

# Česká Zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí



## **Návrh metodiky pro měření drsnosti povrchu DTD, kde je na povrchu DTD nanesené dané množství vody**

Bakalářská práce

Autor: Štěpán Hýsek

Vedoucí práce: Ing. Jan Bomba, Ph.D.

2014

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Fakulta lesnická a dřevařská

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hýsek Štěpán

Dřevařství

Název práce

**Návrh metodiky pro měření drsnosti povrchu DTD, kde je na povrchu DTD nanesené dané množství vody**

Anglický název

**Proposal for a methodology of the measuring of particleboard surface roughness, where the water is deposited on the surface**

---

### Cíle práce

Cílem práce je navrhnout metodiku pro měření drsnosti povrchu DTD, kde je na povrchu DTD nanesené dané množství vody. Měření stanovit na různé DTD od jednotlivých výrobců.

### Metodika

Na základě zjištěných faktů navrhnout metodiku vstupní kontroly, která určí, jestli jsou plochy dřevotřískové desky vyhovující či nevyhovující k dalšímu zpracování ve výrobním závodě BJS Czech dle dané technologie povrchové úpravy.

### Harmonogram zpracování

1. Zadání práce: 2/2013
2. Příprava informačních zdrojů: 7/2013
3. Terénní průzkum: 8/2013 - 10/2013
4. Tvorba finálního dokumentu diplomové práce: 12/2013 - 3/2014
5. Odevzdání diplomové práce: 20. 4. 2014

## Rozsah textové části

30 - 40 str. textu; 10 - 20 str. příloh

## Klíčová slova

drsnost povrchu, DTD, voda, povrchová úprava DTD

## Doporučené zdroje informací

Hořejš, V.: Speciální nátěry, SNTL, Praha 1968

Osten, M.: Práce s lepidly a tmely, SNTL, Praha 1982

Hošek, J.: Stavební materiály pro rekonstrukce, skripta ČVUT Praha, 1996

Novák, J. a kol.: Vodou ředitelné epoxidové disperze nové generace, Zpráva o stavu řešení projektu FT-TA 3/056, Pardubice 2008

Kalenda, P., Kalendová, A.: Technologie nátěrových hmot I. Pojiva, rozpouštědla a ditiva pro výrobu nátěrových hmot. Pardubice; Univerzita Pardubice, 2004. ISBN 80-71-94-660-5

Tesařová, D., Chladil, J., Čech, P., Toblášová, K.: Ekologické povrchové úpravy. Brno. Mendelova univerzita v Brně, 2011. ISBN 978-80-7375-480-8

## Vedoucí práce

Bomba Jan, Ing., Ph.D.

## Termín odevzdání

duben 2014



**doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.**

Vedoucí katedry



**prof. Ing. Marek Turčáni, Ph.D.**

Děkan fakulty

V Praze dne 1.8.2013

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Návrh metodiky pro měření drsnosti povrchu DTD, kde je na povrchu DTD nanesené dané množství vody“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Bomby, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. O vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.“

V Praze dne .....

.....

Štěpán Hýsek

Chtěl bych poděkovat mé rodině a přítelkyni za podporu během mého studia a psaní této práce. Dále děkuji Ing. Janu Bombovi, Ph.D. za odborné vedení práce a Karlu Čechovi za spolupráci při praktické části práce.

## Abstrakt

V této práci bude posouzena závislost drsnosti mezi suchým a mokrým, mezi suchým a nalakovaným a dále mezi mokrým a nalakovaným povrchem DTD. V případě zjištění některé závislosti bude na základě těchto výsledků navržena metodika vstupní kontroly dřevotřískových dílců pro navalovací linku ve výrobním závodu firmy BJS Czech. Po studiu odborné literatury byl navržen experiment, kdy byla měřena pomocí dotykového indukčního profiloměru drsnost povrchu suchých, mokrých a nalakovaných dřevotřískových dílců od čtyř výrobců. Byly sledovány následující parametry: průměrná aritmetická úchylka profilu ( $Ra$ ), průměrná výška prvků profilu ( $Rc$ ) a průměrná šířka prvků profilu ( $RSm$ ) vždy podél a napříč výrobního směru a na spodní a vrchní straně dílce. Byla prokázána korelace u parametru  $Ra$  podél výrobního směru mezi všemi třemi zkoumanými stavy povrchu na spodní straně DTD od prvního výrobce a na vrchní straně desky u vzorků od druhého výrobce opět u charakteristiky  $Ra$  podél výrobního směru mezi mokrým a nalakovaným a suchým a nalakovaným povrchem. Dále byla objevena korelace ještě u některých kombinací, nicméně obecně se neprokázala korelace drsnosti mezi jednotlivými povrchy v takovém rozsahu, aby mohla být navržena metodika vstupní kontroly DTD založená na měření drsnosti povrchu. Z naměřených údajů bylo možno určit výrobce, jehož desky jsou z pohledu drsnosti nalakovaného povrchu nejkvalitnější.

**Klíčová slova:** drsnost povrchu, dřevotřísková deska, voda, povrchová úprava dřevotřískových desek

## **Abstract**

The objective of this study is to evaluate correlation between dry and wet, between dry and painted and between wet and painted particleboard surface. On the basis of these results a methodology of entrance checking of particleboard panels for lacquering production line in furniture manufacturing plant BJS Czech can be proposed. In the proposed experiment the stylus technique was used to measure surface of dry, wet and painted particleboard samples manufactured from four different producers. Three parameters, namely arithmetical mean deviation of the assessed profile ( $Ra$ ), mean height of the profile elements ( $Rc$ ) and mean width of the profile elements ( $RSm$ ) were used to determine quantitatively surface characteristics of the samples along and across production directions and on each side of the samples. Statistically significant correlation was found in roughness measurements  $Ra$  between all three states of surface taken along production direction on the lower side of samples from the first producer. Also was found correlation in roughness measurements  $Ra$  between dry and painted and wet and painted particleboard surface taken along production direction on the upper side of samples from the second producer. These were isolated cases, however generally there were no statistically significant correlations between explored surfaces in satisfactory degree. That is the reason why the methodology of entrance checking of particleboard panels based on measurement of surface roughness could not be proposed. On the basis of measured values the producer whose particleboard panels have the best roughness characteristics of painted surface was determined.

**Keywords:** surface roughness, particleboard, water, surface working of particleboard

## Obsah

1	Úvod .....	12
1.1	Úvod do situace.....	12
1.2	Cíl práce .....	13
2	Teoretický rozbor problematiky .....	14
2.1	Dřevotřískové desky.....	14
2.1.1	Technologie výroby DTD .....	14
2.1.1.1	Dřevní surovina .....	14
2.1.1.2	Odkorňování.....	14
2.1.1.3	Výroba třísek .....	15
2.1.1.4	Sušení a skladování třísek .....	15
2.1.1.5	Třídění a domílání třísek .....	16
2.1.1.6	Lepidla.....	16
2.1.1.7	Nanášení lepicí směsi .....	16
2.1.1.8	Vrstvení třískového koberce .....	17
2.1.1.9	Lisování.....	19
2.1.1.10	Dokončování třískových desek.....	20
2.1.2	Druhy DTD .....	21
2.2	Drsnost povrchu .....	22
2.2.1	Základní pojmy a definice .....	22
2.2.2	Charakteristiky struktury povrchu (ČSN EN ISO 4287:1999).....	23
2.2.2.1	Výškové parametry (výstupky a prohlubně).....	24
2.2.2.2	Výškové parametry (průměrné hodnoty pořadnic) .....	24
2.2.2.3	Délkové parametry .....	25
2.2.2.4	Tvarové parametry .....	26
2.2.2.5	Křivky a odpovídající parametry .....	26



2.2.3	Hodnocení drsnosti povrchu .....	26
2.2.3.1	Kvalitativní hodnocení .....	27
2.2.3.2	Kvantitativní hodnocení .....	27
2.2.4	Faktory ovlivňující drsnost povrchu DTD .....	30
2.3	Vodou ředitelné nátěrové hmoty .....	31
2.3.1	Disperzní NH .....	31
2.3.2	NH na bázi vodných roztoků filmotvorných látek.....	34
2.4	Povrchové úpravy DTD .....	35
2.4.1	Technologie nanášení NH.....	35
2.4.1.1	Navalování .....	35
2.4.1.2	Clonové polévání .....	36
2.4.2	Sušení a vytvrzování NH .....	37
2.4.2.1	Vytvrzování infračerveným zářením (IR).....	37
2.4.2.2	Vytvrzování ultrafialovým zářením (UV).....	38
2.4.2.3	Vytvrzování impulzním zářením (IST).....	38
2.4.2.4	Vytvrzování tokem urychlených elektronů (EBC) .....	39
2.4.2.5	Vytvrzování LED diodami (LED vytvrzování) .....	39
3	Metodika měření.....	41
3.1	Příprava zkušebních těles .....	41
3.2	Měřicí přístroj a zařízení .....	41
3.3	Pracovní postup.....	42
3.3.1	Měření drsnosti profilovou metodou (ČSN EN ISO 4288:1999).....	42
3.3.2	Suchá zkouška.....	43
3.3.3	Mokrý zkouška.....	44
4	Výsledky měření a diskuse .....	46
5	Závěr.....	56
6	Seznam použité literatury .....	57

7 Přílohy .....	60
-----------------	----

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Klasifikace DTD .....	21
Tabulka 2 Identifikace výrobců a nominální hustota desek .....	41
Tabulka 3 Tabulka základních délek $l_r$ a vyhodnocovaných délek $l_n$ .....	42
Tabulka 4 Matice korelačních koeficientů pro závislost mezi suchým a mokrým povrchem .....	48
Tabulka 5 Matice korelačních koeficientů pro závislost mezi suchým a nalakovaným povrchem .....	48
Tabulka 6 Matice korelačních koeficientů pro závislost mezi mokrým a nalakovaným povrchem .....	49
Tabulka 7 Výsledky t-testu pro desky od 1. výrobce .....	54

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Pneumatická vrstvička, zdroj: Hrázský, Král 2007 .....	17
Obrázek 2 Vrstvička s vrhacími válci, zdroj: Hrázský, Král 2007 .....	18
Obrázek 3 Vrstvení volným pádem, zdroj: Štefka 2002.....	19
Obrázek 4 Vlnitost a drsnost povrchu, zdroj: Dostál 1962.....	22
Obrázek 5 Empirické rozdělení výšek profilu, zdroj: ČSN EN ISO 4287:1999 .....	26
Obrázek 6 Princip mechanického komparátoru, zdroj: Bumbálek, Odvody, Ošťádal 1989 .....	27
Obrázek 7 Schéma elektroinduktivního snímače, zdroj: Bumbálek, Odvody, Ošťádal 1989 .....	29
Obrázek 8 Rovnovážná vlhkost u jednotlivých materiálů, zdroj: Čížek 1985 .....	31
Obrázek 9 Schéma polymerních částic ve vodním prostředí, zdroj: Kalendová, Kalenda 2004 .....	32
Obrázek 10 Princip funkce navalovacího stroje, zdroj: Lukavský, Bouška, Fiala 1993	35
Obrázek 11 Schéma clonového polévání, zdroj: Čížek 1985 .....	36
Obrázek 12 Emise vlnových délek, zdroj: Becker Acroma 2012.....	39

Obrázek 13 Schéma rozmístění měřených úseků na zkušebním tělese, údaje v milimetrech .....	43
Obrázek 14 Vlnky na nalakovaném povrchu, zvětšeno 8x.....	52
Obrázek 15 Vystouplé třísky na nalakovaném povrchu, zvětšeno 6,3x .....	55

## **Seznam grafů**

Graf 1 Graf závislosti $R_a$ v podélném směru mezi suchým a mokrým povrchem na spodní straně desek od 1. výrobce .....	51
Graf 2 Graf závislosti $R_a$ v podélném směru mezi mokrým a nalakovaným povrchem na spodní straně desek od 4. výrobce .....	51

# 1 Úvod

## 1.1 Úvod do situace

Dřevotřískové desky (DTD) se v současné době povrchově dokončují hlavně suchými způsoby povrchové úpravy (PÚ), mezi které patří foliování (papírové folie, PVC folie), laminování, nalepování laminátů a dýhování. Povrchová úprava nátěrovými hmotami (NH) je méně častý způsob dokončení povrchu a uplatňuje se spíše u dřevovláknitých desek, které mají homogennější a hladší povrch, než dřevotřískové desky. Nicméně s rostoucí snahou o zvýšení kapacity výroby a snížení ceny povrchové úpravy se začíná uplatňovat mokřý způsob povrchové úpravy i u DTD. V takovém případě je nutné nejprve povrch dokonale uzavřít viskózním tmelem a až následně nanášet další vrstvy NH (Hrázský, Král 2007; Štefka 2002).

Výsledná drsnost a lesklost nalakovaného povrchu dřevotřískové desky je dána třemi základními faktory, a to kvalitou povrchu DTD, technologií nanášení nátěrové hmoty (tmelení, počet vrstev nátěru, množství NH v jednotlivých vrstvách) a nátěrovou hmotou (druh NH a množství rozpouštědla). Ze strany firmy BJS Czech byl vznesen požadavek na prozkoumání prvního zmiňovaného faktoru, konkrétně na objasnění vlivu drsnosti povrchu DTD na výslednou drsnost a lesklost nalakovaného dílce. Z toho důvodu bylo rozšířeno původní zadání a drsnost povrchu bude sledována i po prvním nánosu NH, kdy dojde k interakci mezi rozpouštědlem a třískami povrchové vrstvy desky, tedy ke zvednutí vláken v těchto třískách a ke zdrsnění povrchu. Čím větší je drsnost povrchu desky po prvním nánosu NH (tmelení), tím více se musí povrch zbrousit a tím více krycí NH se musí nanést v druhém nánosu. Zároveň pokud je nutné sbrousit velké vystouplé třísky, vznikne skvrnitý povrch, u kterého je obtížné dosáhnout následujícími nánosy požadovaného odstínu konečného povrchu. Proto je snaha takové nevyhovující desky eliminovat.

V České republice se autoři problematice měření drsnosti povrchu aglomerovaných materiálů nevěnují. Měření drsnosti dřevotřískových desek upravují české stání normy z roku 1979, resp. 1987. Při tvorbě metodiky pro měření drsnosti DTD jsem se částečně řídil normami ČSN 49 2609:1979 a ČSN 49 0169:1987. Nicméně od doby vzniku těchto norem došlo k výraznému vývoji technologie výroby DTD, a tím pádem ke zkvalitnění jejich povrchů, ale i k vývoji

měřících přístrojů, a proto některé údaje v těchto normách postrádají smysl. Zastaralé normy pro zjišťování drsnosti povrchu DTD zřejmě nejsou aktualizovány proto, že požadavek na drsnost povrchu DTD není normalizován. Normalizované požadavky na desky pro vnitřní vybavení pro použití v suchém prostředí jsou pevnost v ohybu, modul pružnosti v ohybu, rozlupčivost a přídržnost povrchu. Metody zkoušení těchto vlastností jsou normalizovány a aktualizovány.

## 1.2 Cíl práce

Cílem práce je návrh metodiky vstupní kontroly kvality povrchu dřevotřískových dílců určených pro nalakování vodou ředitelnými nátěrovými hmotami. V první části práce bude teoreticky rozebrána problematika nátěrových hmot, drsnosti povrchu a dřevotřískových desek. Na základě tohoto rozboru budou formulovány hypotézy, jejichž platnost či neplatnost bude nutno v praktické části práce ověřit, resp. vyvrátit. Budou posuzovány závislosti mezi drsností suchého, mokrého a nalakovaného<sup>1</sup> povrchu. Pokud bude prokázána závislost drsnosti povrchu DTD mezi jednotlivými stavy povrchu, bude na základě výsledků z experimentální části stanovena metodika vstupní kontroly kvality povrchu dřevotřískových desek pro výrobní závod firmy BJS Czech. Tato práce může rovněž přispět do problematiky hodnocení kvality povrchu DTD. Jak již bylo řečeno, problematice měření drsnosti povrchu aglomerovaných materiálů se výzkum v České republice nevěnuje, a proto může být práce v tomto ohledu přínosem a inspirací pro další autory.

---

<sup>1</sup> Dle normy ČSN EN 309:2005 používám termín „lakovaný“, popř. „nalakovaný“ povrch bez ohledu na druh NH. NH, která byla použita pro PÚ vzorků v této práci je přesně popsána v kapitole 3.2.2.

## **2 Teoretický rozbor problematiky**

### **2.1 Dřevotřískové desky**

Dřevotřískové desky jsou definovány normou ČSN EN 309:2005 jako desky na bázi dřeva vyrobené slisováním a ohřevem částic dřeva (tríssek, hoblin, pilin apod.) s přídavkem polymerního lepidla. Dřevotřískové desky jsou nejrozšířenějšími a nejpoužívanějšími aglomerovanými materiály. Spojují výhody dřeva, jako izolační vlastnosti, ekologickou nenáročnost a snadnou obrobitelnost, a zároveň do jisté míry redukuje některé jeho nedostatky jako heterogenitu a anizotropii. Z nekvalitní dřevní hmoty lze navíc vyrobit velmi kvalitní produkty. Výrobou DTD z dřevní hmoty se rovněž tato hmota efektivněji využívá (Böhm, Reisner, Bomba 2012; ČSN EN 309:2005).

#### **2.1.1 Technologie výroby DTD**

##### **2.1.1.1 Dřevní surovina**

Nejvhodnější surovinou pro výrobu dřevotřískových desek jsou jehličnaté a měkké listnaté dřeviny. Díky nízké hustotě těchto dřevin má i vyrobená deska nižší hustotu. Pro výrobu DTD se ale používají, zejména kvůli dostupnosti a z ekonomických důvodů, i jiné dřeviny, např. buk, dub, habr, jasan, akát. Dřevní surovina je dodávána ve formě tenkých sortimentů z prořezávek a probírek, vlákninového dříví – kuláče a štěpiny, štěpek z pilařských agregátů, pilařských a jiných průmyslových zbytků, těžebních nebo truhlářských zbytků a ve formě recyklovaného dřeva. Dřevní surovina je skladována ve venkovních nekrytých skládkách. Zvýšená vlhkost není na závadu, protože při procesu roztřískování je ideální relativní vlhkost dřevní hmoty 40 – 50%. Při této vlhkosti je minimalizována spotřeba elektrické energie, opotřebení nožů a tvorba prachu (Hrázský, Král 2007).

##### **2.1.1.2 Odkorňování**

Přítomnost kůry na dřevní hmotě má negativní vliv na životnost ostří nástrojů v roztřískovacích strojích. Dále u vícevrstvých DTD by v povrchových vrstvách neměla být obsažena kůra. Její přítomnost negativně ovlivňuje kvalitu povrchové úpravy a fyzikální a mechanické vlastnosti DTD. Ve střední vrstvě DTD může být obsaženo až 20 hmotnostních procent kůry. Tato příměs pozitivně ovlivní výrobní náklady a zároveň zhoršení fyzikálních a mechanických vlastností desky je v přijatelných mezích. Z těchto důvodů se vlákninové dříví a tyčovina odkorňuje a

jsou použity na výrobu třísek pro povrchové vrstvy. Naopak sortimenty, které nelze odkornit, se používají pro výrobu třísek do středních vrstev. V průmyslové výrobě jsou používány mechanické odkorňovače – bubnové, rotorové nebo frézovací, případně lze použít hydraulické odkorňovače – tryskové (Hrázský, Král 2007; Štefka 2002).

### **2.1.1.3 Výroba třísek**

Třísky lze vyrábět přímo ze vstupní suroviny v podobě kulatiny diskovými nožovými roztřískovači nebo frézovacími roztřískovači (válcové nebo kotoučové). Společným znakem těchto roztřískovačů je tangenciální model řezání. Vzniká lístková tříska, která se používá do povrchových vrstev vícevrstevých DTD. Prstencovými roztřískovači se vyrábí jehlicovité třísky, které se používají do vnitřních vrstev vícevrstevých DTD. Vstupní surovinou do těchto roztřískovačů je štěpka. Štěpka se nakupuje nebo vyrábí z dřevní hmoty diskovými nebo bubnovými sekačkami (Hrázský, Král 2007).

### **2.1.1.4 Sušení a skladování třísek**

Třísky se suší v bubnových nebo tryskových sušárnách vytápěných spalinami (zemního plynu, topného oleje, dřevního prachu). Třísky pro povrchové vrstvy se suší na vlhkost 3 – 5%, třísky pro střední vrstvu na vlhkost 2 – 3%. Vyšší vlhkost třísek vede k vyšším energetickým nárokům na lisovací cyklus a vlivem unikající páry může způsobit vznik puchýřů nebo trhlin během lisování. Vyšší vlhkost třísek rovněž způsobuje vyšší rozlupčivost vyrobených desek. Nižší vlhkost třísek způsobuje drsnější povrch desky a zpomaluje během lisování prostup tepla deskou, a tím pádem nedostatečné vytvrzení lepidla. Lístkové a jehlicovité třísky se suší společně (Hrázský, Král 2007).

Během výrobního procesu je nutné třísky skladovat. Třísky se skladují v horizontálních nebo vertikálních zásobnících. Horizontální zásobníky jsou nízkoobjemové, do 50 m<sup>3</sup> a používají se pro krátkodobé skladování třísek s nanesenou lepicí směsí. Velká výhoda horizontálních zásobníků spočívá v tom, že se v nich netvoří klenby a dodávka třísek ze zásobníku je rovnoměrná. Vertikální zásobníky jsou velkoobjemové, jejich kapacita je až 1000 m<sup>3</sup> a používají se pro skladování suchých nebo mokrých třísek. Vlivem vlastní hmotnosti třísek dochází

k jejich zhušťování a v zásobníku se mohou vytvořit klenby, které znemožňují odběr třísek ze zásobníku (Hrázský, Král 2007).

Kvůli riziku vzniku výbuchů nebo požárů během sušení a skladování třísek musí být sušící komory a skladovací zásobníky opatřeny bezpečnostními prvky a do procesu sušení jsou zařazeny kontrolní a bezpečnostní mechanismy. Zásobníky a sušící komory jsou opatřeny protitlakovými membránami, v sušících komorách jsou instalovány hlásiče jisker, dýmu nebo zvýšeného obsahu kyslíku a samozřejmě automatická hasicí zařízení. Aby nedocházelo k přehřívání třísek, musí být regulován přívod tepla do sušárny s možností okamžitého zastavení přívodu tepla při výpadku dodávky mokrých třísek (Hrázský, Král 2007).

#### **2.1.1.5 Třídění a domílání třísek**

Vysušené třísky se třídí na vibračních sítích v kombinaci s tříděním ve vznosu. Tato kombinace je volena proto, že síťové třídiče jsou schopny roztrždit třísky pouze podle plošných rozměrů a tříděním ve vzdušném proudu se třísky roztrždí podle tloušťky. Jsou tříděny 4 frakce – mikrotřísky pro povrchové vrstvy dřevotřískových desek pro nábytkářské účely (DTD s uzavřeným povrchem), třísky pro středové vrstvy, jemná frakce (dřevní prach, který je spalován), hrubá frakce. Hrubá frakce je dále domílána v domílacích mlýnech. Produktem domílání jsou mikrotřísky, které se mohou přidávat k třískám do středové nebo povrchové vrstvy a dřevní prach (Hrázský, Král 2007).

#### **2.1.1.6 Lepidla**

Složení lepicí směsi závisí na tom, jaké vlastnosti jsou požadovány od vyráběné desky. Obecně lze říci, že lepicí směs sestává z vlastního lepidla, tvrdidla, hydrofobizačního prostředku a ostatních aditiv. V případě DTD P2 pro nábytkářské účely je lepidlo močovinoformaldehydová pryskyřice a tvrdidlem je sůl, která sníží pH lepicí směsi tak, aby proběhlo vytvrzení (např. chlorid amonný, síran hlinitý). Jako hydrofobizační prostředek se používá parafinová emulze, která se vyrábí z vody, parafinu a emulgačního činidla. Ostatní aditiva mohou být retardéry hoření, fungicidní nebo biocidní prostředky (Hrázský, Král 2007).

#### **2.1.1.7 Nanášení lepicí směsi**

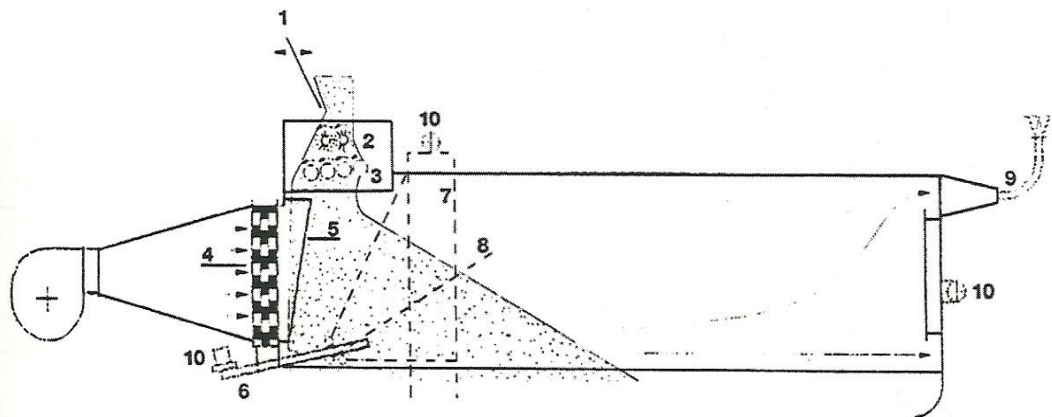
Nános lepicí směsi na 1 m<sup>2</sup> se pohybuje od 0,72 do 27,2 g (průměrně 9% z hmotnosti absolutně suchých třísek). Z uvedených čísel plyne, že na velký vnitřní



povrch třísek je naneseo malé množství lepidla. Proto musí být zajištěn rovnoměrný nános lepidla na všech třískách. Lepicí směs je nanášena speciálními nanášečkami ve tvaru dutých válců, ve kterých jsou spirálovitě umístěny lopatky pro posun a míchání třísek. Ve válci jsou dále rozmístěny trysky přivádějící lepicí směs. Ústí trysek jsou rozmístěna tak, aby pokryla celý poloměr válce (Hrázský, Král 2007).

### 2.1.1.8 Vrstvení třískového koberce

Třískový koberec je vrstven pomocí vrstvicího zařízení, které se skládá z dávkovacího zásobníku a vrstvicí hlavy. Vrstvicí hlavy mohou vrstvit třísky třemi způsoby – volným pádem, vrhacími válci nebo pneumaticky. Pneumatické vrstvení je používáno pro vrstvení mikrotřísek do povrchových vrstev dřevotřískových desek s hladkým povrchem. Schéma pneumatické vrstvičky je zobrazeno na obrázku 1.

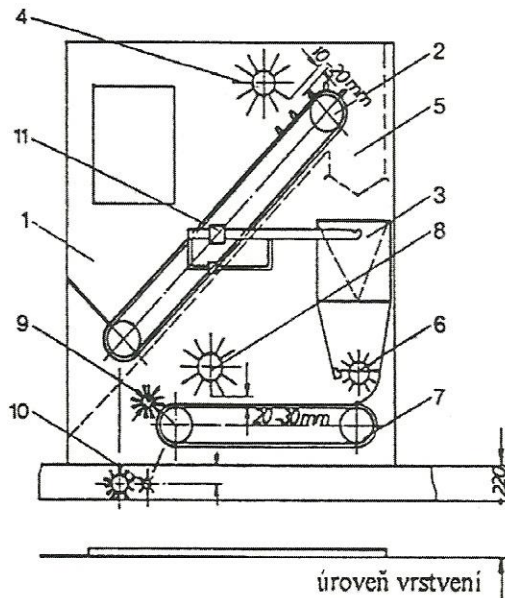


**Obrázek 1** Pneumatická vrstvička, zdroj: Hrázský, Král 2007

- 1 – podávací klapka, 2 – rozvolňovací válec, 3 – vynášecí válec, 4 – difusor s registrem, 5 – vodící plechy, 6 – síto pro odstraňování lepidlových shluků, 7 – síta na vzdušné třídění třísek, 8 – rozvolňovací síta, 9 – odsávání, 10 – vibrátor

Třísky prochází přes rozvolňovací válce, aby došlo k rozrušení jejich shluků a propadávají mezi vodící plechy, odkud jsou unášeny vzduchem. Jak je na obrázku naznačeno, lehčí třísky dopadnou dál, než ty těžší. Tímto je zaručeno, že na povrchu budou nejjemnější třísky. Hrubší třísky propadávají na unášecí pás přes další rozvolňovací prvek – rozvolňovací síta. Rychlost proudění vzduchu a geometrie jednotlivých prvků jsou voleny tak, aby se na rozvolňovacích sítích tvořilo turbulentní proudění, a tím docházelo k rovnoměrnému rozmístění třísek. Ve vrstvičce mohou být zrcadlově instalovány dvě pneumatické vrstvicí hlavy. Touto

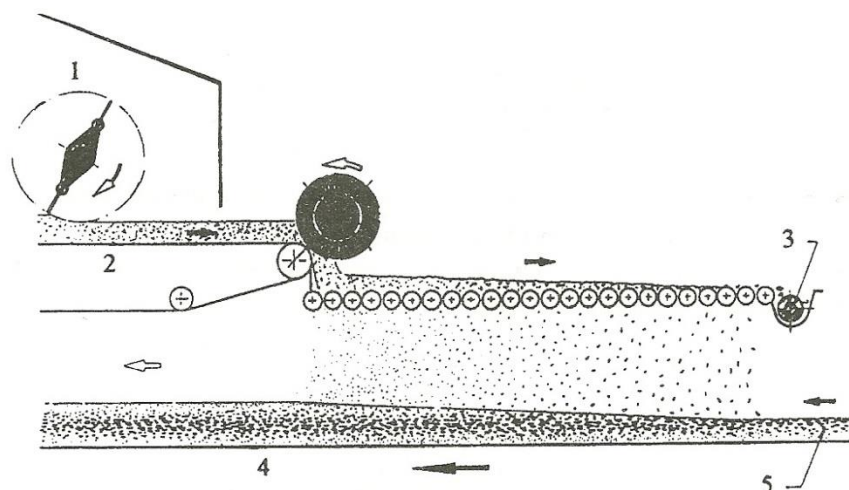
kombinací lze dosáhnout navrstvení třískového koberce jedním průchodem a vznikne třískový koberec s plynulým přechodem vrstev. Pro vrstvení třísek do středových vrstev se používá vrstvička s vrhacími válci, která je zobrazena na obrázku 2.



**Obrázek 2** Vrstvička s vrhacími válci, zdroj: Hrázský, Král 2007

1 – plnicí prostor, 2 – vynášecí dopravník, 3 – taktová váha, 4 – egalizační válec, 5 – zásobníkový prostor, 6 – rozdělovací válec, 7 – spodní dopravní pás, 8 – egalizační válec, 9 – shazovací válec, 10 – vahadlový spínač

Třísky padají z vynášecího dopravníku na taktovou váhu. Podle sypané hmotnosti třísek je regulována rychlost plnění vah a rychlost dopravního pásu. Třísky dále padají na spodní dopravní pás kde je jejich vrstva regulována egalizačním válcem a shazovacím válcem jsou shazovány na válce vrstvicí. Princip vrstvení třísek volným pádem je znázorněn na obrázku 3.



**Obrázek 3 Vrstvení volným pádem, zdroj: Štefka 2002**

1 – vyrovnávací válec, 2 – pásový dopravník, 3 – sběrný dopravník velkých částic, 4, 5 – vrstvení koberce a směr pohybu pásu

Třísky jsou dopravovány na soustavu otáčejících se rýhovaných válečků. Rozestup válečků se postupně zvětšuje, čímž se docílí třídícího efektu. Nadměrně velké částice nebo shluky doputují až do sběrného dopravníku. Tímto vrstvicím systémem se dosahuje třískového koberce s plynulým přechodem vrstev, bez nežádoucích částic a s tenkou povrchovou vrstvou. Obecně musí vrstvicí zařízení pracovat s takovou přesností, aby rozptyl plošné hmotnosti v rámci jedné desky byl maximálně 3,5% a mezi jednotlivými deskami 3%. Dále musí být dodržen úhel ukládání třísek – úhel mezi podélnou osou třísky a vodorovným směrem (Hrázský, Král 2007).

### 2.1.1.9 Lisování

Třískový koberec je unášecím pásem dopraven do kontinuálního nebo diskontinuálního předlisu, kde se za studena předlisuje při tlaku 1,0 – 3,5 MPa. Vlastní lisování probíhá v etážových nebo kontinuálních lisech za teploty 145 – 230°C a tlaku do 4 MPa. Topné desky lisů mohou být vyhřívány párou, vodou nebo olejem. Při lisování třískového koberce dojde k jeho stlačení na stanovenou tloušťku (hustotu), prohřátí na požadovanou teplotu spojené s vytvrzením lepidla a odpaření vody. Třískový koberec je postupně zhušťován a za spolupůsobení teploty a páry dochází k plastifikaci jednotlivých dřevních elementů, čímž je lze lépe a rychleji stlačit. Pro urychlení prostupu tepla z povrchových vrstev do vnitřních lze použít parní náraz nebo parní injektáž. Oba způsoby vedou k zvýšení teploty a vlhkosti třísek, a navíc s vyšší vlhkostí třísek dochází k rychlejšímu prostupu tepla. Použití

parní injektáže při lisování desek s velkou tloušťkou podstatně zkrátí lisovací čas, dosahuje se vyrovnaného hustotního profilu a nižší spotřeby energie. Zrychlení prohřívání třískového koberce lze dosáhnout i použitím mikrovlnného předhřevu. Proces lisování tedy ovlivňují zejména lisovací tlak a teplota, lisovací čas a rychlost uzavírání lisu. Tyto technologické faktory jsou nastaveny podle technologie výroby, podle požadovaných vlastností třískové desky. V současné době používání víceetážových lisů ustupuje na úkor nástupu kontinuálních lisů. Kontinuální lisy umožňují přesnější a variabilnější nastavení lisovacích faktorů, jejich životnost je delší a náklady na údržbu nižší než u etážových lisů. Rovněž se s nimi dosahuje vyšší kvality desek a větší ekonomické efektivity (Hrázský, Král 2007; Štefka 2002).

#### **2.1.1.10 Dokončování třískových desek**

Vylisované třískové desky mají v průřezu velký teplotní a vlhkostní spád. Desky se ihned po vylisování chladí v hvězdicovitých turniketech na teplotu minimálně 70°C. Chlazení však nesmí proběhnout příliš rychle, aby nedošlo ke vzniku vnitřního napětí nebo vnitřních trhlin. Současně s teplotním spádem se vyrovnává i vlhkostní spád. Vyrovnávání vlhkostního spádu ale probíhá pomaleji, a proto se desky musí před tloušťkovou egalizací ještě 4 – 5 dní kondicionovat v hraních. Pokud by proběhla tloušťková egalizace ještě před vyrovnáním vlhkostního spádu, došlo by následně k zhoršení povrchu a změně tloušťky desky. Omítání může ve výrobním procesu následovat po kondicionování nebo před ním. Desky se omítají na kotoučových omítacích pilách nebo se okraje odfrézovávají. Po omítání následuje formátování na přesný výrobní formát. Kvůli teplotní degradaci lepidla a kvůli tomu, že lepidlo vlivem vysoké teploty na povrchu desky vytvrdne rychleji, než dojde k potřebnému stlačení, je povrch desky po vylisování nekvalitní (porézní a nesoudržný). Proto jsou desky vylisovány s tloušťkovou nadmírou a následně tloušťkově egalizovány. Broušení probíhá pomocí širokopásových a příčně zařazených pásových brusek. Zrnitost brusného papíru pro tloušťkovou egalizaci se používá 40 – 80 a pro jemné broušení 120 – 150. Po broušení se desky třídí a před expedicí skladují při teplotách 15 – 25°C a relativní vlhkosti vzduchu 45 – 55% (Hrázský, Král 2007; Štefka 2002).

## 2.1.2 Druhy DTD

Dřevotřískové desky je možné klasifikovat podle mnoha kritérií. V normě ČSN EN 309:2005 je uvedeno dělení DTD podle procesu výroby, stavu povrchu, tvaru, velikosti a tvaru částic, struktury desky a podle použití (tabulka 1).

**Tabulka 1 Klasifikace DTD**

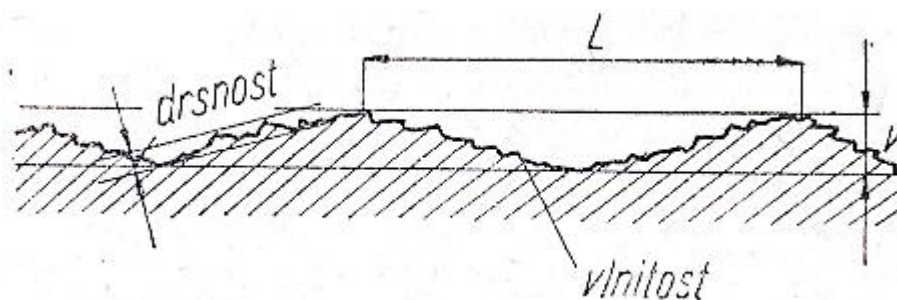
<b>Kritérium klasifikace</b>	<b>Druhy</b>
Proces výroby	Plošně lisované Kalendrované Výtlačně lisované Plné Odlehčené
Stav povrchu	Surové (nebroušené) Broušené nebo frézované Lakované (tekutými prostředky, např. barvou) Povrchově upravené lisováním tuhého materiálu
Tvar	Ploché S profilovaným povrchem S profilovanými boky
Velikost a tvar částic	Třískové desky Desky z jiných částic (např. z pazdeří)
Struktura desky	Jednovrstvé Vícevrstvé Desky s plynulým přechodem vrstev
Použití	Desky pro všeobecné účely pro použití v suchém prostředí Desky pro vnitřní vybavení (včetně nábytku) pro použití v suchém prostředí Nenosné desky pro použití ve vlhkém prostředí Nosné desky pro použití v suchém prostředí Nosné desky pro použití ve vlhkém prostředí Zvlášť zatížitelné nosné desky pro použití v suchém prostředí Zvlášť zatížitelné desky pro použití ve vlhkém prostředí

## 2.2 Drsnost povrchu

### 2.2.1 Základní pojmy a definice

Popisujeme-li povrch tělesa, můžeme rozlišovat následující pojmy. Skutečný povrch je povrch ohraničující povrch obrobku od okolního prostředí. Jmenovitý povrch je ideální povrch, tvoří ho geometrické plochy. Základní povrch je povrch, od kterého se vyhodnocují veličiny drsnosti povrchu a má tvar jmenovitého povrchu. Jeho poloha odpovídá obecnému směru skutečného povrchu v prostoru (Bumbálek, Odvody, Ošťádal 1989).

Nerovnosti povrchu se projevují jako vlnitost nebo jako drsnost. Vlnitost je nerovnost, která se v kolmém řezu k povrchu zobrazí jako pravidelná vlnovka, jejíž délka  $L$  je větší, než maximální hloubka  $v$ . Drsnost povrchu je definována jako rozměrově nepatrné nepravidelnosti povrchu (obrázek 4). Rozměry těchto nepravidelností (vyvýšeniny, prohlubeniny, důlky, rýhy) mohou být až mikrometry. Tyto nepravidelnosti se jeví v kolmém řezu k povrchu jako pravidelné nebo nepravidelné stopy po břitech nástrojů, brusných zrnech, apod. Drsnost obrobeného povrchu je různá podle způsobu opracování a druhu nástroje, podle tvaru nástroje, tvaru jeho břitu a jeho kvality, podle řezných podmínek, podle materiálu obrobku i nástroje a podle tuhosti systému stroj – obrobek – nástroj. Při obrábění jednobřítým (popř. i několikabřítým) nástrojem s pravidelným posuvem je i drsnost pravidelná. Při obrábění mnohobřítým nástrojem (brusný papír, pilník) a tam, kde se dráha nástroje kříží nebo překrývá (lapování), vzniká drsnost nepravidelná. V dřevařském průmyslu je drsnost zapříčiněna vytrháním vláken, chlupatostí, vlnkami způsobenými nástrojem a stopami po dřevoobráběcích nástrojích, stavbou dřeva, popř. materiálů na bázi dřeva (Dostál 1962; ČSN 49 0211:1988).



Obrázek 4 Vlnitost a drsnost povrchu, zdroj: Dostál 1962

Profil povrchu je průsečnice skutečného povrchu a roviny kolmé k tomuto povrchu (lze provést i šikmý řez). Profil povrchu se zobrazuje profilogramy v různých zvětšeních. Pro názornost a praktičnost je vertikální zvětšení větší než horizontální. Základní čára je geometrická křivka, ke které se stanovují veličiny drsnosti povrchu. V praxi je tato čára ztotožněna se střední čarou profilu, která má tvar jmenovitého profilu a rozděluje skutečný profil povrchu tak, že platí:

$$\int_0^l y^2 dx = \min$$

Tedy, že v rozsahu základní délky je součet druhých mocnin úchylek profilu od této čáry nejmenší. Dále se definuje střední aritmetická čára profilu jako čára, která má rovněž tvar jmenovitého profilu, je rovnoběžná se směrem skutečného profilu a rozděluje ho tak, že v rozsahu základní délky jsou si součty ploch po obou stranách této čáry rovné, tedy:

$$\sum_{i=1}^n S_i = \sum_{i=1}^n S'_i$$

Základní délka  $l_r$  je definována jako délka základní čáry užívaná pro oddělení nerovností charakterizujících drsnost povrchu od jiných geometrických úchylek (vlnitost, úchylka tvaru). Při měření drsnosti povrchu je nezbytné, aby hodnoty veličin drsnosti povrchu nebyly zkresleny nerovnostmi s větší roztečí. K tomu slouží filtr profilu, který rozděluje profil na dlouhovlnné a krátkovlnné složky (Bumbálek, Odvody, Ošťádal 1989).

Výstupek profilu je část posuzovaného profilu nad základní čarou, spojuje dva průsečíky profilu se základní čarou. Obdobně můžeme definovat prohlubeň profilu jako část profilu pod základní čarou. Prvek profilu je potom výstupek profilu s přílehlou prohlubní a šířka prvku profilu je definována jako délka úseku základní čáry protínající prvek profilu. Hodnota pořadnice je výška posuzovaného profilu v libovolné poloze  $x$ . Je-li pořadnice pod osou  $x$ , výška se považuje za zápornou (ČSN EN ISO 4287:1999).

### 2.2.2 Charakteristiky struktury povrchu (ČSN EN ISO 4287:1999)

Neexistuje jedna veličina, která by jednoznačně popsala strukturu povrchu. Pro ucelenou představu o daném povrchu je vždy potřeba zjistit více parametrů. Charakteristik struktury povrchu je velké množství a každá má své výhody a

nevýhody. Podám zde přehled pouze normalizovaných charakteristik. Základní charakteristiky drsnosti povrchu jsou nyní definovány normou ČSN EN ISO 4287:1999. Tato norma definuje následující parametry.

### 2.2.2.1 Výškové parametry (výstupky a prohlubně)

Největší výška výstupku profilu  $R_p$  je výška nejvyššího výstupku profilu v rozsahu základní délky.

Největší hloubka prohlubně profilu  $R_v$  je hloubka nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky.

Největší výška profilu  $R_z$  je součet výšky nejvyššího výstupku profilu a hloubky nejnižší prohlubně profilu v rozsahu základní délky a celková výška profilu  $R_t$  je součet výšky nejvyššího výstupku profilu a hloubky nejnižší prohlubně profilu v rozsahu vyhodnocované délky.

Průměrná výška prvků profilu  $R_c$  je průměrná hodnota výšek prvků profilu v rozsahu základní délky.

$$R_c = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Z t_i$$

kde  $Zt$  je výška prvku profilu a  $m$  je počet prvků profilu.

Je zřejmé, že první čtyři parametry mají jako míra drsnosti povrchu poměrně malý význam. Například jedna hlubší rýha u hladkého broušeného povrchu ovlivní tyto hodnoty a tím i názor na celkovou drsnost. V praxi se při určování těchto parametrů mnohdy na náhodné extrémní hodnoty nebere zřetel. Takto zjištěné hodnoty neodpovídají definici, ale více se přibližují reálným hodnotám komplexního posouzení drsnosti povrchu. Charakteristika  $R_c$  je vhodná pro měření velmi drsných profilů, kde není možno použít běžné přístroje. (Bumbálek, Odvody, Ošťádal 1989)

### 2.2.2.2 Výškové parametry (průměrné hodnoty pořadnic)

Průměrná aritmetická úchylka profilu  $R_a$  je definována jako aritmetický průměr absolutních hodnot pořadnic v rozsahu základní délky, tedy:

$$R_a = \frac{1}{lr} \int_0^{lr} |y(x)| dx$$

kde  $y(x)$  je funkce popisující profil a  $lr$  základní délka.



Průměrná aritmetická úchylka profilu je přednostní výšková charakteristika drsnosti profilu, avšak nehodí se k posuzování členitých, pórovitých nebo rýhami porušených povrchů. Geometricky se **Ra** interpretuje jako výška obdélníku sestrojeného nad základní čarou, tento obdélník zaujímá stejnou plochu, jako ohraničuje profil povrchu (Bumbálek, Odvody, Ošťádal 1989).

Průměrnou kvadratickou úchylku profilu **Rq** definuje norma jako kvadratický průměr hodnot pořadnic v rozsahu základní délky, tedy:

$$Rq = \sqrt{\frac{1}{lr} \int_0^{lr} y^2(x) dx}$$

Díky druhé mocnině hodnot pořadnic dokáže **Rq** citlivěji zachytit úchylky od homogenního povrchu profilu. Přibližný vztah mezi **Ra** a **Rq** se uvádí jako  $Rq \approx 1,1 Ra$ . Uvažujeme-li však nepřesnosti měření a odchylky způsobené výběrem jiného místa měření, můžeme říci, že **Ra** a **Rq** si jsou prakticky rovnocenné. Konstanta mezi **Ra** a **Rq** však závisí na profilu povrchu, v extrémních případech může nabýt hodnoty až 1,5 (Bumbálek, Odvody, Ošťádal 1989).

Šikmost profilu **Rsk** definujeme vztahem:

$$Rsk = \frac{1}{Rq^3} \frac{1}{lr} \int_0^{lr} |y^3(x)| dx$$

Špičatost profilu **Rku** je definována vztahem:

$$Rku = \frac{1}{Rq^2} \frac{1}{lr} \int_0^{lr} y^4(x) dx$$

Poslední dva parametry jsou silně ovlivněny ojedinělými výstupky nebo prohlubněmi.

### 2.2.2.3 Délkové parametry

Průměrná šířka prvků profilu **RSm** je aritmetický průměr šířek prvků profilu v rozsahu základní délky:

$$RSm = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m Xs_i$$

kde **Xs** je šířka prvků profilu. **RSm** slouží pro délkové hodnocení drsnosti povrchu, zvláště pro zhodnocení základní periodické složky profilu (Bumbálek, Odvody, Ošťádal 1989).

#### 2.2.2.4 Tvarové parametry

Průměrný kvadratický sklon profilu  $R\Delta q$  umožňuje další klasifikaci povrchů

například se stejnou  $Ra$ .

$$R\Delta q = \sqrt{\frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} \left(\frac{dy}{dx}\right)^2 dx}$$

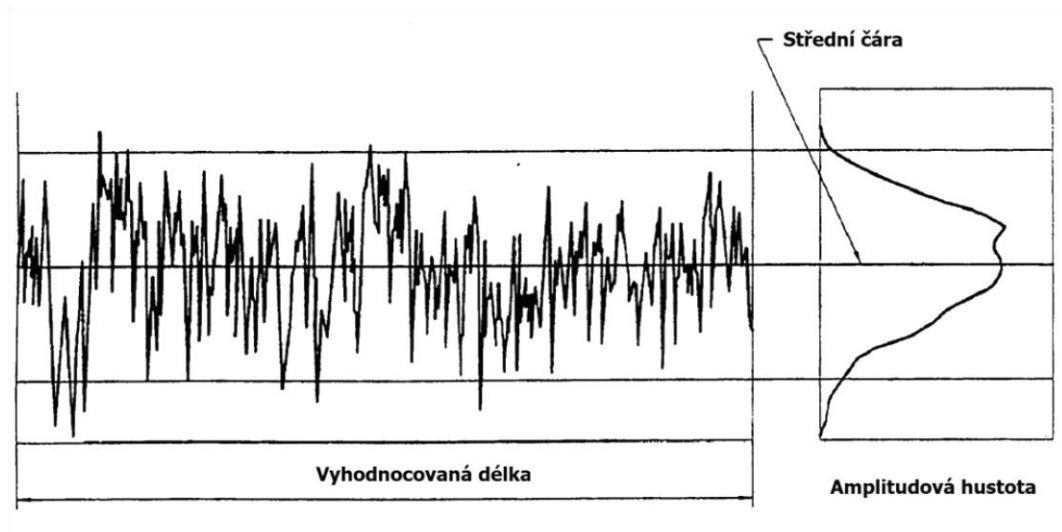
#### 2.2.2.5 Křivky a odpovídající parametry

Materiálový poměr profilu  $Rmr(c)$  je poměr délky materiálu elementů profilu v určité hladině  $c$ , k vyhodnocované délce  $ln$ . Lze jej také stanovovat k základní délce.

$$Rmr(c) = \frac{Ml(c)}{ln}$$

Pouze jedna hodnota  $Rmr$  nestačí pro zhodnocení tvaru profilu, protože lze dosáhnout stejných hodnot  $Rmr$  na dané hladině  $c$  pro různé profily. Proto se zavádí křivka materiálového poměru profilu, což je křivka představující materiálový poměr profilu v závislosti na hladině  $c$  (Bumbálek, Odvody, Ošťádal 1989).

Empirické rozdělení výšek profilu je definováno jako hustota pravděpodobnosti výskytu pořadnic v rozsahu vyhodnocované délky a příklad je znázorněn na obrázku 5.



Obrázek 5 Empirické rozdělení výšek profilu, zdroj: ČSN EN ISO 4287:1999

#### 2.2.3 Hodnocení drsnosti povrchu

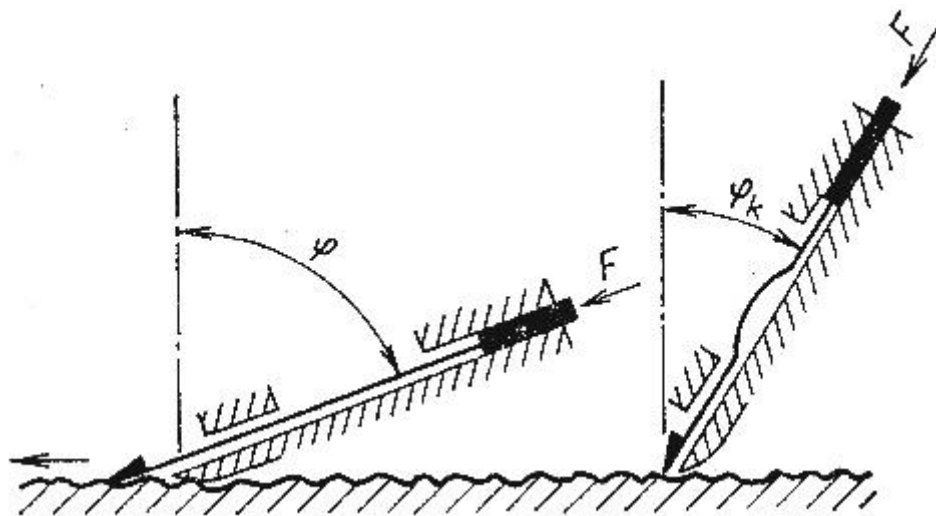
Rozdělení různých způsobů posuzování drsnosti povrchu, které dále rozebírám, je graficky zobrazeno v příloze 1.

### 2.2.3.1 Kvalitativní hodnocení

Kvalitativním hodnocením se rozumí hodnocení povrchu hmatem a zrakem, pracovník může odhadovat drsnost povrchu buď přímo, a nebo na základě porovnání zkoumaného povrchu s porovnávacími vzorky. Je zřejmé, že toto hodnocení je značně subjektivní a nepřesné. Jeho předností je rychlost vyhodnocení a v porovnání s jinými měřicími přístroji nízké pořizovací náklady na vzorkovnice nebo pomůcky. Pro zvyšování přesnosti vizuálního posuzování povrchu se používají lupy a mikroskopy s vrchním osvětlením. Maximální přesnost, které lze při pozorování zrakem dosáhnout je  $1 \mu\text{m}$  a uvádí se, že cvičeným hmatem lze rozlišit dva povrchy o rozdílné drsnosti až  $R_a = 0,1 \mu\text{m}$ . Tyto hodnoty jsou v praxi ale zhoršovány stářím povrchu a rozdílným materiálem, tvarem, barvou a leskem porovnávacích vzorků. Proto se vyrábí porovnávací vzorky různého tvaru a z různých materiálů. Tento druh hodnocení se používá ve strojírenství, kde není potřeba znát přesnou hodnotu parametrů drsnosti povrchu, ale je potřeba povrch zařadit do skupiny s nejhorší dovolenou drsností (Bumbálek, Odvody, Ošťádal 1989; Dostál, 1962).

### 2.2.3.2 Kvantitativní hodnocení

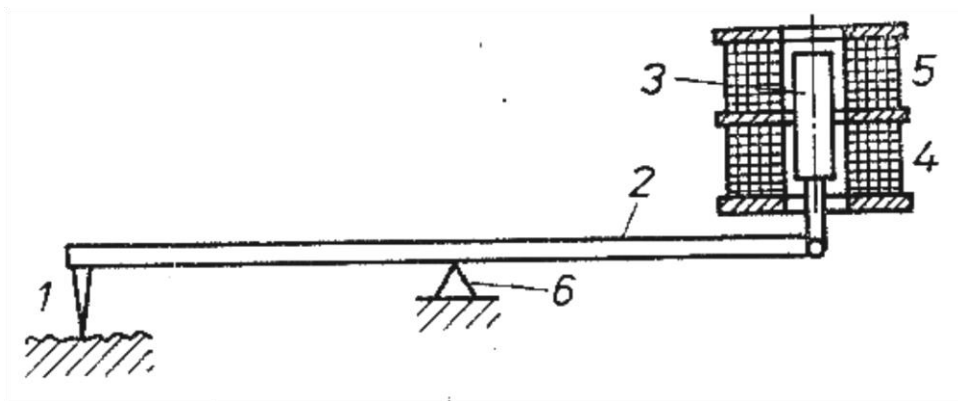
Přístroje zvané komparátory mohou tvořit určitý přechod mezi kvalitativním a kvantitativním hodnocením drsnosti povrchu. Pomocí těchto přístrojů lze porovnat povrch vzorový se zkoumaným a navíc lze vyčíslit rozdíl drsnosti mezi těmito povrchy. Princip funkce mechanického komparátoru je na obrázku 6.



Obrázek 6 Princip mechanického komparátoru, zdroj: Bumbálek, Odvody, Ošťádal 1989

Na planžetu, která je zakončena dotykovým hrotem, se působí konstantní silou. Při velkém naklonění planžety dotykový hrot po povrchu klouže, zmenšujeme-li úhel odklonu planžety od svislice, dosáhneme kritického úhlu  $\varphi_k$ , kdy se planžeta prohne a tento úhel lze odečíst na stupnici. Při měření se nejprve seřídí přístroj na etalonu o podobné drsnosti, jako má zkoumaný povrch a následně se získaný kritický úhel porovná s kritickým úhlem zkoumaného povrchu. Kromě mechanických komparátorů existují i pneumatické, elektrické a fotoelektrické. Fotoelektrické komparátory se nazývají leskoměry (Bumbálek, Odvody, Ošťádal 1989).

Nejrozšířenější a zároveň velmi přesné přístroje pro měření drsnosti povrchu jsou dotykové přístroje s postupnou transformací profilu. Jejich společným znakem je dotykový hrot s velmi malým poloměrem zaoblení hrotu (řádově mikrometry), který se během měření pohybuje po zkoumaném vzorku konstantní rychlostí (popřípadě se může posouvat vzorek pod hrotem). Výstupky a prohlubně na povrchu vzorku způsobují pohyb dotykového hrotu ve vertikálním směru a tento pohyb je přes soustavu převodů, založených na různých fyzikálních principech, zvětšován a zaznamenáván. Pro zpracování pohybu měřicího hrotu mohou postačovat čistě mechanické nebo mechanicko-pneumatické či mechanicko-optické převody. V takovém případě je výstupem z měření profilogram, a abychom získali číselné hodnoty veličin drsnosti povrchu, je nutno profilogram dále zpracovat. Přístroje, jejichž výstupem je grafický záznam, se nazývají profilografy. Je-li výstupem grafický záznam i číselná hodnota charakteristiky drsnosti, musí přístroj pracovat na mechanicko-elektrickém principu. Takové přístroje nazýváme profiloměry. Mechanicko-elektrické profiloměry jsou jednoznačně nejpoužívanější přístroje pro hodnocení drsnosti povrchu. Na obrázku 7 je zobrazeno schéma elektroinduktivního snímače profilu s pohyblivým feromagnetickým jádrem.



**Obrázek 7** Schéma elektroinduktivního snímače, zdroj: Bumbálek, Odvody, Ošťádal 1989

1 – měřicí hrot, 2 – raménko, 3 – feromagnetické jádro, 4,5 – cívky, 6 – otočný bod

Měřicí hrot je pevně spojen s raménkem, které realizuje dvouramennou páku. Vertikální pohyb měřicího hrotu vyvolá prostřednictvím páky změnu polohy feromagnetického jádra v cívce. Pohyb feromagnetického jádra vyvolá změnu indukčnosti v elektrickém obvodu a tyto změny lze následně zpracovávat v elektronických obvodech. Dotykové profiloměry jsou přesné, citlivé, univerzální a jednoduché pro obsluhu. Vedle dotykových přístrojů s postupnou transformací profilu se vyvíjejí i bezdotykové přístroje s postupnou transformací profilu. Použití bezdotykového způsobu měření je nutné při měření drsnosti rychle se otáčejících těles (např. při obrábění) nebo pružných materiálů (Bumbálek, Odvody, Ošťádal 1989).

Šikmý mechanický řez je destruktivní metodou kvantitativního hodnocení drsnosti povrchu s okamžitou transformací povrchu. Tato metoda je velmi přesná, ale lze ji aplikovat prakticky jen v laboratorních podmínkách a jen na kovových předmětech. Princip spočívá v tom, že se zhotoví šikmý metalografický výbrus (řez) vzorku, přičemž výbrus musí být velmi jemný. Zároveň je nutno zkoumaný povrch galvanicky pokovovat nebo zalít do plastu, aby během broušení nedošlo k jeho deformaci. Výbrus lze pozorovat a měřit mikroskopem. Šířka nerovností zůstává v řezu nezměněná, výška nerovností se změní, ale při znalosti úhlu výbrusu ji lze dopočítat. Fotografii povrchu můžeme získat i nedestruktivní metodou, a to šikmým optickým řezem. Jedná se o metody interferenční, stínové a světelného šikmého řezu. Tyto metody využívají vlnových a optických vlastností světelného paprsku a jsou nejpřesnějšími metodami při měření drsnosti povrchu. Používají se

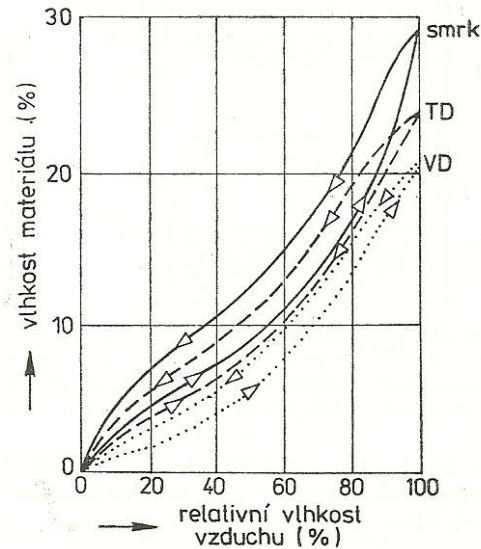
tam, kde již není možno použít dotykové profiloměry. Určitý poloměr zaoblení měřicího hrotu totiž při měření nerovností menších než 1  $\mu\text{m}$  podstatně zkresluje výsledky měření. Jedná se například o povrchy, které jsou dokončeny jemným broušením, superfinišováním a leštěním (Bumbálek, Odvody, Ošťádal 1989).

#### **2.2.4 Faktory ovlivňující drsnost povrchu DTD**

Faktory ovlivňující drsnost povrchu DTD bych mohl rozdělit do tří skupin. Faktory surovinové, technologické a podmínky prostředí, v němž je deska klimatizována. Nejdůležitějšími surovinovými faktory jsou druh a hustota dřeviny a velikost, geometrie a kvalita třísek. Mezi technologické faktory patří vlhkost dřevní suroviny, úhel vrstvení třísek, lisovací tlak, rychlost uzavírání lisu, tloušťka, na kterou je třískový koberec stlačen (out-of-press thickness), hustota povrchové vrstvy a broušení. Podle (Hiziroglu, Graham 1998) bylo při lisovacím času 36 sekund dosaženo méně drsnějšího povrchu, než při lisovacím času 45 sekund (po tloušťkové egalizaci stejným brusným papírem a za stálých ostatních faktorů). Obdobně bylo dosaženo drsnějšího povrchu při stlačení třískového koberce na tloušťku 17,9 mm, oproti stlačenému koberci na 18,2 mm (po tloušťkové egalizaci na stejnou tloušťku). Podle (Baharoğlu a kol. 2011) se drsnost povrchu DTD s rostoucí vlhkostí vstupní dřevní suroviny před roztřískováním od 20% do 60% snižuje a od 60% do 95% se opět zvyšuje (Baharoğlu a kol. 2011; Hiziroglu, Graham 1998; Hiziroglu, Suzuki 2007).

Vnější podmínky prostředí určují vlhkost materiálu. Vlhkost desky je ovlivněna relativní vlhkostí a teplotou vzduchu, popřípadě přímým stykem desky s vodou nebo jiným vlhkým materiálem. V intervalu vlhkosti od 0% do meze hygroscopicity se molekuly vody vážou vodíkovými můstky na volné hydroxilové skupiny amorfni části celulózy a hemicelulóz a tím dochází k oddalování fibrilární struktury. Dochází k nabobtnání třísek a z makroskopického hlediska jsou patrné rozměrové změny desky a zdrsnění povrchu. Zdrsnění povrchu prostým nabobtnáním třísek je ještě umocněno tím, že během broušení jsou některá vlákna zatlačena do povrchu desky a zůstávají nesbroušena. Tyto se potom vlivem zvýšení vlhkosti zvedají. Proces bobtnání a sesýchání DTD navíc není, na rozdíl od masivního dřeva, vratný. Při bobtnání třísek dojde k uvolnění stlačené struktury, která vznikla během lisování, a dojde k porušení lepených spojů mezi třískami. Při sesýchání zde už nepůsobí žádná síla, která by vrátila materiál do původní struktury. Další rozdílné vlhkovostní chování

mezi DTD a masivním dřevem spočívá v tom, že vlivem částečné plastifikace třísek během lisování a kvůli přítomnosti lepidla, popřípadě hydrofobizačních přísad, zaujme dřevotřísková deska při dané teplotě a relativní vlhkosti vzduchu nižší rovnovážnou vlhkost, než masivní dřevo. Tento fenomén je zobrazen na obrázku 8 (Čížek 1985; Gandelová, Horáček, Šlezingerová 2009; Liptáková, Sedliačik 1989).



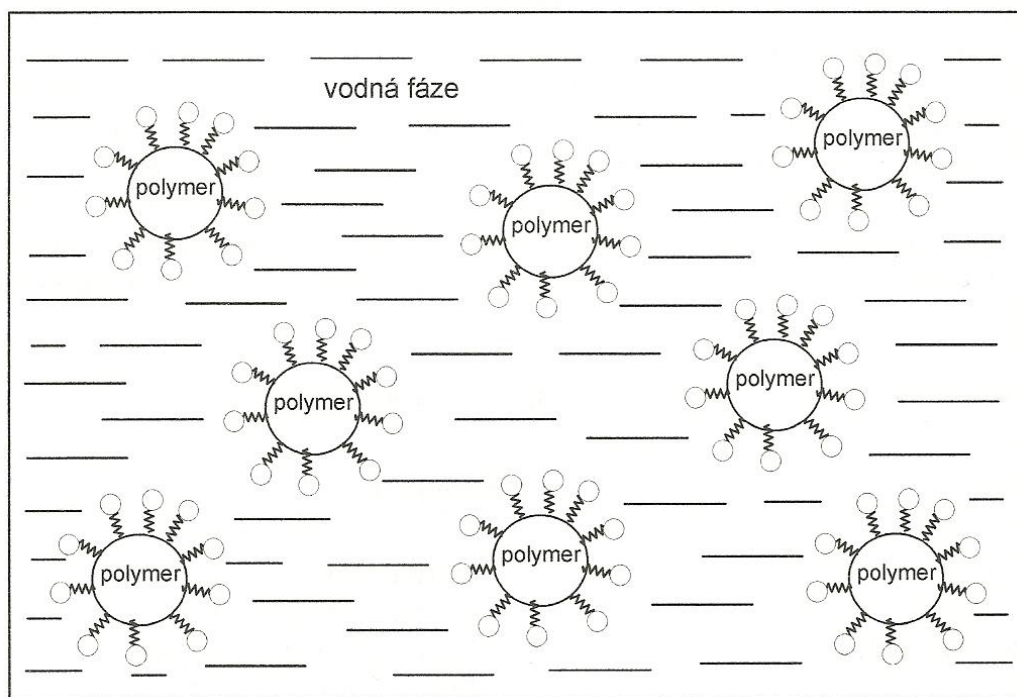
Obrázek 8 Rovnovážná vlhkost u jednotlivých materiálů, zdroj: Čížek 1985

## 2.3 Vodou ředitelné nátěrové hmoty

V minulosti se v nábytkářském průmyslu používaly pro dokončování povrchu nátěrovou hmotou nátěrové hmoty na bázi organických rozpouštědel. Kvůli vysokým emisím VOC (těkavé organické látky) jsou NH na bázi organických rozpouštědel nahrazovány vodou ředitelnými NH. Vytvrzené filmy z vodou ředitelných NH vykazují velmi dobré vlastnosti; mají vysokou odolnost vůči působení chemických látek a vody, velmi dobrou světlostálost, odolnost vůči oděru a mechanickému poškození a dobrou odolnost vůči povětrnosti. V současnosti jsou díky svým vlastnostem a různým možnostem zpracování (nanášení a vytvrzování) nejpoužívanější disperzní NH na bázi akrylátových pryskyřic (Hrázský, Král 2007).

### 2.3.1 Disperzní NH

Vodou ředitelné NH se vyrábí především ve formě vodných disperzí. Roztok filmotvorné látky je zde nahrazen disperzí polymeru ve vodě. Schéma dispergovaného polymeru ve vodní fázi je znázorněno na obrázku 9.



**Obrázek 9 Schéma polymerních částic ve vodním prostředí, zdroj: Kalendová, Kalenda 2004**

Tyto disperze se vyrábějí emulzní polymerací z monomerů za přítomnosti iniciátorů. Takto vzniklou disperzi je nutno stabilizovat. Pro stabilizaci se používají ochranné koloidy (polyvinylalkohol) nebo povrchově aktivní látky. Stabilizátor stabilizuje jednak emulzi monomeru ve vodě, ale i vznikající polymer. Velikost částic dispergovaného polymeru se pohybuje v rozmezí 0,05 – 1  $\mu\text{m}$ . Tvorba pevného filmu z disperze je komplikovanější proces, než tvorba filmu z roztoku. Při odpařování vody z nánosu NH se částice polymeru postupně přibližují a po překročení mezní vzdálenosti nastává flokulace a koalescence za vzniku souvislého filmu. Koalescence je však podmíněna teplotou, která musí být nad minimální filmotvornou teplotou (teplota, za které ještě vznikne z disperze ucelený film). Vysoká teplota není pro tvorbu filmu také vhodná, protože se voda odpařuje příliš rychle a může se vytvořit film s vadami. Tvorba filmu je dále ovlivněna vlhkostí okolního prostředí a pórovitostí substrátu. Během flokulace a koalescence jsou nízkomolekulární látky obsažené ve vodné disperzi absorbovány polymerem nebo jím jsou vytlačovány do kapes uvnitř filmu nebo na povrch, případně mohou polymerní částice obklopovat. Další drobnou nevýhodou některých typů disperzí může být nižší homogenita filmu kvůli různé velikosti částic polymeru. Složky disperzní NH můžeme rozdělit do následujících skupin (Kalendová, Kalenda 2004).



Disperze je tvořena disperzním prostředím, což je v našem případě voda a disperzním podílem, což je polymer. Použitý polymer (monomer) je rozhodující pro vlastnosti nátěru. Pro výrobu vodou ředitelných NH se používá polyvinylacetát a jeho kopolymery, styren-butadienové kopolymery, polyethylen a jeho kopolymery a pro venkovní nátěry a tmely akrylátové kopolymery. Přičemž akrylátové kopolymery jsou v dnešní době čím dál více využívány, zejména díky tomu, že se dají zpracovávat nejrůznějšími technologiemi (Dolejšková a kol. 2009; Kalendová, Kalenda 2004).

Pigmenty jsou různě barevné anorganické nebo organické látky nerozpustné v rozpouštědlu ani pojivu. Dávají NH odstín, fungují jako absorbéry UV záření nebo jako stíniče, přičemž světlo odrážejí nebo rozptylují (Hartman, Lukavský, Svoboda 1988; Kalendová, Kalenda 2004).

Plniva slouží k upravení mechanických vlastností NH, jsou většinou bílá nebo šedá a mají pouze nepatrnou kryvost, např. těživec, mastek, kaolín, křída, křemelina (Hartman, Lukavský, Svoboda 1988; Kalendová, Kalenda 2004).

Dispergační činidla umožňují smáčení pigmentů a plniv při přípravě pigmentové pasty a napomáhají smáčení natíraných povrchů, např. fosforečnany a soli polyakrylové kyseliny (Kalendová, Kalenda 2004).

Odpěňovací prostředek brání vzniku vzduchových bublin a rozrušuje je jak během přípravy disperze, tak při manipulaci s hotovou NH a při jejím nanášení. Pro vodné systémy se jako odpěňovače používají odpěňovací minerální oleje a silikonové odpěňovače (Kalendová, Kalenda 2004).

Záhustka upravuje vhodným způsobem reologické vlastnosti NH, zpomaluje sedimentaci pigmentů a plniv a zlepšuje roztíratelnost. Takto se používají např. polyurethany, methylcelulosa nebo z anorganických produktů bentonit a hektorit (Kalendová, Kalenda 2004).

Koalescent je organická kapalina, která snižuje minimální filmotvornou teplotu tím, že dočasně změkčí tvrdý polymer.

Mezi další aditiva, která se přidávají do disperzních směsí jsou regulátory pH, ochranné biocidní prostředky, které chrání NH před napadením plísněmi,

změkčovadla, prostředky pro zvýšení odolnosti proti mrazu atd. (Kalendová, Kalenda 2004).

Tvorba filmu z těchto disperzí může probíhat přidáním vnější složky, např. kondenzátů formaldehydu s fenolem, močovinou nebo melaminem. Tyto činidla totiž obsahují reaktivní methylové skupiny, které reagují s funkčními skupinami dispergovaného polymeru. Jednosložkové systémy mají v polymeru zabudovány *N*-methylové skupiny, které při dodané energii zapříčiní polymerizaci. Energie se dodává prostřednictvím tepla nebo ultrafialového záření. Pokud se při vytvrzování používá UV záření, musí disperze obsahovat ještě fotoiniciátory, které jsou schopné zachytit energii přenášenou UV zářením. Ozářený fotoiniciátor vytvoří volné radikály, které dále odstartují polymerizaci (Becker Acroma 2012; Kalendová, Kalenda 2004).

### **2.3.2 NH na bázi vodných roztoků filmotvorných látek**

Tyto roztoky se připravují z filmotvorných látek, které jsou rozpustné ve vodě, jedná se o kasein, albumin, methylcelulózu, klovatiny, ale i syntetické polymery jako polyvinylalkohol a anorganické látky, např. vodní sklo. Vodní sklo má význam při výrobě ohnivzdorných nátěrů. Pigmentované roztokové NH jsou potom suspenzí pigmentů a plniv ve vodném roztoku filmotvorných látek (Liptáková, Sedliačik 1989).

Existují i vodou ředitelné NH založené na bázi aminových solí pryskyřičných pojiv, které jsou rozpustné ve vodě. Rozpouštědlo je zde ze 70 – 80% tvořeno vodou a 20 – 30% tvoří organická rozpouštědla (alkoholy). Filmotvornou složku tvoří alkydové, polyesterové, epoxidové, akrylátové, aminové nebo fenolformaldehydové pryskyřice. Převažují zde fyzikálně schnoucí typy. Největší nevýhodou těchto NH oproti vodou ředitelným disperzím je fakt, že při dané sušině mají vyšší viskozitu. To znamená, že disperze umožňují získání NH o vyšší sušině než roztoky rozpouštědlových pryskyřic (Hartman, Lukavský, Svoboda 1988; Hrázský, Král 2007; Kalendová, Kalenda 2004).

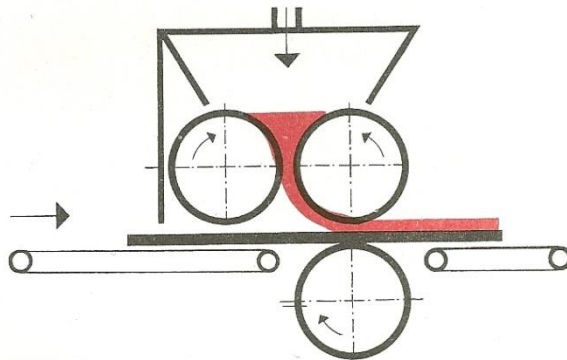
## 2.4 Povrchové úpravy DTD

### 2.4.1 Technologie nanášení NH

V průmyslové výrobě se pro nanášení nátěrových hmot na velkoplošné materiály, jako jsou DTD, osvědčilo zejména nanášení válcové neboli navalování a clonové polévání (Čížek 1985).

#### 2.4.1.1 Navalování

Nátěrové hmoty lze nanášet touto technologií na hladké a ploché dílce, používá se zejména pro základový nános při povrchové úpravě dých, dveří, DTD a DVD. Princip funkce navalovacího stroje je znázorněn na obrázku 10.



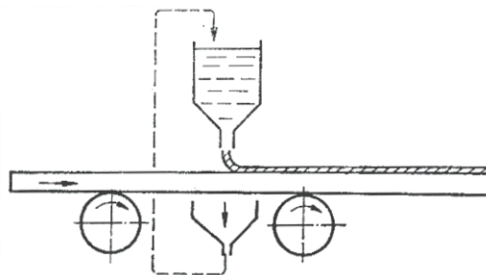
Obrázek 10 Princip funkce navalovacího stroje, zdroj: Lukavský, Bouška, Fiala 1993

Spodní vodící válec je vertikálně stavitelný podle tloušťky procházejícího dílce. Levý protiběžný válec se nazývá dávkovací a poslední válec nanášecí. Nátěrová hmota je čerpadlem přiváděna přímo do prostoru mezi válci. Přítlakem dávkovacího válce na nanášecí a poměrem otáček dávkovacího válce vzhledem k nanášecímu se určuje množství NH nanášené na dílec. Smysl otáčení těchto dvou válců je opačný, nanášecí se musí otáčet vždy po směru průchodu dílce. Dávkovací válec se může otáčet i souběžně s dílcem, v takovém případě musí být ještě opatřen stěrkou, která zabraňuje vynášení NH z prostoru mezi válci. Povrch nanášecího válce je pogumovaný a kvůli lepšímu rozlívání NH je tato guma příčně rýhovaná. V případě, že je povrch nanášecího válce z kovu, musí být leštěný na vysoký lesk. Povrch dávkovacího válce může být kovový nebo pogumovaný. V praxi se používají navalovací stroje s více než třemi válci. Pro zvýšení výkonnosti se používají dva vodící válce. Za nanášecím válcem může být umístěn ještě válec uhlazovací. Tato sestava se používá při tmelení. Uhlazovací válec má reverzní chod, tmel uhlazuje a

přebytek vrací zpět na nanášecí válec. Navalováním je možné vytvořit nátěr o malé tloušťce a zároveň rovnoměrný. Spotřeba NH se pohybuje v rozmezí 20 – 50 g.m<sup>-2</sup>, výjimečně až 150 g.m<sup>-2</sup>. Lze používat i NH o vyšší viskozitě, ale nemůžou se používat tixotropní materiály, které mají špatný rozliv. Rovněž nelze použít NH, které „táhnou vlas“. Mezi další výhody tohoto způsobu nanášení patří velký výkon, velmi malé ztráty NH (2 – 5%), možnost automatizace a zařazení stroje do výrobní linky (Hartman, Lukavský, Svoboda 1988; Hořejš 1968; Lukavský, Bouška, Fiala 1993).

#### 2.4.1.2 Clonové polévání

V dřevařském průmyslu je rozšířeno hlavně clonové polévání, které je výkonnější a kvalitnější, než polévání tryskami. Clonováním se nanáší NH na ploché dílce, upravovaný povrch nesmí mít dutiny a prohlubně, z nichž by NH nemohla vytéct. Clonový polévací stroj zařazujeme v lince za navalovací stroj, protože touto technologií dosahujeme vyšší kvality povrchu. Schéma polévacího stroje je znázorněno na obrázku 11.



Obrázek 11 Schéma clonového polévání, zdroj: Čížek 1985

Clona z NH o rovnoměrné a seřiditelné tloušťce je formována štěrbinou v licí hlavě. Dílec projíždí ve vodorovné poloze pod touto clonou po dopravníkovém pásu a na jeho povrchu se vytvoří rovnoměrný nános. Aby se docílilo konstantního nános, může licí hlava obsahovat přetlakovou skříň. Rychlost vytékání kapaliny potom není závislá na výšce hladiny v licí hlavě. Tloušťka nátěrové vrstvy je ovlivněna obsahem sušiny a viskozitou NH, tloušťkou clony, rychlostí pohybu dílce, popř. přetlakem v licí hlavě. NH dopadající mimo plochu výrobku spadá do sběrného žlábků, který vede do nádrže a odtud je NH znovu přes filtrační zařízení přečerpávána do licí hlavy. Výhodami clonového polévání jsou vysoká výkonnost (rychlost pásu až 170 m.min<sup>-1</sup>), nízké ztráty NH (2 – 4%), rovnoměrný nános NH a

možnost automatizace a zapojení polévacího stroje do výrobní linky. Použitá NH musí mít vyšší viskozitu, z čehož vyplývá nižší spotřeba ředidel. Množství nánosu aplikovaného jedním průchodem pod licí hlavou se pohybuje v rozmezí 80 – 400 g.m<sup>-2</sup> (Hartman, Lukavský, Svoboda 1988; Hořejš 1968).

#### **2.4.2 Sušení a vytvrzování NH**

Podle použité filmtvorné látky může být zasychání fyzikální nebo chemický proces. Při fyzikálním sušení dochází k odpaření rozpouštědel z nanesené vrstvy. Za normálních podmínek může tento proces trvat až několik dní, proto se fyzikální schnutí urychluje např. zvýšením teploty, regulací proudění vzduchu a světlem. Při chemickém procesu zasychá NH vlivem chemické reakce. Rozeznáváme oxidaci, polymeraci, polykondenzaci a polyadici. Chemická zasychání může být i urychleno fyzikálním vypařováním rozpouštědla. Prakticky lze sušení (resp. vytvrzování) rozdělit na vytvrzování konvenční (teplem) a intenzivní (radiační). Konvenční vytvrzování je charakteristické tím, že teplý vzduch zahřívá nátěr tak, aby byly vytvořeny příznivé podmínky pro sušení a vytvrzování nátěru. Popřípadě lze i předežhát dílce. Používají se komorové, tunelové a tryskové sušárny. Tento způsob vytvrzování je však prostorově a časově náročný. V současné době se uplatňuje hlavně radiační vytvrzování, kde je energie přenášena elektromagnetickým vlněním. Používají se druhy záření, které rozebírám v následujících kapitolách (Hartman, Lukavský, Svoboda 1988; Ružinská 2005).

##### **2.4.2.1 Vytvrzování infračerveným zářením (IR)**

IR záření leží v oblasti vlnových délek od 780 do 12 000 nm, přičemž nejvyšší technologické využití má IR záření s krátkou vlnovou délkou (780 – 2000 nm). Podklad absorbuje energii dodávanou vlněním a NH začíná zasychat od podkladu k povrchu, čímž je zaručené v celé vrstvě NH rovnoměrné vytvrzení. Zařazením IR zářičů do výroby se podstatně urychlil proces zasychání a zkrátila délka sušícího tunelu. Rovněž bylo možné dosavadní konvenční sušárny přestavit na sušárny s IR zářením. Tento typ sušení má univerzální použití, lze jím vytvrzovat transparentní i pigmentované NH na bázi nitrocelulóзовých, alkydových, akrylátových, epoxidových PUR, animových a fenolických pryskyřic. Ovšem použitá NH musí obsahovat aditiva, která zabraňují tomu, aby se vlivem vysokých teplot (teplota paprsků 800 °C) na povrchu nevytvořily bubliny. V současné době tuto technologii nahradilo vytvrzování UV zářením (Hrázský, Král 2007; Ružinská 2005).

#### **2.4.2.2 Vytvrzování ultrafialovým zářením (UV)**

UV záření leží v oblasti vlnových délek od 100 do 400 nm, pro vytvrzování NH jsou vhodné vlnové délky od 300 do 400 nm. Zdrojem ultrafialového záření jsou rtuťové obloukové lampy, které mohou být nízkotlaké, vysokotlaké a středotlaké. Nízkotlaké zářiče mají nízkou intenzitu záření a malý výkon, vytvrzovací doba je 2 – 4 minuty. Vysokotlaké zářiče mají podstatně vyšší výkon, ovšem jejich teplota za provozu dosahuje 400 – 700 °C, takže se musí při provozu chladit vzduchem nebo vodou. Rovněž jsou zde vyšší nároky na ochranu pracovního personálu. Vytvrzovací doba je 20 – 60 sekund. Nejpoužívanější rtuťové zářiče jsou středotlaké, jejich výhodou je, že produkují velký podíl energie v ultrafialové pásmu. UV zářením se vytvrzují polyesterové laky a tmely. Tyto NH musí obsahovat fotoiniciátory, na nichž vznikají působením záření radikály, které zapříčiní vlastní polymeraci. Vytvrzování začíná na povrchu a postoupí jen do takové hloubky, kam proniknou paprsky UV záření. Proto nesmí maximální tloušťka nátěrového filmu u bezbarvých laků překročit 500 µm, u tmelů 200 µm. V současné době je možné tímto způsobem vytvrzovat i pigmentované NH. UV záření působí dráždivě na pokožku a sliznice a dále produkuje ozon. Proto musí být UV lampy opatřeny stínícími kryty a musí se dodržovat veškerá bezpečnostní opatření. Výhodami vytvrzování ultrafialovým zářením jsou krátké časy vytvrzování a s tím spojená plynulost na výrobní lince, nízké investiční náklady, vysoký obsah sušiny v NH a možnost použití jednosložkových NH (Hartman, Lukavský, Svoboda 1988; Lukavský, Bouška, Fiala 1993; Ružinská 2005).

#### **2.4.2.3 Vytvrzování impulzním zářením (IST)**

IST záření je záření z ultrafialové oblasti o přesně definované vlnové délce 197,4 nm, přičemž ozařování probíhá impulzivně (10 – 20 impulzů za sekundu). Využívá se zde rezonančních jevů, kdy při této vlnové délce dojde k rozrušení dvojité vazby mezi uhlíky monomeru, čímž vzniknou radikály, které dále reagují za vzniku výsledného polymeru. Celá reakce (vytvrzování) trvá zlomky sekundy až jednotky sekund. Vedle časové a prostorové úspory je velkou výhodou tohoto způsobu vytvrzování možnost vytvrzování nejen plochých dílců, ale i členitých. IST zářením se vytvrzují akrylátové a polyesterové UV laky bez obsahu ředidel na třískových deskách, kde musí vytvrzovací proces proběhnout za nízkých teplot, aby nedošlo ke

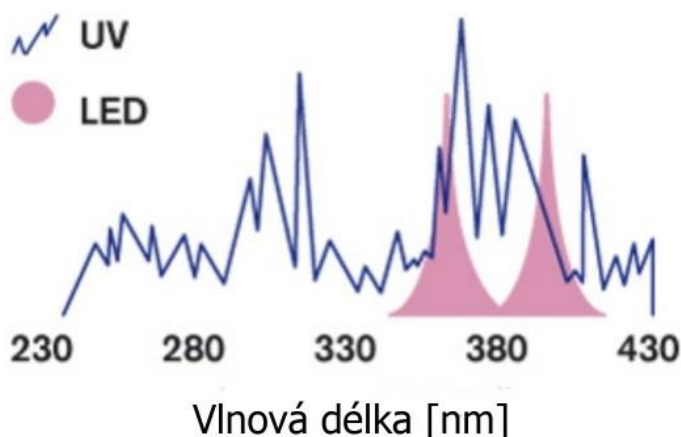
zborcení dílce (Hartman, Lukavský, Svoboda 1988; Hrázský, Král 2007; Ružinská 2005).

#### 2.4.2.4 Vytvrzování tokem urychlených elektronů (EBC)

Elektrony emituje rozžhavená wolframová katoda, dále jsou urychlovány v elektrickém poli o vysokém napětí a elektrostatickým nebo elektromagnetickým polem jsou zaměřeny na danou pracovní šířku. Tímto způsobem vytvrzování se dosahují velmi kvalitní povrchy a vytvrzovací doba trvá zlomky sekundy. Používají se jednosložkové NH téměř se 100% sušiny a mohou se vytvrzovat i pigmentované nátěry. Nevýhodou je vysoká pořizovací cena a možnost vytvrzování pouze plochých dílců. Dále při provozu vzniká rentgenové záření, které je nutno odstínit kryty (Hartman, Lukavský, Svoboda 1988; Ružinská 2005).

#### 2.4.2.5 Vytvrzování LED diodami (LED vytvrzování)

Společnost Sherwin-Williams představila na konci roku 2011 technologii LED vytvrzování povrchových úprav dřeva a materiálů na bázi dřeva pod obchodní značkou Becker Acroma™ LED vytvrzování. Na jaře roku 2012 byla tato technologie spuštěna v České republice ve výrobním závodě firmy BJS Czech. LED vytvrzování nabízí oproti tradičnímu UV vytvrzování mnoho výhod. LED diody emitují záření v úzkém UV spektru, konkrétně 365 nebo 395 nm ( $\pm 20$  nm).



Obrázek 12 Emise vlnových délek, zdroj: Becker Acroma 2012

Z obrázku 12 je patrné, že oproti rtuťovým výbojkům LED diody tedy emitují jen nepatrnou část záření ve viditelném a IR spektru, a tím pádem nedochází k nežádoucímu zahřívání dřevěného substrátu a únikům energie do okolí. LED vytvrzovací jednotky se nemusí rozehřívát a mohou být kdykoliv zapnuty nebo vypnuty bez negativního vlivu na diody. Celkově se tedy uvádí úspora energie

oproti UV lampám až o 40%. LED jednotky mají rovněž nižší náklady na údržbu a při provozu je zapotřebí méně odstávek na opravy. Životnost LED jednotek je 15 tisíc provozních hodin, což je pětikrát více než u UV lamp. Pod LED diodami se netvoří škodlivý ozón (vzniká ozařováním kyslíku UV zářením s kratšími vlnovými délkami) a neprodukuje ani nebezpečné UVB záření. UV jednotky zabírají ve výrobní lince prostor dlouhý 2 až 3 metry pro jednu aplikaci, zavedením LED vytvrzovací technologie se tento prostor může zkrátit až na třetinu. Kvalita vytvrzeného nátěru je velmi vysoká a díky nízké emisi tepla se snižuje zmetkovitost u pryskyřičných substrátů. Touto technologií je možné vytvrzovat transparentní i pigmentované NH pro interiérový nábytek, včetně kuchyňského a koupelnového. Používají se UV tvrditelné akrylátové NH se stoprocentním obsahem sušiny. Zároveň probíhá výzkum pro vytvrzování vodou ředitelných NH, kdy po nanesení NH musí voda nejdříve vyschnout a k zesíťování polymeru dochází až následně po ozáření LED lampami (Becker Acroma 2012; Dřevařský magazín 2012/3).



### 3 Metodika měření

Metodika měření vychází z norem ČSN EN ISO 4288:1999, ČSN 49 2606:1979 a z vědeckých prací autorů Baharoğlu a kol. 2011; Hiziroglu, Graham 1998; Hiziroglu, Suzuki 2007; Zhong, Hiziroglu, Chan 2013.

#### 3.1 Příprava zkušebních těles

Pro experiment byly zvoleny třívrstvé dřevotřískové desky P2 o nominální tloušťce 16 mm od čtyřech různých výrobců (tabulka 2). Ve výrobním závodu firmy BJS Czech bylo náhodným výběrem vybráno celkem 40 dřevotřískových dílců (od každého výrobce 10) určených pro nanesení povrchové úpravy. Na každém dílci byl vyznačen výrobní směr a vrchní a spodní strana. Z každého dílce byla dále ve školní truhlárně na kotoučové pile vyřezána dvě zkušební tělesa (jedno pro suchou a jedno pro mokrou zkoušku) o půdorysných rozměrech 250 x 250 mm. Každé zkušební těleso bylo označeno tak, aby z označení byly patrné následující údaje: výrobce, výrobní směr, vrchní a spodní strana, pořadové číslo, měřená strana a určení pro suchou nebo mokrou zkoušku. Tělesa byla dále klimatizována v interiérových podmínkách při teplotě  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  a relativní vlhkosti vzduchu 65 %.

Tabulka 2 Identifikace výrobců a nominální hustota desek

Pracovní označení	Výrobce	Hustota [ $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ]
1	Rauch Spanplattenwerk GmbH	675
2	Swedspan International	680
3	Kronospan Jihlava	650
4	DDL	660

#### 3.2 Měřicí přístroj a zařízení

Použitý měřicí přístroj byl dotykový indukční profiloměr Form Talysurf Series Intra 2. Pro snímání profilu bylo použito raménko s kónickým diamantovým hrotem o poloměru zaoblení 14  $\mu\text{m}$ . Při použití tohoto raménka je nejistota měření 0,15  $\mu\text{m}$ . Pro zajištění maximální stability profiloměru a zajištění proti chvění byl profiloměr instalován na leštěné mramorové desce, která ležela na stabilním pracovním stole. Pomocí úhelníku byla nastavena taková poloha profiloměru vůči měřenému vzorku, aby snímání profilu probíhalo rovnoběžně nebo napříč výrobního směru. Měřicí sestava je vyobrazena v příloze 2 a měřicí raménko v příloze 3 (Garton, 2005).

### 3.3 Pracovní postup

#### 3.3.1 Měření drsnosti profilovou metodou (ČSN EN ISO 4288:1999)

- Vizuálně, na základě zkušeností nebo orientačním měřením se nejprve odhadne neznámý parametr profilu drsnosti, v mém případě **Ra**, **Rc** nebo **RSm**. A v tabulce 3 se pro tuto hodnotu dohledá základní délka **lr** a vyhodnocovaná délka **ln**.
- Na měřicím přístroji se nastaví základní délka, vyhodnocovaná délka a délka snímaného úseku **lt**. Provede se reprezentativní měření a k získaným hodnotám **Ra**, **Rc** nebo **RSm** se v tabulce 3 dohledá odpovídající základní délka.
- Nerovná-li se odhadnutá základní délka a základní délka indikovaná naměřenou hodnotou, je nutné na přístroji nastavit větší, případně menší základní délku.
- Opakujeme uvedený postup a nyní by se již měla nastavená základní délka s indikovanou rovnat.
- Dále je potřeba provést měření **Ra**, **Rc** nebo **RSm** pro základní délku kratší, než je ta nastavená z kroku „c“ (nebyla-li základní délka v kroku „c“ zvyšována).
- Pokud se odpovídající základní délka (podle tabulky 3) k naměřeným hodnotám z kroku „e“ rovná nastavené základní délce, tak dále měříme se základní délkou určenou v kroku „e“. Pokud s tabulkou souhlasí pouze kombinace z kroku „d“, pak dále měříme se základní délkou zjištěnou v kroku „d“, tedy tou větší.

Tabulka 3 Tabulka základních délek **lr** a vyhodnocovaných délek **ln**

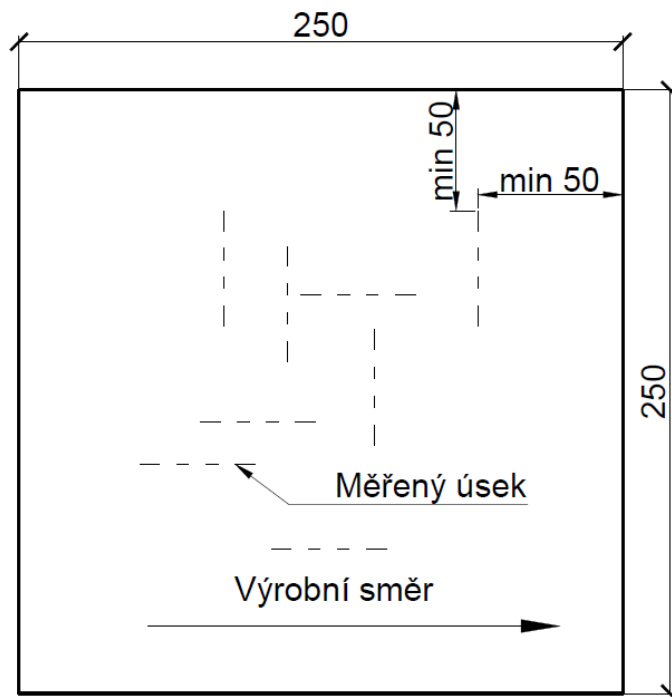
Ra [ $\mu\text{m}$ ]	RSm [mm]	Rc [ $\mu\text{m}$ ]	lr [mm]	ln [mm]
$(0,006) < Ra \leq 0,02$	$0,013 < RSm \leq 0,04$	$(0,025) < Rc \leq 0,1$	0,08	0,4
$0,02 < Ra \leq 0,1$	$0,04 < RSm \leq 0,13$	$0,1 < Rc \leq 0,5$	0,25	1,25
$0,1 < Ra \leq 2$	$0,13 < RSm \leq 0,4$	$0,5 < Rc \leq 10$	0,8	4
$2 < Ra \leq 10$	$0,4 < RSm \leq 1,3$	$10 < Rc \leq 50$	2,5	12,5
$10 < Ra \leq 80$	$1,3 < RSm \leq 4$	$50 < Rc \leq 200$	8	40

Protože nevíme, jak se s měnící vlhkostí mění mikrogeometrie povrchu DTD, je potřeba sledovat více parametrů drsnosti povrchu. Například by nestačilo sledovat pouze **Ra**, protože udává pouze střední hodnotu vzdáleností jednotlivých bodů od základní čáry profilu a neříká nic o tvaru prvků profilu. Pro charakteristiku drsnosti povrchu DTD byla zvolena jako základní charakteristika drsnosti povrchu průměrná aritmetická úchylka profilu **Ra**, pro představu o šířce prvků profilu průměrná šířka

prvků profilu ***RSm***, a pro představu o výšce prvků profilu průměrná výška prvků profilu ***Rc***. Takto zvolené veličiny odpovídají veličinám, které byly sledovány i v jiných výzkumech drsnosti povrchu aglomerovaných materiálů (Baharoğlu a kol. 2011; Hiziroglu, Graham 1998; Hiziroglu, Suzuki 2007; Zhong, Hiziroglu, Chan 2013).

### 3.3.2 Suchá zkouška

Každý vzorek byl před měřením očištěn od prachu, pilin a jiných nečistot, které by mohly měření ovlivnit. Od každého výrobce bylo 5 vzorků měřeno na spodní a 5 na vrchní straně. Vždy byla provedena 4 měření podél a 4 napříč výrobního směru. Poloha měřených úseků byla volena náhodně. V případě systematické volby polohy měřených úseků hrozí nebezpečí, že budeme měřit například v místě periodické nerovnosti vzniklé ve výrobě. Počáteční body měření byly voleny vždy minimálně 50 mm od kraje tělesa. Rozmístění měřených úseků na zkušebním tělese je zobrazeno na obrázku 13.



**Obrázek 13** Schéma rozmístění měřených úseků na zkušebním tělese, údaje v milimetrech

Po nastavení vzájemné polohy zkušebního tělesa a profiloměru bylo ručním vertikálním posuvem nastaveno raménko profiloměru do základní polohy. Počáteční vertikální poloha raménka určuje přítlak hrotu k měřenému povrchu. Tento přítlak musí být během všech měření stejný. Pro měření suchou zkouškou byla nastavena

pojezdová délka 15 mm a délka rozběhu 0,3 mm. Rychlost měření byla  $1 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$  a snímání profilu probíhalo během zasouvání raménka. Analýza sejmutého profilu byla provedena pomocí programu Taylor Hobson –  $\mu\text{tra}$ . Zvolil jsem konstantní vyhodnocovanou délku 13 mm a základní délku 2,5 mm. Vyhodnocoval jsem parametry ***Ra***, ***Rc*** a ***RSm*** a použil jsem filtr sklonu. Protože nezjišťuji charakteristickou hodnotu parametrů drsnosti, měření neprobíhalo přesně dle postupu uvedeného v kapitole 3.3.1. Některé naměřené hodnoty by měly být dle normalizovaného postupu vyhodnocovány na jiné základní délce než 2,5 mm. Abych zachoval stejnou metodiku při všech měřeních, tak jsem základní délku volil konstantní. Tím jsou hodnoty, které by měly být vyhodnoceny na jiné základní délce, zatíženy větší chybou. Jelikož bude dále zjišťován aritmetický průměr naměřených hodnot na daném vzorku v daném směru, bude tato chyba částečně kompenzována tím, že bylo měření parametrů prováděno vždy na čtyřech místech.

Po změření všech údajů byla tělesa ve výrobním závodu firmy BJS Czech opatřena povrchovou úpravou. Byla použita pigmentovaná vodní akrylátová disperze bílé barvy Laqva Prime ED/69204-184 od výrobce Becker Acroma. Dle technického listu má tato NH hustotu  $1,47 \text{ g} \cdot \text{ml}^{-1}$ , obsah sušiny 59 % a viskozitu 90 – 100 KU dle Stormera při teplotě  $23 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tmel byl nanesen vždy na stranu, na které byla měřena drsnost v surovém stavu. Nanášení probíhalo na válcovém navalovacím stroji v navalovací lince pro lakování plochých dílců a směr lakování byl napříč výrobního směru DTD. Nános byl  $55 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ . Drsnost nalakovaného povrchu byla měřena podle stejného postupu, jaký je uveden výše.

V příloze 4 je vyobrazený typický tvar sejmutého profilu a v příloze 5 je již zpracovaný profil, kde je vypočítána a zobrazena základní čára profilu a odstraněny skol. Z takového profilu program dále dopočítá charakteristiky drsnosti.

### **3.3.3 Mokrý zkouška**

Tělesa byla opět očištěna od prachu, pilin a jiných nečistot. Vzorky byly kondicionovány 2 hodiny ve vodě o teplotě  $(20 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ . Tělesa musí plavat volně na hladině měřenou plochou dolů. Po vyjmutí z vody byla tělesa postavena na hranu, aby oschla, a do 15 minut bylo provedeno měření. Od každého výrobce bylo 5 vzorků měřeno na spodní a 5 na vrchní straně. Vždy byla provedena 4 měření podél a 4 napříč výrobního směru. Protože mokřý povrch DTD má větší výšku a šířku

prvků profilu, obecně drsnost, byly kvůli zajištění větší přesnosti měření zvoleny následující parametry: pojezdová délka 41 mm, vyhodnocovaná délka 40 mm a základní délka 8 mm. Jinak měření probíhalo stejně, jako měření při suché zkoušce.

## 4 Výsledky měření a diskuse

Naměřené hodnoty byly zapsány do tabulek 1 – 12, které jsou uvedeny v příloženém CD v souboru „namerena\_data.pdf“. Hodnoty byly zaznamenány s maximální přesností, kterou program Taylor Hobson –  $\mu$ tra umožňoval, tedy **Ra** a **Rc** s přesností na 4 desetinná místa a **RSm** s přesností na 2 desetinná místa. V tabulkách je použita následující konvence: symbol **II** znamená měření podél výrobního směru, symbol **#** znamená měření napříč výrobního směru, vzorky 1 – 5 byly měřeny na vrchní straně a vzorky 6 – 10 na spodní straně. Přeškrtnuté hodnoty jsou hodnoty, které byly vyřazeny testem extrémních hodnot, který popisují níže.

V příloze 9 jsou v tabulce uvedeny **Ra II**, **Rc II**, **RSm II**, **Ra #**, **Rc #** a **RSm #** se základními statistikami pro suché vzorky od každého výrobce vždy pro spodní a vrchní stranu. V příloze 10 jsou uvedeny stejné charakteristiky pro mokré vzorky a v příloze 11 pro nalakované vzorky. Vzhledem k velikosti směrodatných odchylek a nepřesnosti použitého raménka byly hodnoty **Ra** a **Rc** zaokrouhleny s přesností na jedno desetinné místo a **RSm** s přesností na jednotky.

Ze statistických charakteristik uvádím maximum, minimum a aritmetický průměr, který počítám podle vzorce:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Dále míru variability popisují výběrovou směrodatnou odchylkou

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

a variačním koeficientem

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100\% \quad (\text{Hošková a kol., 2013}).$$

Hodnoty, které ležely mimo interval  $(\bar{x} \pm 3 \cdot s)$  byly z výsledků vyřazeny a byla provedena nová statistická analýza. Je to standardní postup při fyzikálních experimentech, pravděpodobnost, že bude naměřená hodnota veličiny s náhodným rozdělením ležet mimo tento interval je 0,27%. Tímto postupem se eliminují hrubé chyby, které mohly během měření vzniknout. V mém případě by se nejspíše jednalo

o měření přes rýhu, která mohla vzniknout při manipulaci se vzorky nebo již při výrobě, drknutí do měřicího přístroje, atp. Tímto testem bylo vyřazeno osm hodnot. Nicméně 0,27% z celkového počtu 2880 naměřených hodnot je 7,776. Osm vyřazených hodnot se tedy na základě teorie dalo očekávat.

Pro zjištění, zda existují závislosti mezi charakteristikami drsnosti suchého, mokrého a nalakovaného povrchu DTD, bylo formulováno 144 hypotéz v následujících tvarech.

Korelace mezi suchým a mokrým povrchem:

$H_{0,i,j,k}^1$ : Neexistuje korelace mezi  $X$  suchého a  $X$  mokrého vzorku na vrchní/spodní straně.  
kde  $i \in \{1, 2, 3, 4\}$ ,  $j \in \{1, 2, \dots, 6\}$ ,  $k \in \{s, v\}$  a  
 $X \in \{RaII, RcII, RSmII, Ra\#, Rc\#, RSm\#\}$   
index  $i$  značí dodavatele,  $j$  značí pořadové číslo charakteristiky drsnosti a  $k$  značí stranu

Korelace mezi suchým a nalakovaným povrchem:

$H_{0,i,j,k}^2$ : Neexistuje korelace mezi  $X$  suchého a  $X$  nalakovaného vzorku na vrchní/spodní straně.  
kde  $i \in \{1, 2, 3, 4\}$ ,  $j \in \{1, 2, \dots, 6\}$ ,  $k \in \{s, v\}$  a  
 $X \in \{RaII, RcII, RSmII, Ra\#, Rc\#, RSm\#\}$   
index  $i$  značí dodavatele,  $j$  značí pořadové číslo charakteristiky drsnosti a  $k$  značí stranu

Korelace mezi mokrým a nalakovaným povrchem:

$H_{0,i,j,k}^3$ : Neexistuje korelace mezi  $X$  mokrého a  $X$  nalakovaného vzorku na vrchní/spodní straně.  
kde  $i \in \{1, 2, 3, 4\}$ ,  $j \in \{1, 2, \dots, 6\}$ ,  $k \in \{s, v\}$  a  
 $X \in \{RaII, RcII, RSmII, Ra\#, Rc\#, RSm\#\}$   
index  $i$  značí dodavatele,  $j$  značí pořadové číslo charakteristiky drsnosti a  $k$  značí stranu

Případ je nutné rozdělit podle všech výše uvedených hledisek z toho důvodu, aby byl eliminován vliv výrobního směru, strany, resp. výrobce.

Pro korelační analýzu byl zvolen Pearsonův korelační koeficient a výpočet byl proveden pomocí programu MS Excel. Matice korelačních koeficientů jsou uvedeny v tabulkách 4, 5 a 6. V tabulkách 5 a 6 chybí první řádek, protože vzorky č. 1 – 4 od prvního výrobce byly omylem lakovány podél výrobního směru, a proto nemohly být tyto naměřené hodnoty zahrnuty do dalšího zpracování. Směr nanášení na válcovém navalovacím stroji totiž výrazně ovlivňuje drsnost nalakovaného povrchu, což podrobněji rozebírám níže.

**Tabulka 4 Matice korelačních koeficientů pro závislost mezi suchým a mokrým povrchem**

Strana	Výrobce	Ra II	Rc II	RSm II	Ra #	Rc #	RSm #
Vrchní	1	0,051	0,566	-0,204	0,343	0,079	0,019
	2	0,852	0,043	-0,458	-0,151	-0,454	-0,398
	3	-0,561	-0,741	<b>-0,983</b>	0,264	0,585	-0,196
	4	0,103	0,114	-0,028	0,195	0,299	0,053
Spodní	1	<b>0,952</b>	<b>0,975</b>	0,657	-0,269	0,069	0,405
	2	0,730	0,384	0,449	0,684	0,429	-0,082
	3	-0,354	-0,205	-0,322	-0,270	0,678	0,284
	4	0,605	0,071	0,458	<b>0,895</b>	0,798	0,413

**Tabulka 5 Matice korelačních koeficientů pro závislost mezi suchým a nalakovaným povrchem**

Strana	Výrobce	Ra II	Rc II	RSm II	Ra #	Rc #	RSm #
Vrchní	1						
	2	<b>0,937</b>	<b>0,924</b>	0,742	0,326	0,752	-0,080
	3	0,493	0,325	-0,230	-0,291	-0,370	-0,955
	4	0,607	0,232	-0,574	0,836	<b>0,939</b>	0,230
Spodní	1	<b>0,952</b>	0,236	-0,551	0,011	-0,118	-0,532
	2	0,002	0,061	0,299	0,373	0,204	-0,265
	3	-0,785	-0,521	-0,221	-0,297	0,258	0,051
	4	0,715	0,645	-0,330	0,755	<b>0,935</b>	0,629



**Tabulka 6 Matice korelačních koeficientů pro závislost mezi mokrým a nalakovaným povrchem**

Strana	Výrobce	Ra II	Rc II	RSm II	Ra #	Rc #	RSm #
Vrchní	1						
	2	<b>0,945</b>	0,346	-0,235	0,062	-0,099	-0,532
	3	-0,119	-0,430	0,364	0,546	0,100	0,075
	4	0,607	0,232	-0,574	0,836	<b>0,939</b>	0,230
Spodní	1	<b>0,949</b>	0,265	-0,304	0,267	0,161	-0,280
	2	0,387	-0,170	0,128	0,486	0,318	0,453
	3	0,360	0,503	-0,274	-0,042	-0,059	0,858
	4	0,415	0,238	-0,776	0,454	0,602	-0,107

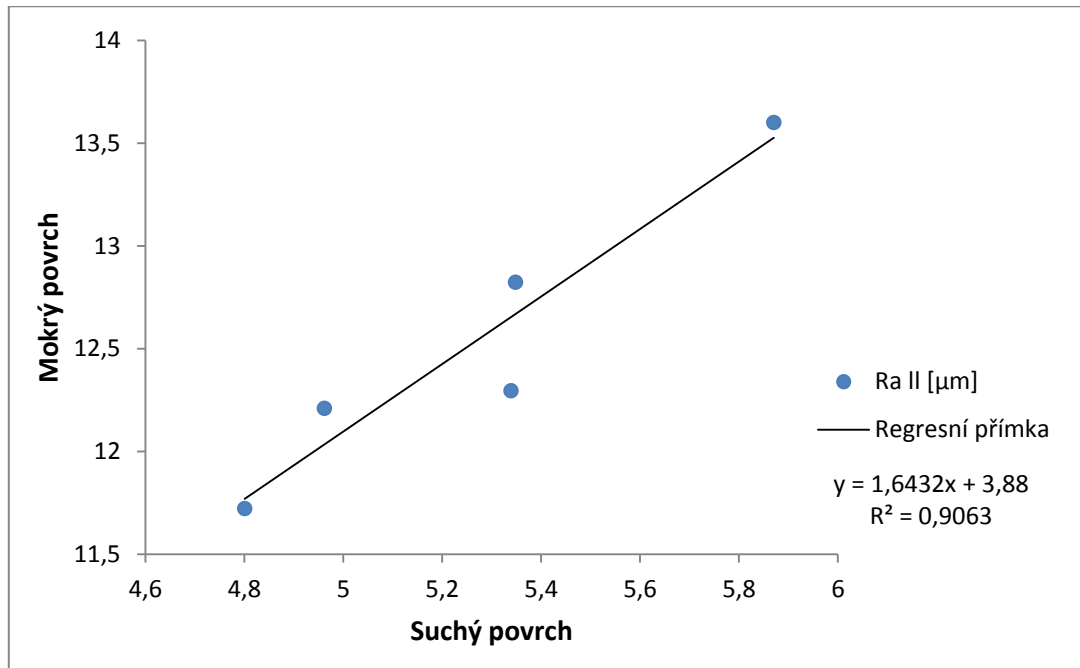
Na každém suchém vzorku byly v daném směru měřeny *Ra*, *Rc* a *RSm* na čtyřech náhodně zvolených místech. Protože odpovídající hodnoty na mokrých a nalakovaných vzorcích byly měřeny na jiných čtyřech náhodně zvolených místech (vzhledem k poloměru zaoblení měřicího hrotu 14 μm by nikdy nebylo možné odhadnout tu samou polohu měření), byly tyto hodnoty pro korelační analýzu zprůměrovány. Následně tedy byly získány dvojice pěti odpovídajících si hodnot – průměrné charakteristiky drsnosti (*Ra II*, *Rc II*, *RSm II*, *Ra #*, *Rc #*, *RSm #*) pěti vzorků od daného výrobce v kombinaci suché – mokré, suché – nalakované a mokré – nalakované. Pro vyhodnocování výsledků jsem zvolil standardní hladinu významnosti  $\alpha = 0,05$ . Kritická hodnota pro Pearsonův korelační koeficient pro pět odpovídajících si hodnot, tedy pro tři stupně volnosti, na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  je  $K = 0,8783$ . Hypotézy pro které vychází hodnota Pearsonova korelačního koeficientu menší než 0,8783 nelze na hladině  $\alpha$  zamítnout, v opačném případě je zamítáme a přijímáme alternativní hypotézu o existenci korelace mezi danou závislou a nezávislou veličinou.

Z celkového počtu 144 vyslovených hypotéz lze na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  na základě provedeného experimentu zamítnout pouze 11. Hypotézy, které jsou zamítány, jsou v tabulkách 4, 5 a 6 tučně zvýrazněny. Na základě uvedených výsledků nelze obecně tvrdit, že existuje korelace mezi suchým a mokrým, suchým a nalakovaným nebo mezi mokrým a nalakovaným povrchem DTD. Povšimněme si však následujících souvislostí mezi jednotlivými korelačními koeficienty.

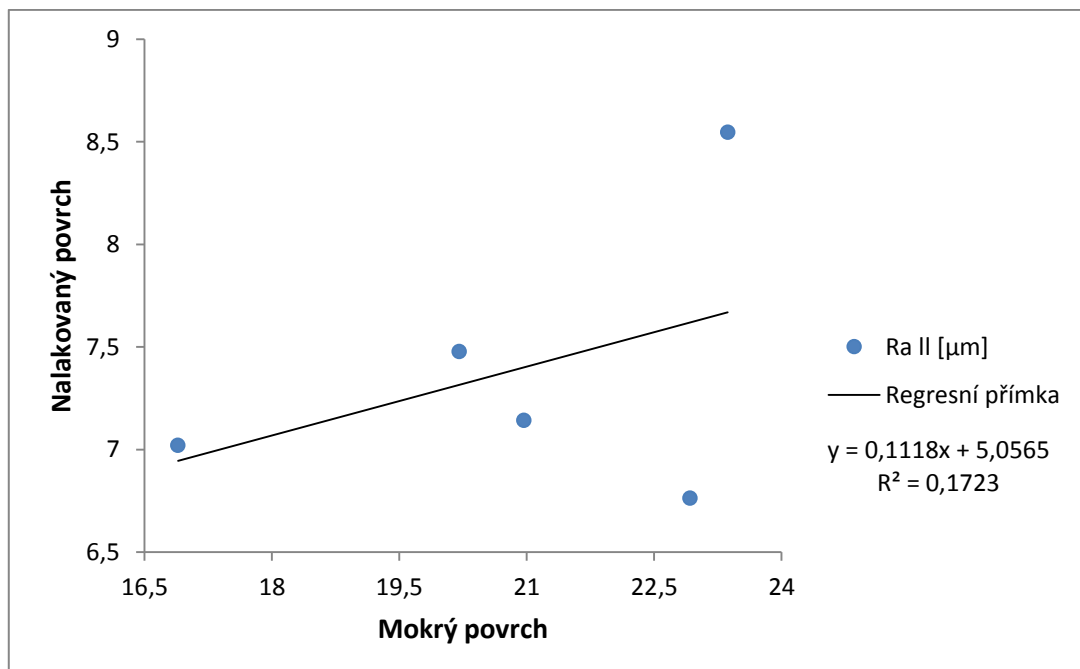
U DTD od prvního výrobce se prokázala korelace u ***Ra II*** na spodní straně mezi všemi třemi zkoumanými stavy povrchu a hodnota korelačního koeficientu vyšla ve všech třech případech větší než 0,949. Dále na vrchní straně desky u vzorků od druhého výrobce lze zamítnout hypotézu, že neexistuje korelace opět u charakteristiky ***Ra II*** mezi mokrým a nalakovaným a suchým a nalakovaným povrchem. Hodnota odpovídajícího korelačního koeficientu pro závislost mezi suchým a mokrým povrchem vyšla těsně pod kritickou hodnotou. Je zajímavé, že v ostatních případech hodnoty korelačních koeficientů pro veličinu ***Ra II*** vycházejí hluboko pod kritickou hodnotou. Stejně tak bych očekával vyšší hodnoty korelačních koeficientů u veličiny ***Ra #*** tam, kde se u odpovídajícího vzorku ukázala závislost u ***Ra II***. V kontextu všech hodnot korelačních koeficientů pro veličinu ***Ra II***, by se mohlo zdát, že při hypotézách, které jsem zamítl, vznikla chyba prvního druhu, tedy že jsem zamítl hypotézu, ačkoliv je pravdivá. Pravděpodobnost tohoto omylu je vzhledem k zvolené hladině významnosti 5%. Pět procent z celkového počtu korelačních koeficientů pro ***Ra II*** je 1,2. Toto je tedy očekávaný počet mylných rozhodnutí, nicméně hypotézy jsem zamítl v pěti případech, a proto lze tvrdit, že pět statisticky významných korelačních koeficientů pro ***Ra II*** není zapříčiněno chybou prvního druhu a náhodným efektem. Podobný jev, avšak v menší míře, se objevuje u veličiny ***Rc #***. U vzorků od čtvrtého výrobce jsem zamítl hypotézu, že neexistuje korelace mezi ***Rc #*** suchých a nalakovaných a mokrých a nalakovaných vzorů na vrchní straně desky.

Závislost mezi sledovanými veličinami lze zobrazit i graficky. Pro ilustraci uvádím graf jednoho případu, kde se korelace prokázala (graf 1) a graf případu, kde se korelace neprokázala (graf 2). Na svislé ose je uvedena vždy závislá veličina a na vodorovné nezávislá. Body jsou proloženy regresní přímkou a uvádím i rovnici této přímky a koeficient determinace  $R^2$ , který se vypočítá jako druhá mocnina korelačního koeficientu. V případě prvního grafu lze koeficient determinace interpretovat tak, že hodnoty ***Ra II*** na mokrém povrchu jsou z 90,63% ovlivněny hodnotami ***Ra II*** suchého povrchu a zbylých 9,37% jsou ostatní faktory, které ovlivnily hodnoty drsnosti mokrého povrchu a náhodný efekt. Mezi ostatní faktory může patřit například hustota desek, která sledována nebyla nebo různá technologie výroby, zejména lisovací tlak, teplota lisu, geometrie třísek, úhel vrstvení třísek a

množství lepicí směsi. V druhém případě na sobě byly veličiny závislé jen ze 17,23%, a proto se korelace neprokázala.



**Graf 1** Graf závislosti  $Ra$  v podélném směru mezi suchým a mokrým povrchem na spodní straně desek od 1. výrobce



**Graf 2** Graf závislosti  $Ra$  v podélném směru mezi mokrým a nalakovaným povrchem na spodní straně desek od 4. výrobce

Velmi variabilní výsledky byly získány zřejmě kvůli malému počtu vzorků, které byly měřeny. Aby bylo například možné docílit zamítnutí hypotézy už

s korelačním koeficientem 0,632, bylo by potřeba změřit deset vzorků od daného dodavatele na dané straně, pro korelační koeficient 0,361 potom 30 vzorků.

Nanesení nátěrové hmoty válcovým navalovacím strojem mělo na výslednou drsnost nalakovaného povrchu výrazný vliv. Na obrázku 14 je fotografie nalakovaného povrchu. Tmel s vysokou viskozitou se po nanesení válcem na povrch DTD nestihne úplně rozlít a po vytvrzení zůstanou na povrchu vlnky.



**Obrázek 14 Vlnky na nalakovaném povrchu, zvětšeno 8x**

Stíny jsou na obrázku proto, že při osvětlení kolmo k povrchu byla struktura povrchu na fotografii málo zřetelná, proto muselo být osvětlení nakloněno (stejně tak na obrázku 15). Z obrázku je patrné, že vlnky nátěrové hmoty významně určují drsnost povrchu, v tomto případě dokonce více než vystouplé třísky. Obzvláště charakteristika ***R<sub>Sm</sub>*** je vlnkami velmi ovlivněná. V případě měření ve směru lakování dostaneme úplně jinou hodnotu, pokud měřící hrot snímá povrch po hřbetech nebo v prohlubních vlněk. Obdobně při měření napříč směru lakování záleží na tom, v jaké poloze hrot vlnky přejížděl. Z toho důvodu nemůžeme

hodnotám korelačních koeficientů pro ***RSm*** v tabulce 5 a 6 přiřadit žádnou váhu. Hodnoty ***Ra*** a ***Rc*** jsou určitě také ovlivněny místem, kde hrot vlnky přejíždí. Přejíždí-li hrot hřbety vlnek převážně v jejich maximech, získáme evidentně vyšší hodnoty, než pokud je přejíždí pod maximem. Vždy bude tedy i jinak volena základní čára profilu, od které se odvíjí číselná hodnota charakteristiky drsnosti povrchu. Z významu jednotlivých veličin plyne, že poloha měřeného úseku vzhledem k průběhu vlnek nejvíc ovlivňuje parametr ***RSm***. Vzhledem k tomu, že u nalakovaných vzorků jsou střední hodnoty variačních koeficientů veličiny ***Rc*** větší, než variační koeficienty veličiny ***Ra*** a u suchých a mokrých vzorků se vždy rovnají (vždy ověřeno t-testem při hladině významnosti 0,05, výběry těchto variačních koeficientů mají normální rozdělení), lze usuzovat, že je vlnkami ovlivněn více parametr ***Rc***, nežli ***Ra***. Technologie nánosu NH tedy výrazně ovlivňuje drsnost výsledného povrchu a pokud bychom chtěli zamezit vzniku vlnek, mohli bychom zvolit nanášení NH stříkáním nebo poléváním. Nicméně i při nánosu NH těmito technologiemi zůstává ve vytvrzeném povrchu „stopa“ po dané technologii. Například při aplikaci NH stříkáním zůstávají v nánosu NH mikroskopické bublinky vzduchu.

Ze získaných údajů vyplývá, že nelze navrhnout metodiku vstupní kontroly DTD, která by byla založena na měření drsnosti povrchu. Na základě naměřených dat však lze doporučit desky, které jsou z hlediska drsnosti nalakovaného povrchu nejvýhodnější. T-testem na hladině významnosti  $\alpha = 0,05$  byly testovány vztahy mezi průměrnými hodnotami veličin ***Ra***, ***Rc*** a ***RSm*** pro nalakované povrchy desek od všech výrobců. Protože v tomto případě sledujeme nejhorší hodnoty charakteristik drsnosti, byly sjednoceny výběry odpovídajících si veličin na vrchní a spodní straně a v příčném a podélném směru do jednoho výběru. Sjednocení výběrů veličin ze spodní a vrchní strany odpovídá normě ČSN 49 2606:1979.

Byly formulovány hypotézy v následujícím tvaru:

$H_{0,i,j,k}$ : Průměrné hodnoty veličiny  $X$  nalakovaného povrchu DTD od výrobce A a B se rovnají.

kde  $i \in \{1, 2, 3, 4\}$ ,  $j \in \{1, 2, 3, 4\}$ ,  $k \in \{1, 2, 3\}$  a  $X \in \{Ra, Rc, RSm\}$

index  $i$  značí dodavatele A, jehož desky jsou hodnoceny,  $j$  značí ostatní dodavatele B a  $k$  značí pořadové číslo charakteristiky drsnosti

V případě zamítnutí nulové hypotézy byly podle vztahu mezi jednotlivými průměry přijaty pravostranné nebo levostranné alternativní hypotézy v obecném tvaru:  $\mu_1 > \mu_2$ , resp.  $\mu_1 < \mu_2$ , kde  $\mu_i$  jsou průměrné hodnoty veličin. Výsledky pro desky od prvního výrobce jsou uvedeny v tabulce 7, výsledky pro ostatní výrobce jsou v tabulkách v příloze 12, 13 a 14. Grafické znázornění vztahu mezi drsností nalakovaného povrchu desek od všech výrobců je uvedeno v příloze 6 – 8. Střední bod v krabici představuje medián, jednotlivé krabice vyznačují 25% a 75% kvantily a rozsah svorek představuje celkový rozsah hodnot. Extrémní hodnoty, které byly ze statistického zpracování výsledků vyřazeny, nejsou již v těchto grafech znázorněny.

**Tabulka 7 Výsledky t-testu pro desky od 1. výrobce**

	<i>Ra</i>	<i>Rc</i>	<i>RSm</i>
<b>2</b>	< <sup>2</sup>	<	=
<b>3</b>	<	<	=
<b>4</b>	<	<	<

Z výsledků plyne, že nejnižší drsnost nalakovaného povrchu dosahují desky od prvního výrobce. Naopak nejhorších výsledků dosahují desky od čtvrtého výrobce. Výsledky tohoto porovnání korespondují i s vizuálním posouzením kvality povrchů. Desky od prvního výrobce měly jednoznačně nejkvalitnější povrch, zatímco u desek od čtvrtého výrobce jsem pozoroval znatelně vystouplé třísky (obrázek 15). Mezi deskami od druhého a třetího výrobce jsem nepozoroval rozdíl a i z naměřených dat plyne, že z hlediska drsnosti nalakovaného povrchu mezi nimi není statisticky významný rozdíl.

<sup>2</sup> Znak „<“ znamená  $\mu_1 < \mu_i$ , „>“ znamená  $\mu_1 > \mu_i$  a „=“ znamená, že nulovou hypotézu nelze zamítnout, tedy  $\mu_1 = \mu_i$



**Obrázek 15** Vystouplé třísky na nalakovaném povrchu, zvětšeno 6,3x

## 5 Závěr

V této práci byla nejprve teoreticky zpracována problematika dřevotřískových desek, drsnosti povrchu a nátěrových hmot. Díky rozboru odborné literatury byl navržen experiment, kde byla měřena drsnost povrchu suchých, mokrých a nalakovaných vzorků z DTD. Dle původního zadání se měla tato práce soustředit pouze na měření drsnosti mokrého povrchu DTD. Nicméně po upřesnění zadání od firmy BJS Czech a po teoretickém rozboru bylo zjištěno, že musí být experimentální část rozšířena i o měření drsnosti nalakovaného povrchu (drsnost suchého povrchu by byla jako referenční údaj zjišťována v každém případě). Na základě výsledků z provedeného experimentu byla posouzena závislost zvolených veličin drsnosti povrchu mezi suchým a mokrým, mezi mokrým a nalakovaným a dále mezi suchým a nalakovaným povrchem. Obecně se neprokázala korelace veličin drsnosti povrchu mezi jednotlivými stavy povrchů. Hodnota Pearsonova korelačního koeficientu vyšla statisticky významná jen u některých kombinací. Zároveň jsem však vyloučil, že by korelační koeficienty, které byly vyhodnoceny jako statisticky významné, byly chybou prvního druhu. Pokud by měl být podobný experiment někdy opakován, doporučil bych, aby byl zvolen vyšší počet zkušebních těles tak, aby bylo získáno více dvojic hodnot pro korelační analýzu. Při vyšším počtu stupňů volnosti klesá kritická hodnota pro zamítnutí hypotézy. Protože byl experiment prováděn za účelem následného návrhu metodiky vstupní kontroly povrchu DTD určených pro nanesení NH na navalovací lince, byla z důvodu simulace stejných podmínek zvolena povrchová úprava ve formě jednoho nánosu tmelu aplikovaného navalovacím strojem. Tato povrchová úprava se ukázala jako nevhodná pro daný experiment, protože na vytvrzeném povrchu zůstala struktura vlnek, která výrazně ovlivnila všechny veličiny drsnosti nalakovaného povrchu. Pro další podobné experimenty bych tedy navrhoval použití NH s nižší viskozitou a aplikaci stříkáním.

Neprokázala se korelace mezi drsností suchého a mokrého, suchého a nalakovaného, ani mokrého a nalakovaného povrchu DTD, a tudíž nelze navrhnout metodiku vstupní kontroly povrchu DTD, která by byla založena na měření drsnosti. Dále byla hodnocena kvalita nalakovaného povrchu desek od jednotlivých výrobců. Z hlediska drsnosti povrchu měly nejkvalitnější povrch desky od prvního výrobce a tohoto výrobce lze tedy doporučit.



## 6 Seznam použité literatury

BAHAROĞLU, Mehmet, Gökay NEMLI, Bünyamin SARI, Selahattin BARDAK a Nadir AYRILMIŞ. *The influence of moisture content of raw material on the physical and mechanical properties, surface roughness, wettability, and formaldehyde emission of particleboard composite*. Composites: Part B [online]. 2012, s. 2448-2451 [cit. 2013-09-03]. ISSN 10.1016/j.compositesb.2011.10.020. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1359836811004677>

BECKER ACROMA. *LED vytvrzování* [online]. [2012] [cit. 2013-09-03]. Dostupné z: <http://www.becker-acroma.com/cs/Czech-Republic/StartCH/LED/>

Becker Acroma<sup>TM</sup> startuje technologii LED vytvrzování. Dřevařský magazín. 2012, č. 3. ISSN: 1338-371X.

BÖHM, Martin, Jan REISNER a Jan BOMBA. *Materiály na bázi dřeva* [online]. 2012 [cit. 2013-09-19]. ISBN 978-80-213-2251-6. Dostupné z: [http://fld.czu.cz/~bohmm/materialy\\_na\\_bazi\\_dreva.pdf](http://fld.czu.cz/~bohmm/materialy_na_bazi_dreva.pdf)

BUMBÁLEK, Bohumil, Vladimír ODVODY a Bohuslav OŠŤÁDAL. *Drsnost povrchu*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. ISBN 04-252-89.

ČÍŽEK, Jan. *Vlastnosti a zpracování třískových a vláknitých desek*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1985. ISBN 04-840-85.

DOLEJŠKOVÁ, Jana, Zdeněk MAREK, Alena HEJTMÁNKOVÁ a Pavel MADER. *Chemie I.: vybrané kapitoly z obecné, anorganické a analytické chemie*. [3. uprav. vyd.]. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2009. ISBN 80-213-1684-5.

DOSTÁL, František. *Drsnost obroběných ploch*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1962. ISBN 04-279-62.

GANDELOVÁ, Libuše, Petr HORÁČEK a Jarmila ŠLEZINGEROVÁ. *Nauka o dřevě*. [3. nezměn. vyd.]. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. ISBN 978-80-7375-312-2.

GARTON, Mick. TAYLOR HOBSON LTD. *Ultra Surface Finish Software V5: User Training*. 2005.

HIZIROGLU, Salim a Mark GRAHAM. *Effect of press closing time and target thickness on surface roughness of particleboard*. Forest Products Journal [online po přihlášení]. 1998, vol. 48, issue 3, s. 50-54 [cit. 2014-01-20]. ISSN 0015-7473. Dostupné z: <http://search.proquest.com.ezproxy.techlib.cz/docview/214628076/1431619ABD12C80D02B/1?accountid=119841>

HIZIROGLU, Salim a Shigehiko SUZUKI. *Evaluation of surface roughness of commercially manufactured particleboard and medium density fiberboard in Japan*. Journal of Materials Processing Technology [online]. 2007, vol. 184, 1-3, s. 436-440 [cit. 2013-09-03]. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2006.11.011. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0924013606009204>

HARTMAN, Emil, Ladislav LUKAVSKÝ a Bohumil SVOBODA. *Povrchové úpravy nátěrovými hmotami v nábytkářském průmyslu*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1988. ISBN 04-825-88.

HOŘEJŠ, Viktor. *Speciální nátěry*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1968. ISBN 04-701-68.

HOŠKOVÁ, Pavla, Andrea JINDROVÁ, Marie PRÁŠILOVÁ a Rudolf ZEIPPELT. *Statistika I*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2013. ISBN 978-80-213-2341-4.

HRÁZSKÝ, Jaroslav a Pavel KRÁL. *Kompozitní materiály na bázi dřeva: Část I.: Aglomerované materiály*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2007. ISBN 978-80-7375-034-3.

KALENDOVÁ, Andrea a Petr KALENDA. *Technologie nátěrových hmot I: pojiva, rozpouštědla a aditiva pro výrobu nátěrových hmot*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2004. ISBN 80-719-4691-5.

LIPTÁKOVÁ, Eva a Milan SEDLIAČIK. *Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle*. Bratislava: ALFA, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1989. ISBN 80-05-00116-9.

LUKAVSKÝ, Ladislav, Stanislav BOUŠKA a Václav FIALA. *Nátěrové hmoty - 2. díl*. [3. uprav. vyd.]. Praha: MERKUR, 1993. ISBN 80-7032-313-2.

RUŽINSKÁ, Eva. *Plasty a náterové látky v drevárskom priemysle*. Zvolene: Vydavateľstvo Technickej univerzity vo Zvolene, 2005. ISBN 80-228-1518-7.

ŠTEFKA, Vilém. *Kompozitné drevné materiály: Časť II. Technológia aglomerovaných materiálov*. 2. vyd. Technická univerzita vo Zvolene: Vydavateľstvo TU vo Zvolene, 2002. ISBN 80-228-1136-X.

ZHONG, Z.W., Salim HIZIROGLU a C.T.M. CHAN. *Measurement of the surface roughness of wood based materials used in furniture manufacture*. Measurement [online]. 2013, vol. 46, issue 4, s. 1482-1487 [cit. 2013-09-03]. DOI: 10.1016/j.measurement.2012.11.041. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0263224112004629>

## Seznam použitých norem

ČSN EN 309. *Třískové desky - Definice a klasifikace*. Praha: Český normalizační institut, 2005.

ČSN 49 0169. *Zkoušky vlastností dřevotřískových desek: Metoda zjišťování drsnosti povrchu*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1987.

ČSN 49 0211. *Drsnost povrchu výrobků ze dřeva a dřevěných materiálů*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1988.

ČSN 49 2606. *Dřevotřískové desky s jemným povrchem: Zjišťování drsnosti povrchu*. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1979.

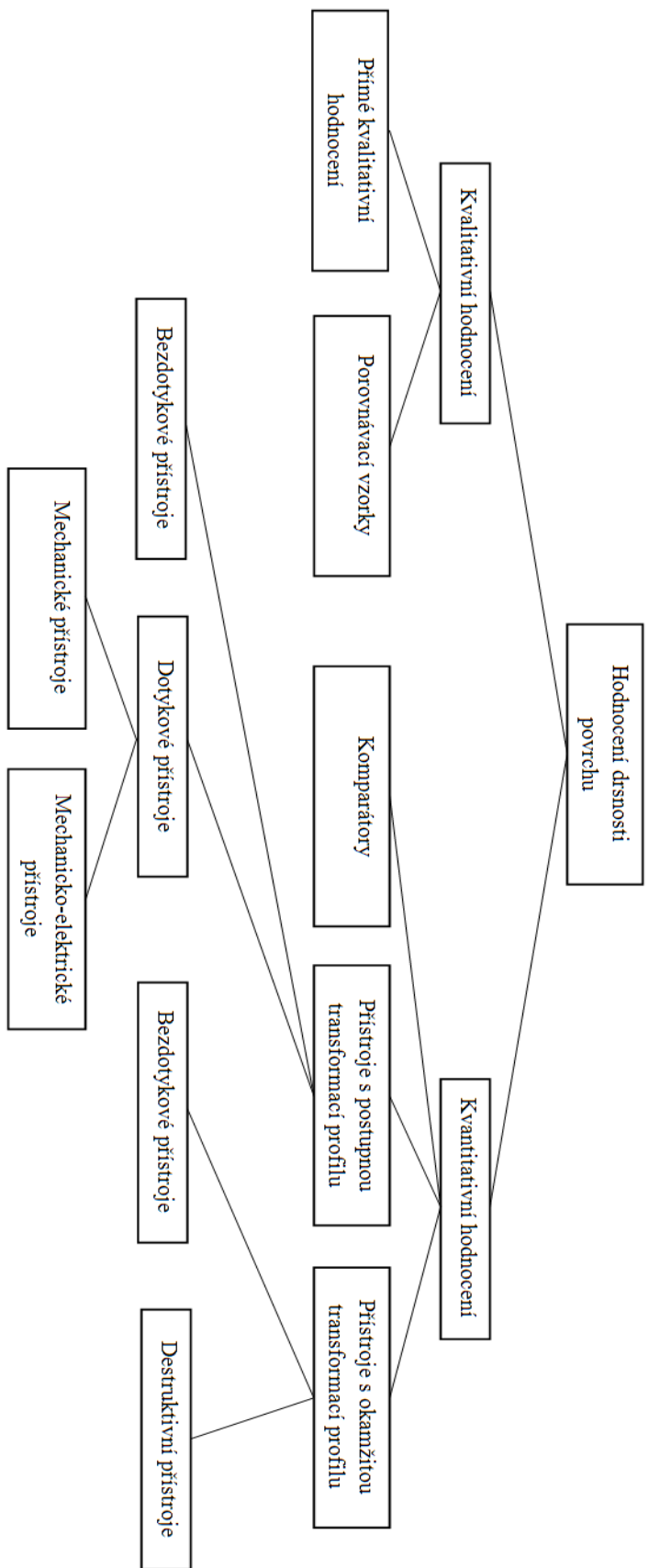
ČSN EN ISO 4287. *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 1999.

ČSN EN ISO 4288. *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Struktura povrchu: Profilová metoda – Pravidla postupy pro posuzování struktury povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 1999.

## 7 Přílohy

### Seznam příloh

Příloha 1	Metody hodnocení drsnosti povrchu .....	61
Příloha 2	Měřicí sestava.....	62
Příloha 3	Měřicí raménko .....	62
Příloha 4	Sejmutý profil.....	63
Příloha 5	Zpracovaný profil.....	63
Příloha 6	Porovnání veličiny $Ra$ na nalakovaných vzorcích od různých výrobců .....	64
Příloha 7	Porovnání veličiny $Rc$ na nalakovaných vzorcích od různých výrobců.....	64
Příloha 8	Porovnání veličiny $RSm$ na nalakovaných vzorcích od různých výrobců .....	65
Příloha 9	Charakteristiky drsnosti pro suché vzorky .....	66
Příloha 10	Charakteristiky drsnosti pro mokré vzorky .....	67
Příloha 11	Charakteristiky drsnosti pro nalakované vzorky .....	68
Příloha 12	Výsledky t-testu pro desky od 2. výrobce .....	69
Příloha 13	Výsledky t-testu pro desky od 3. výrobce .....	69
Příloha 14	Výsledky t-testu pro desky od 4. výrobce .....	69
Příloha 15	Naměřené hodnoty .....	příložené CD



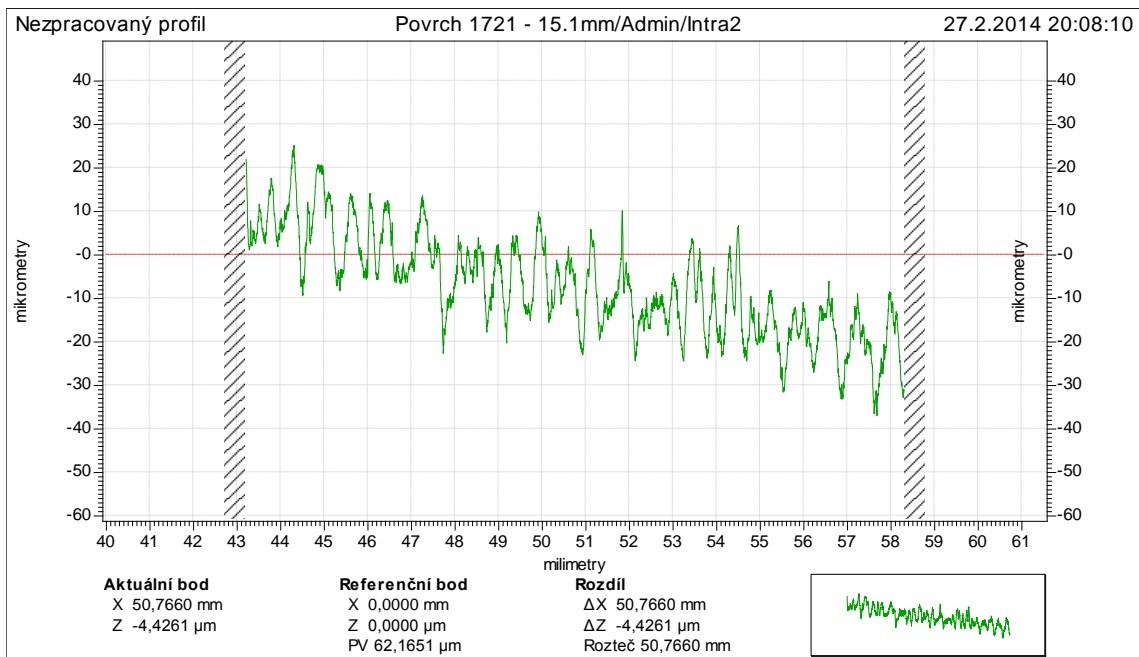
**Příloha 1 Metody hodnocení drsnosti povrchu**



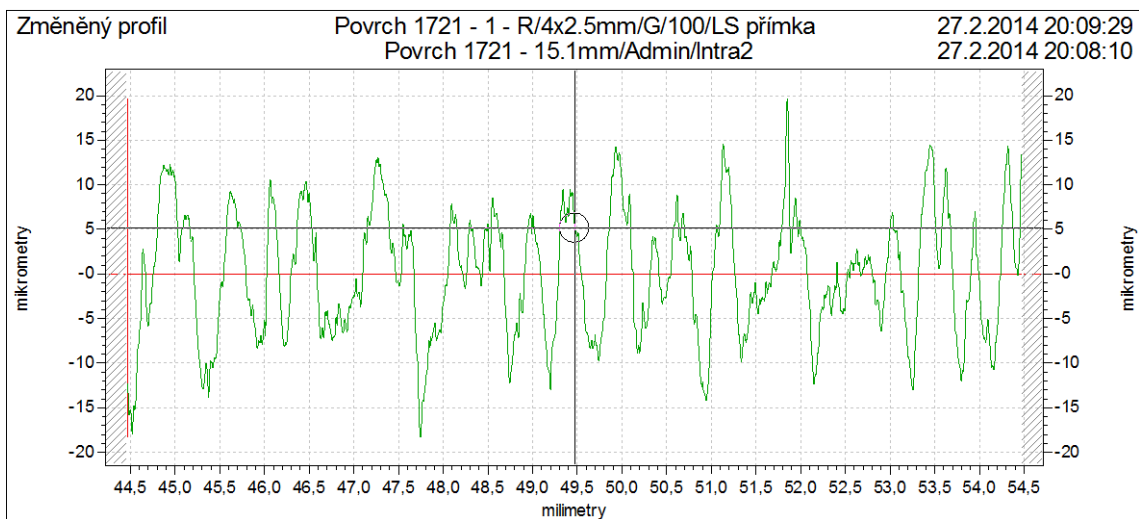
**Příloha 2 Měřicí sestava**



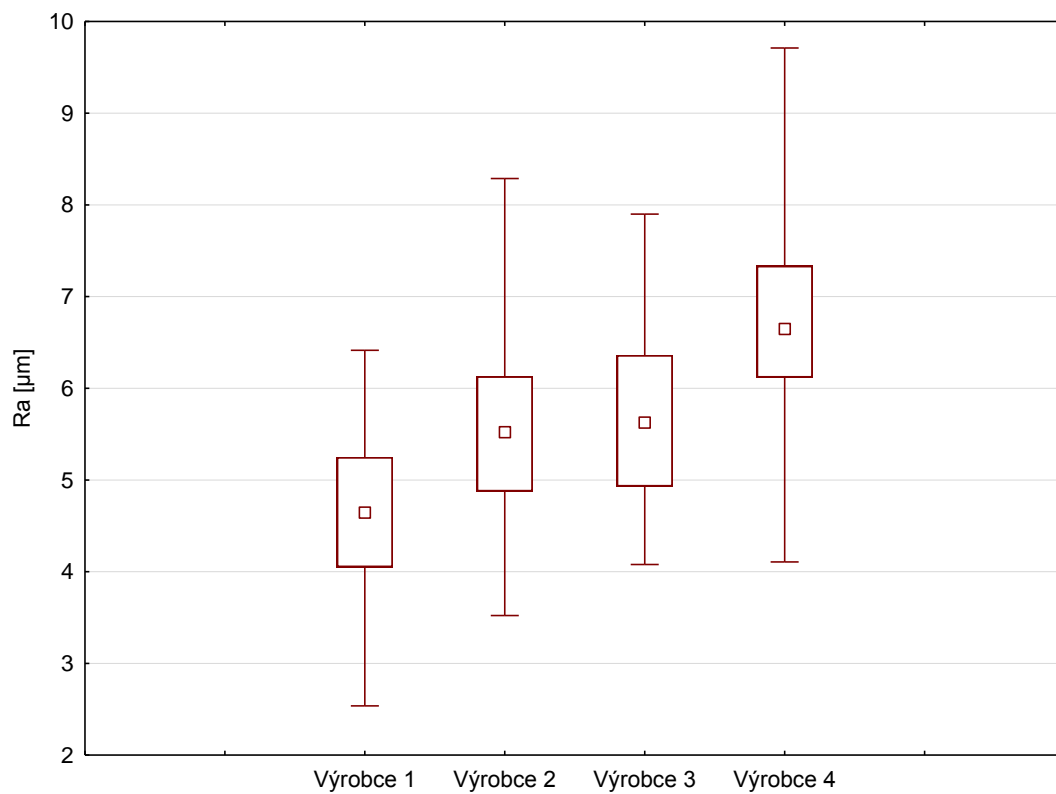
**Příloha 3 Měřicí raménko**



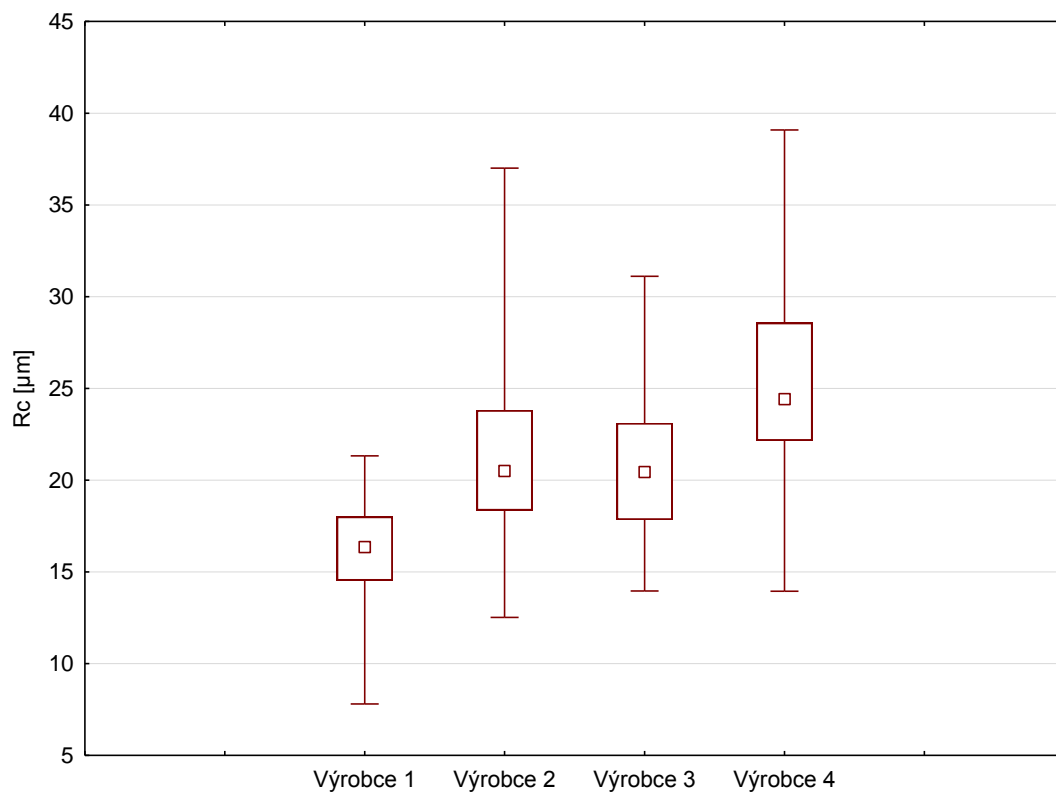
**Příloha 4 Sejmутý profil**



**Příloha 5 Zpracovaný profil**

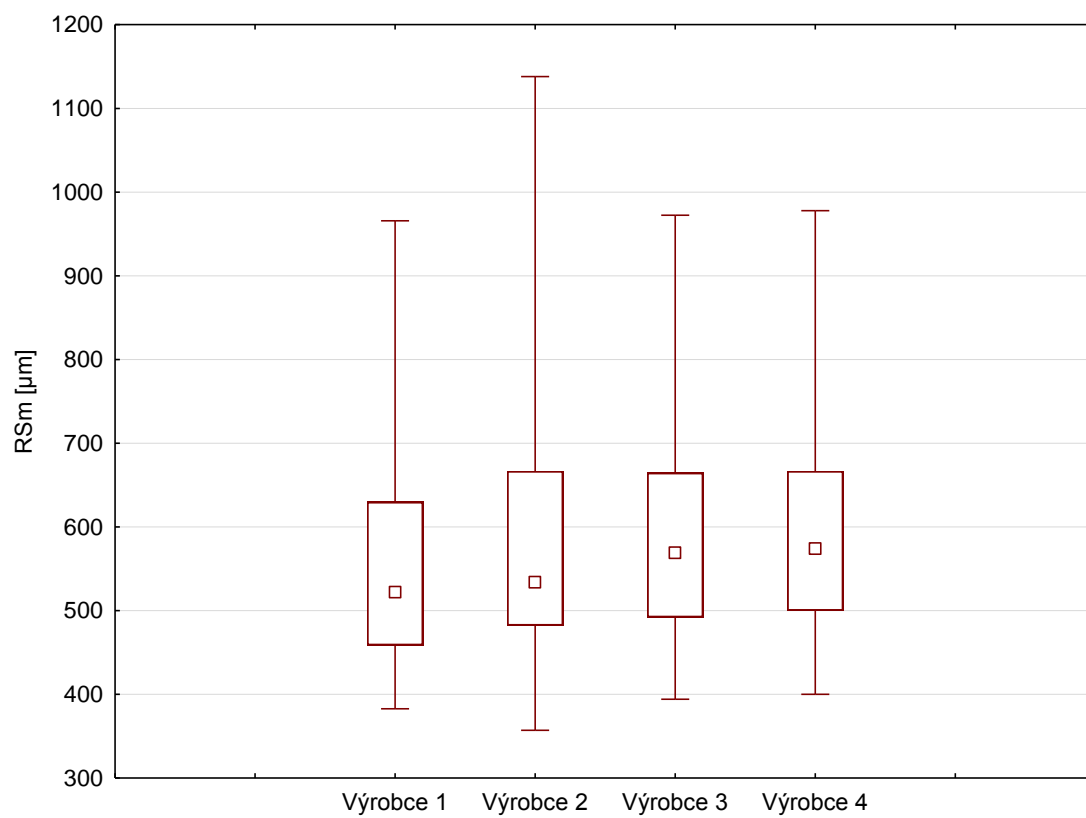


**Příloha 6 Porovnání veličiny  $R_a$  na nalakovaných vzorcích od různých výrobců**



**Příloha 7 Porovnání veličiny  $R_c$  na nalakovaných vzorcích od různých výrobců**





**Příloha 8 Porovnání veličiny  $RSm$  na nalakovaných vzorcích od různých výrobců**

**Příloha 9 Charakteristiky drsnosti pro suché vzorky**

<b>dodavatel/ strana</b>	<b>statistický ukazatel</b>	<b>Ra II [μm]</b>	<b>Rc II [μm]</b>	<b>RSm II [μm]</b>	<b>Ra # [μm]</b>	<b>Rc # [μm]</b>	<b>RSm # [μm]</b>
1/Vrchní	aritmetický průměr	4,7	16,8	308	5,2	18,2	273
	minimum	3,1	11,2	221	3,8	14,2	217
	maximum	6,6	21,8	494	7,2	24,1	400
	směrodatná odchylka	0,9	3,3	63	0,9	3,0	49
	variační koeficient [%]	18,8	19,7	20,6	16,8	16,7	17,9
1/Spodní	aritmetický průměr	5,3	18,5	316	5,5	19,3	256
	minimum	4,0	14,6	239	4,1	14,5	208
	maximum	6,7	24,0	400	7,2	23,9	309
	směrodatná odchylka	0,7	2,4	47	1,0	3,0	30
	variační koeficient [%]	13,4	13,1	14,8	17,8	15,5	11,7
2/Vrchní	aritmetický průměr	7,9	30,9	479	8,4	31,6	492
	minimum	4,1	18,2	345	5,6	20,6	333
	maximum	12,8	51,5	651	12,6	45,4	666
	směrodatná odchylka	2,3	8,3	99	1,8	6,4	91
	variační koeficient [%]	29,7	26,8	20,7	21,7	20,4	18,5
2/Spodní	aritmetický průměr	9,1	35,5	519	9,7	36,5	480
	minimum	5,5	19,6	357	5,8	19,8	321
	maximum	12,9	53,2	764	13,5	49,0	736
	směrodatná odchylka	2,1	8,9	108	2,3	9,5	110
	variační koeficient [%]	23,6	25,0	20,8	24,2	26,1	22,9
3/Vrchní	aritmetický průměr	7,6	30,7	517	8,3	30,4	410
	minimum	5,6	22,3	338	6,5	20,6	274
	maximum	10,4	47,5	894	10,7	44,5	623
	směrodatná odchylka	1,3	7,0	131	1,3	6,8	89
	variační koeficient [%]	17,6	22,7	25,4	15,3	22,2	21,7
3/Spodní	aritmetický průměr	7,1	27,6	446	8,1	28,7	383
	minimum	4,8	17,4	262	6,4	21,7	285
	maximum	9,7	41,0	726	10,2	37,9	476
	směrodatná odchylka	1,3	6,1	105	1,1	4,2	48
	variační koeficient [%]	17,9	22,1	23,5	13,6	14,6	12,4
4/Vrchní	aritmetický průměr	6,0	25,3	419	7,1	26,3	371
	minimum	3,0	13,0	274	4,9	18,3	278
	maximum	9,5	36,9	703	10,5	36,2	568
	směrodatná odchylka	1,5	6,5	117	1,6	5,1	71
	variační koeficient [%]	25,8	25,7	27,8	23,1	19,3	19,1
4/Spodní	aritmetický průměr	6,2	27,4	431	6,1	26,1	465
	minimum	3,9	14,7	234	3,8	16,7	305
	maximum	10,3	48,6	578	11,5	52,1	857
	směrodatná odchylka	1,8	8,3	86	2,1	10,1	142
	variační koeficient [%]	28,9	30,2	19,9	35,1	38,6	30,5

**Příloha 10 Charakteristiky drsnosti pro mokré vzorky**

<b>dodavatel/ strana</b>	<b>statistický ukazatel</b>	<b>Ra II [μm]</b>	<b>Rc II [μm]</b>	<b>RSm II [μm]</b>	<b>Ra # [μm]</b>	<b>Rc # [μm]</b>	<b>RSm # [μm]</b>
1/Vrchní	aritmetický průměr	13,8	48,6	1059	13,8	49,4	865
	minimum	11,1	37,2	862	10,9	36,5	657
	maximum	17,2	65,8	1333	16,7	62,3	1143
	směrodatná odchylka	1,6	6,4	147	1,4	6,0	131
	variační koeficient [%]	11,5	13,1	13,9	10,3	12,1	15,2
1/Spodní	aritmetický průměr	12,5	43,6	891	13,2	46,7	793
	minimum	11,0	36,8	696	11,3	36,8	570
	maximum	15,8	55,5	1091	16,3	56,2	1143
	směrodatná odchylka	1,4	5,1	121	1,4	5,3	142
	variační koeficient [%]	10,9	11,6	13,6	10,6	11,3	17,9
2/Vrchní	aritmetický průměr	23,8	84,9	1661	23,9	81,6	1449
	minimum	19,5	66,0	1224	18,9	65,6	1103
	maximum	29,7	108,3	2611	26,9	97,8	2014
	směrodatná odchylka	2,2	10,5	356	2,2	8,0	224
	variační koeficient [%]	9,2	12,4	21,4	9,2	9,9	15,5
2/Spodní	aritmetický průměr	22,8	80,2	1533	25,2	87,4	1620
	minimum	20,1	58,3	1101	21,3	70,2	1103
	maximum	25,1	104,9	1931	30,7	120,3	2301
	směrodatná odchylka	1,5	10,4	245	2,7	14,6	320
	variační koeficient [%]	6,8	13,0	16,0	10,5	16,7	19,7
3/Vrchní	aritmetický průměr	19,9	71,5	1082	20,1	72,3	987
	minimum	16,8	56,0	817	16,8	60,3	794
	maximum	23,4	80,2	1410	25,4	94,6	1381
	směrodatná odchylka	2,1	7,6	150	2,1	8,1	153
	variační koeficient [%]	10,6	10,7	13,9	10,6	11,3	15,5
3/Spodní	aritmetický průměr	23,3	83,5	1347	22,5	81,7	1122
	minimum	16,2	56,4	914	18,0	56,7	811
	maximum	30,3	118,0	1734	29,2	115,9	1524
	směrodatná odchylka	3,9	16,2	232	3,0	14,1	231
	variační koeficient [%]	16,7	19,4	17,2	13,4	17,3	20,6
4/Vrchní	aritmetický průměr	21,0	76,4	1399	21,8	75,2	1200
	minimum	11,9	43,7	941	17,0	51,9	848
	maximum	30,9	117,1	1775	30,2	102,1	1483
	směrodatná odchylka	4,8	18,6	256	3,3	10,8	181
	variační koeficient [%]	22,9	24,3	18,3	15,1	14,3	15,1
4/Spodní	aritmetický průměr	20,9	73,9	1301	20,6	75,5	1386
	minimum	13,9	49,9	821	14,4	49,2	993
	maximum	28,2	112,6	2000	28,4	118,2	1871
	směrodatná odchylka	3,5	16,7	315	3,1	15,0	260
	variační koeficient [%]	16,9	22,5	24,2	15,1	19,9	18,8

Příloha 11 Charakteristiky drsnosti pro nalakované vzorky

dodavatel/ strana	statistický ukazatel	Ra II [μm]	Rc II [μm]	RSm II [μm]	Ra # [μm]	Rc # [μm]	RSm # [μm]
1/Vrchní	aritmetický průměr	5,3	18,4	521	4,6	15,6	697
	minimum	4,7	16,9	460	3,9	13,1	581
	maximum	5,7	21,2	577	5,5	17,5	806
	směrodatná odchylka	0,5	1,9	48	0,7	1,9	97
	variační koeficient [%]	9,2	10,3	9,2	15,9	12,0	13,9
1/Spodní	aritmetický průměr	5,1	17,2	480	4,2	15,5	664
	minimum	4,4	15,1	383	3,5	11,0	385
	maximum	6,4	21,3	660	5,5	21,3	893
	směrodatná odchylka	0,6	2,1	75	0,6	3,0	135
	variační koeficient [%]	11,8	11,9	15,5	13,1	19,4	20,4
2/Vrchní	aritmetický průměr	5,5	20,4	475	5,2	20,8	666
	minimum	4,5	14,7	357	4,0	14,0	490
	maximum	7,1	29,8	592	6,8	26,1	909
	směrodatná odchylka	0,6	3,5	60	0,8	3,6	123
	variační koeficient [%]	11,7	17,4	12,6	16,3	17,5	18,5
2/Spodní	aritmetický průměr	6,0	21,8	480	5,4	23,3	736
	minimum	4,8	16,4	385	3,5	12,5	511
	maximum	8,2	35,4	567	8,3	37,0	1138
	směrodatná odchylka	0,8	4,7	46	1,2	6,5	170
	variační koeficient [%]	14,0	21,4	9,5	22,4	27,7	23,1
3/Vrchní	aritmetický průměr	6,4	22,6	528	5,5	21,1	698
	minimum	5,2	18,3	448	4,4	15,8	510
	maximum	7,9	29,2	653	6,8	31,1	972
	směrodatná odchylka	0,7	2,5	57	0,7	4,2	120
	variační koeficient [%]	10,2	11,0	10,8	12,9	20,0	17,2
3/Spodní	aritmetický průměr	5,8	20,3	496	5,0	19,2	661
	minimum	4,3	15,2	394	4,1	14,0	409
	maximum	7,4	29,1	625	7,4	31,0	876
	směrodatná odchylka	0,8	3,5	65	0,9	4,3	131
	variační koeficient [%]	14,6	17,1	13,2	17,0	22,2	19,8
4/Vrchní	aritmetický průměr	6,8	24,7	493	6,3	24,4	708
	minimum	5,2	16,8	431	4,8	16,2	547
	maximum	8,3	38,7	556	7,9	33,8	978
	směrodatná odchylka	0,8	4,9	38	0,7	4,6	117
	variační koeficient [%]	12,4	20,0	7,6	11,9	18,8	16,5
4/Spodní	aritmetický průměr	7,4	27,6	542	6,4	24,7	659
	minimum	5,5	18,6	400	4,1	13,9	500
	maximum	9,6	38,4	709	9,7	39,1	896
	směrodatná odchylka	1,1	5,3	76	1,4	6,7	116
	variační koeficient [%]	14,7	19,1	14,1	21,4	27,2	17,7

**Příloha 12 Výsledky t-testu pro desky od 2. výrobce**

	<i>Ra</i>	<i>Rc</i>	<i>RSm</i>
<b>1</b>	> <sup>3</sup>	>	=
<b>3</b>	=	=	=
<b>4</b>	<	<	=

**Příloha 13 Výsledky t-testu pro desky od 3. výrobce**

	<i>Ra</i>	<i>Rc</i>	<i>RSm</i>
<b>1</b>	>	>	=
<b>2</b>	=	=	=
<b>4</b>	<	<	=

**Příloha 14 Výsledky t-testu pro desky od 4. výrobce**

	<i>Ra</i>	<i>Rc</i>	<i>RSm</i>
<b>1</b>	>	>	>
<b>2</b>	>	>	=
<b>3</b>	>	>	=

---

<sup>3</sup> Pro interpretaci znamének v příloze 12 – 14 platí stejná konvence, jako v tabulce 7.