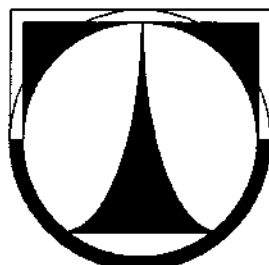


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ



**ULOŽENÍ PŘÍSTROJŮ VE VOZIDLE PŘI MĚŘENÍ EMISÍ
BĚHEM JÍZDY**

Bakalářská práce

Ondřej Kohl

2009

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ
Katedra vozidel a motorů



Obor
B2341 Strojírenství

Zaměření
2301R022 Stroje a zařízení
Dopravní stroje a zařízení

**ULOŽENÍ PŘÍSTROJŮ VE VOZIDLE PŘI MĚŘENÍ EMISÍ
BĚHEM JÍZDY**

MOUNTING APPARATUS IN VEHICLEs for EXHAUST-EMISSION MEASUREMENT
DURING RIDE

Bakalářská práce

KVM – BP – 174
Ondřej Kohl

Vedoucí diplomové práce: Dr. Ing. Elias Tomeh
Konzultant diplomové práce: MSc Michal Vojtíšek – Lom

Počet stran: 57
Počet obrázků: 67
Počet příloh: 1
Počet výkresů: 55

2009

Misto pro vložení originálního zadání BP

ULOŽENÍ PŘÍSTROJŮ VE VOZIDLE PŘI MĚŘENÍ EMISÍ BĚHEM JÍZDY

Anotace

Tato bakalářská práce seznamuje čtenáře s principy a funkcí analyzátorů výfukových plynů, které se používají v laboratořích. Pro účely katedry vozidel a motorů TUL bylo navrženo a vyrobeno zařízení, které umožňuje používat tyto většinou choulostivé analyzátory při měření za provozu přímo v zavazadlovém prostoru vozidla. V této práci je popsán celý postup návrhu uložení, včetně požadavků analyzátorů. Práce je doplněna řadou obrázků, grafů a kompletní výkresové dokumentace.

Klíčová slova: Analyzátor, uložení

MOUNTING APPARATUS IN VEHICLEs for EXHAUST- EMISSION MEASUREMENT DURING RIDE

Annotation

This baccalaureate work acquaints readers with the principles and function of non - condensing gas analyzers that are used in the laboratories. For the purposes of Vehicles and Motors Department at TUL arrangements were designed and made that make it possible to use these mostly delicate analyzers at (metering) measuring in the working conditions of (right in) vehicles. In this work, the entire procedure, mounting proposal, including needed analyzers is described. The work is supplemented by pictures, graphs and full graphical documentation.

Keywords: Analyzer, mounting

Prohlášení k využívání výsledků bakalářské práce

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V dne

.....
podpis

Poděkování

Děkuji Dr. Ing. Eliasu Tomehovi (TUL) za vedení, měření vibrací a cenné rady během tvorby bakalářské práce, MSc Michalovi Vojtíškovi – Lom (TUL) za konzultace týkající se požadavků na zařízení a informace o funkci analyzátorů, Prof. Ing. Lubomíru Pešíkovi, Csc. za konzultace při návrhu a výpočtu odpružení vůči vibracím, Josefu Kohlovi za rady ohledně tlumičů a za pomoc při řešení kolize pružin s konstrukcí, Ing. Martinu Vyšínovi (fa. Opticontrol – dodavatel profilů MiniTec) a Bohumilu Trachtovi při návrhu konstrukce z profilů MiniTec, Adolfu Felzmannovi (fa. Izomat, s.r.o.) za konzultaci a rady při výrobě a návrhu boxu na baterie, Ph.D. Ing. Alešovi Lufonkovi (TUL) za otestování zařízení v hydrodynamické laboratoři a Liboru Tomkovi za pomoc při záznamu vibrací.

Obsah

Obsah.....	1
Seznam symbolů a jednotek.....	2
Seznam výkresů	3
1. Úvod	6
2. Složení výfukových plynů spalovacího motoru	6
2.1 Terminologie k měření emisí.....	6
3. Laboratorní metody a přístroje pro zjišťování koncentrace plynných složek.....	7
3.1 Měření založené na principu absorpce infračerveného záření.....	7
3.2 Měření založené na principu absorpce ultrafialového záření	10
3.3 Měření s využitím chemické luminiscence	11
3.4 Měření založené na principu změny elektrické vodivosti vodíkového plamene	12
3.5 Analyzátory pracující na principu měření magnetických vlastností	14
3.6 Ostatní metody analýzy výfukových plynů	15
4. Laboratorní měření emise částic ze vznětových motorů.....	17
4.1 Přehled problematiky	17
5. Požadavky přenosných aparatur instalovaných ve zkoušeném vozidle pro měření emisí za provozu	27
6. Vibrace působící na přístroje uložené ve vozidle.....	31
7. Návrh vhodné konstrukce uložení přístrojů.....	42
8. Zkouška vibrací na zařízení v hydrodynamické laboratoři	50
9. Závěr	56
Seznam použité literatury	57

Seznam symbolů a jednotek

I	Alambertův-Beerův absorbční zákon, záření	[J]
ρ	hustota	[kg/m ³]
L	délka absorbční dráhy	[m]
ε	absorbční koeficient	[-]
Δ	Vlnová délka	[m]
h	Planckova konstanta	[J s]
ν, f	frekvence	[Hz]
c	koncentrace	[%]
N_e	efektivní výkon motoru	[kW]
M_p	hodinová spotřeba paliva	[g/h]
M_μ	molární hmotnost	[kg/mol]
M_j	hodinová produkce j-té složky	[g/h]
m_j	měrná produkce j-té složky	[g/s]
Q_{exh}	průtok spalin	[m ³ /s]
V_μ	molární objem	[m ³ /mol]
BN	Bosch Number	[-]
V	objem	[m ³]
M	hmotnost	[kg]
T	perioda	[s]

Seznam výkresů

- výkresová dokumentace je obsažena v příloze k bakalářské práci
- označování výkresů: **BP XX.YY.ZZ**
 - o **XX** – číslo sestavy
 - o **YY** – číslo podsestavy
 - o **ZZ** – číslo výrobního výkresu (u některých výkresů se jedná o označení podsestavy a výrobní výkresy jsou označeny dalším dvojčíslem)

BP 01.00.00	KOMPLET	- sestava
BP 01.03.00	SUPLE_BATERII_SESTAVA	- podsestava
BP 01.03.01	BAT_DRZ_PR	- výrobní výkres
BP 01.03.02	BAT_DRZ_SP	- výrobní výkres
BP 01.03.03	BAT_DRZ_ZD	- výrobní výkres
BP 01.03.05	DRZ_BAT_HORNI_PLECH	- výrobní výkres
BP 01.03.06	DRZ_BAT_L10X10	- výrobní výkres
BP 01.03.07	DRZ_BAT_L10X10_DRZ_BAT	- výrobní výkres
BP 01.03.08	DRZ_BAT_L20X10	- výrobní výkres
BP 01.03.09	DRZ_BAT_L20X10_POSUV	- výrobní výkres
BP 01.03.10	DRZ_BAT_L20X10_POSUV2	- výrobní výkres
BP 01.03.13	PASOVINA_BAT	- výrobní výkres
BP 01.03.14	PLECH_VYZTUZ_BAT	- výrobní výkres
BP 01.03.16	SROUB_BATERIE	- výrobní výkres
BP 01.03.17	SROUB_M6_KOMPLET	- podsestava
BP 01.03.19	SROUB_M8_ZAPUST_KOMPLET	- podsestava
BP 01.03.20	U_BAT	- výrobní výkres
BP 01.04.04	OCHRANA	- podsestava
BP 01.04.03	PROFILE19X45_609	- výrobní výkres
BP 01.05.00	PLECH_BOK-VLNOVEC	- podsestava
BP 01.06.00	PLECH_BOK_KOMPLET	- podsestava
BP 01.07.00	PLECH_VLNOVEC	- podsestava
BP 01.08.00	PLECH_ZADNI_52	- podsestava
BP 01.09.00	PLECH_ZADNI_85	- podsestava
BP 01.10.00	PLECH_ZADNI_135	- podsestava
BP 01.11.00	PLECH_ZADNI_221	- podsestava
BP 01.13.00	RAM_ANALYZATORU	- podsestava
BP 01.13.01	DESKA_VRCHNI	- výrobní výkres
BP 01.13.04	PROFILE_45X45_615	- výrobní výkres se sestavou
BP 01.13.05	PROFILE_45X90_1044_SPODNI	- výrobní výkres
BP 01.13.06	PROFILE19X45_525	- výrobní výkres
BP 01.13.07	PROFILE_45X32UL_525	- výrobní výkres
BP 01.13.08	PROFILE_45X32UL_VLNOVEC_LEVY	- výrobní výkres
BP 01.13.09	PROFILE_45X32UL_VLNOVEC_PRAVY	- výrobní výkres
BP 01.13.10	PROFILE45X45_615	- výrobní výkres
BP 01.13.11	PROFILE45X45_705_VYREZ	- výrobní výkres se sestavou
BP 01.13.12	PROFILE45X45_994_HORNI	- výrobní výkres
BP 01.13.13	PROFILE45X45_1044_SPODNI	- výrobní výkres
BP 01.13.14	PROFILE45X90_994_HORNI	- výrobní výkres
BP 01.14.00	RAM_ULOZENI_KOMPLET	- podsestava
BP 01.14.01	KOLO	- podsestava
BP 01.14.01.04	KOLO_VALECEK	- výrobní výkres
BP 01.14.03	PROFILE45X45_925	- výrobní výkres
BP 01.14.04	PROFILE45X45_1182	- výrobní výkres

BP 01.14.05	PROFILE45X90_925	- výrobní výkres
BP 01.14.09	ZAVESNY_SROUB_M8_KOMPLET1	- podsestava
BP 01.17.00	TLUMIC_ZASTAVBA	- podsestava
BP 01.17.05	SROUB_TLUMICE	- výrobní výkres
BP 01.18.00	UHELNIK_KOMPLET	- podsestava
BP 01.18.01	SROUB_S_MATICI	- podsestava
BP 01.18.02	UHELNIK	- výrobní výkres
BP 01.18.03	UHELNIK_UCHYT	- výrobní výkres
BP 01.19.00	VLNOVEC_KOMPLET_2	- podsestava
BP 01.19.04	VENTIL_TRAKTOROVY	- výrobní výkres
BP 01.20.00	KRYT_PRUZINY	- výrobní výkres se sestavou

Seznam příloh na CD

- Bakalářská práce v .pdf
- Výkresová dokumentace v .pdf
- Dokumentace k výrobě uložení a součástí uložení ve složce, která lze otevřít k prohlížení v programu Pro/Engineer Wildfire 2 a vyšším (nebo v programu, který spolupracuje s příponami .prt, .asm a .drw)
- Grafy a tabulky k určení vychylek ve formátu .xls
- Spektra zrychlení vibrací zaznamenaná měřením vibrací magnetickou sondou ve formátu .jpg

1. Úvod

Cílem této práce je vytvořit uložení pro analyzátory výfukových plynů v automobilu, které jsou běžně zabudovány v normalizovaných 19" skříních v laboratořích. Uložení musí vyhovovat požadavkům na rozměry analyzátorů, tak i rozměrům zavazadlového prostoru měřeného vozidla. Analyzátory musí být ochráněny zejména před vibracemi, které na ně působí obzvláště při převozu v nákladním prostoru univerzitního vozidla Renault Trafic, ale i v zavazadlovém prostoru měřeného vozidla. Celá konstrukce musí být upevněna ve vozidlech tak, aby v případě nebezpečné dopravní situace neutrpěla zařízení uložená v konstrukci žádné škody. Konstrukce musí umožňovat snadnou manipulaci po laboratoři a snadné vložení do převozního a měřeného vozidla.

2. Složení výfukových plynů spalovacího motoru

Při spalování uhlovodíkového paliva se vzduchem vzniká dokonalou oxidací uhlíku a vodíku obsaženého v palivu oxid uhličitý (CO_2) a voda (H_2O). Při nedokonalé oxidaci těchto prvků jsou ve spalínách přítomny oxid uhelnatý (CO) a vodík (H_2). Při použití vzduchu jako okysličovadla je vždy nejvýznamnější (co do obsahu) složkou spalín dusík (N_2). Kyslík (O_2) se objevuje ve výfukových plynech, když se celé jeho množství nespotřebuje k oxidaci paliva, protože byl v čerstvé směsi v přebytku, anebo se nevyužil z jiných důvodů. Za vysokých teplot ve spalovacím prostoru vznikají oxidací vzdušného dusíku oxidy dusíku (NO_x) sestávající zejména z oxidu dusnatého (NO) a menší množství oxidu dusičnatého (NO_2). Při velmi nepříznivých globálních, či lokálních podmínkách pro oxidaci paliva obsahují výfukové plyny nespálené uhlovodíky (HC) různého složení (co do obsahu individuálních uhlovodíků). U motorů s vnější tvorbou směsi se tato složka objevuje jako součást spalín i z důvodů úniku části čerstvé směsi přímo do výfukového traktu zkratovým vyplachováním. Za totálního nepřístupu vzduchu (uvnitř kapičky kapalného paliva) nastává při vysoké teplotě dekompozice molekul uhlovodíků, jejímž výsledkem je přítomnost pevného uhlíku (sazí) ve spalínách. S výfukovými plyny odchází z motoru též jisté (velmi malé) množství dalších (pevných) částic (vysokomolekulové produkty tepelné degradace mazacího oleje, prach, popel, částčky rzi atd.). Síra obsažená v některých uhlovodíkových palivech vytváří při spalování v motoru oxidy síry, které se následně objevují ve spalínách. Sloučeniny Pb jsou přítomny ve výfukových plynech motoru spalujícího benzín s antidetonační přísadou obsahující olovo.

Z uvedených komponent se mezi sledované škodliviny počítají CO , NO_x , HC , saze a částice (pouze u vznětových motorů).

Produkce oxidů síry a sloučenin olova je sledována nepřímo limitováním obsahu síry a olova v palivu.

2.1 Terminologie k měření emisí

Pro pojem obsah (složky ve spalínách) není zavedena jednotka a metoda měření a není tedy fyzikální veličinou. Jeho významem je kontaminace spalín příslušnou složkou. Analogicky je pojem emise používán jako zkrácený zápis s významem celkového množství složky dodaného do atmosféry z výfukového traktu motoru.

3. Laboratorní metody a přístroje pro zjišťování koncentrace plyných složek

3.1 Měření založené na principu absorpce infračerveného záření



Obr. 01. K popisu absorpce

Při průchodu elektromagnetického záření vrstvou plynu je část procházející energie pohlcena. Pro označení na Obr. 01. platí pro každou vlnovou délku Δ Lambertův-Beerův absorpční zákon (1):

$$I_{1,\Delta} = I_{0,\Delta} \cdot e^{-\varepsilon \rho L} \quad (1)$$

ρ ... hustota plynu

L ...délka absorpční dráhy

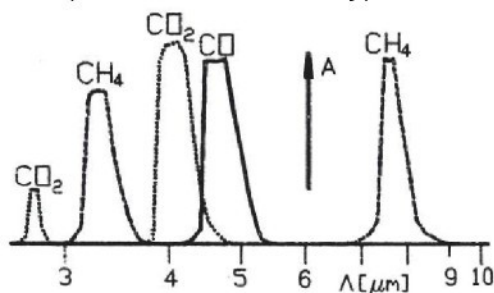
ε ...absorpční koeficient

Pro zjišťování přítomnosti individuálního plynu v analyzované směsi se využívá skutečnost, že závislost absorpčního koeficientu na vlnové délce záření je individuální vlastností plynů, které obsahují v molekule alespoň dva různé atomy.

Absorpce záření je (2):

$$A_{celková} = \int \frac{I_{0,\Delta} - I_{1,\Delta}}{I_{0,\Delta}} d\Delta = \int (1 - e^{-\varepsilon \rho L}) d\Delta \quad (2)$$

Absorpci individuálního plynu tedy určuje plocha pod křivkou $A(\Delta)$ označenou na Obr. 02. chemickým vzorcem příslušného plynu. Špičky vibračních absorpčních spekter leží v rozsahu vlnových délek (nebo frekvencí), pro které se používá označení infračervená oblast (odtud název metody).



Obr. 02. Absorpční spektra

Schéma přístroje využívajícího popsany princip je na Obr. 03. Infračervené záření emitované zářičem prochází kyvetami s okny z materiálu propustného pro příslušné vlnové délky (např. kalcit). Srovnávací kyveta je naplněna plynem, který nepohlcuje infračervené záření (např. N_2). Měřicí kyveta se proplachuje vzorkem analyzovaného plynu, takže část procházejícího záření je případně pohlcena. Rozdíl v intenzitě prošlého záření je tedy měřítkem koncentrace (všech) absorpčně aktivních plynů ve vzorku. Selektivnost přístroje se dosáhne komparátorem složeným ze dvou komor naplněných plynem, jehož koncentrace v analyzované směsi se zjišťuje. Plyn v komparátoru pak absorbuje pouze v oblasti individuálního absorpčního spektra a náplň komor se ohřívá rozdílně v závislosti na koncentraci sledované složky ve vzorku.



Obr. 03. Infraanalyzátor

Při kontinuálním osvětlování komparátoru zářením prošlým kyvetami by se teplota jeho náplně asymptoticky blížila stavu rovnováhy přívodu energie a ztrát sdílením tepla do okolí. Pro usnadnění dalšího vyhodnocení signálu se však tok záření moduluje rotující clonou (se sudým počtem křídel) takže průběh teploty komor je periodický. Amplituda rozdílu teplot je v ustáleném stavu (při stálém složení vzorku) úměrná koncentraci sledované složky. Komory jsou fyzicky odděleny membránou, která se prohýbá podle změn tlaku (úměrného při isochorickém ději teplotě) v komorách. Membrána tvoří jednu desku kondenzátoru (druhou deskou je paralelně natažená síťka), jehož kapacita se využívá v dalších elektronických obvodech pro zpracování signálu.

Protože selektivita přístroje není dosažena "klasickými" metodami (monochromatickým zdrojem záření, nebo filtry), nazývá se popsany přístroj bezdisperzní infraanalyzátor (**NDIRA Non Dispersive Infrared Analyser**, někdy pouze **NDIR** jako označení metody).

Selektivita metody není ovlivněna existencí více špiček v absorpčním spektru jedné komponenty (protože ty se uplatní v měřicí kyvetě i v komparátoru stejně). Na závadu je však překrývání (byť jenom dílčí) špiček různých komponent. Ohřev komor komparátoru naplněného CO bude ovlivněn případnou přítomností CO_2 v analyzovaném plynu (viz Obr. 02). Chyba může být významná, když koncentrace rušivé složky je výrazně vyšší než sledované (např.: při spalování benzínu v zážehovém motoru je za řízením katalyzátorem koncentrace CO řádu setin %, koncentrace CO_2 je cca 15%). Odstranění tohoto problému je možné umístěním kyvety naplněné potenciálně rušivou komponentou, (která odfiltruje obor vlnových délek, kde hrozí interference) do obou paralelních drah paprsku - Obr. 04.

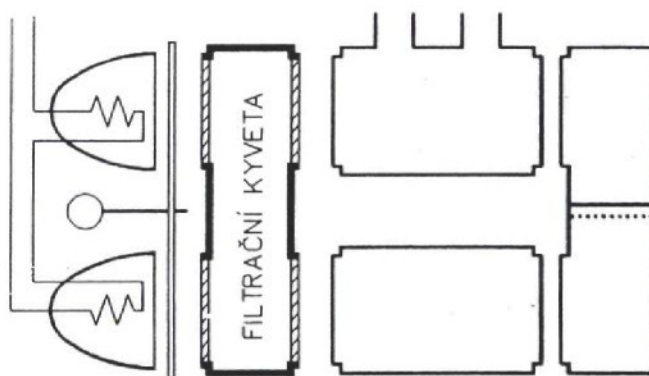
Jinou metodou pro kompenzaci příčné citlivosti (Cross Response, Querempfindlichkeit) je použití zvláštních přístrojů na zjištění koncentrace všech složek jejichž absorpční spektra se významně překrývají a následné vyloučení chyby se měří elektronickým zpracováním výstupních signálů.

Velmi účinnou metodou pro potlačení příčné citlivosti je uspořádání komparátoru NDIRA s komorami (rozdílné délky) umístěnými v dráze paprsku za sebou. Takové uspořádání je u dnes vyráběných analyzátorů standardem, vyobrazení na Obr. 03. má funkci názorné ilustrace. Infraanalyzátoři se sériově řazenými komorami komparátoru používají rotující clonku s lichým počtem křídel.

NDIRA se používá pro měření koncentrace oxidu uhelnatého a oxidu uhličitého jako standardní metoda. Jeho použití pro stanovení koncentrace nespálených uhlovodíků je spojeno s jistými komplikacemi. Vhodné je použití pro měření obsahu CH_4 ve výfukových plynech motoru spalujícího palivo s vysokým obsahem metanu. Zde tvoří 85 ÷ 95 % z množství emitovaných uhlovodíků metan a při zajištění přiměřené selektivity (odfiltrování vlivu rušivých složek) lze očekávat dosažení použitelného výsledku. Snaha o zjištění celkové koncentrace nespálených uhlovodíků při jejich neznámém složení (co do obsahu individuálních uhlovodíků) narazí na problém určení vhodné plynné náplně komparátoru a případné filtrační kyvety. V každém případě je odezva přístroje definována uplatněním okolností, které jsou popsány v předchozím popisu metody NDIR. Odezva je tedy náhodná jak z hlediska celkové zdravotní závadnosti (protože není žádný důvod předpokládat vyšší absorpční aktivitu škodlivějších složek), tak z hlediska použití výsledku analýzy spalní pro výpočty postavené na bázi hmotové bilance složek ve spalínách (protože není zajištěno, že uhlovodíky s vyšším obsahem např. uhlíku vykážou příslušně silnější odezvu). Nicméně lze vycházet z předpokladu jisté podobnosti složení nespálených uhlovodíků emitovaných navzájem podobnými zdroji a používat metodu NDIR pro rychlou kontrolu produkce HC ze stejných typů motorů (např. všech zážehových motorů používajících jako palivo benzín).

Provedení přístrojů jednotlivých výrobců se v detailech liší. Na trhu jsou i přístroje s několika nezávislými měřicími systémy vestavěnými do společné skříně a využívajícími jednu číslicovou zobrazovací jednotku s přepínačem.

Přesnost přístroje (měřicí rozsah) je závislá zejména na délce kyvety. Protože se nevyrábí přístroje s přestavitelnou délkou kyvet, poměr největšího a nejmenšího rozsahu (měnitelný tedy jenom změnou zesílení při elektronickém zpracování signálu komparátoru) je cca 1: 10. Pro obsáhnutí všech možných koncentrací CO ve spalínách v rozmezí od setin procenta (vznětový motor, nebo zážehový motor spalující chudou směs, nebo s katalyzátorem) do jednotek procent (zážehový motor spalující bohatou směs) se tedy zpravidla nevystačí s jedním přístrojem.



Obr. 04. NDIRA s filtrační kyvetou

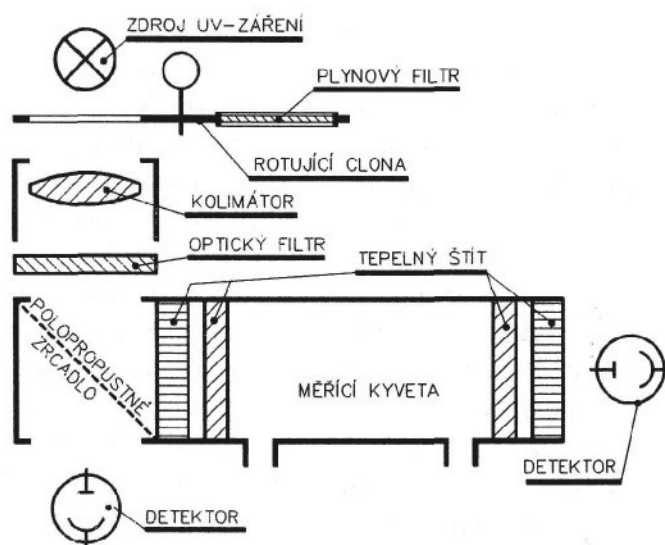
Kromě součástí, znázorněných na Obr. 03., resp. na Obr. 04. obsahuje pneumatická část analyzátoru komponenty, zajišťující přiměřený tlak vzorku a jeho průtok měřicí kyvetou. Obsluha zpravidla nastavuje pomocí vnějších odměřovacích

orgánů a vnějšího průtokoměru průtok vzorku do rozmezí předepisovaného výrobcem přístroje.

Infraanalyzátor je nejjednodušší (a nejlevnější) typ analyzátoru s vlastnostmi opravňujícím k nasazení ve výzkumu a vývoji. Při vlastním měření se nevyžaduje dodávka dalších provozních látek.

3.2 Měření založené na principu absorpce ultrafialového záření

Obdobně jako infraanalyzátor patří do skupiny optických analyzátorů přístroje využívající absorpci ultrafialového záření.



Obr. 05. Analyzátor využívající absorpci ultrafialového záření

Jako zářič se u fotometru podle Obr. 05. používá plynová výbojka s dutou katodou. Ultrafialové záření je časově modulováno rotující clonou a místně rozděleno polopropustným zrcadlem (děličem). Část záření prochází měřicí kyvetou, tam dochází k jeho částečnému pohlcení absorpčně aktivními složkami přítomnými v analyzovaném vzorku, jimiž je měřicí kyveta kontinuálně proplachována. Referenční paprsek je veden přímo na korekční detektor (fotonásobič).

Selektivita – přesnost – citlivost přístroje je zajištěna volbou plynové náplně výbojky a náplně plynového filtru vestavěného do jednoho křídla rotující clony.

Symetricky na protilehlé straně clony je otvor. Simultánním zpracováním výstupních signálů z obou detektorů (z nichž každý vykazuje tři charakteristické úrovně, podle okamžité polohy clony) se v elektronických obvodech přístroje generuje napětí, které je lineární funkcí koncentrace sledované složky ve vzorku.

Uspořádání s referenčním paprskem eliminuje vliv neselektivní absorpce (nánosem na povrchu kyvety). Příčná citlivost je potlačena použitím optického filtru.

V oboru analýzy výfukových plynů spalovacích motorů se přístroje pracující na principu absorpce ultrafialového záření používají ke zjišťování koncentrace oxidů dusíku (NO i NO_2). Jsou ovšem výrazně méně rozšířeny než přístroje s využitím chemické luminiscence, i když specifikace emisní legislativy je připouští. Jistou nevýhodou fotometru je omezená životnost výbojky, jejíž plynová náplň se za provozu spotřebovává.

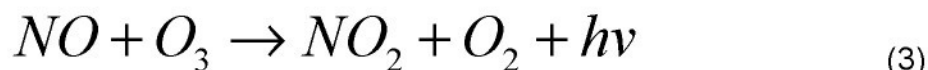
Nejmenší měřicí rozsah obnáší typicky stovky ppm NO , což pro analýzu spalín emitovaných motorem vyhovuje. Pro stanovení koncentrace NO_2 , je ovšem nejmenší

měřicí rozsah (řádu desetin % = tisíce ppm) příliš hrubý. Elektronicky lze přepínat měřicí rozsahy v poměru (cca) 1: 10.

3.3 Měření s využitím chemické luminiscence

Chemická luminiscence je emise specifických energetických kvant (fotonů) doprovázející některé chemické reakce. V oboru analýzy výfukových plynů spalovacích motorů se tato metoda používá pro stanovení koncentrace oxidů dusíku.

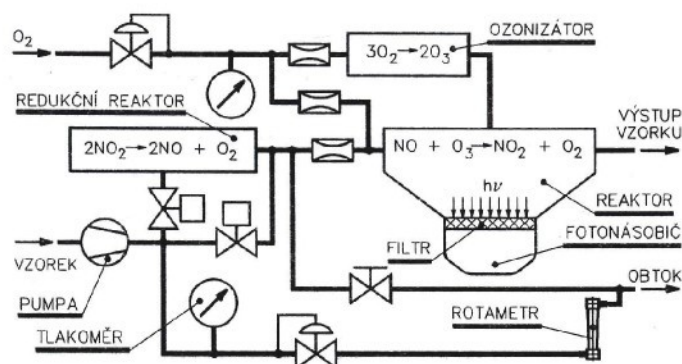
Globální zápis předmětné reakce je:



$h\nu$...energetické kvantum

h ...Planckova konstanta

ν ...frekvence



Obr. 06. Chemiluminiscenční analyzátor

Potřebný ozón se vyrábí v přístroji na Obr. 06. působením elektrostatického pole o vysokém napětí na molekuly kyslíku. Společně se vzorkem spalín se přivádí do reaktoru, v němž je zabudován fotonásobič, jehož výstupní signál je úměrný množství dopadajících energetických kvant (selektivita na frekvenci (ν) se dosáhne před řazením optického filtru). Výstupní signál fotonásobiče je dále zpracováván elektronikou přístroje.

Jako vstupní látka reakce (3) figuruje z oxidů dusíku pouze NO. Pro zjištění celkové emise oxidů dusíku ($NO_x = NO + NO_2$) se přepnou elektromagnetické ventily Obr. 06. tak, aby vzorek procházel vyhřívaným katalytickým reaktorem, ve kterém dochází k redukci oxidu dusičitého na dusnatý. Přístroj tedy může pracovat v režimu měření koncentrace NO, nebo v režimu měření koncentrace NO_x . Koncentraci NO_2 lze zjistit jako rozdíl hodnot naměřených v obou režimech při analýze stále stejného vzorku. Redukční reaktor je přesně temperován na teplotu, při níž je průběh redukční reakce optimální.

Na Obr. 06. je naznačena část sestavy propojovacích armatur osazených škrtícími a regulačními ventily a přesně definovanými průřezy - kapilárami. Složitost pneumatického zapojení je výsledkem snahy o dosažení přesně definovaných stavových a hmotově bilančních (směšovacích) podmínek v reaktoru, které ovlivňují odezvu fotonásobiče. Povinností obsluhy je nastavení podmínek pro přívod (odvod) vzorku výfukových plynů tak, aby údaj tlaku (odečtený na manometru) i průtok

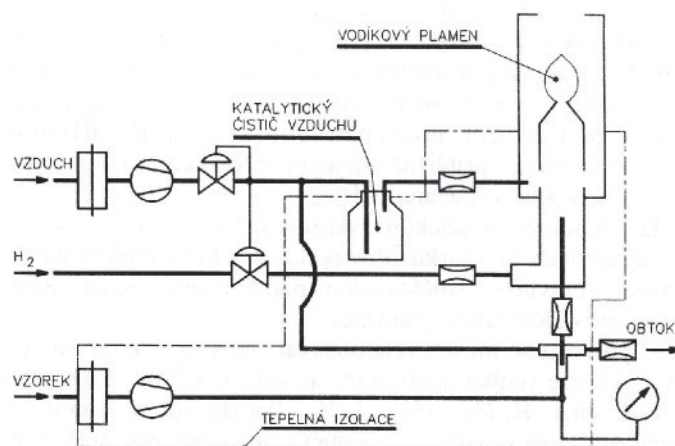
obtokem (odečtený podle polohy plováku rotametru) ležely v rozmezí specifikovaném výrobcem přístroje v návodu k obsluze.

Chemiluminiscenční analyzátor (CLA - **C**hem**i**Luminiscent **A**nalysér) je velmi citlivý a selektivní (prakticky nevykazuje příčnou citlivost na jiné složky) a možnosti změn měřicího rozsahu jsou značné. Stejný přístroj lze dokonce používat k měření emisních hodnot (maximální rozsah např. 1 %, ten se ovšem při experimentech na spalovacích motorech použije jenom v etapě zjišťování základních souvislostí v atypických režimech - motor s takovou emisí NO_x nemůže vyhovět ani nejmínějším požadavkům na ekologické vlastnosti) i k měření imisí (tedy kontaminace ovzduší - nejmenší rozsah je např. 2 ppm).

Při provozu analyzátoru musí být zajištěn trvalý přísun kyslíku (pro měření nižších koncentrací NO_x lze použít i syntetický nebo alespoň suchý vzduch) z tlakové láhve přes redukční ventil. Tlak kyslíku lze obvykle nastavovat (kontrolovat) pomocí tlakoměru vestavěného do chemiluminiscenčního analyzátoru.

3.4 Měření založené na principu změny elektrické vodivosti vodíkového plamene

Po připojení elektrického potenciálu na vodíko-vzduchový plamen vzniká velmi malý (šumový) proud iontů. Přivedením organicky vázaného uhlíku do zóny hoření proud iontů narůstá úměrně průtočnému množství uhlovodíků. Na tomto principu pracuje analyzátor, který se původně vyvinul jako detektor chromatografu a proto se nazývá plamenoionizační detektor (**FID** - **F**lame **I**onization **D**etector).



Obr. 07. Plamenoionizační detektor

Provedení, použitelné pro analýzu výfukových plynů je schématicky zobrazeno na Obr. 07. Difúzní vodíkový plamen se zapaluje při spuštění přístroje žhavicí svíčkou. Spalovací vzduch nasávaný z atmosféry se zbavuje případně přítomných organických sloučenin v katalytickém čističi. Část vzduchu (tzv. kompenzační) se mísí (společně se vzorkem) s vodíkem před vstupem do hořáku, aby se podle koncentrace kyslíku ve vzorku neměnil příliš tvar plamene. Tlak vodíku se reguluje v závislosti na tlaku spalovacího vzduchu, aby se zajistil trvale přiměřený směšovací poměr a současně se blokuje únik vodíku při vypnutí přístroje, nebo výpadku napájecího napětí. Na Obr. 07. je opět vidět soustava regulátorů a kapilár pro nastavování tlakových a průtokových podmínek v pneumatické části přístroje. Celé vedení vzorku (včetně filtru, pumpy, hořáku) je umístěno v termostatu a může být

temperováno např. až na 200°C. Jinou možností je podtlakové uspořádání s umístěním (nevyhřívané) pumpy na výstupu spalin ze spalovací komory přístroje.

Proud iontů se snímá dvojicí elektrod, z nichž jedna je obvykle tvořena samotným tělesem hořáku, druhá je umístěna v plameni a má tvar šroubovice s proměnlivým průměrem. Případně je to jednoduchý rovný drát, nebo těleso trubkového tvaru. Zanoření elektrody do plamene musí být optimalizováno, protože proud iontů vzniká v jisté oblasti plamene a samotné ionty mají malou životnost a záhy zanikají rekombinací.

Po zesílení se hodnota proudu (procházejícího plamenem) zviditelní na ukazovacím přístroji jako údaj koncentrace.

Přitom platí:

$$C_{HC,FID} = \sum K_i c_{xH_{yl}} \quad K_{1,i} \approx 1 \quad i = 1 \dots \quad (4)$$

Údaj přístroje je tedy úměrný počtu uhlíkových atomů vázaných v organických sloučeninách obsažených v analyzovaném vzorku. Konstanta $K_{1,i}$ v zápisu (4) se nazývá faktorem odezvy (Response Factor). Jednoznačnost významu naměřené koncentrace oceníme při výpočtech vycházejících z výsledku analýzy spalin. Je nutno konstatovat, že výchylka ukazovacího přístroje má jenom velmi vzdálenou souvislost se skutečnou škodlivostí uhlovodíků emitovaných motorem, protože např. přítomnost formaldehydu (HCOH) přispívá k celkové naměřené hodnotě přibližně stejným přírůstkem jako stejná koncentrace relativně neškodného metanu (CH₄)

Plamenoionizační detektor vykazuje jistou příčnou citlivost na koncentraci O₂ v analyzovaném vzorku. Pro potlačení chyby měření nutno zejména dbát nastavení správného směšovacího poměru mezi spalovacím vzduchem a vodíkem přiváděnými do plamene.

Při provozu se musí trvale dodávat vodík (Z tlakové lahve s regulátorem, nebo z vyvíječe vodíku, který dodávají někteří výrobci FIDu jako příslušenství), případně směs H₂/He nebo H₂/N₂. Použití těchto směsí rovněž přispívá k potlačení změny tvaru a rozměru plamene při změně obsahu kyslíku v analyzovaném vzorku. Kromě toho snížení teploty plamene (snížením výhřevnosti směsi) omezuje pyrolyzní reakce, jejichž průběh zkresluje naměřenou hodnotu.

Některé přístroje (zejména pro měření imisí) vyžadují rovněž zásobování plamene syntetickým vzduchem z tlakové láhve.

Údaj FIDu se podstatně liší od výsledku analýzy stejného vzorku přístrojem NIMRA s komparátorem naplněným některým čistým uhlovodíkem anebo jakoukoli směsí (poměr je samozřejmě závislý na skutečném složení uhlovodíků obsažených ve vzorku). Proto je vhodné uvádět ve výsledcích měření i použitou metodu (např. HCFD).

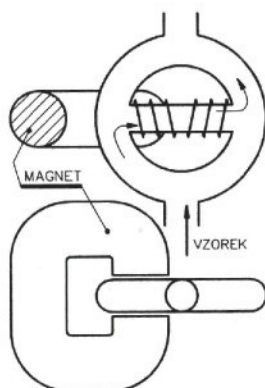
Moderní plamenoionizační detektory jako opci umožňují zařadit do vzorkové tratě zvláštní katalytický reaktor. Jeho funkce je v principu obdobou funkce katalyzátoru pro dodatečnou likvidaci škodlivin ve výfukovém potrubí motoru (samozřejmě při podstatně subtilnějších rozměrech, protože se upravuje pouze vzorek pro analýzu). Zvláštnost spočívá zejména v tom, že volbou aktivního materiálu a nastavením pracovní teploty je přirozeně nízká účinnost dohořívání metanu dále snížena (prakticky zcela eliminována). Výchylka přístroje při měření se zařazeným katalyzátorem se považuje za údaj koncentrace metanu, protože reaktivnější uhlovodíky v katalyzátoru oxidují. Při měření s vyřazeným katalyzátorem

je údajem přístroje součtem koncentrace všech uhlovodíků obsažených ve vzorku. Tento údaj se nazývá celková emise uhlovodíků (**THC = Total HydroCarbons**). Odečtením obou hodnot lze vyjádřit koncentraci nemetanových uhlovodíků (**NMOC Non Methan Organic Components**, případně **NMOG = Non Methan Organic Gases**), tj. těch, které jsou sledovány z hlediska jejich schopnosti participovat na tvorbě letního smogu.

Označení NMOC, resp. NMOG se používají spíše v souvislosti s emisí příslušné látky. Při posuzování otázky uhlovodíků z hlediska imisní situace se často používá termínu **VOC = Volatile Organic Components** (a mluví se případně o nemetanových těkavých uhlovodících a o metanu jako samostatné složce imisí).

3.5 Analyzátory pracující na principu měření magnetických vlastností

Paramagnetické látky mají vysokou permeabilitu a jsou tedy vtahovány do magnetického pole. Z plynů nejvyšší permeabilitu vykazuje kyslík, proto se princip měření magnetických vlastností plynu používá v přístrojích pro stanovení koncentrace kyslíku v analyzované směsi. Hlavní součástí všech přístrojů na tomto principu je permanentní magnet nebo elektromagnet, jehož magnetické pole přitahuje molekuly kyslíku. Podle způsobu organizace průtoku vzorku v blízkosti pólových nástavců magnetu a zejména podle způsobu měření intenzity působení magnetického pole na vzorek se rozlišují přístroje magneto-mechanické, magneto-pneumatické a termo-magnetické.



Obr. 08. Termomagnetický analyzátor

Na Obr. 08. se uvádí schéma termomagnetického analyzátoru (staršího, ale názorného provedení). Vodorovný příčný kanál prstencové komory nese dvě vyhřívací vinutí z odporového materiálu s vysokým teplotním koeficientem. Kyslík vtažený do magnetického pole z levé větve prstence ztrácí při zvýšení teploty (podle CURIEho zákona) magnetizmus a je vytlačován přísunem studeného kyslíku. Strháváním okolních nemagnetických molekul vzniká stabilní průtok příčným kanálem (tzv. magnetický vítr). Levé odporové vinutí se chladí stálým ofukováním studeným proudem vzorku. Ochlazování pravého vinutí je méně intenzivní, protože magnetický vítr je už zahřátý. Rozdíl teplot (a odporů) vinutí je úměrný koncentraci kyslíku ve vzorku.

Maximální poměr přepínatelných měřících rozsahů bývá u termo-magnetického analyzátoru 1:20, u magneto-pneumatických a magneto-mechanických 1:100. Selektivitu lze posoudit podle tabulky Tab. 1, jejíž druhý řádek udává výchylku přístroje (zdánlivou koncentraci O_2 v %), která by nastala, kdyby vzorek byl tvořen čistou složkou uvedenou v prvním řádku.

Tab. 1. Relativní magnetická susceptibilita plynů

(O ₂ = 100, N ₂ = 0)									
O ₂	NO	NO ₂	H ₂	CH ₄	CO	CO ₂	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	N ₂
100	+43	+28	+0,24	-0,2	+0,01	-0,27	-0,46	-0,84	0

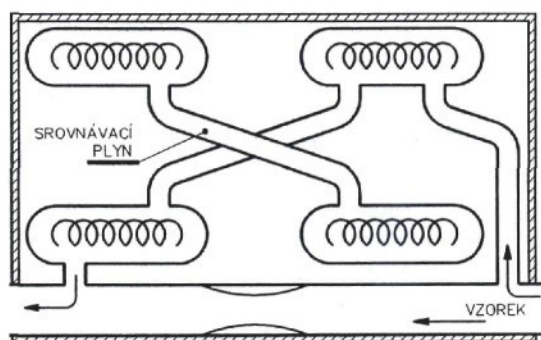
Při měření (nízkých) koncentrací kyslíku v produktech chemických procesů se musí přijímat zvláštní opatření pro omezení vlivu příčné citlivosti na výsledek analýzy. Při měření složení výfukových plynů je zkreslení koncentrace O₂ prakticky zanedbatelné snad s výjimkou měření při běhu zážehového motoru s mírně bohatou směsí (řádově stejná koncentrace O₂ a NO).

Významnější je zprostředkovaná příčná citlivost termomagnetického analyzátoru vyvolaná způsobem vyhodnocování intenzity magnetického větru. Sdílení tepla mezi vzorkem protékajícím příčným kanálem a navinutým drátkem (nyní ve funkci anemometru) je závislé na tepelné vodivosti vzorku analyzovaného plynu a tedy na obsahu dalších komponent, zejména CO₂.

Provoz analyzátoru pracujícího na principu měření paramagnetických vlastností nevyžaduje dodávku žádného provozního média.

3.6 Ostatní metody analýzy výfukových plynů

U infraanalyzátoru s pásmovou propustí se selektivnost na individuální složku zajišťuje filtrem propustným jenom v úzkém oboru vlnových délek. Periodickou výměnou různých filtrů (na otočném, nebo kmitajícím držáku) se umožní simultánní měření koncentrace různých složek jedním přístrojem. Takto jsou obvykle konstruovány tzv. vícesložkové analyzátory. Na rozdíl od konvenčních laboratorních přístrojů NDIRA s více měřicími systémy v jedné skříni (kde se přepínání měřících kanálů provádí na pokyn obsluhy a obvykle z jediného ukazovacího přístroje lze odečítat vždy jenom koncentraci právě měřené složky) jsou vícesložkové analyzátory osazeny zvláštní číslicovou zobrazovací jednotkou (displeji) pro každou sledovanou složku a z pohledu obsluhy přístroj provádí měření koncentrace více složek současně.



Obr. 09 Přístroj pro měření tepelné vodivosti

Přístroje pracující na principu zjišťování tepelné vodivosti pracují exaktně při analýze binárních směsí. Ve schématu na Obr. 09. jsou vidět 4 komory uzavřené v termostatu a geometricky uspořádané tak, aby podmínky pro sdílení tepla byly pro vzorek a srovnávací plyn stejné. Odporové spirálky mají funkci topných tělísek a odporových teploměrů v můstkovém zapojení současně (podobně jako u

termomagnetického analyzátoru podle Obr. 08.). Napětí na diagonále můstku je závislé na poměru tepelných vodivostí srovnávacího plynu a analyzovaného vzorku. S vhodným srovnávacím plynem tak lze určit podle výchylky ukazovacího přístroje obsah jisté sledované komponenty. Při analýze výfukových plynů se tato metoda dá použít pro odhad složení směsi při spalování v zážehovém motoru za předpokladu, že součinitel přebytku vzduchu se příliš neliší od hodnoty $\lambda = 1$ a je používáno palivo stále stejného složení. Využívá se přibližně jednoznačná provázanost koncentrací jednotlivých složek jako funkce směšovacího poměru. Hlavní (a patrně jedinou) výhodou přístroje postaveného na principu měření tepelné vodivosti je nízká cena.

Elektrochemický převodník pracuje např. jako palivový článek, jehož výkon je úměrný přísunu kyslíku. Lze jej tedy použít pro určení koncentrace kyslíku ve spalínách. Jde o jakousi modifikaci λ -sondy, která se používá jako snímač složení spalin pro regulační smyčku řízení směšovacího poměru u motorů s třícestným katalyzátorem. Výhodou je vysoká citlivost při malých koncentracích O_2 .

Životnost elektrochemického článku je nízká. Navíc pokles účinnosti ke konci životnosti není automaticky indikován, takže hrozí znehodnocení (případně série) experimentálních výsledků. Stárnutí článku je podporováno přítomností jiných složek v analyzovaném vzorku (např. HC). Čidlo do jisté míry stárne, i když se nepoužívá pro měření a lze jej tedy obtížně chránit.

V oboru laboratorních analyzátorů nabízí někteří výrobci elektrochemická čidla pro zjišťování koncentrace kyslíku jako přídatné příslušenství jiných typů analyzátorů. Čidlo je vestavěno do skříně původního přístroje a využívá společné příslušenství pro dopravu a úpravu vzorku.

Existují i elektrochemické analyzátory na zjišťování koncentrace NO , NO_2 , resp. NO_x a též pro měření (i malé) koncentrace CO . Přístroje tohoto typu se používají pro provozní analýzu spalin z topenišť, jejich obor použití v poslední době proniká i do oblasti zejména stacionárních motorů. Výhodou je malá hmotnost a nepřítomnost snadno mechanicky zranitelných součástí a tedy snadná doprava k měřenému objektu.

Některé přenosné analyzátory tohoto typu bývají osazeny vnitřním procesorem, který vypočítává koncentraci CO_2 . Při analýze komínových plynů může mít výsledek takového výpočtu dostatečnou vypovídací schopnost díky vysoké hodnotě součinitele přebytku vzduchu a tedy malému obsahu produktů nedokonalé oxidace a oxidů dusíku. Při aplikacích na spalovacích motorech nutno k takto stanovené hodnotě ovšem přistupovat se značnou dávkou opatrnosti.

4. Laboratorní měření emise částic ze vznětových motorů

4.1 Přehled problematiky

Postupným vývojem náhledu na jev, který můžeme předběžně pojmenovat jako kouřivost vznětového motoru a inovací metodik pro její zjišťování a legislativní hodnocení se vytvořila trochu nepřehledná situace, která vyžaduje stručné věcné a terminologické objasnění.

Na rozdíl od plyných škodlivin je kouřivost vznětového motoru pozorovatelná i bez měřících přístrojů a proto se stalo předmětem všeobecného zájmu jako první ze skupin jevů, kterými spalovací motor působí negativně na okolí.

První metoda na zjišťování kouřivosti motoru je založena na zachycení částeczek kouře na filtračním papírku, přes který se prosaje vzorek výfukových plynů definovaného objemu definovanou rychlostí. Množství zachycených částic se vyhodnocuje opticky podle míry zčernání filtru měřitelného jako množství světla pohlceného kontaminovaným filtrem ve srovnání s pohlcením světla nepoužitým filtrem. Takto měřená veličina se nazývá kouřivost stanovená filtrační metodou. Filtrační metoda je dvoufázová - v definovaném režimu běhu motoru se uskuteční odběr vzorku, který se dodatečně vyhodnotí v optickém vyhodnocovacím zařízení. Sestava odběrného a vyhodnocovacího zařízení (někdy jenom odběrného - v minulosti se stupeň začernění filtračního papírku hodnotil subjektivně) se nazývá kouřoměr.

Jednoetapové je přímé zjišťování pohltivosti světla sloupcem výfukových plynů definované délky (tj. definovaná je optická dráha). Měřená veličina se nazývá opacita (=pohltivost světla, převratná hodnota je průhlednost neboli transparence) spalín a příslušný měřicí přístroj je opacimetr. Pro tuto veličinu se též používá (v příslušném nadnárodním emisním předpisu) opisné označení emise viditelného kouře (nebo viditelných znečišťujících látek).

Společnou nevýhodou měření kouřivosti filtrační metodou a opacimetrie je nemožnost vztažení naměřených hodnot k výkonovým vlastnostem motoru, tedy absence analogie k vyjádření měrné produkce škodlivin zavedené vztahem (5). Pro umožnění způsobu hodnocení, jehož význam se uvádí v popisu k rovnicím (5) pro oblast emise pevných částic se upravila filtrační metoda zavedením vyhodnocování zachyceného množství částic jako rozdílu hmotnosti kontaminovaného a čistého filtru. Pro zajištění dostatečné citlivosti (dost velké zachycené množství částic) se oproti filtračnímu měření kouřivosti musí zvětšit objem spalín prosátých filtrem a v tomto smyslu se upravila metodika odběru a odpovídající příslušenství. Úsady na filtru sestávají kromě sazí, kterých je ovšem výrazně nejvíce, ještě z dalších látek v pevném, případně v kapalném skupenství. Proto se výsledek měření popsanou metodikou nazývá emise částic (**PE - Particulates Emission**).

Jako pokus o další roztržidění částic podle složení se v období tvorby této metody zavedla specifikace částic na rozpustné (soluble) a nerozpustné. Toto rozlišení se prakticky provede vystavením úsady působení konvenčního organického rozpouštědla (dichlormetan, isopropylalkohol). V tomto smyslu se pak používalo označení emise rozpustných (nerozpustných) částic. Toto rozdělování se v novějších publikacích neobjevuje, zřejmě z důvodu malého faktického významu tohoto typu třídění.

Celková měrná produkce j-té složky:

$$M_J = \rho_J c_J Q_{exh} = \rho_J c_J \frac{V_\mu \sum n}{M_\mu} M_p \quad m_J = \frac{M_J}{N_e} \quad (5)$$

ρ_J ...hustota j-té složky

c_J ...koncentrace j-té složky (údaj příslušného analyzátoru)

N_e ...efektivní výkon motoru

M_p ...hodinová spotřeba paliva

M_μ ...molární hmotnost

M_J ...hodinová - celková produkce j-té složky

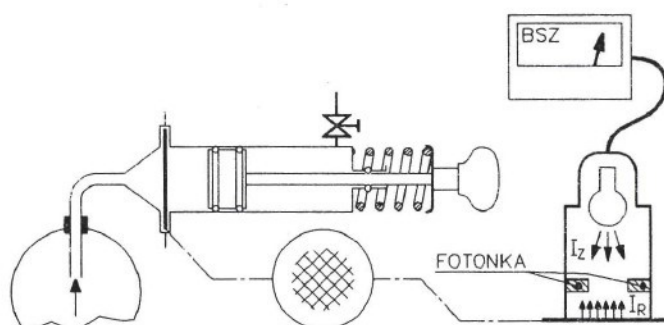
m_J ...měrná produkce j-té složky

Q_{exh} ...průtok spalin

V_μ ...hodnota molárního objemu

$\sum n$...celková produkce spalin

4.2 Měření kouřivosti filtrační metodou



Obr. 10. Filtrační kouřoměr Bosch

Schéma sestavy zařízení pro měření kouřivosti filtrační metodou s ruční sondou je na Obr. 10. Před odběrem vzorku se ručně posune píst sondy zcela doleva a zajistí. Do příslušné štěrbině se umístí čistý papírek a nátrubek sondy se zavede do výfukového potrubí. Po odblokování pístnice vykoná stlačená pružina sací zdvih. Rychlost pohybu pístu je přitom nastavena seškrcením odtoku vzduchu z prostoru za zadní stranou pístu. Kontaminovaný papírek se vyhodnotí reflektivním fotometrem, který je citlivý na množství světla odražené od plochy papírku v místě povlečeném vrstvou zachycených sazí. Výsledkem je stupeň zčernání nebo SZ (Schwarzungszahl, někdy též BSZ Bosch Schwarzungszahl, či **BN Bosch Number**) v jednotkách **BOSCH** (nebo se používá přímo označení veličiny jako její rozměr).

Výpočet BN (6):

$$BN = 10 \cdot \left(1 - \frac{I_Z}{I_R} \right) \quad (6)$$

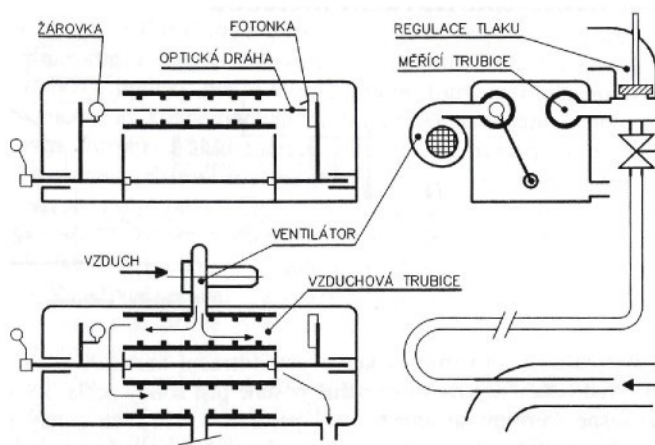
I_Z, I_R ...dopadající a odražené záření

Vliv odrazivosti podložky pod papírkem se eliminuje podložením 5-ti vrstvami čistých papírků, stejným způsobem se nastavuje nula stupnice. Pro nastavení plné výchylky stupnice (10 BOSCH) se optický snímač zasune do speciálního pouzdra napodobujícího absolutně černé těleso.

V modernějším provedení pracuje ruční kouřoměr s kontinuálním pásem papíru namísto jednotlivých kroužků. Vrcholem automatizace této metody je pseudokontinuální kouřoměr s pásem papíru, vestavěnou pumpou a přívodní hadicí trvale připojenou k výfukovému traktu. Na povel obsluhy se solenoidovým ventilem otevře přívod vzorku a po prosátí příslušného objemu se kontaminovaná plocha papíru posune k fotoelektrickému vyhodnocení.

4.3 Opacimetrie

Samotné prosvícení sloupce spalín viditelným světlem a zjištění prošlého podílu záření nepředstavuje zvláštní problém. Je nutné se ovšem vypořádat s nebezpečím pokrytí povrchu zdroje a čidla povlakem částic, jehož opacita by ovlivnila údaj přístroje.



Obr. 11. Opacimetr Hartridge

Na Obr. 11. je uvedeno schéma uspořádání přístroje HARTRIDGE, který je v laboratorní třídě opacimetrů velmi častý. Za provozu přístroje je optická dráha většinou souosá se vzduchovou trubicí a přívod spalín do přístroje je uzavřen na vstupu. Pouze při vlastní měřící proceduře se překlopí optická dráha do osy měřící trubice, do které se současně vpouští vzorek spalín. Po uskutečnění odečtu hodnoty se opět držák se žárovkou a fotonkou překlopí do polohy, kde intenzivní omývání čistým vzduchem udržuje povrch rozhodujících prvků přístroje prostý úsad (a přísun výfukových plynů se opět uzavře). Při vlastním měření brání pouze dostatečný tlak spalín pronikání vzduchu do měřící trubice. Při příliš kvalitním provedení výfukového

traktu zkušebny (pokud jde o průtokové odpory) se musí výfukový protitlak uměle zvyšovat umístěním škrticího orgánu do výfukového potrubí za místo odběru pro opacimetr (přístroj nemá žádné příslušenství pro nucenou dopravu vzorku). Při nadměrném zvýšení tlaku se nadzvedává pojistný ventil zatížený vahou vlastního talířku.

Předepisuje se rovněž teplota spalin v měřicí trubici, která se během měření kontroluje zabudovaným dilatačním teploměrem.

Světlost přívodu je 24 mm, průtok se nepředepisuje.

Přístroj nemá žádnou elektroniku, napětí fotoelektrického článku se přivádí na svorky ukazovacího přístroje přes odporový dělič, kterým se nastavuje nulová výchylka při uzavřeném přívodu vzorku a optické dráze překlopené do osy vzduchové trubice.

Stupnice ukazovacího přístroje je lineárně rozdělená na 100 dílků (**HSU** - **Hartridge Smoke Unit**). Z údaje stupnice se vypočítá absorpční koeficient k (v m^{-1}) podle vztahu:

$$k = -\frac{1}{L} \ln \left(1 - \frac{N}{100} \right) \quad (7)$$

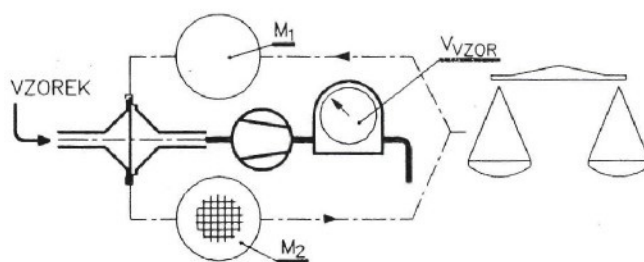
L ...délka optické dráhy (pro Hartridge 0,43m)

N ...údaj v opacimetru v HSU

Zdrojem světla je halogenová žárovka stejného typu jaký se používá v pomocných světlomotech pro automobily.

Provedení opacimetr Hartridge je takové, že měřicí trubice je snadno vyjímatelná kvůli odstraňování sazí, které se na stěnách usazují z dřívějších měření.

4.4 Přímé hmotnostní měření koncentrace částic



Obr. 12. Gravimetrické měření obsahu částic

Vlastní princip gravimetrického stanovení obsahu pevných částic ve výfukových plynech je jednoduchý Obr. 12. Filtrační element je ze skelných vláken potažených teflonem (Palltlex). Jeho hmotnost se zjistí na přesných laboratorních vahách, pak se instaluje do příslušného držáku a pumpou se přes něj prosává vzorek spalin. Po ukončení měření se filtr i se zachycenými částicemi opět zváží a hmotnostní koncentrace částic v analyzovaném vzorku se stanoví z (8).

$$c_{M,PE} = \frac{M_2 - M_1}{V_{VZOR}} \quad (8)$$

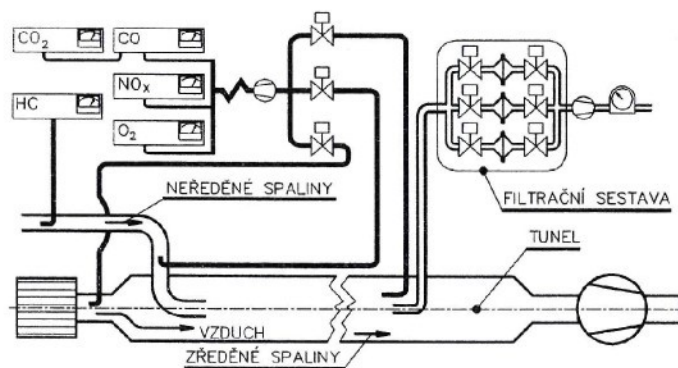
M_1, M_2 ...hmotnost nového, resp. kontaminovaného filtru

V_{VZOR} ...objem celkového prosátého množství spalin, stanovený jako rozdíl konečné a počáteční hodnoty údaje počítadla plynoměru

Úplná metodika je ovšem mnohem složitější. Hygienická závadnost částic emitovaných vznětovým motorem je způsobena zejména různými uhlovodíky (např. karcinogenními polycyklickými aromáty - PAH) sorbovanými na povrchu pevné fáze. Měření koncentrace částic tedy má význam pouze pokud se podaří simulovat podmínky pro kondenzaci různých frakcí uhlovodíků a jejich ukládání na částicích sazí. Proto se výfukové plyny ředí vzduchem dodávaným zvláštním dmychadlem, aby se napodobily podmínky mísení výfukových plynů s okolním vzduchem za ústím výfukového potrubí.

Metoda ředění spalin se vyvinula původně pro měření plynných emisí vozidlových motorů v USA (jako simulace procesu ředění emisí na imise).

Při „klasickém“ odběru vzorku z výfukového traktu zážehového motoru je při dodržování stejných podmínek pro spalování koncentrace škodlivin (velmi zhruba řečeno) přibližně stálá a se změnou režimu běhu motoru (otevření klapky, otáčky) se mění výrazně průtok spalin. Naopak, při velkém (a stálém) průtoku ředícího vzduchu (mnohanásobek průtoku spalin) se při změně režimu běhu (nebo dokonce při testování motoru jiné velikosti) mění výrazně koncentrace škodlivin (podle okamžitého podílu spalin ve vzorku přiváděném k analyzátorům) a průtok zředěných spalin je takřka neproměnný. Z této skutečnosti je odvozen název metody (**CVS** - **C**onstant **V**olume **S**ampling), který se postupně stal synonymem pojmu analýza zředěných spalin. Modifikace metody CVS pro měření produkce částic (plnoprávkový tunel, nebo zkráceně jenom tunel) se schématicky znázorňuje na Obr. 13.



Obr. 13. Tunel na měření produkce částic

Na výstupní straně tunelu je umístěno dmychadlo, které odsáváním zředěných spalin zajišťuje průtok dostatečného množství ředícího vzduchu. Při použití

objemového stroje je průtok zředěných spalín definován zdvihovým objemem a otáčkami dmyhadla (Varianta **PDP** Positive Displacement Pump).

Jinou možnost měření (ustavení) průtoku tunelem je použití Venturiho trubice s kritickým průtokem, přes kterou prosává ředící vzduch lopatkové dmyhadlo kritickým tlakovým poměrem (varianta **CFV** - Critical Flow Venturi).

V dostatečné vzdálenosti od vstupu neředěných spalín do tunelu je umístěna sonda, kterou se odebírá část zředěných spalín pro filtrační soupravu. Filtračních souprav je případně několik, aby se umožnilo jejich operativní přepínání elektromagnetickými ventily (při změně režimu běhu motoru apod.).

V místě odběru vzorku pro filtraci nutno udržovat průtokové poměry takové, aby na vstupu do odběrné sondy nedocházelo k diskontinuitě rychlostí, která by působením hmotových sil v nestacionárním proudu způsobila odlučování částic (které jsou při ustálené rychlosti ve vznosu). Takový způsob odběru se nazývá isokinetický.

Experimentálně se zjistilo, že za výfukem stojícího motorového vozidla je poměr zředění výfukových plynů vzduchem při vzdálenosti 30 cm od ústí výfuku cca 10 a ve vzdálenosti 1 m cca 100. Při jízdě vozidla je mísení spalín se vzduchem ještě intenzivnější. Je tedy jasné, že metodikou CVS nelze dosáhnout úplné napodobení reality a pro zajištění vzájemné porovnatelnosti výsledků nutno přijmout jistou konvenci. Pro uspořádání tunelu na měření emise částic předepisuje Úřad pro ochranu prostředí USA (**EPA** - Environmental Protection Agency) tyto parametry:

Průměr tunelu > 203 mm

Reynoldsovo číslo pro průtok tunelem > 4000

Poměr zředění odpovídá přibližně 10

Teplota v místě odběru vzorku $\leq 52^{\circ}\text{C}$

Průměr odběrné sondy > 12.7 mm

Průtok vzorku $9.9 \div 28.31 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$

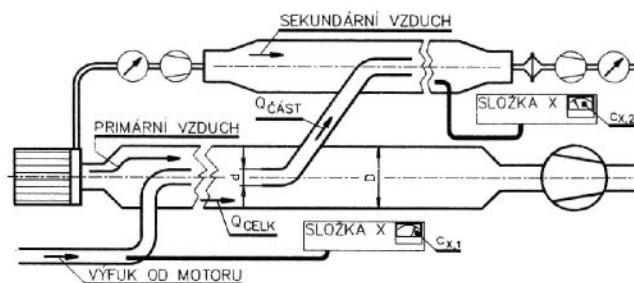
Průměr filtru $\geq 47 \text{ mm}$

Zachycená hmotnost částic na 1 měření $2 \div 7 \text{ mg}$

Jmenovitá průměrná rychlost průtoku filtrem $0.097 \div 0.267 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Oblíbenější složkou je NO_x , protože běžný analyzátor pro zjišťování jeho koncentrace má vestavěnou dostatečnou škálu měřících rozsahů. Obecně ovšem nutno použít zvláštní sadu analyzátorů pro měření v neředěných a zředěných spalínách, protože některé přístroje nedisponují dostatečným sortimentem měřících rozsahů. Kromě toho, korektní je analyzování spalín z obou odběrných míst současně. Uspořádání s přepínáním přívodu vzorku na vstupu sestavy analyzátorů na Obr. 13. je tedy spíše ilustrací. Pro přesné vyčíslení ředícího poměru z poměru koncentrací nutno také kontrolovat koncentraci relevantních složek v ředícím vzduchu.

Ve snaze snížit množství vzduchu potřebné k dostatečnému zředění spalín se zavedlo uspořádání s dvojitým ředěním spalín. V uspořádání na Obr. 14. se množství výfukových plynů emitovaných motorem ředí primárním vzduchem, přičemž ředící poměr je menší než požadují příslušné specifikace. Z takto zředěných spalín se isokinetickou sondou odebírá pouze menší část, která je v paralelním sekundárním tunelu dále zředěna sekundárním vzduchem.



Obr. 14. Průtokový tunel s dvojitým ředěním

Pro výpočet celkové, či měrné produkce částic lze bez problému stanovit celkový průtok spalin z (9), koncentrace uhlíkatých látek musí být změřena v paralelním tunelu před vstupem vzorku zředěných spalin do filtrační soupravy.

Průtok spalin:

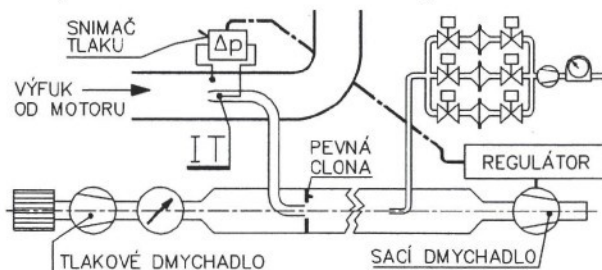
$$Q_{exh} = \frac{V_{\mu} \sum n}{M_{\mu}} M_p \quad (9)$$

Jisté problémy nastanou, když se bude stanovení celkového průtoku (dvakrát) zředěných spalin opírat o přímé měření průtočných množství. V uspořádání podle Obr. 14. jsou nutné celkem 3 průtokoměry, přitom (malé) množství primárně zředěných spalin přivedené do sekundárního tunelu se určuje z rozdílu (velkých) průtoků sekundárně zředěných spalin a sekundárního ředícího vzduchu. Tím by se do metody vestavěla značná citlivost na chyby měření.

Při použití isokinetického odběru lze využít úměrnosti mezi poměrným průtokem odměrnou sondou a její poměrnou plochou. V současné terminologii se zdůrazňuje právě tato úměrnost a pojmem isokinetická sonda se rozumí odběrné zařízení, pro které platí (význam symbolů viz Obr. 14.).

Tím ovšem není dotčen požadavek zachování neproměnné rychlosti z hlediska udržení částic ve vznosu, pouze v případě, že splnění tohoto požadavku není exaktně ověřeno se používá označení sonda bez další specifikace.

Při dodržení požadavků na ředící poměr vyžaduje pořízení a provozování tunelu (i ve variantě s dvojitým ředěním) nasazení značných prostředků. Ve snaze o snížení nákladů na měření emise částic byl vyvinut minitunel Obr. 15. Klíčovou součástí tohoto zařízení je (jak jinak) isokinetická sonda pro odběr 2÷4 % výfukových plynů. Autor odběrného zařízení přesně splňujícího podmínku isokinetičnosti (prof. K. Mollenhauer z TU Berlin) nazval toto zařízení **Integrierte Teilstromsonde - IT**.



Obr. 15. Uspořádání minitunelu se dvěma dmychadly

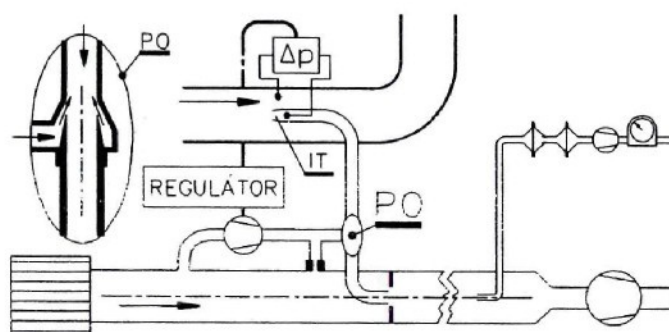
Na vstupu vzduchu do minitunelu pracuje tlačné dmychadlo jehož úkolem je dodat přiměřené množství ředícího vzduchu. Sací dmychadlo na výstupu minitunelu

je regulováno tak, aby statický tlak spalin ve vstupu do isokinetické sondy byl shodný se statickým tlakem charakterizujícím rychlost spalin v plném průřezu.

Ve funkci obou dmychadel se používají lopatkové stroje. Na Obr. 15. je naznačena také mísící (pevná) clona, která se montuje pro zvýšení intenzity transportních jevů v minitunelu, aby se podpořila homogenita rozložení částic napříč proudem zředěných spalin.

Při zachované kvalitě výsledků měření koncentrace částic lze lineární rozměry minitunelu volit cca 5-krát menší oproti tunelu z Obr. 13. a průtok ředícího vzduchu lze snížit 15-krát.

Jistou nevýhodou uspořádání podle Obr. 15. je nutnost předimenzování tlačného dmychadla. To musí dodávat dostatek ředícího vzduchu i v situaci, kdy po zjištění nadměrného poklesu statického tlaku v sondě provádí sací dmychadlo regulační zákrok snížením odsávacího účinku. Z toho vyplývá požadavek na stlačení vzduchu v tlačném dmychadle a případně nutnost jeho chlazení před vstupem do minitunelu kvůli udržení požadovaných teplot. Instalace chladicího systému a jeho regulace není zcela kompatibilní se záměrem miniaturizace celého zařízení.



Obr. 16. Minitunel s pneumatickou clonou

Minitunel podle Obr. 16. používá pouze sací dmychadlo, které udržuje v minitunelu tlak mírně nižší než tlak spalin ve výfukovém traktu motoru. Shodná rychlost v sondě se nastavuje regulací průtoku odebírané části spalin. Jako akční člen této regulace se používá zařízení, které jeho autor (prof. Hohenberg z TH Darmstadt) nazval pneumatische Blende, či **Pneumatic Orifice (PO** na Obr. 16.), tedy pneumatická clona. Kromě úplného odstranění tlačného dmychadla se za výhodu uspořádání podle Obr. 16. považují menší nároky na mohutnost výkonového stupně (elektronického) regulátoru, který řídí pumpu (malého výkonu) dodávající řídící vzduch do pneumatické clony.

Na Obr. 16. je naznačeno tandemové uspořádání dvou filtrů. Taková kombinace se používá pro ověření filtrační účinnosti vlastního filtračního elementu (množství částic, zachycených na zadním filtru má být výrazně menší).

Práce na další miniaturizaci zařízení pro vyhodnocování produkce částic probíhají.

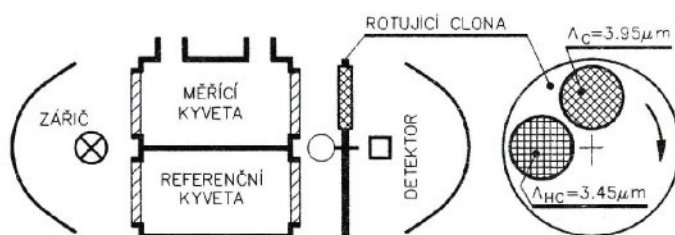
Minitunely jsou vybaveny pro odběr vzorku zředěných spalin a pro určení celkového průtoku spalin i ředícího poměru lze použít výpočtů, používajících jako vstupy koncentrace plynných složek způsobem jaký byl popsán u plnoprůtokového tunelu. Pro určení poměrného množství spalin, které jsou odebírány pro ředění lze též využít isokinetické chování sondy (a předpokládat úměrnost průtoků a průtočných ploch).

Dalším problémem gravimetrického hodnocení je samotné zjištění hmotnosti filtru. Zejména je nutno přijmout zvláštní opatření, které zabrání kondenzaci

atmosférické vlhkosti na filtru při manipulaci. Pro ověření přesnosti vážení se obvykle používá referenční filtrační element, který absolvuje společně s aktivním elementem všechny manipulační postupy, nezachycují se však na něm částice ze spalín. Při závěrečném zjišťování hmotnosti aktivního filtru se kontroluje neproměnnost hmotnosti referenčního elementu.

V přípravě je vyhodnocovací postup, využívající filtr z nehořlavého materiálu, množství úsady se vyhodnotí jejím spálením za definovaného přívodu vzduchu a změřením koncentrace CO_2 na výstupu z příslušného spalovacího zařízení.

Zatím popsané metody měření koncentrace částic nepoužívají žádného převodu měřené veličiny, v tomto smyslu tedy vlastně nemají kalibrační křivku, resp. jejich kalibrační křivkou je přímka procházející počátkem s logickou směrnici 1.



Obr. 17. Infračervený opacimetr podle AVL

Na Obr. 17. se uvádí schéma analyzátoru částic firmy AVL, který využívá pro svou funkci převodu na elektrickou veličinu. Měřícím principem je prosvěcování sloupce spalín infračerveným zářením, na rozdíl od metody NDIR se selektivita dosahuje použitím monochromatických filtrů na rotující cloně. Absorpční spektrum pevného uhlíku je spojité, proto pásmo propustnosti příslušného optického filtru lze volit tak, aby na propouštěné vlnové délce (Δ_C) nedocházelo k interferenci s absorpčním spektrem jiných komponent přítomných ve vzorku spalín. Druhý optický filtr má pásmo propustnosti zvoleno tak, aby propouštěná vlnová délka (Δ_{HC}) ležela v oblasti maxima absorpční aktivity těžkých uhlovodíků.

Zpracováním modulovaného signálu detektoru tedy lze získat údaj o celkové koncentraci částic a rovněž informaci o podílu sazí a těžkých uhlovodíků na celkovém množství emitovaných pevných částic.

Jednoznačnost kalibrační křivky (tedy vztahu mezi výstupním elektrickým signálem měřicího systému a hmotnostní koncentrací pevných částic) je důvodem k zařazení infračerveného opacimetru mezi přímé metody hodnocení emise pevných částic.

Nicméně nutnost sestavení a ověřování kalibrační křivky je jistou nevýhodou infračerveného opacimetru. Výhodou je možnost kontinuálního měření a rychlost odezvy. Průtok vzorku, dodávaného lopatkovým dmychadlem instalovaným na výstupu měřicího systému, tedy veličina Q (objemový průtok vzorku) je $40 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$, dopravní zpoždění $t = 0.25 \text{ s}$ a přechodová doba $t_{95} = 0.35 \text{ s}$. Rychlost odezvy je podpořena skutečností, že přístroj analyzuje neředěné spaliny. Analyzátor částic AVL lze ve spojení s automatizovaným sběrem dat použít pro měření emise pevných částic v nestacionárních režimech běhu motoru.

V nouzi lze koncentraci pevných částic vypočítat z kouřivosti stanovené filtrační metodou.

Pseudokontinuální filtrační kouřoměry bývají vybaveny procesorem s naprogramovaným přepočtem naměřené kouřivosti na údaj koncentrace částic.

Příslušná číslicová zobrazovací jednotka pak zobrazuje takto přepočítanou hodnotu. Nutno ovšem vědět, že se jednoznačně jedná o náhradní způsob vyhodnocení.

Pro klasickou opacimetrickou metodu nebyly převodní vztahy publikovány. Při použití bílého světla se na celkovém zeslabení světelného toku (extinkci) mezi žárovkou a fotonkou (viz Obr. 11.) významně podílí rozptyl světla. Proto neexistuje jednoznačná, analyticky popsatelná závislost mezi údajem klasického (podle Obr. 11.) a infračerveného (podle Obr. 17.) opacimetru.

[1]

5. Požadavky přenosných aparatur instalovaných ve zkoušeném vozidle pro měření emisí za provozu

Problematika týkající se volby analyzátorů pro měření určité škodliviny (při instalaci analyzátoru ve vozidle za jízdy) je složitá.

Analyzátory pracující na principu ultrafialového a infračerveného záření jsou vhodné z hlediska všestranného použití (měří NO_x , CO, CO_2). Avšak většina výrobců ukládá vlastní zařízení, které je uvnitř analyzátoru (zářič, kyveta, komparátor) na pružiny. To je z hlediska uložení analyzátoru ve vozidle nevyhovující, protože by měřicí zařízení neustále kmitalo a s vysokou pravděpodobností by došlo k poškození. Ale jak je napsáno výše, někteří výrobci vyrábějí tyto analyzátory bez vlastního vnitřního pružného uložení.

Pro měření NO_x je dále vhodný a „více“ odolný chemicko-luminiscenční analyzátor. Jeho nejcitlivější součást na vnější vlivy je fotonásobič, reaktor a ozonizátor. Tyto součásti jsou ale upevněny k tělesu analyzátoru. Nevýhodou zařízení je nutná přítomnost stlačeného kyslíku pro ozonizátor. Vození stlačeného kyslíku v měřeném vozidle, které nemá uchycení na plynové nádoby je nebezpečné. Vozidlo, které převáží tlakové nádoby musí být označeno tabulkou ADR a řidič převážející tlakovou lahev musí mít školení ADR.

Pro měření THC je vhodný FID analyzátor. Nevýhodou je nutná přítomnost lahve se stlačeným vodíkem, ten představuje vyšší nebezpečí než stlačený kyslík.

Vhodný je analyzátor pracující na principu magnetických vlastností. Neobsahuje složitá zařízení a měří koncentrace téměř všech látek.

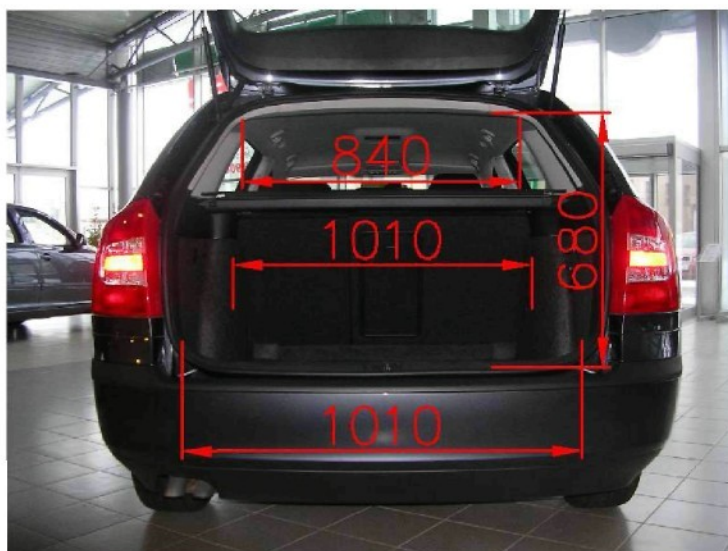
Pro měření kouřivosti motoru lze použít téměř jakoukoliv metodu. Infračervený opacimetr AVL obsahuje stejně jako infračervený analyzátor rotační kyvetu.

Volba instalovaných zařízení spočívá na pracovnících katedry KVM. V budoucnosti budou zakoupeny nové analyzátory, které budou sloužit nejen k měření v laboratořích KVM, ale i za provozu v měřených vozidlech. Výběr analyzátorů ovlivňuje zejména přesnost měření. Výsledek instalovaných analyzátorů do tohoto projektu bude kompromis mezi přesností měření a vnitřní konstrukcí analyzátorů. Přičemž přednost bude mít přesnost měření, protože cílem této práce je navrhnout takové uložení přístrojů, které bude eliminovat jejich poškození. Cena jednoho analyzátoru se může pohybovat až kolem 500 000 Kč.

5.1 Požadavky z hlediska velikosti a hmotnosti

Navrhované zařízení je omezeno velikostí zavazadlových prostorů měřených vozidel. Jako etalonové vozidlo byla zvolena Škoda Octavia II ve verzi kombi. Zařízení se musí svými rozměry vejít a musí být umožněno jeho bezproblémové naložení do tohoto vozidla. Na obrázcích uvedených na další straně je zavazadlový prostor Octavie i s rozměry.

Užitečná hmotnost Octavie je 660 kg.



Obr. 18. Zavazadlový prostor Škoda Octavia II – pohled zezadu



Obr. 19. Zavazadlový prostor Škoda Octavia II – pohled z boku 1



Obr. 20. Zavazadlový prostor Škoda Octavia II – pohled z boku 2

5.2 Požadavky z hlediska elektrického příkonu přístrojů

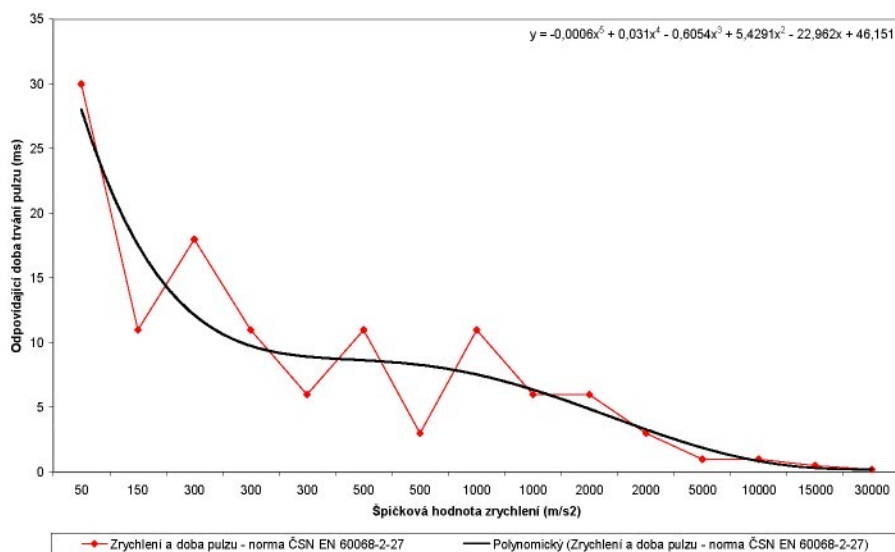
Použité přístroje využívají pro svou činnost elektrickou energii, která je potřeba pro pohon ventilátorů, kompresorů, kyvet, vlastní řídicí elektroniky a dalších součástí. Jako zdroj by energie z vozidla nestačila, a proto budou v uložení zakomponovány baterie. Příkon analyzátorů je cca 2,5 kW po dobu dvou hodin. Po konzultaci s odborníky dodavatelských firem a zvážením zástupci katedry KVM byly zvoleny dvě baterie 12V 150 Ah, typu deep cycle s řízeným ventilem. Tato baterie je schopna dodávat 60 A cca po dobu dvou hodin. Elektroniku k provozu akumulátoru zajistí katedra KVM. Přítomnost akumulátorů bude vhodná pro utlumení vibrací.



Obr. 21. Akumulátor BB BPL 150-12

5.3 Požadavky z hlediska vibrací působících na přístroje

Výrobci analyzátorů údaj o dovolených vibracích neuvádějí. Přístroje jsou navrhovány tak, aby byly používány v laboratořích a to v klidu. Abychom mohli alespoň z něčeho vycházet, zakoupili jsme normu ČSN EN 60068-2-27, která se zabývá zkouškami vlivu prostředí – zkoušky úderů. Stupně přísnosti jsou zde děleny podle zrychlení a odpovídající době pulzu. Na Obr. 22. je zobrazena závislost špičkového zrychlení a odpovídající doby pulzu. V našem případě je dlouhá doba pulzu a nízká hodnota špičkového zrychlení. Proto jsem vytvořil graf a proložil jím polynomičnou křivku, abychom mohli v případě potřeby dopočítat potřebné hodnoty. Obrázek je na další straně.



Obr. 22. Zrychlení a doba pulzu ČSN EN 60068-2-27 [4]

5.4 Ostatní požadavky přístrojů

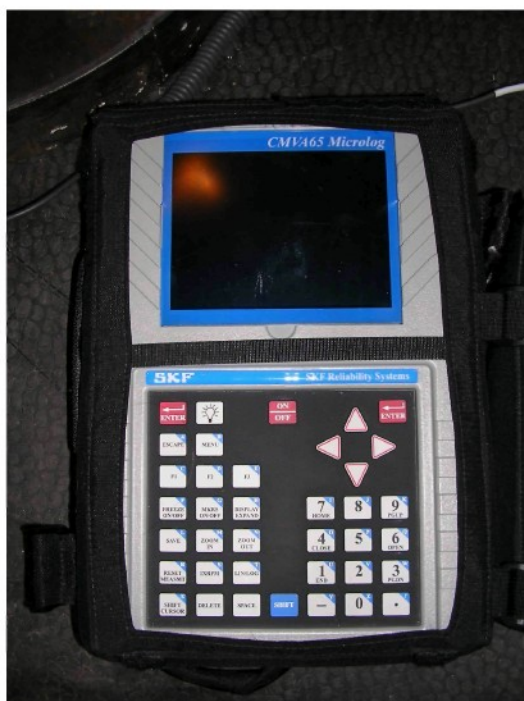
Jednotlivé analyzátory jsou běžně zabudovány v 19" laboratorních skříních. Zhotovené zařízení bude mít uložení, jako laboratorní skříň a navíc budou analyzátory podepřeny úhelníky kvůli vylamování jejich čel vlivem vibrací.

Analýzátory pracují při teplotě od -5 do 40°C a většinou o vlhkosti prostředí od 0 do 90%. Omezení použití analyzátorů je zejména z hlediska vibrací. Ale před vybráním daného zařízení do provozu, kdy měří v reálném čase (za jízdy) je nutné prostudování manuálu, aby se neopomenula některá podmínka pro provoz.

6. Vibrace působící na přístroje uložené ve vozidle

6.1. Měření vibrací pomocí magnetické sondy - akcelerometru

K měření jsme využili univerzitní vozidlo Renault Trafic, kterým by se mělo celé zařízení dopravovat na místo měření (k měřenému vozidlu). Do zavazadlového prostoru jsme umístili 70 kg těžký ocelový výpalek a na něj jsme postupně umisťovali magnetickou sondu ze třech stran, abychom naměřili vliv vibrací v vertikálně, horizontálně ve směru a kolmo na směr jízdy. Tato měření jsme opakovali 4x. Měřili jsme silnici 1. třídy, 2. třídy, jízdu po kostkách a jízdu po vysokých špatně uložených kostkách. Všechna měření byla provedena při rychlosti, při které byly vibrace nejvýraznější. Na Obr. 23 až 26 jsou zobrazena místa umístění sondy a vlastní měřicí zařízení SKF. Měřili jsme zrychlení a frekvenci vibrací.



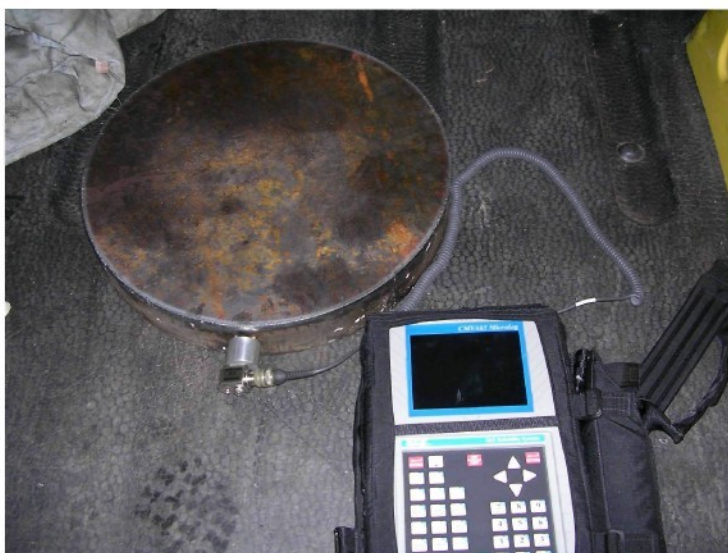
Obr. 23. Měřicí zařízení SKF CMVA65 Microlog



Obr. 24. Vertikální měření vibrací



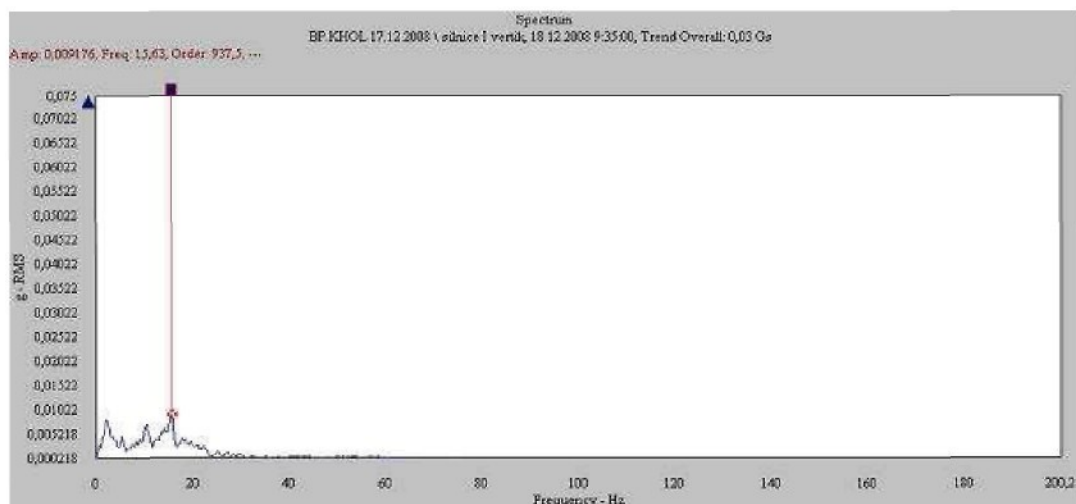
Obr. 25. Horizontální měření vibrací – kolmo na směr jízdy



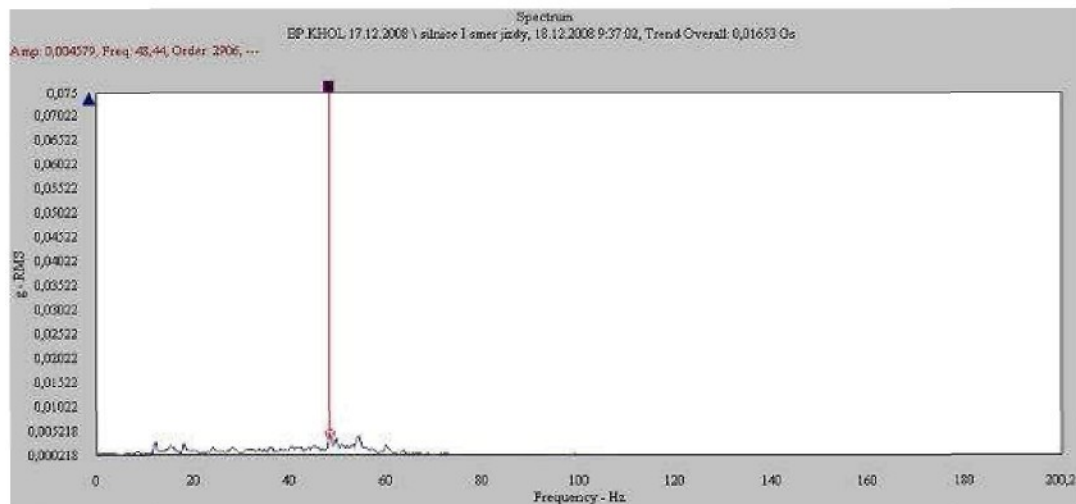
Obr. 26. Horizontální měření vibrací – ve směru jízdy

Výstupem měření jsou grafy s označenými maximálními zrychleními a frekvencemi. Na následujících 12-ti obrázcích jsou zobrazena spektra zrychlení vibrací. Pod obrázky je uvedeno: maximální zrychlení, frekvence a perioda – vypočtená (10):

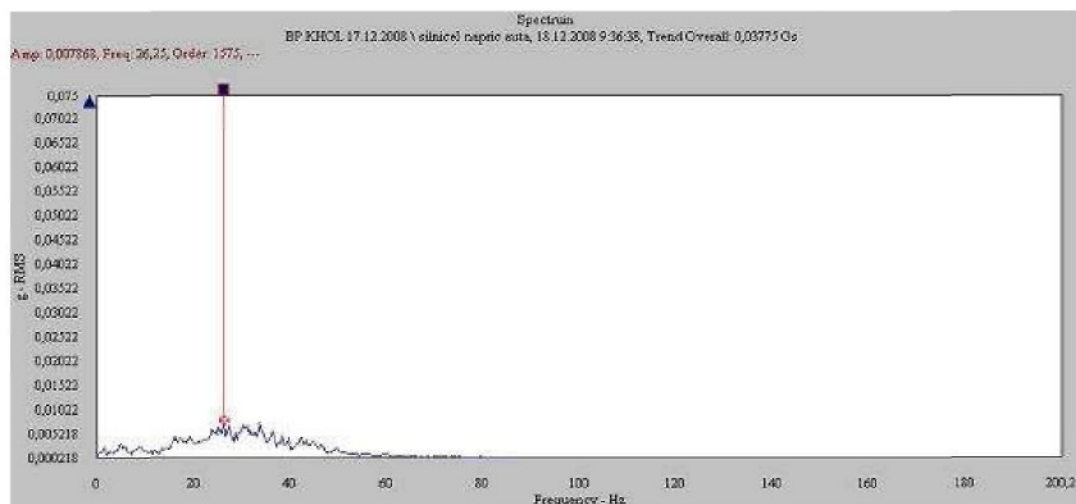
$$T = \frac{1}{f} [s] \quad (10)$$



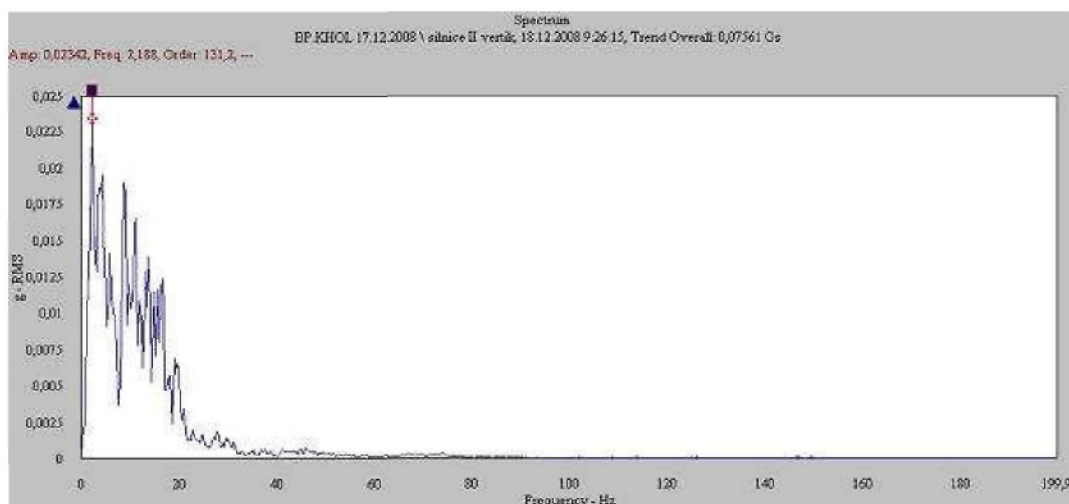
Obr. 27. Spektrum zrychlení vibrací – silnice 1. třídy – vertikálně
($g_{\max} = 0,0092 \text{ ms}^{-2}$, $f = 15,63 \text{ Hz}$, $T = 0,0634 \text{ s}$)



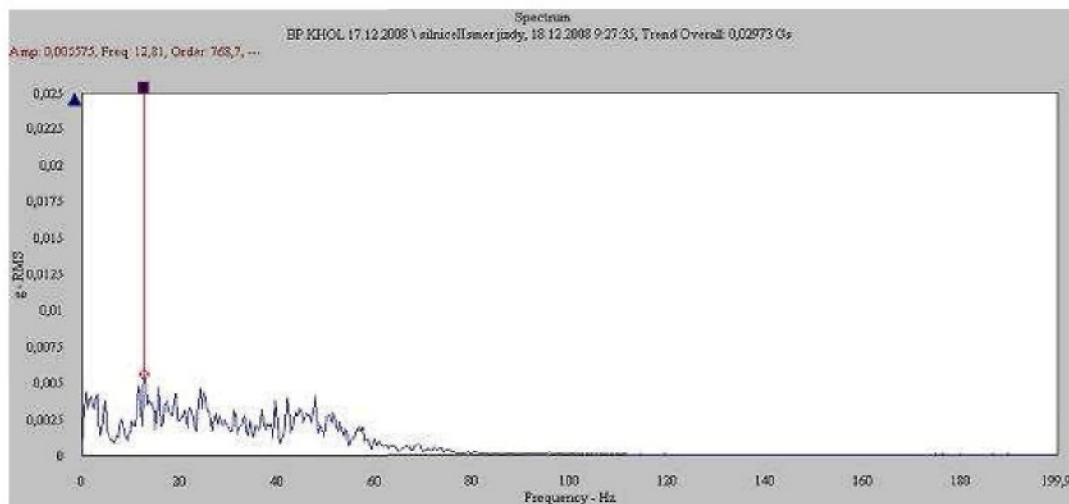
Obr. 28. Spektrum zrychlení vibrací – silnice 1. třídy – horizontálně - ve směru jízdy
($g_{\max} = 0,0046 \text{ ms}^{-2}$, $f = 48,44 \text{ Hz}$, $T = 0,0206 \text{ s}$)



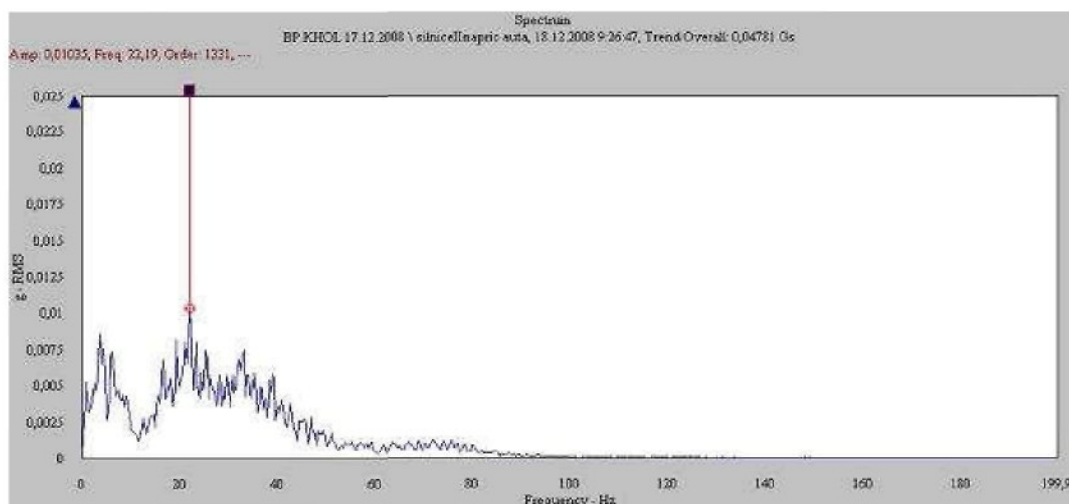
Obr. 29. Spektrum zrychlení vibrací – silnice 1. třídy – horizontálně - kolmo ke směru jízdy
($g_{\max} = 0,0079 \text{ ms}^{-2}$, $f = 26,25 \text{ Hz}$, $T = 0,0381 \text{ s}$)



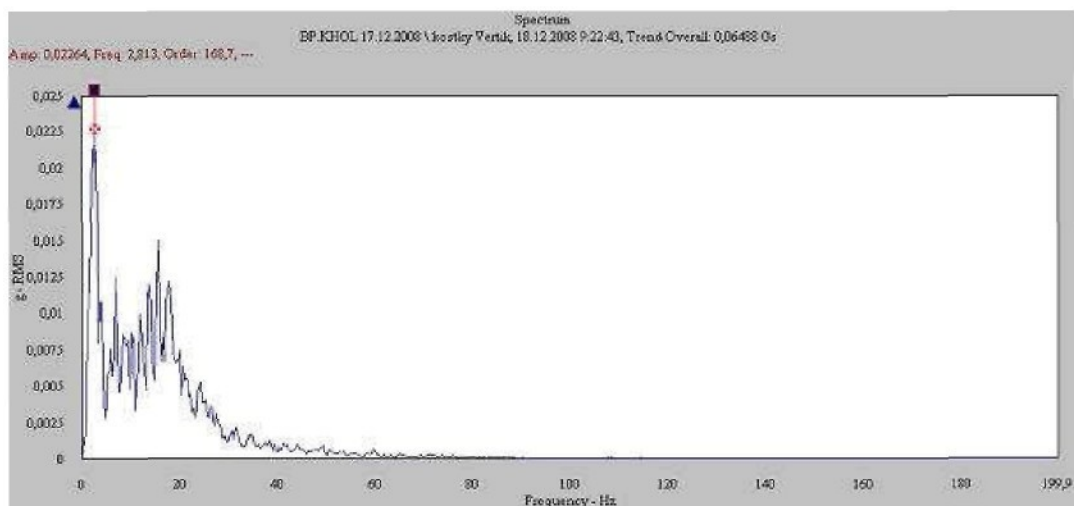
Obr. 30. Spektrum zrychlení vibrací – silnice 2. třídy – vertikálně
($g_{\max} = 0,0234 \text{ ms}^{-2}$, $f = 21,88 \text{ Hz}$, $T = 0,0457 \text{ s}$)



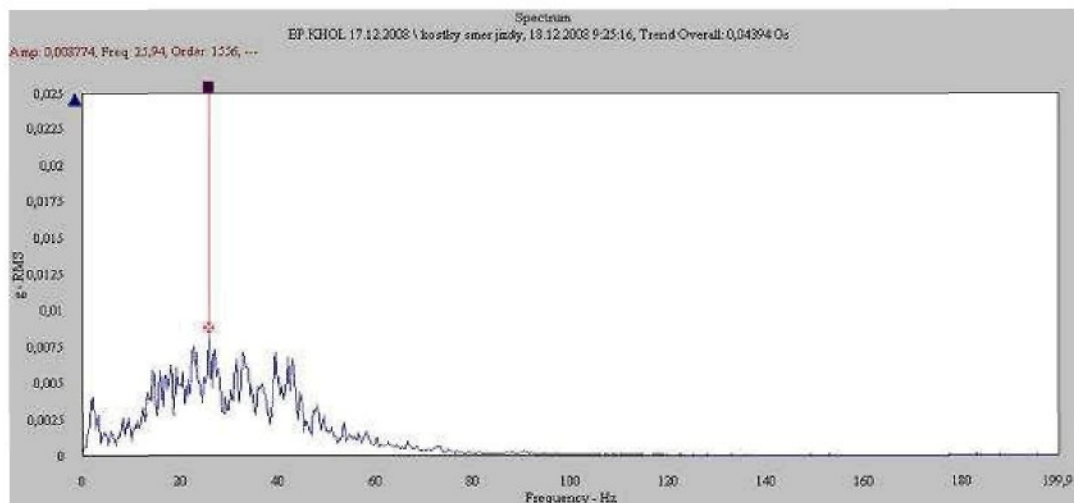
Obr. 31. Spektrum zrychlení vibrací – silnice 2. třídy – horizontálně - ve směru jízdy
($g_{\max} = 0,0056 \text{ ms}^{-2}$, $f = 12,81 \text{ Hz}$, $T = 0,0781 \text{ s}$)



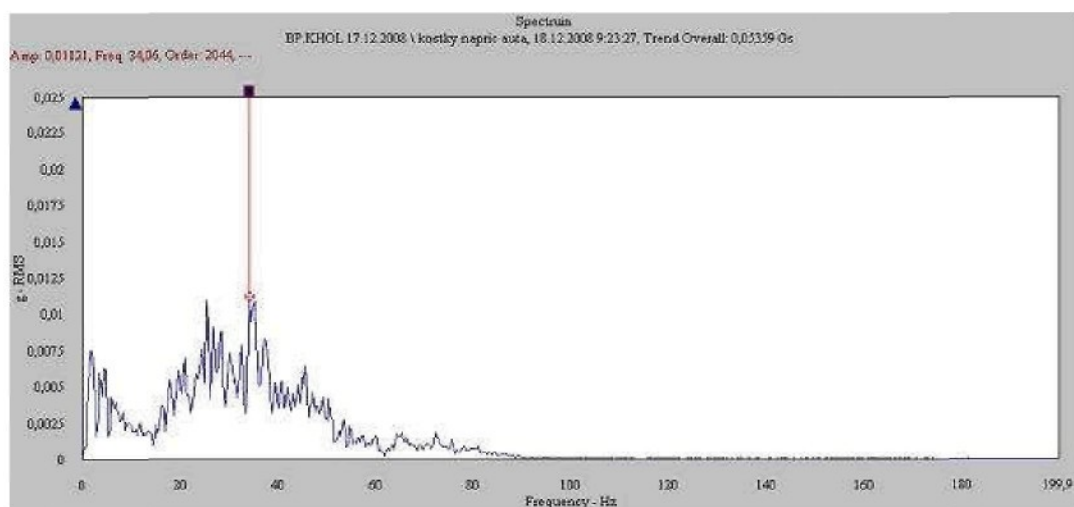
Obr. 32. Spektrum zrychlení vibrací – silnice 2. třídy – horizontálně – kolmo ke směru jízdy
($g_{\max} = 0,0104 \text{ ms}^{-2}$, $f = 22,19 \text{ Hz}$, $T = 0,0451 \text{ s}$)



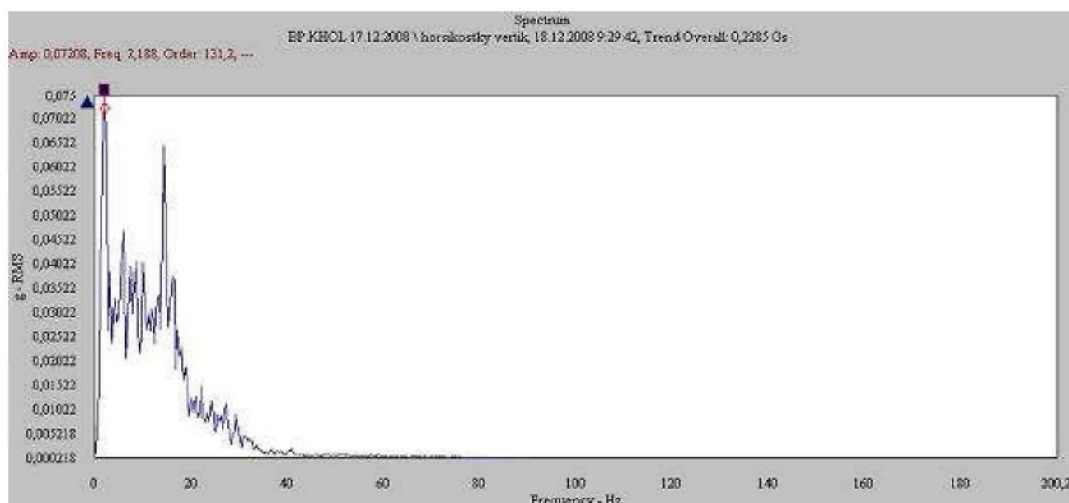
Obr. 33. Spektrum zrychlení vibrací – kostky – vertikálně
($g_{\max} = 0,0226 \text{ ms}^{-2}$, $f = 2,81 \text{ Hz}$, $T = 0,3559 \text{ s}$)



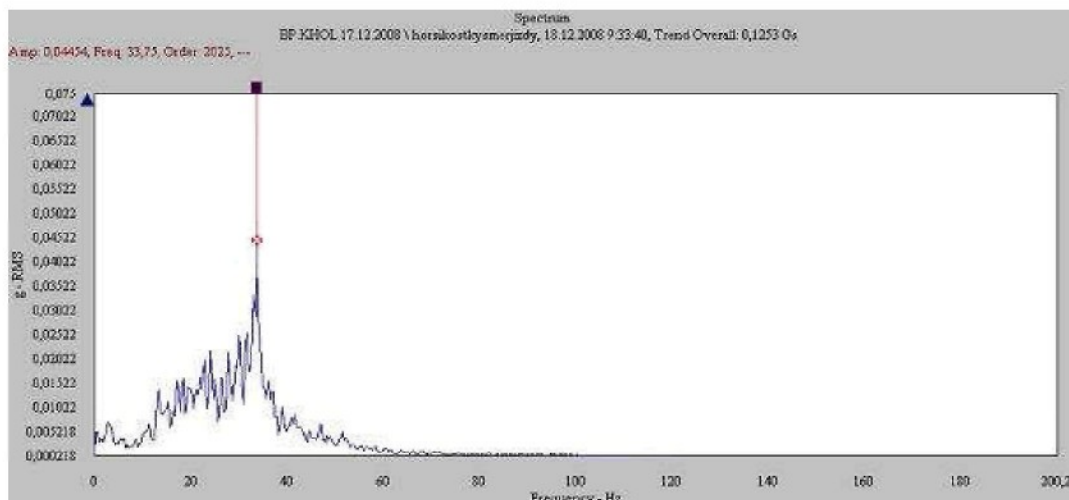
Obr. 34. Spektrum zrychlení vibrací – kostky – horizontálně - ve směru jízdy
($g_{\max} = 0,0088 \text{ ms}^{-2}$, $f = 25,94 \text{ Hz}$, $T = 0,0386 \text{ s}$)



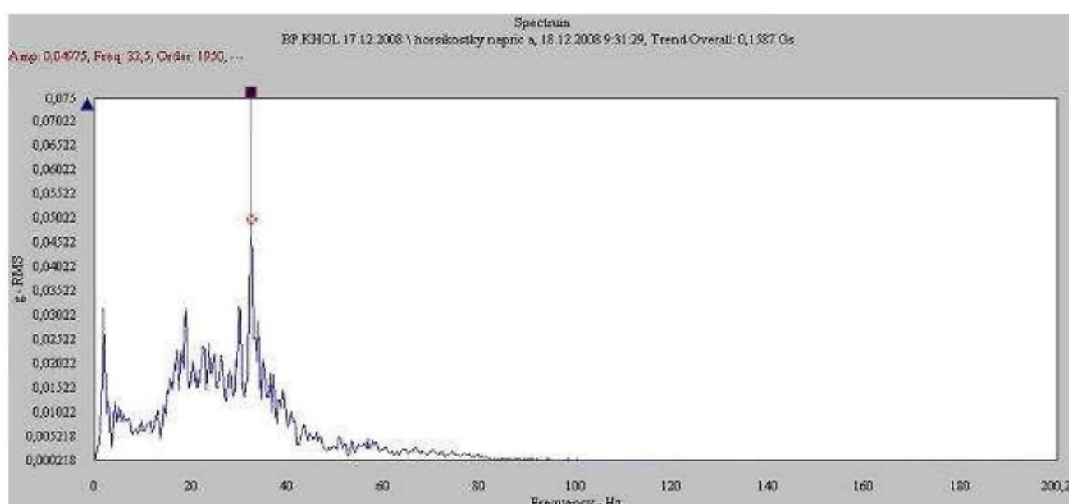
Obr. 35. Spektrum zrychlení vibrací – kostky – horizontálně – kolmo ke směru jízdy
($g_{\max} = 0,0182 \text{ ms}^{-2}$, $f = 34,06 \text{ Hz}$, $T = 0,0294 \text{ s}$)



Obr. 36. Spektrum zrychlení vibrací – horší kostky – vertikálně
($g_{\max} = 0,072 \text{ ms}^{-2}$, $f = 2,19 \text{ Hz}$, $T = 0,4566 \text{ s}$)



Obr. 37. Spektrum zrychlení vibrací – horší kostky – horizontálně - ve směru jízdy
($g_{\max} = 0,0445 \text{ ms}^{-2}$, $f = 33,75 \text{ Hz}$, $T = 0,0296 \text{ s}$)

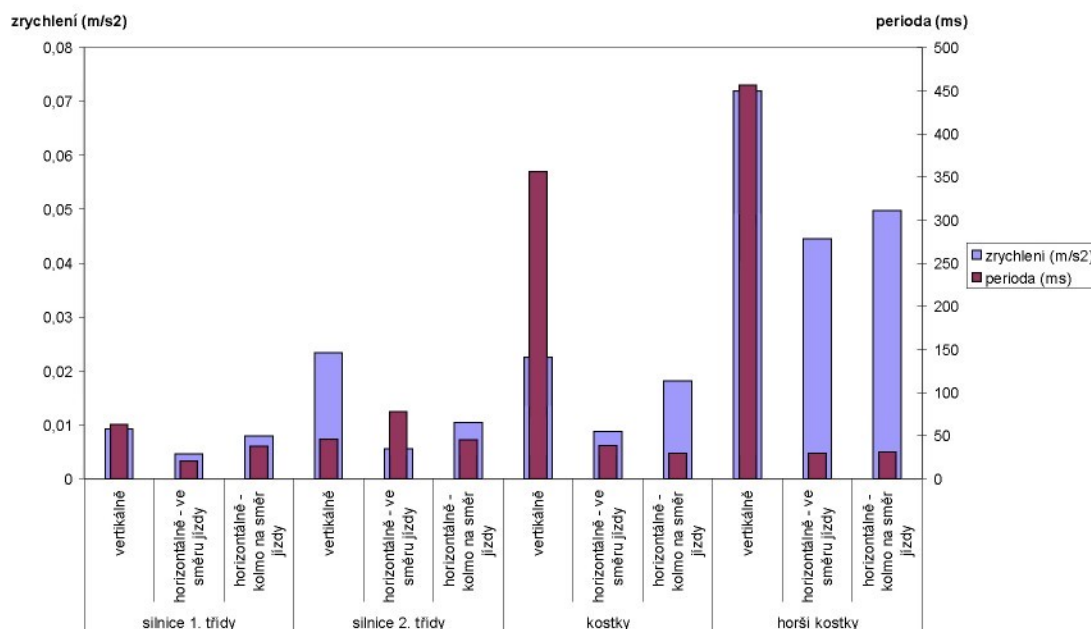


Obr. 38. Spektrum zrychlení vibrací – horší kostky – horizontálně – kolmo ke směru jízdy
($g_{\max} = 0,0498 \text{ ms}^{-2}$, $f = 32,50 \text{ Hz}$, $T = 0,0308 \text{ s}$)

6.2 Vyhodnocení měření vibrací pomocí magnetické sondy

Závislost zrychlení a doby pulzu je vynesena na grafu v následujícím Obr.39. Doba pulzu je při jízdě po hrubých kostkách 228,3 ms, tato hodnota se v normě neuvádí. Nyní se vracím ke grafu 1, kterým je proložena polynomická křivka šestého stupně. Funkci je nutno invertovat. Inverzní funkce (11) je zobrazena níže. Po dosazení doby pulzu o hodnotě 228,3 ms do rovnice vychází hodnota špičkového zrychlení v absolutní hodnotě $g_{\max} = 3,3918 \cdot 10^{-9} \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ (Doba pulzu je rovna polovině hodnoty periody). A zrychlení, které na zařízení při tomto povrchu vozovky působí je $g = 0,072 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$. To je téměř o 10^7 vyšší hodnota. Nutnost tlumení vibrací je evidentní. I když berme v úvahu, že hodnota zrychlení je dopočítávána z funkce, jež byla zkonstruována z řady hodnot, které celkem výrazně kolísaly a pro stejnou hodnotu zrychlení platily místy dvě velice odlišné hodnoty doby pulzu (Obr. 22.). I kdybychom nedosáhli ideálního tlumení, cílem je dosáhnout co nejvyššího snížení vibrací působících na analyzátor.

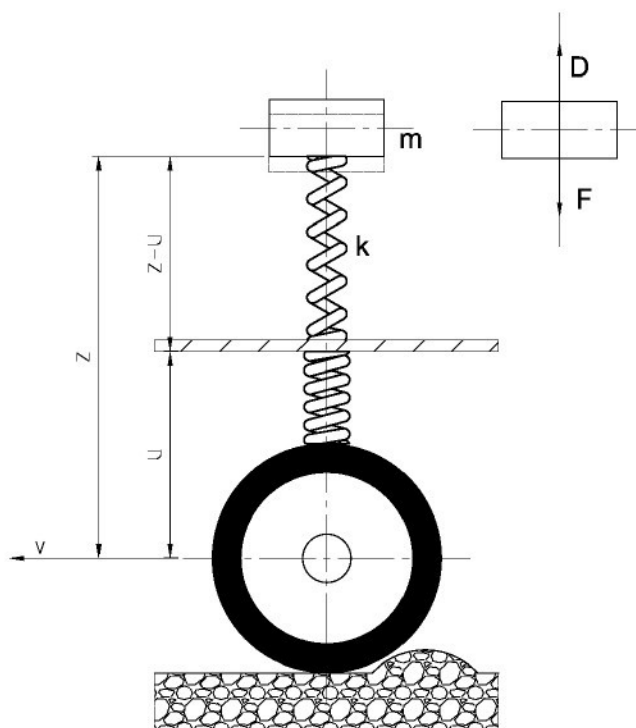
$$g = \frac{-1666,667}{x^5 - 51,667 \cdot x^4 + 1009 \cdot x^3 - 9048,5 \cdot x^2 + 38270 \cdot x - 76918,33} \quad (11)$$



Obr. 39. Naměřená spektra zrychlení a period pulzů za jízdy na různých druzích vozovky

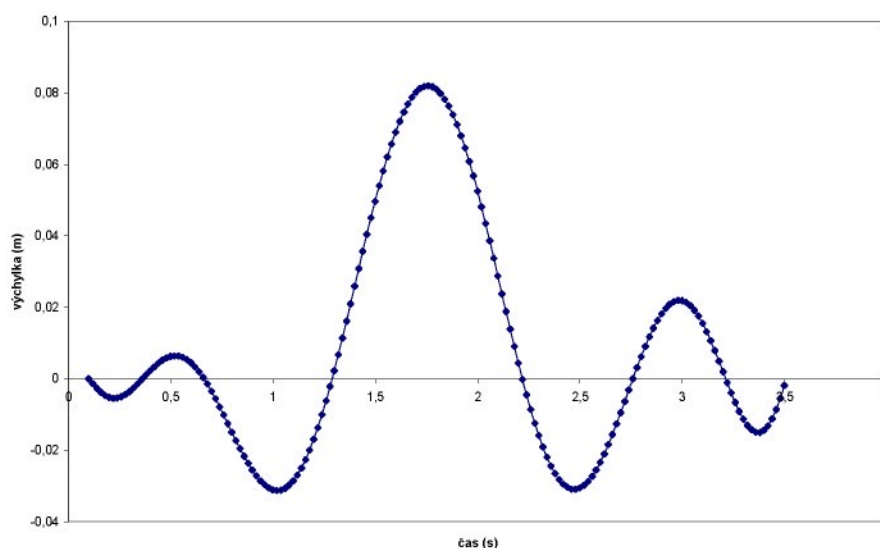
6.3 Měření vibrací vycházející z kinematiky vozidla

V této kapitole je popsán postup, kterým jsem určoval časový průběh vibrací při přejezdu retardéru při rychlosti 10 km/h. Na Obr. 40. je zobrazeno schéma měření. Na stropě vozidla je zavěšena pružina známé tuhosti, na pružině je zavěšené závaží známé hmotnosti. Při přejezdu nerovnosti závaží na pružině vykmitne. Měřím výchylku závaží vůči podlaze vozidla. Průběh zaznamenávám kamerou. Na schématu je pro jednoduchost naznačena tlačná pružina na podlaze.



Obr. 40. Schéma průběhu vibrací a silové schéma při přejezdu retardéru

V rovnováze sil není uvedena gravitační síla, protože vycházím ze stavu, kdy je závaží zavěšeno a pružina je již natažena. Na silovém schématu směřuje d'Aembertova síla nahoru, to je v okamžiku nájezdu na retardér – závaží se pohybuje dolů. Směr sil se během jízdy neustále mění podle smyslu pohybu závaží. Graf 3 znázorňuje průběh výchylky závaží vůči podlaze vozidla $(z-u)=x$. Pro výpočet zrychlení podlahy vozidla je nutné znát koeficient tlumení. To jsem opět změřil na stejném závaží a pružině. Tentokrát zavěšený v klidu. Závaží jsem rozkmital ve svislém směru a na kameru zaznamenal výchylku a dobu kmitání. Tento záznam jsem porovnal s rovnicí pro tlumené kmity (12) a po dosazení všech členů včetně koeficientu tlumení b a jeho postupném měnění jsem docílil stejného průběhu rovnice pro tlumené kmity, jako měl samotný záznam na kameře – Obr. 41.



Obr. 41. Výchylka závaží vůči podlaze při přejezdu retardéru

$$z = z_0 \cdot e^{-b \cdot t} \cdot \sin(\Omega \cdot t) + z_{0p} \quad (12)$$

z_0 ...hodnota výchylky nebuzeného kmitání (m)

z_{0p} ...hodnota počáteční výchylky (m)

b ...koeficient tlumení (-)

t ...čas (s)

Ω ...vlastní frekvence soustavy (rad/s)

Vlastní frekvenci soustavy vypočítáme podle vzorce (13):

$$\Omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (13)$$

k ...tuhost pružiny (N/m)

m ...hmotnost závaží (kg)

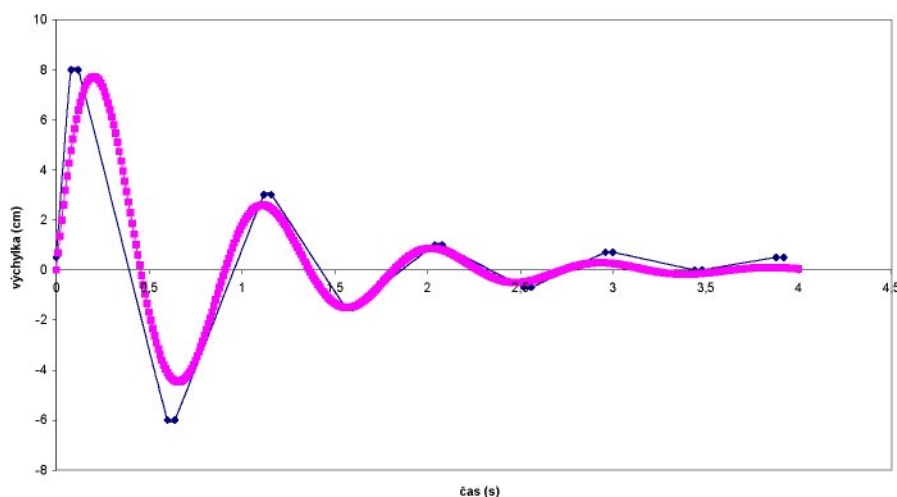
Parametry mnou zvolené soustavy mají hodnoty:

$$k = 52,32 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$m = 1,6 \text{ kg}$$

$$z_0 = 0,1 \text{ m}$$

$$z_{0p} = 0 \text{ m}$$



Obr. 42. Tlumení pružiny

Výsledná hodnota koeficientu tlumení **$b=1,2$** .

K určení zrychlení podlahy vozidla je podle vzorce (14) sestaveného podle schématu na Obr. 40. je zapotřebí první a druhé derivace výchylky. Derivace množiny bodů jdoucích v řadě za sebou v závislosti na čase se provede podle vzorce (15). Na Obr. 43. je zobrazena kompletní kinematika závaží zavěšeného na pružině vůči podlaze.

Jak bylo výše uvedeno rozdíl výchylek **$z-u$** jsem nahradil proměnnou **x** .

$$\begin{aligned} D + F &= 0 \\ m \cdot \ddot{z} + k \cdot x &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

Z toho platí pro tlumené kmity (16):

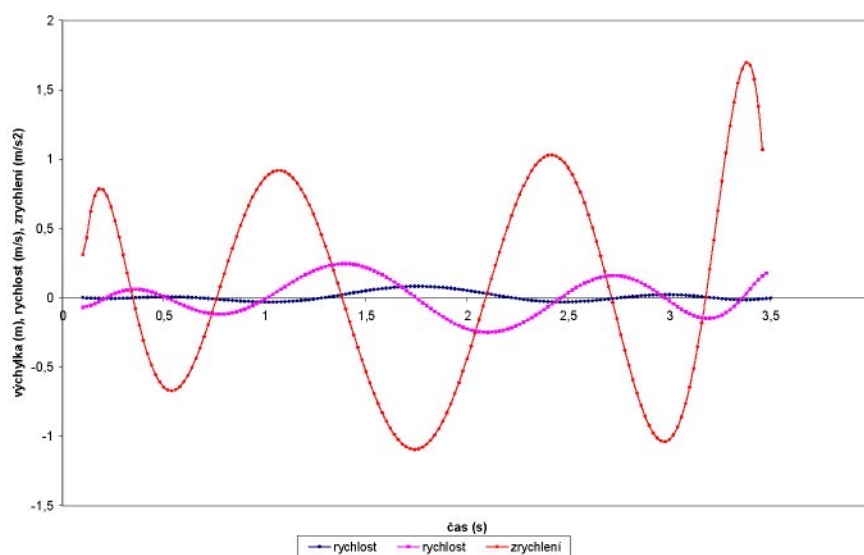
$$m \cdot \ddot{x} + b \cdot \dot{x} + k \cdot x = 0$$

$$m \cdot (\ddot{x} + \ddot{u}) + b \cdot \dot{x} + k \cdot x = 0 \Rightarrow \ddot{u}$$

$$\ddot{u} = \frac{-b \cdot \dot{x} - k \cdot x}{m} - \ddot{x}$$
(16)

Derivace množiny bodů jdoucích po sobě v závislosti na čase:

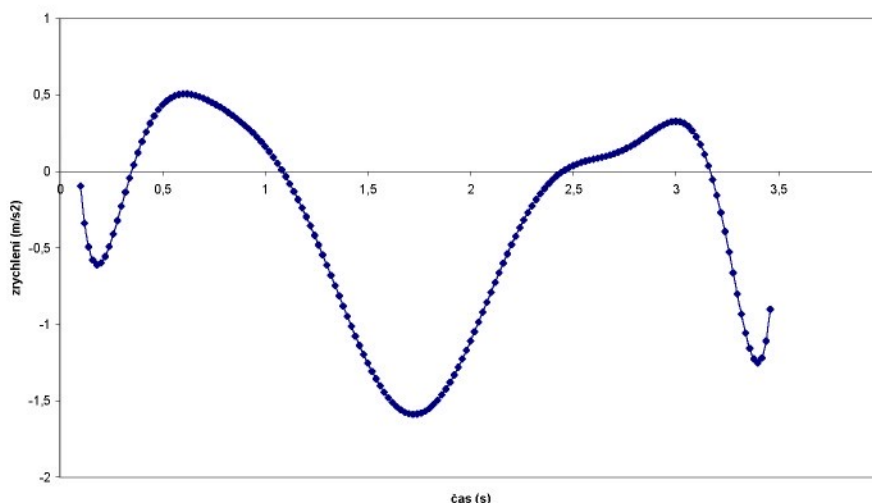
$$\dot{x} = \frac{x_{i+1} - x_i}{\Delta t}$$
(15)



Obr. 43. Kompletní kinematika závaží vůči podlaze vozidla

6.4 Vyhodnocení měření vibrací vycházející z kinematiky vozidla

Na Obr. 44. je zobrazeno zrychlení podlahy vozidla. Zrychlení nabývá nyní maximální hodnoty v absolutní hodnotě $g_{\max} = 1,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ a doba pulzu při tomto zrychlení je 1800 ms.



Obr. 44. Zrychlení podlahy vozidla

I v tomto případě je doba pulzu příliš dlouhá, hodnota zrychlení je při dané době pulzu o 10^{14} větší než dovolená. I zde platí, že tato hodnota není zcela směrodatná – byla dopočítána z přibližných hodnot z normy přes polynomickou funkci.

7. Návrh vhodné konstrukce uložení přístrojů

Z počátku jsem chtěl celé zařízení vyrobit z běžně dostupných ocelových profilů. Po několika konzultacích jsem došel k návrhu konstrukce zhotovené z hliníkových profilů MiniTec.

7.1 Profily MiniTec

Jedná se o stavebnicový systém profilů. Profily a většina příslušenství kromě spojovacího materiálu je z hliníkové slitiny Al Mg Si 0,5 F 25. Profily mají výborné pevnostní vlastnosti. Povrch profilů je eloxován, takže nedochází k zanechání otisků rukou při styku s povrchem profilu. Veškeré spojování profilů je pomocí spojek, tzv. Power-Lock-Fastener, rohy mohou být vyztuženy úhelníky. Do drážek profilů dodává firma MiniTec matice M3 - M8, rovněž je možné do drážky profilu zasunout hlavu šroubu M8 (velikost klíče 13)

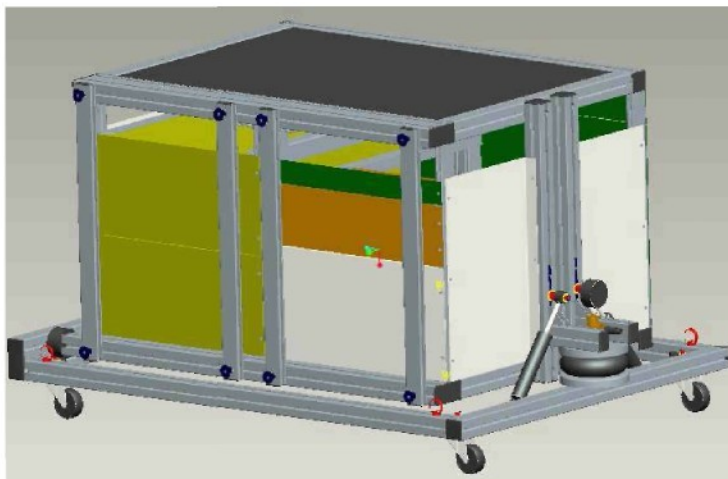
Model je vytvořen z profilů 90x45, 45x45, 32x45UL a 19x45. Nakonec byl profil 45x45 nahrazen po konzultaci s dodavatelem profilem 45x45F, který má menší modul průřezu v ohybu, ale pro naše potřeby z hlediska pevnosti plně vyhovuje a je levnější. Průřezy jsou ve výkresové dokumentaci v příloze, nebo na stránkách výrobce www.minitec.cz.

7.2 Hlavní požadavky na konstrukci

- Navrhnout takové zařízení, které bude možné naložit do osobního automobilu ve verzi Kombi. Jako etalonové vozidlo byla zvolena Škoda Octavia II. Rozměry jejího zavazadlového prostoru jsou na obr. 18-20.
- Zařízení musí jít naložit do automobilu vysokozdvížným vozíkem, protože hmotnost včetně baterií a analyzátorů se bude pohybovat přes 200 kg.
- Musí být usnadněná snadná manipulace se zařízením po laboratoři
- Čela analyzátorů musí být ochráněna před případným poškozením
- Součástí uložení budou baterie - 2ks, á 50 kg
- Zařízení bude zakrytováno
- Odtlumení před vibracemi
- Zařízení musí jít zajistit proti pohybu při jízdě

7.3 Navržená konstrukce

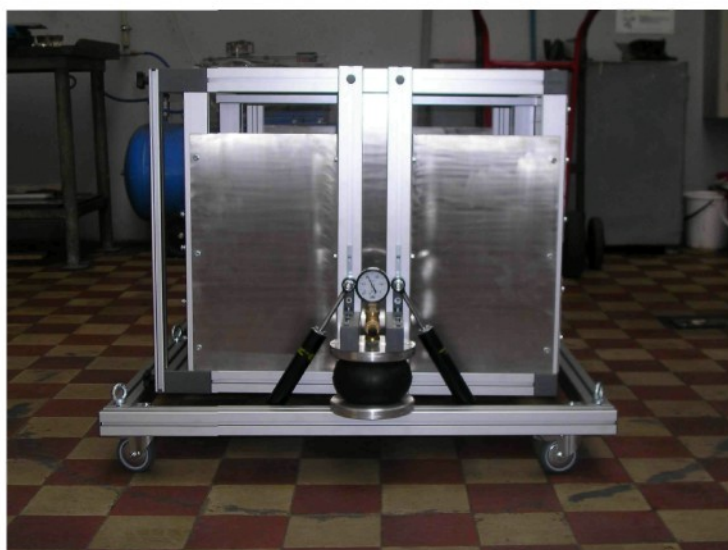
Navržená konstrukce splňuje všechny požadavky. Na Obr. 45. je zobrazen model konstrukce. Na dalších obrázcích – Obr. 46. až 48. je již hotová konstrukce bez analyzátorů.



Obr. 45. 3D model kompletní konstrukce



Obr. 46. Smontovaná konstrukce – pohled zepředu



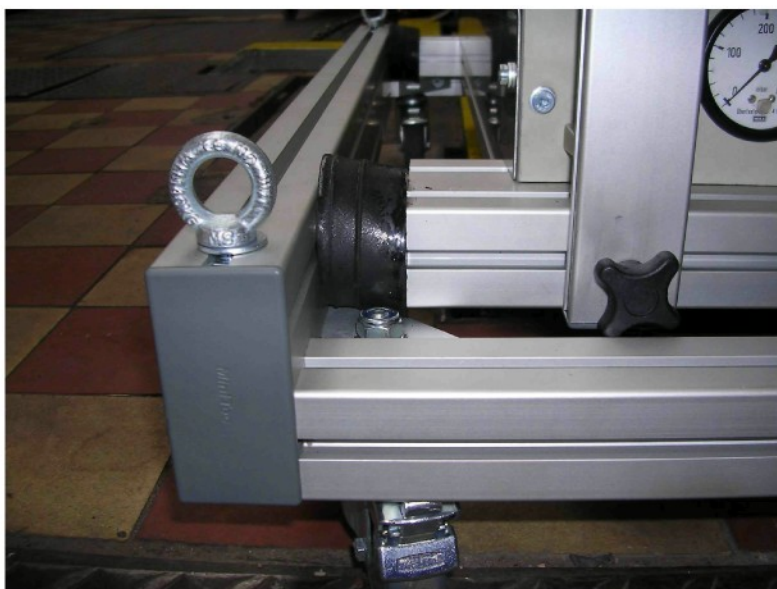
Obr. 47. Smontovaná konstrukce – pohled ze strany vlnovce



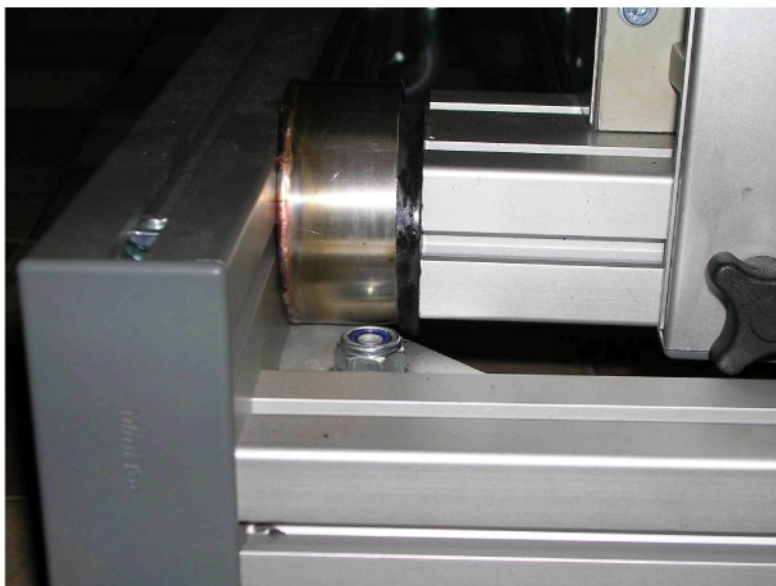
Obr. 48. Smontovaná konstrukce – pohled ze zadu

K odpružení konstrukce je použit vlnovec Dunlop 5/1 (výrobce Rubena Náchod), průměr dna uvnitř vlnovce je 75mm, vnější průměr vlnovce je 150mm. Vlnovec je uložen vedle kratší strany konstrukce – Obr. 47. Na vlnovec jsou napojené armatury pro dopravu stlačeného vzduchu, lze ho nahustit běžnou pumpičkou nebo kompresorem, do armatur je namontován traktorový ventil. Pro zjištění tlaku v pneumatické soustavě je k armatuře připojen manometr.

Na druhém konci jsou dva kusy válcových pružin Rubena 040757 – Obr. 48. vpravo dole. Z důvodů prostorové zástavby a jednoduchosti konstrukce byly umístěny tak, že jsou využívány na střih. Jejich konstrukce to umožňuje, ovšem při montáži došlo k potížím, kdy se pružiny vlivem zatížení opíraly o rohovník – Obr. 49. Na pružiny byly vyrobeny misky – Obr. 50., které tomuto opírání zabráňují, přičemž pružiny svou funkci nadále plní. Funkce pryžových pružin je zejména taková, že fungují jako kloub, přes který se rám pohybuje.

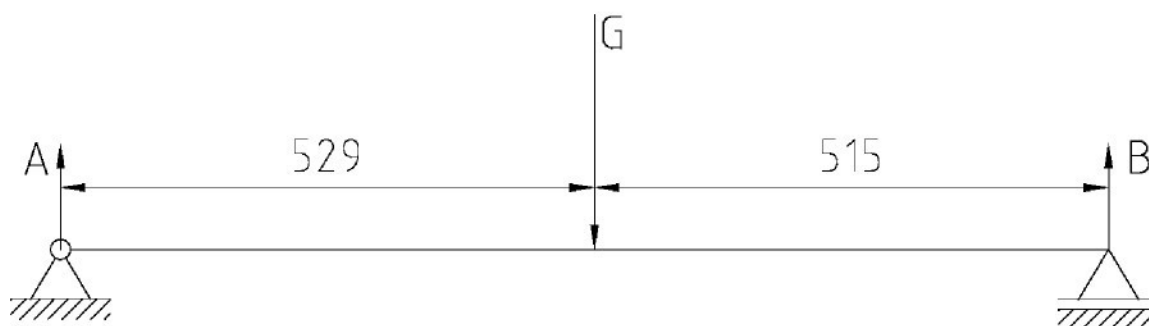


Obr. 49. Kolize pryžové pružiny s dílem rámu



Obr. 50. Oprava kolize pružin s rámem pomocí misek z nerezoceli

Použití vzduchové pružiny umožňuje změnu tuhosti pružiny podle zatížení a podle druhu provozu. V našem případě záleží na kvalitě vozovky, nebo pokud bude zařízení instalováno například na stavební stroj, tak bude záležet na kinematice stavebního stroje. Základní nastavení tuhosti vyplývá z hmotnosti analyzátorů a baterií a polohy těžiště. Na Obr. 51. je schéma pro výpočet tlaku ve vlnovci. Podpora A znázorňuje místo, kde jsou pryžové pružiny a podpora B místo, kde je vlnovec.



Obr. 51. Schéma silové rovnováhy

V následujícím textu je v rovnicích (15) uveden výpočet základního nastavení tlaku ve vlnovci. Pro nižší tuhost se naplní nižším tlakem a naopak. Vedle vlnovce jsou po obou stranách tlumiče, které zajistí, že se zařízení po výkmitu postupně ustálí. Tlumiče jsou dodány závodem Fa Krosno 663 0 08 02 – (pračka Tatramat).

$$B \cdot (515 + 529) = G \cdot 529$$

$$B = \frac{G \cdot 529}{515 + 529} = \frac{2400 \cdot 529}{515 + 529} = \underline{1216N} \quad (15)$$

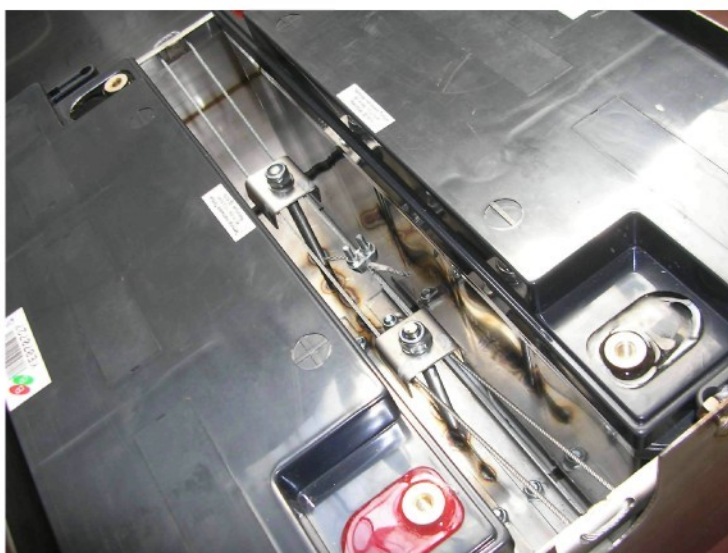
$$p = \frac{F}{S} = \frac{F \cdot 4}{\pi \cdot d^2} = \frac{1216 \cdot 4}{\pi \cdot 0,075^2} = \underline{275kPa}$$

Baterie jsou uloženy do boxu – Obr. 52., jsou gelové, bez elektrolytu. Z důvodů možného úniku par při konci životnosti baterií, je box vyrobený z nerezoceli. Výhoda nerezoceli je, že kromě vyleštění není potřebná další povrchová úprava a při manipulaci nedochází k odírání.



Obr. 52. Box na baterie

Baterie jsou v boxu uloženy mezi úhelníky a zvrchu jsou také zajištěny úhelníky, které jsou spojeny ocelovým lankem a to je staženo šrouby – viz Obr. 53.



Obr. 53. Uchycení baterií

Krycí plechy na bocích a na zadní straně konstrukce jsou vyrobeny také z nerezoceli. Plechy na zadní straně jsou děleny a to tak, že výška jednotlivých plechů odpovídá výšce analyzátorů. Tím lze plechy skládat nad sebe a vynechávat mezery dle potřeby, kterými lze protáhnout kabely od analyzátorů. Zadní plechy je možné namontovat i na čelní stranu zařízení. A to v případě, že vynecháme mezeru mezi

analyzátorů, nebo pro zakrytování. Boční plechy mají od vrchního profilu vytvořenou mezeru pro vidle vysokozdvizného vozíku.

Vrchní deska je vsazena do rámu, položena na rohovníky. Deska je zhotovena z PVC o tloušťce 8mm a na desku je nalepen koberec – Obr. 54. Deska na zařízení slouží v laboratoři jako odkládací plocha.



Obr. 54. Vrchní deska a úhelník sloužící k uložení analyzátorů a boxu baterií

Pro snadnou manipulaci po laboratoři je zařízení uloženo na kolečkách s brzdou, která umožňuje zajištění zařízení na místě. Kolečka jsou namontována na válečky, které jsou zasunuty do rohovníku systému MiniTec. Po zvednutí zařízení zvedacím lze kolečka s válečky vyjmout a zařízení vložit do zavazadlového prostoru vozidla. Proti náhodnému vypadnutí kolečka slouží jako pojistka O-kroužek. Váleček a O-kroužek je namazaný tukem, aby bylo možné je do rohovníku zasunout. Funkce válečku s kolečkem je na Obr. 55. - 56.



Obr. 55. Kolečko vysunuté z rohovníku



Obr. 56. Kolečko zasunuté do rohovníku

Na spodním neodpruženém rámu je celkem 6 kotevních míst. Jedná se o závěsné šrouby M8, šrouby lze pohybovat v drážce profilu. Za tyto šrouby je možné zařízení také zvedat. Zařízení bude ukotveno dvěma popruhy s ráčnou.

Analyzátory jsou do zařízení vloženy na úhelníky viz Obr. 54. Zpředu jsou zajištěny šrouby, které jsou zašroubovány do matice v drážce profilu. Na matice je naletován pružinový plíšek, který zabráňuje samovolnému posuvu matice v drážce. Na Obr. 57. je kompletní zařízení včetně analyzátorů. Čelní strana analyzátorů je ochráněna profily 19x45, jsou připevněny úchytnými maticemi pro snadnou manipulaci a lze jimi v drážkách pohybovat. Takto lze ochranné profily posunout na místo, kde je ochrana analyzátorů nejdůležitější (regulační potenciometr, vývod média z/do analyzátoru).



Obr. 57. Kompletní zařízení

Další prvky konstrukce jsou podrobně zobrazeny ve výkresové dokumentaci, která je v příloze tohoto textu a na CD, na kterém jsou veškeré prvky konstrukce vymodelované ve 3D v programu Pro/Engineer Wildfire 2.

8. Zkouška vibrací na zařízení v hydrodynamické laboratoři

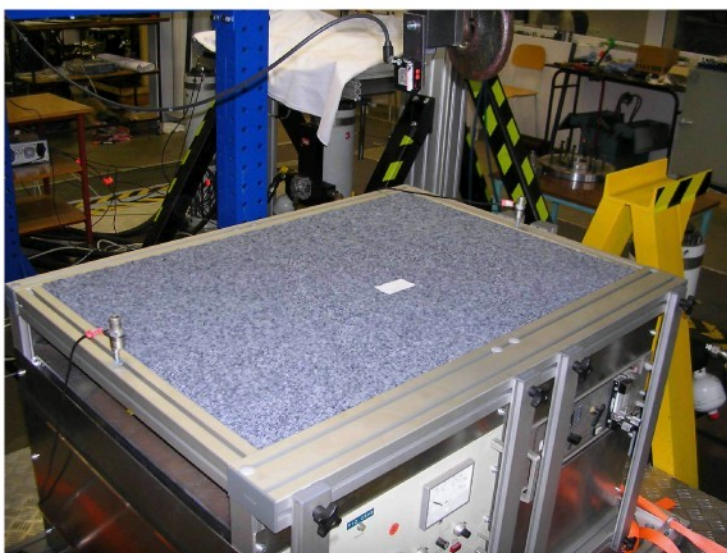
Aby bylo ověřeno, že uložení analyzátorů dostatečně ochrání, bylo zařízení osazeno nefunkčními analyzátorů, bateriemi a všemi krycími plechy, jako by se jednalo o běžný provoz (kromě propojovací kabeláže) a odzkoušeno v hydrodynamické laboratoři TUL ve Vesci.

8.1 Měřené veličiny a měřící místa

Hydraulické válce jsou řízeny výchylkou, která je měřena (součást válce), nad konstrukcí na jeřábu je upevněn laserový snímač výchylky. Na spodním rámu je akcelerometr a na odpružené konstrukci jsou další dva akcelerometry. Jeden nad pneumatickou pružinou, druhý nad pryžovými pružinami – viz Obr. 58. – 59. Měříme výchylku podlahy a horního odpruženého uložení. Dále měříme zrychlení na neodpruženém rámu a dvě místa na odpruženém – nad vlnovcem a nad pryžovými pružinami.



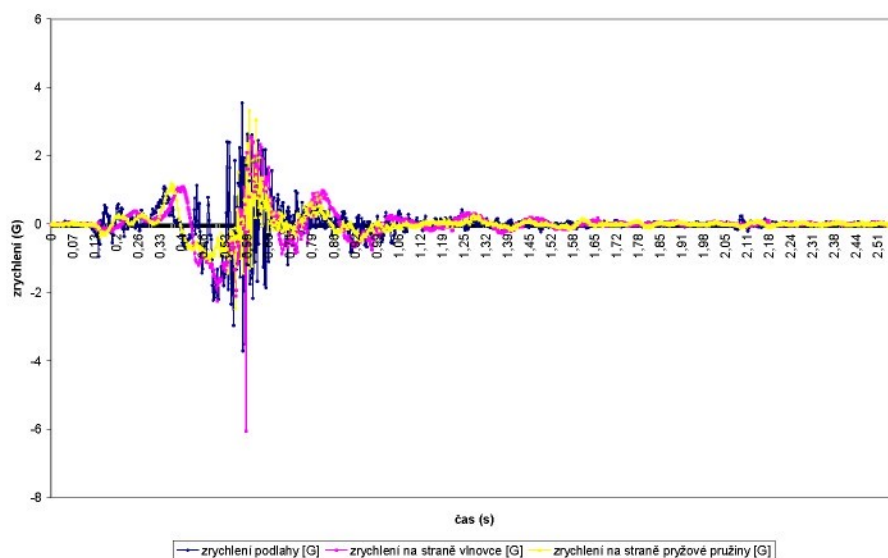
Obr. 58. Akcelerometr na spodním neodpruženém rámu



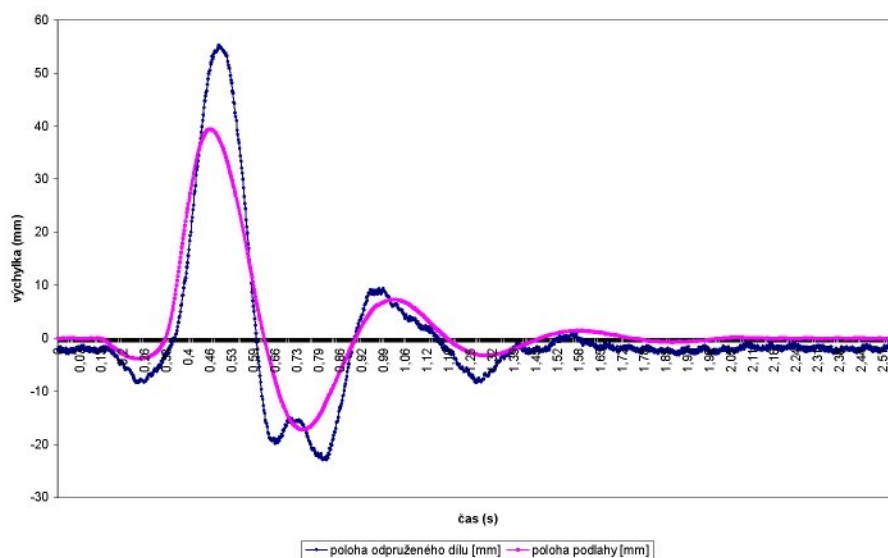
Obr. 59. Akcelerometry na horním odpruženém rámu a snímač výchylky

8.2 Simulace vibrací, jejich měření a hodnocení útlumu

Jako první měření jsme simulovali přejezd běžného retardéru při rychlosti 15 km za hodinu. Na Obr. 60. – 61. jsou graficky zobrazeny průběhy zrychlení a výchylky. Při zprůměrování zrychlení došlo k 67% útlumu na vlnovci s tlumiči a 86% utlumení pryžovými pružinami. Maximální zrychlení mělo hodnotu 6G, ale při vysoké frekvenci 1 kHz, tomu odpovídá doba pulzu 1 ms. Z měření vyplývá, že analyzátory by měly podle normy takový přejezd retardérů vydržet.

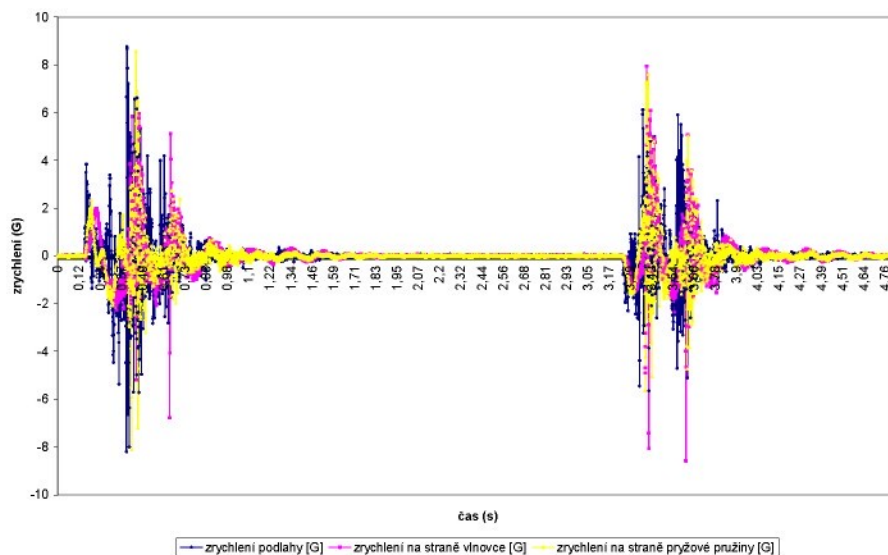


Obr. 60. Zrychlení při přejezdu retardéru (15km/h)

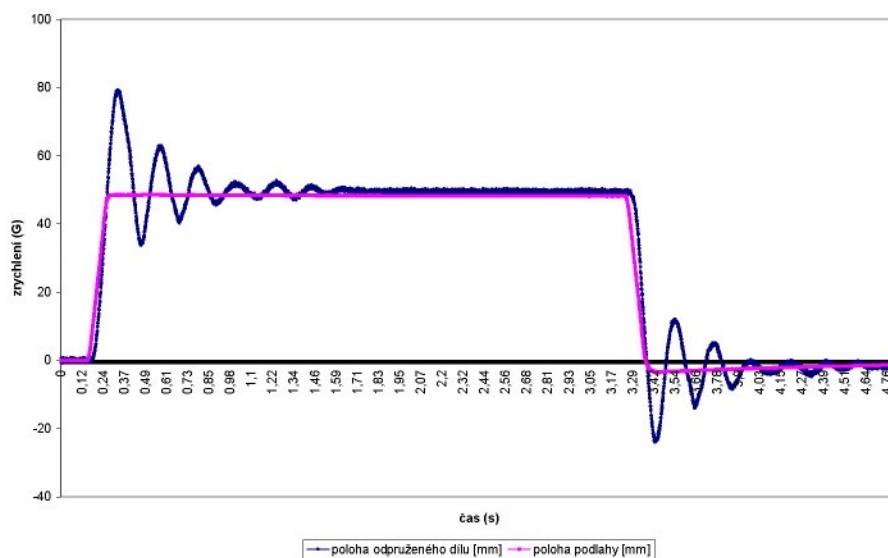


Obr. 61. Výchylky při přejezdu retardéru (15km/h)

Při dalším měření se zkoušel nájezd a sjezd na 50 mm vysoký obrubník během 0,1 s. Stejným způsobem byl naměřen útlum 83,5% na vlnovci s tlumiči a 65% na pryžových pružinách. Průběhy viz Obr. 62. – 63. Maximální naměřená hodnota zrychlení na odpruženém rámu je 8,6G, opět při frekvenci 1 kHz, to je doba pulzu 1 ms. Analyzátoři by měli opět vydržet i takové vibrace.

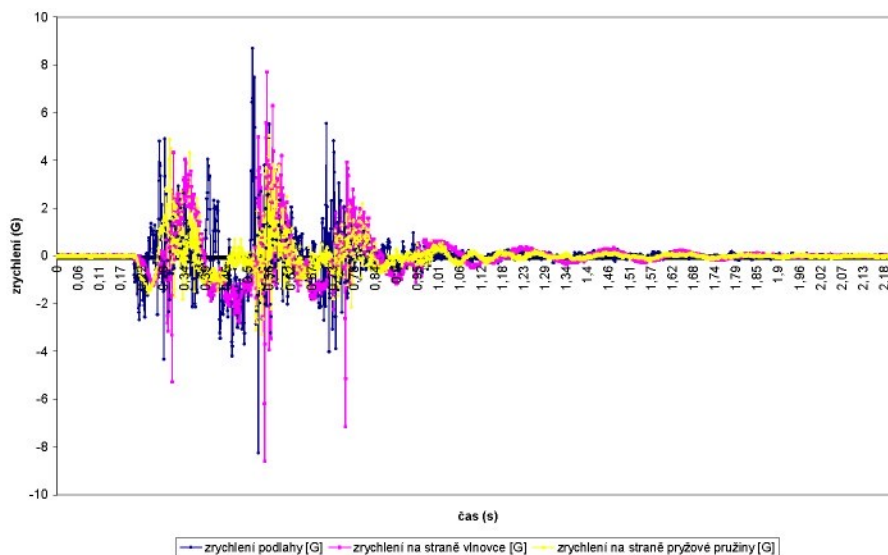


Obr. 62. Zrychlení při nájezdu na obrubník a následném sjezdu

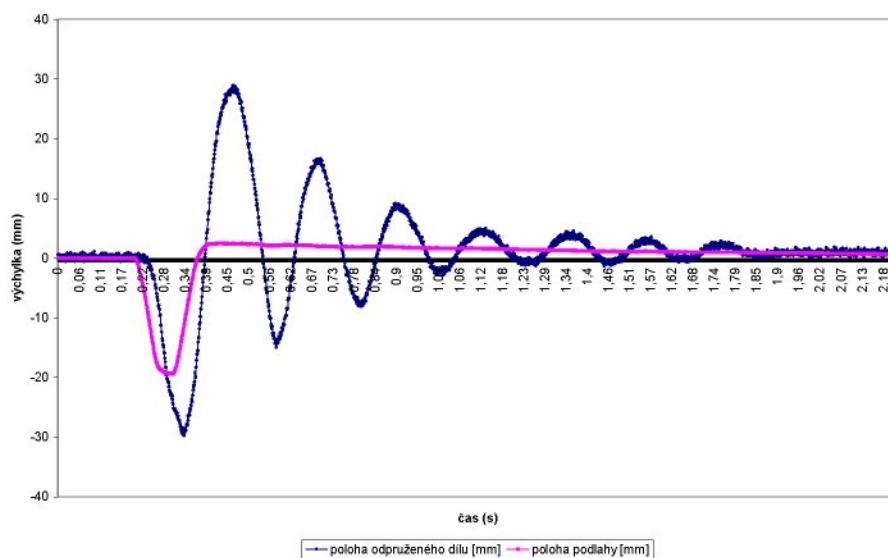


Obr. 63. Výchyly při nájezdu na obrubník a následném sjezdu

Dalším měřením jsme zkoušeli přejezd přes výtluku ve vozovce hlubokou 20 mm, rychlostí cca 80 km za hodinu. Útlum vlnovce s tlumiči byl 72% a gumových pružin 88%. Maximální zrychlení činilo 8,6G, při 1 kHz, to odpovídá době pulzu 1 ms a opět vyhovuje podmínce v normě. Na Obr. 64. – 65. jsou průběhy zrychlení a výchylek.

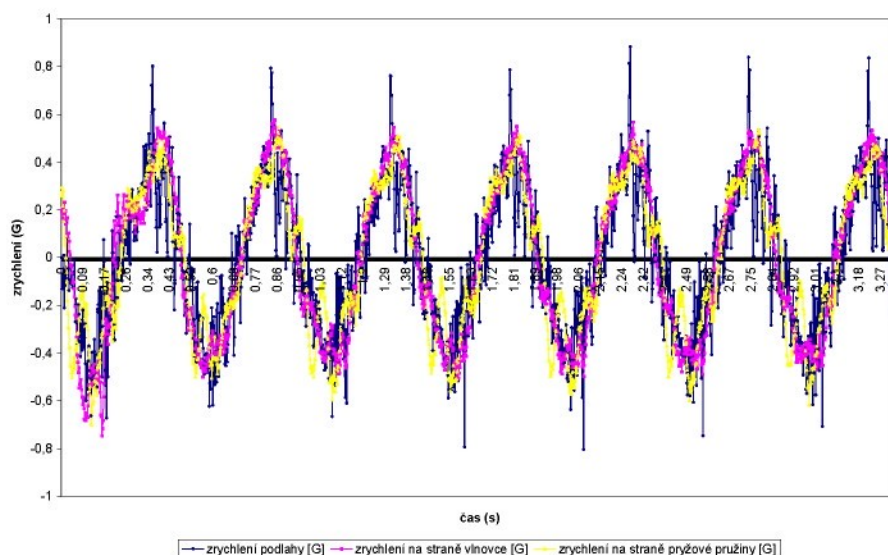


Obr. 64. Zrychlení při přejezdu výtluky rychlostí 80 km/h

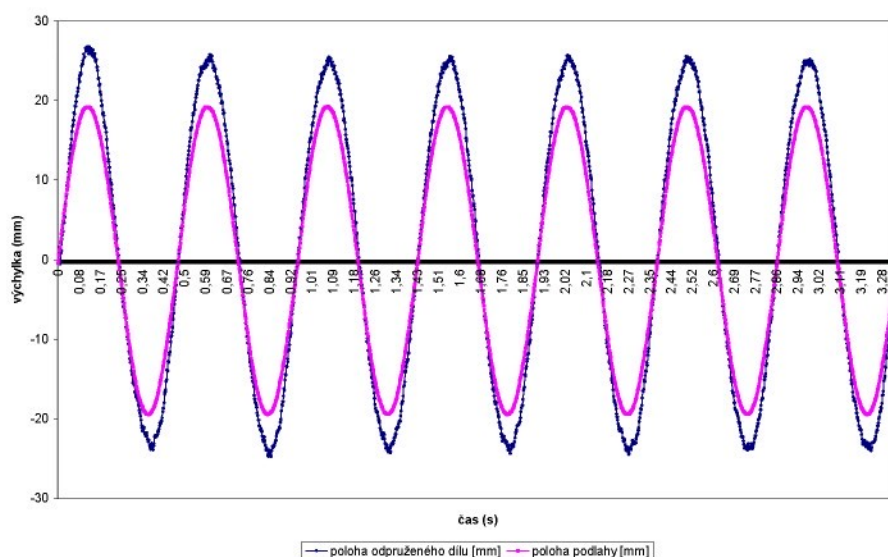


Obr. 65. Výchylky při přejezdu výtluky rychlostí 80 km/h

V poslední simulaci jsme vybudili vlastní frekvenci vozidla, v našem případě dodávky Renault Trafic. Vlastní frekvence pružení zatíženého vozidla hmotností 200 kg má hodnotu 2,1 Hz. Vybudili jsme sinusový průběh s touto frekvencí a amplitudou 20 mm. Nyní došlo k mírnému zhoršení v obou místech uložení vlivem rezonance. A to o 17% na straně vlnovce stlumiči a o 7% na straně s pryžovými pružinami. Maximální zrychlení bylo 0,74G při 1 kHz – to odpovídá době pulzu 1 ms. Zařízení obstálo i při této simulaci. Na Obr. 66. – 67. jsou znázorněna zrychlení a výchylky.



Obr. 66. Průběh zrychlení – simulace vlastní frekvence vozidla



Obr. 67. Průběh výchylek - simulace vlastní frekvence vozidla

8.3 Vyhodnocení měření

Simulacemi pulzů a jejich následným měřením bylo ověřeno, že navržené tlumení je účinné. Jen při testu buzení vlastní frekvence vozidla docházelo k mírné rezonanci, protože vlastní frekvence navrženého uložení je 4 Hz. Buzené vibrace musí být alespoň třikrát větší než je vlastní frekvence odtlumené soustavy. Tato rezonance lze mírně ovlivnit tlakem vzduchu ve vlnovci nebo přídavným závažím zabudovaným do odpružené části konstrukce. Analyzátoři, se kterými se prováděly zkoušky byly nefunkční a při reálném provozu bude hmotnost použitých analyzátorů zase trochu jiná a vlastní frekvence se nejspíš mírně změní. V Tab. 2. jsou zaznamenány výsledky měření vibrací v hydrodynamické laboratoři.

Tab. 2. Výsledky zkoušky v hydrodynamické laboratoři

druh simulace	útlum na straně vlnovce (%)	útlum na straně pryžových pružin (%)	maximální zrychlení na odpružené konstrukci (G)
přejezd retardéru	67,0	86,0	6,0
obrubník 50 mm	83,5	65,0	8,6
výtluka na vozovce	72,0	88,0	8,6
vlastní frekvence vozidla	-17,0	-7,0	0,7

9. Závěr

Zařízení slouží k vibroizolačnímu uložení analyzátorů výfukových plynů, které umožňuje instalovat analyzátory v tomto zařízení do zavazadlového prostoru vozidla a měřit emise v reálném čase.

Navržené a sestrojené zařízení splnilo požadavky, které na něj byly kladeny. Splňuje nároky na rozměry (neodzkoušeno, ale kontrolováno měřením), hmotnost, ochranu analyzátorů před vibracemi a před poškozením čel analyzátorů. Umožňuje snadnou manipulaci po laboratoři KVM a snadné naložení do vozidla a snadnou demontáž koleček při nakládání a ukotvení zařízení. Analyzátory lze měnit a zaměňovat za různé vysoké analyzátory. Výhodou celé konstrukce je, že ji lze v budoucnosti modifikovat pouze výměnou nebo přidáním daného profilu dle potřeby.

Ukotvení zařízení v jakékoliv dodávce nečiní problémy, taková vozidla jsou vybavena kotevními místy. U osobních automobilů ovšem nastává komplikace. S přepravou takových břemen většinou výrobci automobilů nepočítají, přestože to parametry zavazadlového prostoru umožňují. Chybí kotevní místa, nebo nejsou dimenzována na takové břemeno. Zkonstruovat upevňovací systém, který by šel adaptovat do všech vozidel je takřka nemožné. Ukotvení bude řešeno individuálně podle vozidla.

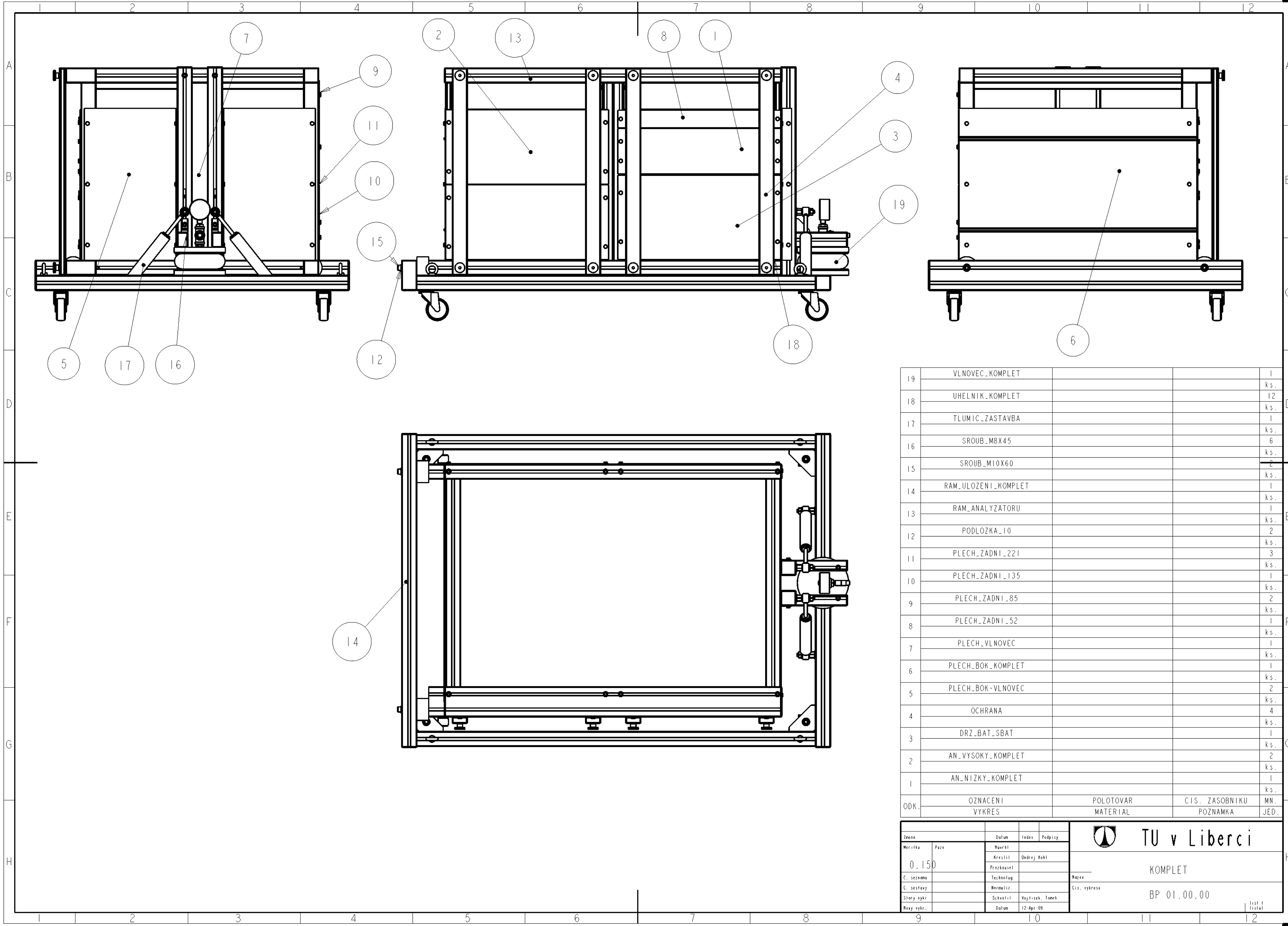
Měření vibrací pomocí magnetické sondy (bod 6.1) sloužilo k návrhu uložení a tuhosti soustavy. Byla měřena spektra zrychlení vibrací. Tím bylo známo jaké maximální zrychlení na zařízení působí a při jaké frekvenci.

Měření vibrací vycházející z kinematiky vozidla (bod 6.3) byla značně nepřesné, ale posloužily pro pochopení problému a vztahů, které v soustavě fungují.

Doufám, že zařízení bude katedře dobře sloužit a pokud do něj budou zamontovány nově zakoupené analyzátory, že i pro jejich nároky obstojí.

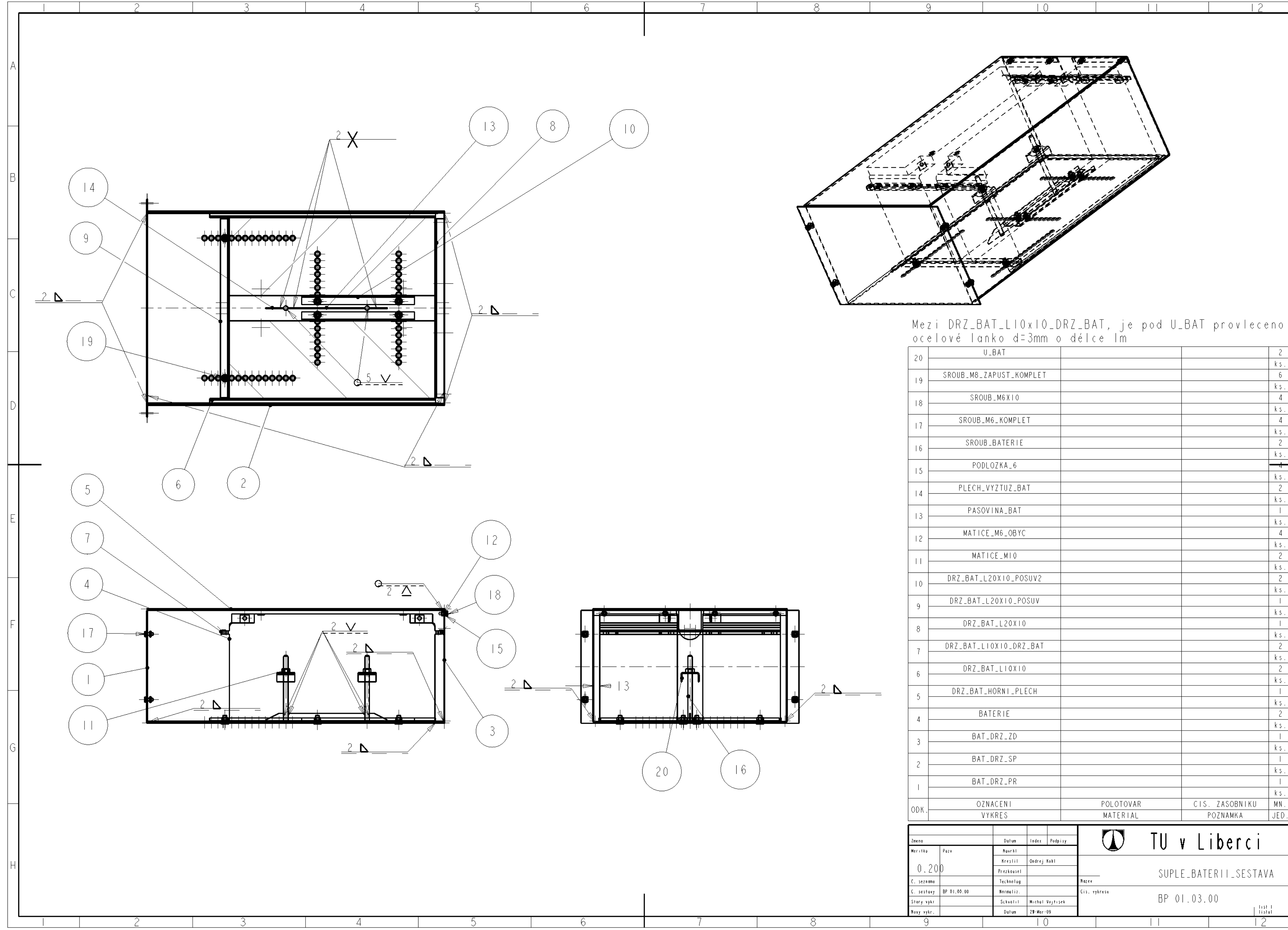
Seznam použité literatury

- [1] Takáts, M.: Měření emisí spalovacích motorů, Vydavatelství ČVUT, Praha 1997.
- [2] Pešík, L.: Části strojů, 1. a 2. díl, Technická univerzita v Liberci 2008.
- [3] Řasa, J. – Švercl, J.: Strojnické tabulky 1 pro školu a praxi, 1. vydání, Scientia, spol. s.r.o. 2004.
- [4] Norma ČSN EN 60068-2-27, ZÁKLADNÍ ZKOUŠKY VLIVU PROSTŘEDÍ, Část 2: Zkoušky, Zkouška Ea a návod: Údery.
- [5] www.minitec.cz, produktový katalog.



19	VLNOVEC_KOMPLET			1
				ks.
18	UHELNIK_KOMPLET			12
				ks.
17	TLUMIC_ZASTAVBA			1
				ks.
16	SROUB_M8X45			6
				ks.
15	SROUB_M10X60			2
				ks.
14	RAM_ULOZENI_KOMPLET			1
				ks.
13	RAM_ANALYZATORU			1
				ks.
12	PODLOZKA_10			2
				ks.
11	PLECH_ZADNI_221			3
				ks.
10	PLECH_ZADNI_135			1
				ks.
9	PLECH_ZADNI_85			2
				ks.
8	PLECH_ZADNI_52			1
				ks.
7	PLECH_VLNOVEC			1
				ks.
6	PLECH_BOK_KOMPLET			1
				ks.
5	PLECH_BOK-VLNOVEC			2
				ks.
4	OCHRANA			4
				ks.
3	DRZ_BAT_SBAT			1
				ks.
2	AN_VYSOKY_KOMPLET			2
				ks.
1	AN_NIZKY_KOMPLET			1
				ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

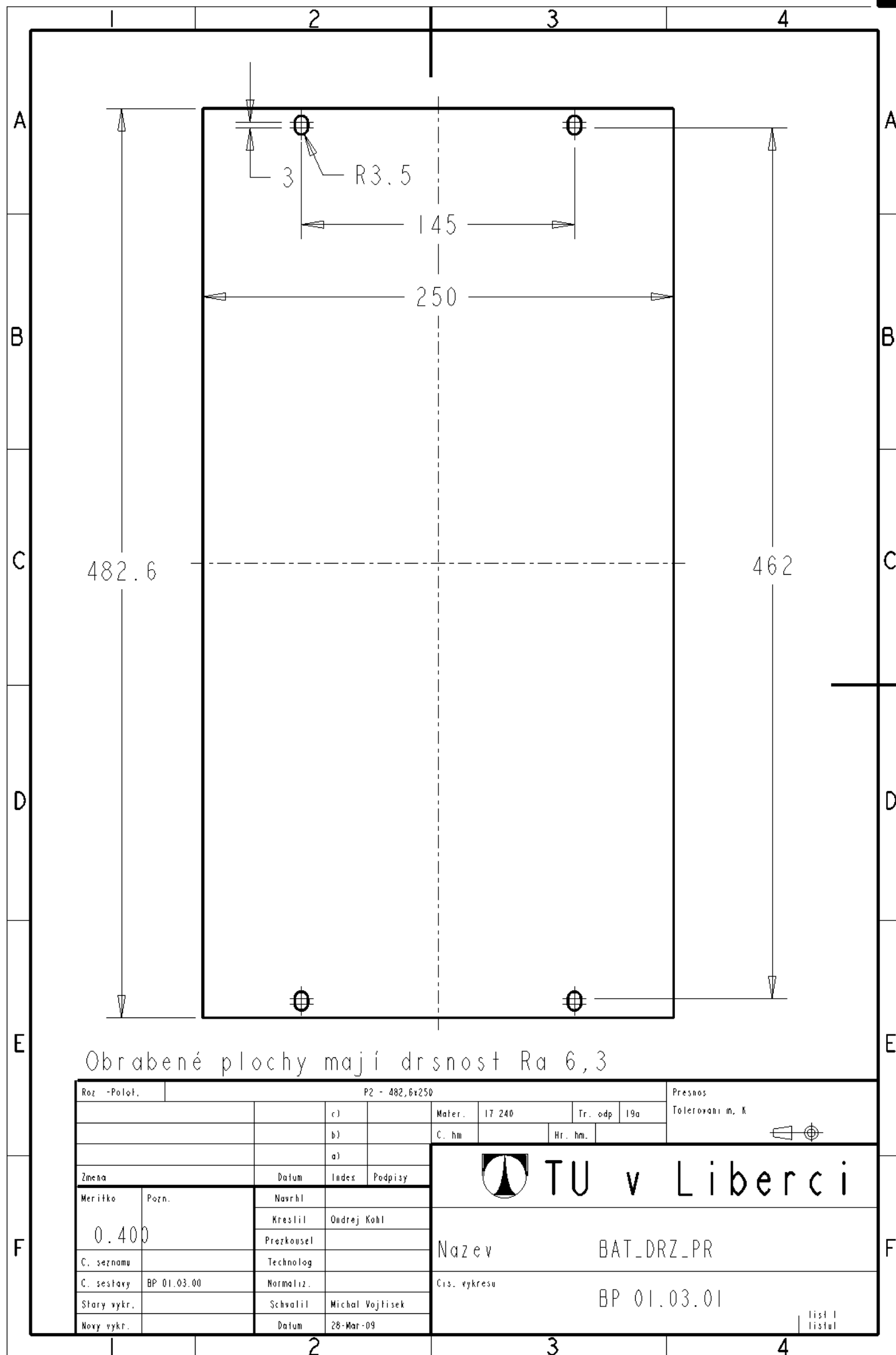
Zmena	Datum	Index	Podpis	 TU v Liberci
Nazev	Nazev			
0.150	Kreslil	Ondrej Kobl		
	Prezkoušel			
C. seznam	Technolog			KOMPLET
C. sestavy	Normaliz.			
Stary vykr.	Schválil	Vojtěšek, Tomáš		
Nový vykr.	Datum	12-Apr-09		
				Nazev
				Cis. vykresu
				BP 01.00.00
				list 1 z 1



Mezi DRZ_BAT_L10x10-DRZ_BAT, je pod U_BAT provlečeno ocelové lanko d=3mm o délce 1m

20	U_BAT			2
				ks.
19	SROUB_M6_ZAPUST_KOMPLET			6
				ks.
18	SROUB_M6X10			4
				ks.
17	SROUB_M6_KOMPLET			4
				ks.
16	SROUB_BATERIE			2
				ks.
15	PODLOZKA_6			4
				ks.
14	PLECH_VYZTUZ_BAT			2
				ks.
13	PASOVINA_BAT			1
				ks.
12	MATICE_M6_OBYC			4
				ks.
11	MATICE_M10			2
				ks.
10	DRZ_BAT_L20X10_POSUV2			2
				ks.
9	DRZ_BAT_L20X10_POSUV			1
				ks.
8	DRZ_BAT_L20X10			1
				ks.
7	DRZ_BAT_L10X10_DRZ_BAT			2
				ks.
6	DRZ_BAT_L10X10			2
				ks.
5	DRZ_BAT_HORNI_PLECH			1
				ks.
4	BATERIE			2
				ks.
3	BAT_DRZ_ZD			1
				ks.
2	BAT_DRZ_SP			1
				ks.
1	BAT_DRZ_PR			1
				ks.
ODK.	OZNACENI VYKRES	POLOTOVAR MATERIAL	CIS. ZASOBNIKU POZNAMKA	MN. JED.

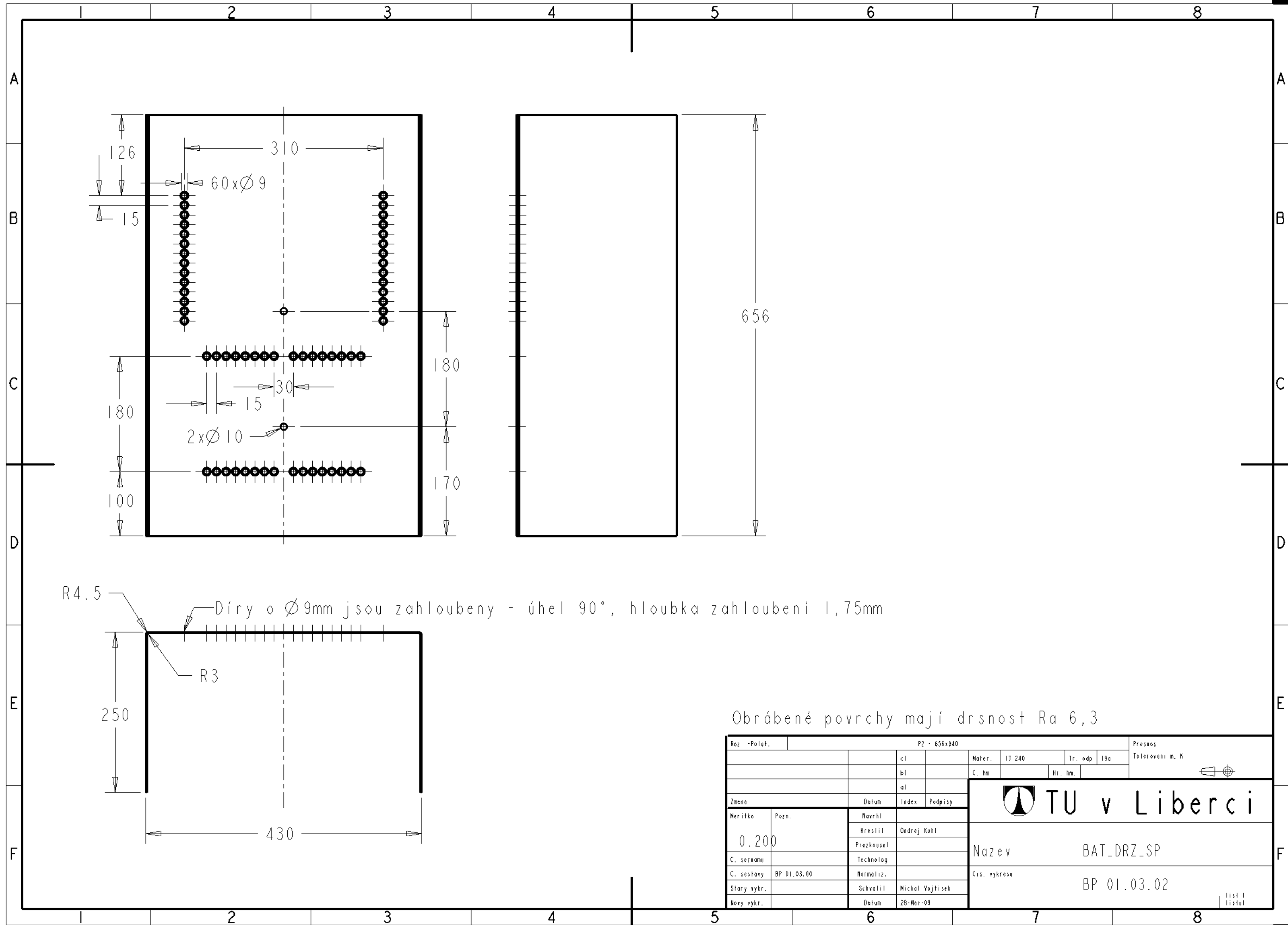
Zmena		Datum	Index	Podpis	 TU v Liberci
Meriko	Paza	Navrhl			
0.200		Kreslil	Ondrej Kobl		
		Prezkoušel			
C. seznam		Technolog			Název SUPLE_BATERII_SESTAVA
C. sestavy		Normaliz.			
Stary vykr.		Schválil		Michal Vojtisek	
Novy vykr.		Datum		29-Mar-09	Cis. vykresu BP 01.03.00



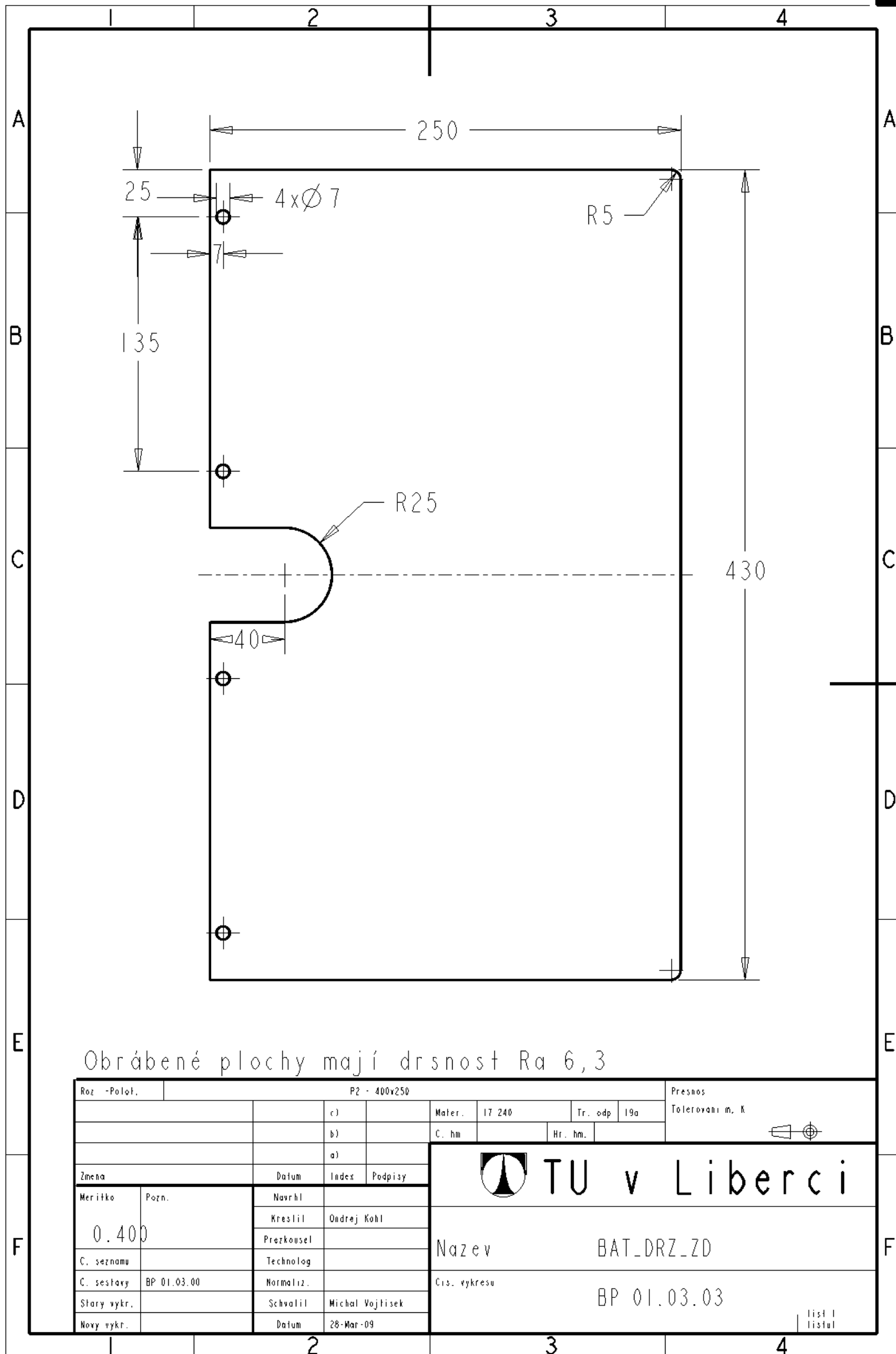
Obrabené plochy mají drsnost Ra 6,3

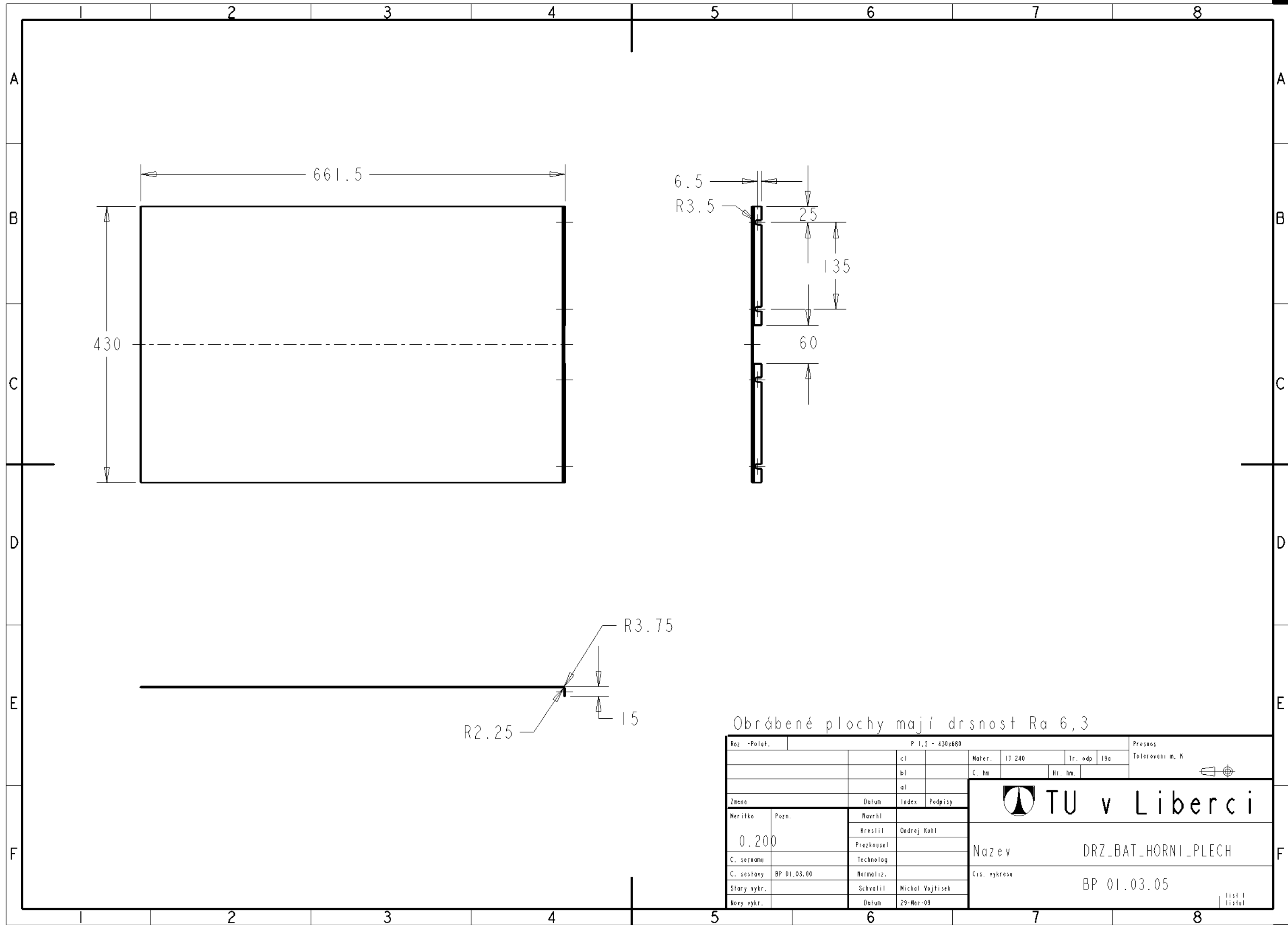
Roz. - Poloh.		P2 - 482,6x250				Presnos	
		c)		Mater.	17 240	Tr. odp.	19a
		b)		C. hm.		Hr. hm.	
		a)					
Zmena		Datum	Index	Podpisy			
Meritko	Pozn.	Navrhl		 TU v Liberci			
0.400		Kreslil Ondrej Kohl					
C. seznamu		Przkoušel					
C. sestavy	BP 01.03.00	Technolog		Název			
Stary vykr.		Normaliz.		Cis. vykresu			
Novy vykr.		Schválil Michal Vojtisek		BP 01.03.01			
		Datum		28-Mar-09			

list 1
listul



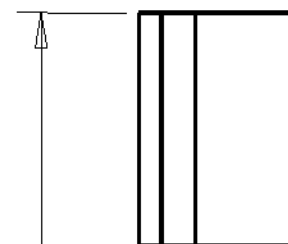
Roz - Polot.		P2 - 656x940				Presnos	
		c)		Mat.	IT 240	Tr. odp	19a
		b)		C. hm		Hr. hm.	
		a)					
Zmena		Datum	Index	Podpisy	 TU v Liberci NazevBAT_DRZ_SP Čís. výkresuBP 01.03.02 list 1 listul		
Meritko	Pozn.	Navrhl					
0.200		Kreslil	Ondrej Kohl				
		Prezkoušel					
C. seznamu		Technolog					
C. sestavy	BP 01.03.00	Normaliz.					
Starý vykr.		Schválil	Michal Vojtisek				
Nový vykr.		Datum	28-Mar-09				



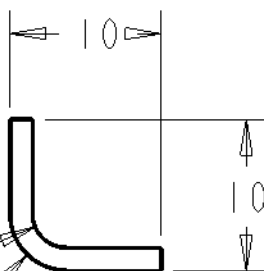
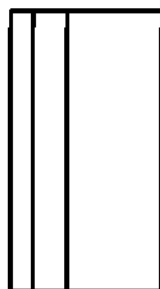


Obrábené plochy mají drsnost Ra 6,3

Roz. - Polot.		P 1,5 - 430x680				Presnos	
		c)		Matér.	IT 240	Tr. odp	19a
		b)		C. hm		Hr. hm.	
		a)					
Zmena		Datum	Index	Podpis	 TU v Liberci NazevDRZ_BAT_HORNI_PLECH Čís. výkresuBP 01.03.05 list 1 listul		
Meritko	Pozn.	Navrhl					
0.200		Kreslil	Ondrej Kohl				
		Prezkoušel					
C. seznamu		Technolog					
C. sestavy	BP 01.03.00	Normaliz.					
Starý vykr.		Schválil	Michal Vojtisek				
Nový vykr.		Datum	29-Mar-09				



500



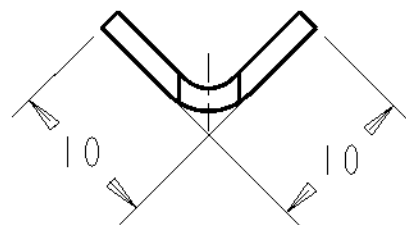
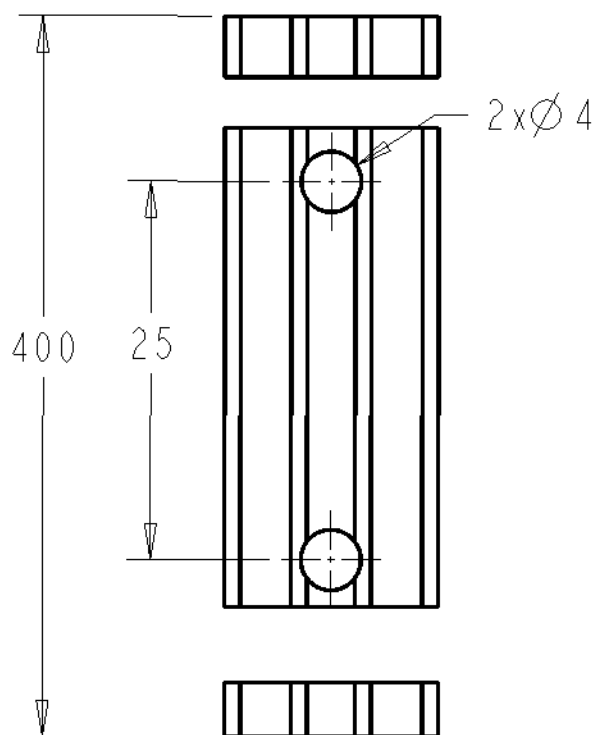
R2.25

R3.75

Obráběné plochy mají drsnost Ra 6,3

Roz. - Polot		P 1.5 - 500x22				Presnos	
		c)		Water	17 240	Tr. odp	19a
		b)		C. hm		Hr. hm	
		a)					
Zmena		Datum	Index	Podpisy			
Meritko	Pozn.	Navrhl		 TU v Liberci			
2.000		Kreslil Ondrej Kohl					
		Przkoušel					
C. seznamu		Technolog		Nazev DRZ_BAT_L10X10			
C. sestavy	BP 01.03.00	Normaliz.		Cis. vykresu BP 01.03.06			
Stary vykr.		Schválil Michal Vojtisek					
Novy vykr.		Datum 28-Mar-09					

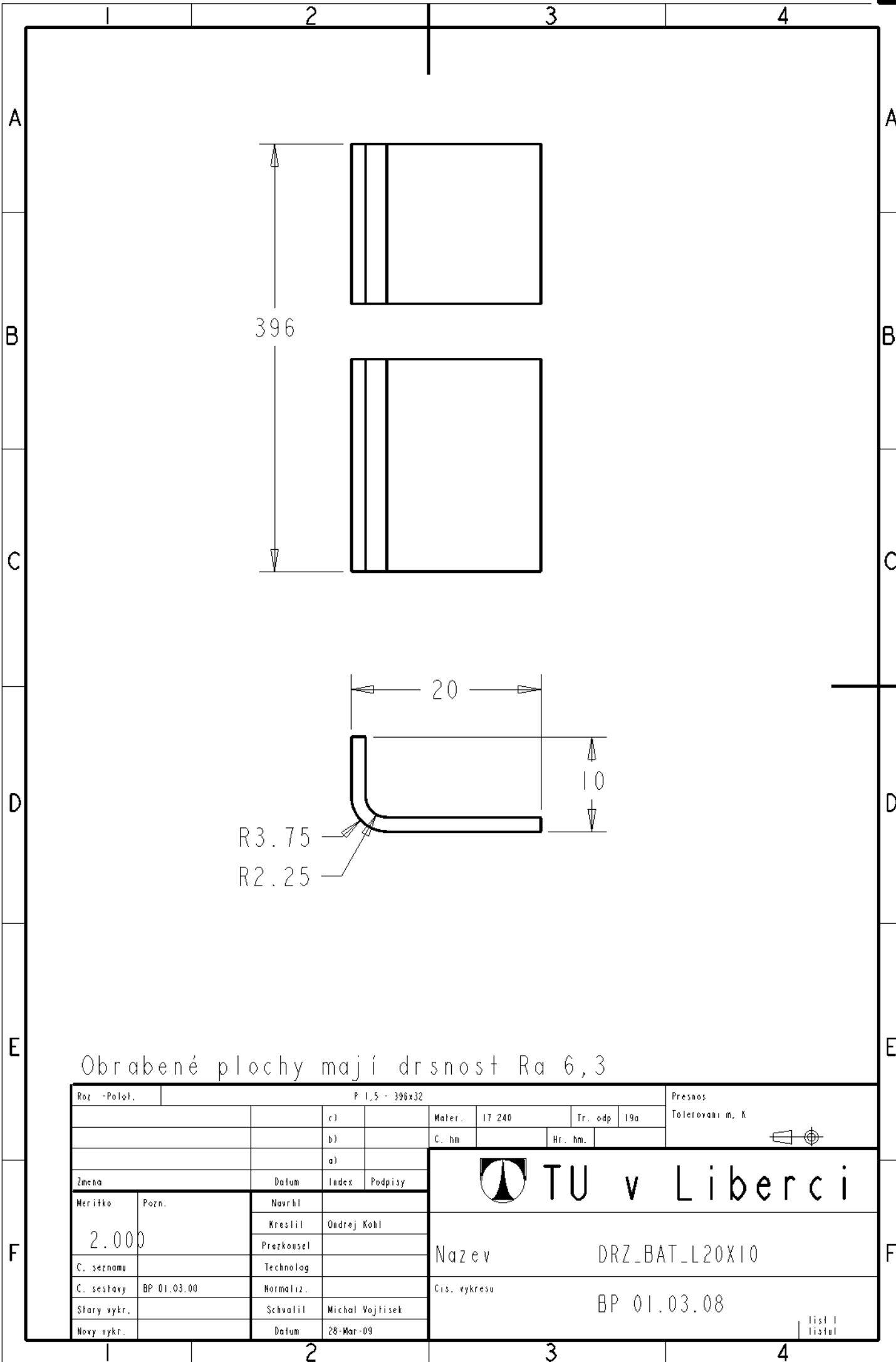
list 1
listul



Obráběné plochy mají drsnost Ra 6,3
Alternativně může být vyrobeno v průřezu L 20x10

Roz. - Polot		P 1,5 - 400x25				Presnos	
		c)		Water	17 240	Tr. odp	19a
		b)		C. hm		Hr. hm.	
		a)					
Zmena		Datum	Index	Podpisy			
Meritko	Pozn.	Navrhl		 TU v Liberci			
2.000		Kreslil Ondrej Kohl					
		Prozkoušel					
C. seznamu		Technolog		Nazev DRZ_BAT_L10X10_DRZ_BAT			
C. sestavy	BP 01.03.00	Normaliz.		Cis. vykresu BP 01.03.07			
Stary vykr.		Schválil Michal Vojtisek					
Novy vykr.		Datum 28-Mar-09					

list 1
listul



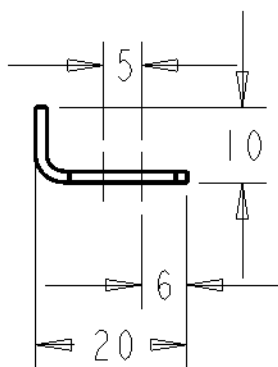
Obrabené plochy mají drsnost Ra 6,3

Roz. - Poloh.		P 1,5 - 396x32				Presnos	
		c)		Mater.	17 240	Tr. odp	19a
		b)		C. hm		Hr. hm.	
		a)					
Zmena		Datum	Index	Podpisy	 TU v Liberci NazevDRZ-BAT-L20X10 Cis. vykresuBP 01.03.08 list 1 listul		
Meritko	Pozn.	Navrh					
2.000		Kreslil	Ondrej Kohl				
		Prezkoušel					
C. seznamu		Technolog					
C. sestavy	BP 01.03.00	Normaliz.					
Starý vykr.		Schválil	Michal Vojtisek				
Nový vykr.		Datum	28-Mar-09				

R4.5

310

396



Obrábené plochy mají drsnost Ra 6,3

Roz. - Poloh.		P 1.5 - 396x35				Presnos	
		c)		Mater.	17 240	Tr. odp	19a
		b)		C. hm		Hr. hm.	
		a)					
Zmena		Datum	Index	Podpisy			
Meritko	Pozn.	Navrhl		 TU v Liberci			
1.000		Kreslil Ondrej Kohl					
C. seznamu		Przkoušel					
C. sestavy	BP 01.03.00	Technolog					
Stary vykr.		Schválil		Cis. vykresu			
Novy vykr.		Datum		BP 01.03.09			
		28-Mar-09		list 1 listul			

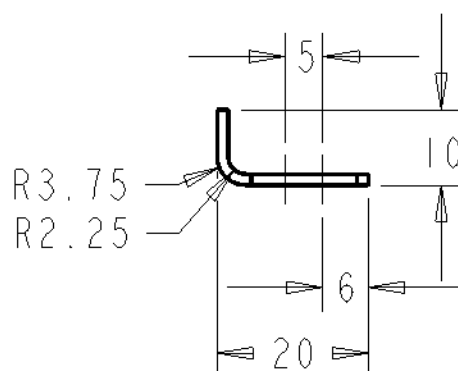
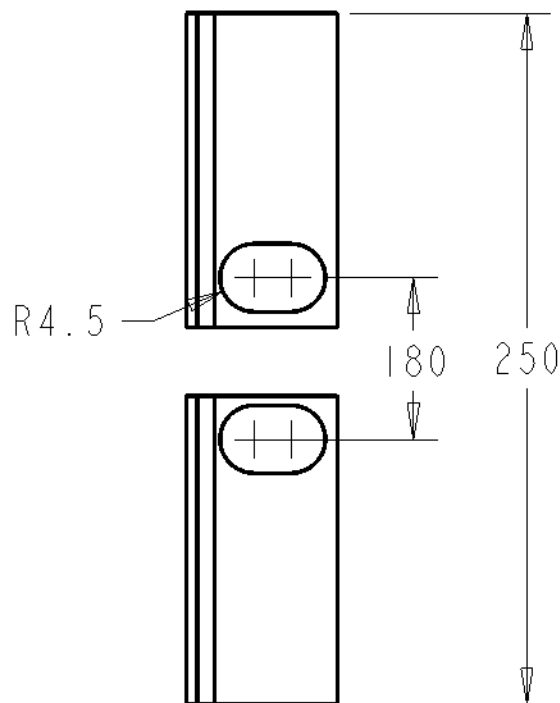
Nazev

DRZ_BAT_L20X10_POSUV

Cis. vykresu

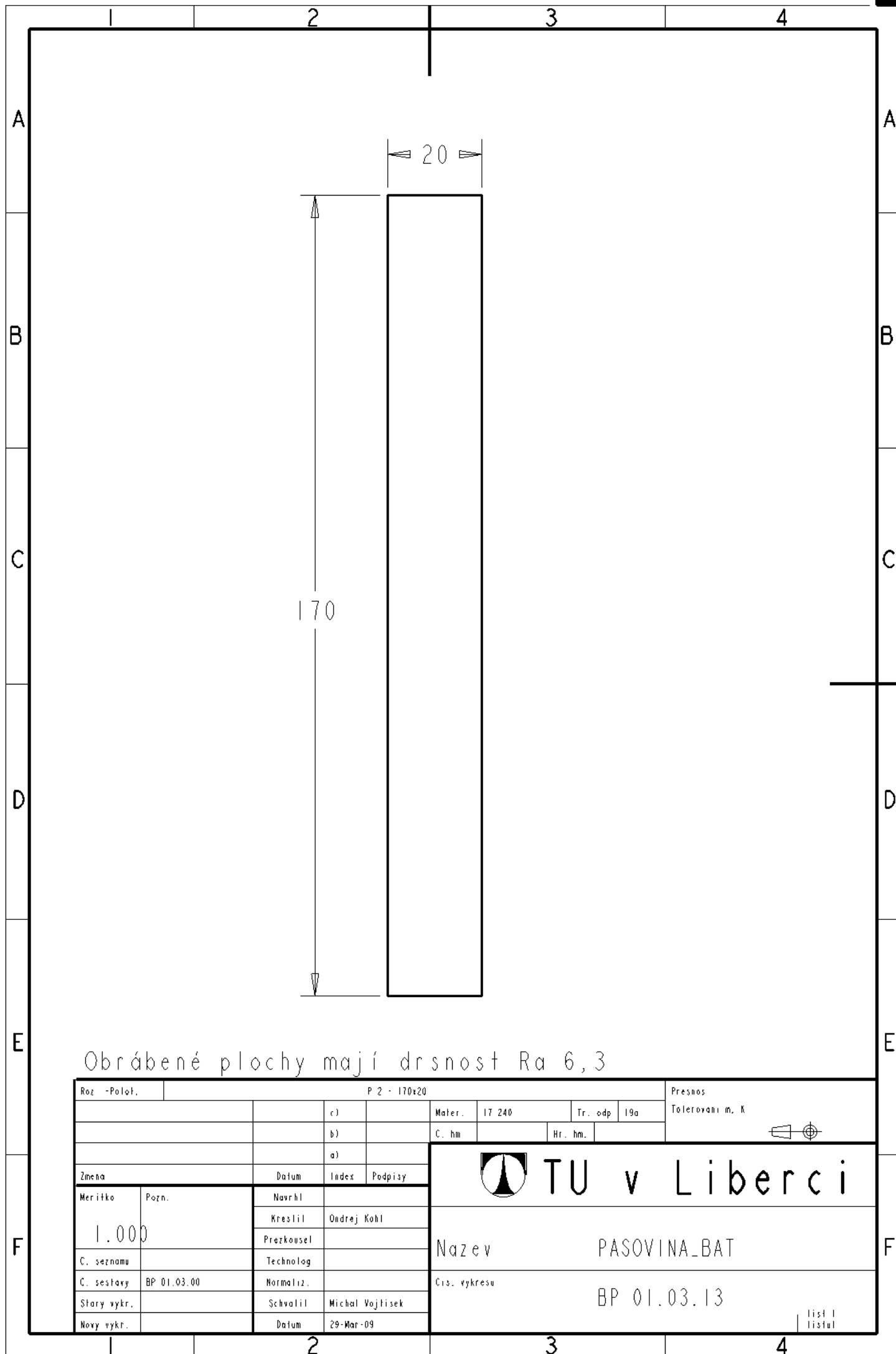
BP 01.03.09

list 1
listul

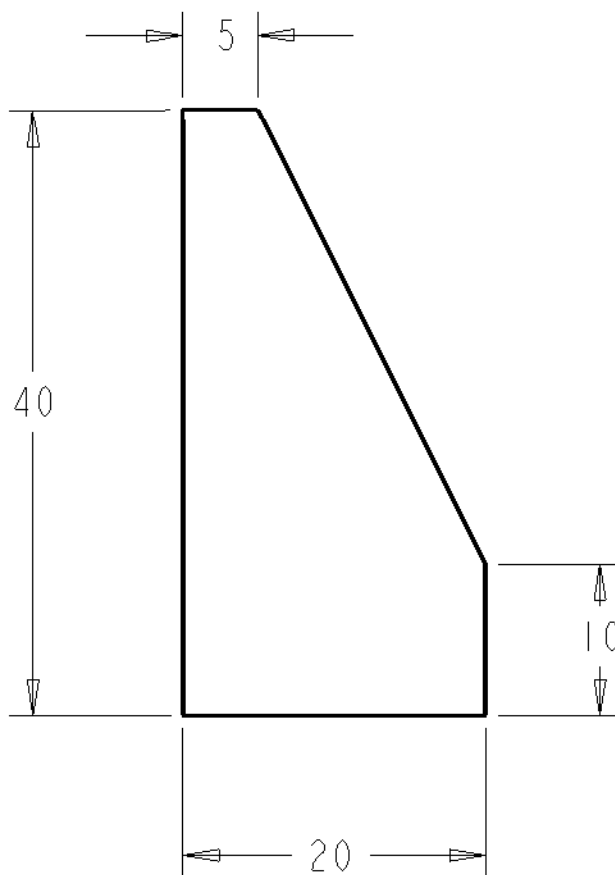


Obráběné plochy mají drsnost Ra 6,3

Roz. - Poloh.		P 1.5 - 250x35				Presnos	
		c)		Mater.	17 240	Tr. odp.	19a
		b)		C. hm.		Hr. hm.	
		a)					
Zmena		Datum	Index	Podpisy			
Meritko	Pozn.	Navrhl		 TU v Liberci			
1.000		Kreslil Ondrej Kohl					
		Przkoušel					
		Technolog					
		Normaliz.					
C. sestavy BP 01.03.00		Schválil Michal Vojtisek		Název DRZ_BAT_L20X10_POSUV2			
Stary vykr.		Datum 28-Mar-09		Cis. vykresu BP 01.03.10			
Novy vykr.				list 1 listul			

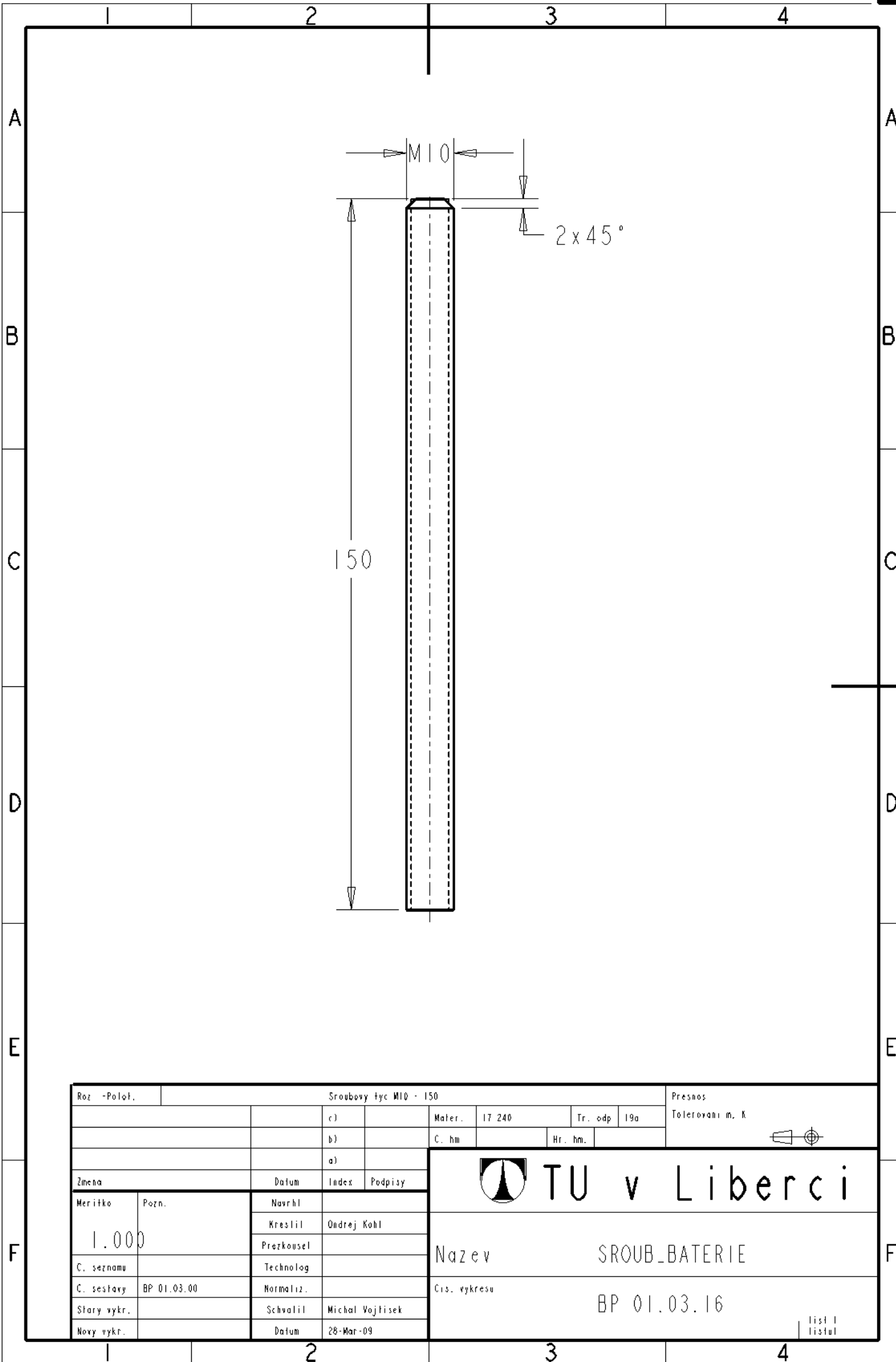


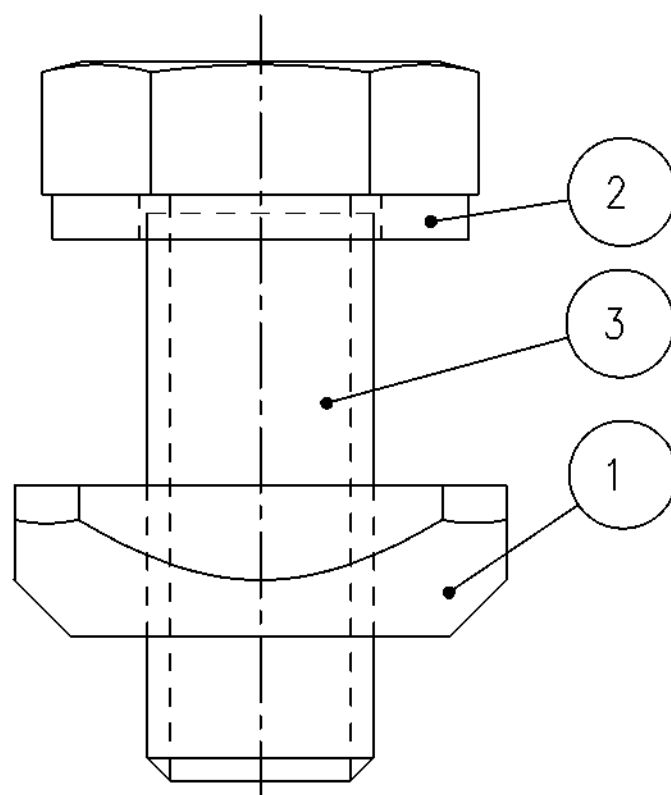
Roz. - Poloh.		P 2 - 170x20				Přesnos			
		c)		Mater.	17 240	Tr. odp	19a	Tolerovaní m, K	
		b)		C. hm		Hr. hm.			
		a)							
Změna		Datum	Index	Podpisy	TU v Liberci Nazev PASOVINA_BAT Cis. vykresu BP 01.03.13 list 1 listů 1				
Meritko	Pozn.	Navrhl							
1.000		Kreslil	Ondrej Kohl						
		Průzkoušel							
		Technolog							
C. seznamu		Technolog							
C. sestavy BP 01.03.00		Normaliz.							
Stary vykr.		Schválil		Michal Vojtisek					
Novy vykr.		Datum		29-Mar-09					



Obráběné plochy mají drsnost Ra 6,3

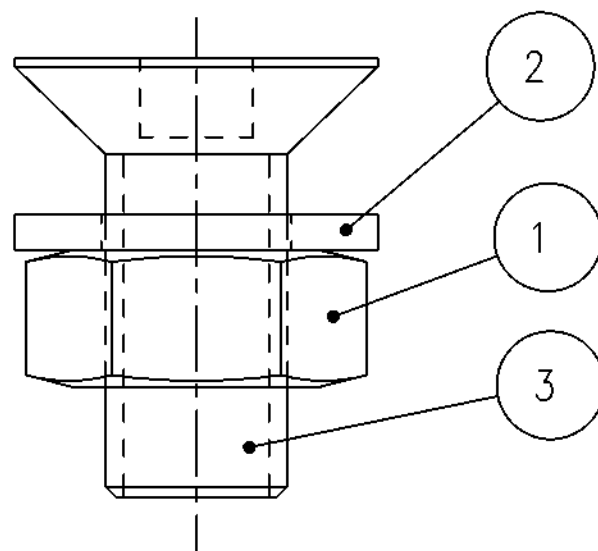
Roz. - Polot.		P 2 - 40x20				Presnosť	
		c)		Water.	17 240	Tr. odp.	19a
		b)		C. hm.		Hr. hm.	
		a)					
Zmena		Datum	Index	Podpisy			
Meritko	Pozn.	Navrhl					
2.000		Kreslil	Ondrej Kohl				
C. seznamu		Prezkoušel					
C. sestavy	BP 01.03.00	Technolog					
Starý vykr.		Normaliz.					
Nový vykr.		Schválil	Michal Vojtisek				
		Datum	29-Mar-09				
				Název			
				PLECH_VYZTUZ_BAT			
				Čís. výkresu			
				BP 01.03.14			
				list 1 listůl			





3	SROUB_M6			1
				ks.
2	PODLOZKA_6			1
				ks.
1	MATICE_M6			1
				ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

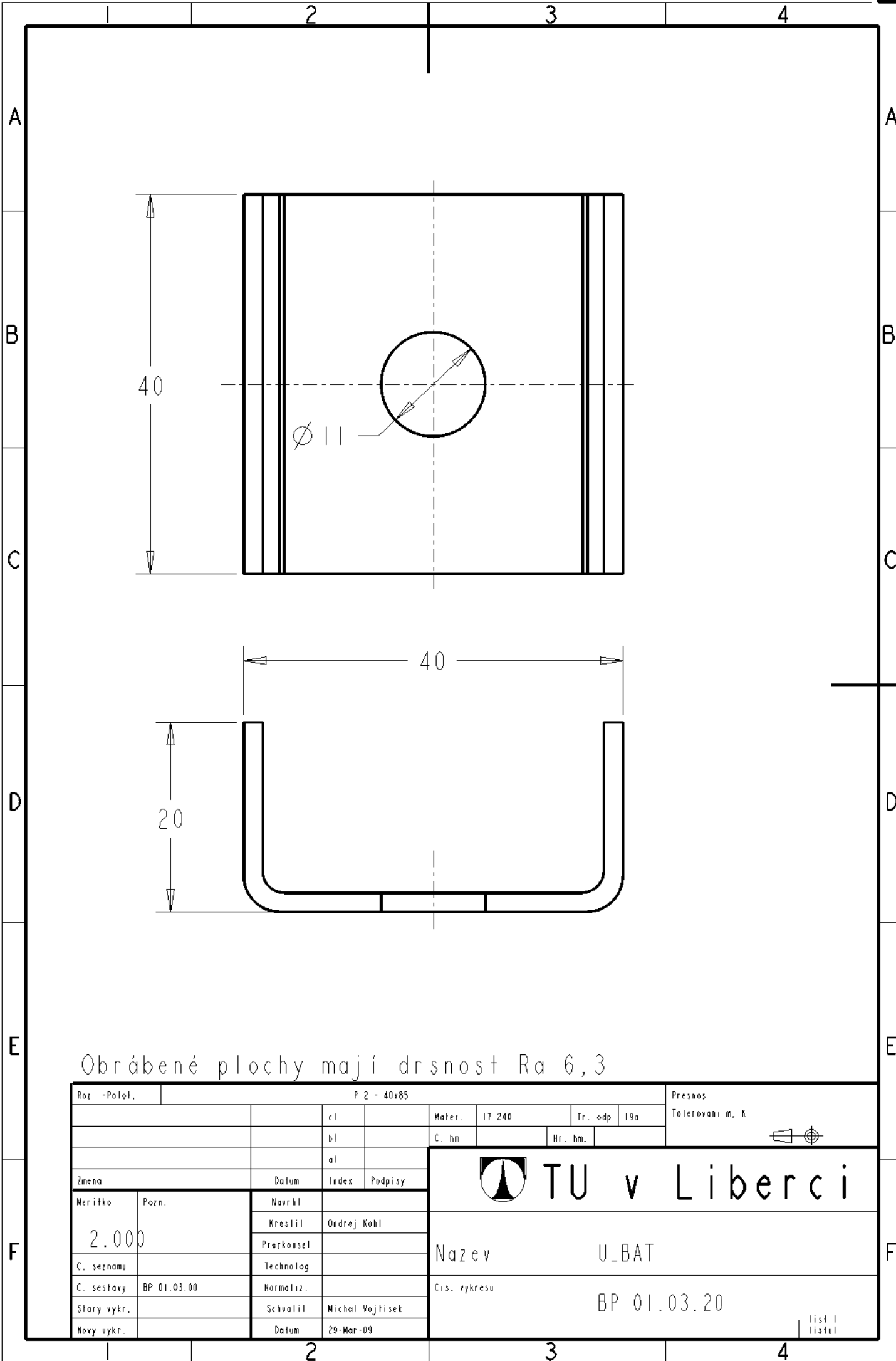
Zmena		Datum	Index	Podpis	 TU v Liberci
Meritka	Pozn.	Navrh			
		Kresil	Ondrej Kahl		
		Prezkoušel			
C. seznamu		Technolog			Název SROUB_M6_KOMPLET Cis. vykresu BP 01.03.17
C. sestavy	BP 01.03.00	Normaliz.			
Starý výkr.		Schválil	Michal Vojtěšek		
Nový výkr.		Datum	22-Apr-09		

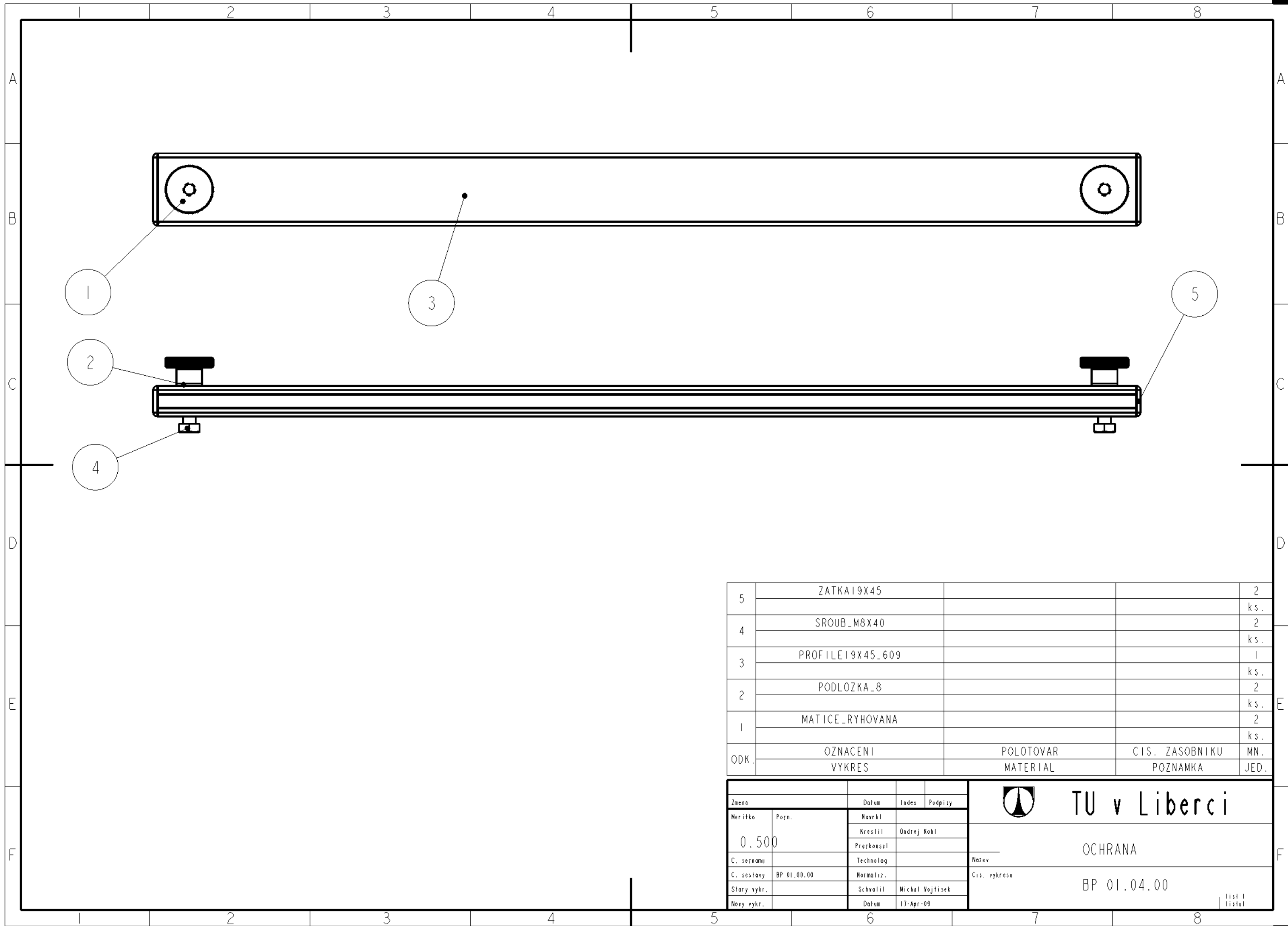


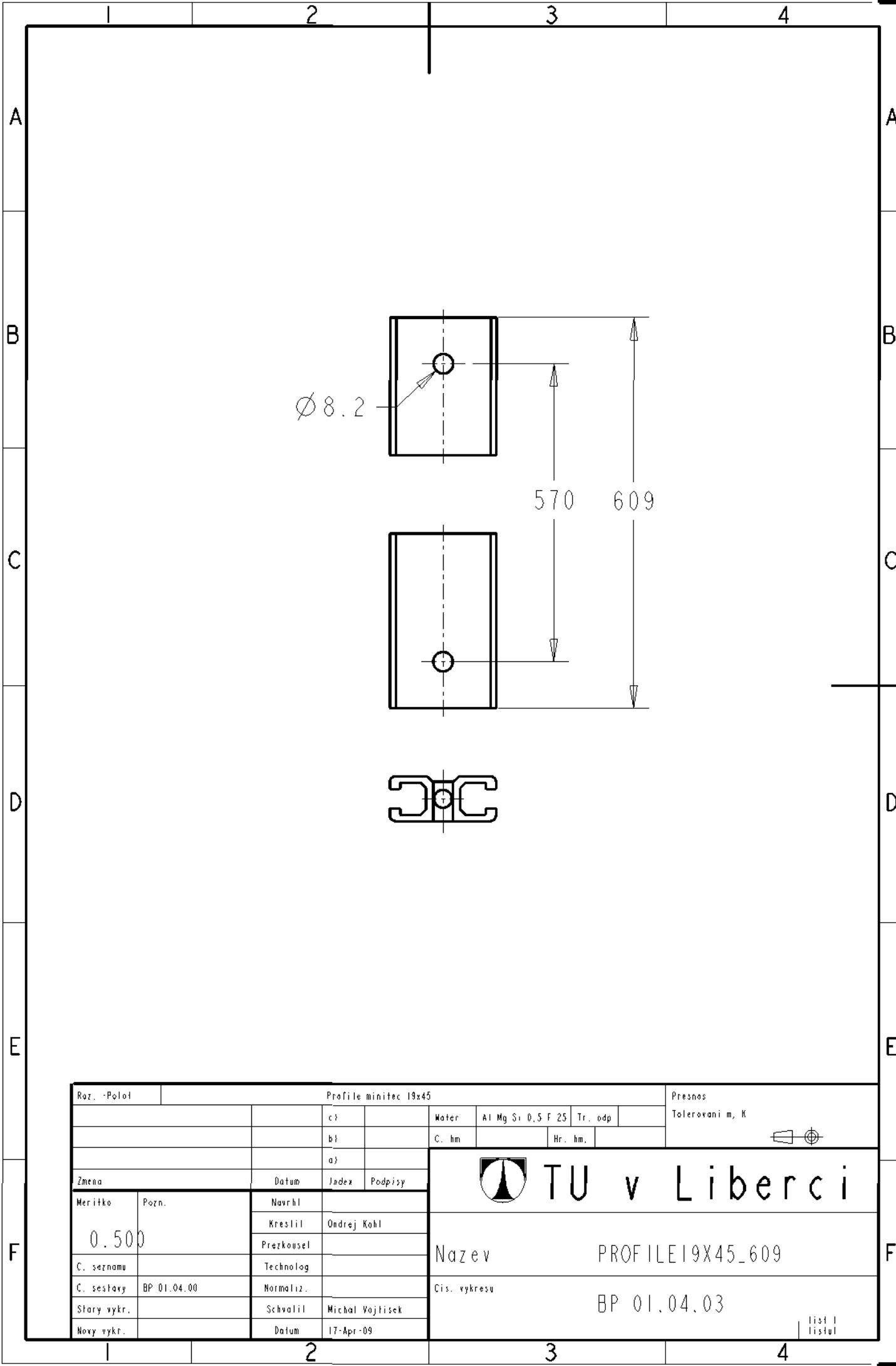
3	SROUB_M8X15_ZAPUST			1
				ks.
2	PODLOZKA_8			1
				ks.
1	MATICE_M8-OBYC			1
				ks.
ODK.	OZNACENI		POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU
	VYKRES		MATERIAL	POZNAMKA
				MN. JED.

					 TU v Liberci
Zmena		Datum	Index	Podpis	
Meritko	Pozn.	Navrh			
		Kreslil	Ondrej Kohl		
		Prezkoušel			
3.000		Technolog			Nazev SROUB_M8_ZAPUST_KOMPLET
C. seznamu					
C. sestavy	BP 01.03.00	Normaliz.			
Stary vyk.		Schválil	Michal Vojtisek		
Novy vyk.		Datum	22-Apr-09		Cis. vykresu
					BP 01.03.19
					list 1 z celku

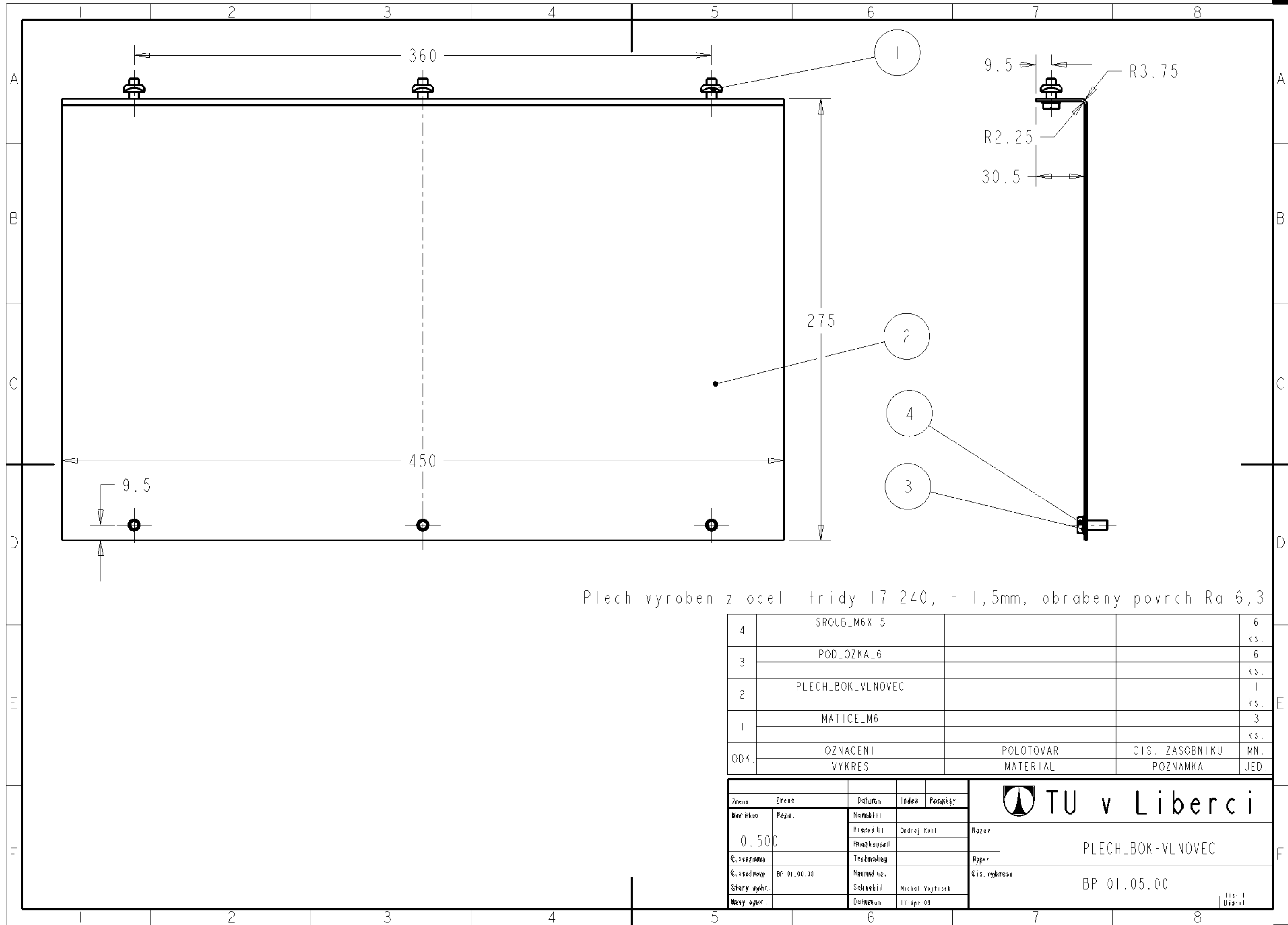
 List 1
 z celku 1







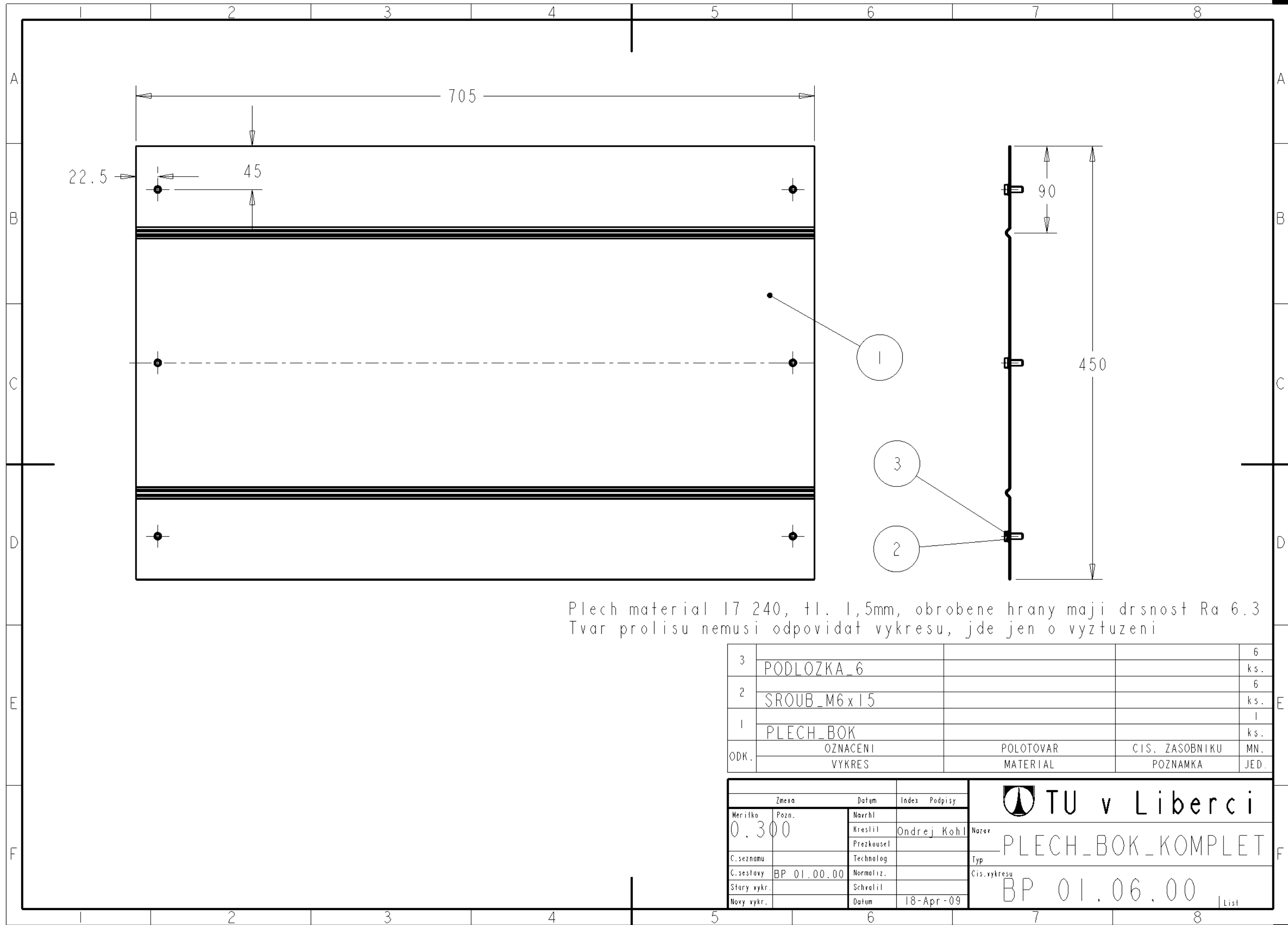
Roz. - Poloh		Profile minitec 19x45						Presnos		
			c)		Water	Al Mg Si 0,5 F 25	Tr. odp	Tolerovani m, K		
			b)		C. hm		Hr. hm.			
			a)		 TU v Liberci					
Zmena		Datum	Index	Podpis						
Meritko	Pozn.	Navrhl								
0.500		Kreslil								Ondrej Kohl
		Prezkoušel	Nazev							
C. seznamu		Technolog								
C. sestavy		BP 01.04.00	Normaliz.	Cis. vykresu						
Stary vykr.			Schválil							
Novy vykr.			Datum	17-Apr-09	BP 01.04.03					
					list 1					
					listul					



Plech vyroben z oceli tridy 17 240, t 1,5mm, obrabený povrch Ra 6,3

4	SROUB_M6X15			6
				ks.
3	PODLOZKA_6			6
				ks.
2	PLECH_BOK_VLNOVEC			1
				ks.
1	MATICE_M6			3
				ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

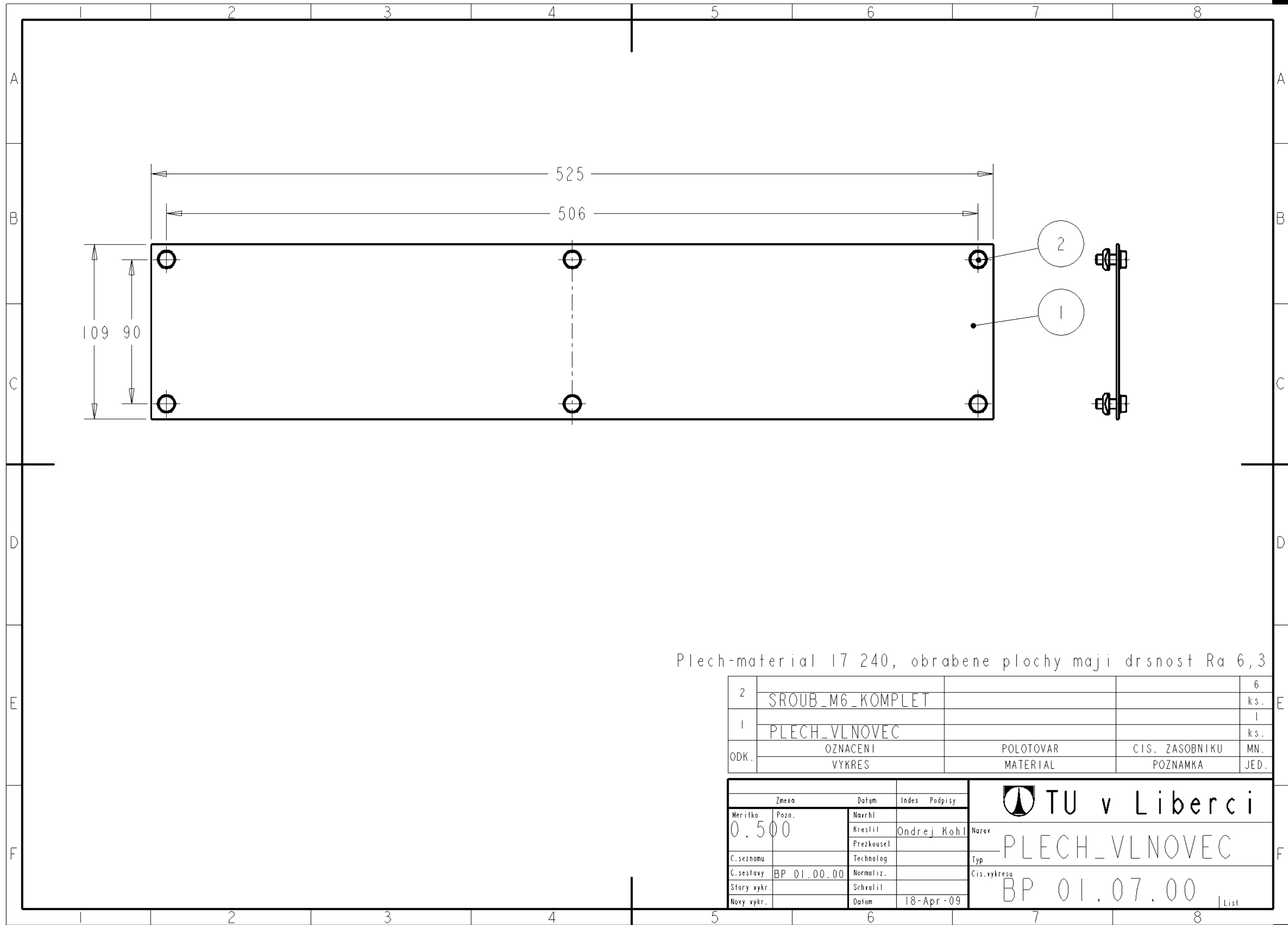
Zmena	Zmena	Datum	Index	Podpis	 TU v Liberci
Návrh	Pozn.	Návrh			
0.500		Kontrola	Ondrej Kobl		
Č. seznamu		Technolog			
Č. sestavy	BP 01.00.00	Návrh			
Stary vykr.		Schválil	Michal Vojtisek		Název PLECH_BOK-VLNOVEC
Novy vykr.		Datum	17-Apr-09		
					Řeš. výkresu BP 01.05.00
					list 1 účet



Plech material 17 240, tl. 1,5mm, obrobené hrany mají drsnost Ra 6.3
Tvar prolisu nemusí odpovídat výkresu, jde jen o vyztužení

3	PODLOZKA_6			6
				ks.
2	SROUB_M6x15			6
				ks.
1	PLECH_BOK			1
				ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

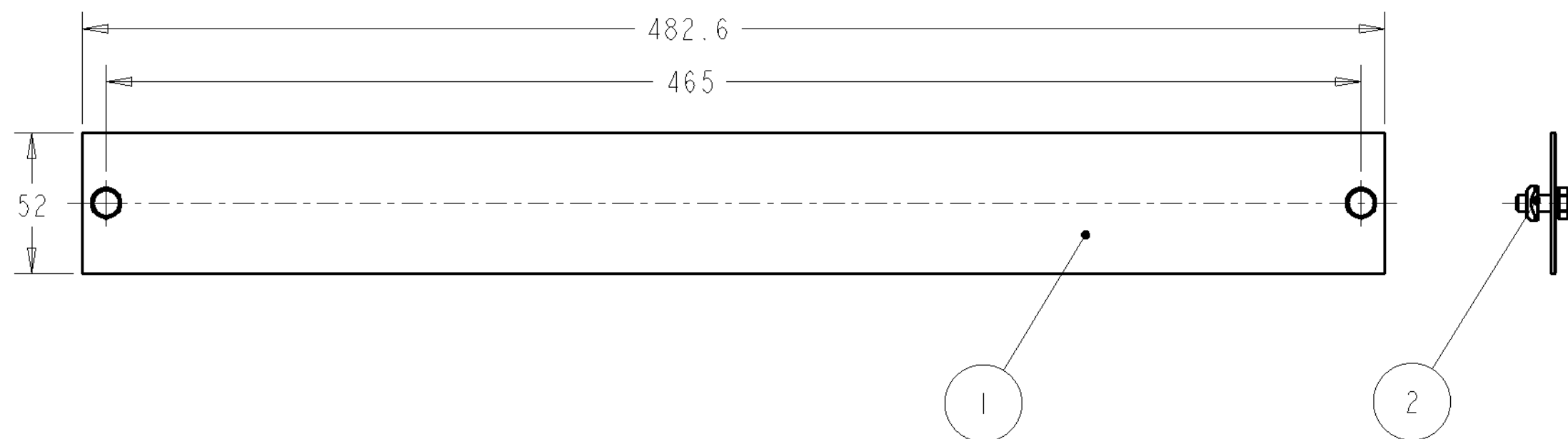
Zmena		Datum	Index	Podpis	TU v Liberci	
Verilko	Pozn.	Navrh				
0.300		Kreslil	Ondrej Kohl		PLECH_BOK_KOMPLET	
		Prezkoušel				
C.seznamu		Technolog			Typ	
C.sestavy		Normaliz.				
Stary vykr.		Schválil			Cis.vykresu	
Novy vykr.		Datum	18-Apr-09			
					BP 01.06.00	
					List	



Plech-material 17 240, obrabene plochy maji drsnost Ra 6,3

2	SROUB_M6_KOMPLET			6
1	PLECH_VLNOVEC			1
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

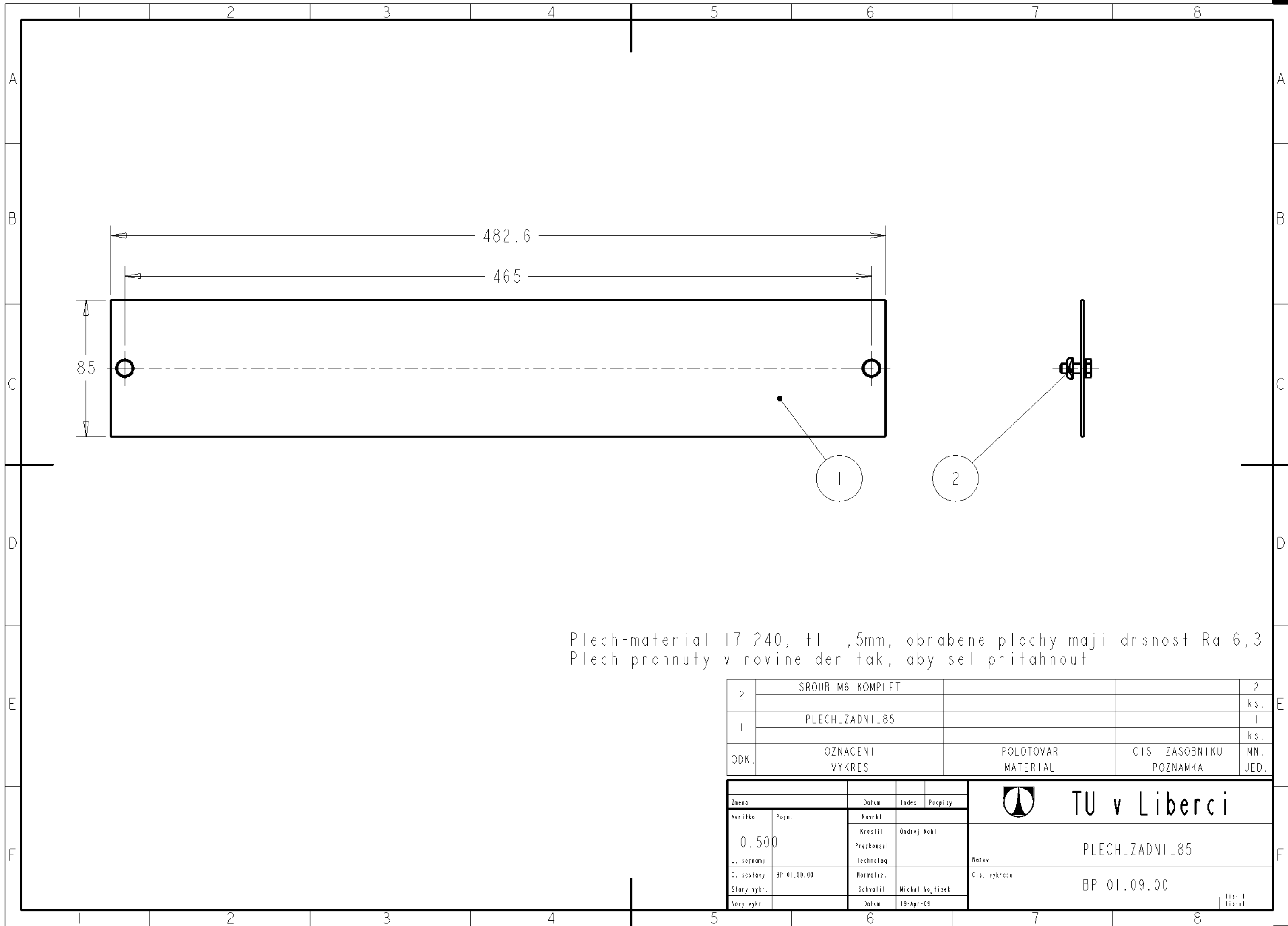
Zmena		Datum	Index	Podpisy	 TU v Liberci
Verilko	Pozn.	Navrh			
0.500		Kreslil	Ondrej Kohl		
C.seznamu		Prezkousel			
C.sestavy	BP 01.00.00	Technolog			
Stary vykr.		Normaliz.			Nazev
Novy vykr.		Schvalil			PLECH_VLNOVEC
		Datum	18-Apr-09		Typ
					Cis.vykresu
					BP 01.07.00
					List



Plech-material 17 240, tl 1,5mm, obrabene plochy maji drsnost Ra 6,3
Plech prohnutý v rovine der tak, aby sel pritahnout

2	SROUB_M6_KOMPLET			2
				ks.
1	PLECH_ZADNI_52			1
				ks.
ODK.	OZNACENI		POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU
	VYKRES		MATERIAL	POZNAMKA
				MN. JED.

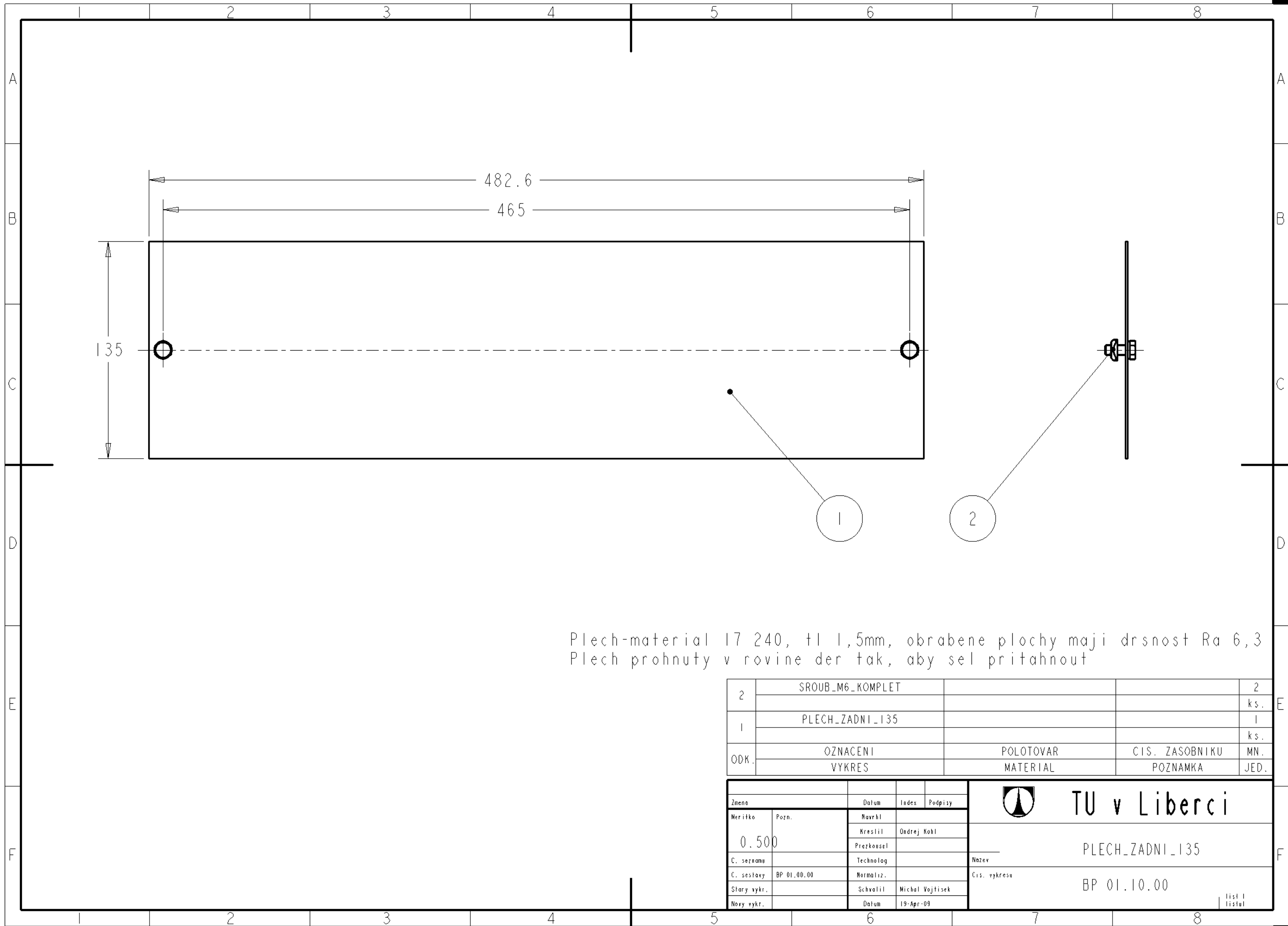
				 TU v Liberci — PLECH_ZADNI_52 BP 01.08.00
0.500		Ondrej Kohl		
BP 01.00.00				
		18-Apr-09		



Plech-material 17 240, tl 1,5mm, obrabene plochy maji drsnost Ra 6,3
Plech prohnutý v rovine der tak, aby sel pritahnout

2	SROUB_M6_KOMPLET			2
				ks.
1	PLECH_ZADNI_85			1
				ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

					TU v Liberci	
Zmena		Datum	Index			Podpisy
Meritko	Pozn.	Navrh				
		Kreslil	Ondrej Kohl			
0.500		Prezkoušel				
C. seznamu		Technolog			Načev PLECH_ZADNI_85 Cis. vykresu BP 01.09.00	
C. sestavy	BP 01.00.00	Normaliz.				
Stary vykr.		Schválil	Michal Vojtisek			
Novy vykr.		Datum	19-Apr-09			
					list 1 listul	

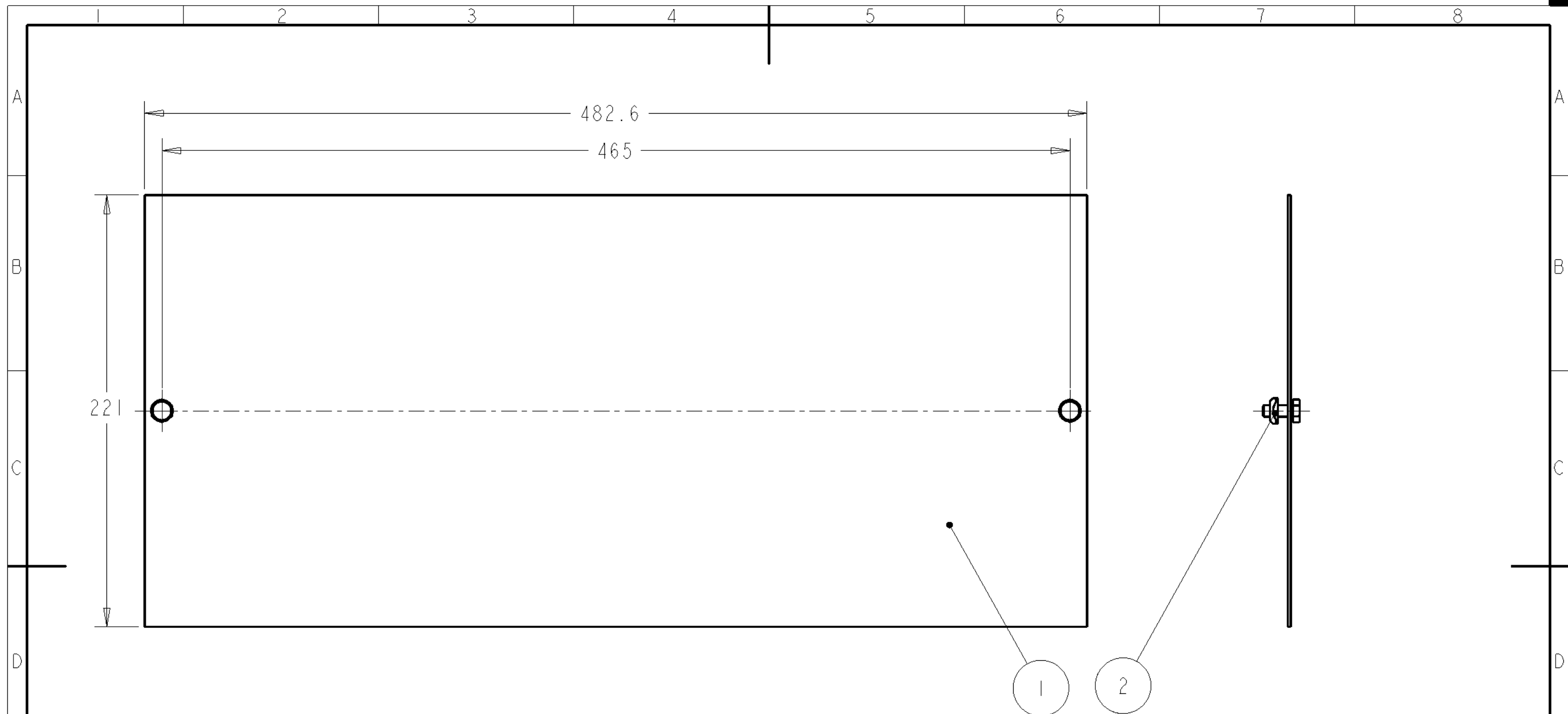


Plech-material 17 240, tl 1,5mm, obrabene plochy maji drsnost Ra 6,3
Plech prohnutý v rovine der tak, aby sel pritahnout

2	SROUB_M6_KOMPLET			2
				ks.
1	PLECH_ZADNI_135			1
				ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

Zmena		Datum	Index	Podpisy
Meritko 0.500	Pozn.	Navrh		
		Kreslil	Ondrej Kohl	
		Prezkoušel		
C. seznamu		Technolog		
C. sestavy	BP 01.00.00	Normaliz.		
Stary vykr.		Schválil	Michal Vojtisek	
Novy vykr.		Datum	19-Apr-09	

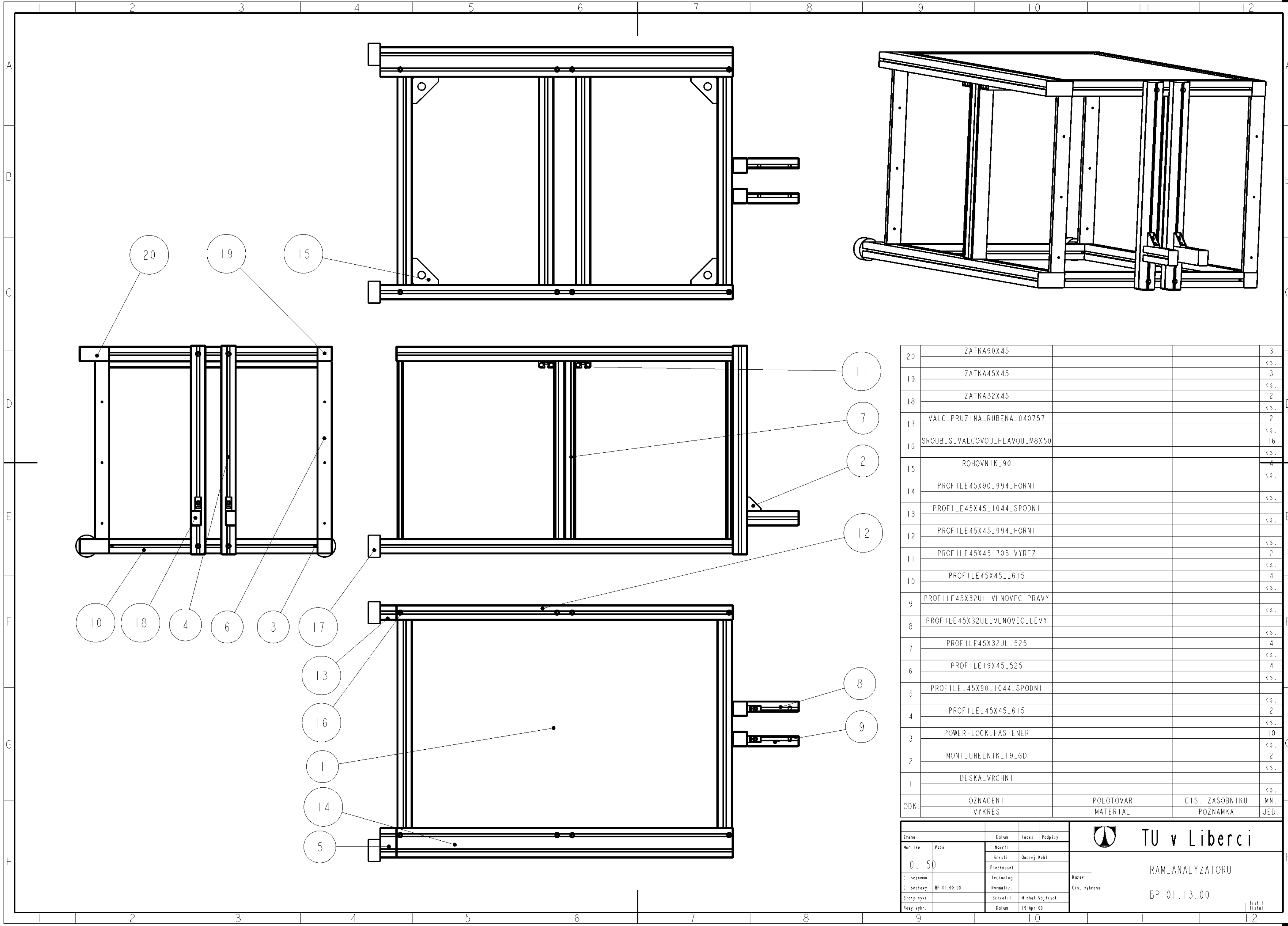
	TU v Liberci		
	PLECH_ZADNI_135		
	BP 01.10.00		
Cis. vykresu			
		list 1	
		listul	

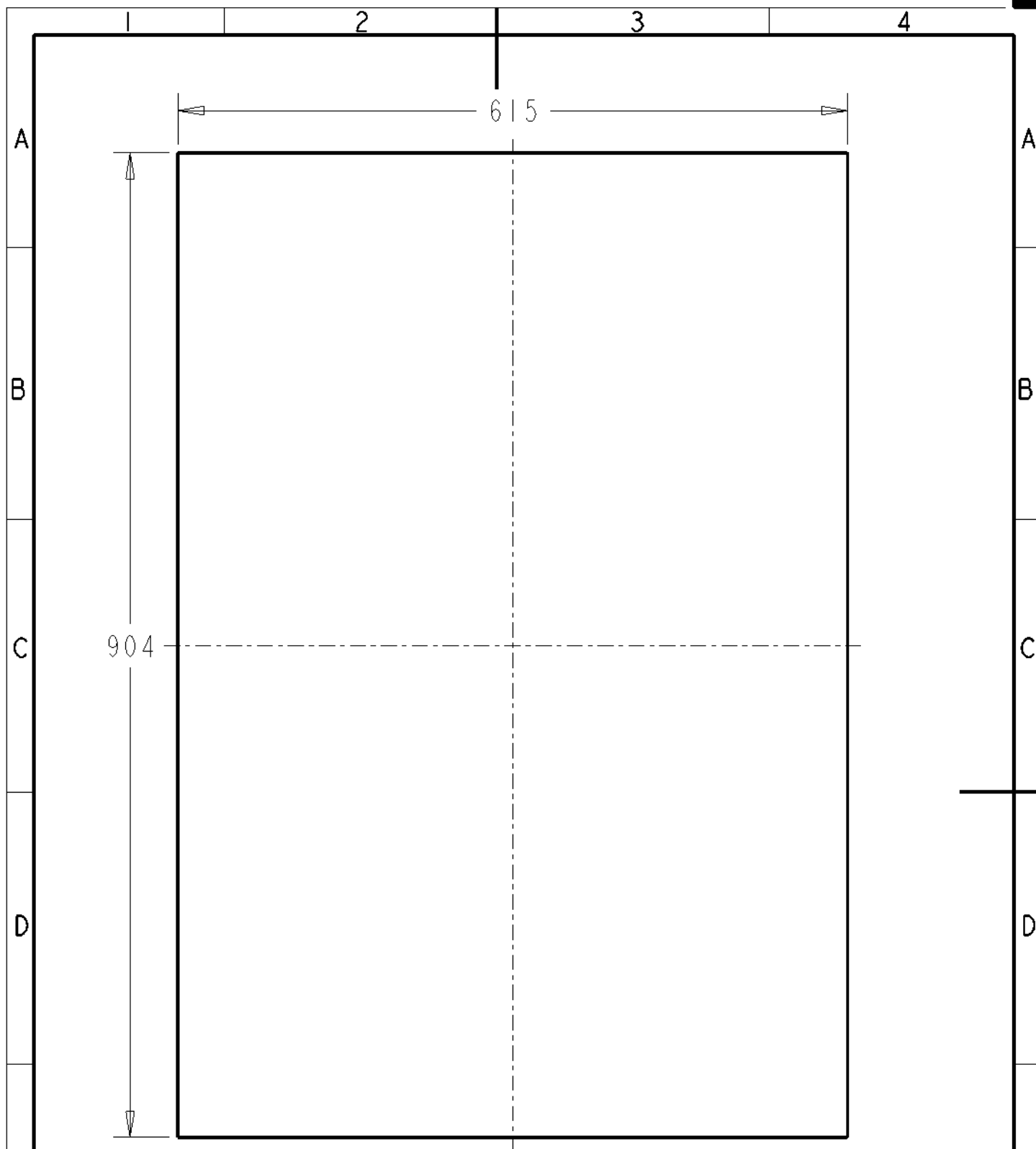


Plech-material 17 240, tl 1,5mm, obrabene plochy maji drsnost Ra 6,3
Plech prohnuty v rovine der tak, aby sel pritahnout

2	SROUB_M6_KOMPLET			2
				ks.
1	PLECH_ZADNI_221			1
				ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

Zmena		Datum	Index	Podpisy	 TU v Liberci
Meritko	Pozn.	Navrhl	Kreslil	Ondrej Kohl	
0.500		Prezkousel			
C. seznamu		Technolog			
C. sestavy	BP 01.00.00	Normaliz.			PLECH_ZADNI_221 Cis. vykresu
Stary vykr.		Schvalil	Michal Vojtisek		BP 01.11.00
Novy vykr.		Datum	19-Apr-09		list 1 listul

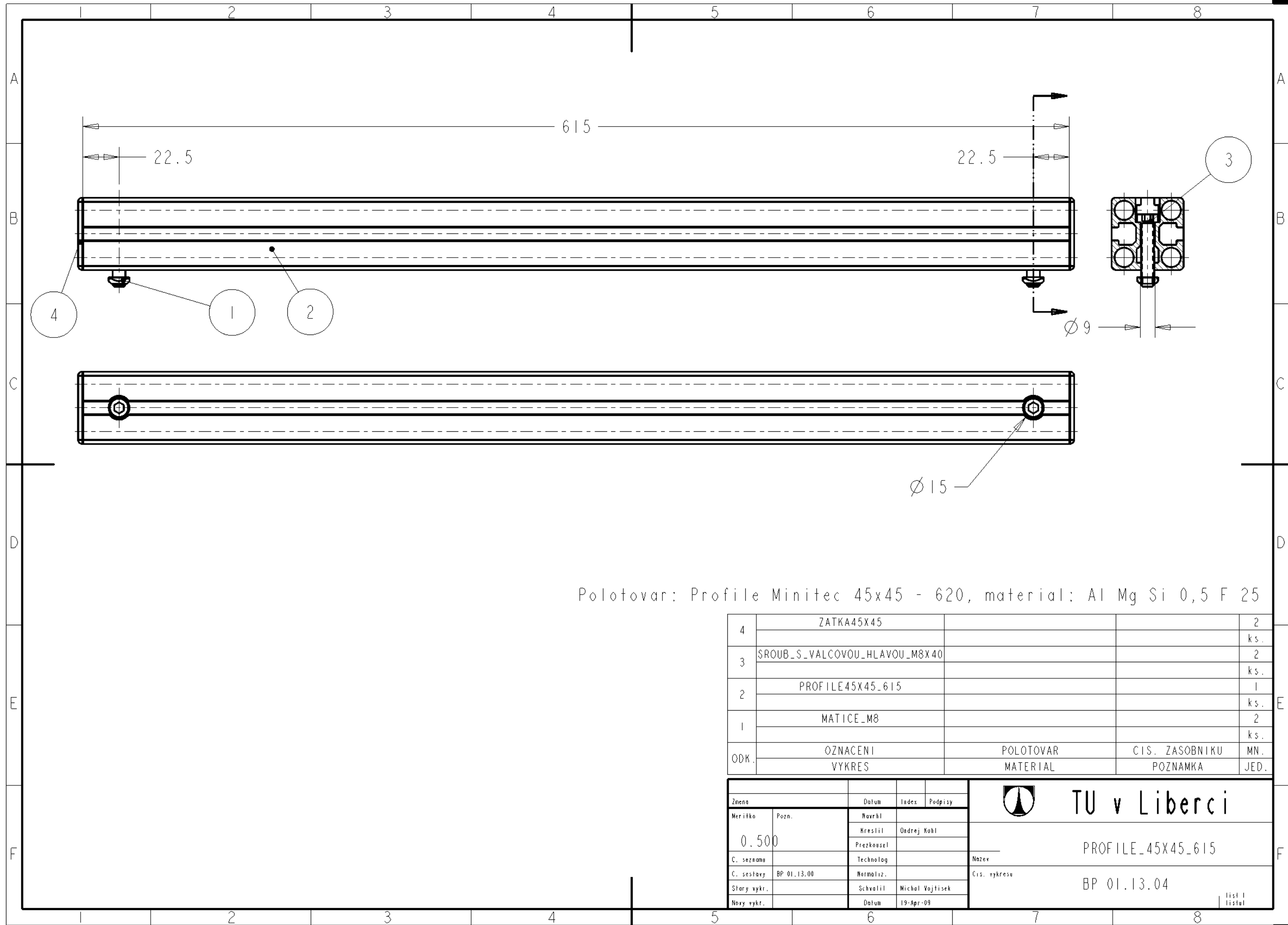




Na desku bude z jedné strany nalepen koberec, nebo guma

Roz. - Poloh.		preklizka 620x910x8				Presnos Tolerovani m. K	
		c)		Mater.	preklizka	Tr. odp	
		b)		C. hm		Hr. hm.	
		a)					
Zmena		Datum	Index	Podpisy			
Meritko	Pozn.	Navrhl		 TU v Liberci			
0.200		Kreslil Ondrej Kohl					
		Przkoušel					
C. seznamu		Technolog		Název DESKA_VRCHNI			
C. sestavy BP 01.13.00		Normaliz.		Cis. vykresu BP 01.13.1			
Stary vykr.		Schvalil Michal Vojtisek					
Novy vykr.		Datum 19-Apr-09					

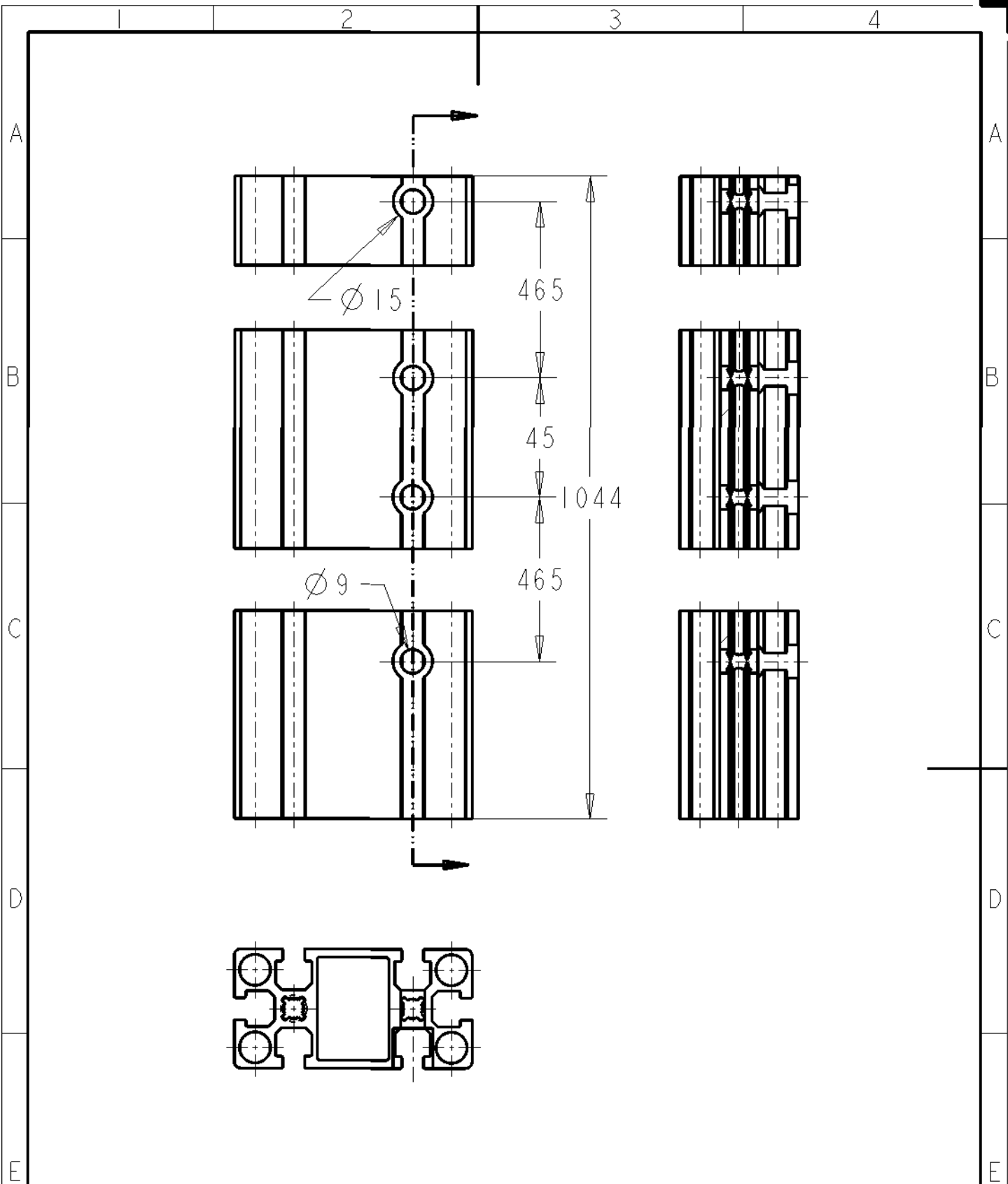
list 1
listul



Polotovár: Profile Minitec 45x45 - 620, material: Al Mg Si 0,5 F 25

4	ZATKA45X45			2
				ks.
3	SROUB_S_VALCOVOU_HLAVOU_M8X40			2
				ks.
2	PROFILE45X45_615			1
				ks.
1	MATICE_M8			2
				ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

					TU v Liberci
Zmena		Datum	Index		
Meritko	Pozn.	Navrh			PROFILE_45X45_615
		Kreslil	Ondrej Kohl		
0.500		Prezkoušel			
C. seznam		Technolog		Nazev	
C. sestavy	BP 01.13.00	Normaliz.		Cis. vykresu	
Stary vykr.		Schválil	Michal Vojtisek		BP 01.13.04
Novy vykr.		Datum	19-Apr-09		
					list 1 listul



Prizp.fPp.lod. Minitec 45x90 - 1050				PRESNOST m, K			
		c)		Mater.	Al Mg Si 0.5 F Z5	Tr. odp.	TOLEROVANI ISO 8015
		b)		C. hm.	kg	Hr. hm.	PROMITANI 
		a)					
Zmena		Datum	Index	 TU v Liberci Nazev PROFILE_45X90_1044_SPODN Typ Cis.vykresu BP 01.13.05			
Meritko	Pozn.	Navrh					
0.500		Kreslil	Ondrej Kohl				
		Prezkousel					
C.seznamu		Technolog					
C.sestavy	BP 01.13.00	Normaliz.					
Stary vykr.		Schvalil					
Novy vykr.		Datum	22-Apr-09				

PRESNOST m, K
TOLEROVANI ISO 8015
PROMITANI



TU v Liberci

Nazev
PROFILE_45X90_1044_SPODN

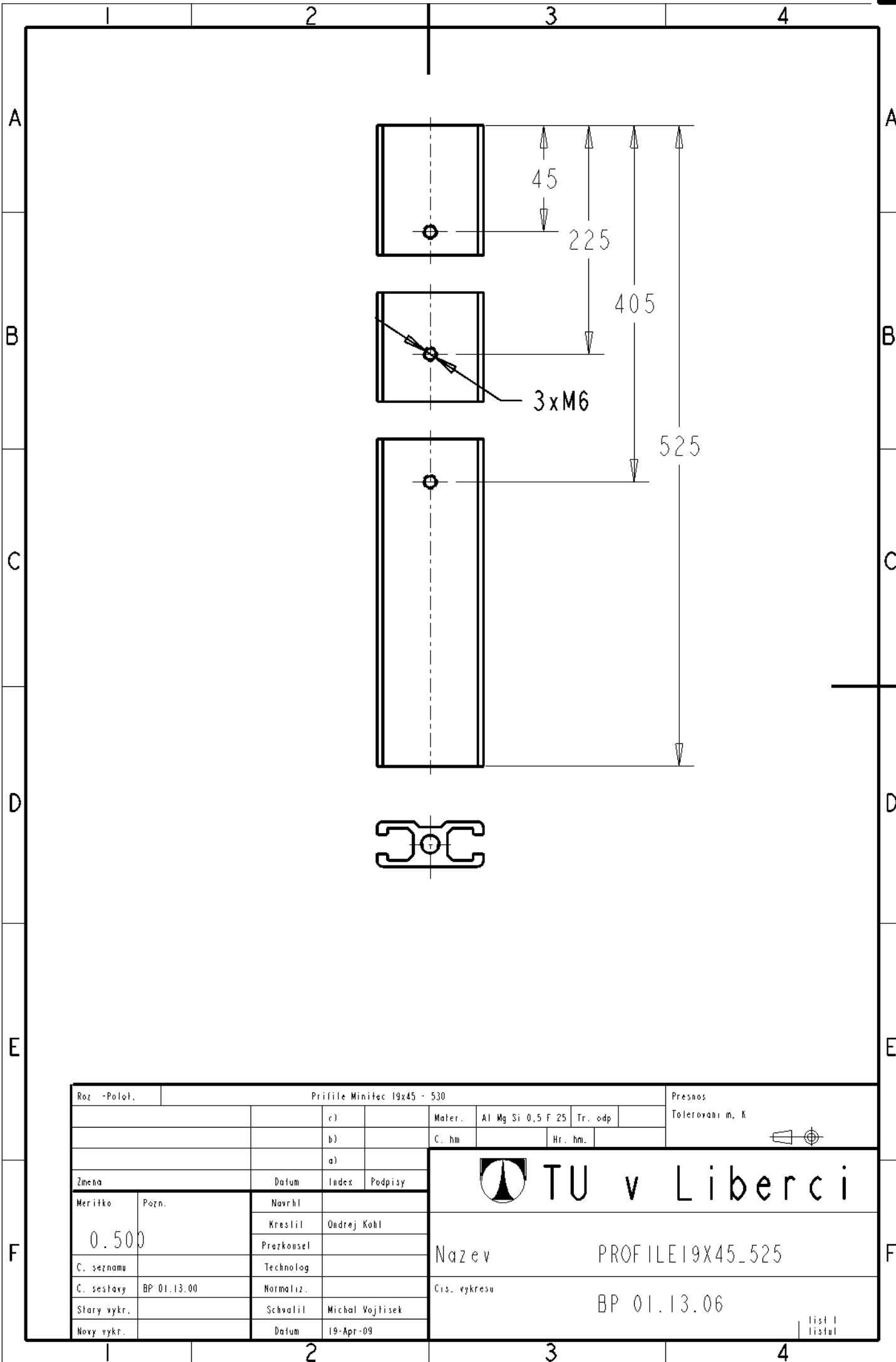
Nazev

Typ

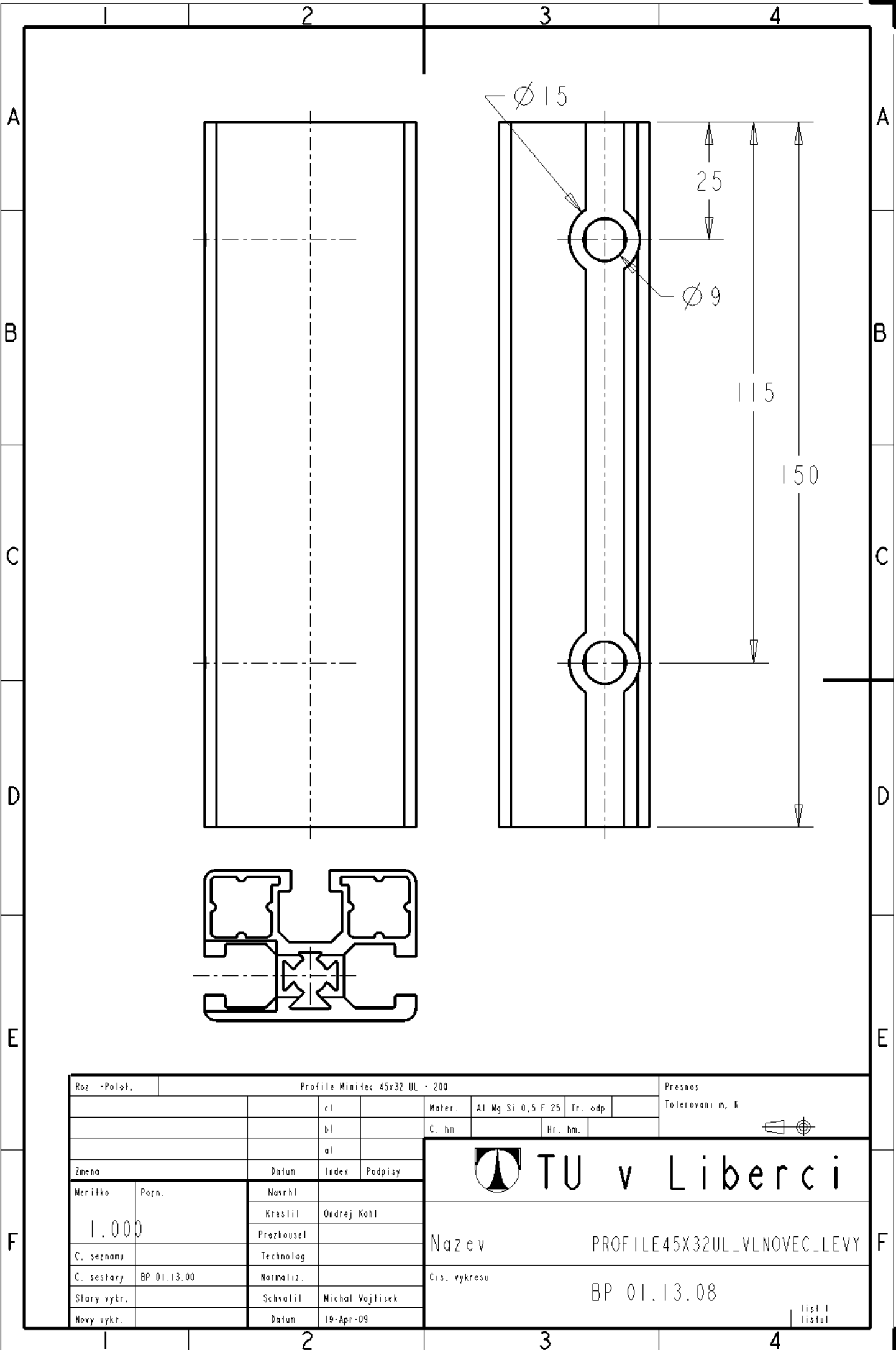
Cis.vykresu

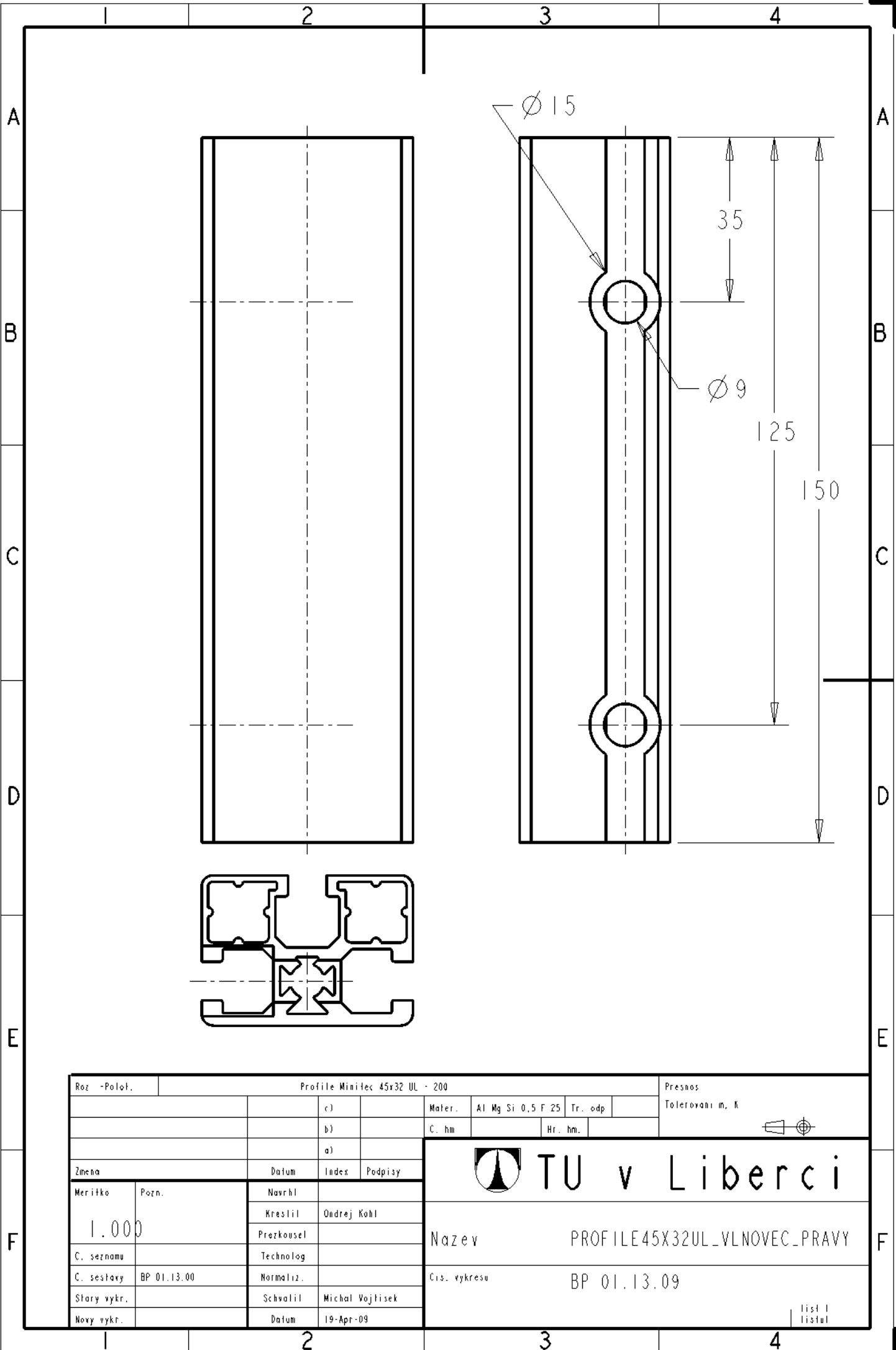
BP 01.13.05

List

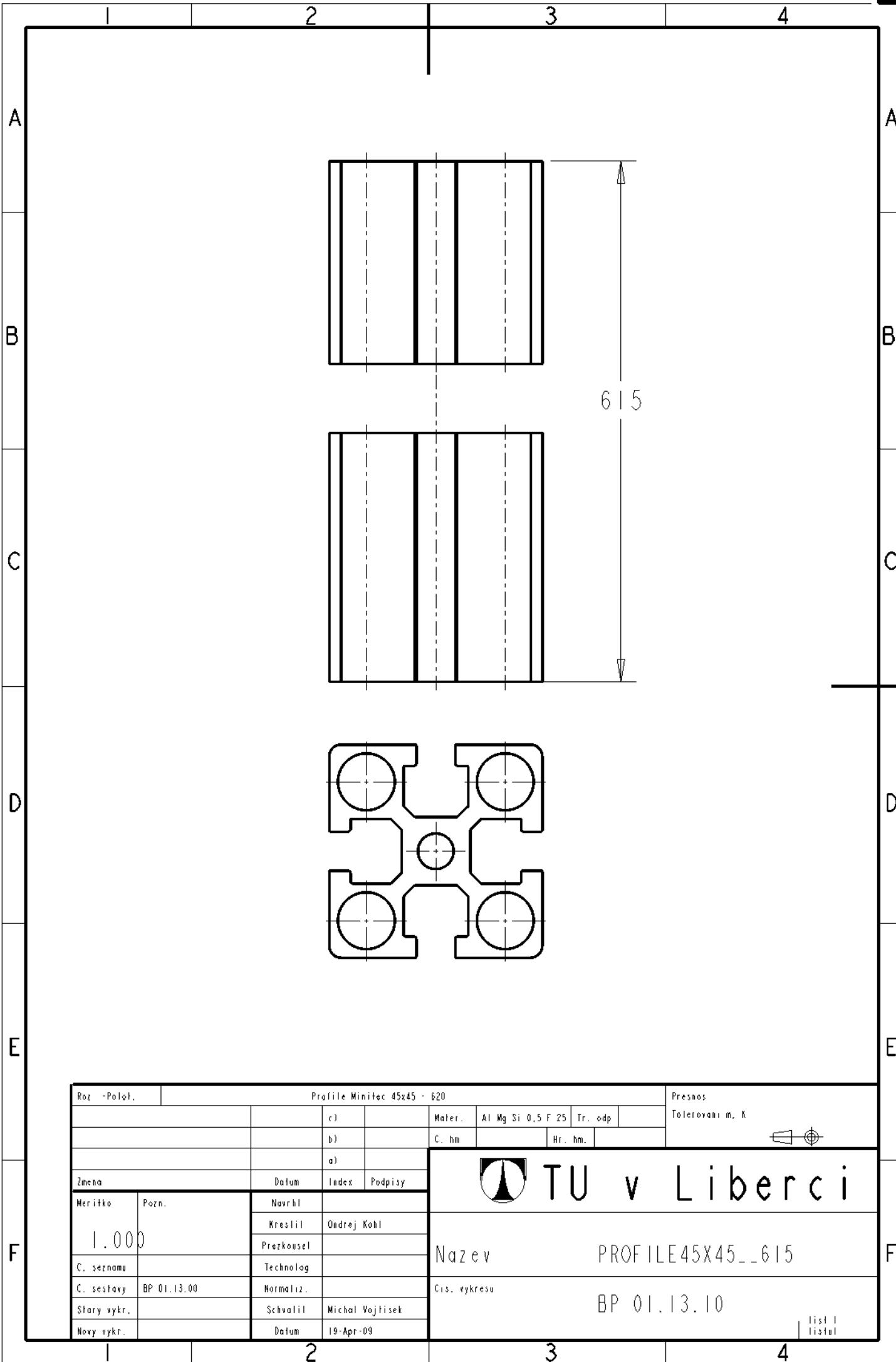


Roz. -Poloh.		Profile Minitac 19x45 - 530						Presnos						
		c)		Mater.	Al Mg Si 0,5 F 25	Tr. odp		Tolerovani m, K						
		b)		C. hm		Hr. hm.								
		a)												
Zmena		Datum	Index	Podpis	TU v Liberci									
Meritko	Pozn.	Navrhl												
0.500		Kreslil	Ondrej Kohl											
		Przkoušel												
C. seznamu		Technolog												
C. sestavy	BP 01.13.00	Normaliz.												
Stary vykr.		Schválil	Michal Vojtisek											
Novy vykr.		Datum	19-Apr-09											
					Název					PROFILE19X45-525				
					Cis. vykresu					BP 01.13.06				
										list 1 listul				



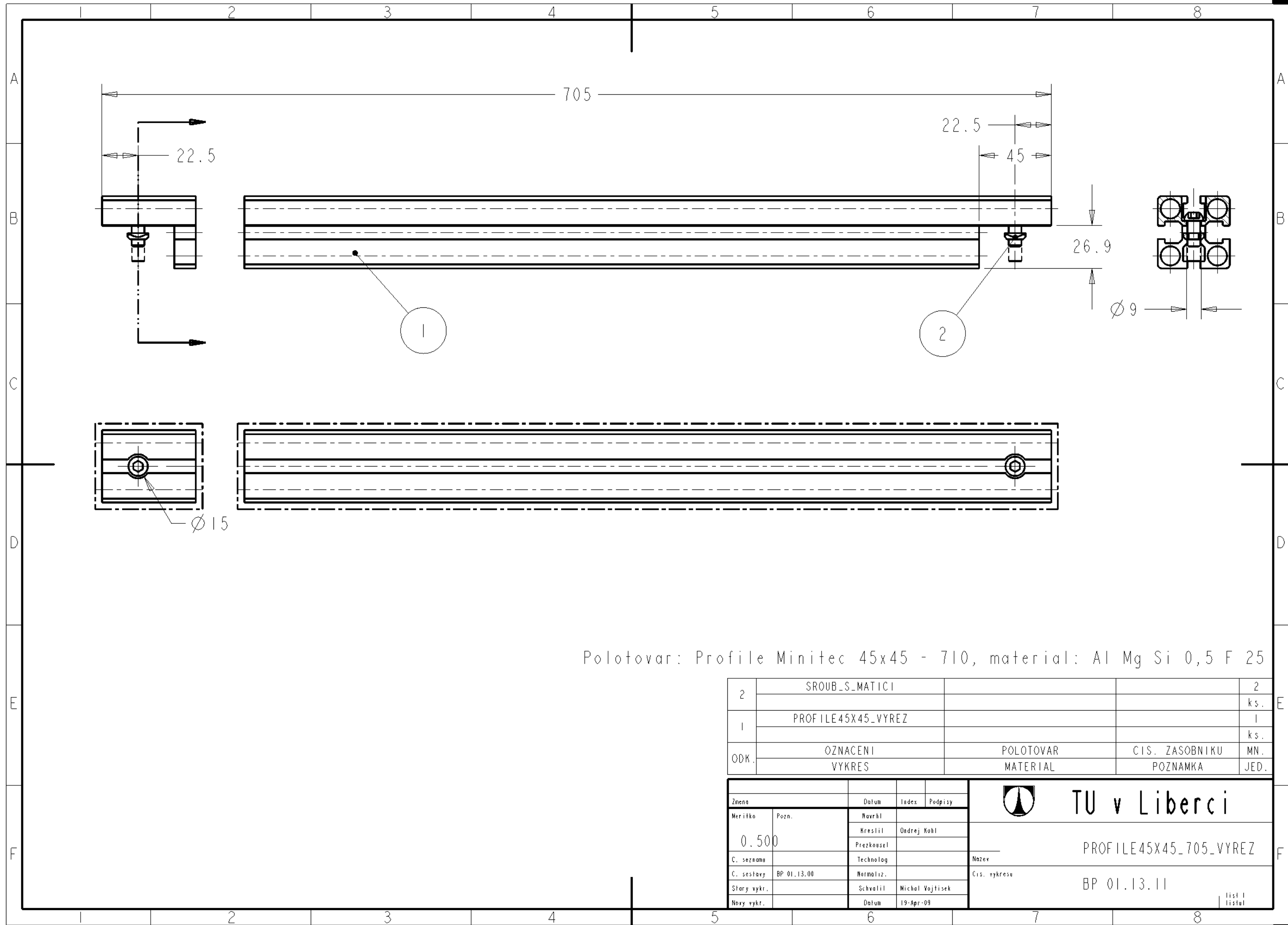


Roz - Polot.		Profile Miniflex 45x32 UL - 200				Presnos	
		c)		Mater.	Al Mg Si 0,5 F 25	Tr. odp	Tolerovani m, K
		b)		C. hm		Hr. hm.	
		a)					
Zmena		Datum	Index	Podpisy	 TU v Liberci		
Meritko	Pozn.	Navrhl					
1.000		Kreslil	Ondrej Kohl				
		Przkoušel					
C. seznamu		Technolog					
C. sestavy	BP 01.13.00	Normaliz.					
Starý vykr.		Schválil	Michal Vojtisek				
Nový vykr.		Datum	19-Apr-09				
Název					PROFILE45X32UL_VLNOVEC_PRAVY		
Čís. výkresu					BP 01.13.09		
					list 1 listul		



Roz. - Poloh.		Profil Minitec 45x45 - 620						Presnos		
		c)		Mater.	Al Mg Si 0,5 F 25	Tr. odp		Tolerovani m. K		
		b)		C. hm		Hr. hm.				
		a)		 TU v Liberci						
Zmena		Datum	Index							Podpisy
Meritko	Pozn.	Navrhl								
1.000		Kreslil								Ondrej Kohl
		Przkoušel								
C. seznamu		Technolog								
C. sestavy	BP 01.13.00	Normaliz.	Cis. vykresu							
Starý vykr.		Schválil	Michal Vojtisek	BP 01.13.10						
Nový vykr.		Datum	19-Apr-09							

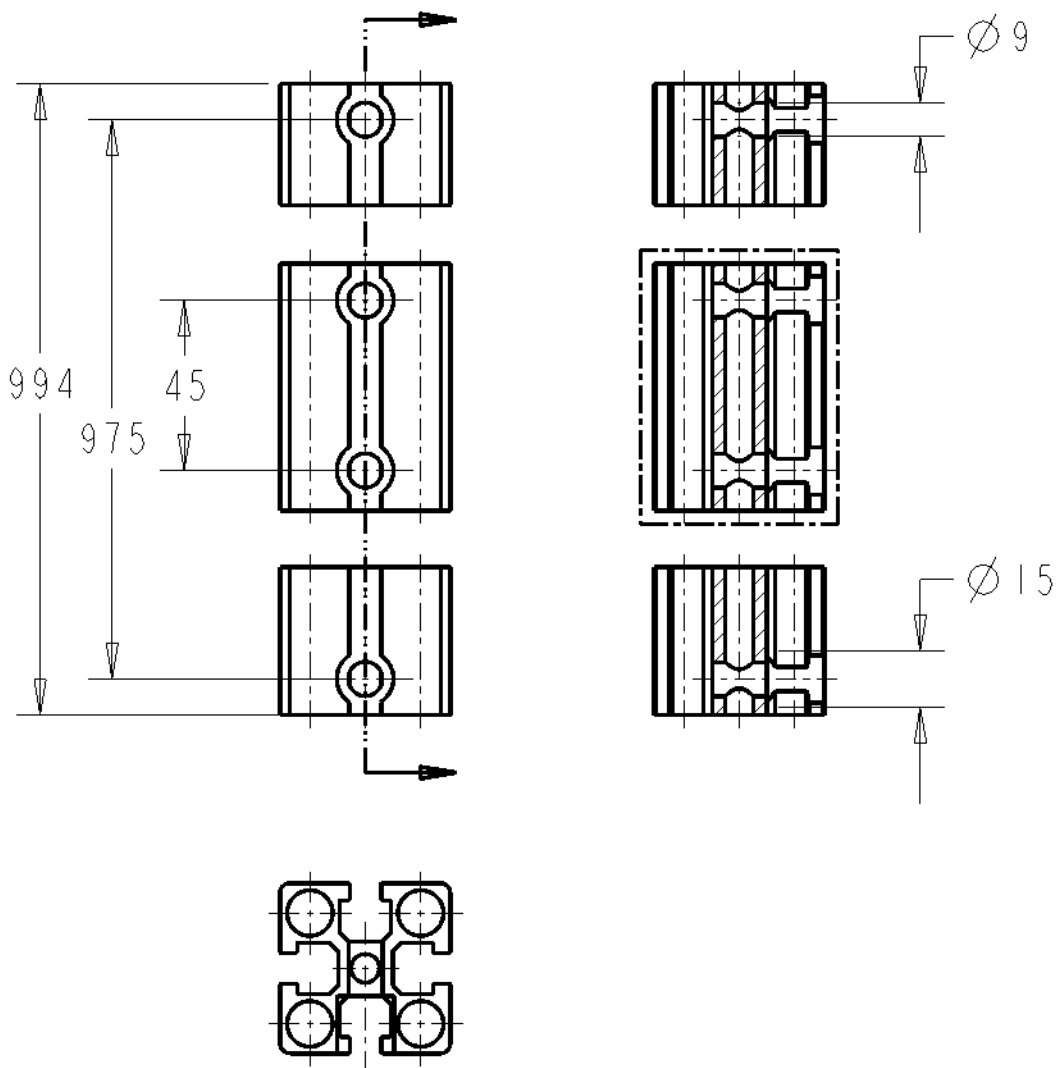
list 1
listul



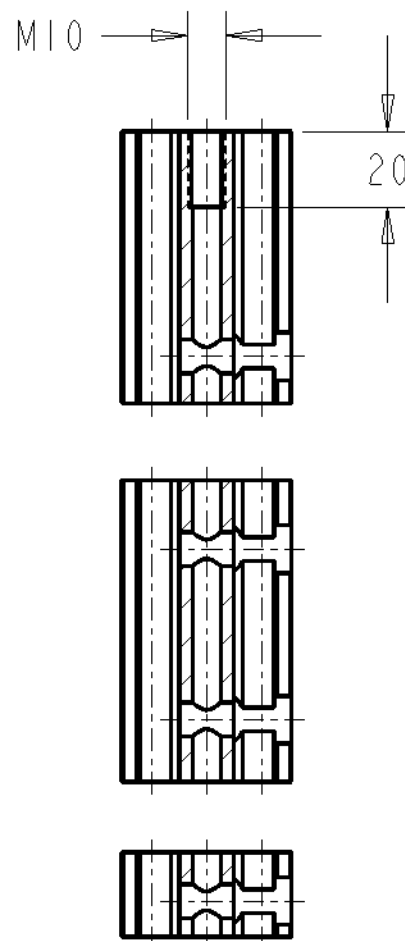
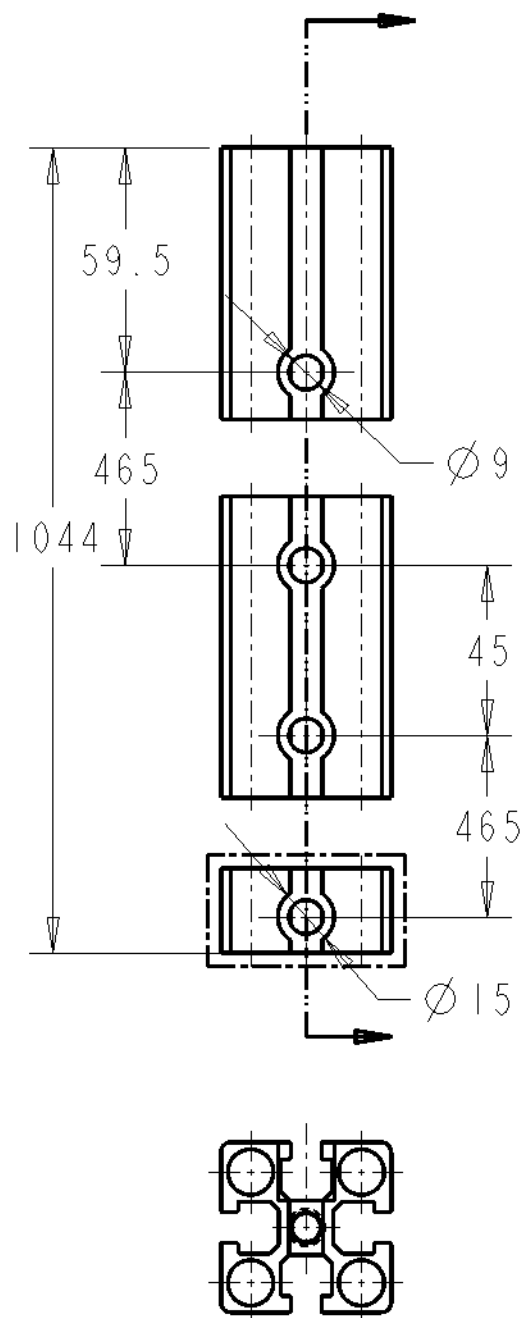
Polotovár: Profile Minitec 45x45 - 710, material: Al Mg Si 0,5 F 25

2	SROUB_S_MATICI		2
			ks.
1	PROFILE45X45_VYREZ		1
			ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA
			MN. JED.

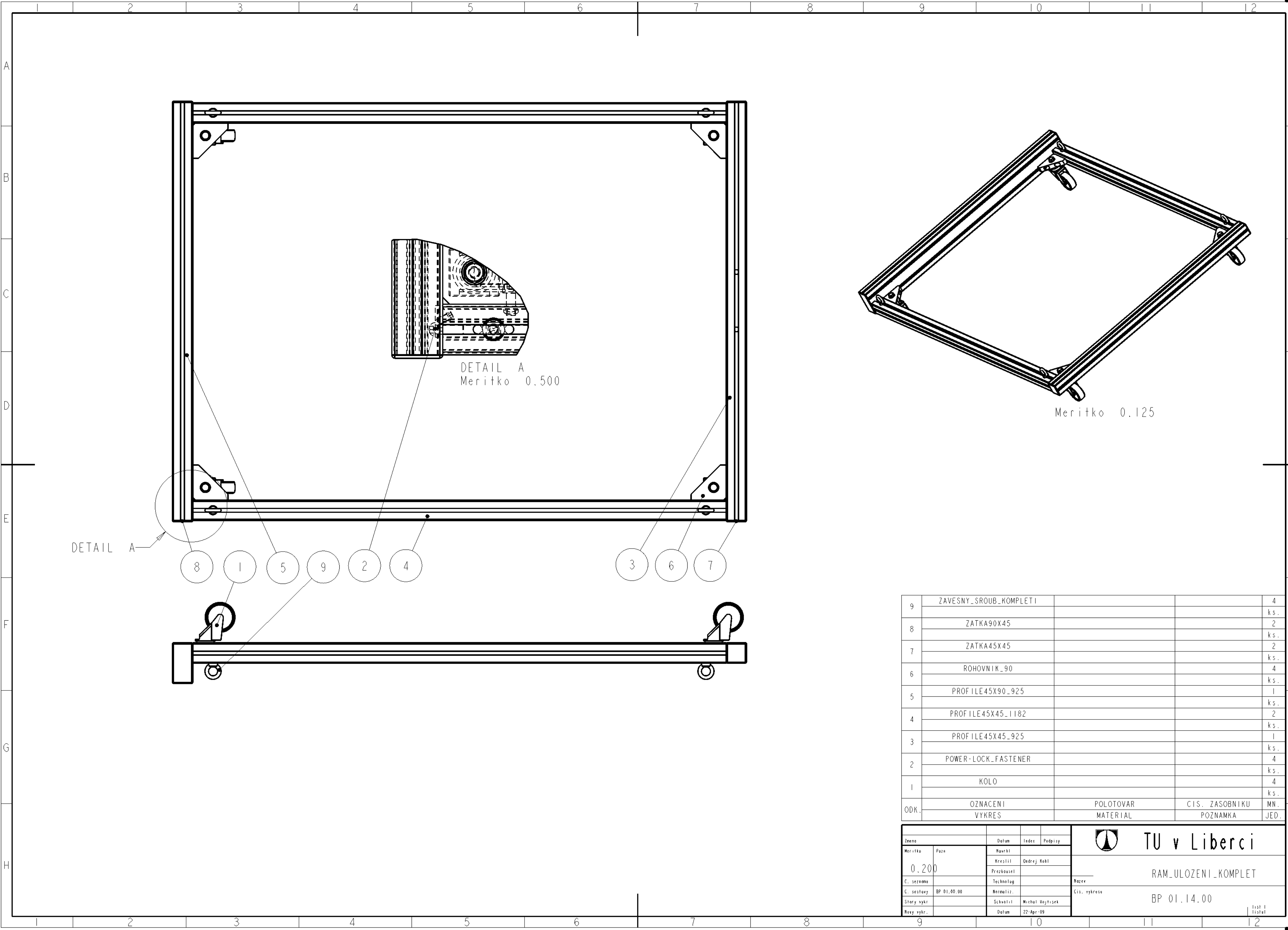
					TU v Liberci
Zmena		Datum	Index		
Meritko	Pozn.	Navrh			
0.500		Kreslil	Ondrej Kobl		
		Prezkoušel			
C. seznamu		Technolog	Nazev		
C. sestavy	BP 01.13.00	Normaliz.	Cis. vykresu		
Starý vykr.		Schválil	Michal Vojtisek	BP 01.13.11	
Nový vykr.		Datum	19-Apr-09		
					list 1 listul



Rezo. f. profil. Minitec 45x45 - 1000				PRESNOST m, K			
				TOLEROVANI ISO 8015			
				PROMITANI			
Zmena		Datum		Index		Podpisy	
Meritko		Pozn.		Navrh		Název	
0.500				Kreslil Ondrej Kohl		PROFILE 45X45-994-HORNI	
C. seznamu		Technolog		Typ		Cis. vykresu	
C. sestavy BP 01.13.00		Normaliz.				BP 01.13.12	
Stary vykr.		Schvalil				List	
Novy vykr.		Datum		22-Apr-09			

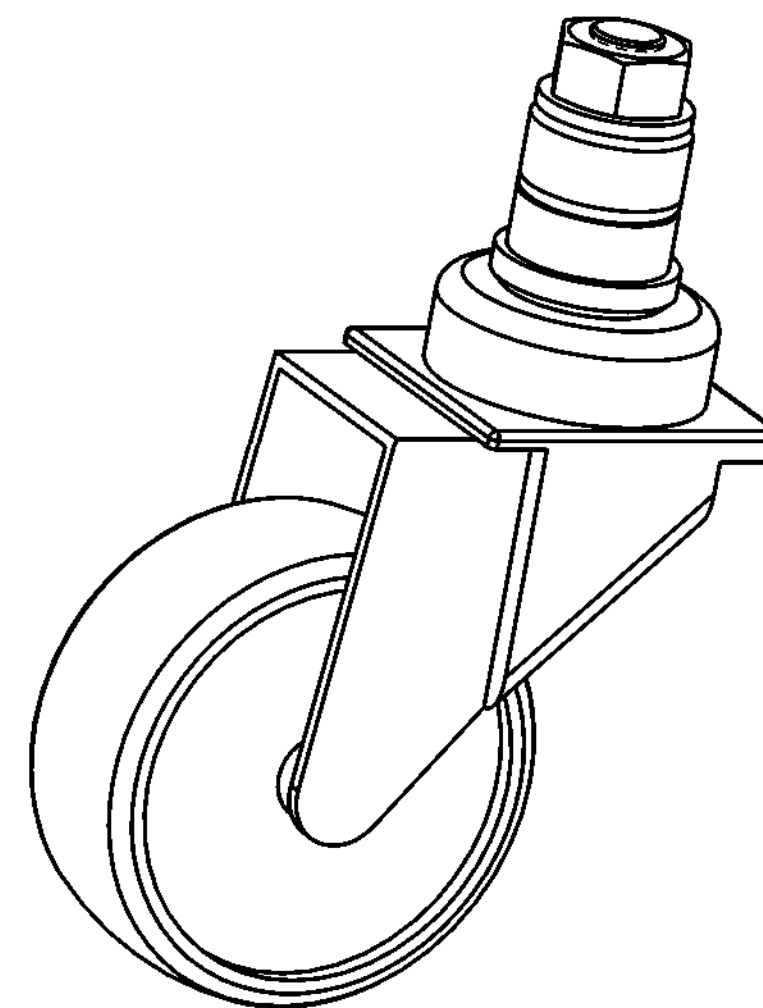
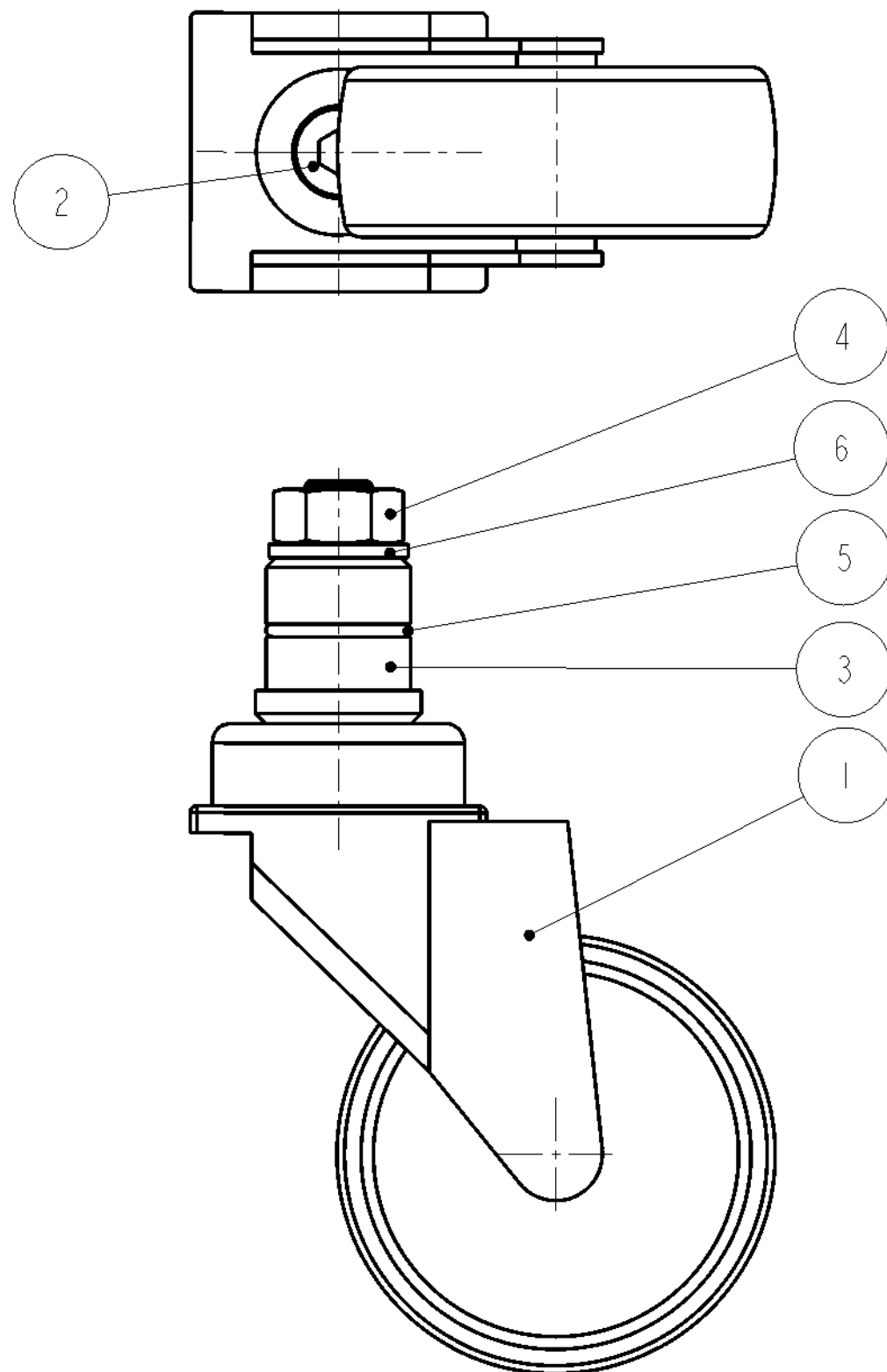


Príloha k výkresu: Minitec 45x45 - 1050				PRESNOST m, K			
		c)		Mat.	Al Mg Si Cu	0.25	TOLEROVANÍ ISO 8015
		b)		C. hm.	kg	Hr. hm.	PROMITANÍ
		a)					
Zmena		Datum					
Meritko	Pozn.	Navrh					
0.500		Kreslil	Ondrej Kohl	Název			
		Prezkoušel		PROF ILE 45X45_1044_SPODNI			
C. seznamu		Technolog		Typ			
C. sestavy	BP 01.13.00	Normaliz.		Cis. vykresu			
Stary vykr.		Schválil		BP 01.13.13			
Novy vykr.		Datum	22-Apr-09	List			



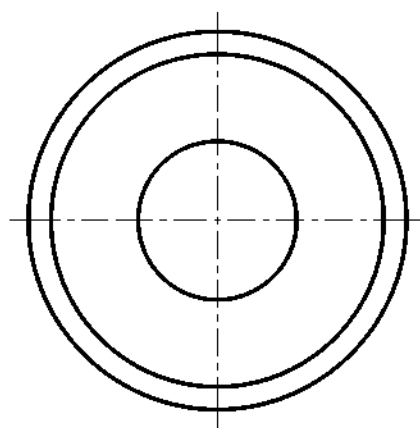
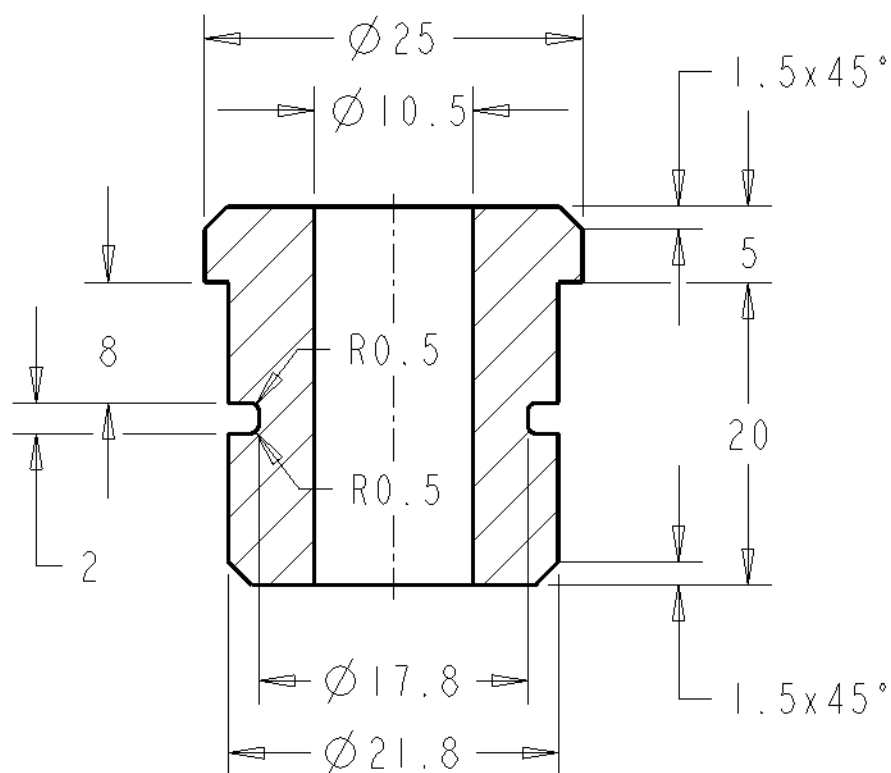
9	ZAVESNY_SROUB_KOMPLETI			4
				ks.
8	ZATKA90X45			2
				ks.
7	ZATKA45X45			2
				ks.
6	ROHOVNIK_90			4
				ks.
5	PROFILE45X90_925			1
				ks.
4	PROFILE45X45_1182			2
				ks.
3	PROFILE45X45_925			1
				ks.
2	POWER-LOCK_FASTENER			4
				ks.
1	KOLO			4
				ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

Zmena		Datum	Index	Podpis	 TU v Liberci
Meritko	Paza	Nazhli			
0.200		Kreslil	Ondrej Kobl		
		Prezkoušel			
C. seznam		Technolog			Název RAM_ULOZENI_KOMPLET
C. sestavy		Normaliz.			
Stary vykr.		Schválil		Michal Vojtisek	
Novy vykr.		Datum		22-Apr-09	Cis. vykresu BP 01.14.00



6	PODLOZKA_10			1
				ks.
5	O-KROUZEK_2X14			1
				ks.
4	MATICE_M10			1
				ks.
3	KOLO_VALECEK			1
				ks.
2	KOLO_SROUB_M10X40			1
				ks.
1	KOLO_KOMPLET			1
				ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

Zmena		Datum	Index	Podpis	 TU v Liberci KOLO BP 01.14.01 list 1 list 1
Meritko	Pozn.	Navrh			
1.000		Kreslil	Ondrej Kohl		
C. seznam		Technolog			
C. sestavy	BP 01.14.00	Normaliz.			
Stary vykr.		Schvalil	Michal Vojtisek		Cis. vykresu
Novy vykr.		Datum	22-Apr-09		

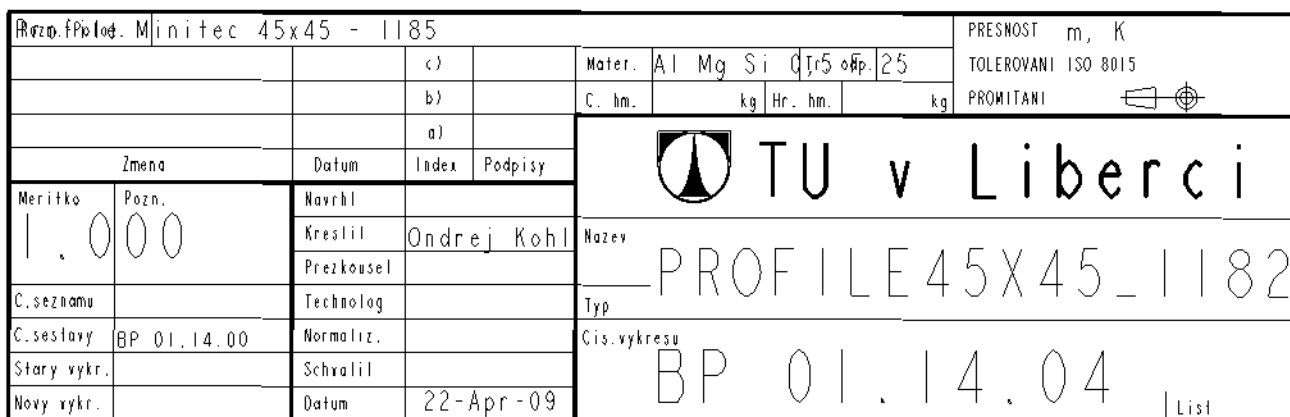


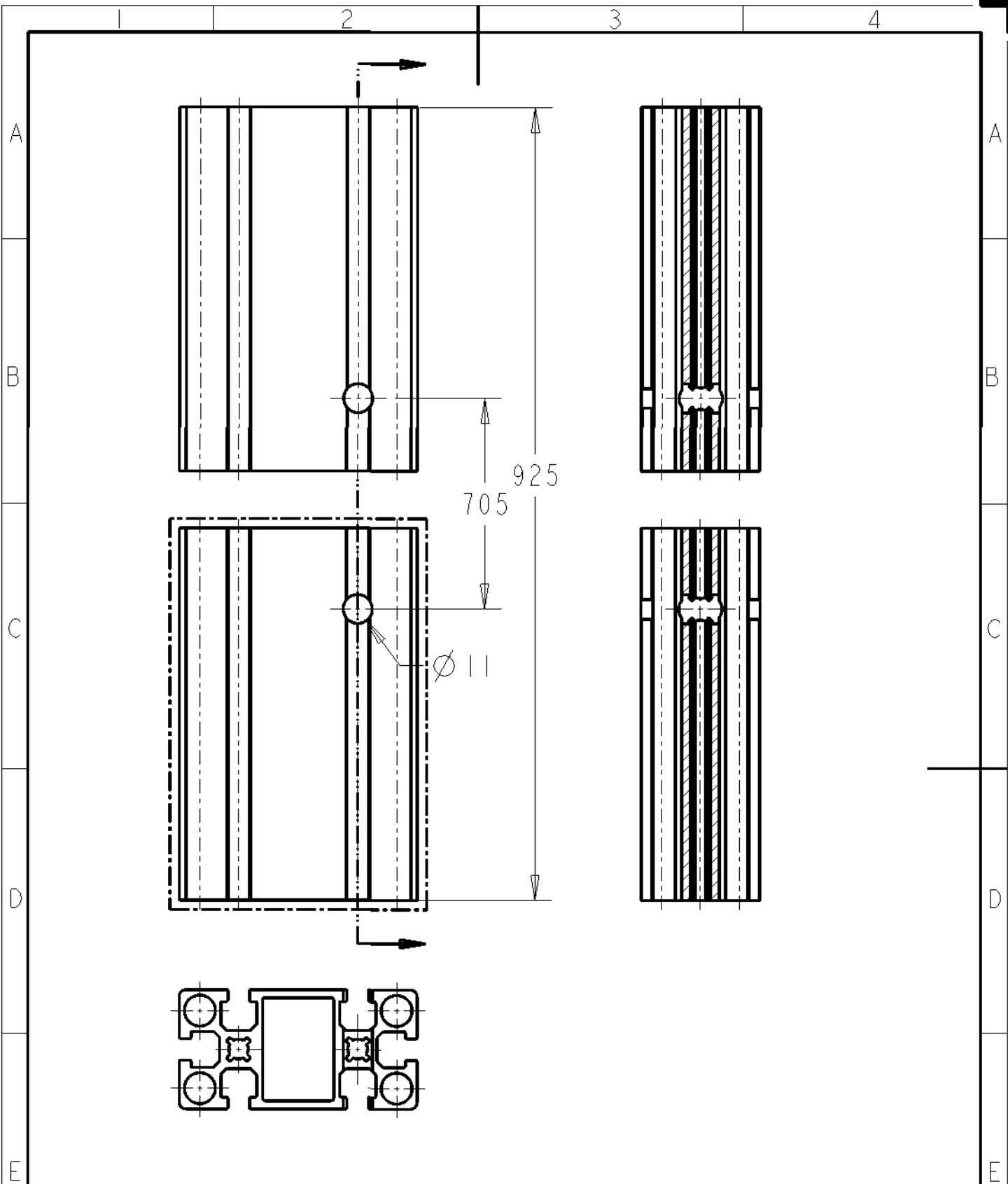
Obrabene plochy mají drsnost Ra 6,3

Rozm. - Polot. KR 25 - 30				PRESNOST m, K			
				TOLEROVANI ISO 8015			
				PROMITANI			
Zmena		Datum		Index		Podpisy	
Meritko		Pozn.		Navrh		Název	
2.000				Kreslil Ondrej Kohl		KOLO_VALECEK	
C. seznamu				Prezkousel		Typ	
C. sestavy BP 01.14.01				Technolog		Cis. vykresu	
Stary vykr.				Normaliz.		BP 01.14.01.04	
Novy vykr.				Schvalil		List	
				Datum 22-Apr-09			

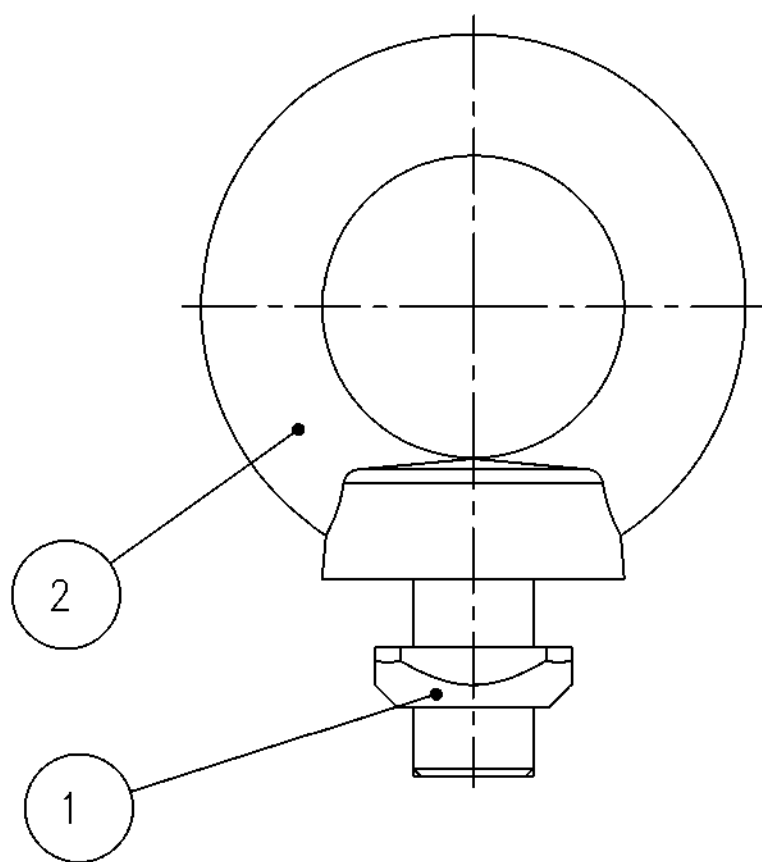


TU v Liberci

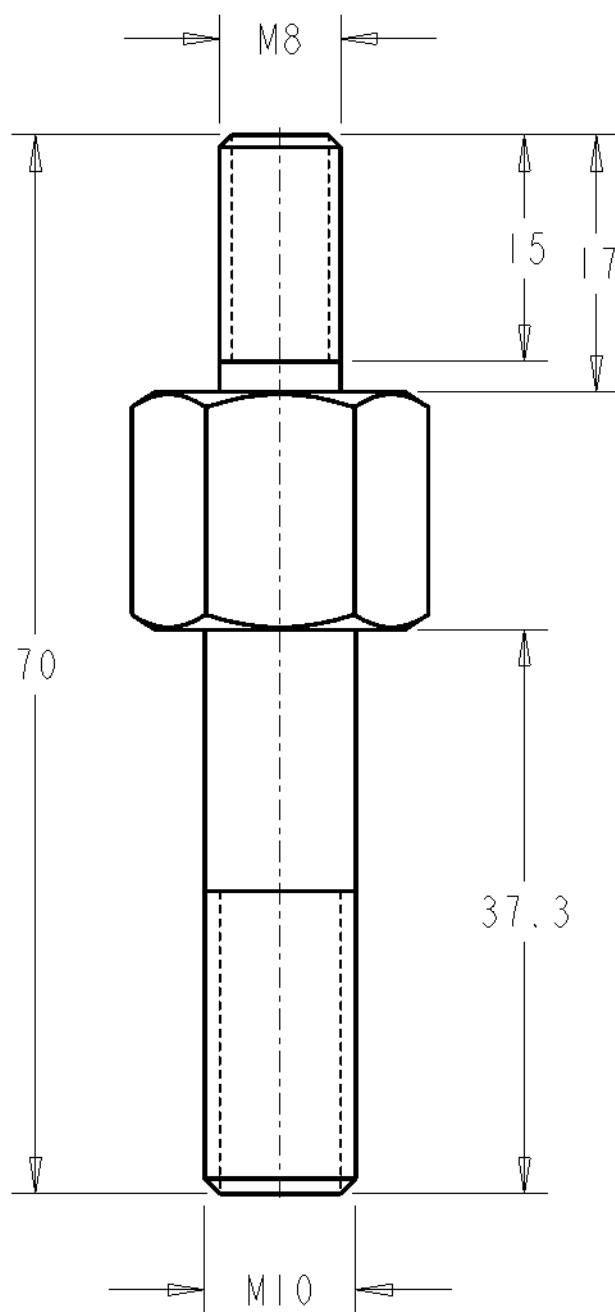




Rozm.-Polot.		Profile Minitec 45x90 - 930				PRESNOST m, K	
		c)		Mater.	Al Mg Si 0.15 0.05 0.25	TOLEROVANI ISO 8015	
		b)		C. hm.	kg Hr. hm.	kg	PROMITANI
		a)					
Zmena		Datum	Index				
Meritko	Pozn.	Navrh					
0.500		Kreslil	Ondrej Kohl				
		Prezkousel					
C. seznamu		Technolog		Nazev			
C. sestavy		Normaliz.		Typ			
Stary vykr.		Schvalil		Cis. vykresu			
Novy vykr.		Datum	22-Apr-09	BP 01.14.05			
				List			



2	ZAVESNY_SROUB_M8					1	
						ks.	
1	MATICE_M8					1	
						ks.	
ODK.	OZNACENI			POLOTOVAR		CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES			MATERIAL		POZNAMKA	JED.
Zmena		Datum	Index	Podpisy			
Meritko	Pozn.	Navrhl					
		Kresil	Ondrej Kohl				
		Przkoušel					
2.000							
C. seznamu		Technolog					
C. sestavy	BP 01.14.00	Normaliz.					
Starý výkr.		Schválil	Michal Vojtisek				
Nový výkr.		Datum	22-Apr-09				
				Nazev: ZAVESNY_SROUB_KOMPLET1			
				Cis. vykresu			
				BP 01.14.09			
				list 1 (listu1)			

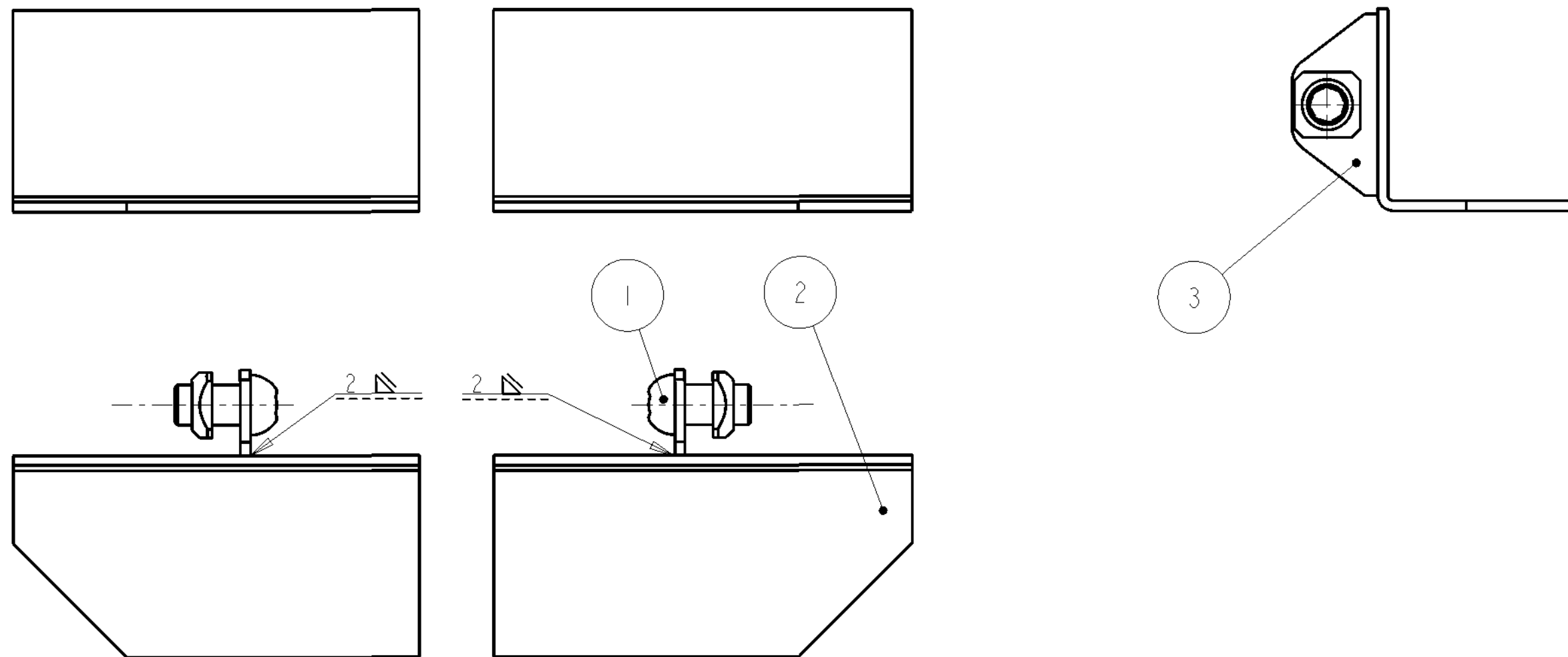


Obrabene plochy mají drsnost Ra 6,3

Rozm. - Polot.		6HR 17 - 70		PRESNOST m, K		TOLEROVANI ISO 8015	
		c)		Mater. 11 373		Tr. odp.	
		b)		C. hm.		kg Hr. hm. kg	
		a)				PROMITANI	
Zmena		Datum		Index		Podpisy	
Meritko	Pozn.	Navrhl		Kreslil		Název	
2.000				Ondrej Kohl		SROUB_TLUMICE	
C. seznamu		Technolog				Typ	
C. sestavy	BP 01.17.00	Normaliz.				Cis. vykresu	
Stary vykr.		Schvalil				BP 01.17.05	
Novy vykr.		Datum		22-Apr-09		List	

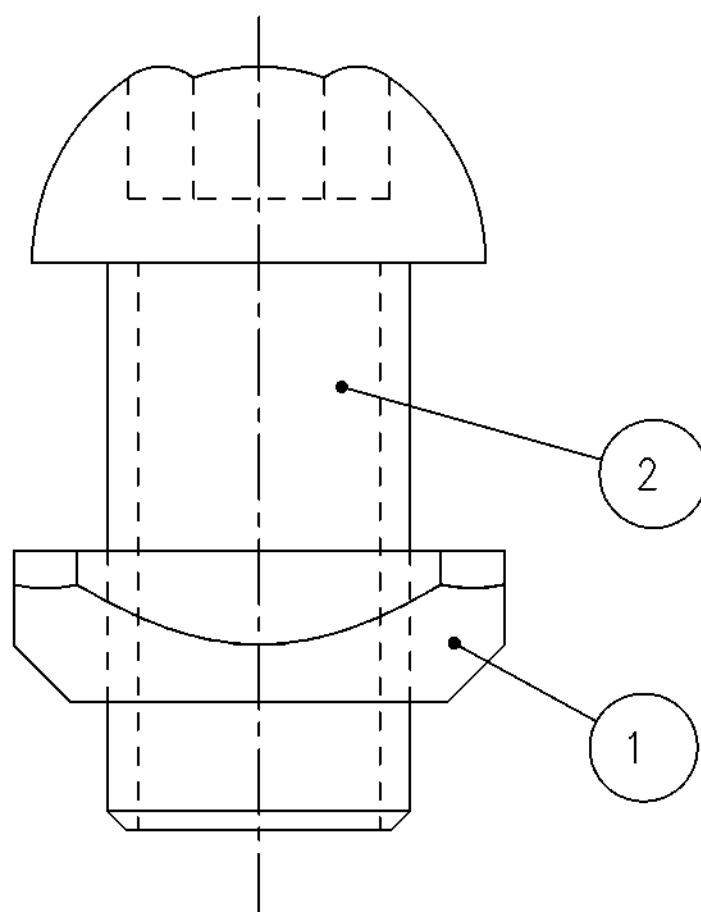


TU v Liberci



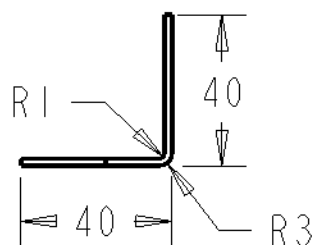
3	UHELNÍK_UCHYT			2
				ks.
2	UHELNÍK			1
				ks.
1	SROUB_S_MATICI			2
				ks.
ODK.	OZNACENÍ		POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU
	VYKRES		MATERIAL	POZNAMKA
				MN. JED.

Zmena		Datum	Index	Podpisy	 TU v Liberci
Meritko	Pozn.	Navrh	Kreslil	Ondrej Kohl	
1.000		Prezkoušel			UHELNÍK_KOMPLET BP 01.18.00 list 1 listul
C. seznamu		Technolog			
C. sestavy	BP 01.00.00	Normaliz.			
Starý vykr.		Schválil	Michal Vojtisek		
Nový vykr.		Datum	22-Apr-09		

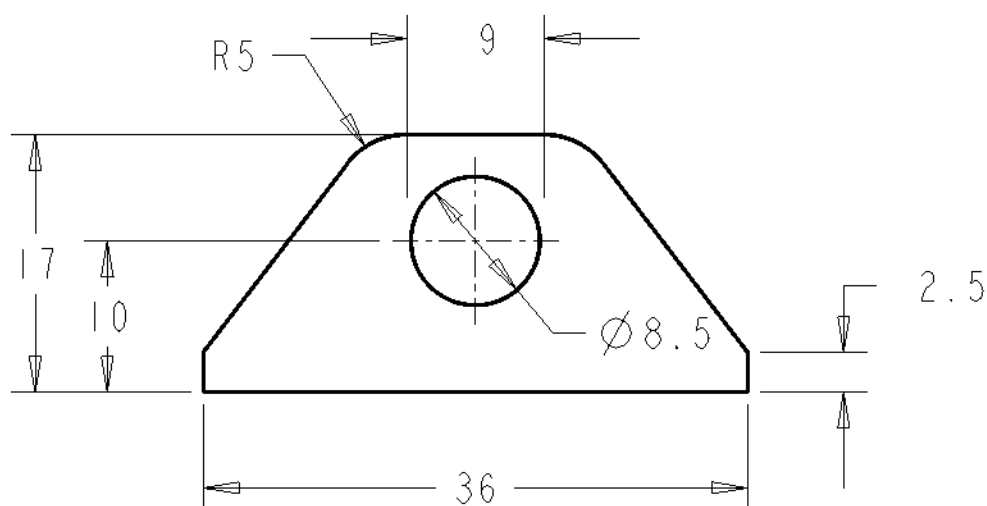


2	SROUB_M8X15_KOUPIT			1
				ks.
1	MATICE_M8			1
				ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

Zmena		Datum	Index	Podpisy	 TU v Liberci
Meritko	Pozn.	Navrhl			
		Kreslil	Ondrej Kahl		
		Prezkoušel			
C. seznamu		Technolog			Nazev SROUB_S_MATICI BP 01.18.01
C. sestavy	BP 01.18.00	Normaliz.		Cis. vykresu	
Stary vykz.		Schválil	Michal Vojtěšek		
Novy vykz.		Datum	22-Apr-09		

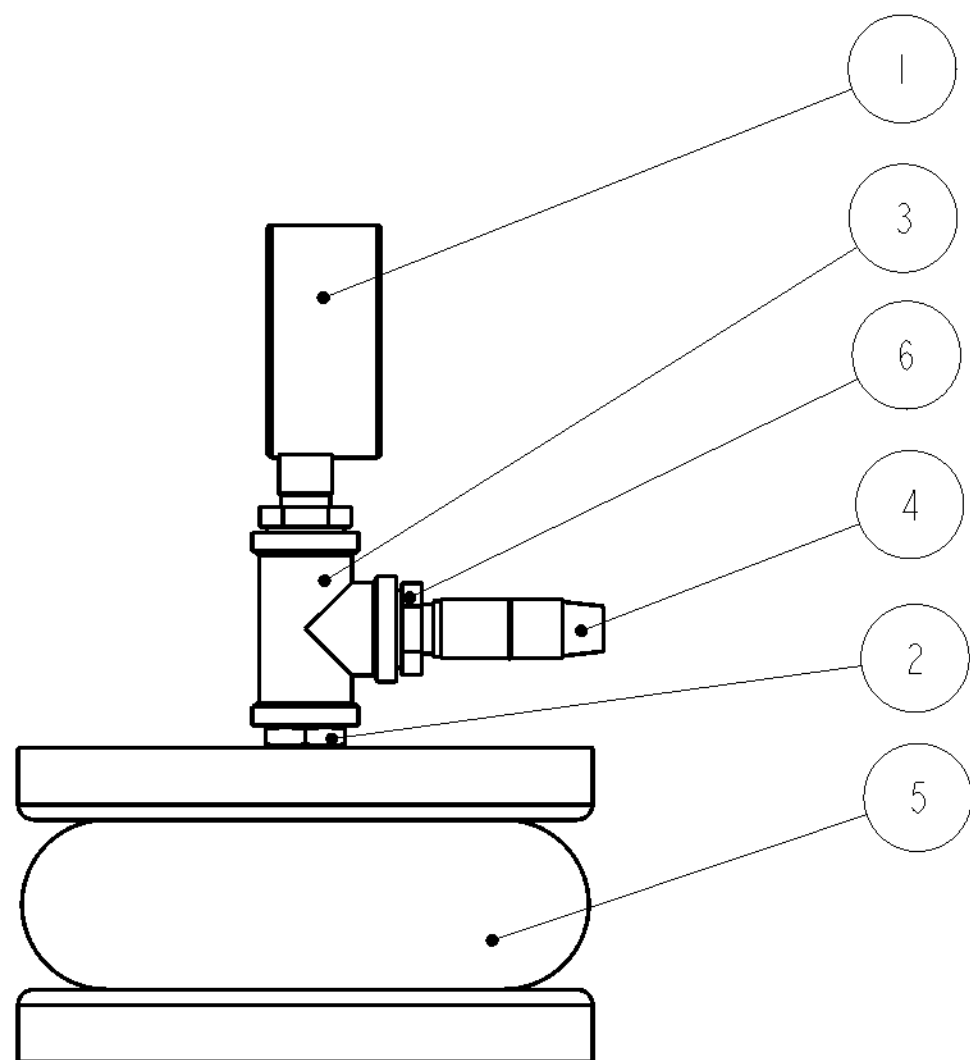


Rozm.-Polot. P		2 - 85x705		PRESNOST m, K		TOLEROVANI ISO 8015			
		c)		Mater. Al Mg 3		Tr. odp.			
		b)		C. hm.		kg Hr. hm. kg			
		a)				PROMITANI 			
Zmena		Datum		Index		Podpisy			
Meriiko		Pozn.		Navrh		 TU v Liberci			
0.500				Kreslil Ondrej Kohl				Nazev	
				Prezkousel				UHELNÍK	
C. seznamu				Technolog		Typ			
C. sestavy BP 01.18.00				Normaliz.		Cis. vykresu			
Stary vykr.				Schvalil		BP 01.18.02			
Novy vykr.				Datum 22-Apr-09		List			



Obrabene plochy mají drsnost Ra 6,3

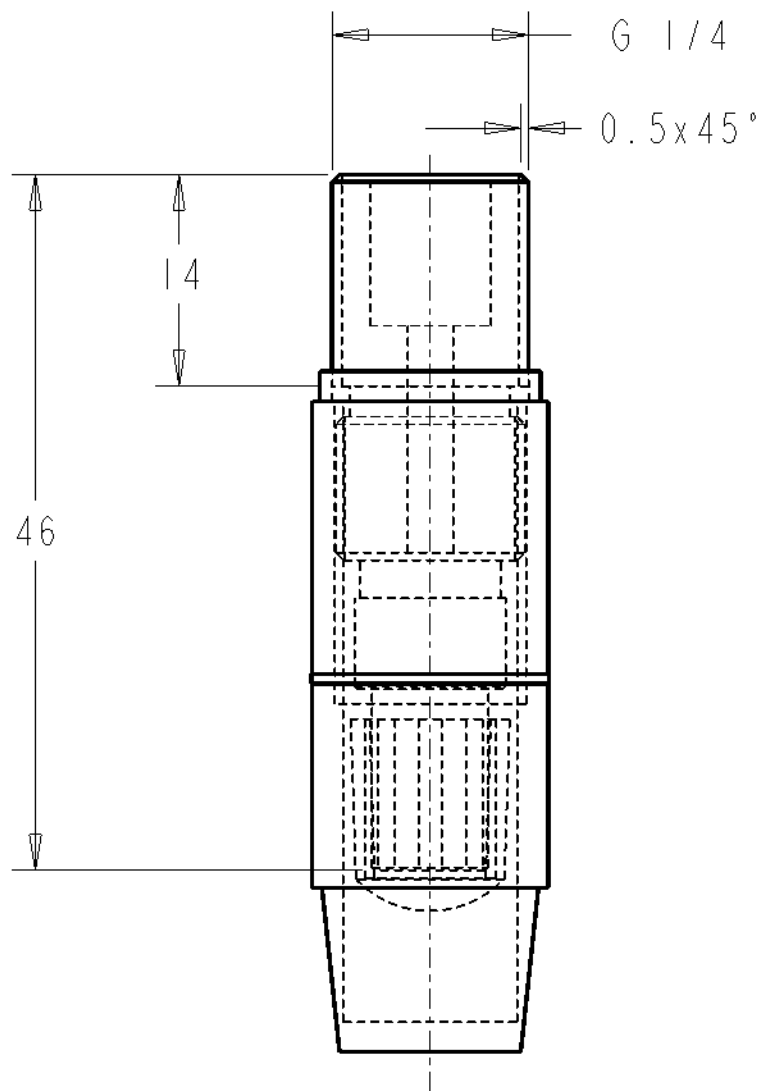
Rozm. - Polot.		P 2 - 20x40				PRESNOST m, K	
		c)		Mater.		Tř. odp.	
		b)		C. hm.		kg Hr. hm. kg	
		a)				TOLEROVANI ISO 8015	
Změna		Datum		Index		PROMITANI	
Meritko	Pozn.	Navrh		 TU v Liberci			
2.000		Kreslil Ondrej Kohl					
C. seznamu		Prezkoušel		Název			
C. sestavy	BP 01.18.00	Technolog		UHELNÍK_UCHYT			
Starý vykr.		Normaliz.		Typ			
Nový vykr.		Schválil		Cis. vykresu			
		Datum		BP 01.18.03			
				List			



6	VSUVKA1_2_1_4			2
				ks.
5	VLNOVEC			1
				ks.
4	VENTIL_TRAKTOROVY			1
				ks.
3	T_1_2			1
				ks.
2	NIPL_1_2			1
				ks.
1	MANOMETR			1
				ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

					TU v Liberci	
Zmena		Datum	Index			Podpisy
Meritko	Pozn.	Navrh				
		Kreslil	Ondrej Kohl			
0.500		Prezkoušel				
C. seznamu		Technolog			Nazev	
C. sestavy	BP 01.00.00	Normaliz.			Cis. vykresu	
Stary vykr.		Schvalil	Michal Vojtisek			
Novy vykr.		Datum	22-Apr-09			

VLNOVEC_KOPLET_2
BP 01.19.00
list 1 listul



Z puvodniho traktoroveho ventilu je odsoustruzena guma
a na plose je vysoustruzen trubkovy zavit 1/4

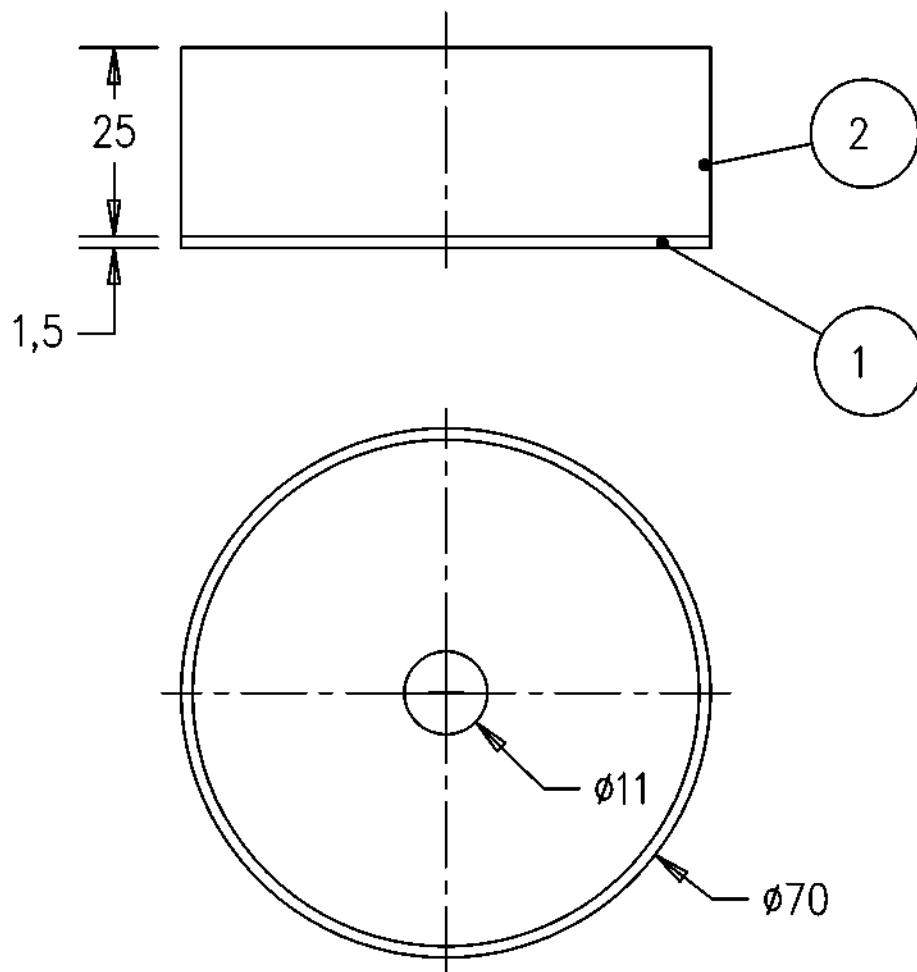
Rozm. - Polventil traktorovy				PRESNOST m, K			
				TOLEROVANI ISO 8015			
				PROMITANI			
Zmena		Datum		Index		Podpisy	
Meritko	Pozn.	Navrh		Kreslil		Ondrej Kohl	
2.000		Kreslil		Prezkousel			
C. seznamu		Technolog		Typ			
C. sestavy		BP 01.19.00		Normaliz.			
Stary vykr.		Schvalil		Cis. vykresu		BP 01.19.04	
Novy vykr.		Datum		22-Apr-09		List	



TU v Liberci

Nazev VENTIL - TRAKTOROVY

Typ
Cis. vykresu BP 01.19.04



Material P 1,5, material 17 240.

Mozno pouzít jako polotovár trubu o vnejsím prumeru 70mm.

Svareno vne po obvodu, metódou TIG.

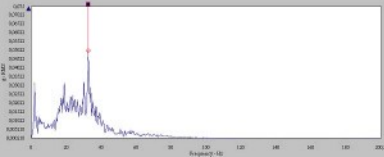
Obrabene plochy majú drsnost Ra 6,4

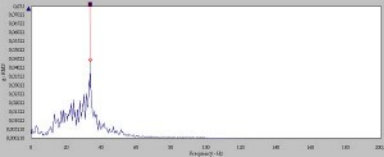
2	KRYT_PRUZINY_TELO			1
				ks.
1	KRYT_PRUZINY_DNO			1
				ks.
ODK.	OZNACENI	POLOTOVAR	CIS. ZASOBNIKU	MN.
	VYKRES	MATERIAL	POZNAMKA	JED.

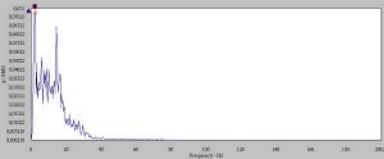
					 TU v Liberci
Změna		Datum	Index	Podpis	
Meritko	Pozn.	Novin			
		Kresil	Ondrej Kohn		
		Prezkoušel			
1.000		Technolog			Nazev KRYT_PRUZINY
C. sestavy		Normaliz.			Čís. výkresu BP 01.20.00
C. sestavy	BP 01.00.00	Schválil	Michal Vojtisek		
Starý výk.		Datum	17-May-08		
Nový výk.					
					List 1 Z celku 1

BP 12004.17 11.2000 + barycenter equat = 11012.2000 P01-26, Transit Orient: 0.1591 Or

Step: 8.0071, Prev: 10.1, Order: 10.0, ---







1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 26

Copyright © 2004 by Elsevier Inc. All rights reserved.

Address: 1000 E. 17th, P.O. Box 1000, Denver, CO 80202, USA

