

Konstrukční návrh sledge brusle

Kamil Máčala

Bakalářská práce
2011

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kamil MÁČALA**
Osobní číslo: **T08626**
Studijní program: **B 3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**

Téma práce: **Konstrukční návrh sledge brusle**

Zásady pro vypracování:

- 1.Úvod
- 2.Lokomoční pomůcky určené pro sport
- 3.Přehled konstrukčních materiálů a technologií pro výrobu výrobků
- 4.Konstrukční návrh výrobku a základní pevnostní výpočet
- 5.Závěr

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

TÁBORSKÝ, Ladislav; ŠEBO, Pavel. Konštrukčné materiály spevnené vláknami. 1. vyd. Bratislava : Alfa, 1982. 207 s. VOJTĚCH, Dalibor. Kovové materiály. Vyd. 1. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická, 2006. 185 s. ISBN 8070806001. DAĐOUREK, Karel. Kompozitní materiály – druhy a jejich užití. Vyd. 1. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2007. 114 s. ISBN 978-80-7372-279-1.

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Zdeněk Dvořák, CSc.

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce:

14. února 2011

Termín odevzdání bakalářské práce:

3. června 2011

Ve Zlíně dne 7. února 2011



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.
děkan



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.
ředitel ústavu

Příjmení a jméno: MAČALA KAMIL


Obor: TZ

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 29.5.2011


.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) *Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.*

(3) *Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.*

²⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:*

(3) *Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).*

³⁾ *zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:*

(1) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpirá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.*

(2) *Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.*

(3) *Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.*

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá konstrukčním návrhem sledge brusle. Brusle je konstruována tak, aby splňovala všechny požadavky hráčů. Využití brusle je však všestrannější, je součástí invalidního vozíku z projektu Trilobit, který má 5 variant.

V teoretické části je popsáno rozdělení pomůcek pro tělesně postižené lidi, materiály na výrobu rámu a konstrukčních prvků brusle.

Hlavním cílem bakalářské práce v praktické části je konstrukční návrh sledge brusle. Návrh je vytvořen pomocí 3D softwaru.

Klíčová slova: Sledge brusle, pomůcky pro tělesně postižené, Trilobit

ABSTRACT

This bachelor dissertation deals with the engineering design of sledge skate. The skate is designed to match all the requirements of players. However, the usage of skate is more versatile, it is the part of the wheelchair from Trilobit scheme which is made in five variations.

The practical part describes the distribution of aids for disabled people, materials for the manufacture of the frame and the components of the skate.

The main aim of the practical part is the design of the sledge skate. The design is created by 3D softwar.

Key words: sledge skate, aids for disabled people, Trilobit

Děkuji doc. Ing. Zdeňkovi Dvořákovi CSc. za jeho podněty a rady, které mi poskytl při zpracování bakalářské práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 ROZDĚLENÍ POMŮCEK PRO POHYB TĚLESNĚ POSTIŽENÝCH LIDÍ	12
1.1 STANDARDNÍ INVALIDNÍ VOZÍKY.....	12
1.2 ODLEHČENÉ INVALIDNÍ VOZÍKY	12
1.3 AKTIVNÍ INVALIDNÍ VOZÍKY	13
1.3.1 Aktivní invalidní vozíky s pevným rámem.....	13
1.3.2 Skládací aktivní vozíky	14
1.4 SPECIÁLNÍ INVALIDNÍ VOZÍKY	14
1.5 ELEKTRICKÉ INVALIDNÍ VOZÍKY.....	15
1.5.1 Interiérové invalidní vozíky	15
1.5.2 Exteriérové invalidní vozíky	15
1.6 CHODÍTKA A POMŮCKY PRO CHŮZI	16
1.6.1 Bodová chodítka.....	16
1.6.2 Kolová chodítka	16
1.7 MULTIFUNKČNÍ INVALIDNÍ VOZÍK TRILOBIT	17
2 PŘEHLED KONSTRUKČNÍCH MATERIÁLŮ PRO VYROBU RÁMU SLEDGE BRUSLE	19
2.1 LEHKÉ KOVY A JEJICH SLITINY	19
2.2 HLINÍK	19
2.2.1 Tvářené vytvrditelné hliníkové slitiny	20
2.3 HOŘČÍK	21
2.3.1 Slitiny hořčíku	21
2.4 TITAN.....	22
2.5 KOMPOZITNÍ MATERIÁLY	23
2.5.1 Kompozitní matrice.....	25
2.5.2 Kompozitní vlákna	25
2.5.3 Skleněná a minerální vlákna	26
2.5.4 Bórová vlákna	27
2.5.5 Uhlíková vlákna	27
3 RPUŽNÉ A KLOUBOVÉ ČLENY	29
3.1 PRUŽNÝ ČLEN 1 A 2	29
3.2 KLOUB 1 A 3.....	29
3.3 KLOUB 2.....	30
4 ROZBOR STÁVAJÍCÍ SLEDGE HOKEJOVÉ BRUSLE	32
4.1 VÝVOJ.....	32
4.2 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ.....	32
5 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI	33
II PRAKTICKÁ ČÁST	34
6 STANOVENÍ CÍLŮ PRÁCE	35

7	NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ PODLE DESIGNERSKÉHO MODELU	36
7.1	PŘEDNÍ ČÁST BRUSLE	37
7.2	KLOUB 2.....	37
7.2.1	Kloub 2 řešení pomocí třetího spoje.....	39
7.2.2	Kloub 2 řešený spojením s kuličkami	41
7.2.3	Kloub 2 řešený spojením s kolíky	43
7.3	SEDLOVÁ ČÁST BRUSLE.....	45
7.4	KLOUB 3.....	46
7.5	SPODNÍ ČÁST BRUSLE	47
7.6	PRUŽNÝ ČLEN.....	47
8	ANALÝZA POMOCÍ FEM SOFTWARE	49
	ZÁVĚR	51
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	52
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	53
	SEZNAM OBRÁZKŮ	55
	SEZNAM TABULEK.....	57
	SEZNAM PŘÍLOH.....	58

ÚVOD

Sledge hokej je přímým potomkem ledního hokeje. Jeho kořeny sahají do Švédska, kde počátkem 60. let, skupina Švédů z rehabilitačního centra se chtěla věnovat hraní ledního hokeje. Poprvé se sledge hokej objevil na Paralympijských hrách v roce 1976. Byl to pouze exhibiční zápas Švédského výběru. Trvalo to 18 let, než se stal oficiálním Paralympijským sportem, bylo to v Lillehammeru roku 1994. Česká historie sledge hokeje je mnohem kratší, začala se psát v roce 2000 ve Zlíně, kde vznikl první český Sledge hokejový klub. V současné době je v České republice 6 klubů. V roce 2005 bylo ve Zlíně uspořádáno Mistrovství Evropy.

Sledge hokej se hraje na speciálně upravených sáňkách, které mají místo skluznice dva nože. Hráči se odrážejí hokejkami, které jsou zakončeny bodci a z druhé strany hokejovou čepelí. Tento sport provozují převážně tělesně postižení hokejisté, ale není to podmínkou. Pravidla umožňují, že v jednom týmu může být až 5 zdravých hráčů.

V posledních letech šel vývoj sportovních pomůcek významně dopředu. Velký podíl na tom mají i moderní materiály a jejich lepší cenová dostupnost. Většina sportovních firem se zabývá produkcí masově vyráběných sportovních pomůcek, a tak trochu zapomínají na vývoj sportovních pomůcek pro tělesně postižené jedince.

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem sledge brusle, která má mít výhody moderní sportovní pomůcky a zároveň být cenově dostupná pro koncového spotřebitele. Vycházet se bude z designového návrhu Trilobit. Tento projekt má být komplexním řešením vozíku pro invalidní sportovce. Vozík má být zhotoven z lehkých materiálů, který má být snadno přestavitelný na sledge brusli, in-line brusli nebo na hand bike.

Práce se věnuje základnímu rozdělení invalidních vozíků a pomůcek pro tělesně postižené. Návrh bude obsahovat popis jednotlivých materiálů a vhodnost jejich použití. Dále bude zahrnovat konstrukční řešení s pevnostními výpočty pro použitý materiál. V příloze budou přiloženy výkresy jednotlivých dílů.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ROZDĚLENÍ POMŮCEK PRO POHYB TĚLESNĚ POSTIŽENÝCH LIDÍ

V teoretické části bakalářské práce bude popsáno rozdělení pomůcek pro pohyb tělesně postižených lidí. Rozdělení je podle aktuálních obchodních nabídek. Popis obsahuje základní parametry invalidních vozíků.

1.1 Standardní invalidní vozíky

Standardní invalidní vozíky jsou určeny pro běžné použití. Vozíky mají jednoduchou konstrukci z ocelových trubek. Cenová dostupnost je kompenzována hmotností vozíku a i jeho variabilitou. Některé typy těchto vozíků mají možnost posunutí těžiště a tím i zlepšení ovladatelnosti. Hmotnost vozíků se pohybuje v rozmezí 18-23 kg. Variabilita je omezena jednoduchou konstrukcí. Většina vozíků bývá hrazena zdravotní pojišťovnou.



Obr. 1. Standardní invalidní vozík s odnímatelnými stupačkami.

1.2 Odlehčené invalidní vozíky

Odlehčené invalidní vozíky jsou svou nižší hmotností a cenovou dostupností alternativou mezi standardními a aktivními invalidními vozíky. Nižší hmotnost umožňuje lepší ovladatelnost a i větší pohodlí pro majitele. Menší hmotnosti je docíleno použitými materiály na některých částech vozíku. Variabilita vozíků je vyšší, umožňuje nastavení opěrky zad i nohou nebo možnost složení vozíku s odnímatelnými koly. Hmotnost těchto vozíků se pohybuje v rozmezí 14-18 kg.



*Obr. 2. Odlehčený invalidní vozík
Start komfort s polohovací zádo-
vou opěrkou a skládací konstrukcí.*

1.3 Aktivní invalidní vozíky

Aktivní vozíky jsou určeny pro lidi, kteří se chtějí aktivně účastnit denního života bez omezení. Jsou vyrobeny z nejlehčích materiálů zaručující vysokou pevnost. Nízká hmotnost a možnost nastavení těžiště zaručuje nejlepší ovladatelnost ze všech invalidních vozíků. Jejich základní variabilita bývá doplněna o různá přídatná zařízení pro pohodlnější užívání (blatníky, odnímatelná kola). Hmotnosti aktivních vozíků se pohybují v rozmezí 8-13 kg. Nízké hmotnosti je docíleno použitím kompozitních materiálů vyztužených uhlíkovými vlákny.

1.3.1 Aktivní invalidní vozíky s pevným rámem

Jejich výhodou je, že jsou ze všech vozíků nejlehčí a zaručují tužší konstrukci proti skládacím vozíčkům. Naopak nevýhodou jsou jen omezené možnosti rozložení a tím pádem i špatná možnost přepravy.



Obr. 3. Aktivní invalidní vozík Voyager.

1.3.2 Skládací aktivní vozíky

Jejich výhodou je poměrně nízká hmotnost a možnost složení vozíku. Nevýhodou je menší tuhost konstrukce a vyšší cena.



*Obr. 4. Skládací invalidní vozík
Avangarde T.*

Aktivní invalidní vozíky se projektu Trilobit nejvíce přibližují, používají moderní materiály a mají velké možnosti individuálního nastavení.

1.4 Speciální invalidní vozíky

Speciální invalidní vozíky jsou určeny osobám, které vyžadují stabilní sedací systém s individuálním nastavením. Vozíky umožňují snadný pohyb i osobám s jednostranným postižením horních končetin. Pro osoby se sníženou svalovou silou, se do nábojů kol vozíků montují elektromotory, které usnadňují pohyb. Mezi nevýhody patří větší hmotnost, která se pohybuje mezi 16-40 kg. Tyto vozíky se vyrábějí na míru.



*Obr. 5. Speciální invalidní vozík
s přídatným elektrickým pohonem.*

1.5 Elektrické invalidní vozíky

Elektrické invalidní vozíky jsou určeny jedincům, kteří mají postižení horních i dolních končetin nebo mají omezenou hybnost. Nevýhodou všech elektrických vozíků je vysoká hmotnost baterií a omezená vzdálenost dojezdu. Hmotnost vozíků se pohybuje v rozmezí 60-150 kg. U některých typů se dá volit mezi přední a zadní hnanou nápravou. Elektrické vozíky mají největší možnost individuálního nastavení sedáku i největší možnosti rozšíření. Vozíky se dělí na interiérové a exteriérové.

1.5.1 Interiérové invalidní vozíky

Jsou určeny do vnitřních prostor budov, díky jejich menším rozměrům. Mohou jezdit i po zpevněných venkovních komunikacích s rovným povrchem. Mají menší dojezdovou vzdálenost než exteriérové. Dojezdová vzdálenost je do 30 km.



Obr. 6. Interiérový vozík Faster.

1.5.2 Exteriérové invalidní vozíky

Jejich hlavní doménou je přeprava tělesně postižených osob po venkovních prostorech a interiérech. Nevýhodou jsou větší rozměry i hmotnost. Výhodou je, že na jedno nabití dokáže ujet až 40 km.



Obr. 7. Exteriérový invalidní vozík B600.

1.6 Chodítka a pomůcky pro chůzi

Chodítka jsou určena osobám se sníženou hybností dolních končetin, případně se sníženou stabilitou při chůzi. Mohou taky poskytovat odlehčení od zátěže dolních končetin.

1.6.1 Bodová chodítka

Jsou pevná nebo skládací, mají úchyty na ruce a mají čtyři nebo tři podpěrné body. Vyrábí se z duralových trubek a jsou velmi lehká.



Obr. 8. Příklady čtyřbodových chodítek.

1.6.2 Kolová chodítka

Jsou pevná nebo skládací, mají úchyty na ruce vybavené brzdou, 2 až 4 kola. Jsou vyrobeny z oceli nebo duralu, součástí bývá i úložný prostor. Jejich výhodou je snadné ovládání a manipulace. Nevýhodou proti bodovým je jejich nutná údržba a vyšší cena.



Obr. 9. Příklady kolových chodítek vybavených brzdou a úložným prostorem.

1.7 Multifunkční invalidní vozík Trilobit

Invalidní vozík nemusí být jen nudný transportní prostředek pro tělesně postiženého člověka, ale může být multifunkční sportovní pomůcka. Právě toto platí, pro designový návrh invalidního vozíku Trilobit. Tento projekt vznikl ve spolupráci studentů Ateliéru průmyslového designu a Ústavem tělesné výchovy na Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně. Jeho vývoj začal roku 2007. Hlavní podíl na tom měl tehdejší student 4. ročníku Ateliéru průmyslového designu Jan Škola, který je hlavním designérem projektu Trilobit. Jan Škola také tento projekt představil na paralympiádě ve Vancouveru. [5]

Invalidní vozík Trilobit lze použít k přepravě, jako běžný invalidní vozík, ale stačí málo a můžete za jeho pomocí začít sportovat. Velmi lehce se může stát několika sportovními pomůckami. Trilobit nabízí několik variant, jako jsou in-line, lyže, sledge brusle nebo ho můžete přestavět na handbike. Sedlová část invalidního vozíku je pro všechny varianty stejná a mění se jen spodní a přední komponenty. Studie počítá s použitím moderních materiálů, jako jsou uhlíková vlákna pro jeho konstrukci. To vozíku zaručí nízkou hmotnost a vysokou pevnost.

Bakalářská práce se zabývá návrhem sledge brusle, která je jednou ze sportovních variant multifunkčního invalidního vozíku. Sedlová část je shodná pro všechny varianty a musí zajišťovat dostatečné pohodlí ve všech variantách vozíků. Kloubové uchycení mezi sedlovou částí a další částí musí zajistit tuhou konstrukci, ale zároveň musí být rychle odmontovatelné a vyměnitelné za jiný komponent. Brusle by měla být vybavena tlumičem vibrací.



Obr. 10. Ukázka variability invalidního vozíku trilobit v pěti různých variantách. [6]

2 PŘEHLED KONSTRUKČNÍCH MATERIÁLŮ PRO VYROBU RÁMU SLEDGE BRUSLE

Pro dosažení optimálních vlastností brusle je velmi důležitý vhodný konstrukční materiál. Materiál musí splňovat všechny požadavky, které na něj budou kladeny. Budou zde popsány základní vlastnosti materiálů, které by bylo možné použít při konstrukci brusle. Pro konstrukční návrh jsou nejdůležitější mechanické vlastnosti.

2.1 Lehké kovy a jejich slitiny

Do této skupiny obvykle řadíme slitiny a kovy s hustotou nižší než 5000 kg/m^3 . Mezi nej-používanější patří hliník, hořčík a titan a především jejich slitiny.

2.2 Hliník

Hliník je z hlediska roční světové spotřeby nejdůležitější neželezný kov. Je poměrně stabilní na vzduchu, díky tvorbě pasivní ochranné oxidické vrstvě (Al_2O_3) na povrchu. Je to výborný elektrický a tepelný vodič. [4]

Krystalová struktura hliníku je kubická plošně centrovaná. Z tohoto důvodu je čistý hliník poměrně měkký a tvárný. Nízká pevnost čistého hliníku omezuje jeho použití jako konstrukčního materiálu, proto je třeba hliník legovat vhodnými zpevňujícími prvky (např. Cu, Mg, Mn, Si, Zn atd.). [4]

Hlavní využití hliníku a jeho slitin jsou obaly (folie, nápojové plechovky), dopravní prostředky (kostry letounů, motory a karoserie automobilů), stavebnictví (stření krytina, rámy dveří a oken), elektrotechnika (dálkové rozvody elektrického proudu). [4]

Jak bylo uvedeno výše, technický čistý hliník je sice plastický, avšak málo pevný, proto je pro konstrukční účely nevhodný. Zpevnění hliníku dosahujeme jeho legováním vhodnými prvky, z nichž nejvýznamnější jsou Cu, Mg, Mn, Si, Zn, Li a další. [4]

Podle technologie zpracování dělíme hliníkové slitiny na:

- Slitiny pro tváření
- Slitiny slévárenské

V prvním případě jsou slitiny zpracovávány do požadovaného tvaru tváření, proto je žádoucí, aby v jejich mikrostruktuře převládal plastický tuhý roztok α (Al). Pak lze očekávat dobrou tvářitelnost. Jedná se tedy spíše o slitiny s nižšími obsahy legujících prvků. Slévá-

renské slitiny jsou k tváření méně vhodné, neboť obsahují vyšší množství legujících prvků tvořících křehké a tvrdé fáze ve struktuře. Naopak vznik eutektika je u slévárenských slitin žádoucí, neboť to vede ke zlepšení slévatelnosti. [4]

Pro získávání vysokých pevnostních vlastností je u hliníkových slitin využíváno postupu tepelného zpracování, které se nazývá precipitační vytvrzování. Podle toho, zda při aplikaci tohoto postupu dojde k dostatečnému zvýšení mechanických vlastností (tvrdost, pevnost, mez kluzu) či nikoli, můžeme hliníkové slitiny dělit na: [4]

- Slitiny vytvrditelné
- Slitiny nevytvrditelné

2.2.1 Tvářené vytvrditelné hliníkové slitiny

Nejvýznamnějšími tvářenými slitinami hliníku, které vytvrzením výrazně zvýší své mechanické vlastnosti, patří slitiny Al-Cu, Al-Cu-Mg, Al-Mg-Si, Al-Zn-Mg, Al-Zn-Mg-Cu případně Al-Li. [4]

Slitiny Al-Cu, případně Al-Cu-Mg, které se nazývají duraly, obsahují cca 1-6% Cu a do 2% Mg. Tyto materiály dosahují ve vytvrzeném stavu velmi dobrých mechanických vlastností (R_m až 450MPa). Určitou nevýhodou těchto slitin je poměrně špatná korozní odolnost v porovnání s čistým hliníkem. Proto se duralové součástky, které jsou dlouhodobě vystaveny např. povětrnosti, pokrývají tenkou vrstvou hliníku (tzv. plátování). Široké využití nacházejí zejména v leteckém průmyslu v konstrukcích draků letounů, dále v automobilovém průmyslu, při výrobě sportovního náčiní atd. Pro aplikace za zvýšených teplot (do 300°C), jako jsou písty spalovacích motorů, jsou vhodné slitiny Al-Cu-Mg s dalšími přísadami (Si, Ni, Fe popřípadě Ti). Přísady se podílejí na vytvrzování nebo zvyšují stabilitu tuhého roztoku. [4]

U slitin Al-Mg-Si nepřekračují obsahy přísadových prvků 1,5%. Mechanické vlastnosti slitin Al-Mg-Si jsou poněkud horší než u slitin Al-Cu-Mg a ve vytvrzovacím stavu dosahují meze pevnosti v tahu do 350 MPa. Na vytvrzení těchto slitin se podílí fáze Mg_2Si . Nespornou předností slitin Al-Mg-Si oproti duralům je jejich lepší korozní odolnost. Materiály jsou široce využívány jako rozmanité profily ve stavebnictví, v bytových doplňcích nebo součástí karosérií automobilů. [4]

Mezi vytvrditelné patří rovněž slitiny Al-Zn-Mg a Al-Zn-Mg-Cu, které dosahují vůbec nejvyšší pevnosti (až 600 MPa), a proto se používají na vysoce namáhané součástky v le-

teckém a automobilovém průmyslu. Nevýhodou těchto slitin je nepříliš dobrá korozní odolnost. [4]

Z vytvrditelných slitin lze ještě zmínit špičkové slitiny Al-Li. Vývoj těchto slitin je motivován zejména snahou o maximální snížení hmotnosti u součástek letadel. Kromě toho lithium umožňuje vytvrzování slitin s hliníkem. Binární slitiny Al-Li jsou velice křehké, proto se v praxi nepoužívají. Kromě Li (max. 3%) jsou v komerčních slitinách přítomny ještě další přísady, zejména Cu (až 5%), Mg (až 2%), popř. Zr. Plastickou deformací slitin za studena je možno dosáhnout vynikající kombinace tažnosti a pevnostních vlastností. [4]

2.3 Hořčík

Hořčík je kov s hustotou $1,74 \text{ g/cm}^3$ a s teplotou tání $650 \text{ }^\circ\text{C}$. Krystalová struktura hořčíku je hexagonální, má tedy za pokojové teploty omezenou tvářitelnost. Hořčík a jeho slitiny lze dobře tvářet za tepla, obvykle při teplotách $300\text{-}400 \text{ }^\circ\text{C}$. [4]

Hořčík se vyznačuje vysokou afinitou ke kyslíku. Proto je třeba jeho výrobu i tavení provádět v ochranné atmosféře, čímž se zvyšuje jeho cena. Velkou výhodou hořčíku jsou jeho velké zásoby v mořské vodě (MgCl_2). [4]

Hořčík nachází využití při výrobě litin s kuličkovým grafitem, dezoxidaci a odsíření oceli, při katodické protikorozní ochraně kovových konstrukcí, popř. v pyrotechnice. Neustále roste význam hořčíkových slitin jako konstrukčních materiálu v letectví a v automobilovém průmyslu na méně namáhané součásti, jako jsou kryty motorů, skříně převodovek, části palubních desek, vyztužení sedaček, litá kola atd. V porovnání s hliníkovými slitinami nedosahují tyto slitiny tak vysokých pevností, a to ani po vytvrzení. V poslední době se o hořčíkových slitinách uvažuje rovněž v medicíně pro výrobu biodegradovatelných implantátů. [4]

2.3.1 Slitiny hořčíku

Slitiny hořčíku jsou, podobně jako u hliníku, zpracovány technologiemi odlévání i technologiemi tváření. Z hlediska chemického složení se však slitiny k tváření od slitin slévárenských příliš neliší. Pro zjemnění struktury hořčíkových slitin je aplikováno očkování přísadami uvolňující uhlík nebo zirkonium. Z celkového objemu slitin je větší podíl spotřebován na výrobu odlitků, kde výrazně převažuje technologie tlakového lití. [4]

Mg-Al-Zn tyto slitiny jsou ze všech slitin hořčíku nejrozšířenější a jsou známé pod názvem elektrony. Obsah hliníku se pohybuje v rozmezí 2-9 % a zinku 0,5-3 %. Hliník má ve slitinách na bázi Mg výrazně zpevňující účinek. Také zlepšuje slévárenské vlastnosti a nezanedbatelný je rovněž ochranný účinek oxidu hlinitého na povrchu výrobku. Zinek působí podobně jako hliník, jeho obsah bývá nižší, neboť vyšší obsahy Zn by byly na úkor houževnatosti slitiny. Slitiny Mg-Al-Zn jsou velmi náchylné na čistotu. I stopová množství prvku, jako Fe, Ni nebo Cu vedou k výraznému zhoršení korozní odolnosti. Tento fakt omezoval použití hořčíkových slitin až do 60. let 20. století. Slitiny Mg-Al-Zn jsou vytvrditelné a režim tepelného zpracování se skládá např. z:

1. Rozpouštěcího žhánání (cca 400°C)
2. Rychlého ochlazení
3. Umělého stárnutí (do 200°C)

Velmi často se slitiny zpracovávají pouze dlouhodobým žhánáním s následným ochlazením na vzduchu bez umělého stárnutí. U litých slitin Mg-Al-Zn lze těmito postupy dosáhnout pevnosti až cca 250 MPa, u tvářených pak 300 MPa. Nevýhodou těchto slitin je jejich poměrně malá tepelná stabilita, což je činí nepoužitelných při teplotách nad cca 150°C. [4]

2.4 Titan

Titan je kov relativně mladý. I když byl objeven již koncem 18. stol., jeho praktické použití se datuje teprve od roku 1948. Jedná se o lehký kov (hustota je 4,505 g/cm³) s teplotou tání 1668 °C, vyskytující se v závislosti na teplotě ve dvou krystalových modifikacích:

- do teploty 882 °C je stabilní modifikace α (Ti) s hexagonální krystalovou strukturou
- nad teplotou 882 °C je stabilní vysokoteplotní modifikace β (Ti) se strukturou kubickou prostorově centrovanou

K nesporným přednostem titanu a jeho slitin patří zejména:

- nízká hustota
- výborné pevnostní vlastnosti (pevnost v tahu po deformačním zpevnění až 800 MPa)
- vynikající korozní odolnost v řadě agresivních prostředí

Velkým nedostatkem titanu jsou poměrně značné náklady na výrobu a zpracování, což souvisí s jeho vysokou reaktivitou při teplotách nad 600 °C. Za těchto teplot totiž titan intenzivně reaguje s plyny (kyslík, dusík), což vede k jeho znehodnocení. [4]

Pro jeho velmi nákladnou výrobu je uveden jen, jako jeden z možných materiálů, pro naši aplikaci se nehodí z ekonomického hlediska.

2.5 Kompozitní materiály

Kompozitní materiály jsou pro konstruktéra zajímavé obrovskou flexibilitou relativně jednoduše tvořených materiálových struktur, a tomu odpovídajícím širokým spektrem užitečných vlastností. Tyto materiály začínají vytlačovat doposud používané konstrukční materiály, jako jsou slitiny hliníku a jiné.

To čím vnímavého invenčního konstruktéra polymerní kompozity zaujmou, je řada velmi výhodných vlastností, jakými jsou především nízká hustota (obvykle 1600 až 2000 kg/m³) ve srovnání s ocelí (7800 kg/m³) či hliníkem (2700 kg/m³), velmi široký interval pevností (200-400 MPa) a tuhostí (10-400 GPa) ve srovnání s tradičními materiály, které poskytují pouze diskrétní hodnoty těchto veličin. Velkou předností je i odolnost proti širokému spektru chemikálií, nízká tepelná vodivost, zhruba 300x nižší než u hliníku, elektroizolační vlastnosti, prakticky nulový útlum elektromagnetických vln a vysoký útlum zvukových vln. Další atraktivními výhodami nabízenými kompozity jsou jednodušší a efektivnější montáž a údržba. Významnou výhodou rozpoznanou a využívanou v automobilovém a leteckém průmyslu, je možnost integrace více součástí do jedné. Například ocasní část letadla Airbus A310 byl původně vyroben z 2000 kovových součástí nýtovaných několika desítkami tisíc nýtů a po použití kompozitních dílců klesl tento počet na 200. Možnost probarvení materiálu v objemu, ekonomická přijatelnost i malých sérií, eliminace obrábění při dosažení dostatečných tolerancí, vysoká životnost jsou dalšími unikátními hodnotami nabízenými polymerními kompozity vnímavému a poučenému uživateli. [1]

Kompozit je název pro heterogenní materiál složený nejméně ze dvou různých materiálových složek, jehož vlastnosti nedosahuje nejen žádná složka kompozitu samostatně, ale mnohdy ani vlastností, které by se daly předpokládat prostým součtem vlastností těchto složek. Takový účinek se nazývá synergický a je rozhodujícím pro určení, co kompozit je a co není. Synergický účinek lze symbolicky vyjádřit na první pohled nelogickým matematickým vztahem: 1+1=3. Přílehlavější by proto pro kompozity bylo označení synergické

materiály, což by nejlépe vystihovaly jejich podstatu. Tím by odpadly nejasnosti a složité definice kompozitů.

Synergické působení pevných a tuhých vláken s poddajnou nebo křehkou kovovou, polymerní nebo keramickou maticí umožňuje konstruovat kompozity o vysoké pevnosti, tuhosti a houževnatosti, jejichž vlastnosti přesahují vše, co by bylo kdy dosaženo u tradičních monolitních materiálů. Bez existence kompozitů by byl další technický pokrok ve všech oborech, ale zejména v leteckém, kosmickém a automobilovém průmyslu, nemyslitelný.

Další významnou vlastností kompozitů je výrazné makroskopické rozhraní mezi jednotlivými složkami, které kompozit tvoří, a které se u kompozitů nazývají fáze. Tento pojem se u kompozitů zásadně liší od stejného pojmu známého z metalurgie kovů.

Základní materiálovou složkou (fází) kompozitu je matrice, v které je uložena vyztuž (vlákno), která rozhodujícím způsobem zvyšuje především mechanické nebo fyzikální parametry kompozitu.

Kompozity mohou mít matici polymerní, kovovou nebo keramickou. Mezi keramickou se dnes zařazuje i sklo, sklokeramika, grafit a beton.

Pro naše účely je vhodný kompozit s polymerní maticí. Tyto polymery se dají rozdělit podle několika hledisek.

Dělení kompozitů podle vyztuže:

Vlákonové:	dlouhovláknové	jednosměrové s jedním druhem vláken
		s více druhy vláken
	krátkovláknou	víceměrové s jedním druhem vláken
		s více druhy vláken
Částečné	s náhodnou orientací	
	s přednostní orientací	

Dělení kompozitů podle typu polymerní matrice:

- termoplasty
- termosety

2.5.1 Kompozitní matrice

Kompozity s termosetovými matricemi mají mezi konstrukčními aplikacemi vláknových kompozitů naprostou převahu. Naproti tomu v oblasti plněných plastů a částicových kompozitů zcela převládají termoplastické matrice. [1]

Termoplastové matrice jsou oproti reaktoplastovým houževnatější. Jsou také levnější o 25 až 80%. Nejlevnější jsou polypropylenové (PP) matrice. Je to výsledek především snadnější výroby (nemusí se vytvrzovat) a to i složitějších tvarů. Z materiálových vlastností vyniká u termoplastové matrice dobrá tvarová stabilita, odolnost proti opotřebení (zejména s použitím uhlíkových vláken, s nimiž se snižuje i součinitel tření), vyšší pevnost, vyšší modul pružnosti, houževnatost. Mez pevnosti je menší než 100MPa a modul pružnosti se pohybuje v rozmezí 2 až 4 GPa. [2]

Nejčastěji jsou použity polyamidy, polyetylen, polypropylen, polykarbonát, polyester, polysulfon, polyethersulfon, polyfenylensulfid, a tavitelné kopolymery tetrafluorethylenu. [2]

Nejpoužívanějšími reaktoplastovými matricemi je celá řada pryskyřic (např. polyesterová, epoxidové, fenolické, melaminové a siloxylové pryskyřice). Reaktoplasty mají při teplotě 20°C pevnost v tahu R_m v rozmezí 20 až 80 MPa a modul pružnosti E v rozmezí 2 až 5,2 GPa. Při výběru vhodné matrice pak rozhodují požadované mechanické vlastnosti a tepelná či chemická odolnost kompozitu, popř. další požadované vlastnosti. [2]

Reaktoplastové matrice vyztužené uhlíkovými, borovými, keramickými, kovovými nebo aramidovými, popř. jejich kombinacemi jsou nejrozšířenějšími konstrukčními kompozity. [2]

2.5.2 Kompozitní vlákna

Nedílnou součástí kompozitů je výztuž (vlákna). Pro vlákna je charakteristické, že jejich pevnost v tahu ve směru osy vlákna je výrazně vyšší, než je pevnost stejného kompaktního materiálu. Vyztužovací vlákna v kompozitu mohou být vzhledem ke svým průřezům dlouhá nebo krátká. Nejcennější jsou vlákna s velkým poměrem povrchu k jejich objemu. [2]

Vláknový kompozit pracuje tak, že matrice, která má nižší modul pružnosti, se začne při vnějším zatížení pružně nebo plasticky deformovat a vlákna toto zatížení přebírají v důsledku adheze. Matrice musí být schopná se deformovat bez porušení. Nejvyššího účinku matrice se dosáhne, když jsou vlákna namáhána až do pevnosti napětím přeneseným maticí. [2]

V kompozitu tak každá složka uplatňuje svoje přednosti: vlákna přenášejí zatížení, matrice chrání vlákna proti působení okolního prostředí. Nedostatky jedné složky jsou překryty přednostmi složky druhé. [2]

Pro pevnost kompozitu mají největší důležitost defekty vláken, které snižují jeho pevnost. Pevnost vláken roste se zmenšujícím se průřezem, protože se zmenšují přirozené defekty. Většina vyráběných vláken má kruhový průřez od 5 do 20 μm . Vlákna mají proto v porovnání s kompaktním materiálem mnohem větší pevnost ve směru délky, protože nečistoty jsou ve struktuře vlákna minimalizovány v důsledku jeho malého průřezu. [2]

Tab. 1 Porovnání mechanických parametrů vybraných druhů vláken s parametry stejného, ale kompaktního materiálu.

Materiál	Modul pružnosti [GPa]		Pevnost v tahu [GPa]	
	Vlákno	Kompaktní materiál	Vlákno	Kompaktní materiál
Sklo typu E	72	72	2,1 až 3,5	0,1
Uhlík	190 až 850	10	2,0 až 7,0	0,2
SiC keramika	400	400	3,9	0,5

2.5.3 Skleněná a minerální vlákna

Hlavní předností skleněných vláken je jejich pevnost. Ta je však ovlivněna mnoha faktory jak výrobními, tak geometrickými. Značným problémem skleněných vláken je korozní odolnost, především proti vlhkosti. V kompozitu jsou sice koroznímu účinku vody vystavena jen povrchová vlákna, protože vnitřní vlákna jsou chráněna matricí, ale je nutno počítat i s průnikem vlhkosti po vláknech nebo přímo matricí. [2]

U kompozitů se skleněnými vlákny se nejlépe osvědčily matrice z epoxidových pryskyřic. Jejich výhodou oproti jiným pryskyřicím je nejlepší houževnatost a trvanlivost, mechanická pevnost a nízké smrštění a navíc vytvářejí výborné adhezní spojení se skleněnými vlákny. [2]

Je několik druhů skleněných vláken a jsou rozdílné svými mechanickými vlastnostmi nej-používanější, je sklo typu E (z hlediska objemu výroby skleněných vláken). Skleněná vlákna se používají většinou v kombinaci s polymerní matricí. Pro naši aplikaci by byly vhodné jak z mechanických vlastností tak i ekonomických. Jejich výroba není příliš nákladná ve srovnání s jinými vlákny.

Tab. 2 Typické vlastnosti některých skleněných vláken při normální teplotě.

Vlastnosti	E-sklo	A-sklo	C-sklo	D-sklo	M-sklo	S a R-sklo
Hustota ρ [kg.dm ⁻³]	2,54	2,48	2,49	2,16	2,89	2,48
Modul pružnosti v tahu E_L [GPa]	72	74	71	54	112	88
Pevnost v tahu R_m [MPa]	3500	3100	3200	2500	3500	4900

2.5.4 Bórová vlákna

Bór má malou hustotu (2,5 g.cm⁻³), velkou pevnost, je však tuhý a křehký, a proto nevhodný pro tažení do jemných vláken. Bórová vlákna jsou extrémně pevná a tuhá za běžných teplot. Jejich vlastnosti se rychle zhoršují při teplotách nad 450 °C. [2]

Během zpracování se nepoškozují, tak lehce jako např. skleněná. Mez pevnosti je asi 3,5 GPa, modul pružnosti 420 GPa hustota je 2,6 kg.dm⁻³. Měrná pevnost i modul pružnosti bórových vláken jsou tak jedny z největších. [2]

Tab. 3. Vlastnosti bórových vláken za normální teploty

Vlastnosti	Bór	Ocel konvenční
Hustota ρ [kg.dm ⁻³]	2,63	7,8
Modul pružnosti v tahu E [GPa]	385	210
Pevnost v tahu R_m [GPa]	2,8	0,3 až 2,2
Měrný modul E/ρ [MPa.kg ⁻¹ .dm ⁻³]	146	26,9
Měrná pevnost R_m/ρ [MPa.kg ⁻¹ .dm ⁻³]	1,1	0,043 až 0,27

2.5.5 Uhlíková vlákna

Uhlík může existovat ve třech formách: diamantové, grafitové a amorfní (skelné). Avšak pouze krystalické formy mají vysoký modul pružnosti. Amorfní uhlíková vlákna nízký modul pružnosti (70 GPa), i když mez pevnosti může být vysoká (2 GPa). [2]

Nevyrábí se jako skleněná vlákna protože uhlík netaje a není tažný a je dokonale odolný proti rozpouštědlům. Všechny uhlíkové materiály jsou získávány pyrolýzou organických sloučenin s výjimkou grafitu vyskytujícího se v přírodním stavu. [2]

Výhodou uhlíkových vláken jsou vysoká pevnost, vysoký modul pružnosti a nízká hustota. Polymerní kompozity vyztužené uhlíkovými vlákny mají hustotu kolem 1,5 kg.dm⁻³, při čemž dosahují modulu pružnosti v tahu srovnatelné s modulem pružnosti ocelí. Specifický

modul pružnosti kompozitu (poměr modulu pružnosti k hustotě) je pak několikanásobně větší než u oceli. [2]

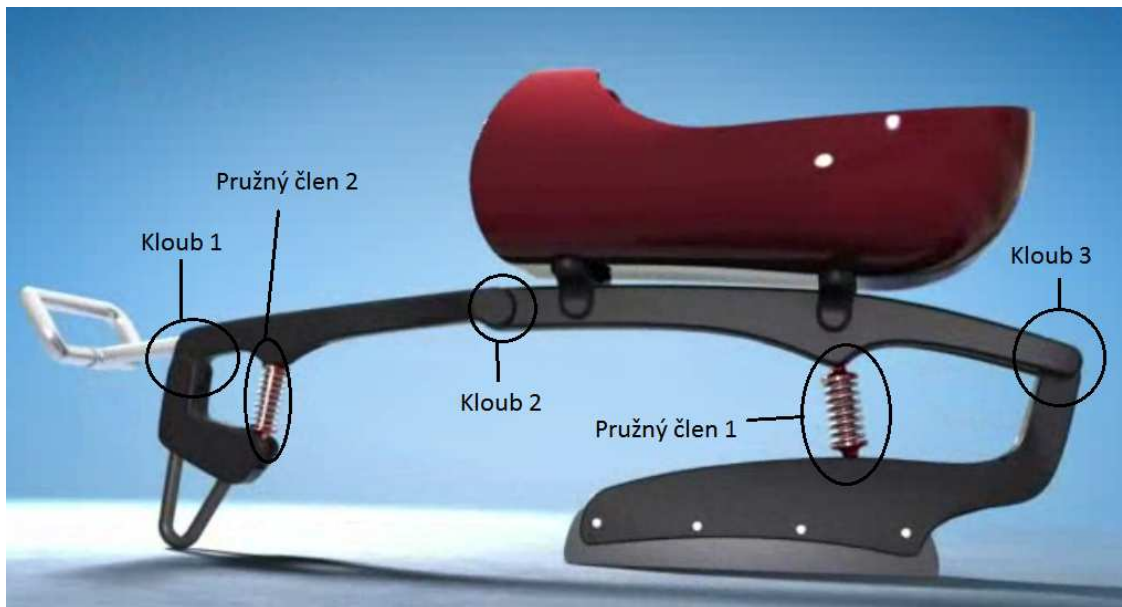
Tab. 4. Vlastnosti uhlíkových vláken při normální teplotě

Vlastnosti	Vysokomodulový grafit	Vysokopevnostní grafit	Ocel
Hustota ρ [kg.dm ⁻³]	1,9	1,9	7,8
Modul pružnosti v tahu E [GPa]	390	240	210
Pevnost v tahu R_m [GPa]	2,1	2,5	0,34 až 2,1
Měrný modul E/ρ [MPa.kg ⁻¹ .dm ⁻³]	205	126	26,9
Měrná pevnost R_m/ρ [MPa.kg ⁻¹ .dm ⁻³]	1,1	1,3	0,043 až 0,27

Aplikace uhlíkových vláken je dnes rozšířená zejména v automobilovém průmyslu na výrobu sportovních vozů. Vlastnosti těchto materiálů jsou využívány i při výrobě sportovních pomůcek (rámy cestovních kol, shaft hokejových holí, tenisové nebo squashové rakety) a pomalu vytlačují slitiny lehkých kovů, dřevo jiné materiály. Proto jsou pro naši aplikaci velmi vhodné.

3 RPUŽNÉ A KLOUBOVÉ ČLENY

Pro přehlednost je designový návrh rozdělen na několik částí. Jednotlivé části jsou spojeny různými druhy spojů a kloubů.



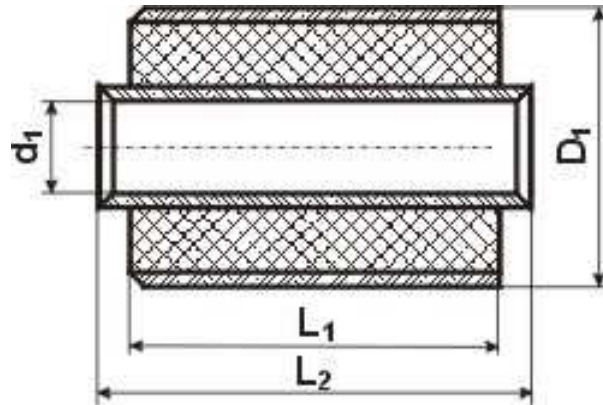
Obr. 11. Rozdělení sledge brusle na jednotlivé spoje.

3.1 Pružný člen 1 a 2

Možnost použití tlumiče vibrací limituje hmotnost celé konstrukce a výška sedlové části nad kluzištěm. Výhodnější variantou je umístit pružný prvek do kloubové části 1 a 3. Pružné prvky mohou být nahrazeny jen vzpěrami s pryžovými dorazy.

3.2 Kloub 1 a 3

Tento spoj musí zaručovat tuhé a pevné uchycení v rámu brusle, ale zároveň poskytnout možnost tlumení vibrací a rázu do rámu brusle, nejvhodnější je použití pouzdrové pružiny s vnitřní pryžovou částí. Pryžová část zaručí dobrou tuhost, ale i možnost tlumení vibrací. Tím odpadá nutnost použití pružných prvků 1 a 2. Těchto prvků se využívá v automobilovém průmyslu pro tlumení vibrací od motoru. Vnější pouzdro se dá pomocí stavicích šroubu stahovat a roztahovat. Toto řešení umožňuje plynule nastavit tuhost kloubu. Velkou výhodou je i nízká hmotnost, kde se místo ocelových pouzder využívají hliníková nebo plastová pouzdra.



Obr. 12. Pouzdrová pružina z vnitřní pryžovou částí.

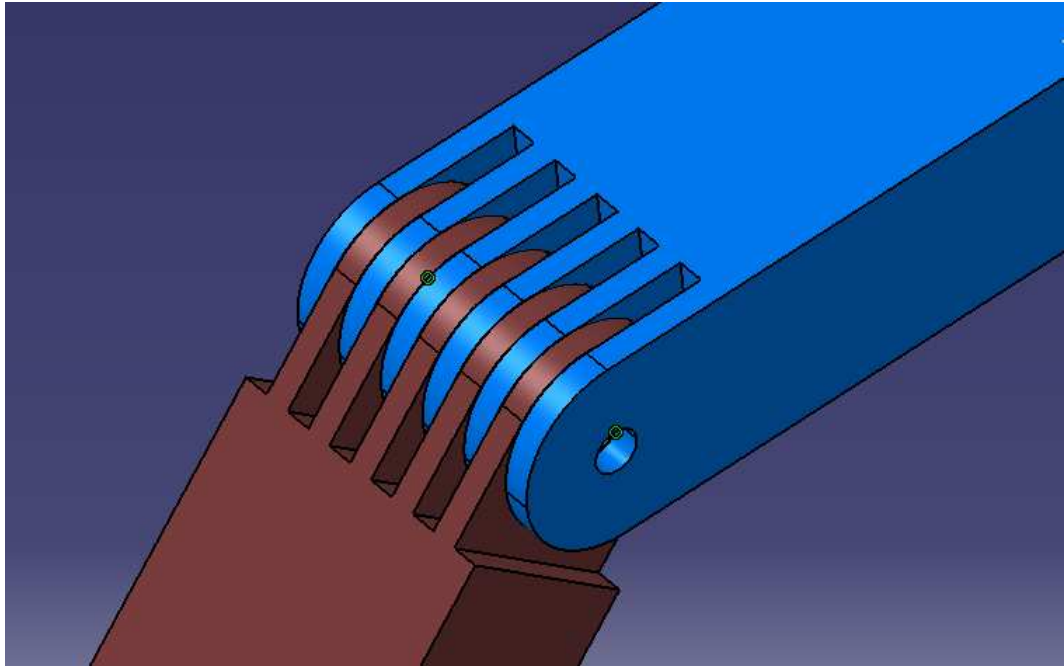
3.3 Kloub 2

U tohoto spoje je velmi důležité zaručit tuhost, ale i možnost polohování přední části. Pro tento spoj je vhodné použití nastavitelných kloubových spojů, které umožňují nastavení až v rozmezí 360° po jednotlivých krocích. Vyrábějí se z hliníku a jeho slitin odléváním do formy.



Obr. 13. Ilustrační obrázek nastavitelného kloubového spoje.

Další variantou uchycení kloubu 2, je použit třecího spoje. Třecí spoje mají výhodu v plynulém nastavení sklonu kloubu a jsou vhodnější i pro radiální síly působící na rám brusle. Nevýhodou je nutnost vyvinutí dostatečné třecí síly na ploše třecího spoje. Třecí plochy bývají opatřeny povrchovým zdrsňením.



Obr. 14. Ilustrační obrázek třecího kloubového spojení

Pro rychlé nastavení a upevnění je vhodné použití pákového rychloupínače s výstředníkovým uložením. Tento systém upnutí vytvoří dostatečnou třecí sílu mezi jednotlivými plochami v kloubu.



Obr. 15. Pákový rychloupínač s výstředníkovým uložením.

4 ROZBOR STÁVAJÍCÍ SLEDGE HOKEJOVÉ BRUSLE

V této části se budeme zabývat rozbořem stávající sledge brusle. Jako příklad nám sloužila brusle hráčů ze Zlínských Sedících Medvěďů. Je to brusle vyrobena v USA.

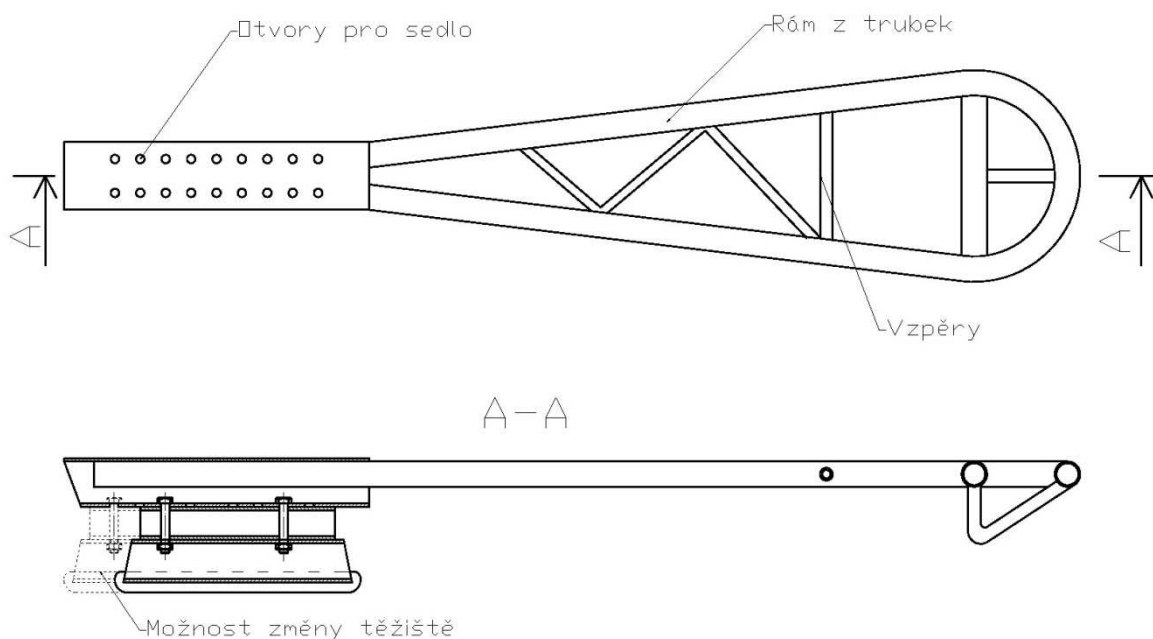
4.1 Vývoj

První sledge brusle, které byly vyrobeny ve Švédsku, byly z ohnutých ocelových trubek opatřených dřevěným sedákem. Po rozšíření hry po celém Švédsku se začaly objevovat první brusle vyrobené ze slitin lehkých kovů (především hliníku) a dřevěných sedáků s měkkou výstelkou. Většina těchto bruslí byla vyrobena v malých domácích dílnách. Současné sledge brusle mají rám vyrobený ze slitin hliníku a sedák mají vyrobený z plastu opatřený koženými řemínky.

Návrh počítá s rámem z hliníkových slitin, který bude spojen konstrukčními prvky z vhodných materiálů. Při zavedení do výroby budou některé prvky vyráběny z kompozitních materiálů.

4.2 Konstrukční řešení

Brusle má rám vyztužený napříč navařenými trubkami, které zvyšují tuhost konstrukce. Sedák je polohovatelný posunem v před a vzad do předem vyvrtaných děr.



Obr. 16 Konstrukční řešení stávající sledge brusle.

5 SHRNU TÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V teoretické části byly rozděleny invalidní vozíky a pomůcky pro pohyb tělesně postižených. Dále je popsáno rozdělení materiálů a určení jejich možnosti použití při konstrukci. Volba materiálů, je důležitá z hlediska konstrukčního a ekonomického. Důležitá je i volba pružných prvků a spojovacích částí. Výhodou by bylo, kdyby takové prvky byly dostupné na trhu. Vhodnou kombinací spojovacích částí a materiálu použitého na rám sledge brusle musí zajistit tuhou a variabilní konstrukci, která vychází z designového návrhu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 STANOVENÍ CÍLŮ PRÁCE

V praktické části bakalářské práce je hlavním cílem navrhnout sledge hokejovou brusli, tak aby splňovala mechanické vlastnosti, odpovídala technickým pravidlům sledge hokeje a nevybočovala příliš od designového návrhu. V návrhu je kladen důraz na ergonomické rozvržení prvků brusle. V praktické části jsou početně řešeny jednotlivé komponenty brusle. Součástí je i analýza pomocí FEM softwaru.

Cílem při konstrukci jednotlivých prvků je dosažení co největší jednoduchosti a praktič-
nosti při jejich montáži.

7 NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ PODLE DESIGNERSKÉHO MODELU

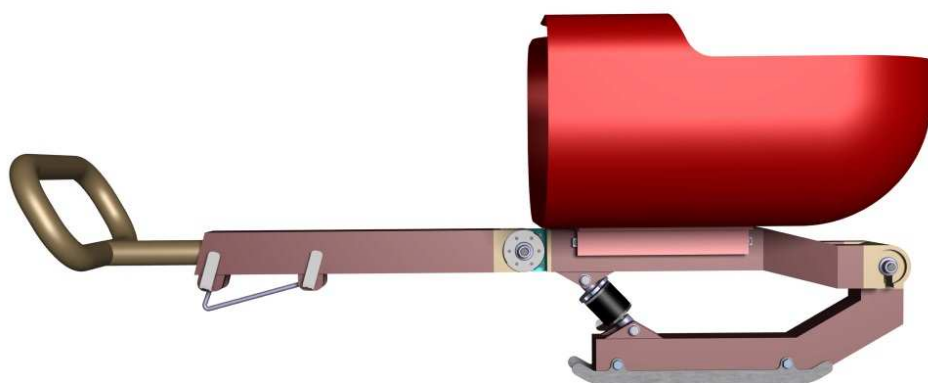
V této kapitole je uvedeno konstrukční řešení a výpočet částí brusle.

Zadané hodnoty jsou:

- Maximální hmotnost osoby 105 kg
- Maximální výška osoby 178 cm



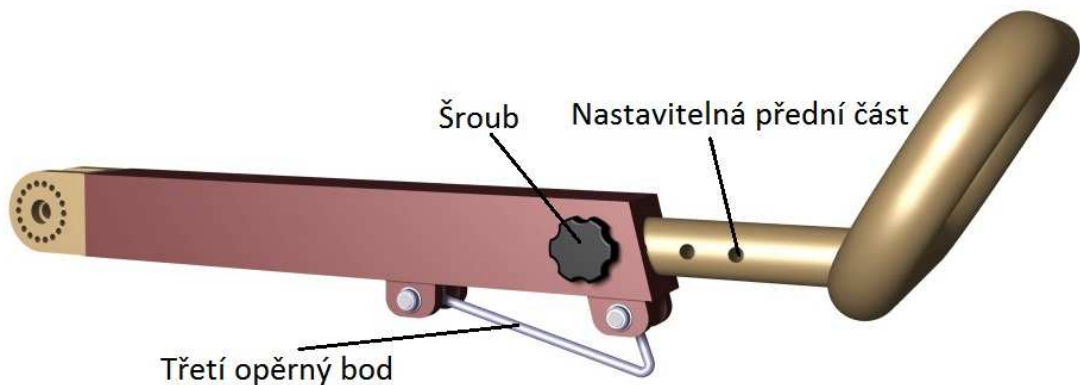
Obr. 17 Designový návrh sledge brusle



Obr. 18 Konstrukční řešení

Řešení se snaží být kompromisem mezi designem a možnostmi výroby. Při konstrukci se upustilo od některých prvků, které byly součástí designového návrhu.

7.1 Přední část brusle



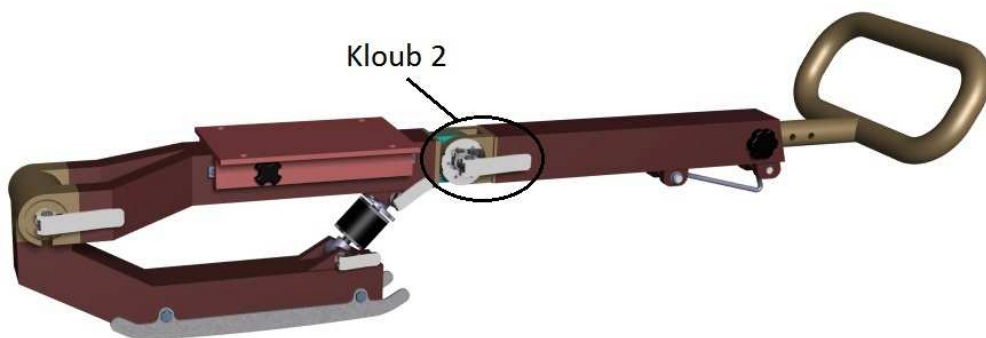
Obr. 19 Přední část sledge brusle.

Přední část brusle (Obr. 19) slouží jako podpora pro nohy hráče, je namáhaná na ohyb silou, která je rovna hmotnosti nohou. V případě, kdy se hráč nepohybuje, může sloužit jako třetí opěrný bod pro lepší stabilitu. Šroub slouží k uvolnění trubky z rámu a umožňuje nastavení délky vysunutím z rámu. Přední část je k rámu brusle připevněna pomocí kloubu 2 (Obr. 20).

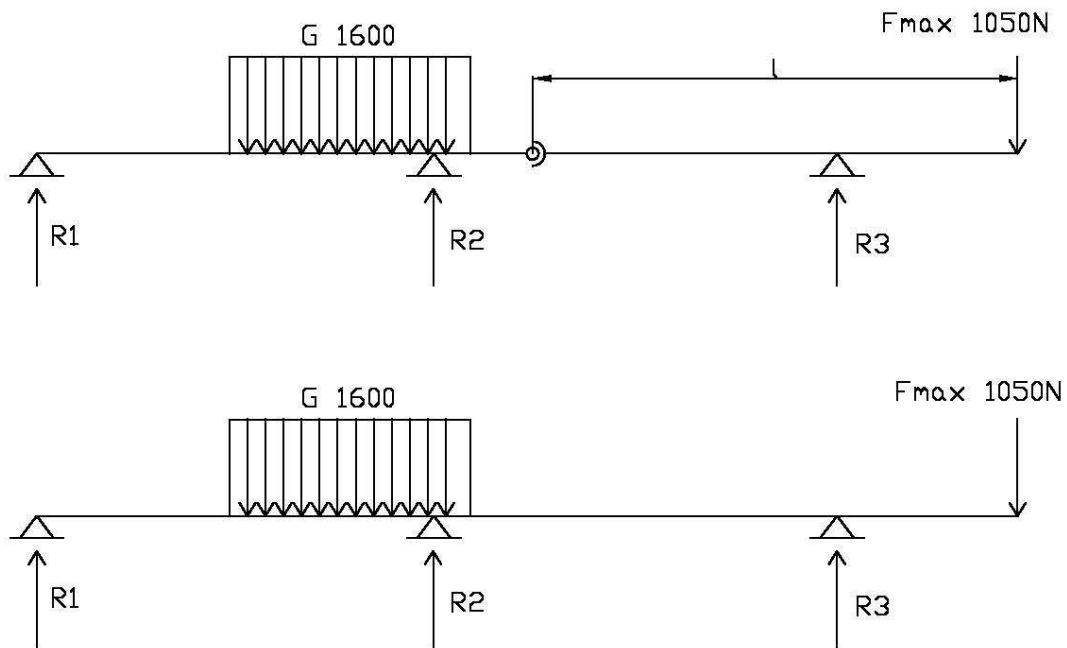
V konstrukčním návrhu se upustilo od použití pružného členu, který byl nahrazen pevným členem ze slitiny hliníku (třetí opěrný bod). Pevný člen zajistí stejnou funkci, sníží hmotnost a zlevní výrobu.

7.2 Kloub 2

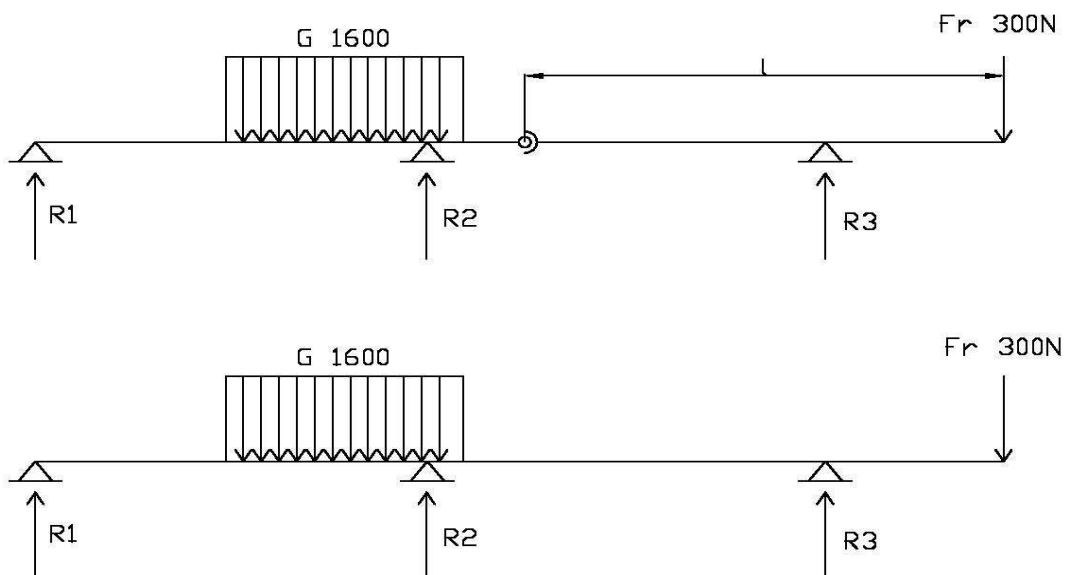
Musí zajistit pevné spojení mezi přední a sedlovou částí sledge brusle a zároveň musí dovolit ideální nastavení přední části (Obr. 19).



Obr. 20 Umístění Kloubu 2 v návrhu



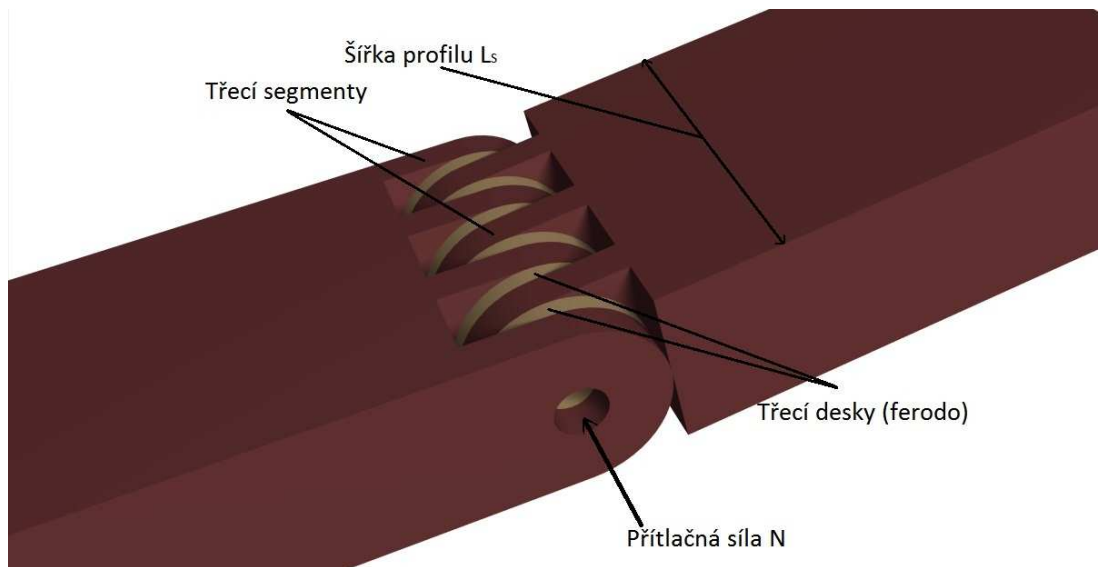
Obr. 21 Schématické zjednodušení konstrukčního návrhu s maximální zatěžující silou ($F_{max} = 1200\text{ N}$ maximální zatěžující síla na přední část brusle, $G = 1600\text{ N}$ maximální zatěžující síla na sedlo).



Obr. 22 Schématické zjednodušení konstrukčního návrhu s běžnou zatěžující silou ($F_r = 300\text{ N}$ síla odpovídající hmotnosti nohou, $G =$ maximální zatěžující síla na sedlo).

7.2.1 Kloub 2 řešení pomocí třecího spoje

Jeden z možných návrhů (Obr. 23) Kloubu 2, bylo vytvořit pomocí normálové síly dostatečné tření mezi třecími segmenty a zamezit tak pohybu jednotlivých částí kloubu. Segmenty jsou vyrobeny z oceli s třecí deskou (ferodem) ve stykových plochách. Třecí deska zvětší součinitel tření (ocel-ocel $f = 0,3$) $f = 0,5$. Přítlačná síla bude vyvinuta šroubem ($d = 10$ mm) s pákovým rychloupínákem. Pákový rychloupínák zajistí rychlé a pevné upnutí.



Obr. 23 Příklad třecího spoje

Zvolené hodnoty:

- Síla působící kolmo na přední část brusle $F_{\max} = 1050$ N
- Zatížení sedlové části $G = 1600$ N
- Délka přední části brusle $l = 500$ mm
- Průměr šroubu $d = 10$ mm
- Součinitel tření $f = 0,5$
- Minimální tloušťka feroda $d_{\min} = 1$ mm
- Celkový počet segmentů i_s
- Šířka profilu $L_s = 60$ mm

Kroutící moment v Kloubu 2:

$$M_k = F_{max} \cdot l = 1200 \cdot 0,5 = 525 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (7.1)$$

Kde:

M_k – Kroutící moment [N.m]

l – Délka přední části brusle [m]

F_{max} – Maximální síla působící na přední část brusle [N]

Střední třecí poloměr :

$$R_s = \frac{(D - d)}{2} = \frac{(40 - 10)}{2} = 15 \text{ mm} \quad (7.2)$$

Kde:

R_s – Střední třecí poloměr [mm]

D – Průměr třecího segmentu [mm]

d – Průměr otvoru pro šroub [mm]

Přítlačná síla potřebná k zamezení pohybu při $i=14$ [7]:

$$N = \frac{M_k}{i \cdot f \cdot R_s} = \frac{525}{14 \cdot 0,5 \cdot 0,015} = 5000 \text{ N} \quad (7.3)$$

Kde:

N – Přítlačná síla potřebná k zamezení pohybu (normálová síla) [N]

i – Počet třecích ploch [-]

f – Součinitel tření [-]

Tloušťka segmentu bez třecí desky:

$$t = \frac{(L_s - (i \cdot d_{fmin}))}{i_s} = \frac{(60 - (14 \cdot 1))}{15} = 3,06 \text{ mm} \quad (7.4)$$

Kde:

L_s – Šířka profilu [mm]

i_s – Počet třecích segmentů [-]

d_{fmin} – Minimální tloušťka třecí desky [mm]

Počet třecích segmentů při zadané přítláčné síle $N = 2000 \text{ N}$

$$i = \frac{M_k}{N \cdot f \cdot R_S} = \frac{525}{2000 \cdot 0,5 \cdot 0,015} = 35 \quad (7.5)$$

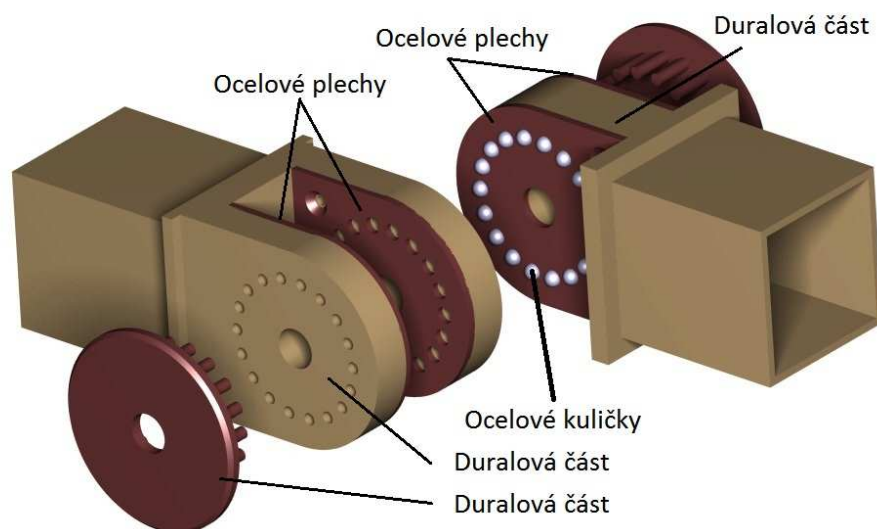
Tloušťka třecích segmentů bez třecí desky při zadané síle $N=2000 \text{ N}$

$$t = \frac{(L_S - (i \cdot d_{fmin}))}{i_s} = \frac{(60 - (35 \cdot 1))}{36} = 0,69 = 0,7 \text{ mm} \quad (7.6)$$

Z výpočtů je patrné, že pro zvolený počet třecích ploch $i = 14$, je přítláčná (normálová) síla příliš velká $N = 5000 \text{ N}$ a pákovým excentrem běžných rozměrů se nedá vytvořit. Při zadané třecí síle $N = 2000 \text{ N}$, je počet třecích ploch $i = 35$, ale tloušťka jednotlivých segmentů je pouze $0,7 \text{ mm}$. Navrhované řešení není vhodné pro naši aplikaci, protože by nezaručovalo dostatečně pevné spojení.

7.2.2 Kloub 2 řešený spojem s kuličkami

Další možné řešení je, že ve stykových plochách přední a sedlové části jsou vloženy tělíska (kuličky, válečky), která zamezí pohyb obou částí. Stykové plochy se stlačují pomocí pákového excentru. Tělíska jsou namáhána na stříh a otláčení, proto je nutné provést kontrolu.



Obr. 24 Příklad kuličkového kloubu

Zvolené hodnoty:

- Počet tělísek na jedné straně (kuličky) $n_s = 18$

- Počet tělísek (kuličky) celkem $n = 36$
- Průměr roztečné kružnice $D_R = 35 \text{ mm}$
- Průměr kuličky $d_k = 4 \text{ mm}$
- Materiál ocelové kuličky ČSN 14 109
- Síla působící kolmo na přední část brusle $F_{\max} = 1050 \text{ N}$
- Délka přední části brusle $l = 500 \text{ mm}$

Kroutící moment v Kloubu 2:

$$M_k = F_{\max} \cdot l = 1050 \cdot 0,5 = 525 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (7.7)$$

Střížná (tangenciální) síla působící na kuličku:

$$F_t = k \cdot \frac{2M_k}{n_c \cdot D_R} = 1 \cdot \frac{2 \cdot 525}{36 \cdot 0,035} = 833,33 = 834 \text{ N} \quad (7.8)$$

Kde:

F_t – Střížná síla [N]

n – Počet tělísek [-]

D_R – Průměr roztečné kružnice [mm]

k – Bezpečnost [-]

Povrch potřebný pro kontrolu na otláčení:

$$S_p = \frac{(\pi \cdot d_k^2)}{2} = \frac{(\pi \cdot 4^2)}{2} = 25,13 \text{ mm}^2 \quad (7.9)$$

Kde:

S_p – Povrch kontrolovaný na otláčení [mm^2]

d_k – Průměr kuličky [mm]

Kontrola na otláčení: Ocel 14 109 = $p_D = 100 \text{ MPa}$ [9]

$$p = \frac{F_t}{S_p} = \frac{834}{25,13} = 33,18 = 34 \text{ MPa} \quad (7.10)$$

- Kontrola na otláčení vyhovuje.

Kde:

p – Namáhaní na otláčení [MPa]

Plocha průřezu kuličky, rovnoběžná ke směru zatěžující síly (mm^2):

$$S_{\tau} = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} = \frac{\pi \cdot 4^2}{4} = 12,56 = 13 \text{ mm}^2 \quad (7.11)$$

Kde:

S_{τ} – Plocha průřezu kuličky [mm^2]

Kontrola na sřih: Ocel 14 109 $\tau_{Ds} = 100 \text{ N.mm}^{-2}$ [9]

$$\tau = \frac{F_t}{S_{\tau}} = \frac{834}{13 \cdot 36} = 1,78 = 2 \text{ N.mm}^{-2} \quad (7.12)$$

- Kontrola na sřih vyhovuje.

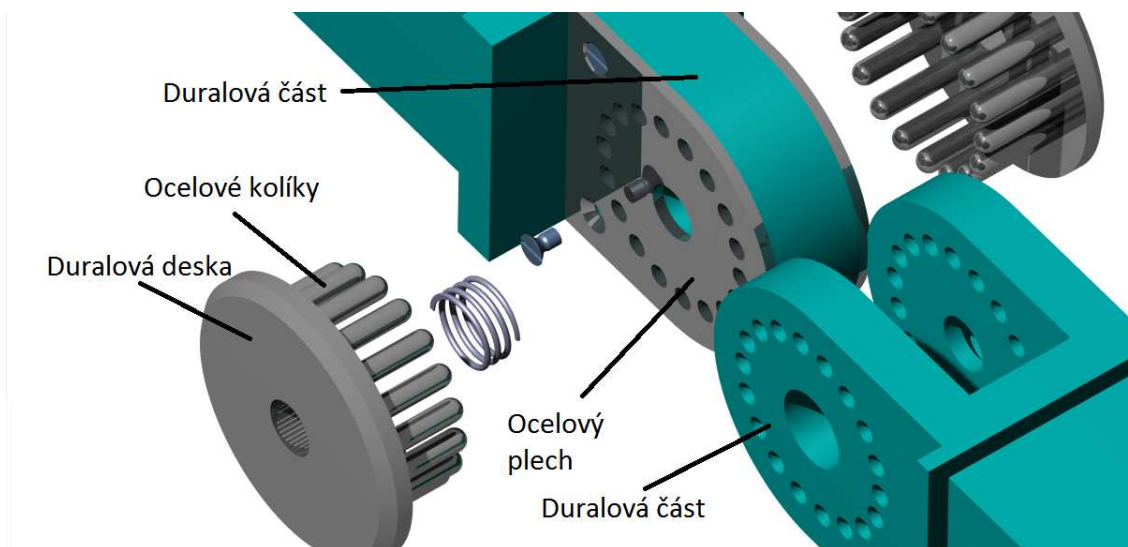
Kde:

τ - Napětí ve smyku [N.mm^{-2}]

Kuličkový spoj vyhovuje kontrole na sřih a otláčení. Nevýhodou je nutnost použití ocelových plechů ve stykových plochách (zamezení otláčení), které zvyšují hmotnost konstrukce a možnosti vypadnutí tělísek z konstrukce.

7.2.3 Kloub 2 řešený spojem s kolíky

Kolíkový kloub je podobný kuličkovému, jen se liší použitým typem tělesa. Ocelové kolíky se spojí s duralovou deskou, která zamezí vypadnutí kolíku z konstrukce (Obr. 28).



Obr. 25 Příklad kolíkového kloubu.

Zvolené hodnoty:

- Počet tělísek na jedné straně $n_s = 6$
- Počet tělísek (kolíků) celkem $n = 12$
- Průměr roztečné kružnice $D_R = 35 \text{ mm}$
- Poloměr kolíku $r = 2 \text{ mm}$
- Tloušťka ocelového plechu $h = 3 \text{ mm}$
- Materiál ocelových válečků ČSN 11 500
- Síla působící kolmo na přední část brusle $F_{\max} = 1050 \text{ N}$
- Délka přední části brusle $l = 500 \text{ mm}$

Kroutící moment v Kloubu 2:

$$M_k = F_{\max} \cdot l = 1050 \cdot 0,5 = 525 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (7.13)$$

Tangenciální síla působící na kolík:

$$F_t = k \cdot \frac{2M_k}{n_{kc} \cdot D_R} = 1 \cdot \frac{2 \cdot 525}{12 \cdot 0,035} = 2500 \text{ N} \quad (7.14)$$

Povrch kontrolovaný na otláčení:

$$S_p = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h = 2 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 3 = 37,7 = 38 \text{ mm}^2 \quad (7.15)$$

Kde:

r – Poloměr kolíku [mm]

h – Hloubka kolíků vložená do středové části (tloušťka plechu) [mm]

Kontrola na otláčení: Ocel 11 500 $p_D = 100 \text{ MPa}$ [7]

$$p = \frac{F_t}{S_p} = \frac{2500}{38} = 65,79 = 66 \text{ MPa} \quad (7.16)$$

- Součást vyhovuje kontrole na otláčení.

Plocha průřezu válečku, rovnoběžná ke směru zatěžující síly (mm^2):

$$S_\tau = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 4^2}{4} = 12,56 = 13 \text{ mm}^2 \quad (7.17)$$

Kontrola na stříh: Ocel 11 500 $\tau_{Ds} = 85 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ [7]

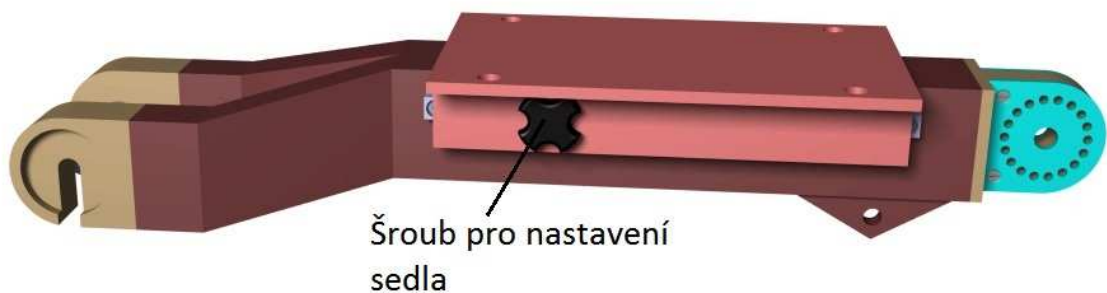
$$\tau = \frac{F_t}{S_\tau} = \frac{2500}{13 \cdot 12} = 16,02 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (7.18)$$

- Součást vyhovuje kontrole na stříh.

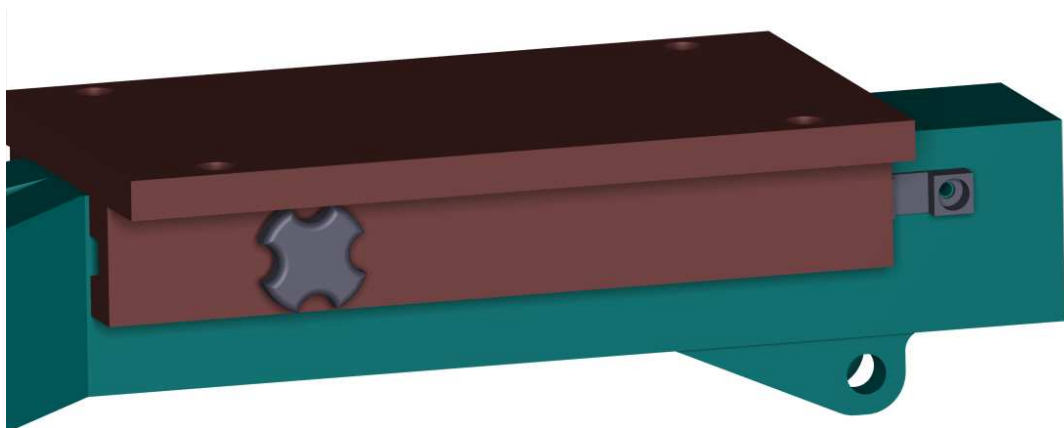
Kolíkový spoj vyhovuje kontrole na otláčení a stříh. Počet kolíků se dá měnit výměnou přítlačné desky. Pružina otláčuje duralovou desku s kolíky a usnadňuje manipulaci. Pro naši aplikaci je nejvhodnější.

7.3 Sedlová část brusle

Tato část brusle je důležitá z hlediska upevnění všech ostatních částí. Je k ní připevněna přední část brusle (Obr. 19) a spodní část brusle (Obr. 30) přes jednotlivé klouby. Sedlo umožňuje nastavení těžiště, pohybem vpřed a vzad v jednotlivých krocích.



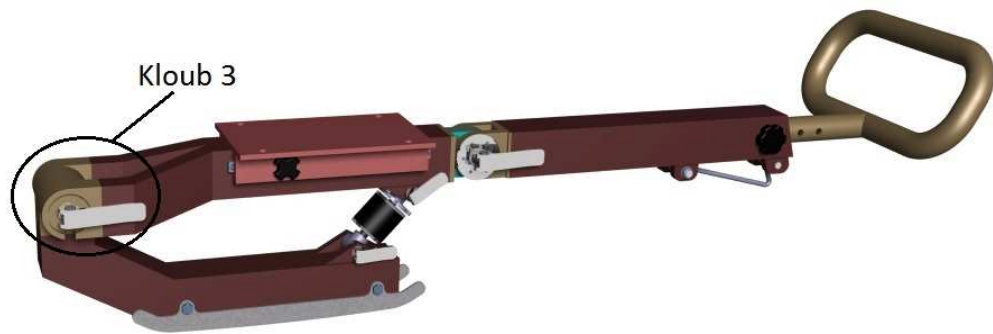
Obr. 26 Sedlová část.



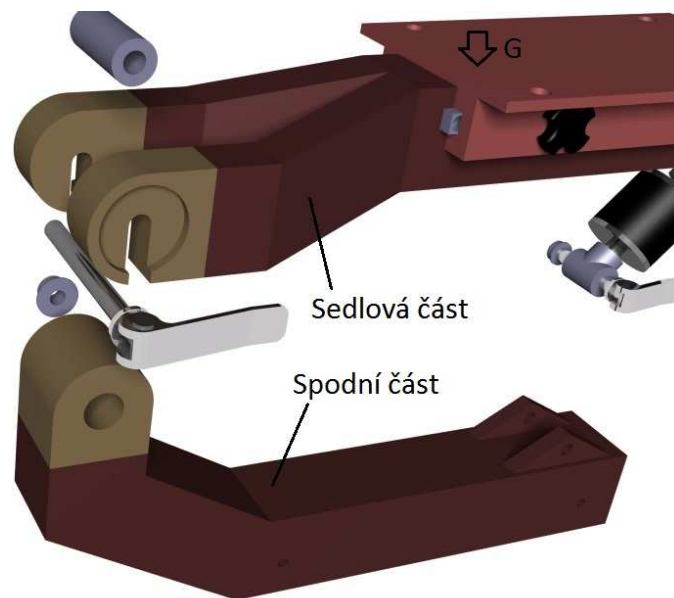
Obr. 27 Posuv sedla.

7.4 Kloub 3

Musí umožňovat pohyb spodní části brusle. Je nutné provést kontrolu na stříh. Průměr šroubu je $d_s = 10$ mm.



Obr. 28 Umístění kloubu 3



Obr. 29 Rozložený Kloub 3

Plocha průřezu šroubu, rovnoběžná ke směru zatěžující síly (mm^2):

$$S_\tau = \frac{\pi \cdot d_s^2}{4} = \frac{\pi \cdot 10^2}{4} = 78,53 \text{ mm}^2 \quad (7.19)$$

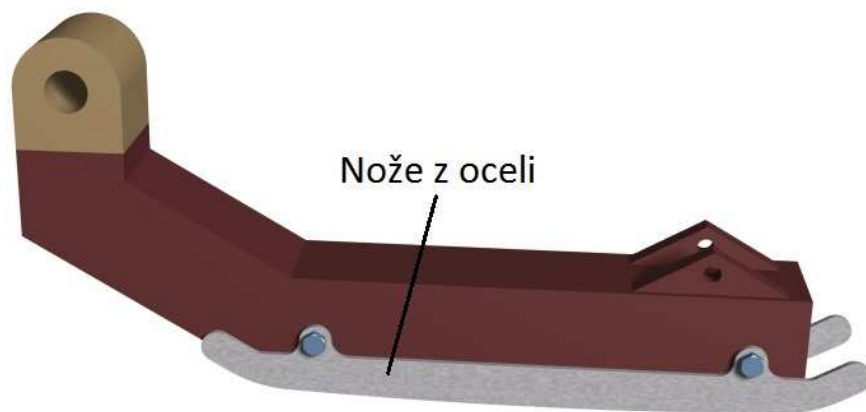
Kontrola na stříh: Ocel 11 500 $\tau_{Ds} = 85 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$

$$\tau = \frac{G}{S_\tau} = \frac{1600}{78,53 \cdot 2} = 10,18 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2} \quad (7.20)$$

- Šroub kontrole na stříh vyhovuje.

7.5 Spodní část brusle

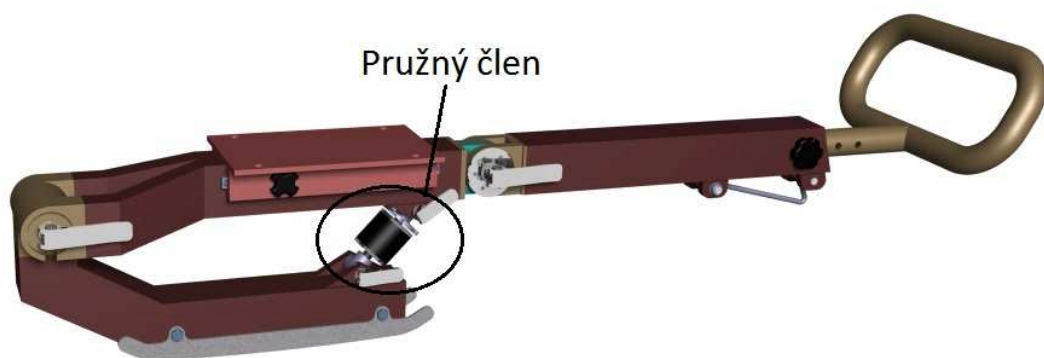
Spodní část slouží k upevnění bruslařských nožů a zajišťuje neustálý kontakt s ledem. Nože brusle jsou vyrobeny z nerezové oceli a jsou připevněny normalizovanými šrouby. Tato součástka je připevněna k sedlové části přes kloub 3 (Obr. 28) a pružný člen (Obr. 31).



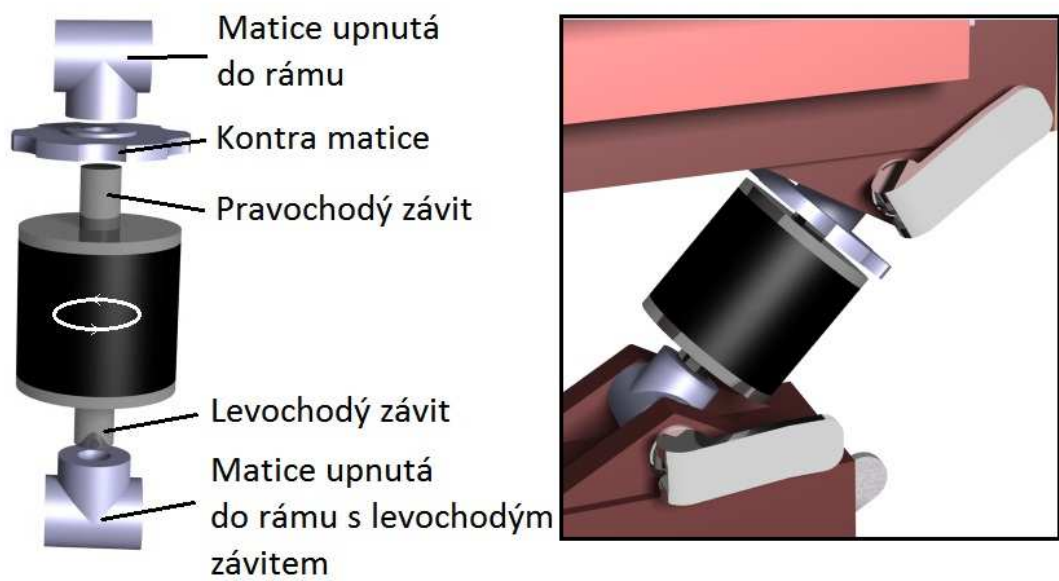
Obr. 30 Spodní část brusle.

7.6 Pružný člen

Pružný člen slouží pro tlumení nerovností a jako bezpečnostní prvek pro tlumení nárazu brusle, při převrácení na bok. Je výškově nastavitelný pomocí šroubové části, v rozsahu 20mm. Do rámu brusle je připevněn dvojicí pákových excentrů.



Obr. 31 Umístění pružného členu.



Obr. 32 Výškové nastavení pružného členu

Otáčením pružného členu se jednotlivé části se závity vyšroubovávají nebo zašroubovávají do matic, které jsou upnuty do rámu sledge brusle. Pro zajištění proti samovolnému pohybu je v pružném členu kontra matice.

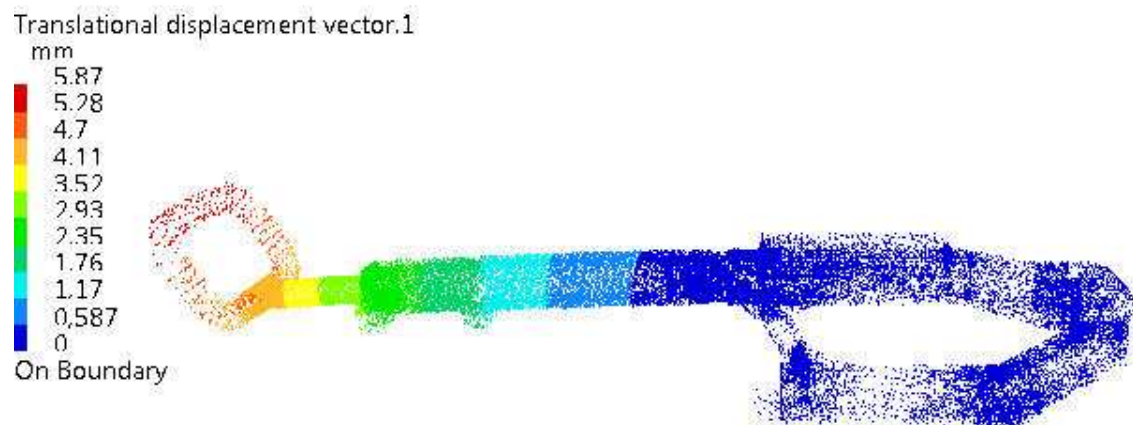
8 ANALÝZA POMOCÍ FEM SOFTWARE

Analýza a fyzikální vlastnosti se spočítaly pomocí softwaru Catia V5 R18.



Obr. 33 Schéma zatížení sledu brusle

- $F_{max} = 10500\text{N}$
- $G = 1600$

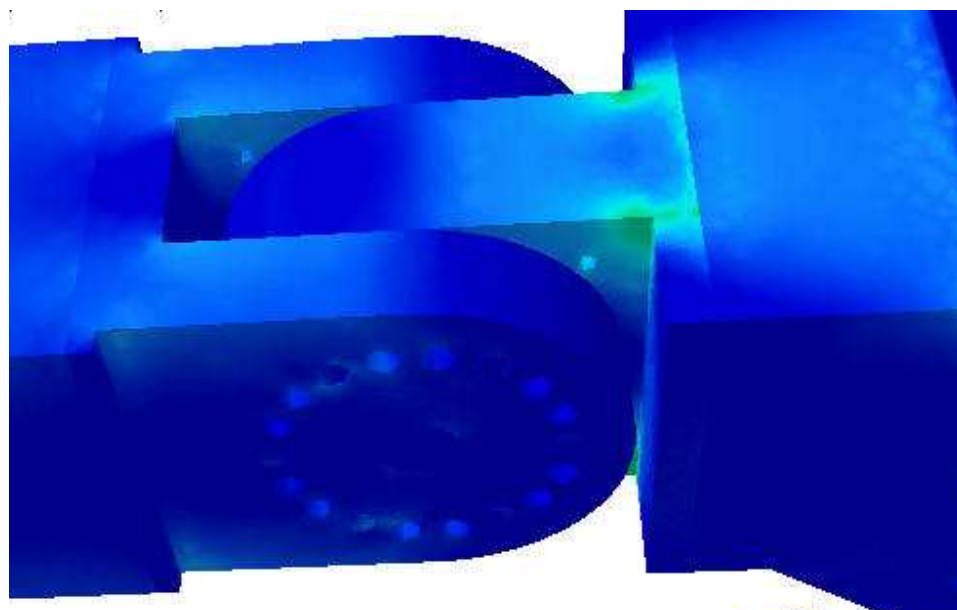


Obr. 34 Posunutí

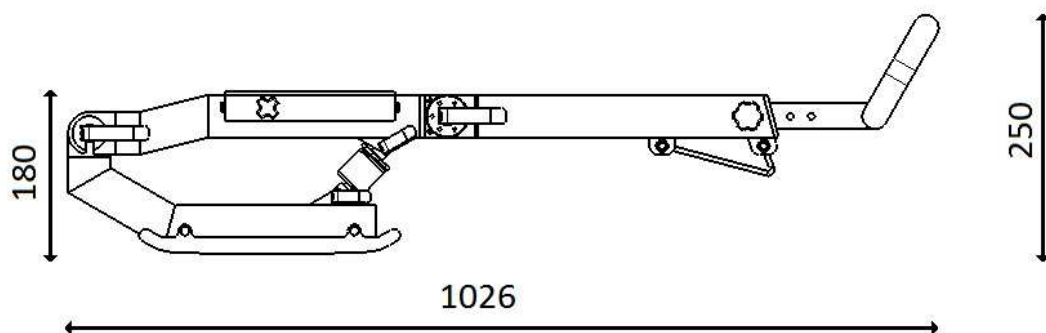
Konstrukce se po zatížení příliš nedeformuje. Největší posunutí po zatížení je v přední části. Důvodem je, že zatížení působí na rameni, které je podepřené jen v jedné části. Maximální posunutí je 5,87 mm.



Obr. 35 Von Misesovo napětí



Obr. 36 Maximální napětí



Obr. 37 Rozměry sledge brusle

Hmotnost celé konstrukce s definovaným materiálem je 6,4 kg.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce je navržení sledge hokejové brusle, která vychází z designové studie invalidního vozíku Trilobit. Vstupní parametry byly jen maximální výška osoby (178 cm) a její hmotnost (105 kg).

Teoretická část práce se zabývá jednotlivými typy invalidních vozíků, rozdělením materiálů na výrobu sledge brusle a možnými způsoby řešení jednotlivých prvků.

V praktické části bylo nutné vytvořit 3D model. Pro 3D modelování byl použit software Catia V5 R18. Při modelování bylo nutné zvolit vhodné rozměry jednotlivých prvků a jejich rozmístění.

Celou brusli lze rozdělit na několik prvků. Tím prvním je sedlová část, která slouží pro upevnění sedla a je spojena s dalšími prvky přes jednotlivé klouby. Druhým prvkem je přední část brusle, která slouží jako opora pro nohy při hře. Třetím prvkem je spodní část, na které jsou připevněny bruslařské nože.

Kloub 1 jedna byl z konstrukčního návrhu vyloučen z důvodu nadbytečnosti, jeho funkci splní pevně uchycený prvek do rámu sledge brusle.

Při řešení kloubu 2 bylo nutné zajistit rychlé a variabilní nastavení polohy, zároveň zajistit pevnou fixaci jednotlivých částí. Jako nejideálnější je použití kolíkového spoje, který je jednoduchý na výrobu a umožňuje snadné nastavení polohy.

Kloub 3 je jednoduchá vidlice, ve které je sevřená spodní část. Na pákovém excentru je nasazený díl, který funguje jako kluzné ložisko.

Pružný člen je tvořen pryžovou pružinou. Pružina udržuje spodní a sedlovou část v rovnoběžném stavu, je výškově stavitelná v rozmezí 20 mm, to umožňuje ideální nastavení pro každého hráče.

Konstrukční návrh je složen ze slitin hliníku a oceli, slouží jako prototyp. Při výrobě více kusů by se některé prvky mohly vyrábět z kompozitního materiálu. Povrchová úprava je individuální, slitiny hliníku se dají eloxovat nebo opatřit nátěrem.

Navržená konstrukce je jednou ze sportovních variant multifunkčního invalidního vozíku Trilobit. Doufám, že tato sledge brusle bude přínosná pro invalidní sportovce a zároveň bude dobrým pomocníkem v jejich nesnadném životě.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JANČÁŘ, J. *Úvod do materiálového inženýrství polymerních kompozitů*. Vyd. 1. Brno : Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2003. 193 s. ISBN 8021424435.
- [2] MACHEK, V; SODOMKA, J. *Nauka o materiálu*. Vyd. 1. Praha : Nakladatelství ČVUT, 2008. 86 s. ISBN 978-80-01-03927-4.
- [3] SEDLÁČEK, V. *Neželezné kovy a slitiny*. 1. vyd. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1979. 398 s.
- [4] VOJTĚCH, D. *Kovové materiály*. Vyd. 1. Praha : Vysoká škola chemicko-technologická, 2006. 185 s. ISBN 8070806001.
- [5] *Novinky.cz* [online]. 22 -04 -2010 [cit. 2011-01-25]. Invalidní vozík ze Zlína umožní běžné přemísťování, lyžování, bruslení i hokej. Dostupné z WWW: <<http://www.novinky.cz/veda-skoly/198206-invalidni-vozik-ze-zlina-umozni-bezne-premistovani-lyzovani-brusleni-i-hokej.html>>.
- [6] [Http://trilobitmotion.com/](http://trilobitmotion.com/) [online]. 2010 [cit. 2011-01-25]. Trilobit. Dostupné z WWW: <<http://trilobitmotion.com/>>.
- [7] VOLEK, F. *Základy konstruování a části strojů I*. 1. vyd. Zlín : Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2009. 167 s. ISBN 978-80-7318-654-8.
- [8] DVOŘÁK, Z; JAVOŘÍK, J. *Elastomerní konstrukční materiály*. Zlín : Česká společnost průmyslové chemie, místní pobočka Gumárneská skupina Zlín, 2009. 93 s. ISBN 978-80-02-02155-1.
- [9] LEINVEBER, J; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky : pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 3. dopl. vyd. Úvaly : ALBRA, 2006. 914 s. ISBN 80-7361-033-7.
- [10] MICHNA, Štefan, et al. *Encyklopedie hliníku*. [s.l.] : [s.n.], 2005. 701 s. ISBN 80-89041-88-4.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

d	Průměr otvoru pro šroub	[mm]
D	Průměr třecího segmentu	[mm]
d_{min}	Minimální tloušťka třecí desky	[mm]
d_k	Průměr kuličky	[mm]
D_R	Průměr roztečné kružnice	[mm]
f	Součinitel tření	[-]
F_{max}	Maximální síla působící na přední část brusle	[N]
F_t	Střížná síla	[N]
h	Hloubka kolíků vložená do středové části (tloušťka plechu)	[mm]
i	Počet třecích ploch	[-]
i_s	Počet třecích segmentů	[-]
k	Bezpečnost	[-]
l	Délka přední části brusle	[mm]
L_s	Šířka profilu	[mm]
M_k	Kroutící moment	[N.m]
n	Počet tělísek	[-]
N	Přítláčná síla potřebná k zamezení pohybu (normálová síla)	[N]
p	Namáhání na otláčení	[MPa]
p_{Ds}	Dovolené nahání na otláčení	[MPa]
r	Poloměr kolíku	[mm]
R_s	Střední třecí poloměr	[mm]
S_p	Povrch kontrolovaný na otláčení	[mm ²]
S_τ	Plocha průřezu kuličky	[mm ²]
τ	Napětí ve smyku	[N.mm ⁻²]
τ_{Ds}	Dovolené napětí ve smyku	[N.mm ⁻²]

d_s Průměr šroubu [mm]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obr. 1. Standardní invalidní vozík s odnímatelnými stupačkami.</i>	12
<i>Obr. 2. Odlehčený invalidní vozík Start komfort s polohovací zádovou opěrkou a skládací konstrukcí.</i>	13
<i>Obr. 3. Aktivní invalidní vozík Voyager.</i>	13
<i>Obr. 4. Skládací invalidní vozík Avangarde T.</i>	14
<i>Obr. 5. Speciální invalidní vozík s přídavným elektrickým pohonem.</i>	14
<i>Obr. 6. Interiérový vozík Faster.</i>	15
<i>Obr. 7. Exteriérový invalidní vozík B600.</i>	16
<i>Obr. 8. Příklady čtyřbodových chodítek.</i>	16
<i>Obr. 9. Příklady kolových chodítek vybavených brzdou a úložným prostorem.</i>	17
<i>Obr. 10. Ukázka variability invalidního vozíku trilobit v pěti různých variantách. [6]</i>	18
<i>Obr. 11. Rozdělení sledge brusle na jednotlivé spoje.</i>	29
<i>Obr. 12. Pouzdrová pružina z vnitřní pryžovou částí.</i>	30
<i>Obr. 13. Ilustrační obrázek nastavitelného kloubového spoje.</i>	30
<i>Obr. 14. Ilustrační obrázek třecího kloubového spojení</i>	31
<i>Obr. 15. Pákový rychloupínač s výstředníkovým uložením.</i>	31
<i>Obr. 16 Konstrukční řešení stávající sledge brusle.</i>	32
<i>Obr. 17 Designový návrh sledge brusle.</i>	36
<i>Obr. 18 Konstrukční řešení.</i>	36
<i>Obr. 19 Přední část sledge brusle.</i>	37
<i>Obr. 20 Umístění Kloubu 2 v návrhu.</i>	37
<i>Obr. 21 Schématické zjednodušení konstrukčního návrhu s maximální zatěžující silou ($F_{max} = 1200\text{ N}$ maximální zatěžující síla na přední část brusle, $G = 1600\text{ N}$ maximální zatěžující síla na sedlo).</i>	38
<i>Obr. 22 Schématické zjednodušení konstrukčního návrhu s běžnou zatěžující silou ($F_r = 300\text{ N}$ síla odpovídající hmotnosti nohou, $G =$ maximální zatěžující síla na sedlo).</i>	38
<i>Obr. 23 Příklad třecího spoje</i>	39
<i>Obr. 24 Příklad kuličkového kloubu</i>	41
<i>Obr. 25 Příklad kolíkového kloubu.</i>	43
<i>Obr. 26 Sedlová část.</i>	45
<i>Obr. 27 Posuv sedla.</i>	45

<i>Obr. 28 Umístění kloubu 3</i>	46
<i>Obr. 29 Rozložený Kloub 3</i>	46
<i>Obr. 30 Spodní část brusle.</i>	47
<i>Obr. 31 Umístění pružného členu.</i>	47
<i>Obr. 32 Výškové nastavení pružného členu</i>	48
<i>Obr. 33 Schéma zatížení sledge brusle</i>	49
<i>Obr. 34 Posunutí</i>	49
<i>Obr. 35 Von Misesovo napětí</i>	50
<i>Obr. 36 Maximální napětí</i>	50
<i>Obr. 37 Rozměry sledge brusle</i>	50

SEZNAM TABULEK

<i>Tab. 1 Porovnání mechanických parametrů vybraných druhů vláken s parametry stejného, ale kompaktního materiálu.....</i>	<i>26</i>
<i>Tab. 2 Typické vlastnosti některých skleněných vláken při normální teplotě.....</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 3. Vlastnosti bórových vláken za normální teploty.....</i>	<i>27</i>
<i>Tab. 4. Vlastnosti uhlíkových vláken při normální teplotě</i>	<i>28</i>

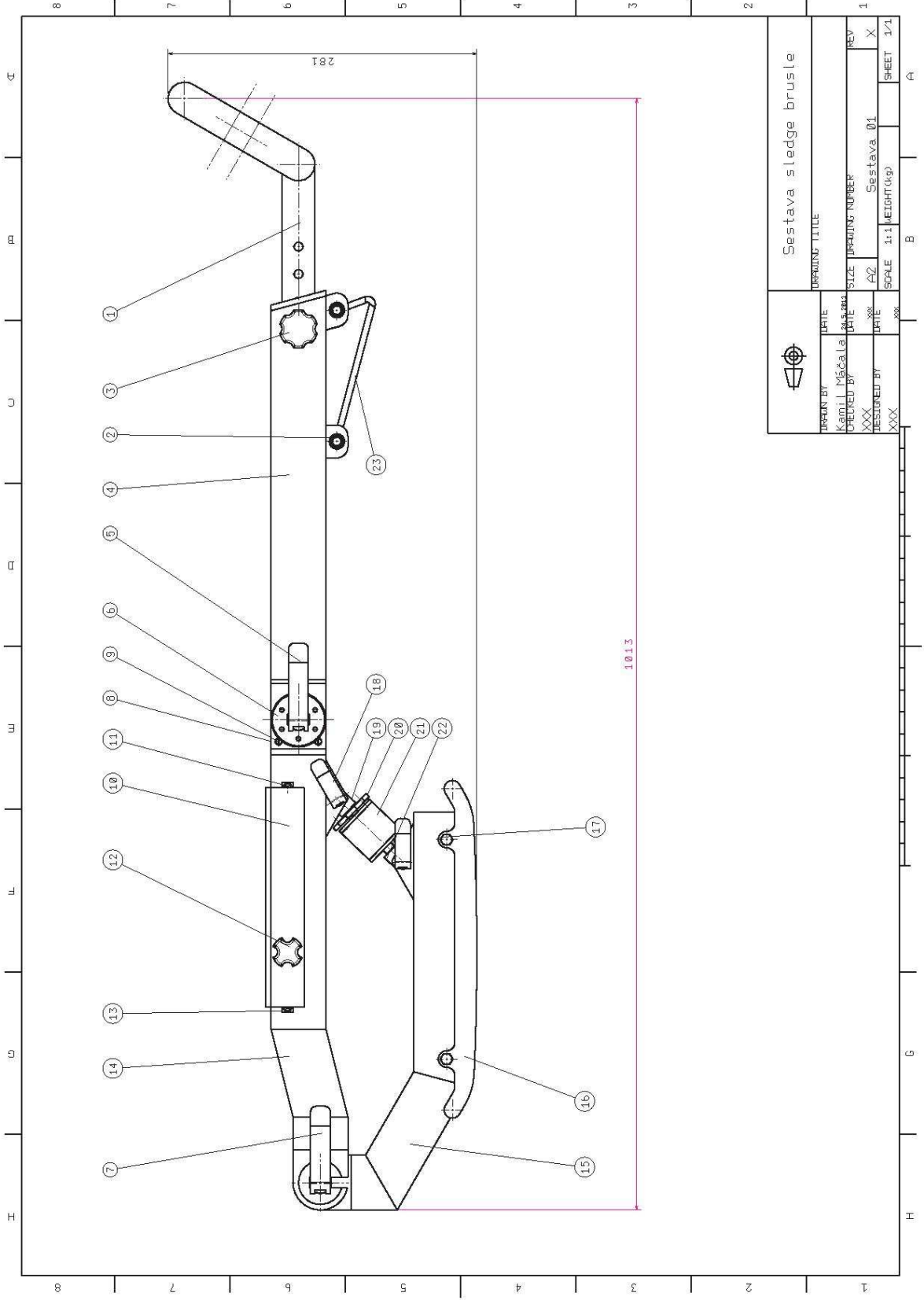
SEZNAM PŘÍLOH

PI Výkresová dokumentace

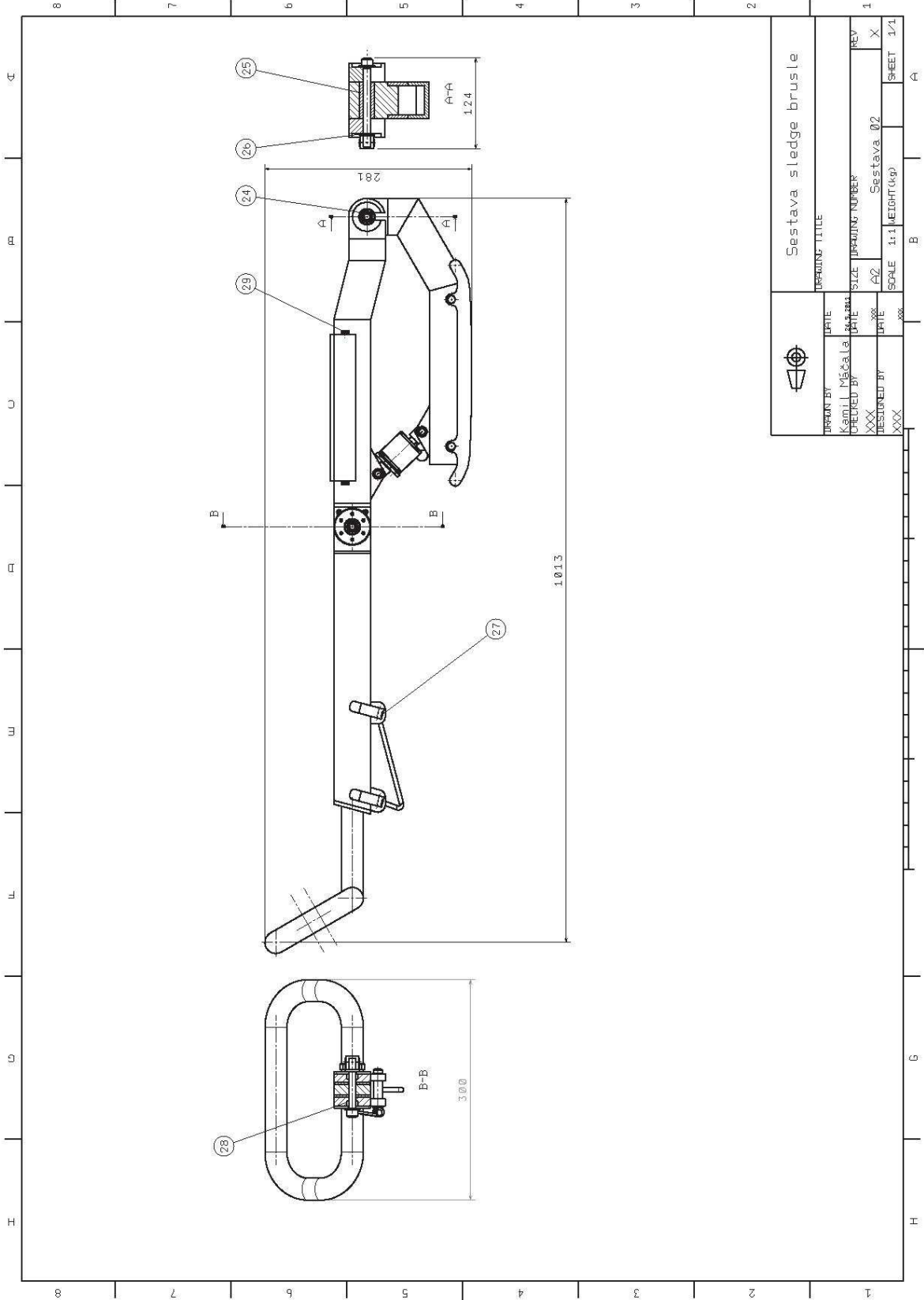
PII DVD – ROM disc


PŘÍLOHA P I: VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE

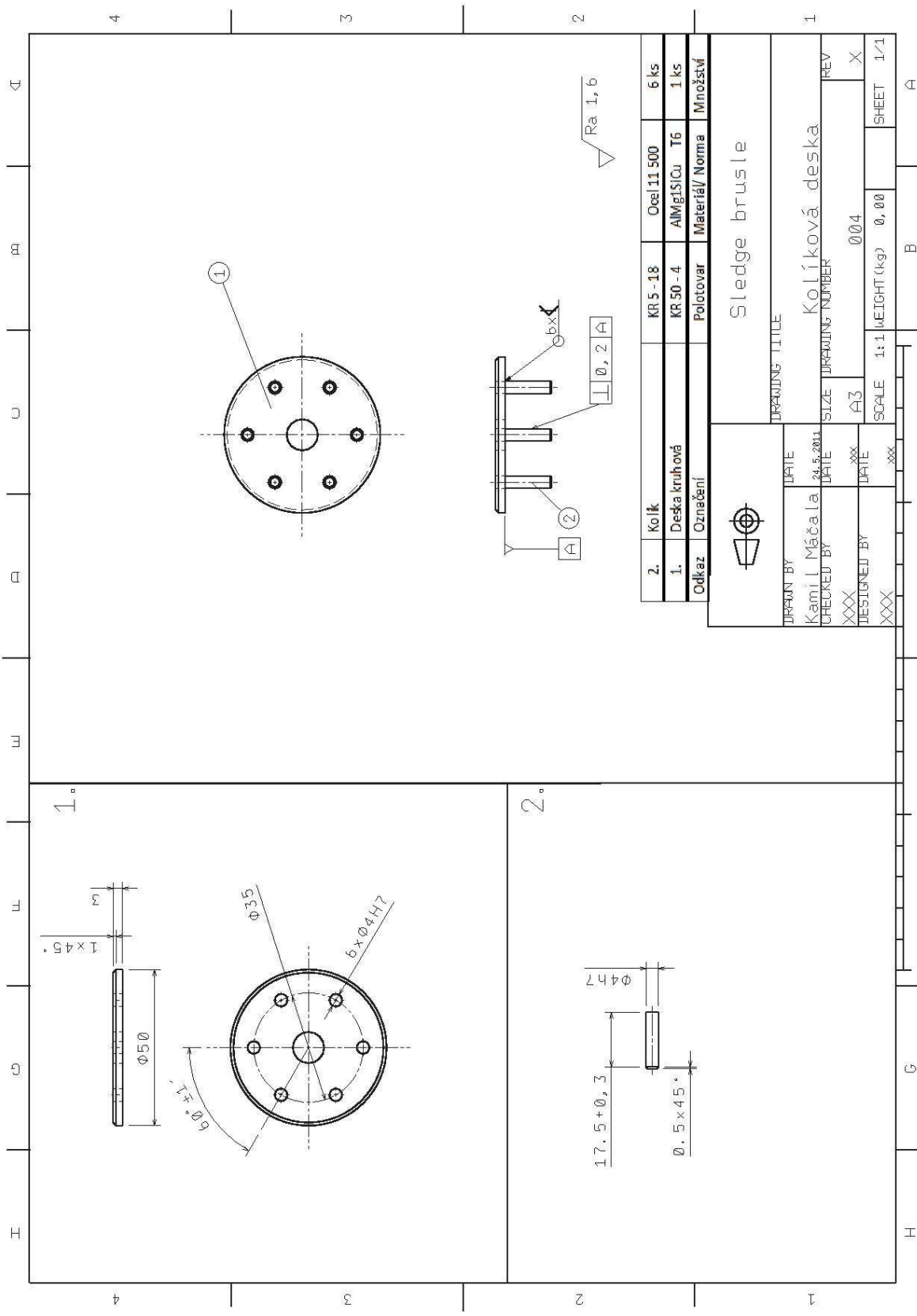
31.	Dvosložkové lepidlo				
30.	Svářecí elektrody				
29.	Posuvová část rovná	PLO 11x8 - 210	AlMg1SiCu	013	1 ks
28.	Pružina 1,5x15x10x4		Ocel 42 3018		2 ks
27.	Podložka malá	KR 15 – 2,5	Ocel 11 500	010	4 ks
26.	Podložka velká	KR 21 – 3,5	Ocel 11 500	011	2 ks
25.	Uložení zadní	TR KR 21x6 -	AlMg1SiCu	006	1 ks
24.	Matice velká	KR 22 - 12	AlMg1SiCu	009	2 ks
23.	Doraz		AlMg1SiCu	005	1 ks
22.	Matice levochodá		Ocel 11 500	017	1 ks
21.	Pružina		Pryž		1 ks
20.	Kontra matice	KR 46 - 6	AlMg1SiCu	008	1 ks
19.	Matice pravochoďá		Ocel 11 500	016	1 ks
18.	Pákový excentr krátký				4 ks
17.	Šroub M8 x 8		ČSN 02		4 ks
16.	Nůž		Ocel 17 346		2 ks
15.	Spodní část		AlMg1SiCu	001	1 ks
14.	Sedlová část		AlMg1SiCu	002	1 ks
13.	Posuvová část drážková	PLO 11x8 - 210	AlMg1SiCu	012	1 ks
12.	Šroub stavící sedlový				1 ks
11.	Šroub M4 x 6		ČSN 02 1143		6 ks
10.	Sedlová spojení	PLO 121x35 -	AlMg1SiCu	014	1 ks
9.	Šroub M4 x 6		ČSN 02 1151		4 ks
8.	Plech kolíkový	P3 – 51x53	Ocel 11 500	018	2 ks
7.	Pákový excentr velký				2 ks
6.	Deska kolíková			004	2 ks
5.	Pákový excentr malý				1 ks
4.	Přední část		AlMg1SiCu	003	1 ks
3.	Přední stavěcí šroub				1 ks
2.	Matice malá	KR 15 - 6	AlMg1SiCu	007	4 ks
1.	Trubka vnější		AlMg1SiCu	015	1 ks
Odkaz	Označení	Polotovar	Materiál/	Č. vý-	Množ-
Kamil Máčala			Sledge brusle		24.5.201



		DRAFTING TITLE Sestava sledge brusle	
DESIGNED BY XXXX	DATE XXXX	CHECKED BY XXXX	DATE XXXX
DRAWN BY XXXX	DATE XXXX	SIZE A2	DRAWING NUMBER Sestava_01
SCALE 1:1	HEIGHT (kg)	SHEET 1/1	REV X

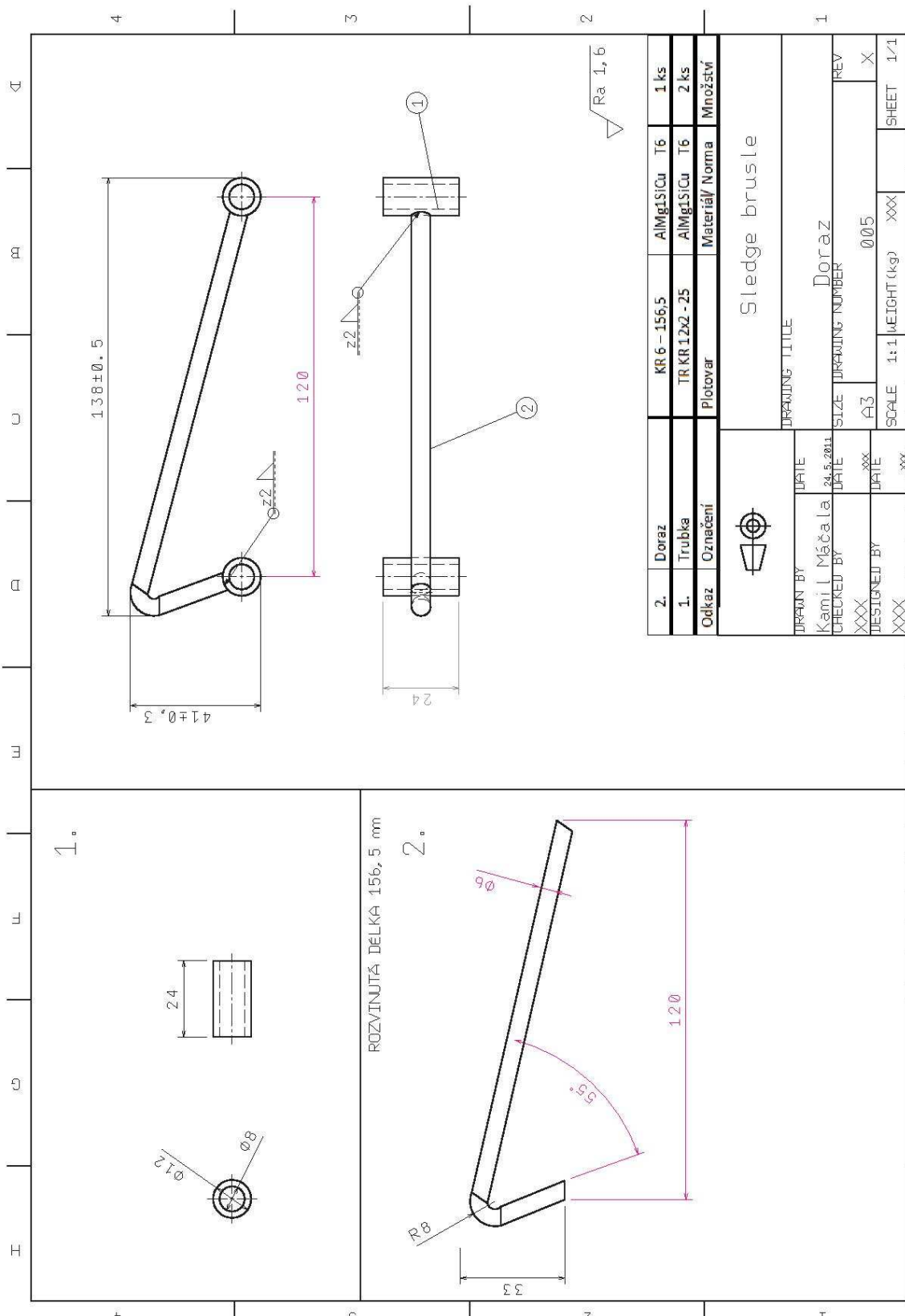


		DRAWING TITLE	
		Sestava sledge brusle	
DESIGNED BY	DATE	SCALE	SHEET
XXX	XXX	1:1	1/1
CHECKED BY	DATE	SIZE	REV
XXX	XXX	A2	X
DESIGNED BY	DATE	SCALE	SHEET
XXX	XXX	1:1	1/1

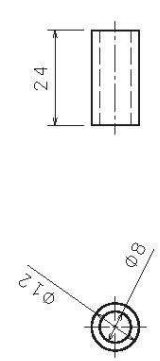


2.	Kolík	KR 5-18	Ocel 11 500	6 ks
1.	Deska kruhová	KR 50-4	AMgSiCu T6	1 ks
Odkaz	Označení	Polotovár	Materiál/ Norma	Množství

		DRAWING TITLE	
DESIGNED BY	DATE	Sledge brusle	
Kamil Mäčala	24.5.2011	Kolíková deska	
CHECKED BY	DATE	SIZE	TURNING NUMBER
XXX	XXX	A3	004
DESIGNED BY	DATE	SCALE	1:1
XXX	XXX	WEIGHT (kg)	0,00
		SHEET	1/1

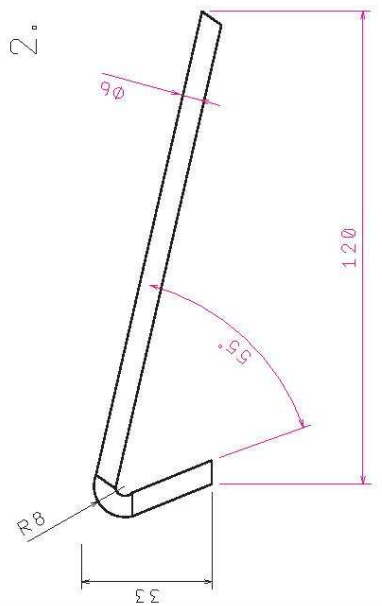


1.

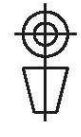
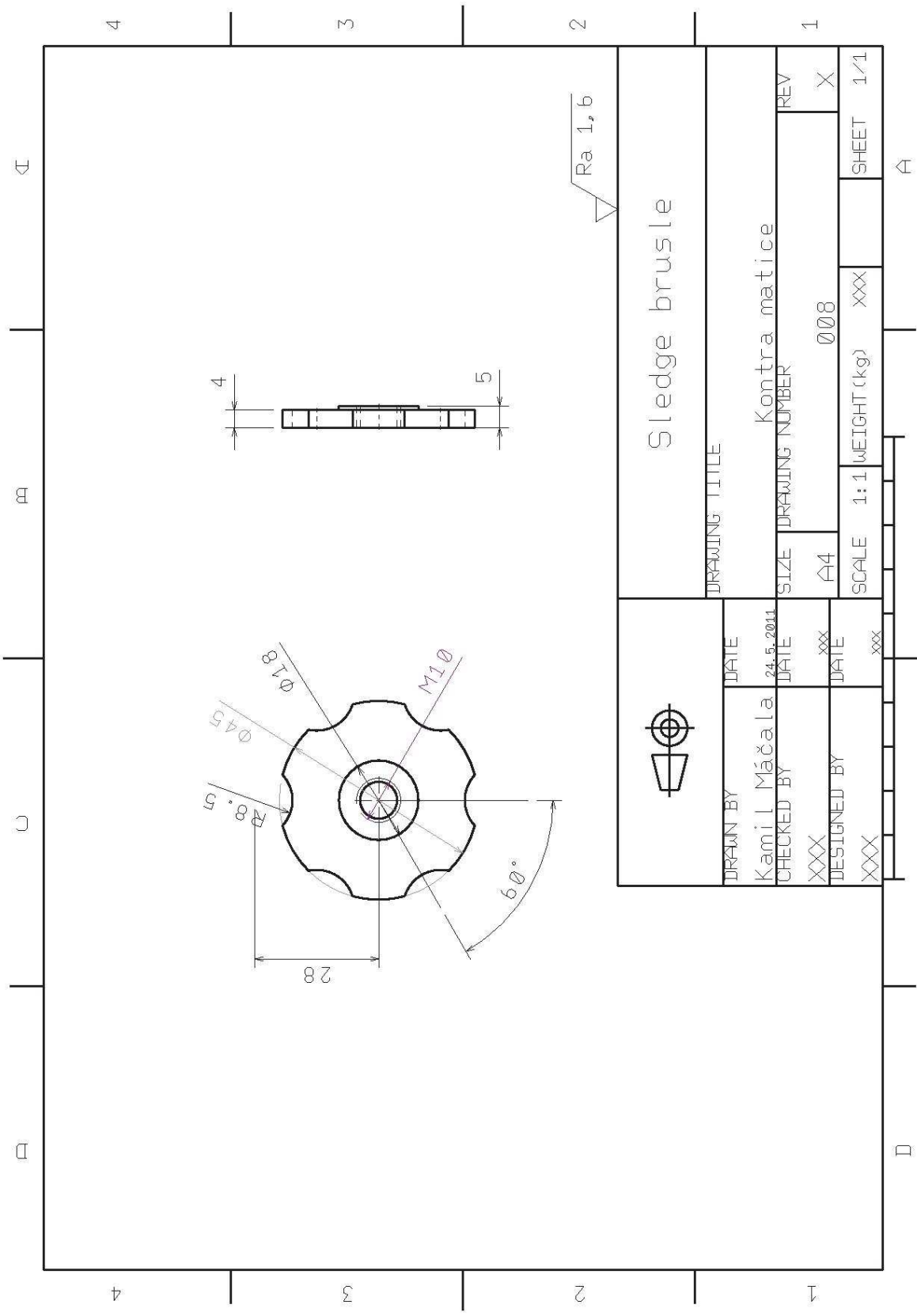


ROZVINUTÁ DELKA 156,5 mm

2.



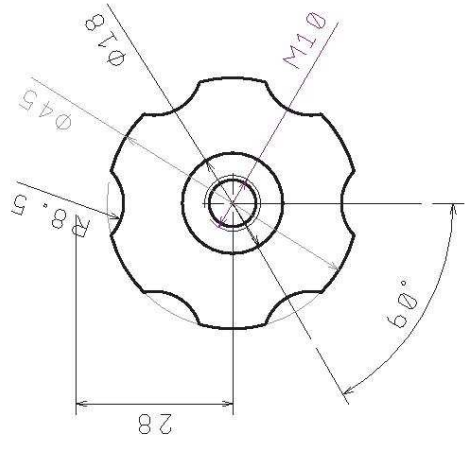
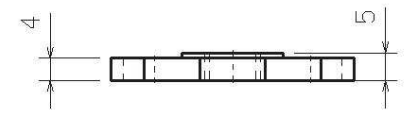
2.	Doraz	KR 6 - 156,5	AlMgSiCu T6	1 ks
1.	Trubka	TR KR 12x2 - 25	AlMgSiCu T6	2 ks
Odkaz		Označení	Plotovar	Množství
Sledge brusle				
DRAWING TITLE				
DRAWN BY		DATE	DRAWING NUMBER	
Kamil Mäčala		24.5.2011	Doraz	
CHECKED BY		DATE	SIZE	REV
XXX		XXX	A3	005
DESIGNED BY		DATE	SCALE	1:1
XXX		XXX	1:1	XXX
			WEIGHT (kg)	XXX
			SHEET	1/1

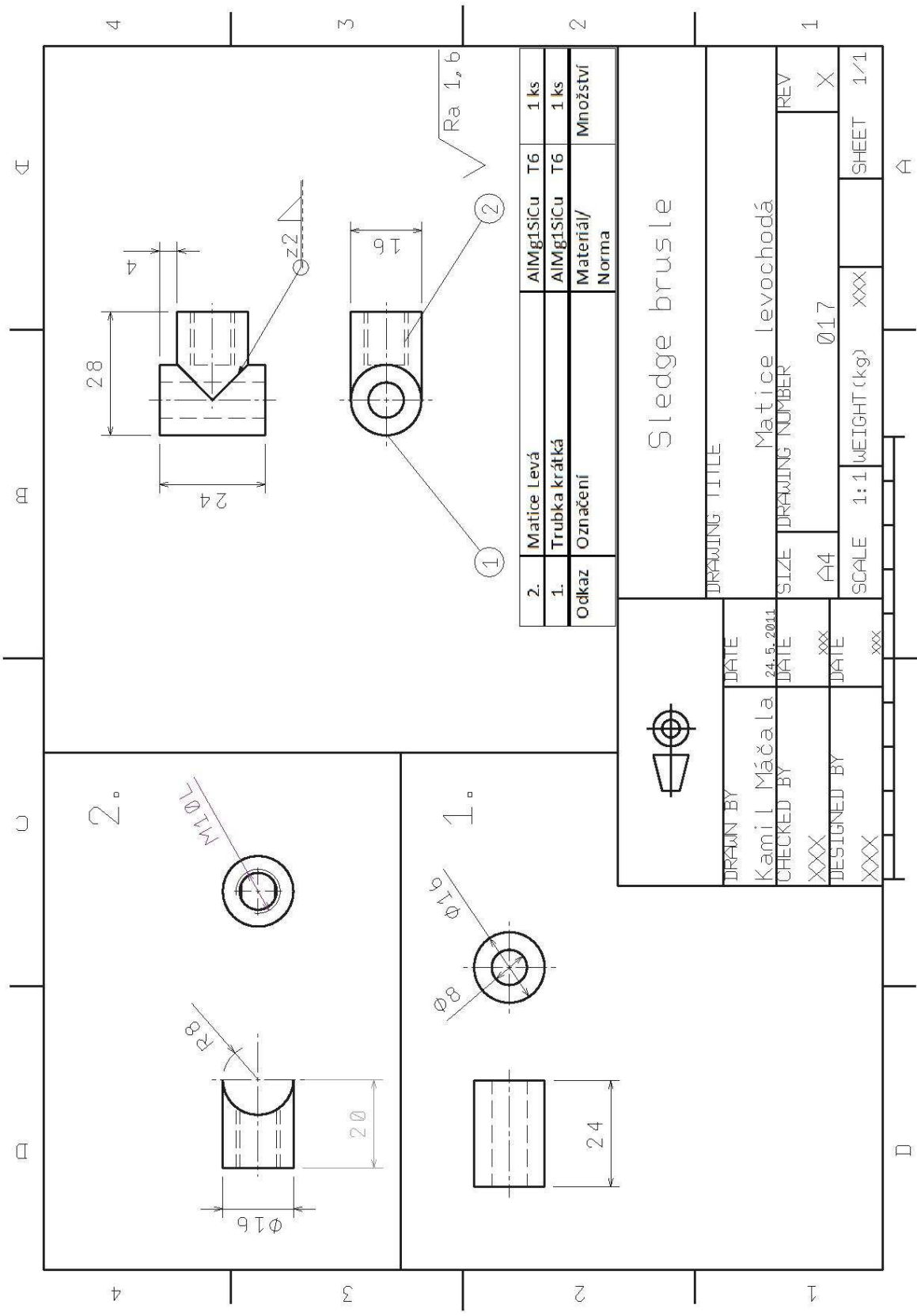


Sledge brusle

DRAWING BY		DATE		DRAWING TITLE	
Kamil Máčala		24.5.2011		Kontra matice	
CHECKED BY		DATE		SIZE	DRAWING NUMBER
XXX		XXX		A4	008
DESIGNED BY		DATE		SCALE	1:1 WEIGHT (kg)
XXX		XXX		1:1	XXX
				SHEET	1/1

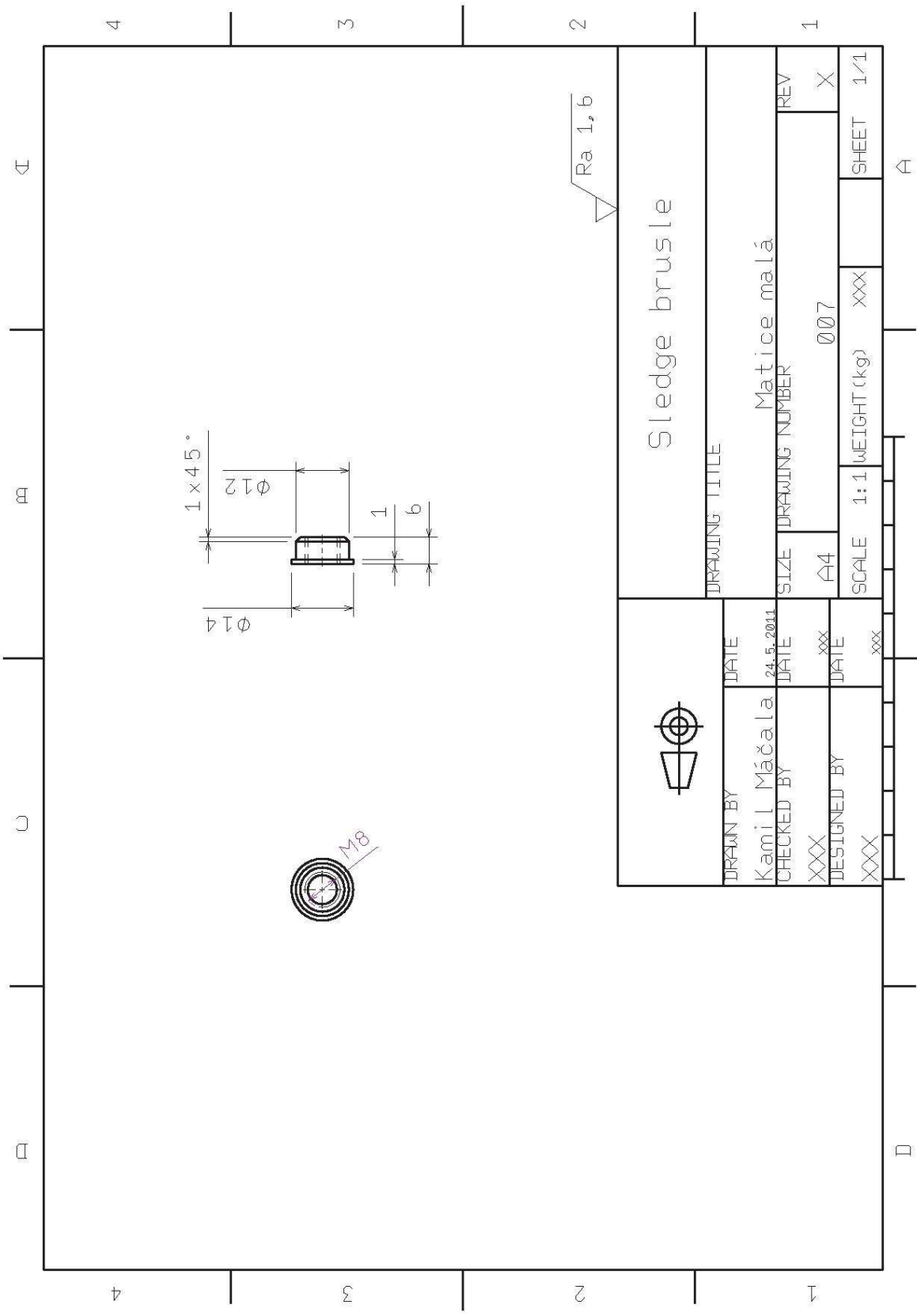
$Ra\ 1,6$





2.	Maticice Levá	AlMg1SiCu	T6	1 ks
1.	Trubka krátká	AlMg1SiCu	T6	1 ks
Odkaz	Označení	Materiál/ Norma		Množství

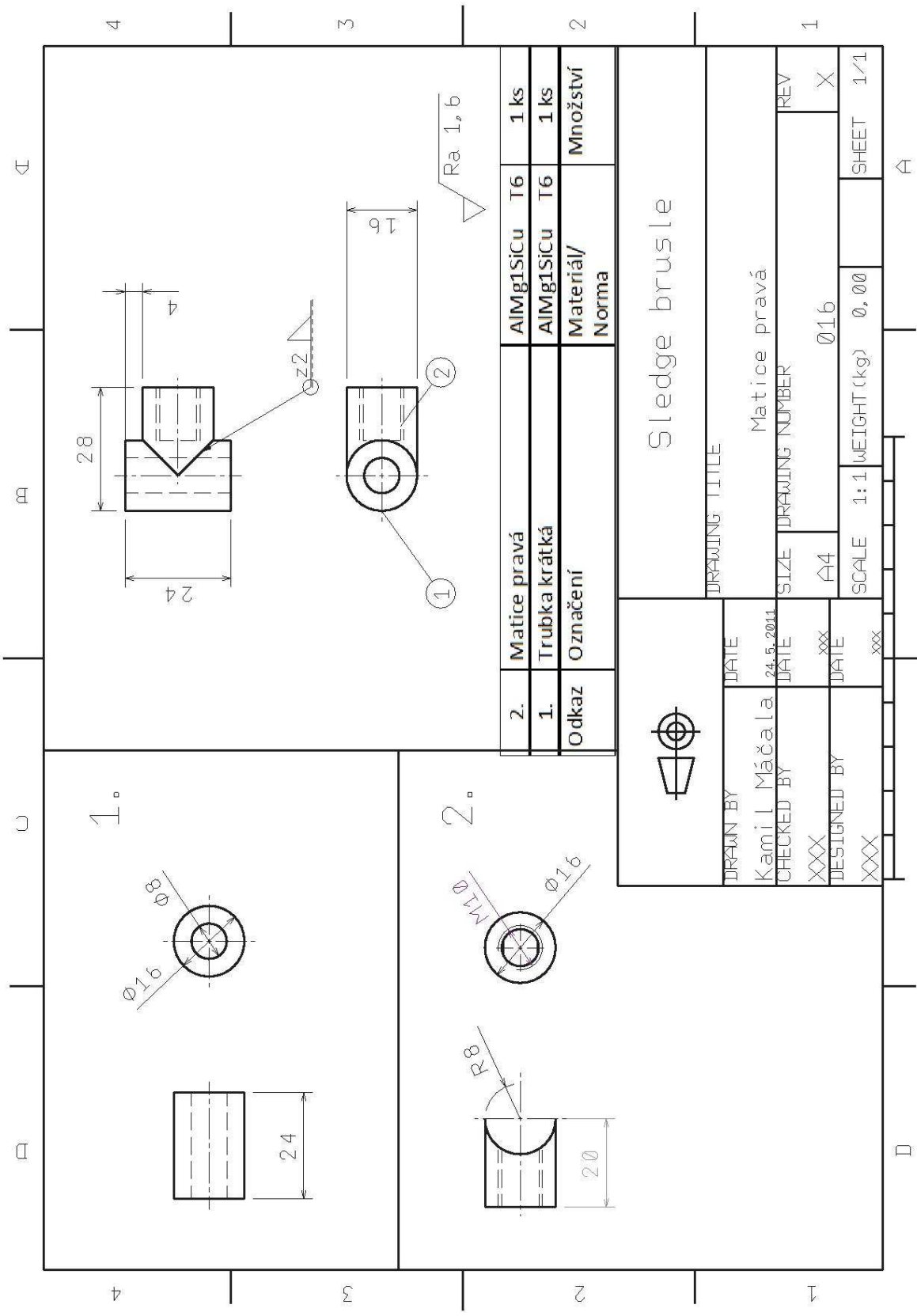
DRAWING TITLE		Sledge brusle	
DRAWN BY	DATE	SIZE	DRAWING NUMBER
Kamil Máchala	24.5.2011	A4	017
CHECKED BY	DATE	SCALE	1:1 WEIGHT (kg)
XXX	XXX	XXX	XXX
DESIGNED BY	DATE	SHEET	1/1
XXX	XXX		




Sledge brusle



DRAWING BY		DATE		DRAWING TITLE	
Kamil Máčala		24.5.2011		Matice ma Lá	
CHECKED BY		DATE		SIZE	DRAWING NUMBER
XXX		XXX		A4	007
DESIGNED BY		DATE		SCALE	1:1 WEIGHT (kg)
XXX		XXX		XXX	XXX
				SHEET	1/1

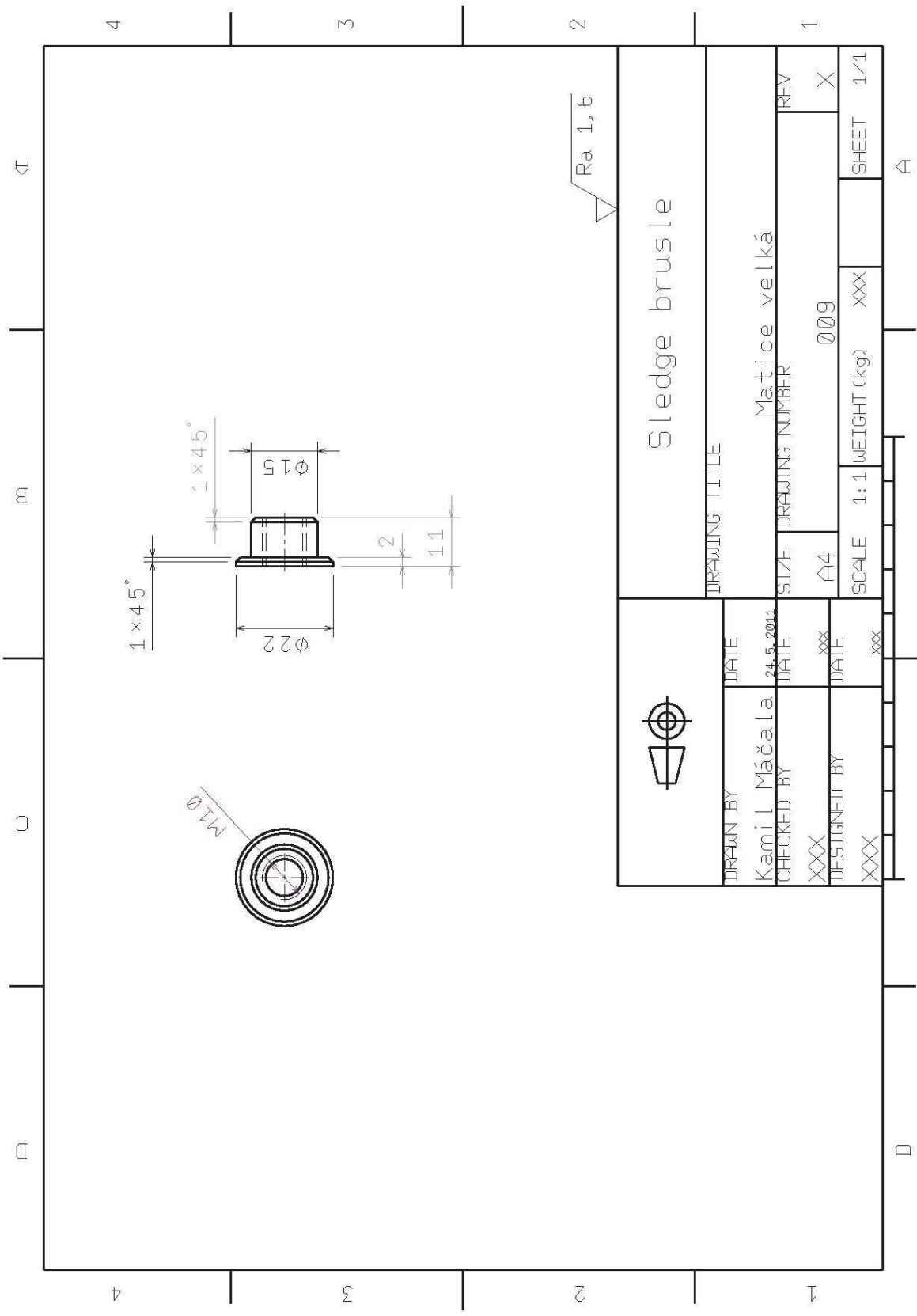


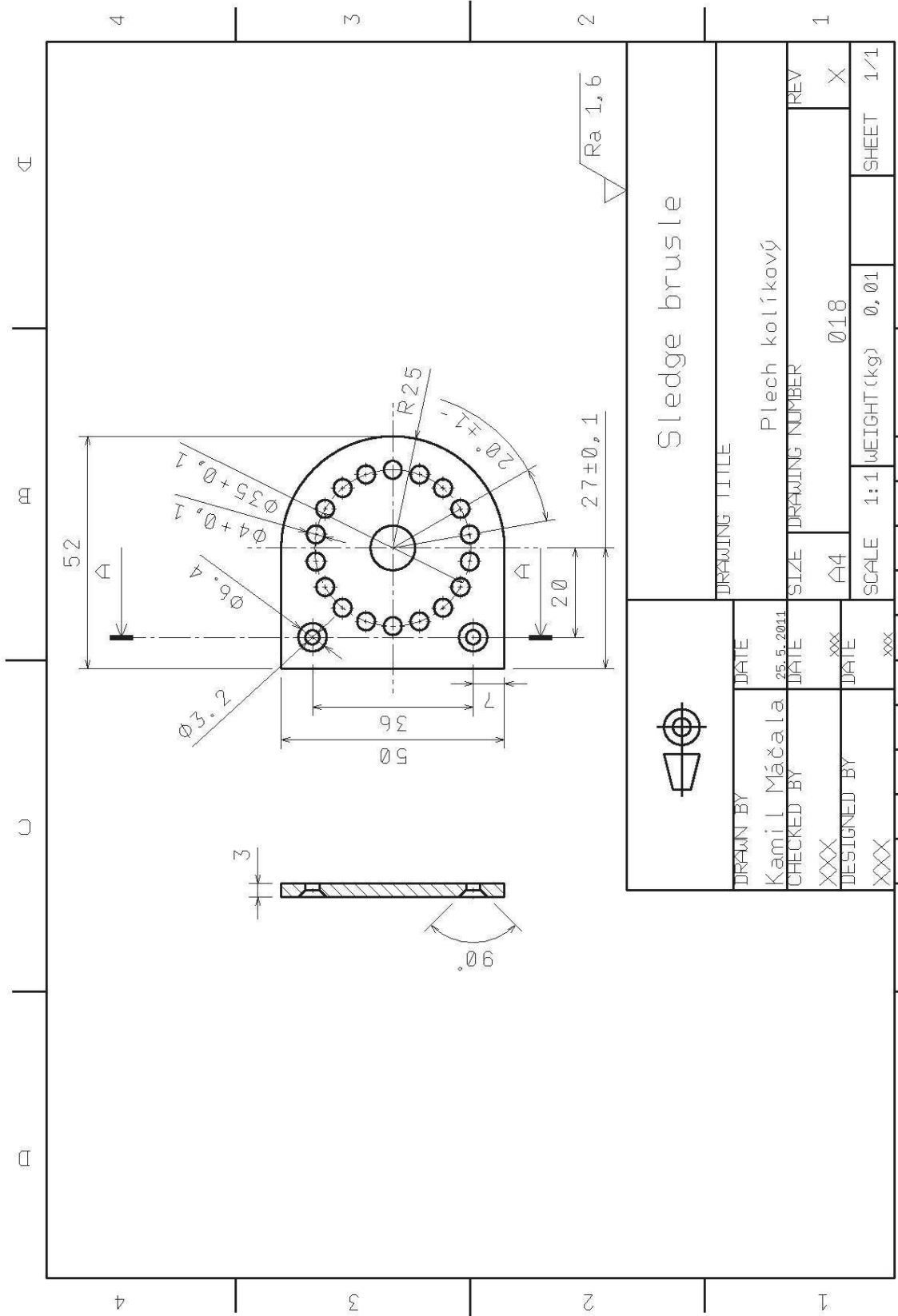
2.	Matice pravá	AlMg1SiCu T6	1 ks
1.	Trubka krátká	AlMg1SiCu T6	1 ks
Odkaz Označení		Materiál/ Norma	Množství


		DRAWING TITLE	
		Sledge brusle	
DRAWN BY	DATE	DRAWING NUMBER	
Kamil Máčala	24.5.2011	SIZE	REV
CHECKED BY	DATE	A4	X
XXX	XXX	Ø16	
DESIGNED BY	DATE	SCALE	SHEET
XXX	XXX	1:1 WEIGHT (kg) 0,00	1/1

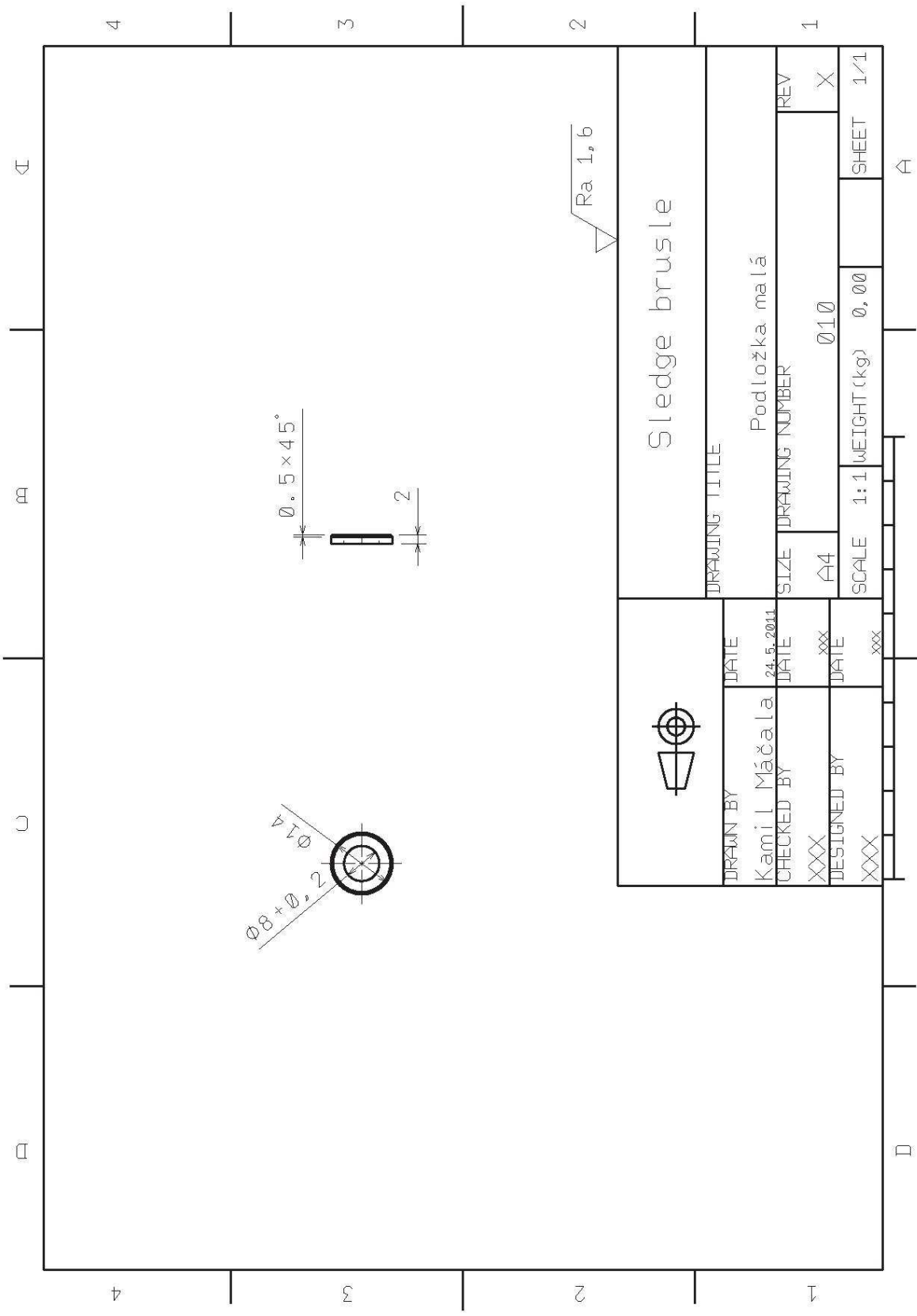
A

D





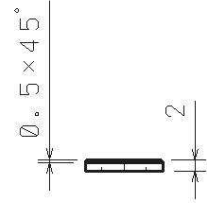
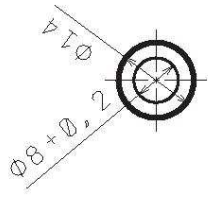
		DRAWING TITLE		SHEET 1/1	
		Sledge brusle			
DRAWN BY	DATE	DRAWING NUMBER		REV	
Kamil Máčala	25.5.2011	Plech kolíkový		X	
CHECKED BY	DATE	SIZE	SCALE 1:1 WEIGHT (kg) 0,01		
XXX	XXX	A4	Ø18		
DESIGNED BY	DATE				
XXX	XXX				



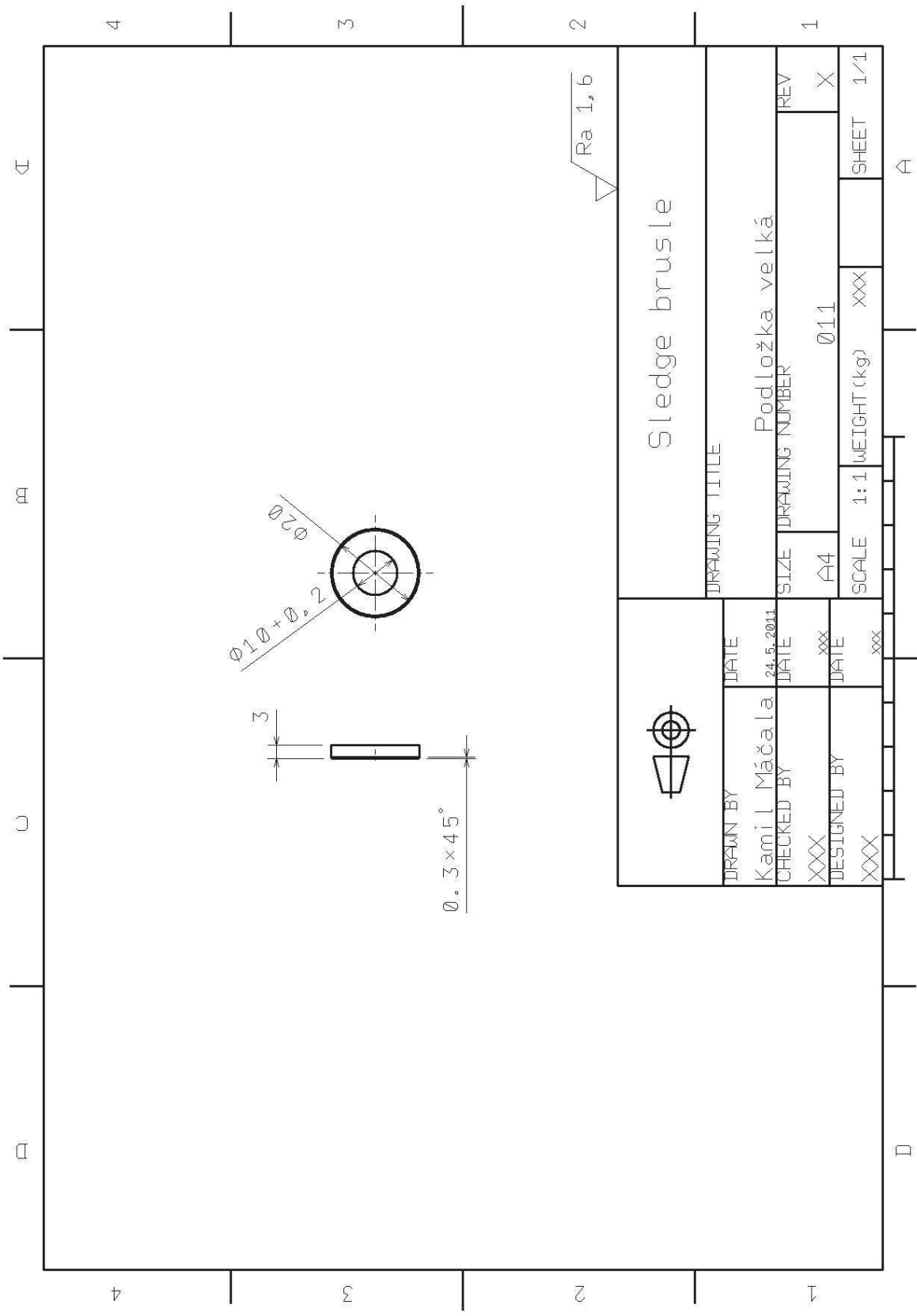
Sledge brusle


DRAWING TITLE		Podložka malá	
DRAWING NUMBER		010	
SIZE	A4	SCALE	1:1
WEIGHT (kg)	0.00	SHEET	1/1

DRAWN BY	DATE
Kamila Máčala	24.5.2011
CHECKED BY	DATE
XXX	XXX
DESIGNED BY	DATE
XXX	XXX



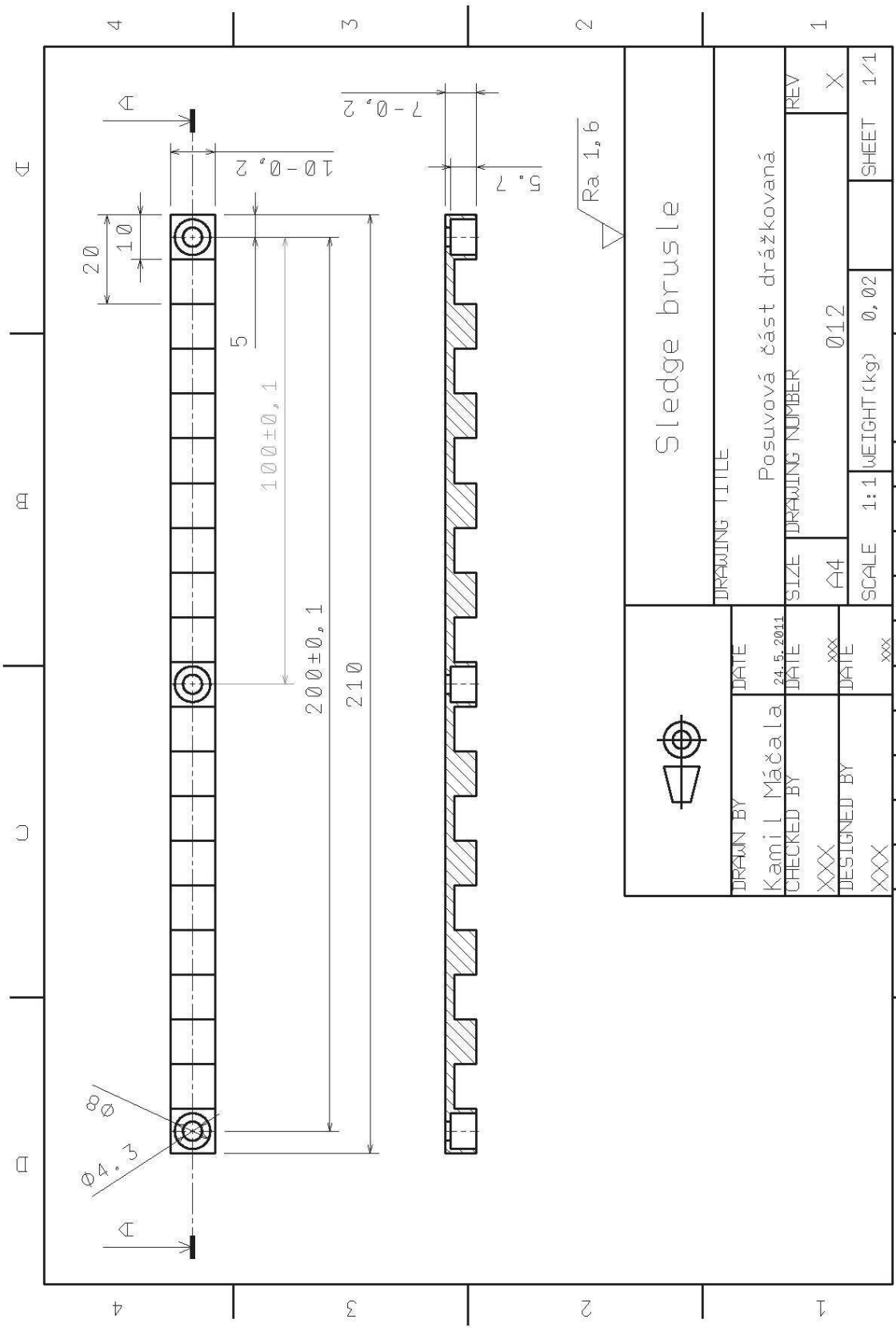
Ra 1,6



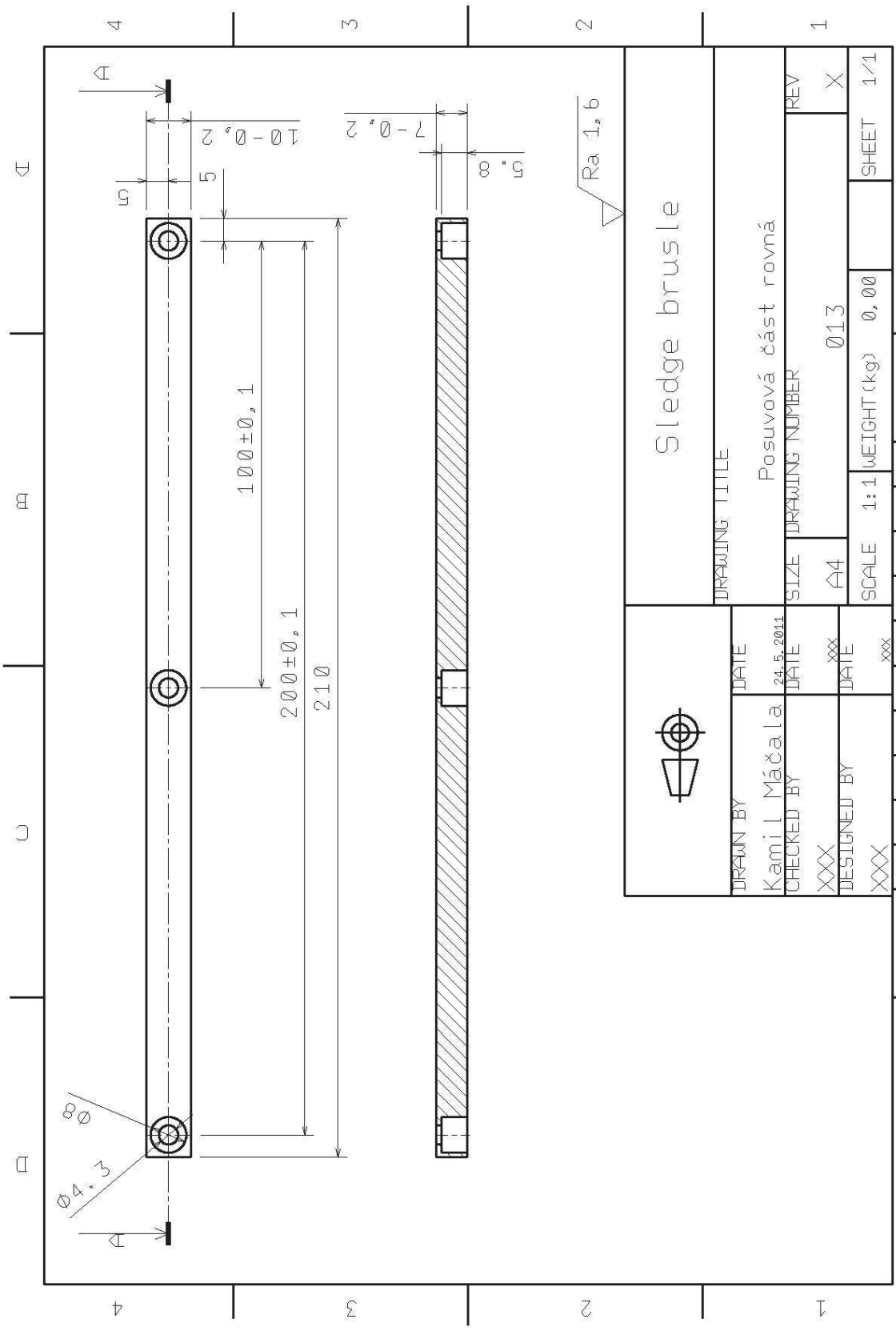
		DRAWING TITLE	
		Sledge brusle	
DRAWN BY	DATE	DRAWING NUMBER	
Kamíl Mláčala	24.5.2011	Podložka velká	
CHECKED BY	DATE	SIZE	REV
XXX	XXX	A4	X
DESIGNED BY	DATE	SCALE	
XXX	XXX	1:1 WEIGHT (kg) XXX	
		SHEET 1/1	


Á

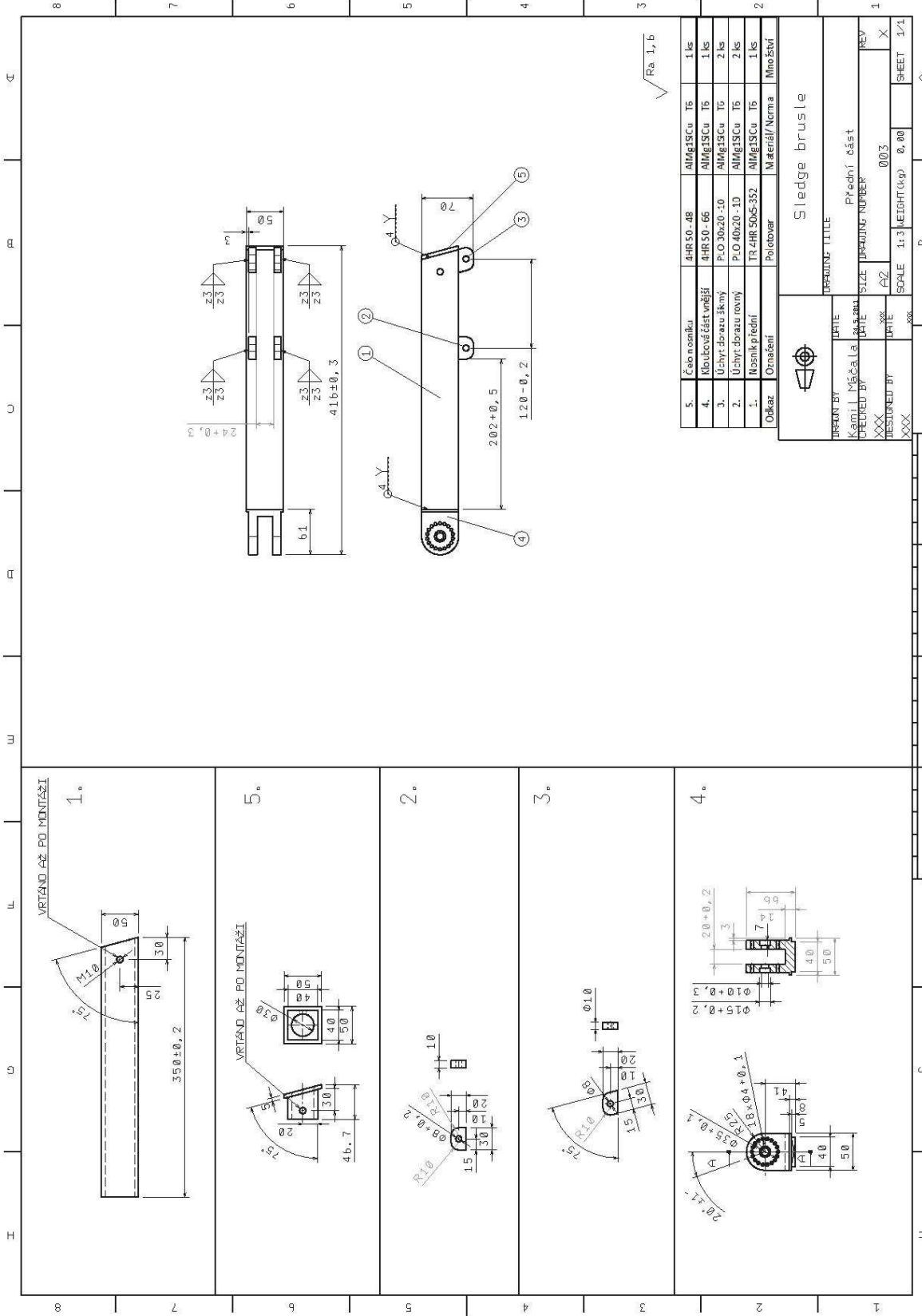
D

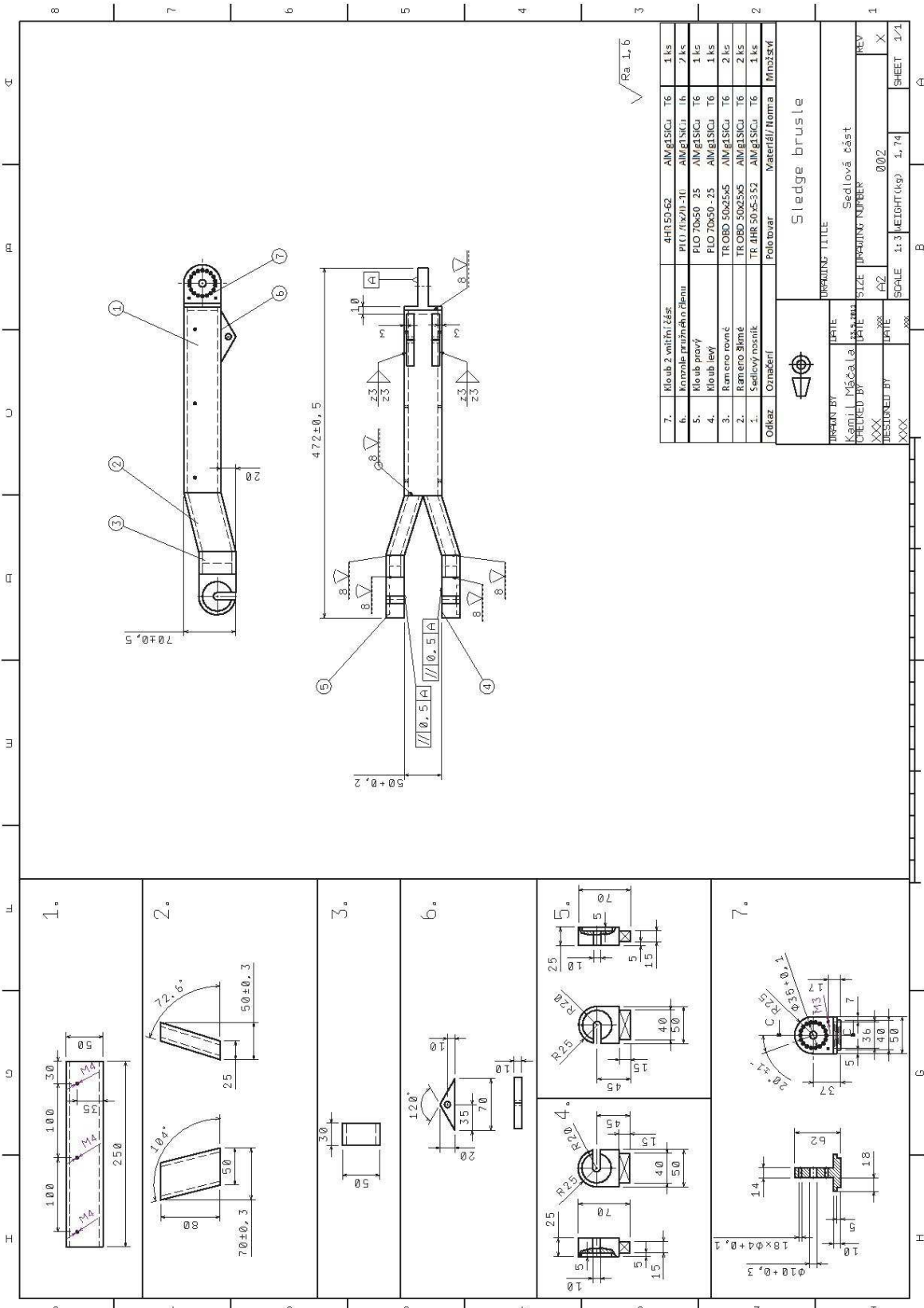


		DRAWING TITLE	
		Sledge brusle	
DRAWN BY	DATE	DRAWING NUMBER	
Kamila Máchalová	24.5.2011	Posuvová část drážkovaná	REV
CHECKED BY	DATE	SIZE	REV
XXX	XXX	A4	X
DESIGNED BY	DATE	SCALE	SHEET
XXX	XXX	1:1 WEIGHT (kg) 0,02	1/1



		DRAWING TITLE	
		Sledge brusle	
DRAWN BY	DATE	DRAWING NUMBER	
Kamil Máčala	24.5.2011	SIZE	REV
CHECKED BY	DATE	Á4	X
XXX	XXX	SCALE	SHEET
DESIGNED BY	DATE	1:1 WEIGHT (kg)	1/1
XXX	XXX	0,00	Á

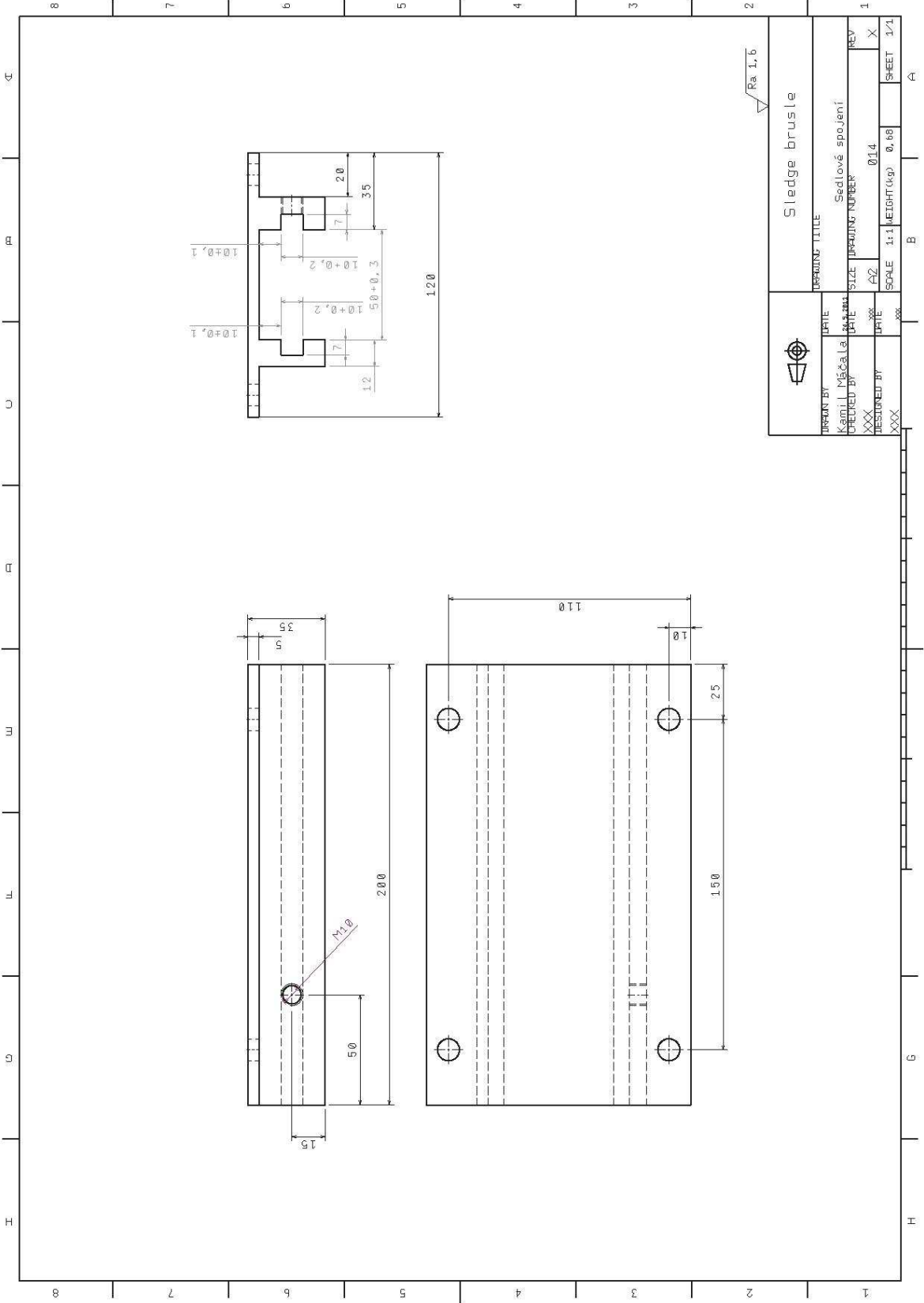




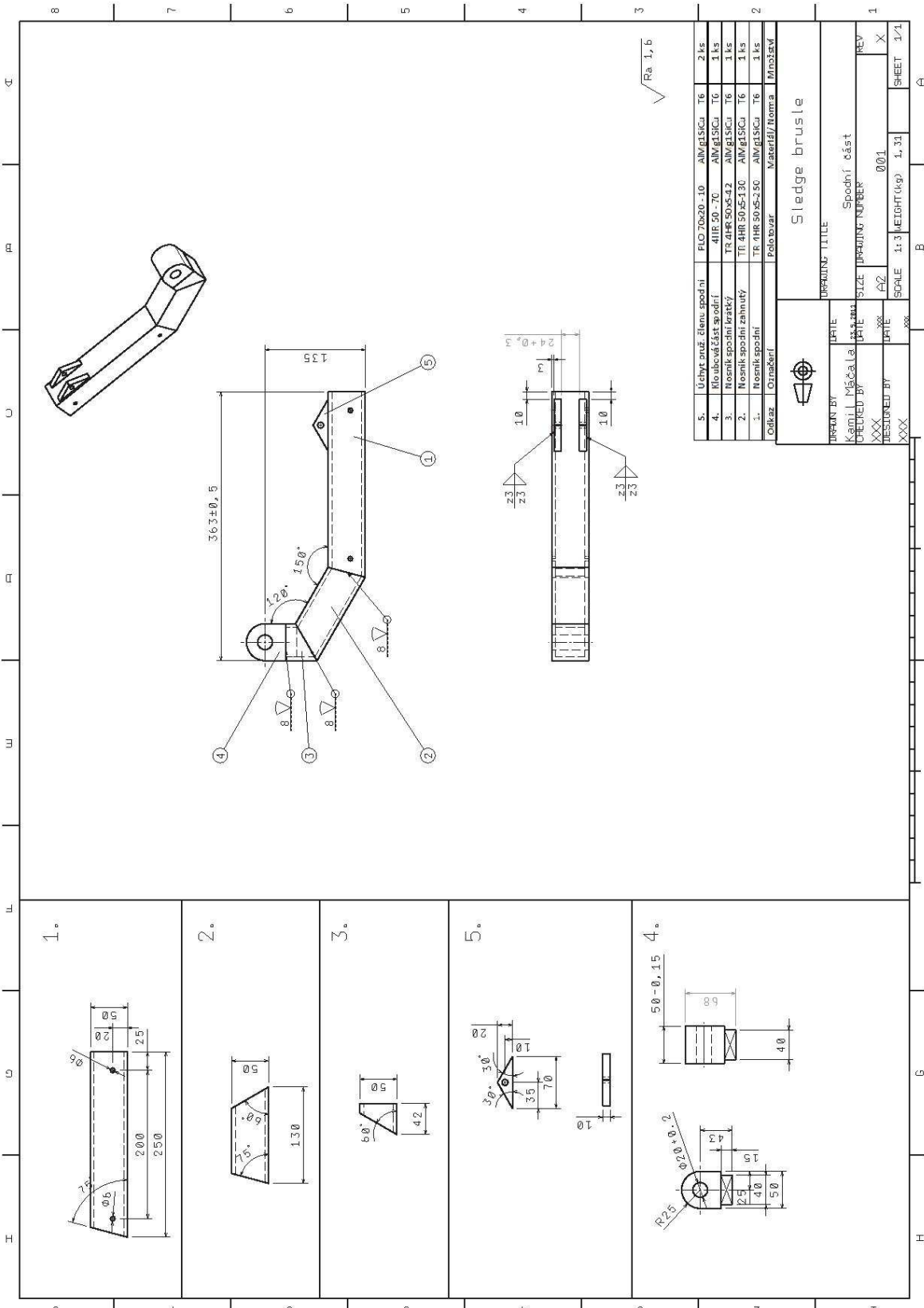
7.	Klob 2 vnější část	4HR50-62	AINg1SiCu	T6	1 ks
6.	Kapota pružného plechu	PLO 41x20-10	AINg1SiCu	I6	2 ks
5.	Klob pivový	PLO 70x50-25	AINg1SiCu	T6	1 ks
4.	Klob levý	PLO 70x50-25	AINg1SiCu	T6	1 ks
3.	Rameno rovné	TR OBD 50x25x5	AINg1SiCu	T6	2 ks
2.	Rameno šikmé	TR OBD 50x25x5	AINg1SiCu	T6	2 ks
1.	Sedlový nosník	TR 4HR 50x53x52	AINg1SiCu	T6	1 ks
Odkaz		Ornament	Materiál/ Norma	Množství	

DRAFT BY: []
 KONTROL MĚŘENÍ: []
 CHECKED BY: []
 DESIGNED BY: []
 DATE: []
 SCALE: 1:3
 SHEET: 1/1

Sledge brusle
 Sedlová část
 DRAWING NUMBER: []
 HEIGHT (up): 1,74
 SHEET: 1/1

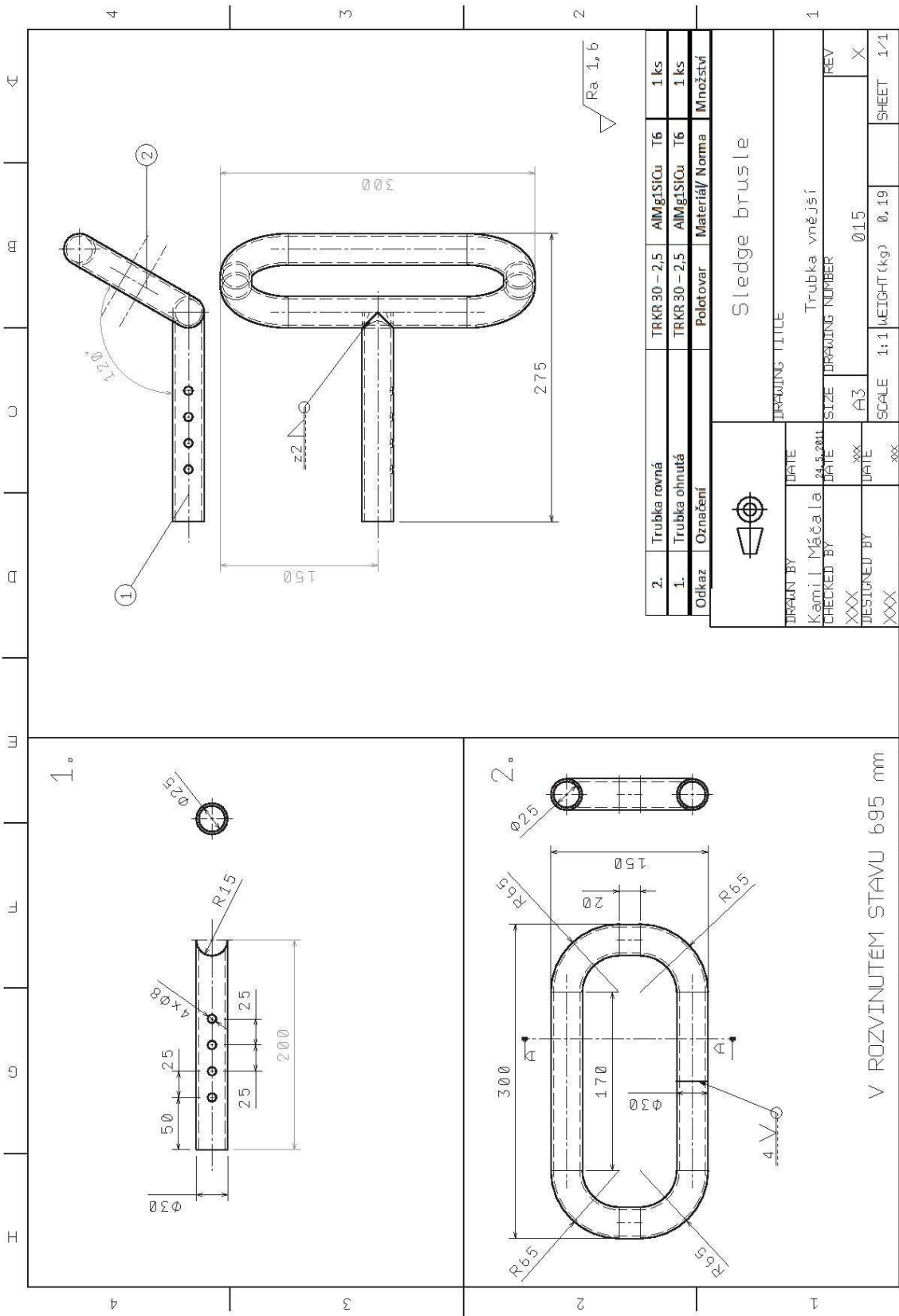



DRAFT BY Karel Měchal		DRAFTING TITLE Sledge brusle	
CHECKED BY XXX		DATE 1.12.2014	
DESIGNED BY XXX		SCALE 1:1	
DATE 1.12.2014		SHEET NUMBER 1/1	
PROJECT NUMBER 014		SHEET SIZE A2	
PROJECT NAME Sedlové spojení		SHEET SCALE 0,68	
PROJECT NUMBER 014		SHEET SCALE 1/1	
DATE 1.12.2014		SHEET SCALE 1/1	



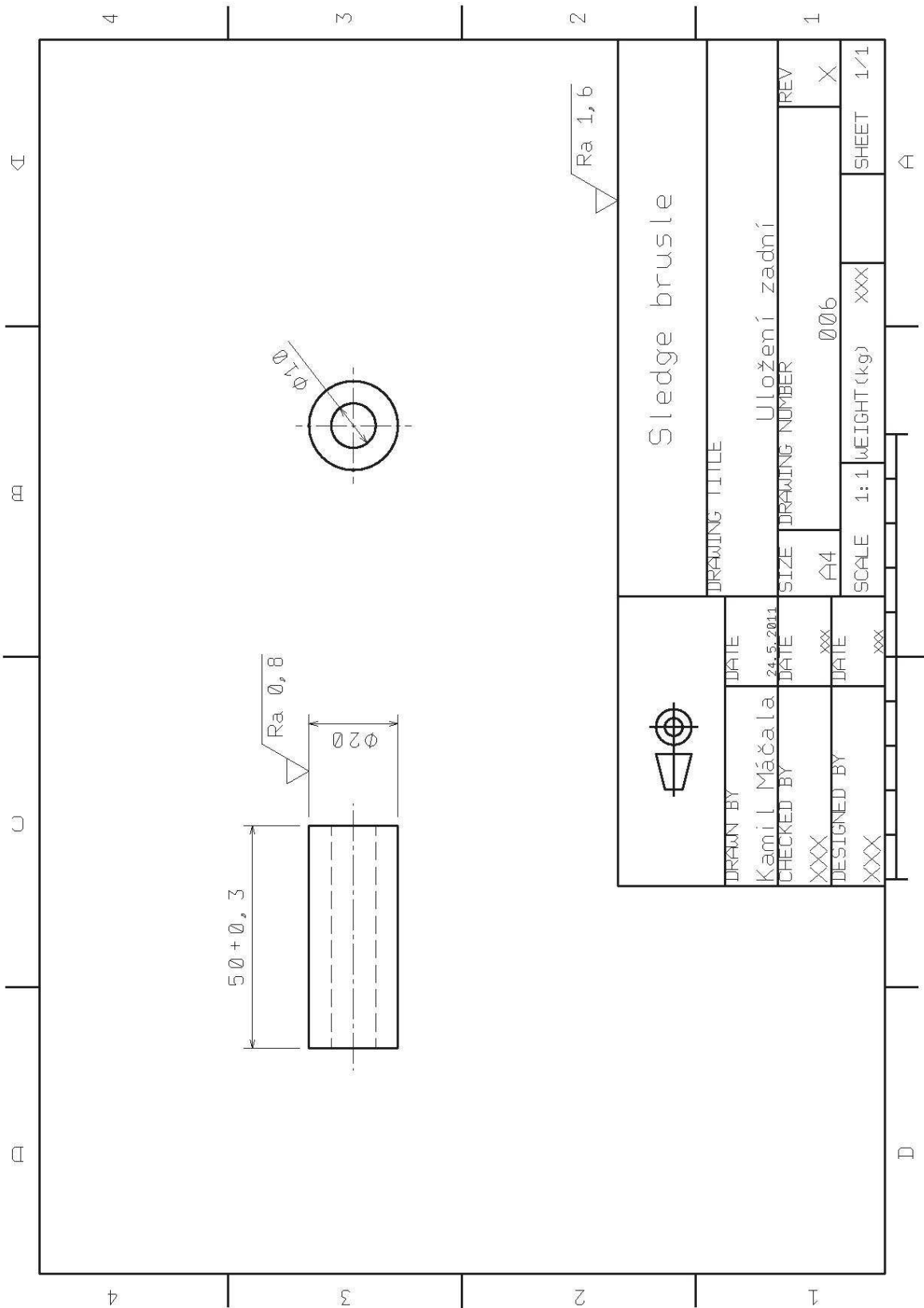
5.	Úchyt ústí člena spodní	PLO 70x20 - 10	AINV g15SCi	T6	2 ks
4.	Říbová část spodní	4HR 50 - 7C	AINV g15SCi	T6	1 ks
3.	Nosník spodní krátký	TR 4HR 50x5-42	AINV g15SCi	T6	1 ks
2.	Nosník spodní zahnutý	TR 4HR 50x5-13C	AINV g15SCi	T6	1 ks
1.	Nosník spodní	TR 4HR 50x5-25C	AINV g15SCi	T6	1 ks
	Odraz	Označení	Material/Norma	Množství	

DRAFT BY		DATE		DRAWING TITLE	
Karel Měčál	1.1.2011	Sledge brusle			
CHECKED BY		DATE		SPODNI ČÁST	
XXX	XXX	A2		DRAWING NUMBER	
DESIGNED BY		DATE		SCALE	
XXX	XXX	1.1.2011		1:1	
		SCALE		HEIGHT (kg)	
		1:1		1, 31	
		SCALE		SHEET	
		1:1		1/1	



2.	Trubka rovná	TRKR 30-2,5	AMgSiCu	T6	1 ks
1.	Trubka ohnutá	TRKR 30-2,5	AMgSiCu	T6	1 ks
Odkaz		Polotovary	Materiál/ Norma	Množství	
 Sledge brusle					
DRAWING TITLE					
DRAWN BY	DATE	Trubka vnější			
Kamil Máčala	24.5.2011	REV			
CHECKED BY	DATE	SIZE	DRAWING NUMBER		
XXX	XXX	A3	Ø15		
DESIGNED BY	DATE	SCALE	1:1	WEIGHT (kg)	0,19
XXX	XXX			SHEET	1/1

V ROZVINUTÉM STAVU 695 mm



Sledge brusle

DRAWN BY	DATE	DRAWING TITLE	
Kami L Máčala	24.5.2011	Uložení zadní	
CHECKED BY	DATE	SIZE	DRAWING NUMBER
XXX	XXX	A4	006
DESIGNED BY	DATE	SCALE	1:1 WEIGHT (kg)
XXX	XXX	1:1	XXX
		SHEET	1/1

D

A