



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní



## PŘÍPADOVÁ STUDIE TÝMOVÉ SPOLUPRÁCE UNIVERZITY A KOMERČNÍHO SUBJEKTU

**Případová studie meziuniverzitní týmové spolupráce a komerčního subjektu při výzkumu a vývoji nových technologií.**

Petr Čerňava

Lubomír Kolář

David Fojtík

**Ostrava 2012**



Tyto studijní materiály vznikly za finanční podpory Evropského sociálního fondu (ESF) a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu OP VK CZ.1.07/2.3.00/09.0147 „Vzdělávání lidských zdrojů pro rozvoj týmů ve vývoji a výzkumu“.

Název: Případová studie meziuniverzitní týmové spolupráce a komerčního subjektu při výzkumu a vývoji nových technologií.  
 Autoři: Petr Čerňava, Lubomír Kolář, David Fojtík  
 Vydání: první, 2012  
 Počet stran: 46  
 Náklad: 5

í

Jazyková korektura: nebyla provedena.



**Tyto studijní materiály vznikly za finanční podpory Evropského sociálního fondu a rozpočtu České republiky v rámci řešení projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost.**



**Název: Případová studie meziuniverzitní týmové spolupráce a komerčního subjektu při výzkumu a vývoji nových technologií.**

**Číslo:** CZ.1.07/2.3.00/09.0147

**Realizace:** RMT s.r.o. & Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

© Petr Čerňava, Lubomír Kolář, David Fojtík

© Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

## OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>SPOLEČNOST RMT S.R.O. ....</b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>Organizační struktura společnosti.....</b>	<b>6</b>
<b>2.2</b>	<b>Historie společnosti .....</b>	<b>7</b>
	• 1992.....	7
	• 1994.....	7
	• 1997.....	7
	• 1999.....	7
	• 2000.....	8
	• 2001.....	8
	• 2003.....	8
	• 2006.....	8
	• 2008.....	8
	• 2009.....	8
	• 2010.....	8
	• 2011.....	9
	• 2012.....	9
<b>3</b>	<b>OBECNÉ CÍLE A MOTIVACE KE SPOLUPRÁCI.....</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>VZNIK SPOLUPORÁČE .....</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>DÍLČÍ KROKY REALIZACE TÝMOVÝCH PROJEKTŮ PRO PRAXI.....</b>	<b>12</b>
<b>6</b>	<b>MĚŘENÍ OBJEMU NA PÁSOVÉM DOBRAVNÍKU.....</b>	<b>14</b>
<b>6.1</b>	<b>Základní metoda výpočtu objemu .....</b>	<b>17</b>
<b>6.2</b>	<b>Varianty výpočtu objemu .....</b>	<b>20</b>
<b>6.3</b>	<b>Konkrétní realizované měření.....</b>	<b>21</b>
<b>7</b>	<b>ZAŘÍZENÍ PRO BEZKONTAKTNÍ MĚŘENÍ PRŮMĚRU A PROFILU VÁLCOVANÝCH, OCELOVÝCH, BEZEŠVÝCH TRUB.....</b>	<b>22</b>
	• - před projektová příprava .....	25
	• vývoj a realizace projektu.....	26
	• - ekonomická rizika sledovaných projektů.....	26
<b>8</b>	<b>ZHODNOCENÍ SPOLUPRÁČE.....</b>	<b>28</b>

<b>9</b>	<b>APLIKACE TUBESBROWSER.....</b>	<b>29</b>
<b>9.1</b>	<b>Technická specifikace a Instalace .....</b>	<b>29</b>
<b>9.2</b>	<b>Základní práce s aplikací.....</b>	<b>29</b>
<b>9.2.1</b>	<b>Vyhledání trubky nebo skupiny trubek.....</b>	<b>30</b>
<b>9.2.2</b>	<b>Načtení detailních informací vybraných trubek.....</b>	<b>32</b>
<b>9.2.3</b>	<b>Výběr a prohlížení jednotlivých naskenovaných řezů .....</b>	<b>33</b>
•	Graf průběhů sledovaných hodnot podél trubky .....	33
•	Okno náhledu a sekce hodnot.....	34
•	Okno vlastností.....	37
<b>9.3</b>	<b>Konfigurace a změna databáze .....</b>	<b>38</b>
<b>9.4</b>	<b>Parametry spuštění aplikace – argumenty příkazové řádky.....</b>	<b>40</b>
<b>10</b>	<b>FILTRY .....</b>	<b>42</b>
<b>10.1</b>	<b>Filtr tečných bodů - FTB:.....</b>	<b>42</b>
<b>10.2</b>	<b>Filtr měřeného rozsahu průměrů:.....</b>	<b>43</b>
<b>11</b>	<b>VÝPOČET OVALITY POTRUBÍ DLE EVROPSKÉ NORMY EN 13 508.....</b>	<b>45</b>
<b>11.1</b>	<b>Příklad: potrubí je v pořádku bez deformace .....</b>	<b>45</b>
<b>11.2</b>	<b>Příklad: potrubí je zmáčknuté.....</b>	<b>45</b>
<b>11.3</b>	<b>Příklad: Potrubí je promáčklé .....</b>	<b>46</b>

## 1 ÚVOD

Případová studie popisuje spolupráci a spojení vědeckých pracovníků TU VŠB a vývojových pracovníků firmy RMT při vývoji zařízení, pracujícím na principu bezkontaktního laserového skenování předmětů, sypkých látek a různých hmot.

Studie je zaměřena na dva případy, které mají společné znaky. Jsou to především:

- algoritmizace praktického zadání
- vývoj zakázkového software pro komunikaci s laserovými skenery a senzory
- vývoj software pro komunikaci se speciálními měřicími kartami do PC
- vývoj aplikačního software a vizualizace
- vývoj autodiagnostiky zařízení a uchování chybových hlášek
- nalezení vhodné metody pro kalibraci zařízení v průmyslovém prostředí
- pokračování vývoje zařízení i po jeho nasazení v průmyslu
- vytvoření uživatelských a servisních příruček

## 2 SPOLEČNOST RMT S.R.O.

Firma **RMT s.r.o.** je zákaznický orientovaná střední firma. Základ podnikání vychází z **Poslání společnosti a vize společnosti**. Klade důraz na tradici a historii firmy. Společnost je zapsána v obchodní rejstříku vedeném Krajským obchodním soudem v Ostravě, oddíl C, vložka 5074 dnem 27. 10. 1992.

### Struktura vlastníků

- Dušan Vrubel
- Ladislav Marhevský
- Ing. Lubomír Kolář, MBA
- Ing. Petr Čerňava
- Zbyněk Skotnica

### 2.1 Organizační struktura společnosti

Nejvyšším orgánem společnosti je valná hromada společníků, která volí jednoho jednatele. Jednatel jmenuje ředitele firmy. Společnost je řízena ředitelem společnosti. Management dále tvoří vedoucí jednotlivých oddělení a za oblast řízení jakosti nezávislá pozice zmocněnce pro jakost. Odpovědnosti a pravomoci jednotlivých zaměstnanců vychází ze směrnice "Organizační řád" a z dokumentu "Organizační schéma společnosti".

Společnost RMT s. r. o. je členěna na oddělení:

- Řízení společnosti - Strategický management
- QMS / EMS - Kvalita, Environmentalní aspekty
- Metrologie - Metrologické služby
- Lidské zdroje - Personální řízení
- Finance - Finanční řízení
- Marketing, prodej a podpora zákazníků - Marketing, prodej produktů
- Projekce a Engineering - Projekce, engineering, šéfmontáž, uvádění do provozu
- Údržba Paskov - Denní údržba, směnová údržba - lokalita Paskov
- Servis Paskov - Údržba, servis - analýza planů a kapalin, vážící systémy,
- hustoměry
- Vývoj a výzkum - Speciální aplikace, řídicí systémy, PLC, SCADA
- Ekonomika - Účetnictví, mzdy
- Vedení zakázek - Řízení zakázek

Management:

- Ing. Lubomír Kolář, MBA - Ředitel společnosti, lidské zdroje a finance
- Dana Šmídová - Zmocněnec QMS a EMS
- Luděk Gurecký - Vedoucí metrologie
- Ing. Petra Kokyová - Vedoucí marketingu, prodeje a podpory zákazníků
- Zbyněk Skotnica - Vedoucí technické podpory marketingu, prodeje a podpory zákazníků
- Ing. Tomáš Vlk - Vedoucí projekce a engineeringu
- Roman Kurajský - Vedoucí údržby Paskov
- Vladimír Kamenický - Vedoucí servisu Paskov
- Ing. Petr Čerňava - Vedoucí vývoje a výzkumu
- Renáta Zarevucká - Vedoucí ekonomiky

## 2.2 Historie společnosti

### 1992

- Společenská smlouva o založení společnosti s ručením omezeným dne 5.10.1992
- Ohlášení živností dne 19.10.1992
- Živnostenská oprávnění pro výrobu, montáž, údržbu elektrických zařízení do 1000 V
- Zápis do obchodního rejstříku při Okresním soudu v Ostravě dne 27.10.1992
- Základní kapitál společnosti 140.000,- Kč
- Osvědčení Českého metrologického institutu k montáži vodoměrů a měřičů tepla

### 1994

- Oprávnění Institutu technické inspekce k montáži, opravám a údržbě dodavatelským způsobem

### 1997

- Základní kapitál společnosti byl navýšen na 200.000,- Kč

### 1999

- Nákup a oprava nemovitosti v Paskově - sídlo společnosti (správní budova)
- Osvědčení Českého metrologického institutu k opravám a montáži vybraných měřidel

 2000

- Základní kapitál společnosti byl navýšen na 500.000,- Kč
- Koncesní listina - poskytování technických služeb k ochraně majetku a osob
- Implementace systému řízení jakosti dle DIN EN ISO 9002 poradenskou firmou

 2001

- Oprávnění Báňského úřadu k montáži, opravám a zkouškám elektrických zařízení
- Certifikace německou firmou TÜV International (duben 2001)
- Udělen certifikát TÜV CERT dle DIN EN ISO 9002 (květen 2001)

 2003

- Certifikace německou firmou TÜV International (květen 2003)
- Udělen certifikát TÜV CERT dle DIN EN ISO 9000:2000 (květen 2003)
- Pronájem nemovitosti ve Štětí - sídlo provozovny společnosti (správní budova)

 2006

- Recertifikace ISO 9001:2001 německou firmou TÜV International (duben 2006)
- Certifikace EMS 14001:2005 německou firmou TÜV International (duben 2006)

 2008

- Základní kapitál společnosti byl navýšen na 2.000.000,- Kč

 2009

- Recertifikace ISO 9001:2001 německou firmou TÜV International (květen 2009)
- Recertifikace EMS 14001:2005 německou firmou TÜV International (květen 2009)

 2010

- Recertifikace ISO 9001:2009 německou firmou TÜV International - COTI (červenec 2010)
- Recertifikace EMS 14001:2005 německou firmou TÜV International - COTI (červenec 2010)



 2011

- Recertifikace ISO 9001:2009 německou firmou TÜV International - COTI (květen 2011)
- Recertifikace EMS 14001:2005 německou firmou TÜV International - COTI (květen 2011)

 2012

- Recertifikace ISO 9001:2009 německou firmou TÜV International - COTI (duben 2012)
- Recertifikace EMS 14001:2005 německou firmou TÜV International - COTI (duben 2012)

### 3 OBECNÉ CÍLE A MOTIVACE KE SPOLUPRÁCI

Společnost RMT s.r.o. má dlouhodobou strategii vývoje vlastních unikátních metod měření a technologií pro průmysl. Vzhledem velikosti společnosti a rozmanitosti nabízených služeb a produktů, která koresponduje s potřebami regionálních podniků, si nemůže dovolit zaměstnat výzkumné síly na plný úvazek v celé šíři našeho zájmového spektra. Zajímavou alternativou je spolupracovat s blízkou technickou univerzitou na konkrétních zadáních a pak spolu se podílet na vývoji nových technologií a jejich zavádění do praxe.

Hlavní motivací pro společnost RMT s.r.o. proč spolupracovat s univerzitou je možnost získat vysoce kvalifikované vědecké síly na řešení konkrétních případů, přičemž má tato síla obvykle k dispozici špičkové laboratorní vybavení, které nemusí společnost pořizovat, ale pouze v rámci spolupráce a konkrétního vývoje uhradí jejich využití. Tím se značně snižují náklady na výzkum, přičemž je možné získat ty největší kapacity v oboru. Nemalým vedlejším efektem je možnost zapojení studentů diplomantů, které se tímto vyzkoušejí a částečně připraví pro potřeby firmy. Společnost tak získává osobní vazby na potenciální zaměstnance, o kterých již v době přijetí má poměrně kvalitní informace a zkušenosti.

Hlavní motivací ze strany univerzity je možnost získat další finanční (především mzdové) prostředky, které v době snižování finančních prostředků jdoucích do vysokoškolského vzdělávání výrazně napomáhají si udržet své výzkumné kapacity především u mladých nadějných pracovníků. Přičemž dochází ke spojení výzkumu s transferem technologií do praxe. Vědecké síly jsou tak postaveni před problém, které vyžaduje kompletní řešení, tj. od návrhu k hotovému produktu, který navíc musí splňovat náročné provozní podmínky a přijatelnou výrobní cenu. Tím výrazně stoupá prestiž pracovišť, kvalita výuky, která se opírá o praktické výstupy. Vedlejším efektem jsou pak hodnotitelné výstupy uplatitelné v databázi RIV. Výraznou možností je zapojení studentů doktorských studií, kteří se tímto podílejí na aplikovatelném výzkumu, přičemž si rozšiřují vztahy s komerční sférou.

## 4 VZNIK SPOLUPORÁČE

Vlastní spolupráce započala v roce 2009. Společnost RMT s.r.o. byla postavena před potřebou zahájit vývoj vlastního řešení měření objemu dřevní štěpky na pásovém dopravníku laserovým skenerem. Představa o způsobu realizace včetně HW vybavení byla již ucelená. Chybělo však to hlavní, tj. způsob a realizace zpracování odměřených dat ze skeneru a na jejím základě vyhodnocení vlastního objemu. Společnost nedisponovala programátorem ani specialistou s dostatečným matematickými znalostmi, který by byl schopen řešení navrhnout a metodu zpracovat. Ing. Černava se odhodlal oslovit pracoviště blízka oboru měření a regulace na blízké univerzitě VŠB-TU Ostrava.

První kontakt firmy RMT s.r.o. s VŠB TU Ostrava Fakultou strojní katedrou automatizační techniky a řízení, zástupci RMT podnikli na základě doporučení Ing. Václava Hrabce, dřívějšího absolventa této katedry. Zástupce firmy RMT s.r.o. Ing. Petr Černava na základě doporučení, kontaktoval pana profesora Jiřího Tůmu, který po seznámení s potřebami okolo řešení dané problematiky domluvil, krátké setkání s předvedením problematiky skenerů pracovníkům katedry. Na setkání došlo k navázání kontaktu s Ing. Davida Fojtíkem, PhD., kterého problematika zaujala.

Od této chvíle započala spolupráce na vývoji technologie měření objemu dřevní štěpky na pásovém dopravníku. Společnost RMT s.r.o. po společném jednání, na kterém se dohodla HW skladba technologie.

Vedení firmy RMT s.r.o. se rozhodlo pro podporu vědeckých pracovníků z VŠB TUO. Důvody, proč se vedení firmy RMT s.r.o. obrátilo na VŠB, jsou následující:

- firma RMT s.r.o. nedisponuje dostatečně kvalifikovanými odborníky v oblasti algoritmizace praktických problémů
- firma RMT s.r.o. nedisponuje dostatečnou kapacitou programátorů
- podpora vědeckých pracovníků Strojní fakulty VŠB z podobných projektů

Následně, v roce 2010 pak TŽ Válcovna trub Vítkovice, vypisuje výběrové řízení na bezkontaktní měření průměru a profilů trub za kalibrovou.

## 5 DÍLČÍ KROKY REALIZACE TÝMOVÝCH PROJEKTŮ PRO PRAXI

Členové týmu se pravidelně již od začátku projektu setkávají na společném řešení dílčích úkolů. Do týmu byly také v průběhu projektů zařazovány osoby, které plnily dílčí úkoly spojené s jednotlivými částmi projektu.

Při realizaci projektu byly jednotlivé etapy rozděleny do následujících bloků:

**Prvním krokem** je stanovení

- komerčních cílů
- potřeb vývoje daných zařízení
- technických parametrů a funkcí nově vyvinutých zařízení
- jmenování pracovního týmu

Předpokládaná doba trvání prvního kroku je deset dnů.

**Druhým krokem** při vývoji požadovaných zařízení bylo zhodnocení technických parametrů dílů a zařízení, která jsme pro tento účel navrhli. Předpokládaná doba trvání prvního kroku je deset dnů

**Třetím krokem** je zajištění potřebného hardware

Předpokládaná doba trvání druhého kroku je šest až osm týdnů

**Čtvrtým krokem** je kompletace hardware, odzkoušení funkčnosti zařízení na úrovni funkčnosti jednotlivých celků, vzájemných komunikací jednotlivých funkčních celků, funkce jednotlivých procesních vstupů a výstupů

Předpokládaná doba trvání čtvrtého kroku je pět dnů.

**Pátým krokem** je vývoj algoritmů a aplikačního software dle zadání, tak aby zařízení bylo schopné zkušebního provozu. Předpokládaná doba trvání pátého kroku je pět až šest týdnů

**Šestým krokem** jsou zkoušky zařízení.

Zkoušky jsou rozděleny do dvou etap. První etapou jsou zkoušky prototypového zařízení, v etapě proběhnou provozní zkoušky přímo u zákazníka. Předpokládaná doba trvání šestého kroku je pro první etapu pět dnů a pro druhou etapu jeden měsíc.

**Sedmým krokem** je instalace a oživení zařízení u zákazníka

Předpokládaná doba instalace zařízení u zákazníka je dva až tři dny, následné oživení

jeden až dva dny.

**Osmým krokem** je následný vývoj a případné modifikace zařízení.

Tento krok se provádí průběžně, na základě vyvíjejících se potřeb zákazníků

Postup projektů se odvíjel od dodávky hardware a jeho kompletaci na straně RMT a po kompletaci předání realizačnímu týmu VŠB. Zde pak probíhá vývoj vlastní aplikace.

Ve fázi hotového vývoje a implementace software pak společně tým RMT a VŠB přistupují ke zkušební instalaci u zákazníka. Fáze zkušební instalace je velmi časově náročná, hlavně na realizační tým VŠB. Vzhledem k tomu, že členové týmu VŠB jsou zaneprázdněni také výukou, je velmi obtížné koordinovat časové možnosti zkoušek u zákazníka s časovými možnostmi členů realizačního týmu VŠB.

## 6 MĚŘENÍ OBJEMU NA PÁSOVÉM DOBŘAVNÍKU

**Prvním projektem**, na kterém se podílela TU VŠB a společně s firmou RMT byl vývoj „zařzení pro bezkontaktní měření objemu sypkých látek na dopřavníkovém páse“. Zařzení má poskytnout uživateli údaj o okamžitém objemu sypké látky, která prochází na běžícím dopřavníkovém páse. Kromě údaje o okamžitém objemu sypké látky na páse, dokáže zařzení také vypočítat hmotnost sypké látky na základě zadané hustoty. Tím může v některých případech nahradit pásové váhy, hlavně v případech, kdy je pásová váha instalovaná v prostředí s vysokou prašností nebo v místech, kde jsou těžké povětrnostní podmínky. Typickým příkladem náhrady pásové váhy bezkontaktním měřením objemu, je vážení vytěženého uhlí z velkorypadel v povrchových dolech. Za předpokladu, že se hustota sypké látky téměř nemění, je přepočet okamžité hodnoty objemu na hmotnost dostatečně přesný (požadované přesnosti se pohybují do 3 až 4%).

Zařzení je také vybaveno frekvenčním vstupem od rychlosti pásu, analogovým vstupem od pásové váhy, digitálním vstupem od chodu pásu, digitálními vstupy pro předvolby hustoty měřené látky. Dále je zařzení vybaveno dvěma analogovými výstupy, jedním pro výstup měřené hodnoty okamžitého objemu, druhým pro výstup okamžité hmotnosti (pokud je tato hodnota požadována).

Samostatnou funkcí zařzení je dávkování předem stanovených objemových dávek sypkých materiálů, např. do připravených nákladních automobilů, vagonů apod. Zařzení je vybaveno programovatelnými čítači, které vykazují hodnoty protečeného množství či objemu za směnu, za den, týden atd. Jeden z čítačů je volně programovatelný uživatelem a umožňuje předvolit hodnotu protečeného množství, při které se aktivuje jeden z digitálních výstupů na zařzení. Po jeho aktivace je možné např. spustit alarmový signál nebo zastavit dávkování sypké látky.

Vývoj zařzení vybaveného výše uvedenými funkcemi vyžadoval na odzkoušený hardware instalovat mnoho speciálních softwarových funkcí a algoritmů, které byly vytvořeny vědeckými pracovníky VŠB TUO. Zařzení se v současné době nachází ve stavu odzkoušeného prototypu, jeho vývoj dále pokračuje v oblasti propojení zařzení s případnými okolními systémy pomocí různých typů vstupů a výstupů a pomocí komunikačních a síťových linek.



### Pracovní tým, jednotlivé role a činnosti

Na začátku byl sestaven realizační tým ve složení:

- Ing. Petr Čerňava, vedoucí projektu (RMT)
- Ing. Lubomír Kolář, MBA, administrace projektu (RMT)
- Tomáš Stuchlík, vývojový pracovník (RMT)
- Ing. Václav Baron, strojní konstruktér (RMT)
- Ing. David Fojtík, Ph.D. hlavní programátor projektu, analytik (VŠB-TUO)

V prvním kroku projektu (viz. kapitola „Dílčí kroky realizace týmových projektů pro praxi“) se tým soustředil na stanovení dosažitelných technických parametrů u obou projektů.

Po stanovení technických parametrů následovala fáze specifikace hardware, stanovení měřících rozsahů, skenovacích úhlů a skenování rychlosti laserových skenerů. Pro oba projekty byly za tímto účelem, provedeny týmem VŠB výpočty pokrytí skenovaného objektu laserovým paprskem. Na základě výpočtů a specifikace skenerů zajistil tým RMT s.r.o. dodávku skenerů.

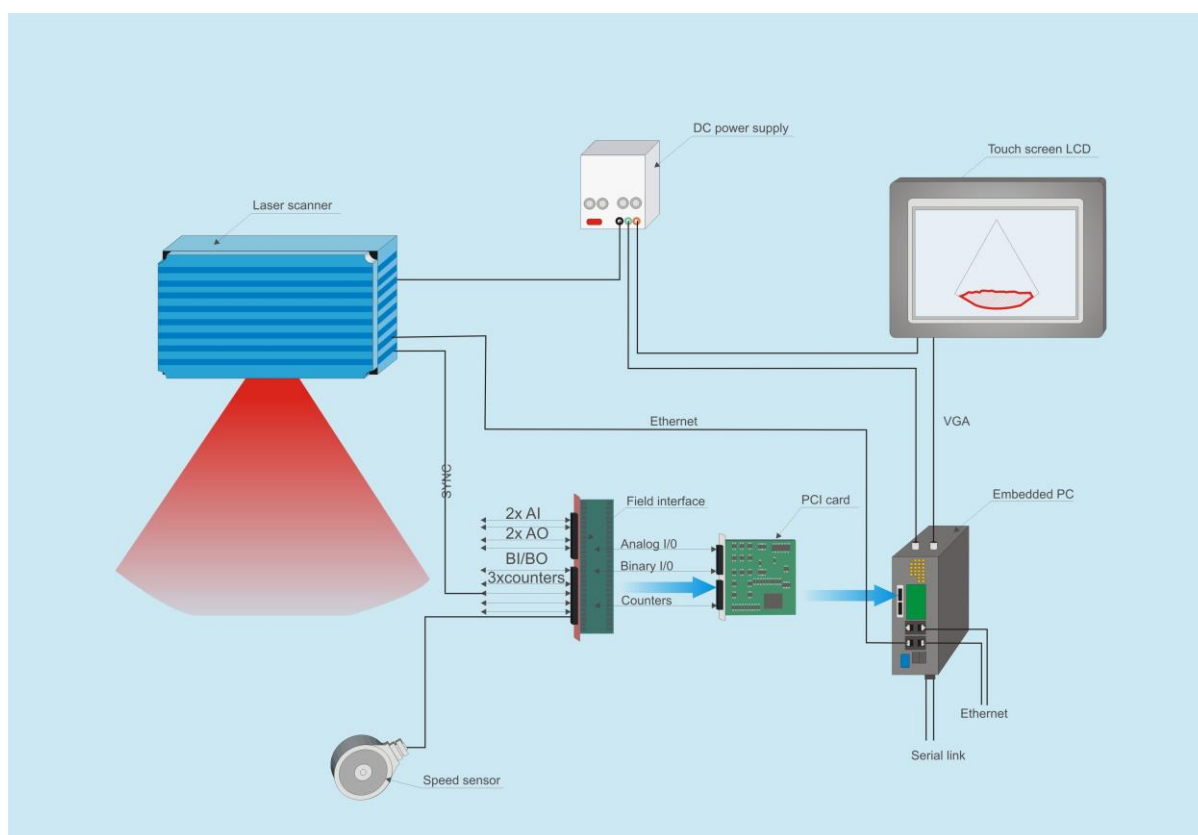
V případě projektu „Měření objemu sypkých látek na dopravníkovém páse“ šlo o skener, kterým již tým RMT s.r.o. disponoval z minulosti. Po provedených zkouškách v areálu firmy Biocel Paskov, na kterých se podílely oba týmy, bylo zjištěno, že skener typu flying spot, model LMS400- 0000, nedisponuje dostatečným výkonem laserového paprsku a to je důvod, proč skener nezachytí černé předměty s drsným povrchem. Další problémem byl firmware skeneru LMS 400, který řádně nepodporoval připojení synchronizačních signálů z vnějších zdrojů, např. ze snímače rychlosti pásu, popř. signálu ze snímače otáček hnacího motoru dopravníku. Na pracovní schůzce se oba týmy rozhodly, že půjdou cestou upgrade firmware LMS 400 – 0000. Tým RMT s.r.o. získal od výrobce další skener typu LMS 400 – 1000. Tento model disponuje oproti LMS400 – 0000 větším výkonem laserového paprsku.

Důležitým faktorem je, že výkon laserového paprsku musí být malý, aby nedošlo poškození zraku osob, které se pohybují v dosahu paprsku a naopak dostatečně velký na to, abychom získali dostatečný signál i při odrazu od ploch, které pohlcují spektrum, ve kterém laser emituje paprsek. Tyto vzájemně protichůdné požadavky je nutné při aplikacích, kde je velký rozdíl v pohltivosti povrchů měřených objektů, vždy pečlivě zvážit a zhodnotit rizika případného poškození zraku laserovým paprskem. V běžných aplikacích většinou pracujeme s lasery emitujícími oblast viditelného světla, IR záření a UV záření. Mnohdy proto stačí zvolit polohu skeneru tak, aby zrak obsluhy zařízení nebyl zasažen laserovým paprskem nebo doplnit kryt skeneru, který také ochrání zrak obsluhy.

Laserový skener LMS 400 – 0000 disponuje průměrným výkonem laserového paprsku 4mW.

Laserový skener LMS 400 – 1000 disponuje průměrným výkonem laserového paprsku 7mW.

V současné době je v přípravě prototyp zařízení pro měření objemu sypkých hmot na dopravníkovém páse, vybavený skenerem LMS 400 – 1000 (viz. Následující obrázek)



**Obrázek 1** – Schéma koncepce měření objemu

S tímto skenerem, budou za účasti obou týmů, provedeny zkoušky se dřevěnými štěpkami užívanými pro výrobu buničiny (celulózy) v Biocelu Paskov.

V případě, že zařízení pro měření objemu sypkých látek se skenerem LMS 400 – 1000, splní provozní parametry, bude souběžně se zkouškami, připraven postaven další prototyp, který bude již prodejní vzorek. Tím bude výzkumná část projektu ukončena.

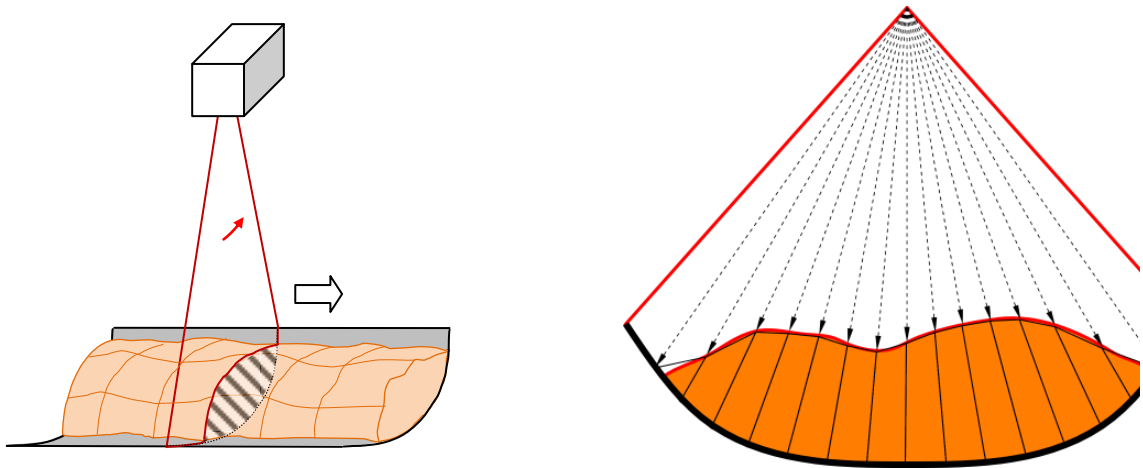
Pak bude následovat doba, po kterou bude možné vidět, jak u zákazníka zařízení pracuje.

Zde pak nastupuje fáze další modernizace a vývoje zařízení.

Člen týmu za VŠB-TU Ostrava Ing. David Fojtík, Ph.D. se soustředil na způsob výpočtu objemu a vývoj aplikace realizující.

Obecný princip výpočtu objemu hmoty (dřevní štěpky) na pásovém dopravníku je založen na integraci dílčích objemů, které jsou určeny dvěma rovnoběžnými plochami lichoběžníků. Tyto lichoběžníky jsou získány dvojitým odměřením příčného řezu pásového dopravníku. Při prvním odměření je změřen prázdný pás, u druhého odměření je změřen povrch příčného řezu dopravované štěpky. Princip měření demonstruje **Obrázek 2**.

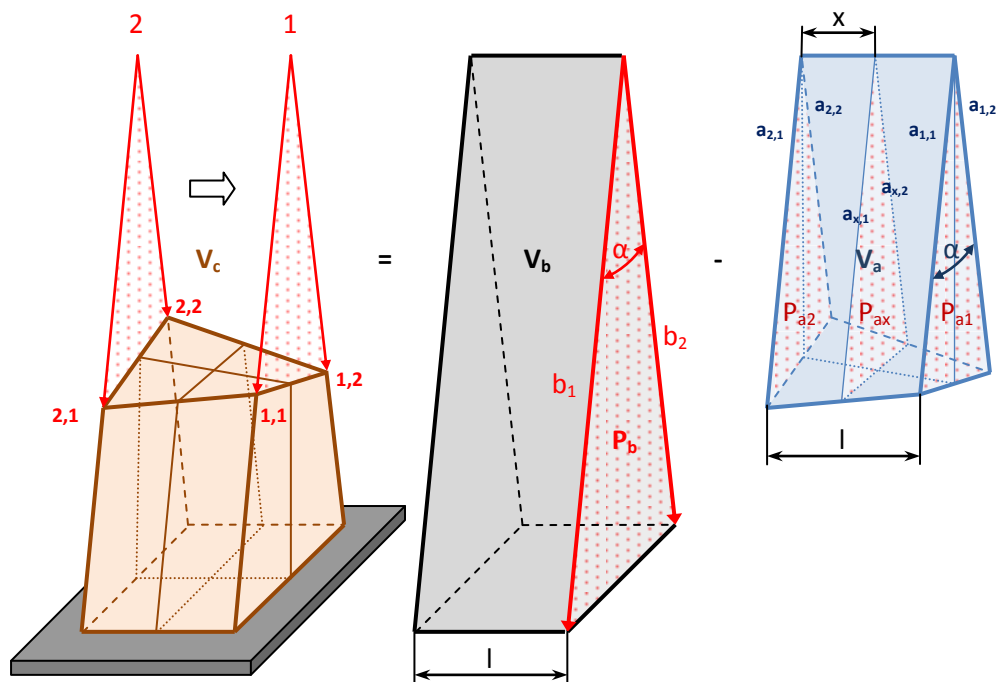




Obrázek 2 Princip měření

### 6.1 Základní metoda výpočtu objemu

Při odměření dvou po sobě navazujících se sekvencí, během nichž je pás posunut o vzdálenost  $l$ , získáme dvě sady dvojic bodů, jejichž přímým propojením získáme objekty odpovídajícím klínům, jejichž vrcholy jsou seříznuté přímkovými plochami. Objem těchto těles je možné vypočítat na základě rozdílu objemů původních klínů a jejich seříznutých špiček (viz Obrázek 3).



Obrázek 3 Princip výpočtu objemu

$$V_c = V_b - V_a$$

1)

Objem původního klínu je možné určit velice snadno na základě výpočtu plochy jedné strany  $P_b$  trojúhelníkového tvaru (jež je dán délkami dvou stran  $b_1$  a  $b_2$  svírajících úhel  $\alpha$ ) a šířky  $l$ .

$$V_b = l \cdot P_b = l \cdot \frac{1}{2} b_1 b_2 \sin(\alpha) \quad (2)$$

Délky  $b_1$  a  $b_2$  představují dva sousední odměřené body pásu jedné sekvence, úhel  $\alpha$  představuje úhlový krok měření a hodnota  $l$  je vzdálenost, kterou pás urazí mezi dvěma měřenými sekvencemi.

Složitější je výpočet objemu seříznutého vršku klínu. Z obrázku jsou patrné základní rozměry tohoto objektu, jež jsou dány čtyřmi délkami  $a_{1,1}$ ,  $a_{1,2}$ ,  $a_{2,1}$ ,  $a_{2,2}$ , šířkou  $l$  a úhlem  $\alpha$ . Délky  $a_{1,1}$ ,  $a_{1,2}$  představují dva sousední odměřené body štěpky jedné sekvence a délky  $a_{2,1}$ ,  $a_{2,2}$  představují tytéž dva sousední body druhé navazující sekvence měření. Polynom plochy  $p_a(x)$ , je dán rovnicí

$$p_a(x) = \frac{1}{2} a(x)_1 a(x)_2 \sin(\alpha), \quad (3)$$

kde  $a(x)_1$  a  $a(x)_2$  jsou funkce délek rovnoběžných přímek rovinné plochy určené dvojicí rovnoběžek  $a_{1,1}$ ,  $a_{1,2}$  a  $a_{2,1}$ ,  $a_{2,2}$  v závislosti na vzdálenosti mezi nimi  $x$ . Jejich rovnice se dají vyjádřit takto

$$\begin{aligned} a(x)_1 &= \frac{a_{1,1} - a_{2,1}}{l} x + a_{2,1}, \\ a(x)_2 &= \frac{a_{1,2} - a_{2,2}}{l} x + a_{2,2}. \end{aligned} \quad (4)$$

Po dosazení do rovnice (3), získáme rovnici plochy ve tvaru polynomu druhého stupně

$$p_a(x) = \frac{1}{2} \left( \frac{a_{1,1} - a_{2,1}}{l} x + a_{2,1} \right) \left( \frac{a_{1,2} - a_{2,2}}{l} x + a_{2,2} \right) \sin(\alpha). \quad (5)$$

Pro výpočet objemu můžeme použít rovnici **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..** Nejprve určíme střední plochu  $P_{Sa} = p_a(x = l/2)$

$$\begin{aligned} P_{Sa} &= \frac{1}{2} \left( \frac{a_{1,1} - a_{2,1}}{l} \cdot \frac{l}{2} + a_{2,1} \right) \left( \frac{a_{1,2} - a_{2,2}}{l} \cdot \frac{l}{2} + a_{2,2} \right) \sin(\alpha), \\ P_{Sa} &= \frac{1}{8} (a_{1,1} + a_{2,1})(a_{1,2} + a_{2,2}) \sin(\alpha). \end{aligned} \quad (6)$$

Po dosazení rovnice **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů..**, získáme požadovanou rovnici výpočtu objemu tělesa seříznutého vršku klínu přímkovou plochou

$$V_a = \frac{l}{12} [a_{1,1}a_{1,2} + (a_{1,1} + a_{2,1})(a_{1,2} + a_{2,2}) + a_{2,1}a_{2,2}] \sin(\alpha), \quad (7)$$

$$V_a = \frac{l}{12} [2(a_{1,1}a_{1,2} + a_{2,1}a_{2,2}) + a_{2,1}a_{1,2} + a_{1,1}a_{2,2}] \sin(\alpha).$$

Po dosazení rovnic (2)(7) do rovnice (1), získáme rovnici pro výpočet dílčího objemu štěpky

$$V_c = \frac{l}{12} [6 \cdot b_1 b_2 - 2(a_{1,1}a_{1,2} + a_{2,1}a_{2,2}) - a_{2,1}a_{1,2} - a_{1,1}a_{2,2}] \sin(\alpha). \quad (8)$$

Integrací objemů jedné sekvence měření skládající se s  $n$  bodů, dostaneme objem štěpky mezi dvěma řezy

$$V_n = \frac{l \sin(\alpha)}{12} \sum_{i=1}^{n-1} [6 \cdot b_i b_{i+1} - 2(a_{1,i}a_{1,i+1} + a_{2,i}a_{2,i+1}) - a_{2,i}a_{1,i+1} - a_{1,i}a_{2,i+1}]. \quad (9)$$

Součtem objemů všech  $m$  sekvencí dostaneme celkový objem štěpky. Pro konstantní  $l$ , respektive stabilní rychlost pásového dopravníku se celkový objem vypočte

$$V = \frac{l \sin(\alpha)}{12} \sum_{j=1}^{m-1} \sum_{i=1}^{n-1} [6 \cdot b_i b_{i+1} - 2(a_{j,i}a_{j,i+1} + a_{j+1,i}a_{j+1,i+1}) - a_{j+1,i}a_{j,i+1} - a_{j,i}a_{j+1,i+1}]. \quad (10)$$

Bude-li rychlost pásového dopravníku kolísat, bude objem počítán vztahem

$$V = \frac{\sin(\alpha)}{12} \sum_{j=1}^{m-1} l_j \sum_{i=1}^{n-1} [6 \cdot b_i b_{i+1} - 2(a_{j,i}a_{j,i+1} + a_{j+1,i}a_{j+1,i+1}) - a_{j+1,i}a_{j,i+1} - a_{j,i}a_{j+1,i+1}]. \quad (11)$$

V rámci realizace řešení počítačového algoritmu je pro minimalizaci početních operací je vhodné výpočet upravit

$$V = \frac{l \sin(\alpha)}{12} \left\{ 6 \cdot m \cdot B - \sum_{j=1}^{m-1} [2(S_j + S_{j+1}) + D_j] \right\}, \text{ kde} \quad (12)$$

$$B = \sum_{i=1}^{n-1} (b_i b_{i+1}),$$

$$S_x = \sum_{i=1}^{n-1} (a_{x,i} a_{x,i+1}),$$

$$D_x = \sum_{i=1}^{n-1} (a_{x+1,i} a_{x,i+1} + a_{x,i} a_{x+1,i+1}).$$

## 6.2 Varianty výpočtu objemu

Jednou z variant výpočtu objemu štěpky je dosažení do rovnice **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.** na místo střední plochy  $P_S$  každou sudou naměřenou plochu a sousední liché plochy dosadit za krajní plochy  $P_1$  a  $P_2$ . To znamená, že objem bude počítán ze tří řezů.

$$V = \frac{l \sin(\alpha)}{12} \left[ 6 \cdot m \cdot \sum_{i=1}^{n-1} (b_i b_{i+1}) - \sum_{j=3,5,\dots}^m \sum_{i=1}^{n-1} (a_{j,i} a_{j,i+1} + 4a_{j-1,i} a_{j-1,i+1} + a_{j-2,i} a_{j-2,i+1}) \right], \quad (13)$$

Pro snazší realizaci počítačového algoritmu a minimalizaci početních operací je vhodné výpočet upravit například takto

$$V = \frac{l \sin(\alpha)}{12} \left[ 6 \cdot m \cdot S_B - \sum_{j=3,5,7,\dots}^m (S_{A_j} + 4S_{A_{j-1}} + S_{A_{j-2}}) \right], \text{ kde}$$

$$S_{Ax} = \sum_{i=1}^{n-1} (a_{x,i} a_{x,i+1}), \quad (14)$$

$$S_B = \sum_{i=1}^{n-1} (b_i b_{i+1}).$$

Další mírnou variací dosáhneme tím, že budeme každou naměřenou plochu považovat za střední. Takto se každý dílčí objem ohraničený dvěma sousedními plochami započítá dvakrát, ale pokaždé s jinou střední plochou. Výsledný objem je pak součtem průměrů dvou výpočtů dílčích objemů. U výpočtu prvního dílčího objemu se první plocha použije jako krajní i střední. Totéž platí pro poslední plochu celého měření, která se považuje za střední a poslední.

$$V = \frac{l \sin(\alpha)}{24} \left[ 6 \cdot m \cdot S_B - \sum_{j=2}^{m+1} (S_{A_j} + 4S_{A_{j-1}} + S_{A_{j-2}}) \right], \text{ kde} \quad (15)$$

$$S_{Ax} = \sum_{i=1}^{n-1} (a_{x,i} a_{x,i+1}),$$

$$S_{A0} = S_{A1}, S_{Am+1} = S_{Am}, S_B = \sum_{i=1}^{n-1} (b_i b_{i+1}).$$

### 6.3 Konkrétní realizované měření

Šířka pásu je 900 mm (960 mm při rozvinutí pásu). Rychlost pásového dopravníku je  $1,73 \text{ ms}^{-1}$  (naměřeno přístrojem Testo). Při vzorkovací frekvenci 130 Hz a 76 měřených bodů v jedné sekvenci je hustota bodů na pásu v příčném řezu cca 12,5 mm a podálně 13,3 mm. Navíc je při tomto nastavení přístroj udávaná maximálně možnou kvalitou měření ohodnocenou hodnotou 10. Při velikosti štěpek tvaru kvádrů cca 40x40x5 mm a uvedené hustotě měřených bodů je nejvhodnější ohraničení měřeného objemu přímkovými plochami obdélníkového půdorysu 12,5x13,3 mm.

Při určení vzájemného posunu prvního a posledního měřeného bodu také započítáme dobu potřebnou na natočení zrcadla do počáteční polohy, která je přiměřeném úhlu výseče  $55^\circ$  rovna 51/69 celkové doby měření. Odtud dostaneme, že vzájemné posunutí je menší než 3,5 mm. To vzhledem k šířce pásu 960 mm znamená, že šikmost řezu je cca  $0,2^\circ$  a posunutí sousedních bodů je menší než 0,05 mm. Uvedené hodnoty jsou natolik nízké, že je můžeme zcela jistě zanedbat.

Při vzorkovací frekvenci 190 Hz a úhlovým krokem  $0,5^\circ$  se v jedné sekvenci naměří 108 bodů, to znamená hustotu bodů na pásu cca 9x9 mm. Zde se však kvalita měření snižuje na hodnotu 9. Zařízení LMS 400 je možné nastavit až na vzorkovací frekvenci 500 Hz při úhlové kroku  $0,2^\circ$ . V tomto případě by to znamenalo 275 bodů na jednu sekvenci což na pásovém dopravníku činní síť bodů cca 3,5x3,5 mm při kvalitě měření 6 (výrobce doporučuje mít kvalitu měření větší než 7). Tyto hodnoty jsou však extrémní, neboť samotná chyba měření je výrobcem udávaná  $\pm 4 \text{ mm}$  navíc množství měřených bodů by neúměrně zvýšilo výpočetní nároky.

## 7 ZAŘÍZENÍ PRO BEZKONTAKTNÍ MĚŘENÍ PRŮMĚRU A PROFILU VÁLCOVANÝCH, OCELOVÝCH, BEZEŠVÝCH TRUB

**Druhým projektem**, na kterém se podílela TU VŠB a společně s firmou RMT byl „vývoj zařízení pro bezkontaktní měření průměru a profilu válcovaných, ocelových, bezešvých trub“. Tento projekt vzniknul na konkrétní požadavek zákazníka, který chce bezkontaktně měřit průměry a profily ocelových trub za kalibrovacím zařízením. Rozsah měření je podle požadavků zákazníka od průměru trub 160mm do průměru trub 406mm. Zařízení je instalováno ve stávající výrobní lince. Kromě průměru trub zařízení měří ovalitu a profily každých 33,3mm ve směru pohybu trubky. Měřené hodnoty se ukládají do databáze, které zákazník využívá ve svém podnikovém informačním systému ke kontrole kvality výroby.

Výběrové řízení bylo vypsané v červnu 2010. Po obdržení zadání firmou RMT s.r.o. se realizační tým, vedený Ing. Petrem Čerňavou, rozhodnul ještě před podáním nabídky zákazníkovi, požádat o pomoc při řešení tohoto případu již dříve osvědčený tým z VŠB TUO ve složení:



### Pracovní tým, jednotlivé role a činnosti

Na začátku byl sestaven realizační tým ve složení:

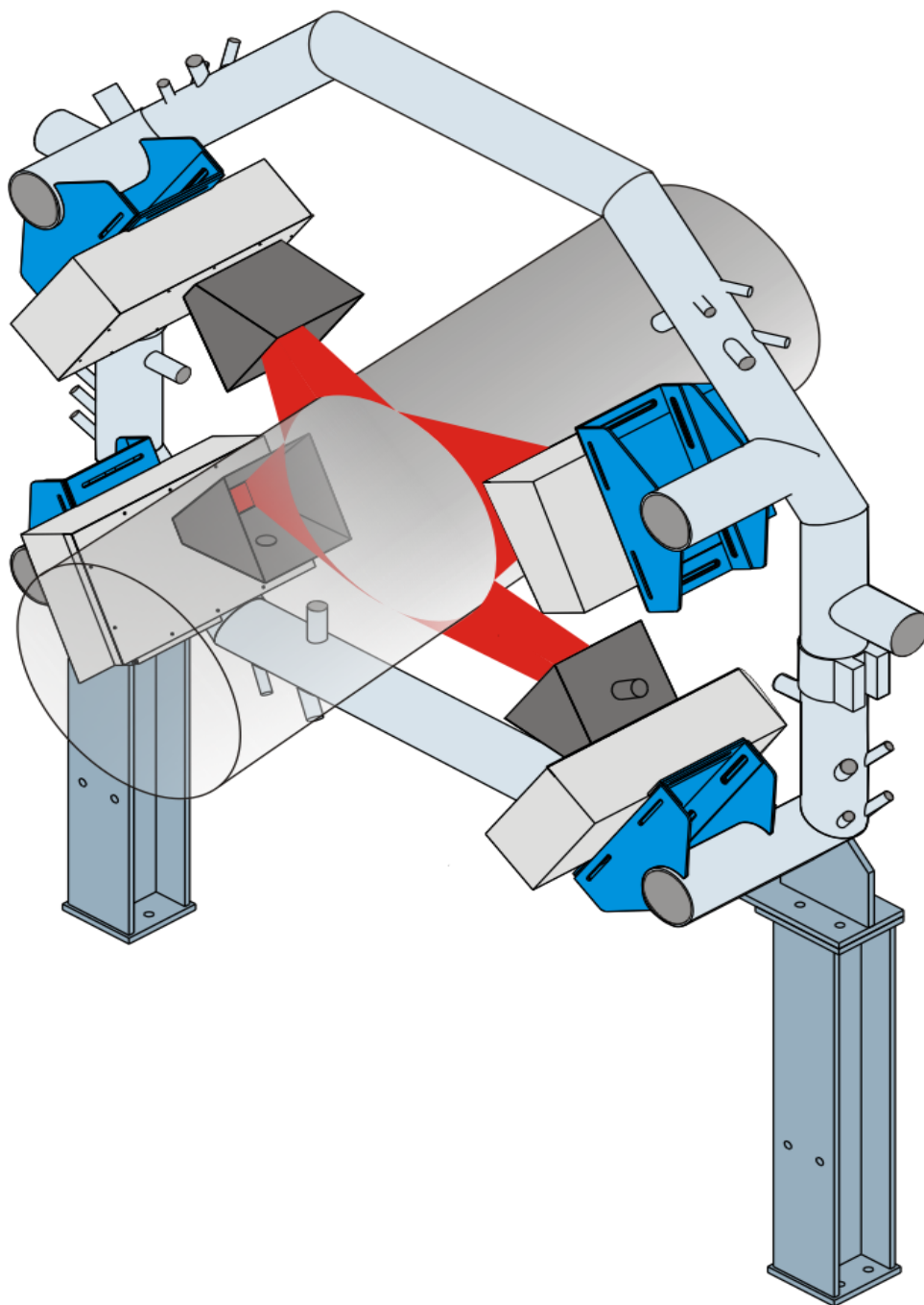
- Ing. Petr Čerňava, vedoucí projektu (RMT)
- Ing. Lubomír Kolář, MBA, administrace projektu (RMT)
- Tomáš Stuchlík, vývojový pracovník (RMT)
- Ing. Václav Baron, strojní konstruktér (RMT)
- Ing. David Fojtík, Ph.D. hlavní programátor projektu, analytik (VŠB-TUO)
- Ing. Petr Podešva, pomocný programátor (doktorand VŠB-TUO)

Na dvou schůzkách obou týmů bylo dohodnuto konečné řešení, které se lišilo od původní zamýšlené koncepce hlavně počtem skenerů. Původní myšlenka byla tři skenery, oba týmy se nakonec přiklonily k variantě čtyř skenerů. Po podání nabídky dne 9. 7. 2010 byl zástupcem RMT s.r.o. oznámen výsledek výběrového řízení s tím, že podaná nabídka bude realizována.

Realizace projektu začala v září 2010 s tím, že termín ukončení celé akce je 31.12. 2011.

Prvním krokem projektu byla specifikace skenerů a hardware. Pro specifikaci skenerů zpracoval tým VŠB podkladový materiál a základní výpočty rozsahů. Na základě zpracovaných pokladů byly skenery firmou RMT s.r.o. zadány do výroby v Dánsku.

Základní princip měření a uspořádání skenerů ukazuje obrázek.



**Obrázek 4** Konstrukce měřicího rámu včetně skenerů

Následoval krok nákupu potřebného hardware a sestavení celého systému.

Pro ověření komunikace zvolených laserových skenerů s řídicím počítačem zajistili zástupci RMT s.r.o. zkušební skener, který byl dán k dispozici týmu VŠB.

V dalším kroku projektu měl tým VŠB dostat čtyři skenery, se kterými se na půdě VŠB odzkouší algoritmy, vyvinuté pro danou aplikaci. Algoritmy a software navrhoval tým VŠB na základě specifikací a připomínek týmu RMT s.r.o.

S ohledem na zdržení dodávky skenerů, které dostal tým VŠB k dispozici až na začátku prosince 2010, bylo nutné softwarové práce urychlit. Tým VŠB zvládnul softwarové práce i přes zkrácený čas velmi dobře a tím se projekt posunul do fáze instalace zařízení u zákazníka.

Instalace zařízení začala při odstávce výrobní linky na konci roku 2010. Zařízení bylo zkompletováno v prvním týdnu roku 2011 a byl zahájen zkušební provoz.

Oba týmy se podílely jak na fázi kompletace zařízení, během které se i odlaďovaly jednotlivé části zařízení, tak se podílely na zahájení a průběhu zkušebního provozu.

Během zkušebního provozu se ukázalo, že dodané skenery nejsou schopné v podmínkách válcovny trub pracovat v synchronizovaném režimu. Oba týmy společně hledaly příčinu tohoto problému. S ohledem na okolní rušení z průmyslového prostředí mohla být příčina rušení synchronizace skenerů z vnějšího zařízení nebo přímo od skenerů. Po provedených hardwarových testech a softwarových testech se ukázalo, že příčina v nevhodném obvodovém zapojení skenerů. Proto byly skenery demontovány a zaslány zpět k výrobcí do Dánska.

Spolu s výrobcem skenerů pak oba řešitelské týmy navrhly změny v zapojení synchronizačních obvodů, které zajistí jejich správnou funkci.

Po úpravě synchronizačních obvodů u výrobce byly skenery instalovány zpět ve válcovně trub. Po instalaci oba týmy (VŠB i RMT) prováděly kalibraci zařízení za provozních podmínek. Během provozních zkoušek a kalibračních testů se ukázalo, že skenery nesplňují technické specifikace zadané výrobcem a to v oblasti linearity a přesnosti. Odchytky od výrobcem deklarovaných hodnot byly o řád horší než uvádí výrobce v technických specifikacích ke skenerům. Naměřené hodnoty odchylek byly až 2,5mm, přičemž výrobce uváděl 0,25mm. Při zkouškách se také prokázalo, že použitý typ skeneru nemá vyhovující

stabilitu a stopy skenů v jednom směru se nekryjí se stopami skenů v opačném směru.

Při měření trub se tyto nepřesnosti projevíly hlavně v rozptylu naměřených hodnot (min, max až 6mm při průměrech trub 400mm).

Oba řešitelské týmy se proto zaměřily na kalibraci skenerů, kalibraci celého měřicího systému a optimalizaci kalibračních metod. K řešení byl také přizván vývojový pracovník přímo od výrobce skenerů, pan Peter Lindberg. V době od 16.3. do 19.3. 2011 proběhla za účasti obou řešitelských týmů a pana Lindberga demontáž skenerů a jejich odzkoušení u firmy RMT.

Zde se při zkouškách ukázalo, že skenery jsou nevyhovující, nesplňují technická data deklarovaná výrobcem a nejsou stabilní. Projevené závady byly konstrukčního charakteru,

a tudíž je nelze odstranit na místě. Proto se po dohodě s koncovým zákazníkem, přistoupilo k výměně všech čtyř skenerů. Výrobce však nedisponoval v daném čase novými skenery s odstraněnými konstrukčními nedostatky. Smluvní strany se proto dohodly, že do 30.6. 2011 výrobce skenerů v Dánsku navrhne nové skenery a odstraní konstrukční nedostatky podle technických návrhů obou řešitelských týmů. Na výzvu výrobce se zástupce řešitelského týmu RMT, Ing.Petr Čerňava, osobně zúčastnil přejímky skenerů ve dnech 6. – 9.7. 2011.

Skenery pak společně členové obou řešitelských týmů instalovali u zákazníka dne 11.7.2011.

Bezprostředně po instalaci skenerů byla řešitelskými týmy provedena kalibrace zařízení-



Výsledky kalibrace byly výrazně lepší než s původními skenery. Zjištěné tolerance splňovaly požadavky zákazníka. V dalším období se sledovala dlouhodobá stabilita parametrů skenerů a jejich spolehlivost. Po pravidelných kontrolách do 30.7. 2012 bylo zjištěno, že skenery jsou stabilní a časová stálost parametrů je po roce provozu vyhovující. Stálým nedostatkem tohoto typu skenerů jsou nepřesnosti vznikající tím, že se nekryjí dva po sobě následující skeny jedním a druhým (opačným) směrem. Tento fakt zhoršuje rozptyl naměřených hodnot.

Tým VŠB se proto zaměřil na úpravu programu s tím, že se pro kalibraci využije skenu pouze v jednom směru. Při krátkodobé odstávce výrobní linky dne 17.8. 2012 provedli společně členové obou týmů kalibraci zařízení přímo u zákazníka s tím, že již využili upravené verze programu. Zařízení je tedy v současné době kalibrováno s využitím skenu v jednom směru.

Při další plánované odstávce výrobní linky (zpravidla to bývá koncem roku) budou vyhodnoceny výsledky měření. Pokud dosažené tolerance i dlouhodobého hlediska uspokojí požadavky zákazníka, bude provedená úprava ponechána v programu.

V současné době lze konstatovat, že **zařízení pro bezkontaktní měření průměru a profilu válcovaných, ocelových, bežešvých trub** v Třineckých železárnách VT Vítkovice pracuje července 2011 bez větších problémů ke spokojenosti zákazníka. Během provozu docházelo k občasným výpadkům komunikační linky od skenerů. Tuto problematiku řešil tým VŠB.

Bohužel, vzhledem k časové náročnosti sledování výpadků komunikace a zaneprázdněním obou členů týmu VŠB jinými úkoly se nedařilo podrobně analyzovat příčinu výpadků komunikačních linek. Z pohledu zákazníka znamenal každý výpadek komunikačních linek hardwarový restart skenerů a následně restart aplikačního software. Hardwarový restart se realizuje vypnutím a opětovným zapnutím napájecího napětí pro skenery. V současné době je možné hardwarový restart provést i dálkově, z vizualizace, pomocí povelu laser interlock na uživatelském displeji. Aplikační software je pak možné restartovat ze vzdálené plochy z kteréhokoliv počítače zapojeného v podnikové síti. Cílem je dopracovat aplikační software a skenery do stavu, kdy komunikace mezi skenery a aplikačním software poběží spolehlivě, bez výpadků. Podrobná analýza problému a následně jeho řešení si však vyžaduje čas řešitelského týmu VŠB.



### Rizika a plán na jejich odstranění

Při realizaci plánovaných činností se mohou vyskytnout rizika, které mají vliv na zdárné vykonání cílů. Tento popis by měl navrhnout řešení minimalizace těchto rizik.

V rámci řešení uvedených projektů vznikají rizika hlavně v následujících oblastech:

 - před projektová příprava

V této oblasti se velmi často stává, že do před projektové přípravy nejsou zahrnuty všechny požadované technické parametry kladené na vyvíjené zařízení, dále pak jsou to vlivy průmyslového prostředí, které lze předem velmi těžce odhadnout a případné nároky obsluhy,

kteřé se u jednotlivých osob zpravidla liší. Sjednocení požadavků obsluhy zpravidla přináší kompromisy, které ne vždy zcela slní očekávání zákazníka.

#### vývoj a realizace projektu

vývoj obou zařízení, které jsou zde popsány, přestavoval rizika hlavně v oblasti kvality a splnění technických parametrů použitých laserových skenerů

Jak se při vývoji a realizaci ukázalo, v případě projektu „Měření objemu sypkých látek na dopravníkovém páse“ výkon původně navrhovaného laserového skeneru byl nedostatečný pro snímání černého dopravníkového pásu. Proto musel být použit skener s vyšším výkonem (7mW)

Také v případě projektu „vývoj zařízení pro bezkontaktní měření průměru a profilu válcovaných, ocelových, bezešvých trub“ se nakonec ukázalo, že technické parametry skenerů nesplňovaly to, co deklaroval výrobce.

To se nakonec ukázalo jako konstrukční nedostatky skenerů, které musel výrobce odstranit a vyrobit zcela nové skenery. Zdržení způsobené výrobou nových skenerů se nakonec promítlo do nedodržení termínu uvedení zařízení do provozu.

#### - ekonomická rizika sledovaných projektů

U prvního sledovaného projektu se žádné ekonomické rizika neprojevíly. V druhém případě řešitel očekával ekonomická rizika v úplně jiné části, než se v závěru projevíly. Byl předpoklad, že teplota chladícího media pro skenery může být nedostatečná a bude se muset technicky a tím i finančně navýšit náklady projektu na řešení. Jak již bylo uvedeno konstrukční nedostatky dodaných skenerů, posunutí termínu uvedení do provozu a tím i optimalizace systému v průběhu zkušebního provozu nahrály provozovateli k uplatnění sankcí dle uzavřené smlouvy o dílo. Na konec po vzájemné dohodě došlo k finanční kompenzaci formou dodání náhradních dílů (hardware) nad rozsah uvedený ve smlouvě a na vylepšení vizualizačního software a databázi, což navýšilo náklady projektu o více než 480.000,- Kč. To způsobilo, že projekt nebyl ziskový.



### Nápady, výjimečné případy a řešení neplánovaných situací

Protože se v praxi vyskytne celá řada neočekávaných situací, které nejsou přímo rizikem pro finální realizaci, je těmto případům věnována tato kategorie.



### Příklad z praxe

Na výše dvou uvedených konkrétních projektech jsme získali zkušenosti se spoluprací s týmem z TU VŠB.

Získané zkušenosti jsou jak z oblasti teoretického řešení zadaného tématu (analýza zadání, okolní vlivy na vyvíjené zařízení, algoritmizace problému, vývoj aplikačního software

atd.), tak zkušenosti z praktického řešení problémů s již vyvinutým zařízením přímo u zákazníka. Vzniklé problémy se musely řešit rychle a operativně a ne vždy měli členové řešitelského TU VŠB týmu dostatek času na rychlý zásah z důvodu jejich časového vytížení jinými úkoly na TU VŠB.

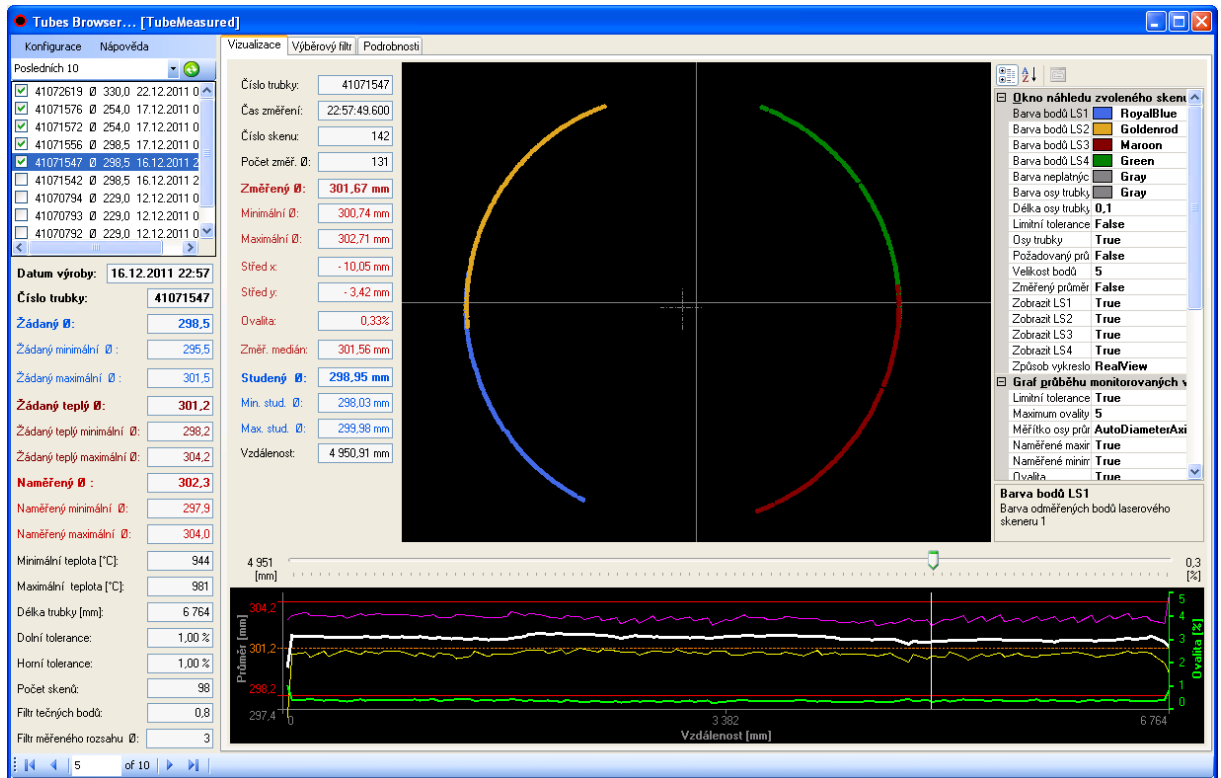
Při každé činnosti jsou problémy, ale ty je třeba překonat. Mám se to společně s týmem z TU VŠB podařilo. Důležitý je ale i výsledek a také ten se nám společně podařilo uskutečnit. Jako firma působící v průmyslu jasně a zřetelně potvrzujeme výhodnost spolupráce s vysokými školami, které přinášejí znalosti, vývoj a výzkum do praxe, přinášejí inovace a nápady, které český průmysl potřebuje.

## 8 ZHODNOCENÍ SPOLUPRÁCE

Hlavní překážkou z pohledu společnosti však vidíme v rozličném přístupu k řešení výzkumného úkolu především z pohledu času. Pracovníci jsou zatíženi celou řadou jiných úkolů související s výukou, publikační činností a administrativou, díky čemuž se z jejich strany nedostává dostatek času, který úkol vyžaduje. Dalším rozlišným přístupem je fakt, že soukromá společnost vyžaduje výsledky co nejvíce prakticky implementovatelné. Dokud není řešení připravené k implementaci do průmyslu, není z pohledu firmy vyřešeno vůbec.

## 9 APLIKACE TUBESBROWSER

Aplikace TubesBrowser slouží k vizualizaci uložených dat reprezentujících sadu povrchových bodů naměřených nad ocelovými trubkami tvářenými za tepla. Program poskytuje možnost prohlížet dílčí řezy každého skenu trubky a z těchto skenů počítá maximální, minimální, celkový průměr trubky a ovalitu. Tyto informace zobrazuje v grafu představující změny těchto hodnot po celé délce trubky a také pro každý řez hodnotově v textových polích.



### 9.1 Technická specifikace a Instalace

Aplikace je vytvořena ve Visual Studiu 2005. Minimální požadavky:

- MS Windows XP nebo novější
- .NET framework 2.0
- Myš
- Barevný monitor s minimálním rozlišením 1280 x 800 nebo vyšším
- Síťové připojené (přístup) k databázi TubeMeasured daného SQL serveru

Instalace se provádí standardním průvodcem, který se spustí po poklepnání nad souborem Setup.exe.

### 9.2 Základní práce s aplikací

Aplikace je typu SDI, to znamená, že všechny informace jsou v jednom základním okně členěny do panelů, záložek a sekcí. Hlavní panel je situován vlevo a obsahuje: základní nabídku aplikace, volič rychlého filtru výběru trubek, seznam nalezených trubek a

podrobnosti o zvolené trubce. V pravé části jsou pak tři záložky: Vizualizace trubky, Výběrový filtr, Podrobnosti.

Práci s aplikací můžeme rozdělit do tří kroků:

1. vyhledání trubky nebo skupiny trubek,
2. načtení detailních informací vybraných trubek,
3. výběr a prohlížení jednotlivých naskenovaných řezů.

### 9.2.1 Vyhledání trubky nebo skupiny trubek

Pro vyhledání trubek aplikace nabízí pohodlným způsobem specifikovat parametry výběrového filtru v záložce „Výběrový filtr“ pravého panelu. V horní části záložky se nacházejí zatrhvací a editační boxy, jimiž je možné specifikovat výběr trubek podle:

- výrobního čísla, nebo intervalu výrobních čísel,
- data výroby, nebo časového intervalu výroby,
- válcovaného průměru nebo jejího intervalu.

Číslo	Datum vytvoření	Žádaný	Žádaný min.	Žádaný max.	Teplý	Min. teplý	Max. teplý	Naměřený	Naměřený min.	Naměřený max.
42001812	09.01.2012 23:05	Ø 193,7	Ø 192,7	Ø 195,6	Ø 195,4	Ø 194,5	Ø 197,4	Ø 195,8	Ø 193,6	Ø 198,1
42001811	09.01.2012 23:03	Ø 193,7	Ø 192,7	Ø 195,6	Ø 195,4	Ø 194,5	Ø 197,4	Ø 195,8	Ø 193,4	Ø 197,5
42001810	09.01.2012 23:02	Ø 193,7	Ø 192,7	Ø 195,6	Ø 195,4	Ø 194,5	Ø 197,4	Ø 195,9	Ø 192,5	Ø 201,3
42001809	09.01.2012 23:00	Ø 193,7	Ø 192,7	Ø 195,6	Ø 195,4	Ø 194,5	Ø 197,4	Ø 195,8	Ø 193,8	Ø 198,2
42001808	09.01.2012 22:59	Ø 193,7	Ø 192,7	Ø 195,6	Ø 195,4	Ø 194,5	Ø 197,4	Ø 195,9	Ø 193,9	Ø 197,7
42001807	09.01.2012 22:57	Ø 193,7	Ø 192,7	Ø 195,6	Ø 195,4	Ø 194,5	Ø 197,4	Ø 195,9	Ø 193,8	Ø 198,4
42001806	09.01.2012 22:55	Ø 193,7	Ø 192,7	Ø 195,6	Ø 195,4	Ø 194,5	Ø 197,4	Ø 195,9	Ø 192,9	Ø 198,3

Uvedená kritéria filtru se zapínají zatržením příslušného políčka, které současně aktivuje příslušný zadávací prvek. Mezi jednotlivými částmi kritérii panuje logika AND, respektive je-li současně zvolen časový interval a průměr trubky, vyberou se pouze ty, které vyhovují oběma kritériím zároveň. To je důležité chápat v případě, že se vyhledává konkrétní trubka podle výrobního čísla. Uvede-li se například výrobní číslo s nepatřičným intervalem data výroby, trubka se nenalezne. V tomto případě se doporučuje kritéria data výroby vypnout.

Číslo	Datum vytvoření	Žádaný	Žádaný min.	Žádaný max.	Teplý	Min. teplý	Max. teplý	Naměřený	Naměřený min.	Naměřený max.
42000728	06.01.2012 00:00	Ø 244,5	Ø 242,6	Ø 246,3	Ø 246,7	Ø 244,9	Ø 248,6	Ø 247,5	Ø 245,7	Ø 253,4
42000727	05.01.2012 23:57	Ø 244,5	Ø 242,6	Ø 246,3	Ø 246,7	Ø 244,9	Ø 248,6	Ø 247,5	Ø 240,3	Ø 248,9
42000726	05.01.2012 23:52	Ø 244,5	Ø 242,6	Ø 246,3	Ø 246,7	Ø 244,9	Ø 248,6	Ø 247,5	Ø 246,0	Ø 249,2
42000725	05.01.2012 23:49	Ø 244,5	Ø 242,6	Ø 246,3	Ø 246,7	Ø 244,9	Ø 248,6	Ø 247,5	Ø 245,7	Ø 248,9

U každého filtru je možné stanovit maximální počet vrácených záznamů. Pokud není zvoleno žádné z uvedených kritérií, pak se tímto omezením specifikuje velikost skupiny naposledy zaznamenaných trubek.

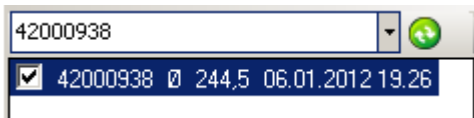
Vlastní proces vyhledání trubek se pak provede stiskem tlačítka vyhledat, které naplní datovou mřížku s informacemi o nalezených trubkách. Shodně se naplní seznam v levém panelu. Oba seznamy jsou propojené, přičemž po výběru příslušného řádku se detailní informace o záznamu zobrazí ve spodní části levého panelu.

[vlastní]	
<input type="checkbox"/> 42001803 Ø 193,7 09.01.2012 22.50	
<input type="checkbox"/> 42001802 Ø 193,7 09.01.2012 22.49	
<input type="checkbox"/> 42001801 Ø 193,7 09.01.2012 22.47	
<input type="checkbox"/> 42001800 Ø 193,7 09.01.2012 22.46	
<b>Datum výroby:</b>	<b>9.1.2012 22:50</b>
<b>Číslo trubky:</b>	<b>42001803</b>
<b>Žádaný Ø:</b>	<b>193,7</b>
Žádaný minimální Ø :	192,7
Žádaný maximální Ø :	195,6
<b>Žádaný teplý Ø:</b>	<b>195,4</b>
Žádaný teplý minimální Ø:	194,5
Žádaný teplý maximální Ø:	197,4
<b>Naměřený Ø :</b>	<b>196,0</b>
Naměřený minimální Ø:	193,9
Naměřený maximální Ø:	198,0
Minimální teplota [°C]:	850
Maximální teplota [°C]:	889
Délka trubky [mm]:	13 458
Dolní tolerance:	0,50 %
Horní tolerance:	1,00 %
Počet skenů:	193
Filtr tečných bodů:	0,8
Filtr měřeného rozsahu Ø:	3

Aplikace nabízí řadu předdefinovaných filtrů, které usnadňují výběr trubek. V rozbalovacím seznamu levého panelu se vybere příslušný filtr a stisknou sousední tlačítko „Aktualizovat seznam“ (též tlačítko ENTER).

Posledních 10	
Posledních 10	26
Dnešní výroba	23
Včerejší výroba	18
Aktuální hutnický den	18
Minulý hutnický den	13
<input type="checkbox"/> 42000935 Ø 244,5 06.01.2012 19.13	
<input type="checkbox"/> 42000934 Ø 244,5 06.01.2012 19.09	
<input type="checkbox"/> 42000933 Ø 244,5 06.01.2012 19.05	
<input type="checkbox"/> 42000932 Ø 244,5 06.01.2012 19.01	
<input type="checkbox"/> 42000931 Ø 244,5 06.01.2012 18.57	
<input type="checkbox"/> 42000930 Ø 244,5 06.01.2012 18.53	
<input type="checkbox"/> 42000929 Ø 244,5 06.01.2012 18.49	

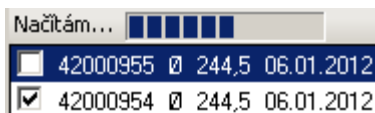
Podobně rychle lze vybrat trubku podle výrobního čísla. Místo filtru ze seznamu se přímo zapíše číslo požadované trubky.



Vrací-li filtr pouze jeden záznam, aplikace automaticky provede načtení detailních informací trubky. Jsou-li v navráceném seznamu trubky, u kterých byly již dříve načteny detaily, jsou tyto detaily ponechány a trubky jsou připraveny ihned k prohlížení. Aplikace si však pamatuje maximálně 100 detailů trubek (hodnotu lze ovlivnit v konfiguračním souboru MaxTubesRememberedCount), je-li tento počet překročen, je paměť automaticky vyčištěna.

## 9.2.2 Načtení detailních informací vybraných trubek

Po obdržení seznamu trubek vyhovujících filtru je pro prohlížení naskenovaných řezů potřeba načíst detailní informace, tj. povrchové body uložených skenů. Povel k načtení se provádí zatržením políčka v seznamu trubek levého panelu myši, nebo stiskem mezerníku. Také je možné operaci zahájit poklepaním na zvoleném záznamu v mřížce záložky „Výběrový filtr“. Proces načítání může trvat i několik sekund.



Načtená data je možné prohlížet v záložce „Podrobnosti“, případně je lze odtud zkopírovat pro další analýzy. Záložka je rozdělena do dvou datových mřížek, kde v horní mřížce se nachází seznam skenů a ve spodní naskenované body vybraného skenu spolu s řadou výpočtů.

Vizualizace		Výběrový filtr		Podrobnosti									
Číslo skenu	Naskenováno	Vzdálenost	Počet průměrů	Dmin	Dmax	D	Ovalita	Dmed	Sx	Sy	D st.	Dmin st.	Dmax st.
1	22:50:28.450	35,0 mm	36	Ø 193,8	Ø 196,1	Ø 195,1	0,58%	Ø 195,2	-14,6	-13,0	Ø 193,4	Ø 192,1	Ø 194,3
2	22:50:28.517	69,9 mm	67	Ø 194,3	Ø 197,0	Ø 195,7	0,69%	Ø 195,7	-14,5	-12,9	Ø 193,9	Ø 192,5	Ø 195,2
5	22:50:28.717	174,8 mm	51	Ø 193,7	Ø 196,7	Ø 195,8	0,78%	Ø 195,8	-15,0	-11,2	Ø 194,0	Ø 191,9	Ø 194,9
6	22:50:28.783	209,7 mm	70	Ø 193,9	Ø 197,4	Ø 195,8	0,88%	Ø 195,9	-14,9	-8,3	Ø 194,0	Ø 192,2	Ø 195,6
9	22:50:28.983	314,6 mm	53	Ø 195,4	Ø 196,7	Ø 196,2	0,32%	Ø 196,2	-15,3	7,7	Ø 194,4	Ø 193,6	Ø 194,9
10	22:50:29.050	349,6 mm	67	Ø 195,3	Ø 196,7	Ø 196,1	0,35%	Ø 196,1	-15,0	7,8	Ø 194,3	Ø 193,5	Ø 194,9
13	22:50:29.250	454,4 mm	51	Ø 195,5	Ø 196,8	Ø 196,2	0,34%	Ø 196,2	-14,3	7,5	Ø 194,4	Ø 193,7	Ø 195,1
14	22:50:29.317	489,4 mm	70	Ø 195,1	Ø 196,8	Ø 196,1	0,43%	Ø 196,1	-14,3	7,4	Ø 194,3	Ø 193,4	Ø 195,0
17	22:50:29.517	594,3 mm	53	Ø 195,3	Ø 196,9	Ø 196,2	0,39%	Ø 196,1	-14,0	7,0	Ø 194,4	Ø 193,6	Ø 195,1

LP1x	LP1y	LP2x	LP2y	LP3x	LP3y	LP4x	LP4y	D1	Sx1	Sy1	D2	Sx2	Sy2	D3	Sx3	Sy3	D4	Sx4
- 112,30	1,90	- 50,10	80,40	36,20	- 93,00	83,10	- 4,70	Ø 194,7	- 15,77	- 10,69	Ø 196,1	- 14,87	- 9,27	Ø 196,5	- 14,94	- 11,35	Ø 194,3	- 13,00
- 112,80	- 0,10	- 52,00	79,70	37,60	- 91,90	82,90	- 2,90	Ø 194,6	- 16,07	- 10,73	Ø 196,3	- 15,06	- 9,07	Ø 196,7	- 15,09	- 11,48	Ø 194,2	- 13,00
0,00	0,00	- 53,70	78,90	39,00	- 91,00	82,80	- 1,10										Ø 194,1	- 13,00
- 113,00	- 3,80	- 55,70	78,20	40,20	- 89,80	82,50	0,50	Ø 194,4	- 16,04	- 10,53	Ø 196,1	- 15,09	- 8,84	Ø 196,5	- 15,04	- 11,23	Ø 194,0	- 13,00
- 113,00	- 5,60	- 57,40	77,40	41,70	- 88,90	0,00	0,00	Ø 194,5	- 15,88	- 10,54								
- 113,20	- 7,50	- 59,30	76,70	42,90	- 87,80	82,30	4,00	Ø 194,5	- 15,98	- 10,38	Ø 196,3	- 15,05	- 8,57	Ø 196,7	- 14,90	- 11,07	Ø 194,1	- 13,00
- 113,10	- 9,20	- 61,00	75,90	44,20	- 86,80	82,00	5,70	Ø 194,5	- 15,83	- 10,25	Ø 196,1	- 15,03	- 8,62	Ø 196,5	- 14,86	- 10,85	Ø 194,2	- 13,00
- 113,10	- 11,00	- 62,50	74,90	0,00	0,00	81,70	7,20							Ø 196,5	- 14,85	- 11,02		
- 113,00	- 12,70	- 64,20	74,10	46,60	- 84,60	81,40	8,90	Ø 194,3	- 15,87	- 10,19	Ø 196,0	- 15,08	- 8,42	Ø 196,4	- 14,81	- 10,78	Ø 193,9	- 13,00
- 113,00	- 14,60	- 65,90	73,40	47,80	- 83,70	80,90	10,50	Ø 194,6	- 15,79	- 10,03	Ø 196,0	- 15,20	- 8,65	Ø 196,2	- 14,96	- 10,47	Ø 194,3	- 14,00
- 112,80	- 16,20	- 67,40	72,50	48,80	- 82,40	80,70	12,10	Ø 194,3	- 15,84	- 9,86	Ø 195,9	- 15,15	- 8,18	Ø 196,3	- 14,83	- 10,37	Ø 194,0	- 14,00
- 112,70	- 17,80	- 68,90	71,60	50,20	- 81,40	80,50	13,80	Ø 194,6	- 15,74	- 9,87	Ø 196,2	- 15,09	- 8,20	Ø 196,5	- 14,73	- 10,37	Ø 194,2	- 14,00
- 112,60	- 19,50	- 70,30	70,70	51,30	- 80,40	79,70	15,10	Ø 194,6	- 15,77	- 9,89	Ø 195,8	- 15,29	- 8,62	Ø 196,1	- 15,00	- 10,25	Ø 194,4	- 14,00
- 112,40	- 21,10	- 71,70	69,60	52,30	- 79,30	79,60	16,90	Ø 194,4	- 15,83	- 9,95	Ø 196,1	- 15,20	- 8,17	Ø 196,4	- 14,75	- 10,44	Ø 194,1	- 14,00
- 112,50	- 22,80	- 73,10	68,80	53,60	- 78,20	79,40	18,50	Ø 194,7	- 15,96	- 10,05	Ø 196,6	- 15,28	- 8,03	Ø 197,0	- 14,74	- 10,58	Ø 194,4	- 14,00
- 112,40	- 24,50	- 74,50	67,90	54,50	- 76,90	78,80	19,90	Ø 194,6	- 16,17	- 10,00	Ø 196,6	- 15,51	- 7,88	Ø 197,0	- 14,89	- 10,52	Ø 194,2	- 14,00

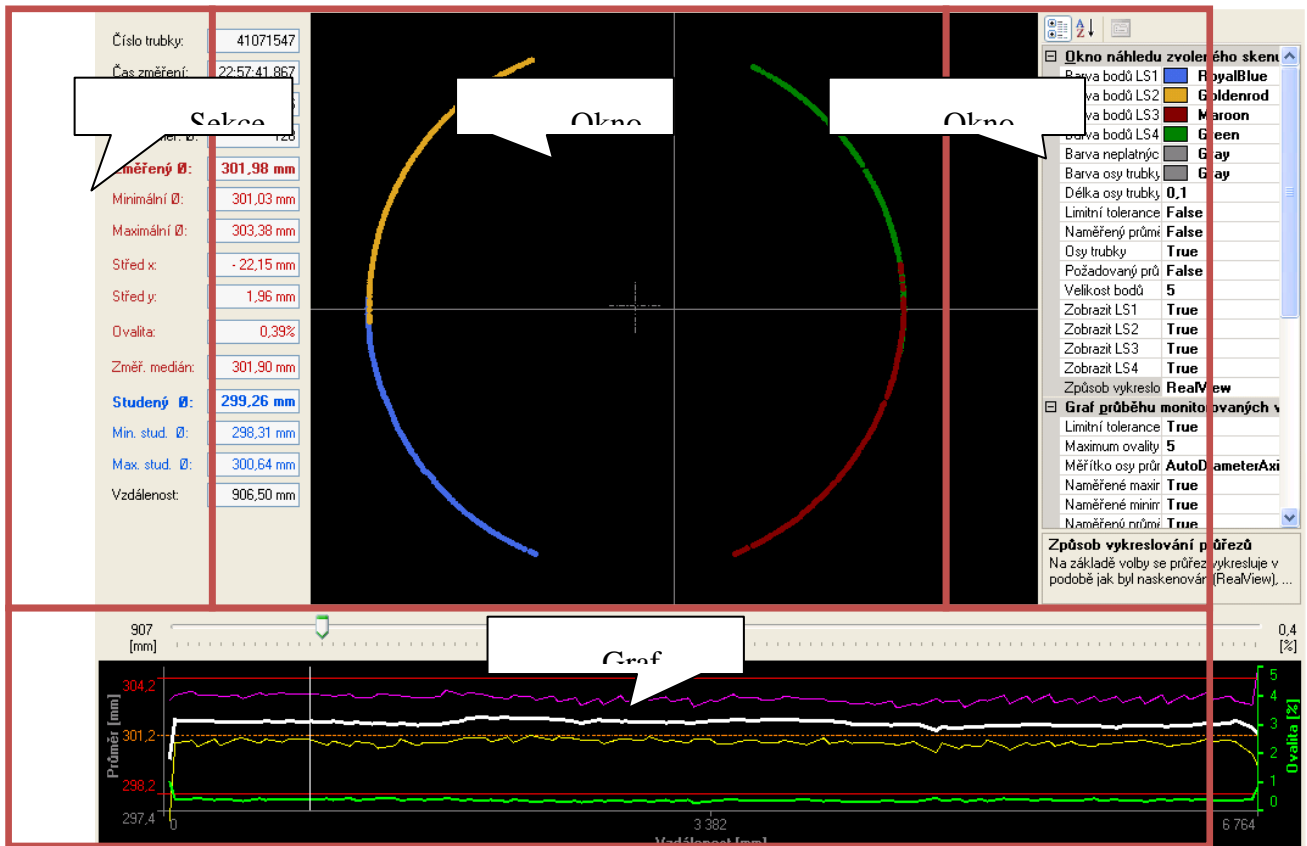


Z pohledu analýzy je však nejzajímavější záložka „Vizualizace“ kde jsou všechny tyto údaje prezentovány graficky.

### 9.2.3 Výběr a prohlížení jednotlivých naskenovaných řezů

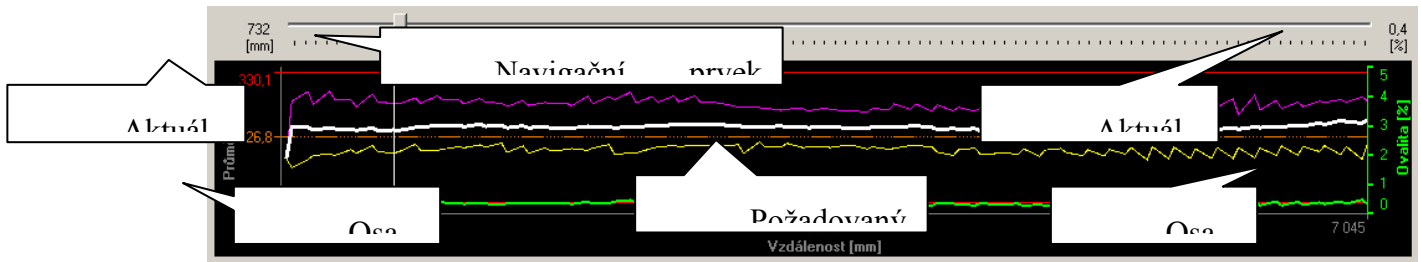
Záložka „Vizualizace“ je členěná do čtyř oblastí.

1. Graf průběhů monitorovaných veličin podél trubky
2. Okno náhledu zvoleného skenu profilu trubky
3. Sekce hodnot aktivně vybraného skenu
4. Okno vlastností



- **Graf průběhů sledovaných hodnot podél trubky**

Ve spodní části se nachází graf průběhů změn průměrů a ovality podél trubky. Na vodorovné ose je vynesena vzdálenost od začátku trubky a na dvou svislých osách pak velikost průměrů (vlevo) a ovality (vpravo). Graf zobrazuje změny průměrů ve vymezeném intervalu, který se nastavuje změnou položky „Měřítka osy průměrů“ (okno vlastností). Nad grafem je navigační prvek určený k výběru příslušného skenu, který se zobrazuje v Okně náhledu a jehož hodnoty jsou k dispozici v sekci hodnot.



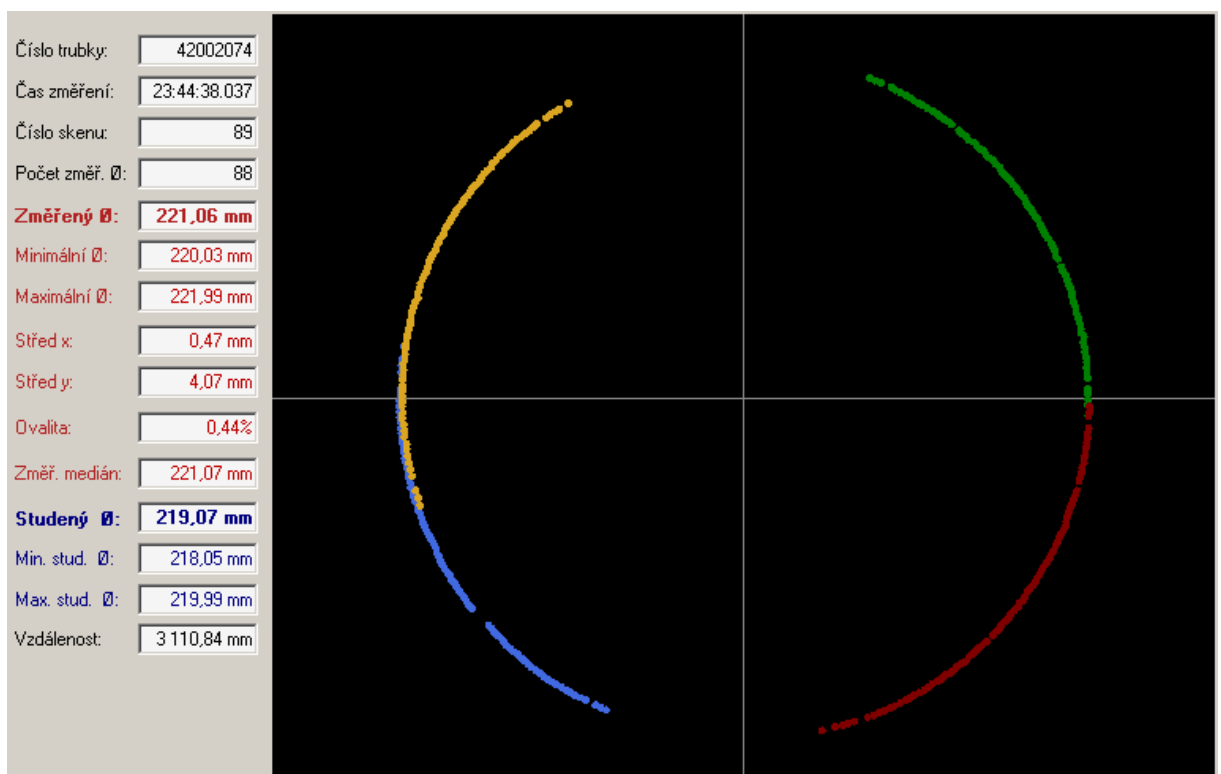
Současně s pozicí navigačního prvku se překresluje svislá čára, která v grafu přesně lokalizuje místo vybraného skenu. Mezi navigačním prvkem a svislou čarou může být mírné posunutí, které je způsobeno nesouměrným krokem zaznamenaných skenů (obvykle se zaznamenávají dvojskeny s určitým krokem) a prvkem, jehož krok je lineární. Přesné umístění vždy reprezentuje svislá čára.

*Volba zobrazovaných hodnot, včetně barev a tloušťek čar je možné nastavit v okně vlastností.*

- Okno náhledu a sekce hodnot

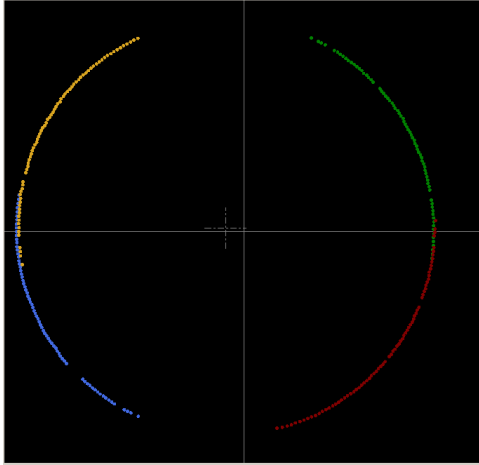
Všechny číselné informace o vybraném skenu jsou k dispozici v sekci hodnot. Vizuální prezentace naměřených bodů daného skenu pak prezentuje okno náhledu. Body každého skeneru jsou vykreslovány jinou barvou (standardně žlutá, modrá, zelená, červená), přičemž body, které byly aplikací odfiltrovány (viz filtr měřeného rozsahu), jsou zobrazeny jinou barvou (standardně šedě).

Prostřednictvím okna vlastností je možné navíc zapnout vykreslování kružnic žádaného průměru a limitních tolerancí, zapínat body každého skeneru odděleně, měnit velikost bodů, zapínat osy grafu a trubky, libovolně měnit barvy všech kreslených objektů apod.

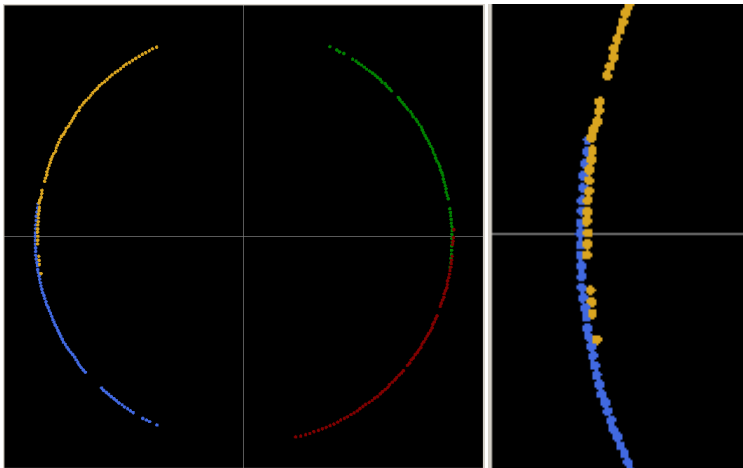


Prezentaci bodů skenu je možné ovlivnit v okně vlastnosti položkou „Způsob vykreslování průřezů“, která má čtyři možnosti:

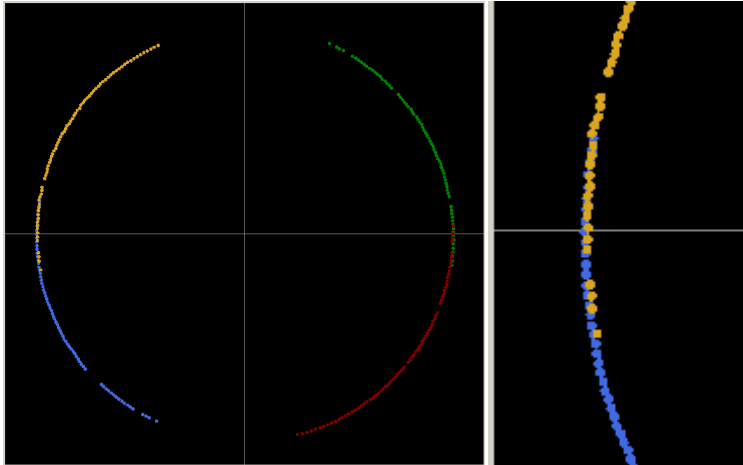
1. **RealView** - body jsou vykreslovány přesně na pozici, kde byly naměřeny. Je tak možné pozorovat vyosení trubky během měření.



2. **CenterView** – body jsou přesunuty tak, aby spočtený střed trubky byl umístěn uprostřed souřadnicového systému. V této podobě se lépe porovnávají jednotlivé skeny mezi sebou na úkor možnosti sledování příčného pohybu trubky.



3. **ConversionLineView** – kdy podobně jako u **CenterView** je sken centrován, navíc jsou však pozice bodů mírně upraveny tak, aby se eliminoval příčný pohyb trubky během skenování, který se projevuje míjením bodů dvou sousedních skenerů (viz detail předchozího obrázku).

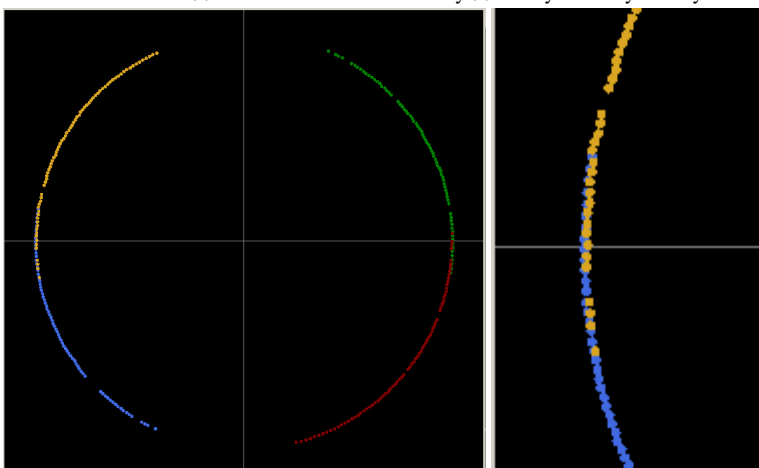


Eliminace tohoto problému je postavena na analýze posunu osy trubky během měření daného skenu. Konkrétně se souřadnice středů kružnic (vždy ze současně změřených bodů daného skenu) rozloží na dva soubory hodnot funkčních závislostí  $x_t$  a  $y_t$  na čase (tj. na pořadí  $t = 1..n$ ). Pro tyto hodnoty se určí dvě rovnice lineární regrese prvního řádu  $f_x(t) = p_x t + q_x$ ,  $f_y(t) = p_y t + q_y$ . Odtud se pak pro daný čas  $t$  spočte odchylka středu od počátku. O tyto odchylky se posunou v daném čase odměřené body.



Metoda dává dobré výsledky pouze v případě příčného pohybu trubky s lineární závislostí bez jejího významného odklonění (osa trubky byla po celou dobu měření skenu blízka ke kolmici roviny skenerů). Byla-li trubka odkloněná více, pak se výrazně projeví fakt, že řez trubky touto rovinou nemá kruhový, ale eliptický tvar. V tomto případě není možné střed přesně určit (v daném čase máme maximálně čtyři povrchové body) a nelze ani vypočítat průměr trubky. Metodu pochopitelně také ovlivňuje dopřední pohyb trubky v závislosti na tvarové změně profilu trubky měřené úseku skenu (měřený úsek je závislý na době měření skenu a na rychlosti posuvu trubky).

4. **ConversionQuadraticView** také eliminuje příčný pohyb trubky, rozdíl spočívá pouze v jiném stupni lineární regrese složek souřadnic. Konkrétně se používá lineární regrese druhého řádu  $f_x(t) = a_x t^2 + b_x t + c_x$ ,  $f_y(t) = a_y t^2 + b_y t + c_y$ .



Tato metoda je vhodnější v případě nelineárního příčného pohybu trubky během měření (méně častá situace). Ostatní omezení jsou shodná s předchozí metodou.

- Okno vlastností

Okno vlastností je situováno napravo od okna náhledu. Slouží k nastavení způsobu vizualizace dat. Okno je členěno do dvou sloupců, kdy v prvním sloupci je uveden název vlastnosti a v druhém pak její hodnota s možností její změny. Způsob provádění změny se odvíjí od jejího typu. Vše je intuitivní, přičemž při označení libovolné vlastnosti se ve spodní části okna zobrazuje podrobnější popis dané vlastnosti.

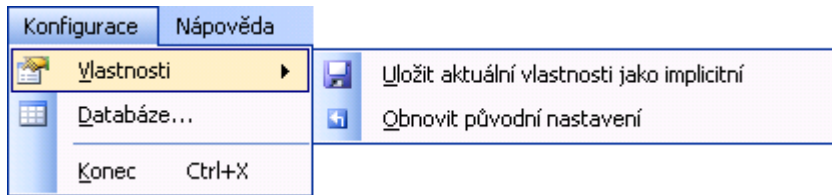
Okno náhledu zvoleného skenu profilu trubky:		
Barva bodů LS1	RoyalBlue	▼
Barva bodů LS2	Goldenrod	
Barva bodů LS3	Maroon	
Barva bodů LS4	Green	
Barva neplatných bodů	Gray	
Barva osy trubky	Gray	
Délka osy trubky	0,1	
Limitní tolerance řezů	False	
Osy trubky	True	
Požadovaný průměr řezu	False	
Velikost bodů	5	
Změřený průměr řezu	False	
Zobrazit LS1	True	
Zobrazit LS2	True	
Zobrazit LS3	True	
Zobrazit LS4	True	
Způsob vykreslování průřezů	RealView	
Graf průběhu monitorovaných veličin podél trubky:		
Limitní tolerance	True	
Maximum ovality	5	
Měřítko osy průměrů	AutoDiameterAxisScale	
Naměřené maximum	True	
Naměřené minimum	True	
Ovalita	True	
Požadovaný průměr	True	
Tloušťka ovality	2	
Změřený průměr	True	
Obecné:		
Barva limitních tolerancí	Red	
Barva maximálního průměru	Magenta	
Barva minimálního průměru	Yellow	
Barva naměřeného průměru	White	
Barva os	Gray	
Barva ovality	Lime	
Barva pozadí	Black	
Barva požadovaného průměru	255; 128; 0	
Osy grafu	True	
Tloušťka limitních tolerancí	1	
Tloušťka maxima	1	
Tloušťka minima	1	
Tloušťka průměru	3	

**Barva bodů LS1**  
Barva odměřených bodů laserového skeneru 1

Popis  
vybraná

### 9.3 Konfigurace a změna databáze

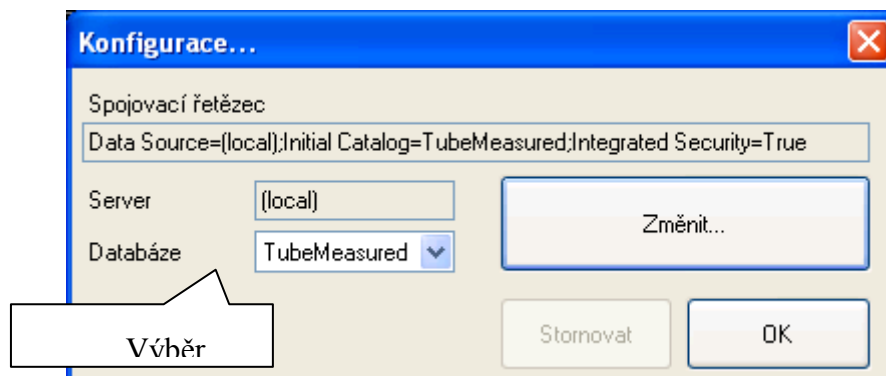
Uskutečněné změny v okně vlastnosti lze snadno uložit pomocí nabídky „Uložit aktuální vlastnosti jako implicitní“ v menu „Konfigurace“. Změny se ukládají do souboru App.config, který je uložen v profilu uživatele. Druhou nabídkou „Obnovit původní nastavení“ je možné změny konfigurace resetovat a nastavit aplikaci do továrního nastavení.



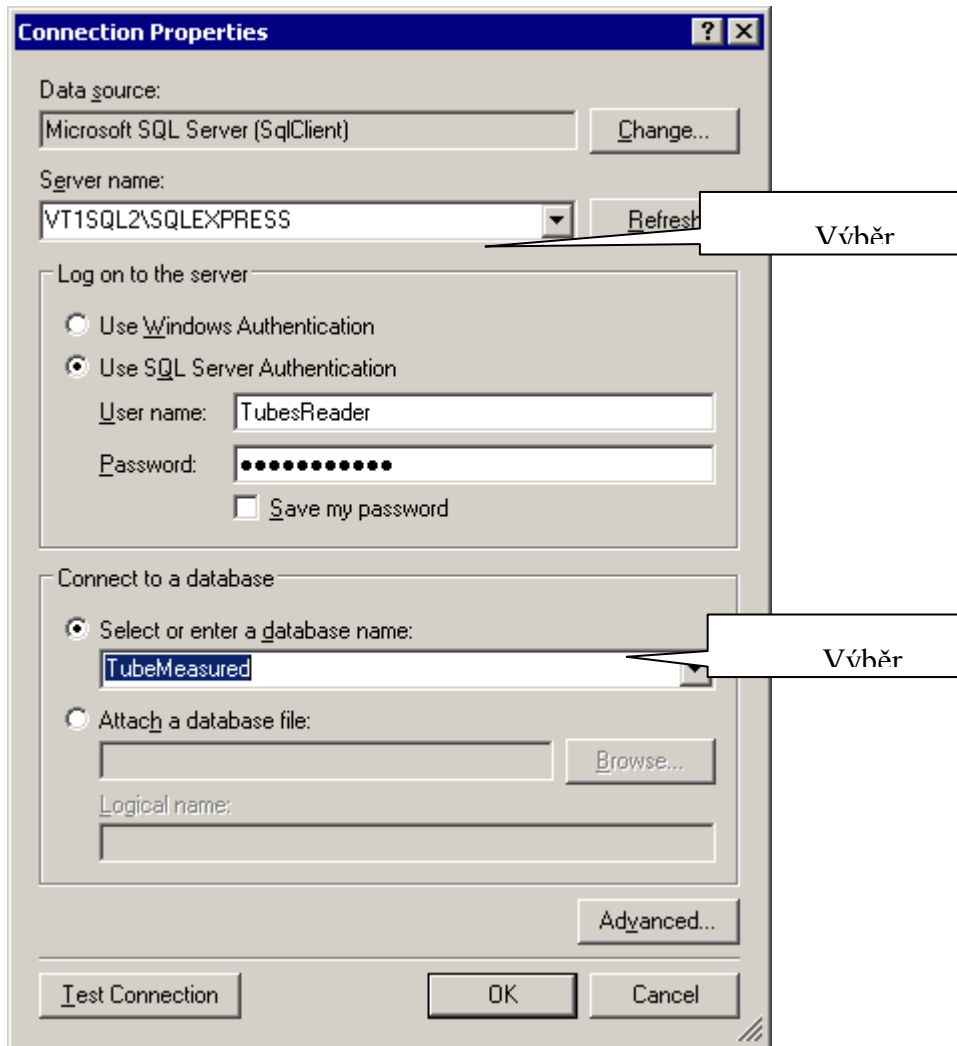
Původní (tovární) konfigurace je uložena v souboru „TubesBrowser.exe.config“, která se nachází ve stejné složce spolu s aplikací. V tomto souboru je také uvedena definice spojovacího řetězce k databázi SQL Serveru.

Potřeba změny spojovacího řetězce souvisí s výběrem prohlížené trubky. V primární databázi se uchovávají pouze naposledy vytvořené trubky (standardně do stáří 30 dnů). Starší trubky jsou archivovány v jiných databázích (obvykle téhož serveru) rozděleny podle kalendářního měsíce výroby. Název archivní databáze podléhá masce TBYYYYMM, kde YYYY je kalendářní rok a MM je dvojciferné číslo měsíce.

Z uvedeného principu vyplývá, že pro prohlížení archivních záznamů trubek vyrobených před více jak 30 dny, je potřeba změnit databázi. K tomu slouží dialog „Konfigurace...“, který se vyvolá nabídkou „Databáze...“ v menu „Konfigurace“. Z dialogu je patrné, ke které databázi je aplikace aktuálně připojena. Změna se provede výběrem požadované databáze v seznamu (v seznamu se filtrují databáze obsahující text „Tube“ nebo název začíná „TB20“).



Pokročilejší změny ve spojovacím řetězci, lze provést tlačítkem „Změnit...“. Zobrazí se okno „ConnectionProperties“, kde je možné také zvolit jinou databázi nebo zcela změnit konfiguraci spojovacího řetězce.



Pozor, v seznamu se mohou objevit i jiné databáze, především systémové databáze Master, Model, TempDB a MSDB. Tyto databáze neobsahují potřebná data a aplikace s nimi nebude fungovat. Smysl má vybírat pouze databázi TubeMeasured a databáze podléhající masce TBYYYYMM.

**Nebude-li požadovaná databáze k dispozici, kontaktuje správce SQL serveru.**

*Nová konfigurace spojeného řetězce je pouze dočasná, to znamená, že se po znovuspuštění aplikace spojovací řetězec opět převede do původního (továrního) nastavení. Je-li potřeba spojovací řetězec změnit trvale, je nutné ho upravit v souboru „TubesBrowser.exe.config“.*

## 9.4 Parametry spuštění aplikace – argumenty příkazové řádky

Při spuštění aplikace je možné specifikovat parametry výběrového filtru a dokonce i spojovacího řetězce pomocí tzv. argumentů příkazové řádky. Typ argumentu se specifikuje písmenem uvedeným za lomítkem. Má-li hodnota argumentu znaky mezer, je nutné daný argument uzavřít do uvozovky.

Použití:



`TubeBrowser /Nnnnn /Dnnn "/Fdd.mm.rrrr hh:MM" "/Tdd.mm.rrrr hh:MM" /Dxxx /Cxxx /?"`

- **/N** – vyhledání podle čísla trubky.  
Například: `/N123123123` - zobrazí se trubka číslo 123123123.
- **/F** - zadání počátečního termínu (datum a čas) pro výběr trubek podle data výroby.  
Například: `"/F1.12.2011 10:00"` - Budou vyhledány trubky vyráběné od 1.12.2011 10:00.
- **/T** - Zadání koncového termínu (datum a čas) pro výběr trubek podle data výroby.  
Například: `"/T1.12.2011 13:00"` - Budou vyhledány trubky vyráběné do 1.12.2011 13:00."
- **/D** - Zadání názvu databáze, ke které se má aplikace připojit.  
Například: `/DT201112` - připojí se k databázi T201112."
- **/C** - Zadání nového spojovacího řetězce k databázi SQL serveru, ke které se má aplikace připojit.  
Například: `"/CData Source=(local);Initial Catalog=TubeMeasured;Integrated Security=True"`.
- **/?** - Nápověda.

Příklady:

`TubeBrowser /N41072619`

- vyhledá a zobrazí trubku č. 41072619.

`TubeBrowser /N41072619 /DT201112`

- vyhledá a zobrazí trubku č. 41072619 uloženou v databázi T201112.

`TubeBrowser "/F23.12.2011 5:00" "/T23.12.2011 9:00" /DT201112`

- vyhledá trubky vyrobené 23. Prosince 2011 mezi 5:00 – 9:00, přičemž data jsou uložena v databázi T201112.

`TubeBrowser /?`

- zobrazí nápovědu.

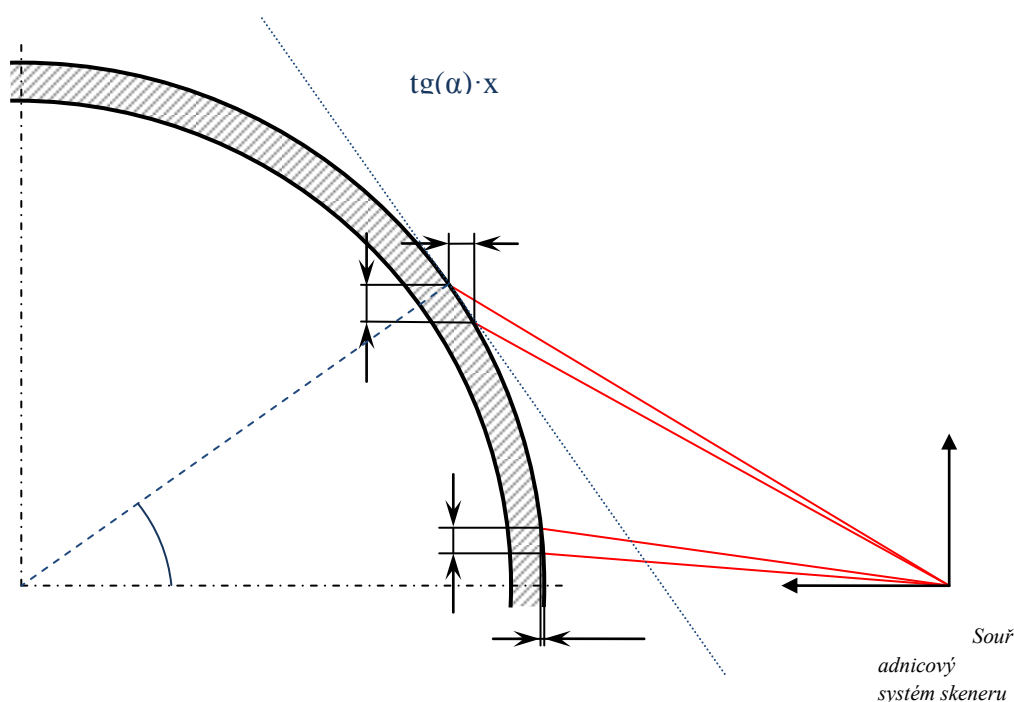
## 10 FILTRY

Při měření se používají dva Filtry, které společně slouží k eliminaci chybně naměřených bodů.

### 10.1 Filtr tečných bodů - FTB:

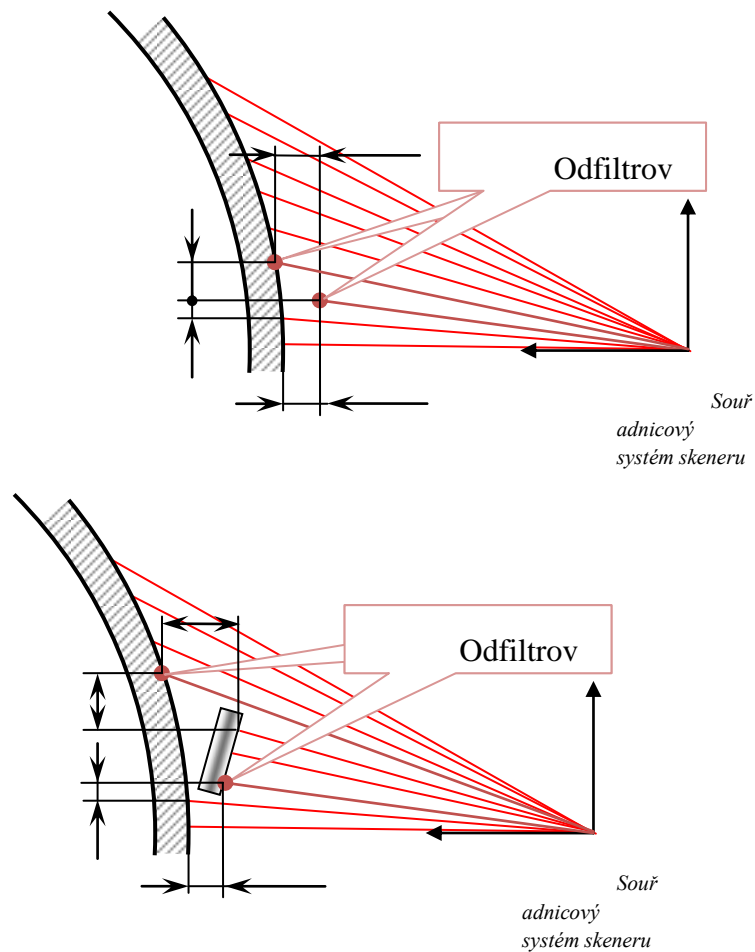
Tento filtr se aplikuje odděleně v jednotlivých souřadnicových systémech skenerů. Používají se pouze body, pro které platí že  $|\Delta x / \Delta y| < \text{FTB}$ . Kde  $\Delta x$  a  $\Delta y$  jsou vzdálenosti mezi dvěma po sobě odměřenými body jednoho skenu v osách  $x$  a  $y$ . Ve své podstatě se tím určuje úhel pokrytí trubky jedním skenerem. Doporučuje se filtr 0,8 a nižší (v tomto případě každý skener pokryje cca  $78^\circ$  výseče trubky), přičemž platné hodnoty filtru jsou v intervalu  $0,1 \div 2,5$  (úhel pokrytí  $12^\circ \div 136^\circ$ ).

Matematicky  $\Delta x / \Delta y$  vyjadřuje směrnici sečny procházející dvěma sousedními body. Pro velmi blízké body ( $\Delta x / \Delta y \rightarrow 0$ ) tato sečna přechází do tečny, kterou lze analyticky vyjádřit derivací funkce kružnice  $\sin(\alpha) / \cos(\alpha) = \text{tg}(\alpha) = \text{FTB}$ . Pro požadovaný maximální úhel pokrytí trubky skenerem  $\beta = 2 \cdot \alpha$  je pak snadné určit hodnotu filtru. Pro celkové pokrytí trubky čtyřmi skenery pootočenými o  $90^\circ$  (úhel pokrytí  $\beta = 90^\circ$ ), je úhel  $\alpha = 45^\circ$ . Odtud je koeficient filtrace  $\text{tg}(45^\circ) = 1$ .



Kromě filtrace bodů nacházejících se mimo úhel pokrytí, filtr také eliminuje chybně odměřené osamělé body. Je-li odměřený bod vůči předchozímu výrazně posunut ( $|\Delta x / \Delta y| > \text{FTB}$ ), je automaticky odfiltrován, nicméně je použit pro následující porovnání. By-li tento bod osamělý (například náhodný odraz od kapky vody), bude i následující bod odfiltrován, neboť opět bude platit  $|\Delta x / \Delta y| > \text{FTB}$ . Pokud však nepůjde o náhodnou chybu a následující bod bude v blízkosti předchozího již odfiltrovaného bodu, pak jej filtr ponechá. Prakticky se odfiltrují osamělé body, které se chybně naměřily například z důvodu prolétající kapky vody,

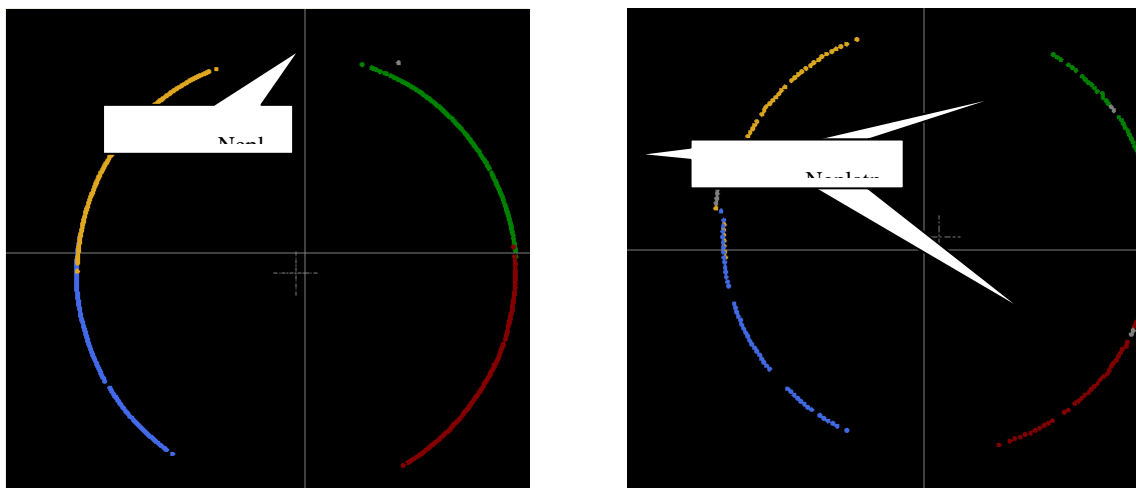
částičky prachu apod. Je-li však zjištěn větší objekt, na kterém se odměří minimálně dva body, bude odfiltrován pouze první z nich.



## 10.2 Filtr měřeného rozsahu průměrů:

Tímto filtrem se eliminují změřené průměry, jejichž hodnoty jsou mimo stanovený interval, který je definován jako násobek výrobních tolerancí trubky. Hodnota filtru je kladné číslo v intervalu  $1 \div 25$ , kterým se po vynásobení horní a dolní výrobní tolerance určí platný interval.

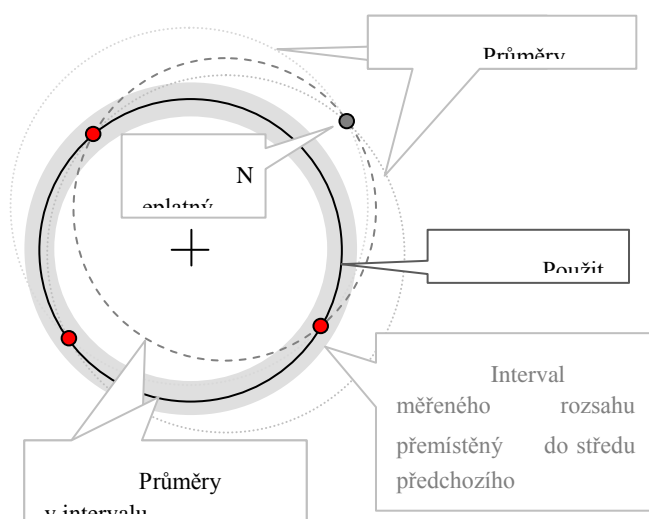
Například, pro filtr s hodnotou 3, válcovanou trubku  $\varnothing 194$  mm s horní výrobní tolerancí 1% a dolní 0,5%, je platný interval  $191 \div 199,8$  ( $194 - 194 \cdot 0,005 \cdot 3 \div 300 + 194 \cdot 0,01 \cdot 3$ ). Je-li změřen průměr mimo tento rozsah, je ignorován a následně jsou analyzovány body, které jsou mimo měřený interval a ty jsou pak označeny jako neplatné. Neplatné body se v aplikaci TubeBrowser implicitně zobrazují šedivě.



Průměr je vždy změřen ze tří současně naměřených bodů. U čtyř skenerového měření jsou často najednou odměřeny čtyři body. Pak jsou spočteny celkem čtyři průměry ( $4! / 3!$ ).

K určení neplatných bodů (bodů, které se pro výpočty průměru nepoužívají) se používá algoritmus, který nejprve určí střed trubky a pak na základě vzdálenosti bodu od středu trubky označí ty, které mají vzdálenost mimo polovinu intervalu měřeného rozsahu průměrů.

Pro čtyř skenerovou variantu měření často vyhovujících dva průměry (viz následující obrázek), přičemž je-li jeden ze čtyř bodů mimo povrch trubky (nebo je v daném místě na trubce okuje či jiný objekt), pak může být platný pouze jeden z průměrů. Ten správný lze rozpoznat na základě porovnání středů kružnic se dříve určeným středem trubky. Nejbližší střed patří hledané kružnici.



Jsou-li změřeny pouze tři body, ze kterých vyjde průměr mimo interval, pak jsou všechny tyto body označeny za neplatné (průměr z nich nebyl počítán).

## 11 VÝPOČET OVALITY POTRUBÍ DLE EVROPSKÉ NORMY EN 13 508

Výsledek je hodnota v procentech, která říká, o kolik procent se průřez potrubí zdeformoval oproti 100% stavu potrubí (kruhový profil bez poškození.) Ovalita potrubí se počítá dle vzorce:

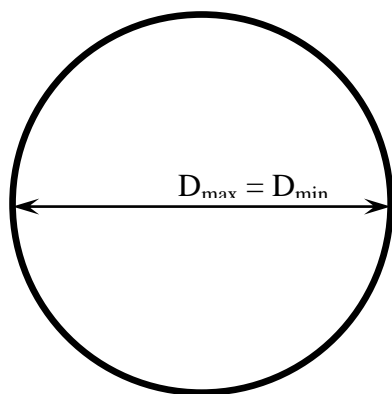
$$\text{Ovalita (deformace)} = O = \frac{D_{\max} - D_V}{D_V} 100 [\%].$$

Kde  $D_V$  je průměrná hodnota z maximálního a minimálního naměřeného průměru trubky:

$$D_V = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2}.$$

### 11.1 Příklad: potrubí je v pořádku bez deformace

Máme dokonale oválné potrubí, pro které platí  $D_{\max} = D_{\min} = 500$  mm.



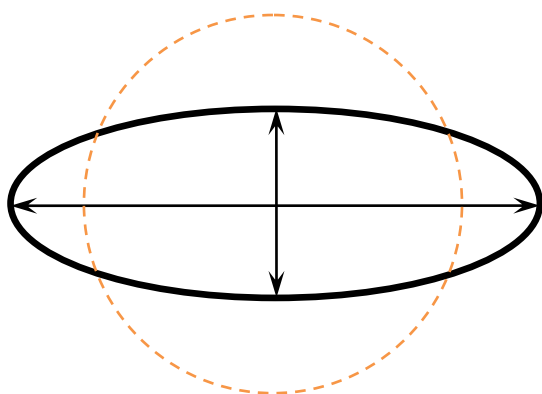
Pak ovalita (deformace) bude nulová (0 %).

$$D_V = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2} = \frac{500 + 500}{2} = 500 \text{ mm},$$

$$O = \frac{D_{\max} - D_V}{D_V} 100 = \frac{500 - 500}{500} 100 = 0 \text{ \%}.$$

### 11.2 Příklad: potrubí je zmáčknuté

Máme zmáčknuté potrubí, které původně (před deformací) mělo průměr  $D = 500$  mm. Toto potrubí bylo stlačeno tak, že v nejširším místě je  $D_{\max} = 708$  mm a v nejužším  $D_{\min} = 236$  mm.



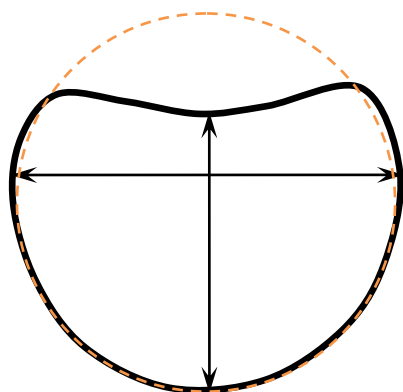
Z toho plyne:

$$D_V = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2} = \frac{708 + 236}{2} = 472 \text{ mm},$$

$$O = \frac{D_{\max} - D_V}{D_V} 100 = \frac{708 - 472}{472} 100 = 50 \text{ \%}.$$

### 11.3 Příklad: Potrubí je promáčklé

Máme promáčknuté potrubí, které původně (před deformací) mělo průměr  $D = 500$  mm. Toto potrubí má v nejširším místě  $D_{\max} = 520$  mm a v nejužším  $D_{\min} = 372$  mm.



Odtud je ovalita:

$$D_V = \frac{D_{\max} + D_{\min}}{2} = \frac{520 + 372}{2} = 446 \text{ mm},$$

$$O = \frac{D_{\max} - D_V}{D_V} 100 = \frac{520 - 446}{446} 100 = 16,6 \text{ \%}.$$