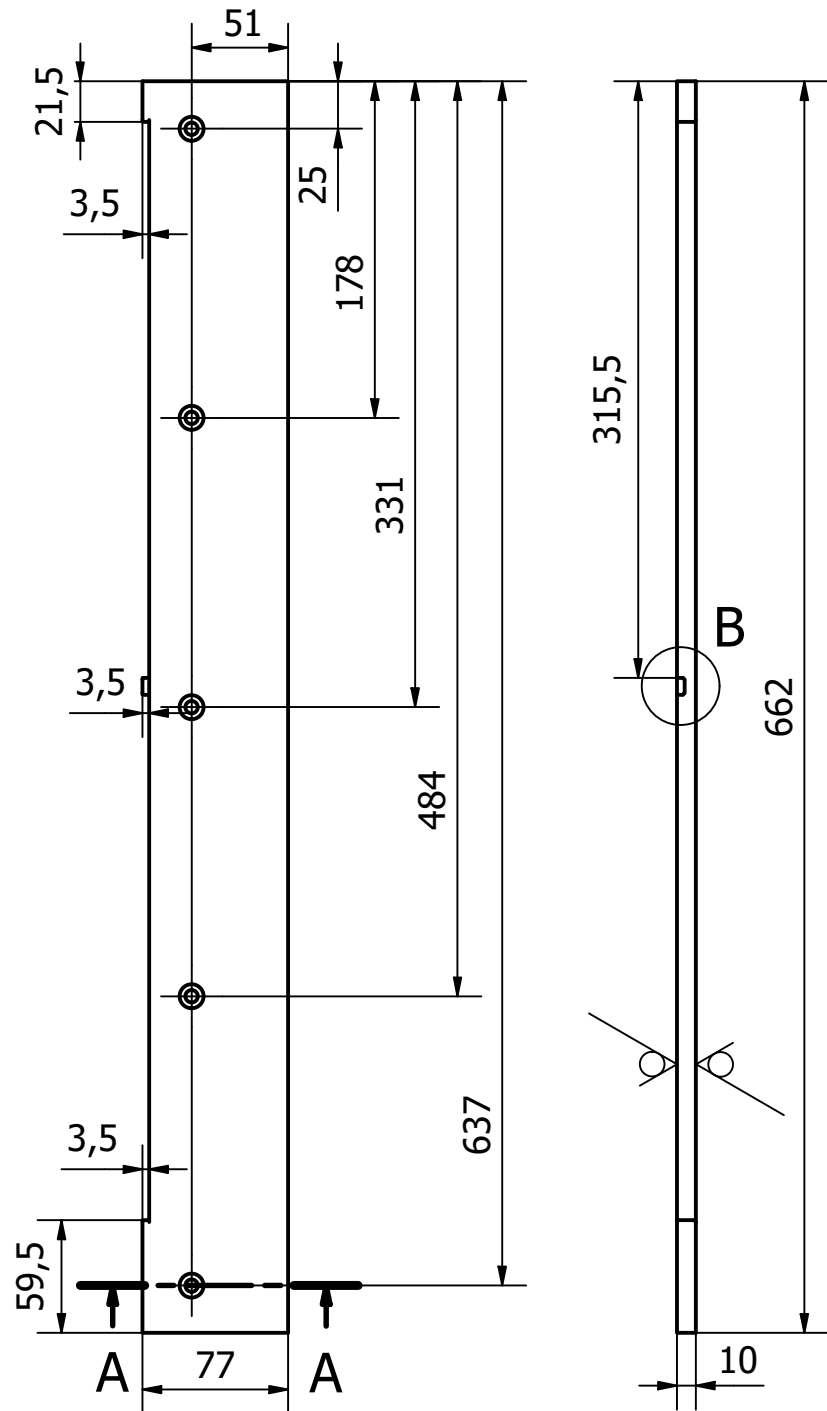
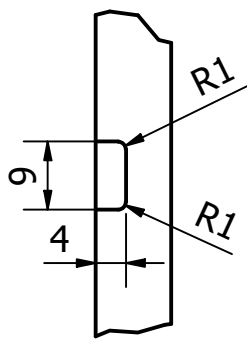
Materiál - Polotovár EN AW-6061 T6	Formát A4
---------------------------------------	--------------

FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Kreslil Mgr. Martin Fazekaš	Název Střední podpěra L
	Datum 15.5.2024	
	Datum Schválil Datum Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	Číslo dokumentu DP-B15V

A-A (1 : 2)



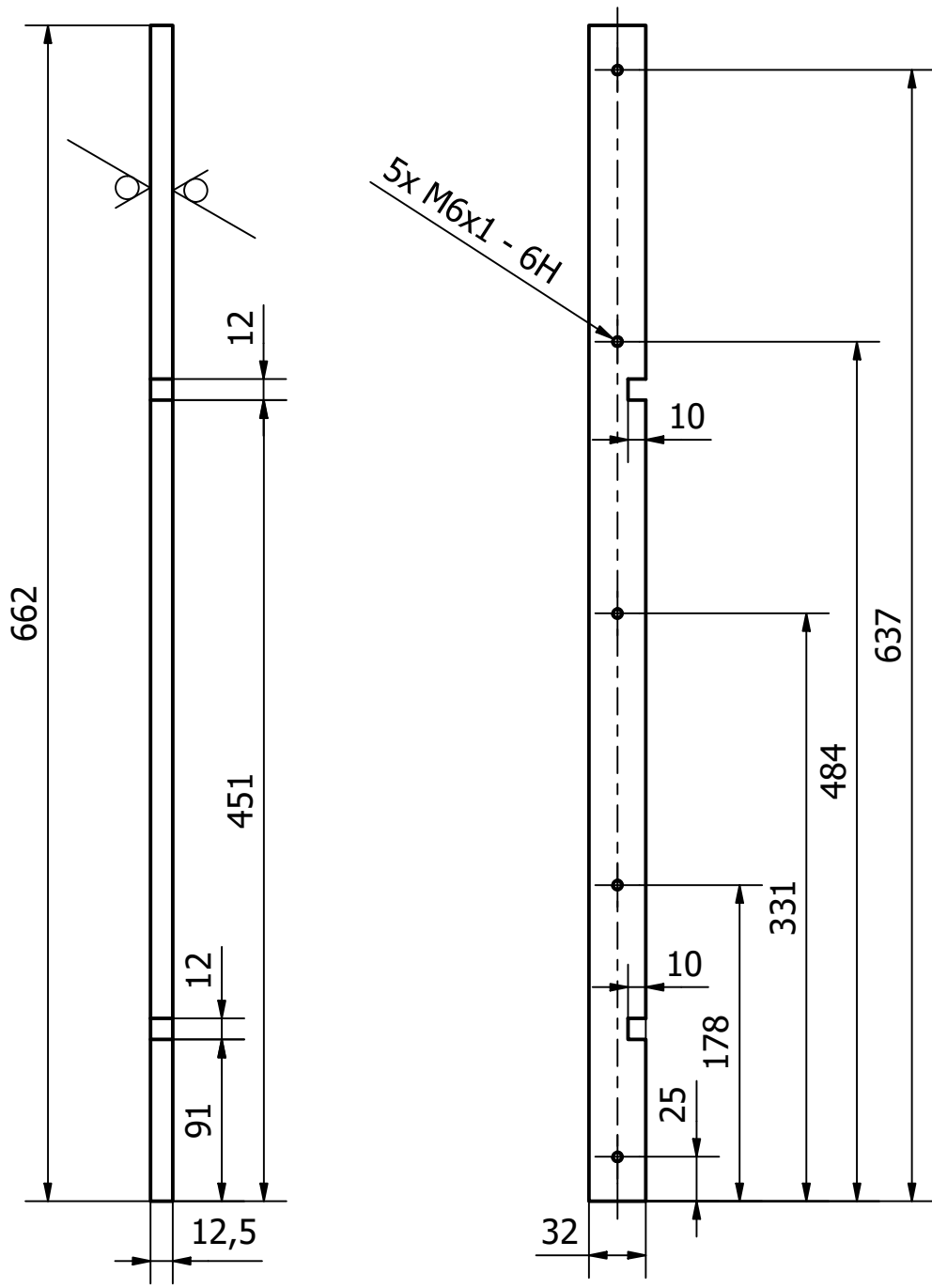
B (1 : 1)



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:5	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) 1,315 kg	Tolerování ISO 8015
			Promítání

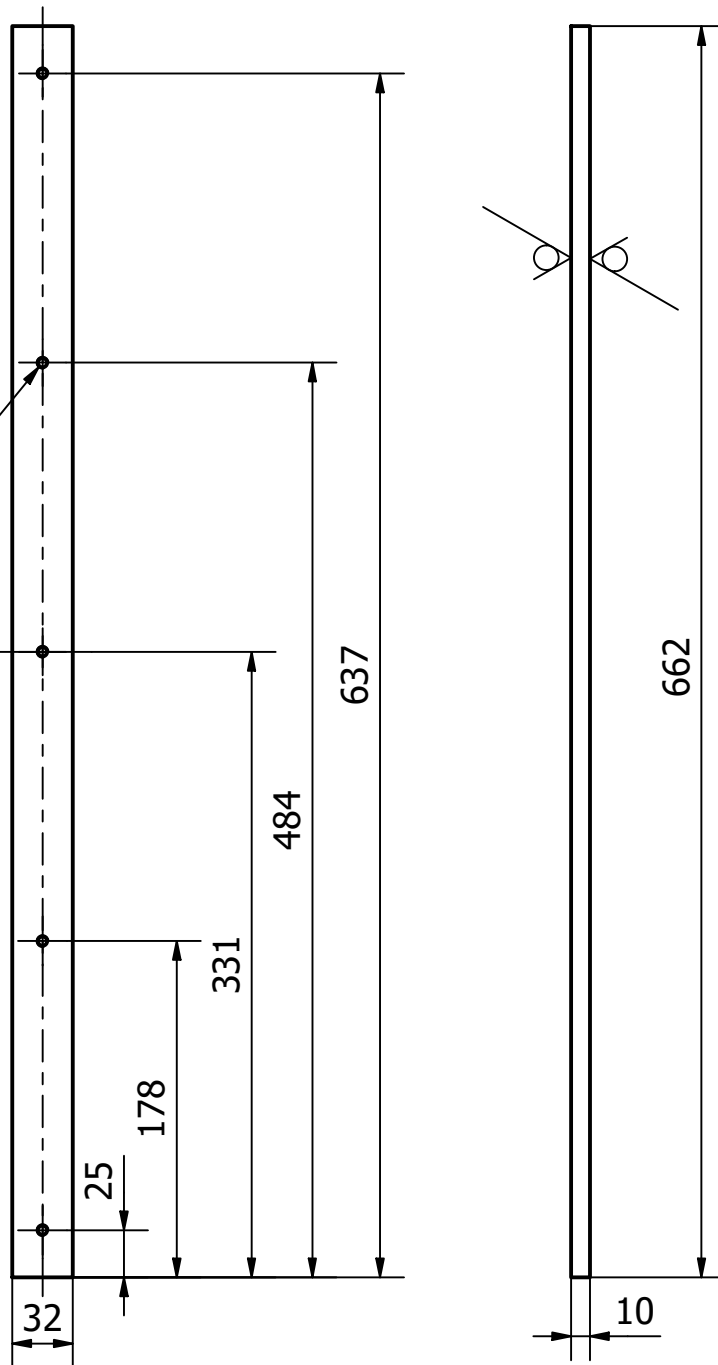
Materiál - Polotovár EN AW-6061 T6	Formát A4
---------------------------------------	--------------

FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil Mgr. Martin Fazekaš	Název Střední podpěra P
	Datum 15.5.2024	
	Schválil Datum	Číslo dokumentu DP-B16V
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	

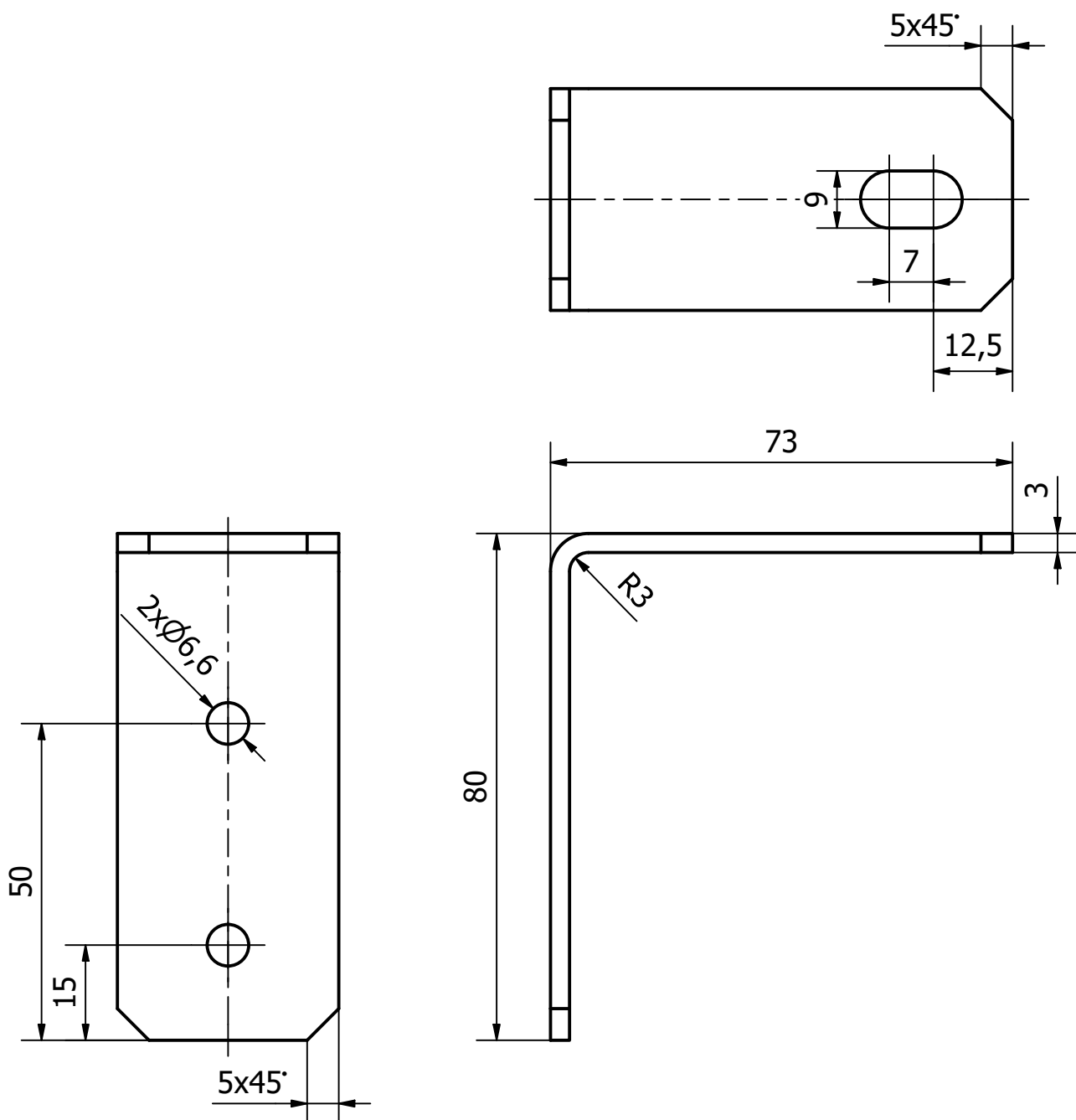


Textura povrchu 		Hrany ISO 13715 		Měřítko 1:5		Přesnost ISO 2768 - mK	
				Hmotnost (kg) 0,704 kg		Tolerování ISO 8015	
						Promítání 	
Materiál - Polotovár EN AW-6061 T6				Formát A4			
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI		Kreslil Mgr. Martin Fazekaš		Název Vrchní podpěra L			
		Datum 15.5.2024		Číslo dokumentu DP-B17V			
		Schválil Datum Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES					
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ							

5x M6x1 - 6H



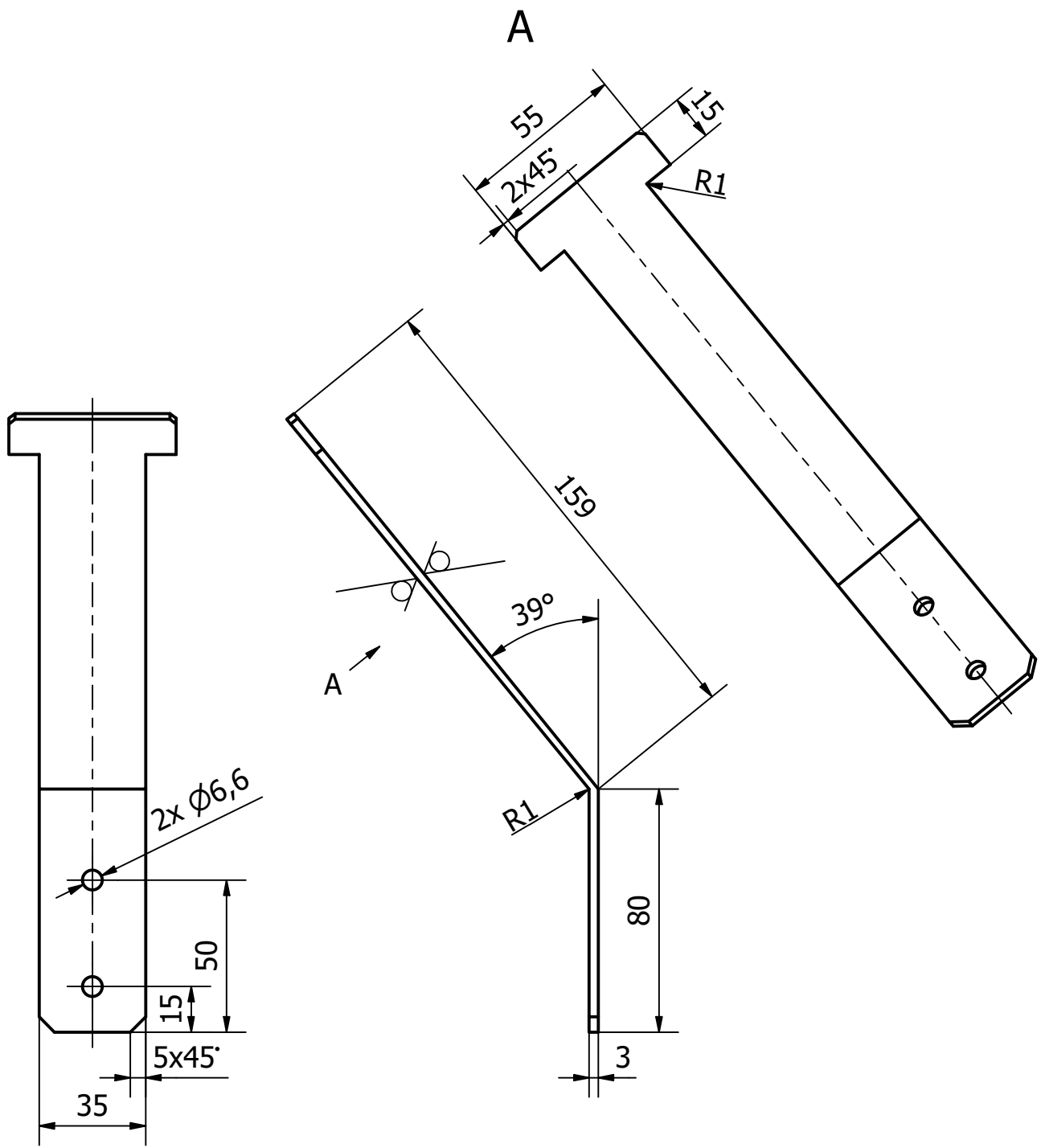
Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:5	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) 0,569 kg	Tolerování ISO 8015
Materiál - Polotovár EN AW-6061 T6		Formát A4	
	Kreslil Mgr. Martin Fazekaš	Název Vrchní podpěra P	
	Datum 15.5.2024	Číslo dokumentu DP-B18V	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:1	Přesnost ISO 2768 - mK
		Hmotnost (kg) 0,117 kg	Tolerování ISO 8015
		Promítání 	

Materiál - Polotovár P3 EN10051 S235JR	Formát A4
---	--------------

FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil Mgr. Martin Fazekaš	Název Přední držák
	Datum 15.5.2024	
	Schválil Datum Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES	Číslo dokumentu DP-B19V



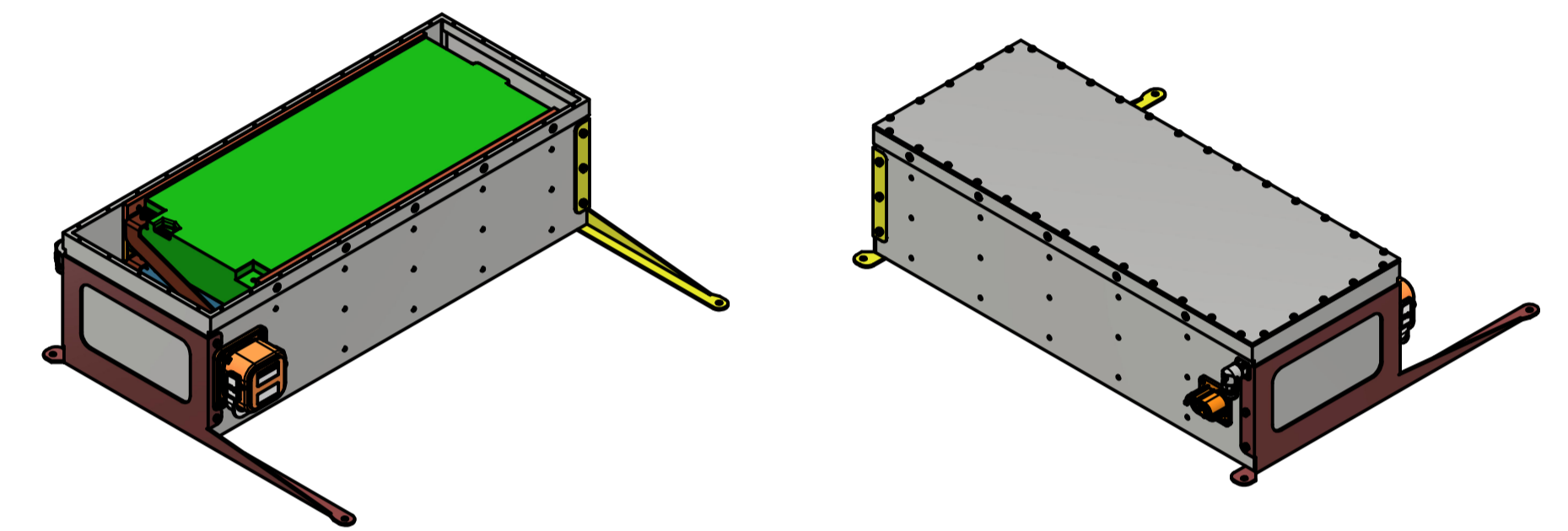
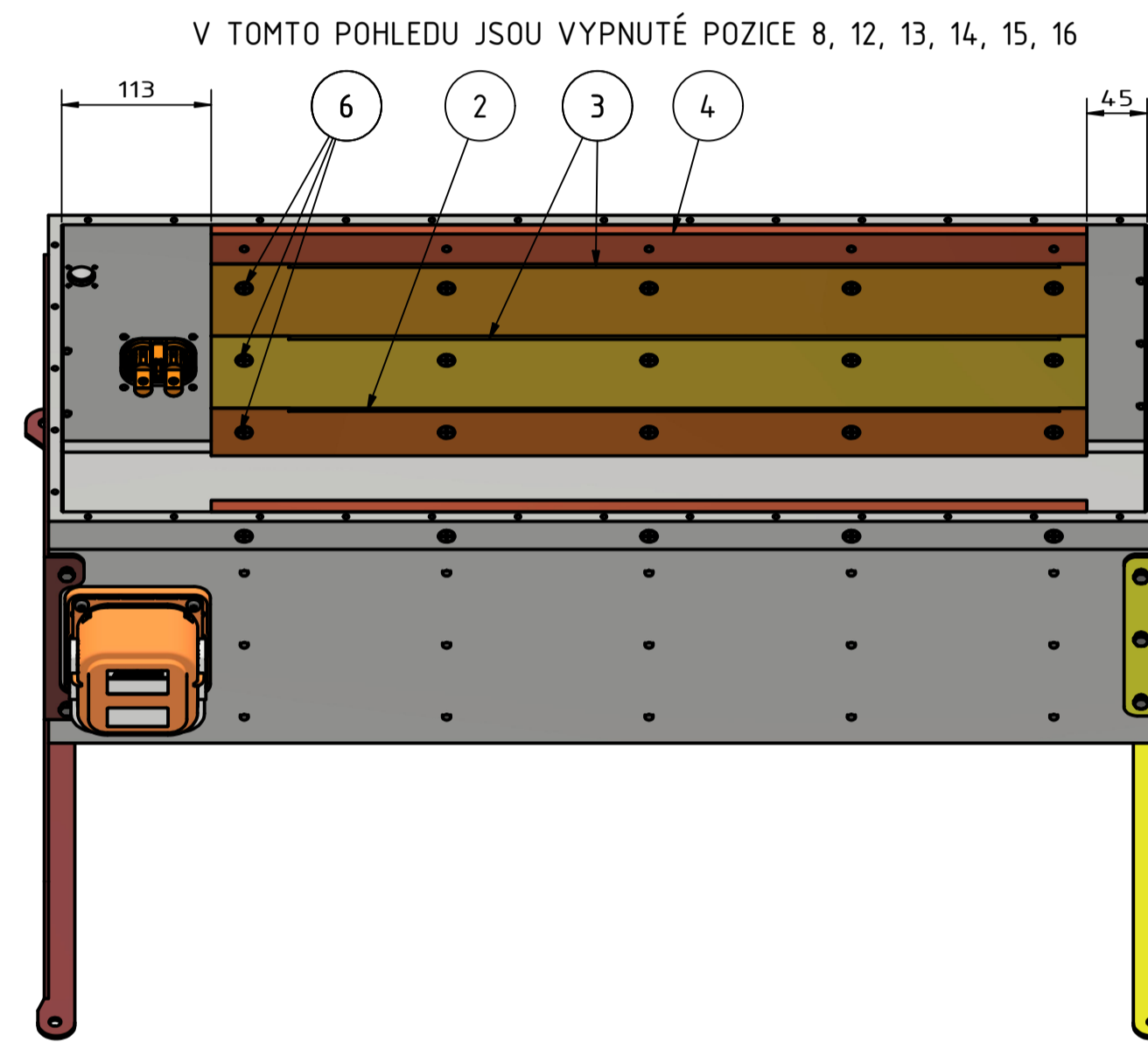
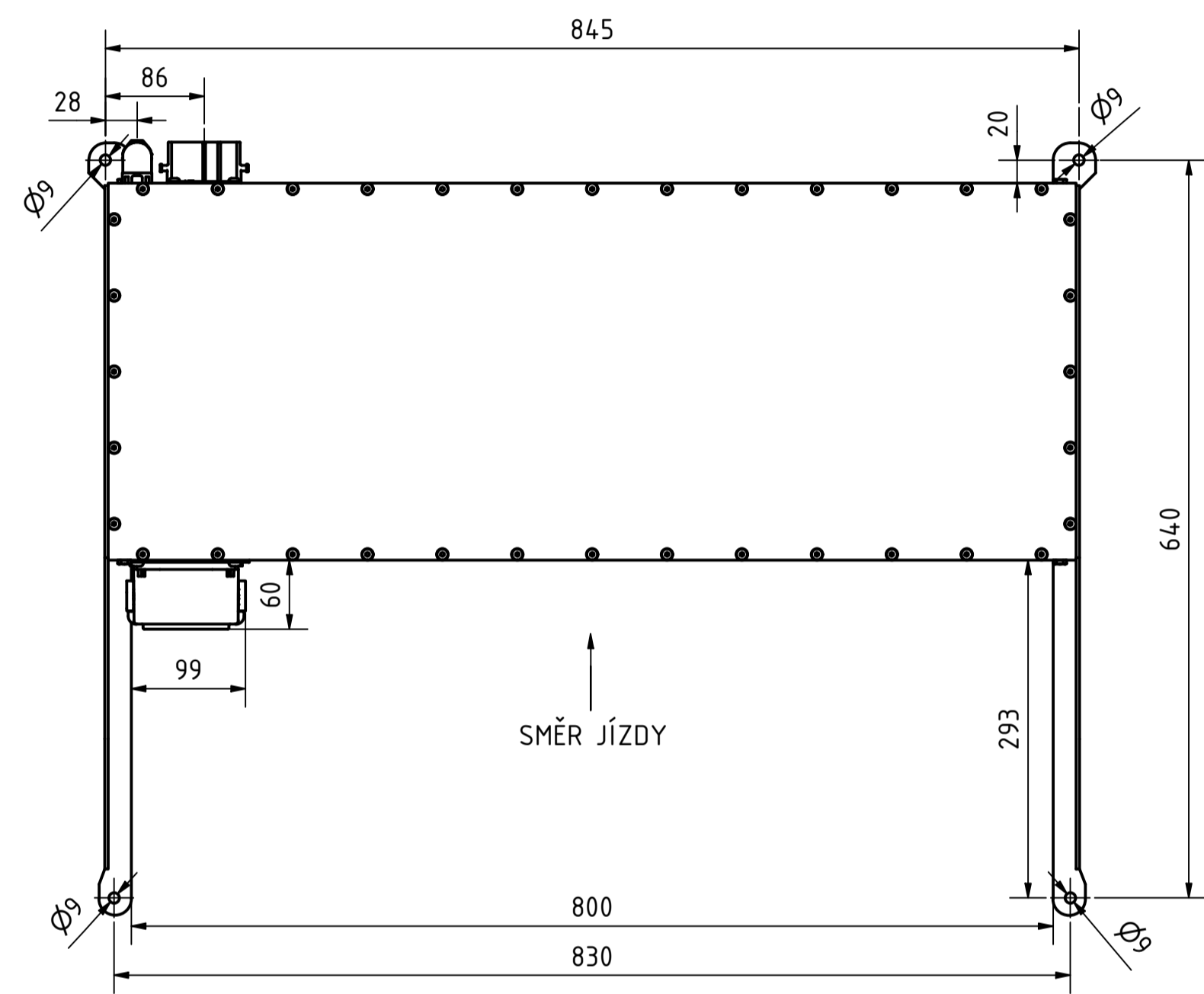
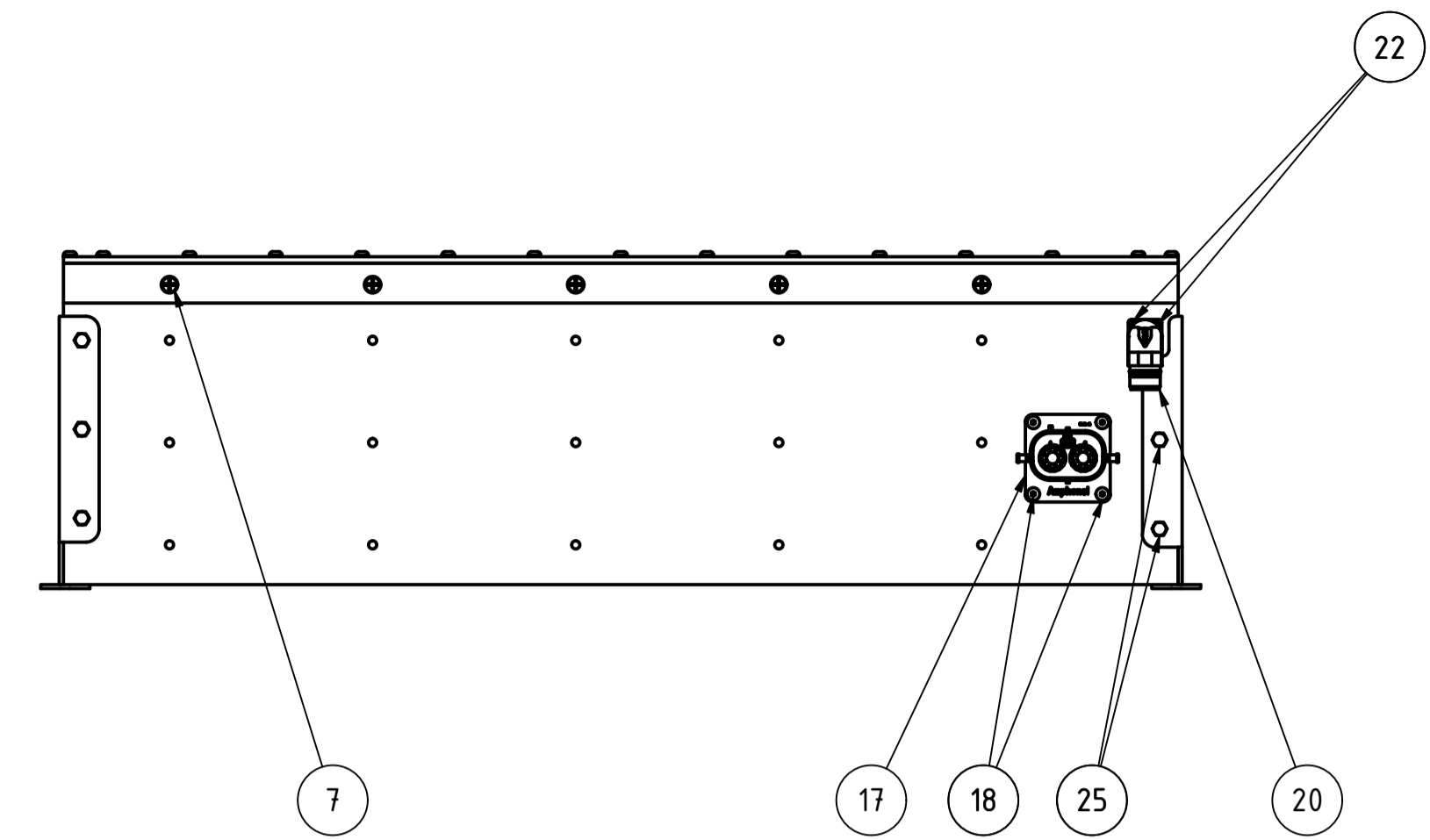
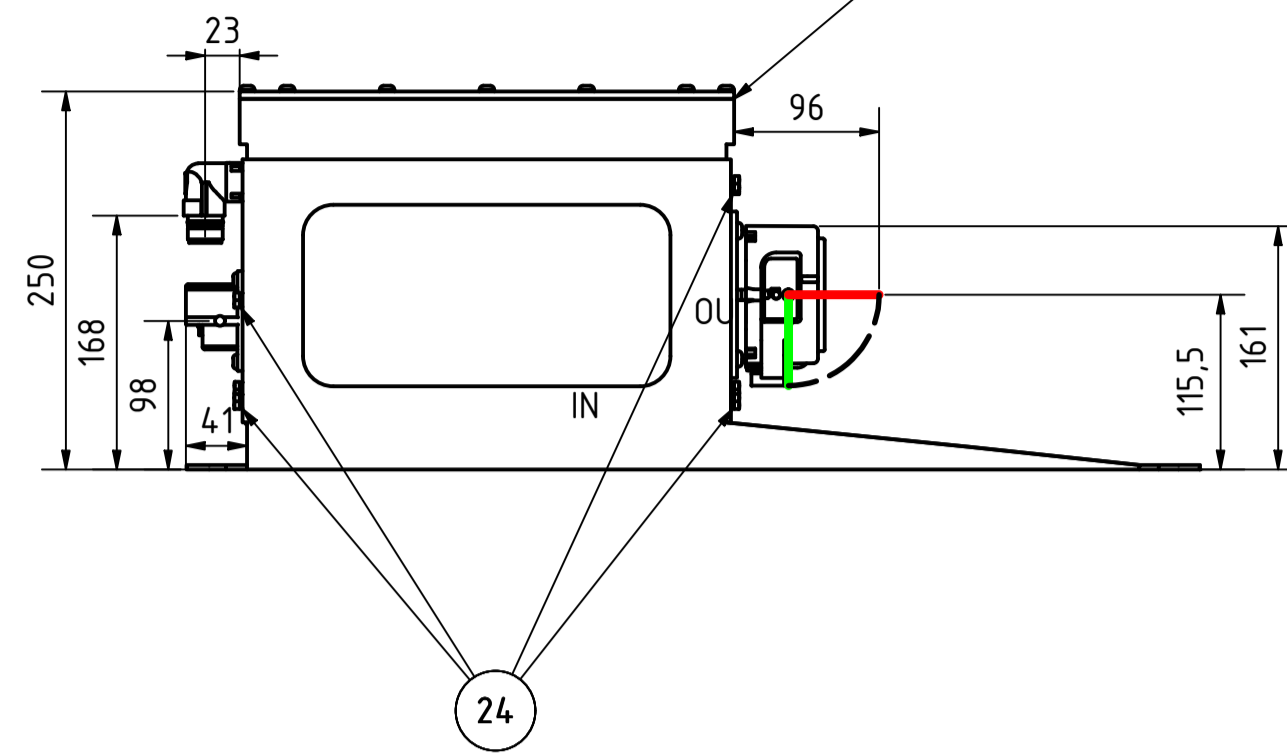
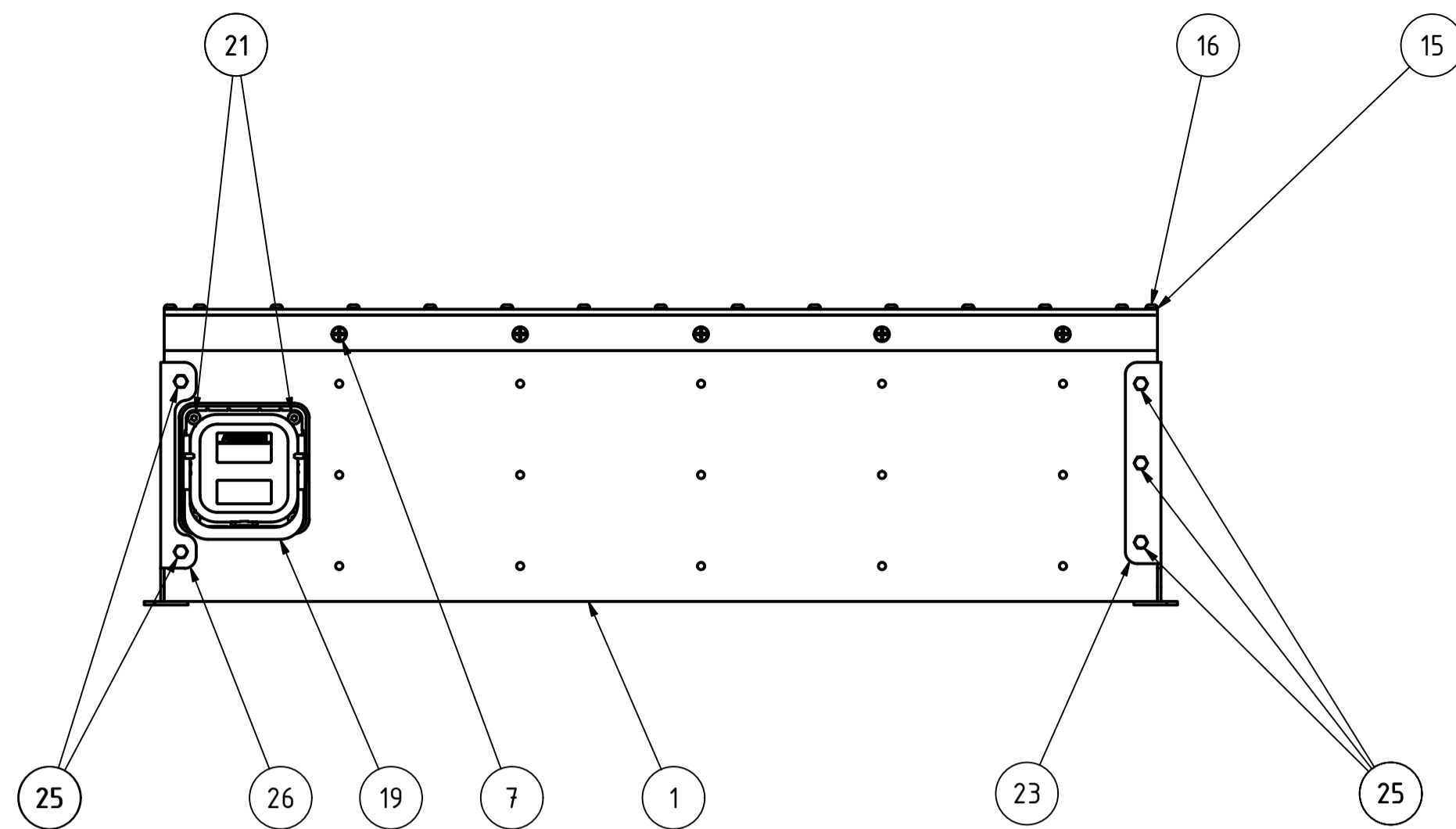
Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko 1:2 Hmotnost (kg) 0,188 kg	Přesnost	ISO 2768 - mK
			Tolerování	ISO 8015
			Promítání	

Materiál - Polotovár	P3 EN10051 S235JR	Formát	A4
----------------------	-------------------	--------	----

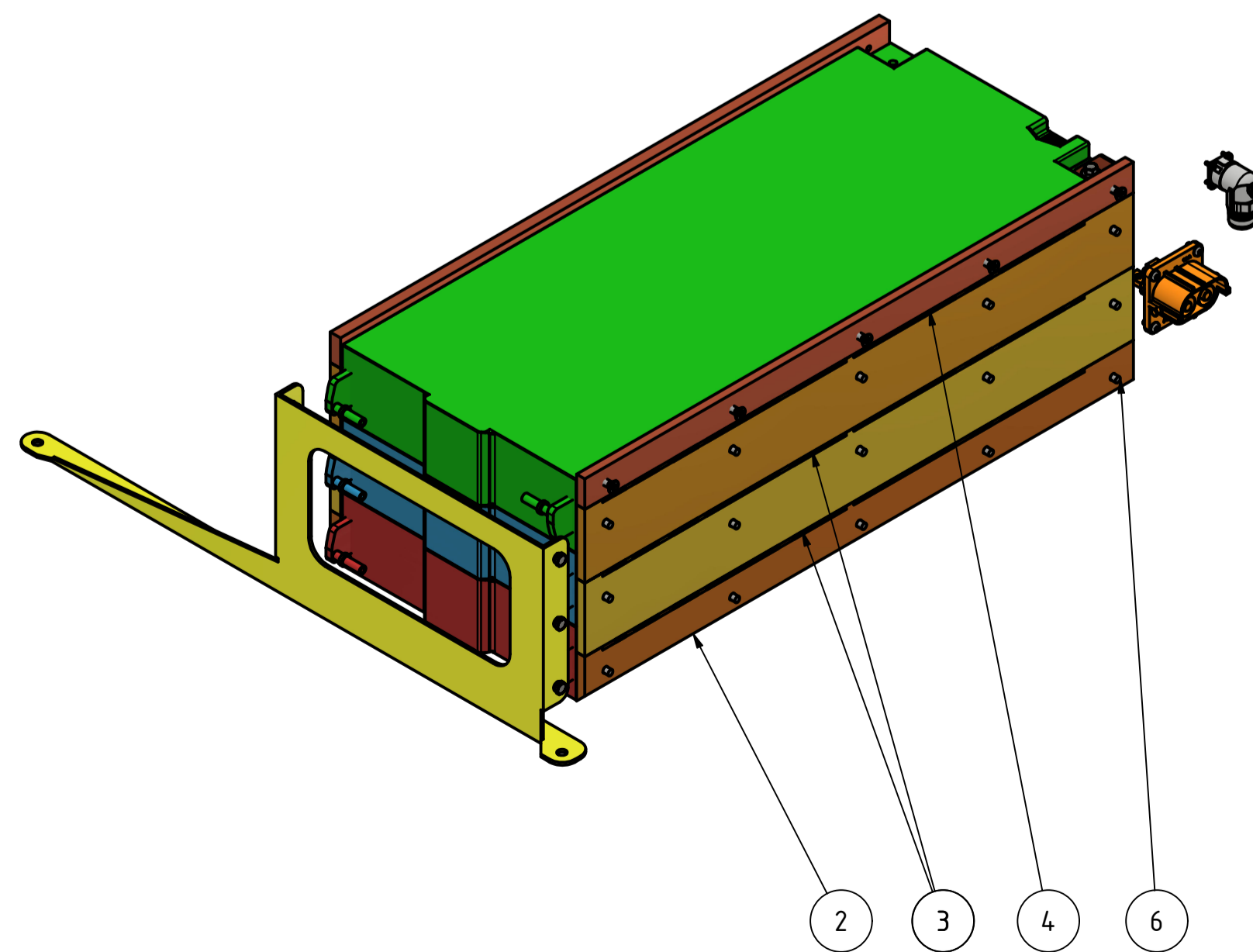
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Kreslil	Mgr. Martin Fazekaš	Název	Zadní držák
	Datum	15.5.2024		Číslo dokumentu
	Schválil			
Druh dokumentu		VÝROBNÍ VÝKRES		

Příloha H

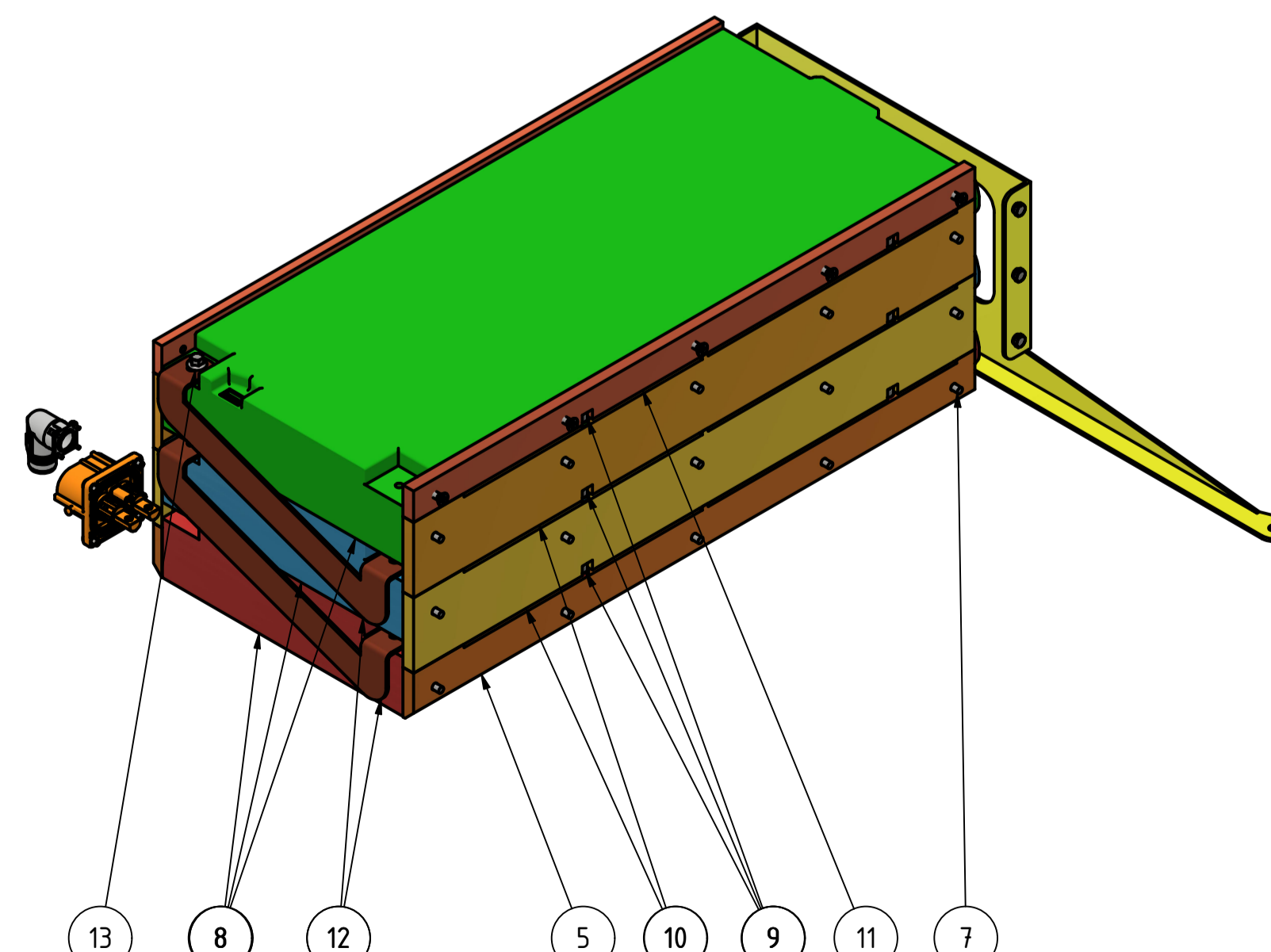
Výkresová dokumentace - baterybox 2 (kufř)



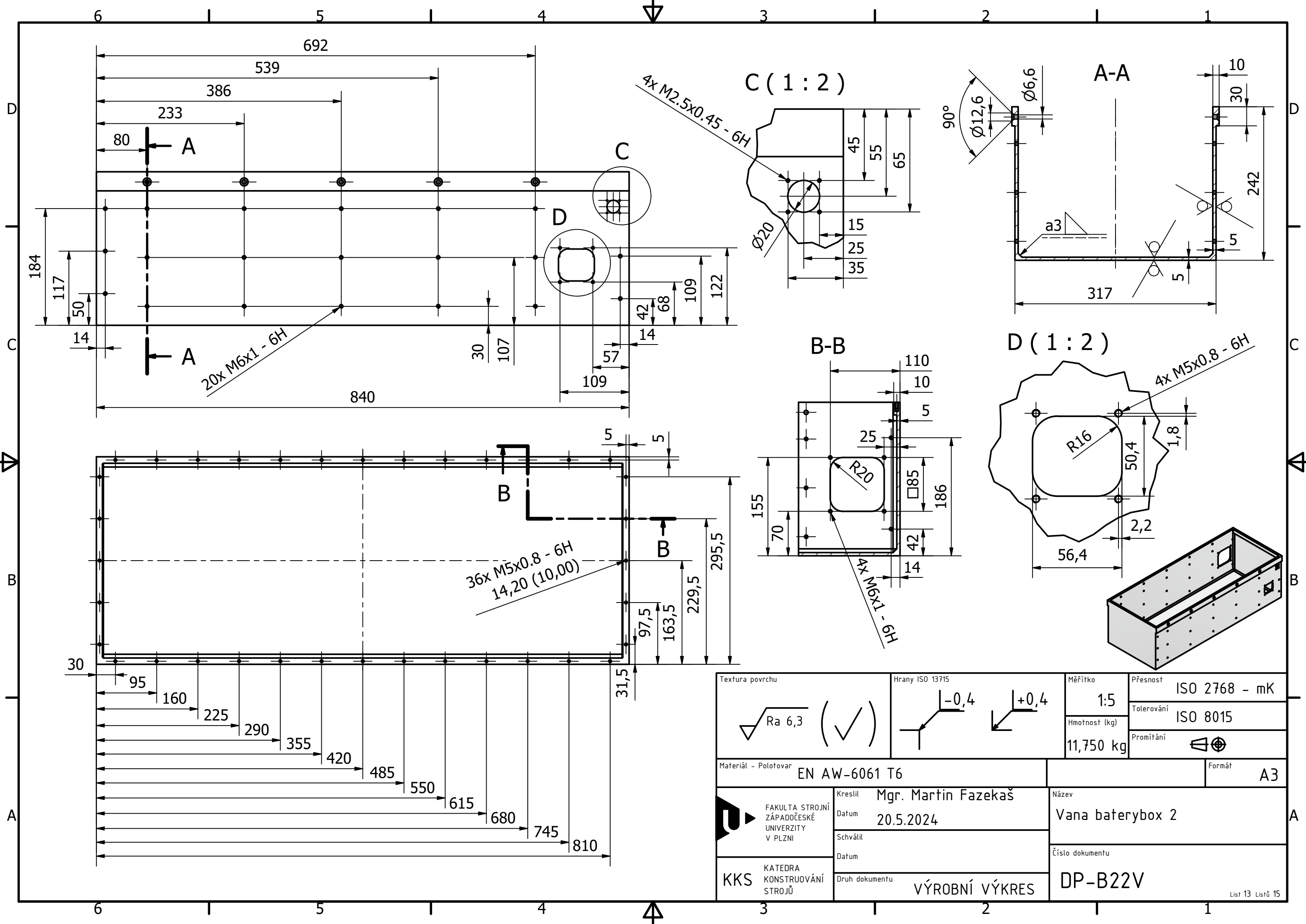
V TOMTO POHLEDU JSOU VYPNUTÉ POZICE 1, 14, 15, 16, 19, 24, 25, 26



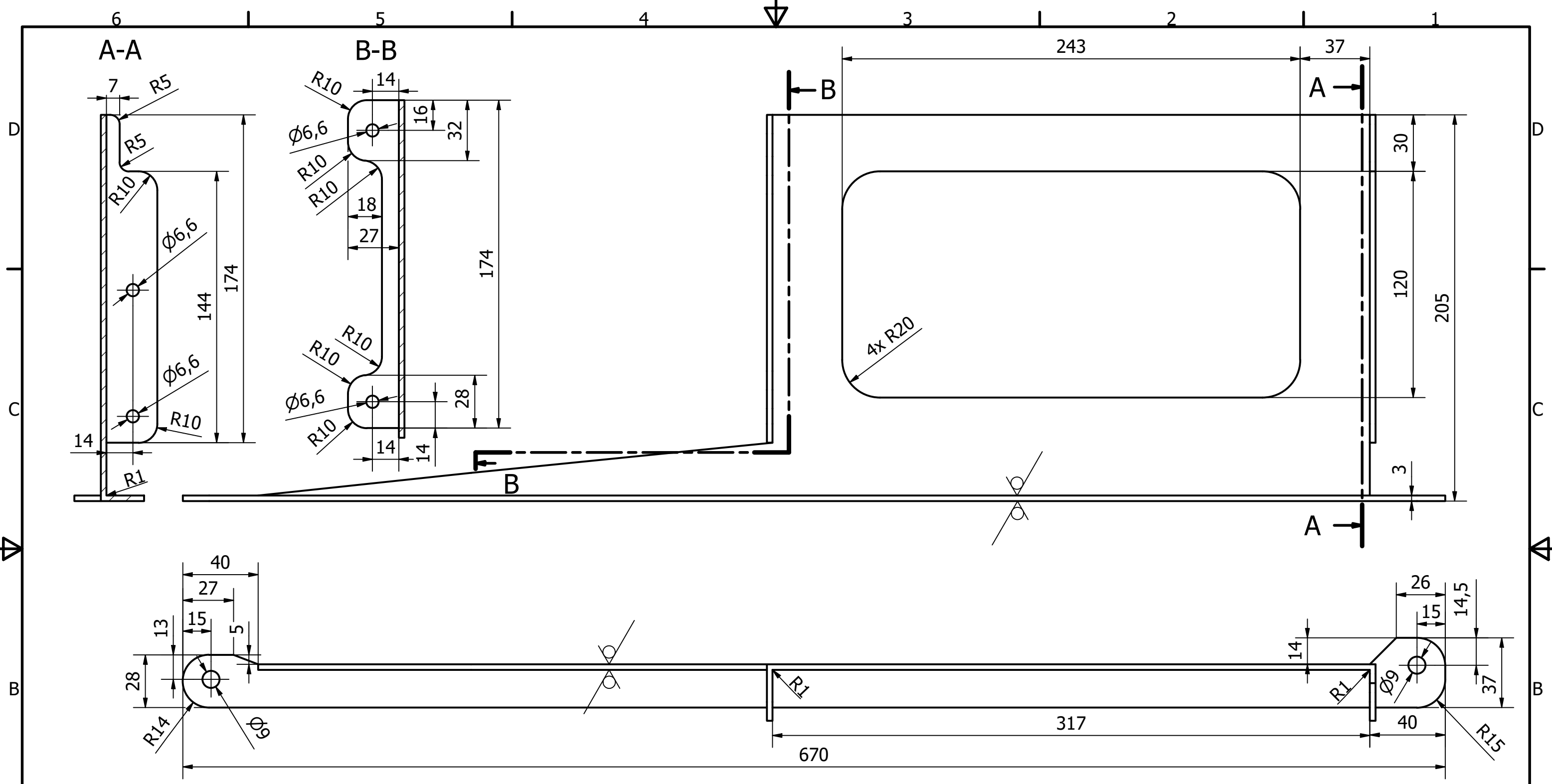
V TOMTO POHLEDU JSOU VYPNUTÉ POZICE 1, 14, 15, 16, 19, 24, 25, 26



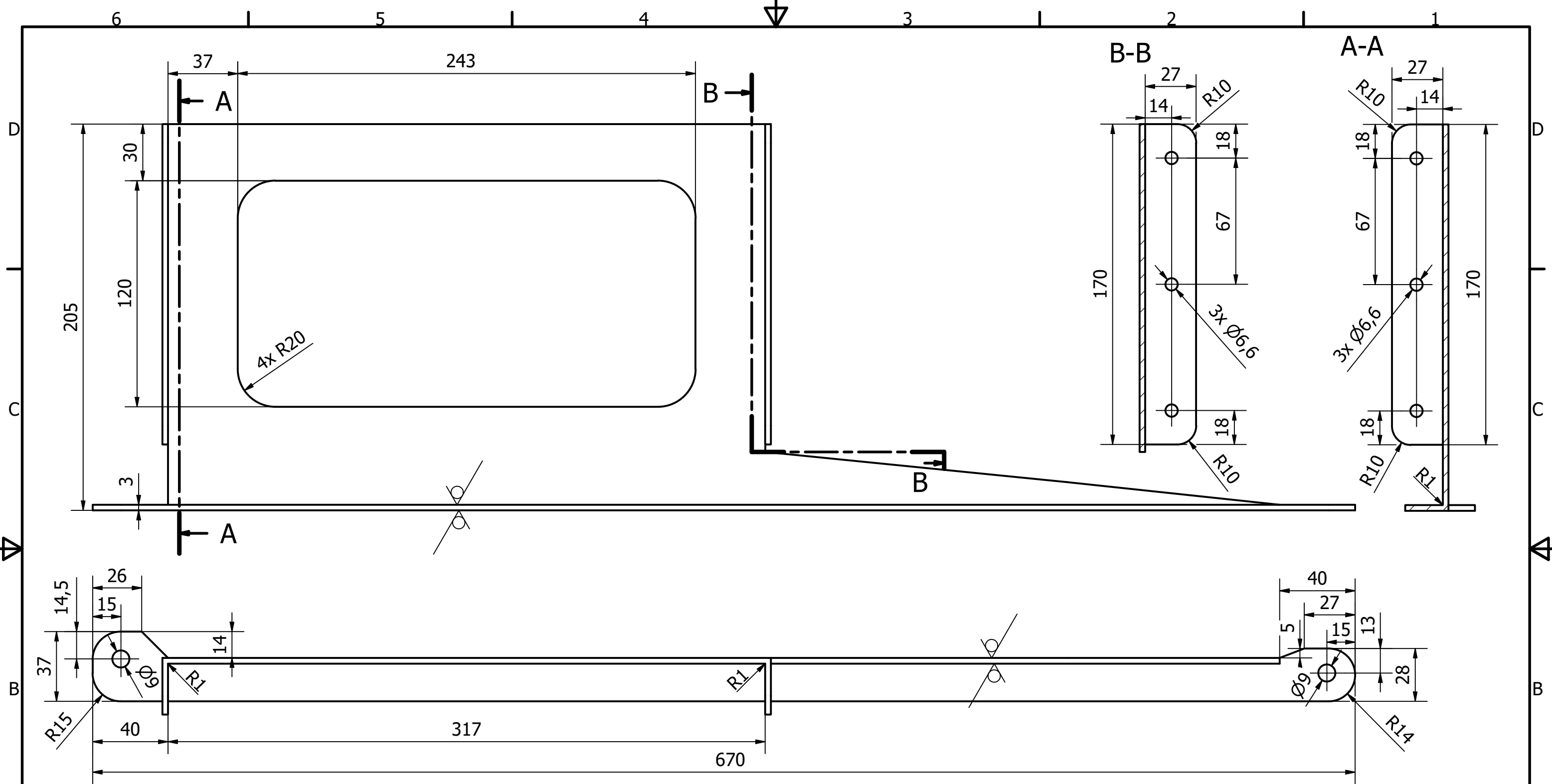
KUSOVNÍK			
POZICE	KS	ČÍSLO SOUČÁSTI	POPIS
1	1	baterybox 2 vana	DP-B22V
2	1	pravá spodní podpora BB	DP-B13V
3	2	pravá střední podpora BB	DP-B15V
4	1	pravá vrchní podpora BB	DP-B17V
5	1	levá spodní podpora BB	DP-B12V
6	15	CSN EN ISO 7046-2 H - M6x16 - 8.8 - H	Šrouby se zápusnou hlavou s křížovou drážkou tvaru H nebo tvaru Z.
7	25	CSN EN ISO 7046-2 H - M6x20 - 8.8 - H	Šrouby se zápusnou hlavou s křížovou drážkou tvaru H nebo tvaru Z.
8	3	Tesla Modul	EVWEST model S batř
9	6	CSN 02 1143 - M6 x 14	Šrouby s válcovou hlavou s vnitřním šestihranem
10	2	levá střední podpora BB	DP-B14V
11	1	levá vrchní podpora BB	DP-B16V
12	2	busbar	EVEUROPE Tesla battery connector
13	4	ANSI B 18.6.7 M / IFI 513 - M8x1,25 x 13, HFHMSM	Strojní šroub se šestihrannou hlavou s nákrůžkem
14	1	Horní víko BB2	DP-B11V
15	36	CSN 02 1721 - 5,5	Černé podložky
16	36	ANSI B18.3.4M - M5 x 0.8 x 16, BHSBHCSM	Protahovaný šroub s půlkulovou hlavou s vnitřním šestihranem - Metrický
17	1	HVIL konektor Amhenol	C10-731561-02P_ASM_SW0001
18	4	ANSI B18.3.4M - M5 x 0.8 x 12, BHSBHCSM	Protahovaný šroub s půlkulovou hlavou s vnitřním šestihranem - Metrický
19	1	servisní odpojovač Amphenol	msd-front-mounting-c3d
20	1	signálový konektor	EPIC® SIGNAL M23 A3-Housing A3
21	4	ANSI B18.3.4M - M6 x 1 x 12, BHSBHCSM	Protahovaný šroub s půlkulovou hlavou s vnitřním šestihranem - Metrický
22	4	EN ISO 7045 - M2,5 x 8 - 4.8 - Z	Šrouby s kónickou hlavou s křížovou drážkou H nebo Z. Výrobní řada A
23	1	pravý držák BB2	DP-B24V
24	10	CSN 02 174.0 - 6	Pružné podložky čtvercového průřezu
25	10	ISO 4017 - M6 x 12	Šrouby s šestihrannou hlavou; Výrobní třída A a B
26	1	levý držák BB2	DP-B23V
Měřítko	1:5	Hmotnost (kg)	105,9 kg
		Přeměření	
		Formát	A1
	Kreslil	Mgr. Martin Fazekáš	Sestava bateryboxu 2
	Datum	20.5.2024	
	Schválil		Číslo dokumentu
	Datum		
KKS	KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVY
			DP-B21S



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítka	Přesnost
		1:5	ISO 2768 - mK
Materiál - Polotovár		Hmotnost (kg)	Tolerování
EN AW-6061 T6		11,750 kg	ISO 8015
Formát		Promítání	
A3			
Kreslil Mgr. Martin Fazekaš Datum 20.5.2024	Název Vana baterybox 2		
	Číslo dokumentu DP-B22V		
KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Druh dokumentu VÝROBNÍ VÝKRES		List 13 Listů 15



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítka	Přesnost
		1:2	ISO 2768 - mK
Materiál - Polotovár		Hmotnost (kg)	Tolerování
P3 EN10051 S235JR		1,473 kg	ISO 8015
			Promitání
		Formát	A3
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	Název	
	Mgr. Martin Fazekaš	Levý držák	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum	Číslo dokumentu	
	20.5.2024	DP-B23V	
		Druh dokumentu	
		VÝROBNÍ VÝKRES	



Textura povrchu 	Hrany ISO 13715 	Měřítko	Přesnost
		1:2	ISO 2768 - mK
Materiál - Polotovár		Hmotnost (kg)	Tolerování
P3 EN10051 S235JR		1,529 kg	ISO 8015
Formát		Promítání	
A3			
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	Název	
	Mgr. Martin Fazekaš	Pravý držák	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum	Číslo dokumentu	
	20.5.2024	DP-B24V	
Schválil		Druh dokumentu	
Datum		VÝROBNÍ VÝKRES	