

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE**

FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ



**Vliv vlhkosti na drsnost povrchu dřevovláknitých
desek (MDF)**

Diplomová práce

Autor diplomové práce: Luboš Červený

Vedoucí bakalářské práce: Doc. Ing. Martin Böhm PhD

© Praha 2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Červený Luboš

Dřevařské inženýrství

Název práce

Vliv vlhkosti na drsnost povrchu dřevovláknitých desek (MDF)

Anglický název

The influence of moisture content on the surface roughness of medium density fiberboard (MDF)

Cíle práce

Hlavním cílem práce je zjištění hodnot drsnosti povrchu dřevovláknitých desek se střední hustotou (MDF) při různé vlhkosti prostředí. Dílčím cílem práce je vyhodnocení naměřených hodnot a určení vlivu vlhkosti při následné aplikaci povrchové úpravy. Dále pak zhodnocení vlivu jednotlivých parametrů MDF, které drsnost povrchu ovlivňují.

Metodika

1. Vytvoření osnovy a časového harmonogramu zpracování DP
2. Podrobné prostudování uvedené problematiky a metodiky měření drsnosti
3. Vypracování literární rešerše, popis metod měření drsnosti a ovlivňujících faktorů
4. Výběr vhodných podmínek prostředí pro experimentální měření takovým způsobem, aby bylo možné porovnání vlivu vlhkosti
5. Provedení zkušebních měření dle časového harmonogramu
7. Vyhodnocení zjištěných výsledků měření drsnosti
8. Dokončení a odevzdání práce v tištěné i elektronické podobě (součástí diplomové práce je abstrakt a klíčová slova v českém a světovém jazyce – angličtině).

Harmonogram zpracování

- 2/2013 - zadání diplomové práce
- 3/2013 - 9/2013 - zpracování literární rešerše
- 10/2013 - 1/2014 - provedení zkušebních měření
- 2/2014 - 3/2014 - vyhodnocování naměřených dat a průběžné zpracovávání výsledků
- 31. 3. 2014 - odevzdání práce ke kontrole vedoucímu
- 20. 4. 2014 - odevzdání práce v tištěné i elektronické podobě

Rozsah textové části

textová část 40-60 stran, přílohy 5-15 stran

Klíčová slova

drsnost, dřevovláknité desky, MDF, vibkost

Doporučené zdroje informací

DOLEŽAL, J. Matematickostatistické metody v dřevařském průmyslu. 1. vyd. Praha: Vyzkumný a vývojový ústav dřevařský, SNTL – Nakladatelství technické literatury, Středisko interních publikací, 1973. 130 s. ISBN 80-7203-254-2.

GANDELOVÁ L., HORÁČEK P., ŠLEZINGEROVÁ J. Nauka o dřevě. 3. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009. 176 s. ISBN 978-80-7375-312-2.

HRÁZSKÝ, J., KHÁL, P. Technologie výroby aglomerovaných materiálů. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2000. 218 s. ISBN 80-7157-428-7.

KOLLMANN, F.; KUENZI, E. W.; STAMM, A. J. Principles of wood science and technology: Wood based materials. 3. vyd. Berlin: Springer, 1975. 703 s. ISBN 978-3-540-06467-1.

Příslušné normy ISO ČSN EN a vědecké články na dané téma z databází dostupných z <http://infozdroje.slc.czu.cz/>.

Vedoucí práce

Böhm Martin, doc. Ing., Ph.D.

Termín odevzdání

duben 2014

Elektronicky schváleno dne 6.8.2013

doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7.8.2013

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma „Vliv vlhkosti na drsnost povrchu dřevovláknitých desek (MDF)“ vypracoval samostatně pod vedením Doc. Ing. Martina Böhma, Ph.D., a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové 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

.....

.....

Luboš Červený

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Doc. Ing. Martinu Böhmovi, Ph.D. za odborné rady, ochotu, cenné připomínky, odborné vedení a strávený čas, který mi věnoval při tvorbě mé diplomové práce; svým kolegům, kteří mi umožnili, abych v laboratoři mohl uskutečnit praktické měření drsnosti povrchu. Také bych rád poděkoval Augustinu Červenému, svému dědovi, který mi byl oporou a v neposlední řadě bych chtěl poděkovat celé své rodině za finanční a morální podporu, a to nejen při tvorbě mé diplomové práce, ale i při celém mém studiu.

V Praze, dne

.....

.....

Luboš Červený

Abstrakt:

Tato diplomová práce se zabývá měřením drsnosti povrchu MDF desek a faktory působícími na kvalitu povrchové úpravy v závislosti na měnící se vlhkosti. Práce zahrnuje úvod do problematiky drsnosti povrchu, jednotlivé pojmy s tímto problémem spojené, jeho měření a vyhodnocení zjištěných dat. Dále popisuje výrobní činitele a vlastnosti ovlivňující tvorbu povrchu desek MDF.

Hlavní problematikou studie je zhodnocení změny drsnosti povrchu MDF desek při měnící se vlhkosti. Ke studii byly zvoleny barevné 18mm silné MDF desky, ustálené na rovnovážnou vlhkost při 25% a 65% relativní vlhkosti vzduchu a teplotě 20°C, dále byly měřeny po 2 hodinách plovoucích na vodní hladině a po 12 hodinách ponořených ve vodě. Při posledním pátém měření byly vzorky vysušeny na nulovou vlhkost při 103 °C. Pro samotné měření byl zvolen drsnoměr Form Talysurf Series Intra 2, který školní laboratoř vlastní. Dílčím cílem práce je vliv vlhkosti na povrchovou úpravu.

Výsledkem zkoumání je míra změny drsnosti povrchů při jednotlivých vlhkostech a teoretické zhodnocení vlivu vlhkosti při následném užití povrchové úpravy.

Klíčová slova:

Drsnost, dřevovláknité desky, MDF, vlhkost

Abstract:

This thesis deals with the measurement of hardship of MDF sheets and the factors effecting the quality of the surface in context of changing moisture. The text contains an introduction in the subject of surface hardship, terms connected to this issue, its measurement and data analysis. Furthermore it describes the fabrication factors and the property affecting the surface of MDF sheets.

The main issue of the text is the analysis of the influence of moisture on MDF sheets. Coloured 18mm strong MDF sheets were chosen for the study, formed for static moisture of 25% and 65% of relative atmospheric humidity and a temperature of 20°C,

further they were measured after 2 hours swimming on water surface and after 12 hours under water. For the last fifth measurement, the plates were dried to null-moisture at 103 °C. For the measurement a Form Talysurf Series Intra 2 gauge was used. The aim of the study was the influence of moisture on surfaces.

The result of the work is the extent of hardness-changing of surfaces at particular moistures and the theoretic analysis of this extent.

Key words:

Hardship, Fiberboard, MDF, moisture

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce.....	2
3	Drsnost povrchu.....	3
3.1	Definice a význam.....	3
3.2	Normované pojmy zabývající se drsností povrchu	4
3.2.1	Povrch materiálu.....	4
3.2.2	Rozlišení druhů povrchů	5
3.2.3	Rozlišení úchylek od jmenovitého povrchu	5
3.2.4	Systémy vyhodnocování povrchu tuhých látek.....	6
3.3	Obecné pojmy drsnosti povrchu.....	8
3.4	Parametry charakterizující drsnost povrchu v systému M	11
3.4.1	Výškové charakteristiky drsnosti profilu	11
3.4.2	Charakteristika drsnosti povrchu v podélném směru profilu	13
3.5	Měření drsnosti povrchu	14
3.5.1	Metody určování povrchu	14
4	MDF Desky	19
4.1	Dřevovláknité desky.....	19
4.2	Historie MDF desek	19
4.3	Užití MDF desek	20
4.4	Vlastnosti MDF desek.....	20
4.5	Technologický postup výroby MDF desek suchým způsobem	20
4.5.1	Surovina.....	21
4.5.2	Skladování suroviny	21
4.5.3	Úprava suroviny	21
4.5.4	Rozvláknění suroviny.....	22
4.5.5	Nános lepidla a ostatních pomocných chemických látek.....	24
4.5.6	Sušení vlákna.....	24
4.5.7	Skladování vlákna	24
4.5.8	Nanášení vláknitého koberce.....	25
4.5.9	Předlisování desek.....	25

4.5.10	Lisování desek.....	25
4.5.11	Ochlazování desek.....	26
4.5.12	Formátování desek	26
4.5.13	Klimatizace desek.....	26
4.5.14	Povrchová úprava desek.....	26
4.5.15	Kontrola kvality desek.....	26
4.6	Faktory ovlivňující drsnost povrchu MDF desek.....	27
4.6.1	Vlastnosti MDF desek ovlivňující drsnost povrchu	28
4.6.2	Atmosférická degradace povrchu MDF desek	29
4.6.3	Vliv nástrojů při opracování na drsnost povrchu MDF desek.....	30
4.6.4	Technologické vlivy na drsnost.....	33
4.7	Povrchové dokončení MDF desek	34
4.7.1	Tmelení.....	34
4.7.2	Leštění	34
4.7.3	Dokončení povrchu nátěrovými hmotami.....	34
4.7.4	Olepování ploch MDF desek.....	35
4.8	Vliv vlhkosti při užití povrchové úpravy	36
5	Měření drsnosti povrchu MDF desek.....	39
5.1	Zajištění a příprava vzorků.....	39
5.2	Postup měření dotykovým drsnoměrem.....	39
5.3	Požadavky na měřicí profiloměry (viz norma ČSN 49 0231).....	40
5.4	Postup měření přístrojem Form Talysurf Series Intra 2.....	41
5.4.1	Seznámení s přístrojem	41
5.4.2	Zásady při měření.....	41
5.4.3	Příprava před měřením	42
5.4.4	Postup měření	42
6	Zhodnocení naměřených výsledků a diskuze	44
6.1	Vyjádření hodnot Ra- průměrná aritmetická odchylka profilu	44
6.1.1	Statistické ukazatele pro Ra	44
6.1.2	Porovnání výsledků jednotlivých prostředí.....	45
6.1.3	Porovnání výsledků Ra s jednotlivými druhy prostředí	46
6.1.4	Korelace a regrese Ra.....	48

6.2	Statistické ukazatele pro Rc	49
6.3	Statistické ukazatele pro RSm.....	51
7	Závěr.....	53
	Seznam použité literatury.....	55
	Seznam internetových odkazů	57
	Seznam norem.....	58
	Seznam zkratk	58
	Seznam příloh	59
	Přílohy.....	60

Seznam obrázků

Obr. 1 - Makro a mikro nerovnost	3
Obr. 2 – Schéma systému obalové čáry	7
Obr. 3 – Základní parametry systému M.....	8
Obr. 4 - Střední aritmetická čára profilu m.....	10
Obr. 5 – Vyjádření výšky výstupků a hloubky prohlubní.....	11
Obr. 6 – Maximální výška nerovnosti R_{max} a hodnota R_a	12
Obr. 7 – Odchylka R_z , schéma výpočtu	12
Obr. 8- Průměrná výška prvků profilu	13
Obr. 9 - Horizontální charakteristika profilu	14
Obr. 11 - Úchylkoměr s dosedací ploškou.....	17
Obr. 10 - Úchylkoměr posuvný ve vedení	17
Obr. 12 – Schéma principu měření drsnosti povrchu Schmatzovým podvojným mikroskopem	17
Obr. 14 - Schéma rozvlákňovacího zařízení typu Defibrator-Rafinér	23
Obr. 15- Doporučené hodnoty úhlů při strojním obrábění MDF.....	32
Obr. 16 - Drsnoměr: Form Talysurf Series Intra 2	41
Obr. 17 -Střední hodnota.....	43
Obr. 18- Porovnání středních hodnot R_a	45
Obr. 19- Krabicový graf hodnoty R_a	46
Obr. 20 - Korelace a Regrese R_a	48
Obr. 21 - Krabicový graf hodnoty R_c	50
Obr. 22 - Krabicový graf hodnoty R_{Sm}	52

Seznam tabulek

Tab. 1- Druhy úchylek obrobeného povrchu	6
Tab. 2- Základní délky drsnosti pro měření.....	40
Tab. 3- Statistické ukazatele R_a	44
Tab. 4 - Porovnání středních hodnot R_c	49
Tab. 5 - Porovnání středních hodnot R_{Sm}	51

1 Úvod

Hlavním úkolem této diplomové práce je zjištění hodnot drsnosti povrchu MDF desek při různé vlhkosti prostředí, jejich měření, zhodnocení výsledků a faktorů, které tuto fyzikální vlastnost ovlivňují. Dílčím cílem je teoretické zhodnocení vlivu vlhkosti při užití povrchové úpravy.

Drsnost povrchu MDF desek je důležitým parametrem, který ovlivňuje volbu povrchové úpravy či volbu dalšího zpracování a celkového využití v dřevozpracujícím průmyslu. Dřevovláknitá deska se střední hustotou (MDF) je aglomerovaný materiál homogenního průřezu, který se používá hlavně v nábytkářství například jako dvířkovina a vyznačuje se svou homogenností v celém jejím průřezu. Tímto je umožněno profilové frézování nejen hran, ale i ploch.

2 Cíl práce

Cílem této diplomové práce je zjištění, zpracování a vyhodnocení hodnot drsnosti povrchu MDF desek při různé vlhkosti prostředí. Dílčím cílem je určení vlivu vlhkosti při užití povrchové úpravy. Dále shrnutí faktorů ovlivňující drsnost MDF desek a zásad, které vznik kvalitního povrchu podmiňují.

Práce má za cíl seznámit čtenáře s problematikou drsnosti MDF desek, vysvětlit způsob měření povrchové drsnosti a objasnit i nepatrné vlivy, které mohou významně tuto vlastnost ovlivnit. V práci jsou uvedené technologické postupy zahrnující i doporučené způsoby manipulace a problémy, které s výrobou MDF desek souvisejí.

Oblast zpracování dřevovláknitých desek se střední hustotou (MDF) je velice podstatné odvětví, při kterém vzniká sortiment, využívaný převážně v nábytkářství. Jedním z důležitých parametrů pro kvalitní povrchovou úpravu je právě drsnost. A proto jsem se rozhodl tímto problémem zabývat.

3 Drsnost povrchu

Drsnost (jakost) povrchu je v současné době podstatnou a velice žádanou veličinou. V závislosti na drsnosti se rozhoduje, jaké technologické operace při opracování výrobku zvolíme, taktéž ovlivňuje kvalitu povrchových úprav, což souvisí s ekonomičností, dokonce i s hořlavostí. Koneckonců je jedním z faktorů, které rozhodují o ceně výrobku.

3.1 Definice a význam

O drsnosti se hovoří jako o souhrnu nerovností povrchu s relativně malou vzdáleností, tyto nerovnosti vznikají při výrobě nebo vlivem výroby. Drsnost je velice často provázena různými nepravidelnostmi povrchu, vlnitostí, která se v kolmém řezu projeví jako pravidelně nebo alespoň několikrát za sebou se opakující charakteristická složka nerovností, obsahující délku vlny delší než největší hloubku. Povrch je tvořen mnoha faktory, obzvláště druhem materiálu a způsobem opracování (Tykal, 1972).

I nejpečlivěji obroběný povrch vykazuje určitou drsnost nebo vlnitost. Drsnost povrchu způsobují mikro/makroskopické prohlubeniny, vytrhaná vlákna, chlupatost, vlnky a trhliny způsobené nástrojem (Obr.1.). Drsnost i vlnitost tvoří velmi malé odchylky od ideálně rovné plochy, velké odchylky od ideálně rovné plochy tvoří úchytky rozměrů a tvarů (Prokeš 1978).

Obr. 1 - Makro a mikro nerovnost



Zdroj: Kminiak (2007)

Obráběním materiálu se docílí nového povrchu o daných vlastnostech. Vzniklý povrch je charakterizován určitými parametry – úchytky jsou zobrazeny v tabulce (Tab.1.).

Drsnost povrchu se týká i povrchové úpravy dřevěných elementů. Hladké povrchy nevyžadují mnoho nátěru na krytí, nátěr navíc získá lepší vlastnosti (Richter, 1995). Dle Fausta (1987), může drsná plocha snižovat kvalitu lepeného spoje. Němec (1986) uvádí, že zvýšená drsnost do určité míry zlepšuje pevnost lepeného spoje, ale od té určité míry pak klesá. Hladkost povrchu ovlivňuje potřebné množství nátěrové hmoty a kvalitu filmu. V případě, že jde o povrchovou úpravu vysokým leskem, pigmentovými nároky atd. jsou na hladkost

povrchu kladeny vyšší nároky. Drsnější povrch se částečně ztrácí v matném povrchu, tvarových dílcích atd. Pro povrchové úpravy obecně platí, že čím hladší povrch máme, tím méně nátěrové hmoty spotřebujeme, musíme méně brousit a leštit, tedy máme s povrchovou úpravou i méně práce a vyšší kvalitu filmu.

3.2 Normované pojmy zabývající se drsností povrchu

3.2.1 Povrch materiálu

Povrch se dá pojímat jako systém nerovností na povrchu tuhých látek oddělujících látku od okolního prostředí, které jsou výsledkem dodatečné úpravy a vnitřní struktury. Povrch materiálu tvoří vzájemné působení geometrických a kinematických faktorů. Vlivy, které působí na tvorbu povrchu, se budeme zabývat dále. Povrchy se mohou rozdělit na vnitřní a vnější, důležitým parametrem povrchu materiálů na bázi dřeva je zejména jejich drsnost (*Liptáková, 1998*).

Vnější povrch

Externí povrch MDF může být tedy definován jako plocha oddělující těleso od okolního prostředí. Geometrie povrchu MDF je výsledkem nerovností mikroskopických, makroskopických a submikroskopických rozměrů. (*Liptáková, 1998*).

V ideální situaci by mechanické opracování nezanechalo na povrchu materiálu žádné stopy (Příloha.1.). K tomu by mohlo dojít v případě, kdy bychom dosáhli absolutně tuhého nástroje, stroje i materiálu. V případě MDF je to výsledek nástroje a struktury MDF. Z toho vyplývá, že prakticky nemůžeme (z fyzikálního hlediska) sestrojít absolutně hladký povrch. Geometrie reálného povrchu je výsledek interakce pracovního nástroje a struktury daného materiálu (Příloha.1). (*Liptáková, 1998*).

Vnitřní povrch

Vnitřní povrch vyjadřuje prázdné prostory v materiálu, které jsou důsledkem kladení dřevního elementu, jeho velikostí, mírou lisování atd. (*Liptáková, 1998*).

3.2.2 Rozlišení druhů povrchů

Geometrický (jmenovitý, ideální) povrch - Je charakterizován výkresovou nebo jinou technickou dokumentací. Jsou od něj vyhodnocovány veličiny drsnosti povrchu (Příloha.2.) (Liptáková, 1998).

Skutečný (primární) povrch - Je vždy odlišný od jmenovitého povrchu. Odděluje těleso od okolního prostředí (Příloha.2.) (Le Ba Thiep, 1986; Liptáková, 1998).

Základní povrch – Vyhodnocují se od něj veličiny drsnosti povrchu.

Zjištěný (efektivní) povrch - Je výsledkem konkrétního způsobu měření a přibližně zobrazuje skutečný povrch. Klasické zjišťování nerovnosti povrchu vychází z měření skutečného povrchu od jmenovitého povrchu (Liptáková, 1998).

3.2.3 Rozlišení úchylek od jmenovitého povrchu

Úchylky je možné kvalitativně klasifikovat níže uvedeným způsobem. Návaznost drsnosti a vlnitosti na úchylky tvaru znázorňuje tabulka č.1. (Le Ba Thiep, 1986).


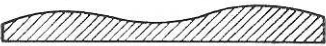
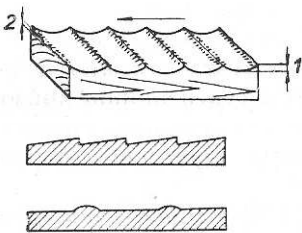
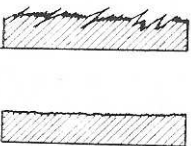


Bumbálek (1985) popisuje úchylky tvaru obdobně:

Odchylka 1. řádu- Představuje makro geometrické defekty v celém povrchu. Je také označována jako *odchylka od geometrického tvaru*.

Odchylka 2. řádu - Vlnitost. Vzniká z nedokonalého chodu strojového zařízení. Je také nazývána *sekundární textura* povrchu.

Odchylka 3. řádu - Drsnost. Jedná se o výsledek dodatečné úpravy povrchu a vnitřní stavby materiálu. Také se nazývá *primární textura*.

Tab. 1- Druhy úchylek obrobeneho povrchu

Řád	Druh úchyly	Znázornění úchyly	Příčiny vzniku úchyly
1	Úchyly tvaru (rovinnosti, kruhovitosti, rovnoběžnosti)		Špatné upnutí, prohnutí obrobku, chyby ve vedení stroje, průhyb vlivem pnutí v materiálu.
2	Vlnitost (vlny)		Chvění stroje, nástroje, nesprávné upnutí, zabíhání pilového listu apod. (vzdálenost vrcholů vlny je nejméně několika násobkem posuvu na otáčku nebo zdvih).
3	Drsnost - (vlnky žlábků rýhy)		Kinematické nerovnosti soustruženého, frézovaného povrchu (1), společně s drsností 4. (2). Rýhy (vlivem vychylek, chvění,...) pilových listů, kotoučů, vrtáků. Stopy po jednotlivých řezných klínech.
4	Drsnost (rýhy vrcholky vytrhané, špatně oddělené jednotlivá vlákna, či svazky vláken)		Vlnitost obrobku, neúplné oddělování třísek. Chlupatost povrchu. Drsnost po broušení (pozůstatky po brusných zrnech), drobné vytrhání apod.
5	Drsnost		Mikroskopická struktura materiálu.
1 až 4	Kombinace		Kombinace úchylek povrchu 1 až 4. U pevných těles je typická kombinace výše uvedených úchylek.

Zdroj: Prokeš (1978)

3.2.4 Systémy vyhodnocování povrchu tuhých látek

Aby bylo možné provést kvantitativní hodnocení povrchu, je třeba stanovit podmínky, během nichž dojde k definování těchto parametrů (Tykal, 1972).

Pro detailní zkoumání nerovností na povrchu obrobků je důležité oddělit od sebe jejich jednotlivé složky, které jsou vytvářeny úchylkami tvaru, vlnitostí a drsností. V praxi se oddělení drsnosti od vlnitosti provádí stanovením základní čáry, která se posléze využije jako základna pro určení číselných hodnot drsnosti (Le Ba Thiep, 1986).

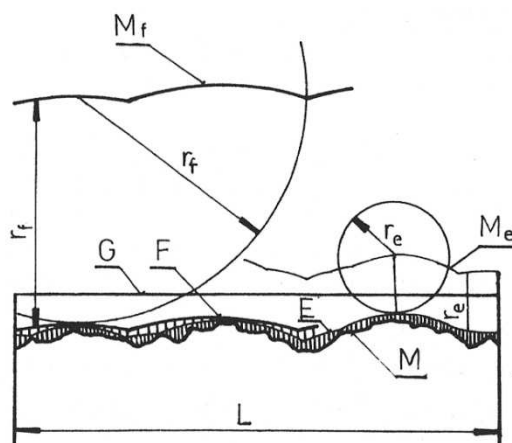
Pro mezinárodní měření se vyhodnocování povrchu tuhých látek provádí dvěma systémy (Liptáková, 1998):

1) Systém obalové čáry - systém E (envelope)

U systému E se eliminace vlnitosti provádí geometricky. Oddělení vlnitosti od drsnosti je regulováno výběrem správného souboru poloměrů zaoblení opěrných patek nahrazujících odvalování kružnice (koule) (Le Ba Thiep, 1986).

Liptáková (1998) tento systém popisuje takto: Kružnice s poloměrem r se kutálí po měřeném povrchu. Křivka, která opisuje střed kružnice M_f s poloměrem r_f (250 mm), posunutá kolmým směrem na geometrický profil tak, aby se dotýkala nejvyšších nerovností, nazývá se tvarová křivka profilu (profil F). Podobným způsobem pracuje kružnice M_e s menším poloměrem r_e (25 mm), viz obalová křivka (profilu E). Tento výpočetní systém využívá obalovou čáru jako základnu dle schématu na obr.2.

Obr. 2 – Schéma systému obalové čáry



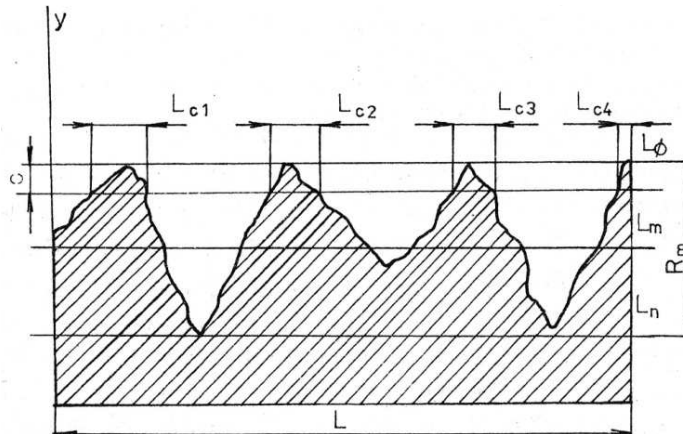
G – ideální geometrický povrch, F – tvarová křivka profilu, E – obalová křivka profilu, M – měřený profil, M_f – křivka opsaná středem kružnice s poloměrem r_f , M_e – křivka opsaná středem kružnice s poloměrem r_e , L – rozestup nerovností

Zdroj: Liptáková (1998)

2) Systém střední čáry profilu – systém M (mein line)

Tento systém je tvořen střední čarou m a dvěma rovnoběžně vedenými referenčními čarami L_1 , L_2 v měřeném úseku l . Je to výpočetní systém, u kterého byla přijata za základnu střední čára profilu (Bumbálek, 1985). Dle schématu na obr.3.

Obr. 3 – Základní parametry systému M



L_m – střední referenční čára, L_ϕ – horní referenční čára, L_n – dolní referenční čára, L_{c1} , L_{c2} , L_{c3} , L_{c4} – úseky, které vznikly přetnutím profilu rovnoběžkou se střední čárou profilu vedenou ve vzdálenosti c od horní referenční čáry, R_m – maximální výška nerovností

Zdroj: Liptáková (1998)

Vztažná čára systému M - Střední čáru můžeme definovat jako čáru, která má v mezích Cut-off měřidla tvar nominálního profilu a je umístěna tak, že součet čtverců úchylek profilu od střední čáry je minimální (*Le Ba Thiep, 1986*).

Profiloměry, které pracují na principu systému M, určují drsnost vzhledem ke spojitě střední čáře získané normalizovaným elektrickým filtrem s definovanou mezní hodnotou Cut-off (*Le Ba Thiep, 1986*).

3.3 Obecné pojmy drsnosti povrchu

Termíny a definice drsnosti profilu hlouběji rozebírá a popisuje mezinárodní norma (ČSN EN ISO 4287). Ta vychází při hodnocení povrchu z profilu povrchu, takže z čáry vznikající řezem skutečného povrchu definovanou plochou. Danou problematiku drsnosti povrchu ve své knize hlouběji rozebírá také Bumbálek (*1989*).

Názvy geometrických parametrů

- P = označení primárního profilu,
- R = označení profilu drsnosti,
- W = označení profilu vlnitosti.

Tvar nerovností povrchu - Ten je velmi různorodý. Povrch svým tvarem odpovídá technologickému opracování, kterému byl vystaven.

Jmenovitý profil – Jedná se o profil jmenovitého povrchu.

Skutečný profil povrchu - Kolmým (či šikmým) řezem základního povrchu (Příloha.3.) získáme tvar skutečného povrchu (Příloha.2.), který je v praxi můžeme zjistit pouze přibližně (Le Ba Thiep, 1986).

Periodický profil - Povrch, který je možno popsat periodickou funkcí, například povrch obrobený frézováním (Le Ba Thiep, 1986).

Náhodný profil - Povrch popsatelný náhodnou funkcí, například profil povrchu získaný broušením (Le Ba Thiep, 1986).

Příčný profil - Povrch, který lze získat kolmým řezem povrchem kolmo k rovině směru nerovností povrchu.

Podélný profil - Získán provedením řezu povrchem kolmo ke směru nerovností povrchu (Bumbálek, 1989). Je možné ho získat pouze u povrchu obsahujícího převládající směr nerovností (Le Ba Thiep, 1986).

Filtr profilu - Filtr rozděluje plochu na dlouhovlnné a krátkovlnné složky (ISO 11562).

Poznámka: V přístrojích pro měření drsnosti, vlnitosti a základního profilu jsou používány 3 filtry, a to λ_s , λ_c , λ_f . Blíže je popisuje ISO 11562.

Profil drsnosti - Vzniká potlačením dlouhovlnných složek použitím filtru λ_c při odvození primárního profilu. Tento profil je základem pro určování parametrů profilu drsnosti. $\lambda_s \lambda$

Úchylka profilu y - Jedná se o vzdálenost mezi bodem skutečného profilu a základní čarou.

Střední čáry profilu - Jsou to základní čáry, které mají tvar jmenovitého profilu rozdělující skutečný profil takovým způsobem, že v rozsahu základní délky je součet čtverců úchylek profilu od těchto čar nejmenší (Le Ba Thiep, 1986).

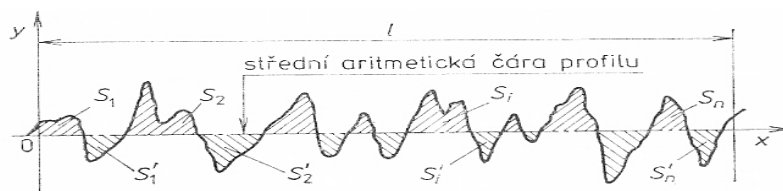
$$\int_0^l y^2 dx = \min$$

Střední aritmetická čára základního profilu, m – V systému M je definována jako vztažná čára vyhovující těmto požadavkům (Obr.4.) (Tykal, 1972):

- Má tvar jmenovitého profilu.
- Rozděluje zjištěný profil tak, že v délce mezní rozteče nerovností je součet čtverců odchylek tohoto profilu od střední čáry minimální.

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

Obr. 4 - Střední aritmetická čára profilu m



Zdroj: Bumbálek (1989)

Referenční čáry, L_1, L_2 - Jsou vedeny přes nejvyšší a nejnižší vrchol povrchu rovnoběžně se střední aritmetickou čárou m .

Základní čára profilu - Čára, od níž se stanovují vyhodnocovací veličiny drsnosti povrchu (dezert 1).

Základní délka profilu l - Délka základní čáry ve směru osy X, používá se pro rozpoznání nerovností, které charakterizují vyhodnocovaný profil. Hodnoty základní délky užívané k měření jednotlivých veličin drsnosti povrchu získáváme z příslušných tabulek.

Vyhodnocovací délka, ln - Délka ve směru osy X, již používáme pro posouzení vyhodnocovacího profilu. Může obsahovat jednu nebo více základních délek.

Pojezdová délka - Vyhodnocovací délka s nadmírou o 20 %. Musíme počítat s nájezdovou a výjezdovou plochou měřicího hrotu ke zkoumanému povrchu za účelem eliminace zkreslování měření.

Výstupek profilu - Posuzovaná část profilu směřující z povrchu ven. Spojuje dva přilehlé body na průsečíku se střední čárou.

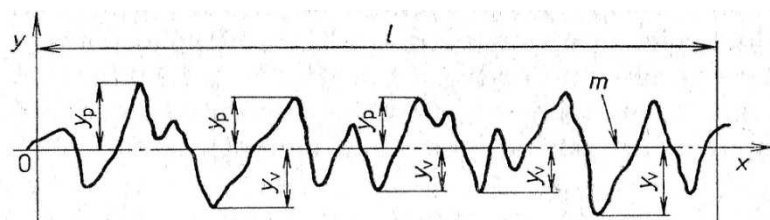
Prohlubeň profilu - Posuzovaná část profilu směřující dovnitř. Spojuje dva přilehlé body na průsečíku se střední čárou.

Nerovnost profilu - Výstupek profilu a s ním spojená prohlubeň profilu.

Výška výstupku profilu, Z_p, y_p - Vzdálenost střední čáry profilu od nejvyššího výstupku skutečného profilu (Obr.5.) (Afjehi-sadat ali, 2006).

Hloubka prohlubně profilu, Z_v, y_v - Vzdálenost střední čáry profilu od nejnižšího bodu prohloubení skutečného profilu (Obr.5.) (Afjehi-sadat ali, 2006).

Obr. 5 – Vyjádření výšky výstupků a hloubky prohlubní



Zdroj: Bumbálek (1989)

Výška největšího výstupku profilu $Y_p \max$ - Vzdálenost střední čáry profilu od nejnižšího bodu profilu v rozsahu základní délky (Le Ba Thiep, 1986).

Hloubka největší prohlubně profilu $Y_v \max$ - Interval mezi čarou výstupků profilu a čarou prohlubní profilu v rozsahu základní délky (Le Ba Thiep, 1986).

3.4 Parametry charakterizující drsnost povrchu v systému M

Tyto parametry jsou definovány normou (ČSN EN ISO 4287).

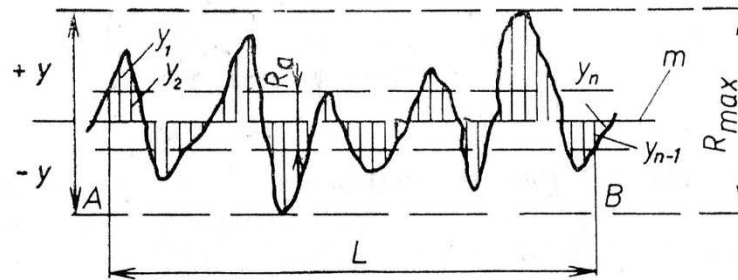
V praktickém využití klademe důraz na hodnoty, které nejvíce vypovídají o drsnosti povrchu. Dbáme na to, abychom tyto hodnoty mohli změřit v provozních podmínkách. Z praktického hlediska mají význam normalizované parametry drsnosti povrchu (Tykal, 1972).

3.4.1 Výškové charakteristiky drsnosti profilu

Ra – střední aritmetická úchylka profilu

Ta nejvíce charakterizuje drsnost povrchu. Je definována jako střední hodnota vzdáleností bodů získaného profilu od jeho střední čáry v délce měřeného úseku (Obr.6.). Hodnoty Ra volíme dle normy z tabulky č. 2. (Le Ba Thiep, 1986).

Obr. 6 – Maximální výška nerovnosti R_{max} a hodnota R_a



Zdroj: Poláček (1978)

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S'_i |y(x_i)| \qquad R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |Z(X)| dx \qquad [\mu\text{m}]$$

x - úsečka profilu odečítání na střední čáře

$y(x)$ - funkce popisující profil

l - základní délka

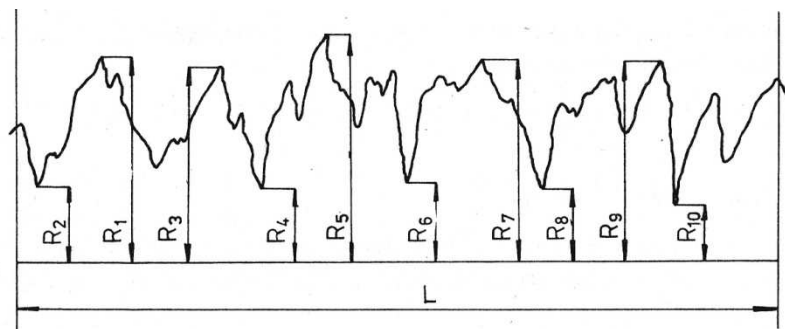
n - počet bodů profilu na základní délce

Bumbálek (1985) definuje R_a jako statistickou hodnotu, která neuvádí nic víc, než je její základní definice; tedy uvádí pouze střední hodnotu. Právě proto může vést i k omylům v případech posuzování povrchů členitých, pórovitých, hloubkově narušených trhlinami, rýhami a podobně. Neumožňuje nám vytvořit si představu o skutečném povrchu vzniklém technologickou operací.

R_z – Výška nerovností profilu z deseti bodů

Je definována jako průměr jednotlivých pěti největších výstupků a pěti nejnižších prohlubní profilu v rozsahu měřeného úseku R_z . Měří se od čáry rovnoběžné se střední čarou (Obr.7.). Tato veličina je vhodná pro hodnocení hrubých povrchů. Číselné hodnoty volíme dle normy z tabulky č.2.

Obr. 7 – Odchylka R_z , schéma výpočtu



Zdroj: Liptáková (1998)

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pmi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vmi}|}{5} \quad [\mu\text{m}]$$

y_{pmi} - výška i -tého nejvyššího výstupku profilu

y_{vmi} - hloubka i -té nejvyšší prohlubně profilu

R_z je prakticky podobným měřítkem drsnosti jako R_a . Určuje se při měření drsnosti metodou světelného řezu, případně z grafických záznamů zobrazeného profilu povrchu převodem na R_a . Parametry R_a a R_z jsou normou stanovená a uznávaná měřítka (Dostál, 1962).

K přepočtu hodnot mezi hodnotami R_a a R_z používáme vztahu:

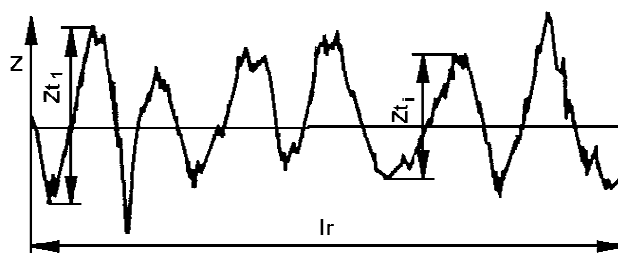
$$R_z = K \cdot R_a^B \quad [\mu\text{m}]$$

Rc- Průměrná výška prvků profilu

Jedná se o průměrnou hodnotu výšek Zt prvků profilu v rozsahu základní délky. Její hodnota je definována vztahem, který je uveden níže, výška prvků profilu Zt se definuje jako součet výšky výstupků a hloubky prohlubně prvků profilu a je zobrazena na obr.8.

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

Obr. 8- Průměrná výška prvků profilu



Zdroj: Liptáková (1998)

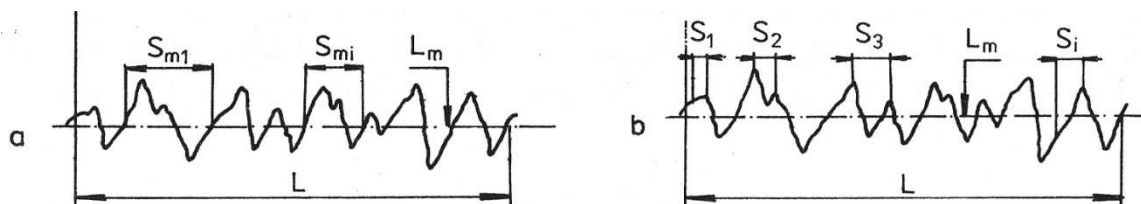
3.4.2 Charakteristika drsnosti povrchu v podélném směru profilu

RS_m (S_m)- průměrná šířka nerovností profilu

Jedná se o střední hodnotu rozteče nerovností profilu v rozsahu základní délky patřící mezi délkové parametry. Charakterizuje povrchovou drsnost v podélném směru

povrchu. Slouží převážně pro délkové hodnocení drsnosti povrchu, obzvláště pro periodické složky v profilu povrchu (Obr.9a.)

Obr. 9 - Horizontální charakteristika profilu



a – rozestup nerovností profilu S_{mi} , b – rozestup místních výstupků profilu S_i

Zdroj: Liptáková (1998)

$$S_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{mi} = \frac{2l_i}{k-1} \quad [\mu\text{m}]$$

l_i – délka úseku na střední čáře profilu, ohraničuje prvním a posledním lichým průsečíkem křivky profilu se střední čárou

k – počet průsečíků křivky se střední čárou na délce měřeného úseku

n – počet roztečí na střední čáře profilu

Rsk - šikmost posuzovaného profilu

Rku - špičatost posuzovaného profilu

3.5 Měření drsnosti povrchu

Donedávna se jakost povrchu posuzovala subjektivně – pouze pomocí zraku a hmatu. Povrch se dle struktury rozlišoval na vlnitý, nebo naopak hladký, a také vytrhovaný rýhovaný, nebo chlupatý. Jak se postupem část zkvalitňovala výroba, vzrůstala i kontrola jakosti obrobené plochy (Prokeš, 1987).

Mezi požadavky pro vyhodnocovací metody patří uspokojivá přesnost a rozsah měření, odolnost proti tvrdému prostředí, schopnost měřit při vysokých rychlostech, lehké začlenění do výrobního provozu a jednoduché ovládání (Sandak, Negri, 2005).

3.5.1 Metody určování povrchu

Geometrie povrchu pevných látek se většinou určuje na základě měření některých jeho vlastností. Drsnost lze měřit a posuzovat přímým či nepřímým měřením a pozorováním profilu

povrchu různými pomůckami (*Dostál, 1962*). Pro měření charakteristik drsnosti povrchu existuje řada metod a speciálních přístrojů, ty jsou založeny na různých fyzikálních principech (*Le Ba Thiep, 1986*).

Metody a přístroje pro kontrolu drsnosti povrchu opracované plochy jsou rozdílné v závislosti na principu a kvalitě měření. *Dostál (1962)* tyto metody rozděluje do 3 hlavních skupin:

1. Kvalitativní, subjektivní metoda ohodnocení drsnosti povrchu obrobené plochy pozorováním a srovnáním.
2. Kvantitativní určení číselných hodnot (R_{max} , R_z , R_a , R_q , R_c) jakožto měř pro charakteristické ocenění drsnosti.
3. Souhrnná kontrola povrchu.

Ve výrobě často stačí metody, které hodnotí drsnost povrchu pomocí srovnávacích vzorků (kvalitativní hodnocení). Při hodnocení řezného procesu a při zkoumání faktorů ovlivňujících funkci součástí je nezbytné hodnocení kvantitativní, to znamená, že je cílem získat číselné hodnoty (*Tykal, 1972*).

V současnosti jsou používány metody dělicí se do 3 skupin (*Liptáková 1998*).

1) Kvalitativní metody kontroly drsnosti

Kvalitativní ocenění se vztahuje k osobnímu dojmu a smyslům osoby, jenž provádí měření. Pracovník porovnává měřený povrch přímo nebo ho srovnává se vzorovými povrchy (*Dostál, 1962*).

Zrakem, hmatem a srovnáním

Tyto metody jsou známé a používané odjakživa a také jsou nejméně náročné, kvůli nenáročnosti jsou ve výrobě oblíbené. Patří mezi ně určování povrchu zrakem a hmatem. Při využití těchto vjemů se povrch opracovávané plochy porovnává s drsností standardizovaných vzorků (*Liptáková, 1998*).

Některé pozorované faktory na povrchu dřeva po obrobení (*Poláček, 1978*):

lesklý, hladký	působení „cidliny“
vlnitý	větší posuv při frézování
vytrhaný	tupý nástroj při obrábění
chlupatý mechovitý	nekvalitní vlákno/lisovací tlak...

Hodnocení nemůže být nikdy úplně přesné, neboť úsudek bývá subjektivní a zkušenosti každého pracovníka jsou taktéž rozdílné (*Dostál, 1962*).

2) Kvantitativní metody

V praxi se setkáme s různými přístroji a technikami měření, můžeme měřit např. světelným řezem, dotykovými profilometry, úchylkoměry (což jsou přístroje zaznamenávající okamžitě číselné hodnoty), profilografy (přístroje, které zaznamenávají hodnoty okamžitě graficky) nebo pomocí dotykových profilometrů s integračním zařízením (*Dostál, 1962*).

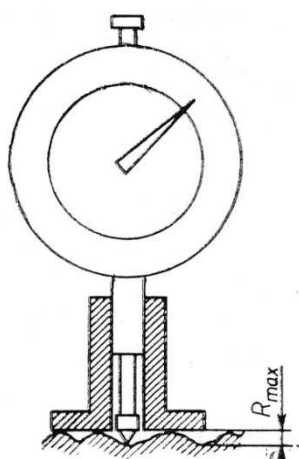
Metody přímých profilometrických měření

V současnosti jsou to nejpoužívanější metody pro měření povrchů tuhých látek včetně materiálů na bázi dřeva. Pracují tak, že registrují impulzy vyvolané posunem jehly s hrotem přesně definovaného tvaru a známé velikosti po povrchu vzorku. Výsledkem je grafický záznam zobrazující výstupy a prohlubeniny zkoumaného povrchu. Grafický záznam povrchu vytvořený drsnoměrem běžně nazýváme profilograf. Profilograf umožňuje vyhodnotit parametry drsnosti v systému M i v systému E. (*Liptáková, 1998*).

Nevýhodou profilografu je zkreslení skutečného povrchu, za zkreslení mohou geometrické a dynamické parametry hrotu jehly. Kvalita měření závisí na poloměru zaoblení snímacího hrotu, vůlích v mechanismu a velikosti přítlačné síly (*Poláček, 1978*).

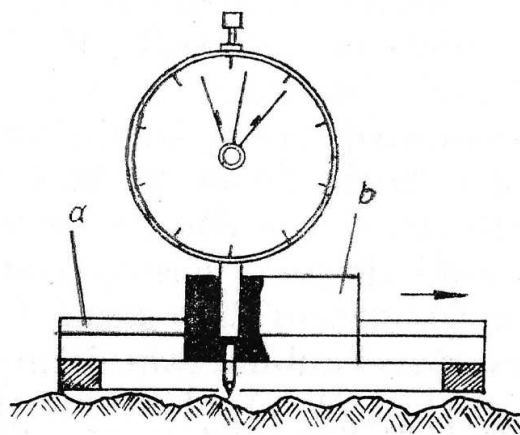
Mezi jednodušším dotyková měřicí zařízení patří úchylkoměry s dosedací destičkou či posuvným vedením zobrazený na obrázku č.10. a č.11. (*Poláček, 1965*).

Obr. 11 - Úchylkoměr s dosedací ploškou



Zdroj: Prokeš (1978)

Obr. 10 - Úchylkoměr posuvný ve vedení



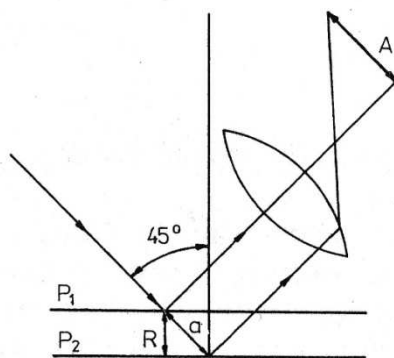
a – desky s rybinou, b – posuvné sáně

Zdroj: Prokeš (1978)

Optické metody (kontrola drsnosti bezprostředním pozorováním a měřením)

V minulosti se používala metoda světelného řezu pomocí podvojného mikroskopu *Schmaltz* nebo *Linnik* (Obr.12.). V dnešní době se používají různé typy laserů nebo CCD kamer. Měření povrchu provedou za krátký čas a celý snímaný povrch zobrazí na připojeném počítači, což můžeme považovat za velkou výhodu (*Ondra, 1998*).

Obr. 12 – Schéma principu měření drsnosti povrchu Schmatzovým podvojným mikroskopem



Zdroj: Liptáková (1998)

3) Speciální metody

Do této skupiny se řadí ostatní techniky měření drsnosti a geometrie povrchu.

Metoda fotoelektrická - Pracuje na principu, že plocha, která obsahuje větší počet nerovností, odrazí méně světla při šikmém odrazení než plocha s drsností menší. V podstatě nám porovnání určují intenzity dopadajícího a odraženého světla (*Prokeš 1978*).

Metodou frézovací - Pomocí vhodného zařízení zjišťujeme drsnost obrobené plochy řezáním. Pomocí něho lze postupně odfrézovat 0,1 až 0,2 mm silnou vrstvu. Frézování provádíme až do úplného odstranění stop původní drsnosti. Pro snazší orientaci a rozlišení je možno poprášit měřený povrch jemným grafitem (*Prokeš, 1978*).

4 MDF Desky

Patří do skupiny aglomerovaných materiálů, které jsou dnes v nábytkářské výrobě nejdůležitější. Materiály na bázi dřeva jsou v podstatě materiály tvořené z drcené či rozmělněné dřevní masy nebo jiného lignocelulosového materiálu (pazdeří) za pomoci nejrůznějších pojiv a způsobů lisování. (*Hartman, 1988*).

4.1 Dřevovláknité desky

Dřevovláknité desky se vyrábí v celé škále tlouštěk a tvrdostí s různou povrchovou úpravou. Základní dělení je dle způsobu výroby: mokrým/ suchým výrobním způsobem; dle hustoty: tvrdé/ polotvrdé/ měkké (*Muzikář, 2008*).

Vstupní materiál je odkorněná dřevní surovina, která je rozštěpkovaná. Štěpky jsou hydrotermicky upraveny a následně rozvlákněny. Tato vlákna jsou dále vrstvena a lisována rozdílným tlakem, a to bez lepidla či s jeho přídavkem. Tímto procesem vznikají desky s jemnou strukturou, které mohou být dle stupně slisování vláknitých částic (hustoty): měkké, polotvrdé či tvrdé. Hustota desek podstatně ovlivňuje mechanické a fyzikální vlastnosti jednotlivých druhů desek (*Böhm 2012*).

4.2 Historie MDF desek

MDF (Medium Density Fiberboard) je středně tvrdá dřevovláknitá deska, pocházející technologickým vývojem z USA, kdy byla v roce 1965 v Depositu uvedena do provozu první linka MDF desek. V Evropě byla první linka uvedena do provozu v roce 1973 v RIBNITZ - DAMGARTEN v bývalé NDR o kapacitě výroby 150 000 m³/rok. V devadesátých letech získala Evropa významné postavení ve světové produkci MDF desek.

V minulosti bylo v České republice několik výrobců VD: SOLO Sušice, Středomoravské závody v Břeclavi. V současnosti je jediným výrobcem VD desek v České republice od roku 1990 Dřevozpracující družstvo Lukavec (*Hrázský, 2007*).

4.3 Užití MDF desek

Používání MDF se v posledních letech velmi rozšířilo a prakticky nahradily rostlé dřevo jako surovinu tam, kde se vyžaduje špičková PÚ především profilovaných povrchů a tvarových hran (*Akzo nobel, 2009*).

Vyrábí se v rozmezí 6 - 38mm a formátech 2850 x 1830 (2070) mm jako jednovrstvé nebo třívrstvé s homogenním průřezem. Tímto je umožněno snadné a přesné opracování pilou i tvarovými frézami v ploše či hranách desek. Díky homogennímu průřezu je možné plochy frézovat dekorativními vzory bez zhoršení povrchové úpravy (*Kafka, 1989*).

Jak již bylo zmíněno, desky jsou díky své homogenní struktuře různě tvarově profilovatelné - jak v ploše, tak i na hranách. Uplatnění nachází ve výrobě a projekci moderního nábytku, kdy jsou z těchto desek vyráběny různě tvarovaná nábytková dvířka, stolové desky s profilovanými hranami či čela zásuvek používaná v kuchyních, koupelnách, ložnicích, obývacích pokojích atd. Využívají se také ve výrobě profilovaných lišt, tvarových výlisků, obkladových panelů atd. Povrchová úprava je prováděna různými metodami: lakováním, opláštěváním a dýhováním atd. (*Muzikář, 2008*).

4.4 Vlastnosti MDF desek

Podle ISO 818 patří do skupiny polotvrdých vláknitých desek s hustotou v rozmezí 600 - 900 kg.m⁻³ (*Hrázský, 2007*).

Nejdůležitější vlastností MDF je homogenita desky v celém průřezu, tímto je umožněno kvalitní opracování frézováním plastických tvarů do ploch a hran desek. MDF desky se také vyznačují vysokou hodnotou pevnosti v tahu kolmo na plochu (rozlupčivostí) (*Böhm, 2012*). Pozoruhodná je také pevnost držení vrutu v úzké boční ploše, což ji dává výhodu oproti třískovým deskám, u nichž je toto problémem (*Hrázský, 2007*).

4.5 Technologický postup výroby MDF desek suchým způsobem

Tato kapitola popisuje výrobu středně tvrdých dřevovláknitých desek od suroviny, lisovacích parametrů, až po povrchové dokončení.

4.5.1 Surovina

Pro výrobu dřevovláknitých desek se používá kvalitní bílá papírenská štěpka bez příměsí kůry. Požadovaná velikost štěpek je 20-30 mm šířka, 40-50 mm délka a 3-5 mm tloušťka s vlhkostí 45-55 %. Při výrobě DVD desek se nepoužívají piliny (Böhm, 2012).

Při výběru dřevní hmoty pro výrobu dřevovláknitých desek musíme hodnotit určité znaky:

- a) zastoupení složek ve dřevě - celulóza, hemicelulóza a lignin
- b) obsah pryskyřice
- c) velikosti vláken
- d) počáteční vlhkost dřevní hmoty při rozvláknování
- e) poškození dřeva hnilobou

Pro výrobu dřevovláknitých desek, je obecně využívána surovina s nižším obsahem pryskyřice a větší délkou vláken. Preferují se jehličnaté smrkové dřeviny, listnaté dřeviny zastupuje pouze buk (Hrázský, 2007). Tato surovina musí být kvalitní bez známek hniloby, která vede ke snížení mechanických vlastností (Jelínek, 2013).

4.5.2 Skladování suroviny

Pro plynulou výrobu je důležité mít určitou zásobu suroviny. Toto množství je potřeba optimalizovat. Důvody jsou především ekonomické, ale také skladovací. Vyšší množství zásob umožňuje záводу překonat nepříznivé krátkodobé cenové výkyvy suroviny či zásobovací nedostatky. Na druhé straně však velké zásoby vážou kapitál, velké sklady zabírají velkou plochu a vyžadují si rozsáhlejší mechanizaci skladu. Důležité je sledovat vlhkost skladované suroviny, která by se měla pohybovat okolo 50% vlhkosti (Štefka, 2002).

4.5.3 Úprava suroviny

Tento proces zahrnuje odkornění, třídění, a čištění. Rozsah a způsob úpravy je závislý na druhu sortimentu a možnostech provozu.

Čištění

Čištění spočívá především v odlučování minerálních, kovových, případně jiných částic, které otupují nástroje.

Odkorňování

Přítomnost kůry je vzhledem ke svým odlišným vlastnostem od dřeva nežádoucí, a proto ji od sortimentu odlučujeme. Přítomnost kůry negativně ovlivňuje mechanicko-fyzikální vlastnosti desek.

Třídění

Třídění surovin už v průběhu skladování umožňuje rovnoměrné dávkování jednotlivých druhů a sortimentů do procesu dalšího zpracování, aby byla zaručena kvalita výsledného produktu. Třídící parametry si provoz stanovuje sám dle možností provozu a mechanizace (*Štefka, 2002*).

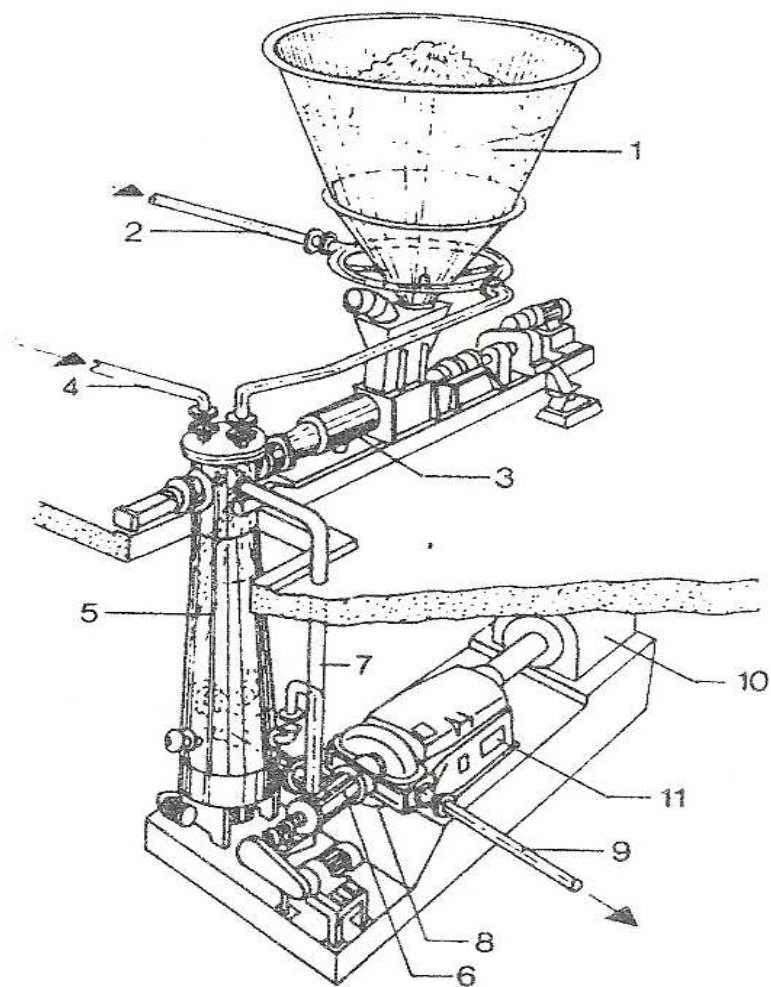
4.5.4 Rozvlákňování suroviny

Pod pojmem rozvlákňování (dezintegrace) se rozumí dělení rostlého dřeva v podobě lesních sortimentů či průmyslového odpadu. Dřevní hmota se rozseká na štěpku, třísku či následně rozvlákni na vláknitou hmotu (*Štefka, 2002*).

Při výrobě DVD je surovina rozštěpována na kotoučových (diskových) nebo bubnových sekačkách. Na rovinných sítích je roztríděna dle jednotlivých frakcí, přičemž velká frakce je domílána a příliš jemná frakce spalována. Následuje proces praní štěpek, kde jsou odplavovány kovové a minerální nečistoty. Před rozvlákňováním se štěpky hydro-termicky upravují nízkotlakou párou z důvodu snížení energie při samotné dezintegraci. Šnekový dopravník dopravuje upravené štěpky k defibrilátoru (Obr.14.) a zároveň z nich lisuje vodu. Defibrilátor je zařízení skládající se ze dvou hlavních mlecích kotoučů, přičemž jeden je pohyblivý a druhý pevný. Kotouče jsou opatřeny rýhovanými segmenty, mezi kterými se dřevní surovina rozmělnuje. Střední část segmentů je opatřena hrubým rýhováním, které se k okraji zjemňuje, odkud se jemné dřevní vlákno protlačí a následně odvádí (*Hrázský, 2007*).

Kvalita vlákna, která je výsledkem defibrilačního procesu, je jedním z hlavních činitelů ovlivňujících kvalitu všech druhů vláknitých desek. Stupněm jemnosti mletí vláken se posuzuje frakční analýzou (*Štefka, 2006*).

Obr. 13 - Schéma rozvlákňovacího zařízení typu Defibrator-Rafinér



Zdroj: Štefka (2006)

- 1- zásobník s regulovatelným plněním a předhříváním odpadní parou,
- 2- zpětné vedení odpadní páry do zásobníku štěpek,
- 3- šnekový dopravník,
- 4- přívod čerstvé páry,
- 5- vertikální předehtříváč,
- 6- šnekový dopravník,
- 7- zpětné vedení odpadní páry,
- 8- defibrátor-refinér,
- 9- vyprázdňovací potrubí „Blowline“,
- 10- pohon - motor rozvlákňovače,
- 11- uložení hnacího hřídele

4.5.5 Nános lepidla a ostatních pomocných chemických látek

MDF desky jsou vyráběny suchým způsobem. Pro interiérové použití se používá močovinoformaldehydové lepidlo, pro užití ve vlhkém prostředí používáme melaminformaldehydové či fenolformaldehydové lepidlo. Lepidlo v aglomerovaných materiálech, podobně jako při jiných použitích, plní funkci pojiva, které zabezpečuje především fixaci dřevních částic. Podle druhu a jeho vlastností předurčuje také chování výrobku při jejich mechanickém a vlhkostním zatížení (*Štefka, 2002*).

Jako další chemické přísady aplikujeme parafín, tvrdidlo apod. Poměr a zastoupení chemických látek má na kvalitu MDF desek podstatný vliv, a proto si ho výrobci přísně střeží (*Štefka, 2002*). Úlohou hydrofobizačního prostředku je potlačit přirozený vztah vody ke dřevu a snížit navlhavost a nasákavost aglomerovaného materiálu. Hydrofobizační látky lze zařadit do skupiny chemikálií zlepšující vlastnosti aglomerovaných materiálů. Další látky zlepšující vlastnosti materiálů jsou ochranné látky, které například snižují hořlavost a snižují odolnost proti biologickým škůdcům apod. Důležitým předpokladem je rovnoměrné rozmístění lepidla a chemikálií na povrchu dřevních částic (*Štefka, 2002*).

Z defibrilátoru je vlákno dopravováno pneumaticky do proudové sušárny vlákna. Toto je uskutečňováno potrubím, ve kterém injekčním způsobem "Blow-line" probíhá aplikace směsi chemických látek, čímž vyloučíme výskyt lepidlových skvrn na vylisovaných deskách. Tímto způsobem asi o 10 % zvýšíme spotřebu chemické směsi odpařením při sušení vlákna než při aplikaci klasickým způsobem (*Hrázský, 2007*).

4.5.6 Sušení vlákna

Sušení vlákna probíhá ve vertikálních nebo horizontálních proudových sušárnách. Ty jsou vyhřívány spaliny zemního plynu, dřevního odpadu a kůry. Dále jde vlákno do odlučovače, kde jsou odděleny chuchvalce vláken. Sušícím procesem se vlhkost vláken snižuje z původních 100 % na potřebných 8-12 %. Sušárny jsou vybaveny samozhášecím zařízením a měřicím zařízením vlhkosti vláken (*Hrázský, 2007*).

4.5.7 Skladování vlákna

Při výrobě desek o různých tloušťkách spotřebováváme nestejně množství vlákna. Vysušené vlákno smíchané s lepicí směsí skladujeme krátkou dobu z důvodu vytvrdnutí či možnosti výbuchu (*Hrázský, 2007*).

4.5.8 Nanášení vláknitého koberce

K samotnému vrstvení vláknitého koberce je používáno pneumatických či mechanických způsobů. Mechanický způsob vytváří rovnoměrnou vrstvu vláknitého koberce pro jednotlivé tloušťky MDF desek. Výkyvná vrstvicí pneumatická hlavice vyvolává prachové znečištění ovzduší, a proto je zde vyšší možnost vzplanutí nebo výbuchu než u způsobu mechanického. Na přesnosti vrstveného koberce závisí fyzikální a mechanické vlastnosti vláknitých desek (*Hrázský, 2007*).

4.5.9 Předlisování desek

Vláknitý koberec ze suchého vlákna vyžaduje oproti dřevotřískovým deskám intenzivnější předlisování (*Hrázský, 1998*). Před samotným lisováním značně silný vláknitý koberec předlisujeme, aby se vešel do lisovacího zařízení. Tento proces je potřebný ke zmenšení tloušťky koberce a zhutnění a vytlačení vzduchu, který se do koberce dostal při vrstvení. Proces předlisování je prováděn kontinuálně mezi dvěma pásy, spodní je nosný a horní děrovaný, přičemž při stlačování odvádí vzduch (*Hrázský, 2007*).

4.5.10 Lisování desek

Po předlisování je nekonečný pás řezán a ukládán do hydraulického lisu, který může být jedno či více etážový (*Hrázský, 2007*). Důležitými vnějšími parametry při lisování jsou: teplota, lisovací čas, lisovací tlak, rychlost uzavírání lisu, a rychlost zhušťování. Kromě nich na proces lisování působí faktory vnitřní. Vnitřními faktory jsou vlastnosti třískového koberce a dřevních částic. Zařazujeme mezi ně: stupeň předlisování vlhkost dřevních částic, jejich rozložení, druh a reaktivitu lepidla apod. (*Štefka, 2006*).

Lisovací proces suchým způsobem se vyznačuje oproti mokrému způsobu kratším lisovacím časem, který se pohybuje mezi 3 - 5min. Vlhkost lisovaného koberce suchým způsobem je do 10 %, lisovací teplota u suchého způsobu nepřesahuje 260 °C a měrný tlak se pohybuje od 5 do 10 MPa. Parametry se liší volbou suroviny, lepidel, přísad a kvalitou desek (*Štefka, 2002*). *Hrázský (2007)* ve své publikaci uvádí podobné hodnoty. Lisovací tlak je 6 - 7 MPa, lisovací teplota se pohybuje v rozmezí 210 - 220 °C, vyšší teplotu nedoporučuje z důvodu tmavého zbarvení desek.

4.5.11 Ochlazování desek

Po ukončení procesu lisování nastává problém, desky mají po vyjmutí z lisu nízkou vlhkost a vysokou teplotu (až 150 °C), tím pádem nelze tyto desky skladovat ihned na sebe. Proces ochlazování probíhá v "hvězdicovém turniketu" při doporučeném snížení teploty na 70 °C. Desky jsou zde volně uloženy, čímž je mezi nimi umožněno prodění vzduchu. Toto trvá v rozmezí 30 – 120 min v závislosti na tloušťce vyráběných desek. Proces by neměl být příliš rychlý, nesprávný proces by způsobil nadměrné napětí v důsledku tepelné a vlhkostní rovnováhy, čímž by vznikly vnitřní trhliny mající nepříznivý vliv na vlastnosti desek (*Štefka 2002*).

4.5.12 Formátování desek

Ochlazené desky pokračují k podélnému a příčnému formátování (*Hrázský, 2007*). Konce desek jsou roztrhány a roztřepeny, proto jsou lisovány ve větších formátech, než je požadovaný výsledný rozměr. Desky lisované v rozměrech 5800 x 2900 mm jsou formátovány na rozměr 1840 x 2750 mm. Po procesu formátování je kontrolována plošnost desky (*Štefka, 2006*).

4.5.13 Klimatizace desek

Lepidlo používané k výrobě MDF desek při lisování vytvrdlo ze 70 %, proto je nutné desky nechat určitou dobu dokonale vytvrdnout. Sortiment je stohován a ukládán na dobu 3 - 5 dnů do hal za účelem kondicionování (*Hrázský, 2007*).

4.5.14 Povrchová úprava desek

Broušení je důležitá fáze, kterou docílíme vyrovnání nerovností a egalizace. Broušení provádí širokopásové brusky se 4 až 6 hlavami, osazeny brusnými pásy různých po sobě následujících drsností od hrubé po jemnou. Konečné broušení je obvykle prováděno brusnými pásy o zrnitosti 150, pokud odběratel nevyžaduje jinak. Tloušťková tolerance tohoto úkonu je 0,1 - 0,2 mm (*Hrázský, 2007*).

4.5.15 Kontrola kvality desek

Pro domácí a tuzemský trh musí desky splňovat požadavky, které udává norma EN 622-1 a požadavky stanovené normou EN 622-5. Desky dělíme: nenosné desky, nosné desky,

lehké nenosné MDF desky, ultralehké nenosné MDF desky a desky používané jako střešní a stěnové bednění, které jsou dále dělené dle užití v prostředí vlhkém/suchém (*Jelínek, 2013*).

Ve výrobě jsou používány dva postupy pro zkoumání kvality MDF desek, dělíme je na mezioperační a kompletní zkoušku. Mezioperační zkouška probíhá tak, že odebereme vzorek z výroby po procesu formátování a zkoušíme nejdůležitější vlastnosti. Tohoto měření využíváme proto, aby bylo možné linku rychle přenastavit. Při kompletní zkoušce odebíráme vzorek až po 24 hodinovém klimatizování, a to každých 8 hodin při změně tloušťky MDF desky či volbě jiné receptury lepicí směsi. Tímto je nejvíce monitorován celý výrobní proces desek (*Hrázský, 2007*).

Hlavními zkouškami, které se na MDF deskách provádějí, jsou: rozlupčivost (EN 319), bobtnání po 24 h (EN 317), modul pružnosti a ohyb (EN 310), pevnost v ohybu (EN 310), zkouška vlhkosti (EN 323), zkouška pro obsah uvolnitelného formaldehydu (EN 120). Desky, které nesplní požadované normové hodnoty a nelze je zařadit do jiných kategorií s nižšími nároky, nesmí být prodávány na trhu. Vyžadována je také kontrola hustotního profilu napříč tloušťkou desky (EN 323). O dalších doplňkových zkouškách, které lze na MDF deskách měřit hovoří norma (ČSN EN 622-5) a (EN 324) (*Jelínek, 2013*).

4.6 Faktory ovlivňující drsnost povrchu MDF desek

Jedná se o materiál vytvořený z dřevní hmoty, tedy i on je porézní. Rozvlákněním a následným slisováním s příměsí močovinoformaldehydového lepidla docílíme homogenního materiálu, ale při podrobnějším zkoumání zjistíme, že každé jednotlivé vlákno má svou délku, tvar, zafixování apod. Při měření drsnosti MDF desek s tímto musíme počítat. Dále musíme připouštět faktory ovlivňující proces obrábění, dělíme je do dvou skupin. První skupinou jsou faktory technologické, dány procesem obrábění ovlivnitelné vhodnou volbou nástroje, strojem apod. Druhá skupina je ovlivnitelná volbou obráběného materiálu, jeho vlhkostí, směrem vláken, hustotou (*Čížek, 1985*). Obrábění MDF desek významně ovlivňuje jeho fyzikální vlastnosti, ty se podílí na tvorbě povrchu a míře drsnosti: hustota, hygroskopicitá, tepelná vodivost, tvrdost, pevnost, plastičnost (*Prokeš, 1978*). Na rozdíl od rostlého dřeva jsou velkoplošné materiály homogennější, na druhé straně může při jejich výrobě docházet k drobným odchylkám. Vlastnosti dřevěných materiálů se působením vlhkosti nebo vody značně mění. Odlišnosti vlastností jsou patrné u okraje a uprostřed (*Čížek, 1985*).

Faktory ovlivňující kvalitu povrchu:

- technologické parametry - posuvná rychlost, hloubka řezu, řezná rychlost
- geometrické nástroje- úhel čela, poloměr, úhel břitu a ostří
- obrobky - kombinace různých materiálů a jejich vlastnosti
- druh a kvalita nástroje a stroje
- použité pomocné nástroje - podavač apod.
- vibrace stroje nástrojem a obrobkem

4.6.1 Vlastnosti MDF desek ovlivňující drsnost povrchu

Dále jsou popsány fyzikální a mechanické činitele, kteří drsnost a kvalitu povrchu MDF desek ovlivňují.

Hustota (pórovitost)

Rozhodujícím faktorem, který ovlivňuje povrchové vlastnosti je jeho pórovitost. Obecně platí, že se zvyšující se hustotou vzrůstá pevnost vláknitého materiálu a rostou jeho fyzikální a mechanické vlastnosti (*Prokeš, 1978*). MDF deska je homogenní materiál s hustotou v rozmezí 600 - 900 kg.m⁻³ a rovnoměrným příčným hustotním profilem, což nám podmiňuje stejnost materiálu v celém průřezu desky (*Hrázský, 2007*).

Vlhkost

I vlhkost v malé míře ovlivňuje povrch vláknitého materiálu. Má vliv na geometrii a zároveň i na drsnost, hladkost a plochost povrchu. Pozůstatky z minulého obrábění, jako jsou natrhaná vlákna, mají tendenci se zvyšující se vlhkostí zvětšovat svůj objem a zvedat se, přičemž tvoří povrch o větší drsnosti (*Prokeš, 1978*). Vlhkost je jeden z hlavních činitelů ovlivňujících vlastnosti materiálů na bázi dřeva, kdy se zvyšující se vlhkostí klesají jejich mechanicko-fyzikální vlastnosti (*Čížek, 1985*).

Pevnost

Definuje se jako odpor, který je vyvíjen materiálem proti oddělování svých částí (*Prokeš, 1965*).

Tvrдост

„Tvrдост dřeva je odpor, který klade dřevo proti vnikání jiného předmětu (tedy i nástroje).“¹ Ovlivňuje ho obsah vody a hustota materiálu. Se snižující se vlhkostí tvrdost vláknitého materiálu stoupá. Tvrдост materiálu ve velké míře ovlivňuje hustota, společně tvoří síly působící proti řezání. MDF deska je homogenní materiál, tudíž je tvrdost v celém průřezu sortimentu přibližně stejná (Prokeš, 1978).

Lepící směs

Pro výrobu MDF desek suchým způsobem používáme Fenolformaldehydové pryskyřice. Tyto jsou zastoupeny v 10 % a dávkovány systémem Blow - line. Množství použitých pryskyřic ovlivňuje mechanické i fyzikální vlastnosti desek.

Hydrofobizační prostředky

Dřevitá vlákna v závislosti na působící vlhkosti mění své rozměry, a tím může docházet k borcení VD, proto je do výrobního procesu přidáván parafín. U suchého způsobu je přidáván buď do přehříváče, nebo do mlecí komory defibrilátoru v tekutém stavu (Hrázský, 2007).

Obrobitelnost

„Obrobitelnost je souhrn vlastností, které charakterizují vztah obráběné hmoty k nástroji při obrábění.“² Obrobitelnost je souhrnně vyjádřena řeznými odpory, výkony dosaženými při obrábění, tvarovou a rozměrovou přesností a jakostí obrobené plochy (Prokeš, 1978).

4.6.2 Atmosférická degradace povrchu MDF desek

Atmosférická degradace materiálu je procesem přirozeného degradace dřevní hmoty, které je vyvoláno působením slunečního záření (UV, VIS a IR), kyslíku, teploty, vody (deště, rosy, sněhu, vzdušné vlhkosti) i emisemi v ovzduší. Tímto procesem dochází jak k fyzikálnímu narušení povrchu, jako je eroze a zdrsňení, tak i k chemickému poškození struktury materiálu (Kučerová, 2005a).

¹ PROKEŠ, Stanislav. *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Druhé, přepracované vydání. Praha: SNTL, 1978s 196)

² PROKEŠ, Stanislav. *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Druhé, přepracované vydání. Praha: SNTL, 1978. s. 201)

Sluneční záření

Hlavní degradační složkou povrchu materiálu z pohledu povětrnostního stárnutí je UV záření. Tento faktor vyvolává ve dřevě fotochemickou reakci. Dřevní molekuly absorbují světelné kvantum, které iniciuje fotodegradaci dřeva a jeho částí. Fotodegradaci podléhá z velké části lignin, jenž velice dobře UV záření absorbuje. Lignin v kombinaci s kyslíkem způsobuje fotooxidaci, přičemž odbourává středně a nízkomolekulární produkty. Tato reakce se projevuje vnějším zbarvením do žluté až hnědé barvy a zároveň také zdrsněním povrchu (*Kučerová, 2005b*).

Při expozici dřevitého materiálu slunečnímu záření dochází ke zvýšení teploty povrchu, což má za následek postupnou změnu barvy a narušování povrchu degradačními procesy (*Kučerová, 2005a*).

Voda

Veškerá vlhkost, ať už v podobě plynné, pevné či kapalné, proniká nechráněným povrchem dřevitého materiálu a zdrsňuje jeho povrch. Materiál při přijímání vody (sorpci) do stavu vlhkostní rovnováhy zvětšuje svůj objem a naopak při ztrátě své vlhkosti (desorpci) své rozměry zmenšuje. Rozdílným obsahem vlhkosti ve středních a povrchových vrstvách vzniká napětí. Materiál se deformuje a jeho povrch se zdrsňuje (*Kučerová, 2005a*).

Další faktory atmosférické degradace

Materiál je také degradován mechanickými vlivy působícími na jeho povrch. Nejčastěji jsou to: vítr, písek, prach, led apod. Procesy degradace jsou urychleny látkami jako SO₂, NO_x, které jsou obsaženy v ovzduší.

4.6.3 Vliv nástrojů při opracování na drsnost povrchu MDF desek

Pro opracování MDF desky lze volit stejné způsoby jako při obrábění masivního dřeva. MDF desky obsahují určité procento lepidlové směsi, která má negativní vliv na ostrost břitu nástroje, doporučují se nástroje opatřené SK plátky. SK plátky jsou velice tvrdé, ale zároveň velice křehké, proto je nutné s tímto faktem uvažovat (*Hrázský, 2007*).

Působením nástrojů, strojů a struktury obráběného sortimentu vzniká povrch s určitými vlastnostmi a jakostí. Drsnost vzniklá obráběním povrchu MDF desek je ovlivněna převážně

hloubkou třísky, geometrií a mikrogeometrií řezného klínu a při nožových hlavách závisí na tvaru a typu lámající se třísky (*Prokeš, 1978*).

Homogenní rozložení dřevního elementu umožňuje vytvářet hrany bez "prázdných" prostorů ve středové vrstvě desky v porovnání s třískovými deskami, kterým toto jejich struktura neumožňuje. Lze tedy opracovávat MDF desky s volbou jakéhokoliv motivu, přičemž je vhodné se vyhýbat ostrým hranám z důvodu jejich snadného poškození (*Hrázský, 2007*).

Při tvorbě hlubokých profilů je doporučeno obrábět materiál nahrubo a následně povrch dočistit úběrem o menší tříse.

Příprava nástrojů k práci

Chybná příprava nástroje, nesprávné uložení v řezném mechanismu, chybně volené parametry obrábění, špatný stav stroje a nástroje se projevují zhoršenou kvalitou obráběného materiálu, rovněž mají vliv na opotřebení nástroje i zvýšení výrobních nákladů. Znamý je i výrok prof. Hirschelda, že ekonomika obrábění se vytváří na hrotě nástroje (*Lisičan, 2007*).

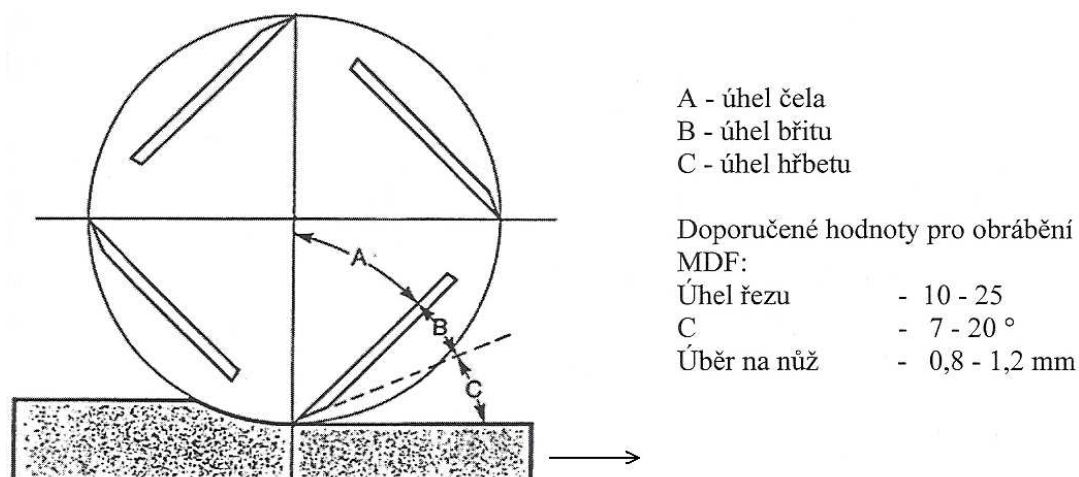
Jevy opotřebení břítu

Opotřebení břítu je třeba sledovat, tento faktor vytváří výslednou plochu, kdy při tupém řezném nástroji může docházet až k vytrhávání materiálu. Otupení břítu se projevuje těžším posuvem, vzrůstem řezné síly, třením a zahříváním nástroje, zhoršením kvality obrobene a otačené plochy. Tímto se dále ve své publikaci zabývá *Prokeš (1965)*.

Frézování

Frézováním vznikají na povrchu vlnové nerovnosti odvozené od počtu břitů, řezné rychlosti a posuvu. Vytváří povrch tzv. vlnové nerovnosti měřený na jednotky délky (cm), přičemž je rozhodujícím faktorem kvality obráběného dílce. Při obrábění masivního dřeva je požadováno 6 vln na 1 cm, u MDF desek je to minimálně 8 vln na 1 cm (*Hrázský, 2007*). *Hrázský (2007)* doporučuje pro strojní obrábění MDF desek tyto parametry (Obr.15.) Při frézování doporučuje volit úhel sklonu nože cca 10° vůči řezné ploše z důvodu bránění zatížení nože při záběru v řezné ploše. Dle zvolených otáček pohonné hřídele a podle počtu nožů volíme příslušnou rychlost posuvu pro dosažení co nejkvalitnější obrobene plochy.

Obr. 14- Doporučené hodnoty úhlů při strojním obrábění MDF



Zdroj: Hrázský (2007)

Broušení

MDF desky jsou broušeny již ve výrobě s posledním broušením o zrnitosti 150, tudíž lze nanášet základní nátěr na takto opracovanou plochu. Při vysokých nárocích na kvalitu výsledné plochy, např. aplikaci nátěru s vysokým leskem, je vhodné povrch dokončit širokopásovou bruskou s oscilační patkou s brusnými pásy o zrnitosti 160/ 200/ 240. Pásky je vhodné volit s brusivem z karbidu křemičitého a oxidu hlinitého (Hrázský, 2007).

Broušení profilových ploch je významné tím, že odstraňujeme přeřezaná vlákna a vyhlazujeme povrch po frézovém nástroji. Broušení probíhá různými nástroji dle složitosti povrchu jak strojně, tak v některých případech i ručně. Před volbou určitého tvaru profilu se doporučuje zjistit si možnosti jeho broušení a dle toho zvolit jednotlivé parametry. Hrázský (2007) doporučuje volit brusný pás o zrnitosti v rozmezí 180 - 360 s rychlostí posuvu 6 - 30 m/min.

Operaci broušení také zásadně ovlivňuje odsávání obrusu. Tento prach je velice jemný a je zapotřebí výkonného odsávacího systému. Kvůli vysoké hořlavosti a možnosti exploze musí být odsávací systém opatřen detektorem jisker a samozhášecím zařízením (Hrázský, 2007).

Soustružení

Je to způsob obrábění, při němž jsou třísky odebírány po obvodě obráběného materiálu s kruhovým průřezem. Jako nástroj je používán buď nůž zaoblený, nebo s hrotem. Rozeznáváme dle způsobu obrábění: radiální (čelní), podélné (osové), tangenciální (tečné).

Podélné soustružení: Břit je umístěn v úrovni osy otáčeného obrobku, přičemž se nůž posouvá rovnoběžně s osou otáčení a odebírá postupně materiál. Také lze posouvat obrobkem proti otáčejícímu se nástroji.

Tangenciální soustružení: Nástroj se posouvá kolmo na osu otáčení obrobku v rovině tečné ke kružnici o určitém poloměru.

Radiální soustružení: Břit je umístěn v úrovni osy otáčení obrobku a směr posuvu nože je kolmý k ose otáčení.

Výška nerovností soustruženého povrchu je podmíněna velikostí posuvu na otáčku a geometrií nože. Povrch může být poškozen vytrháním vláken, vyštípnutím materiálu atd. Prokeš (1978) uvádí, že je výhodné u takového povrchu posuzovat hodnotu R_{max} , protože se povrch ještě dále jemněji opracovává.

4.6.4 Technologické vlivy na drsnost

Vliv technologických parametrů na kvalitu povrchu

Jednotlivé nerovnosti a kvalitu povrchu neméně ovlivňují parametry, umožňující chod a funkčnost nástroje v kombinaci s pracovním zařízením (Cyberman educational page, 2012):

1. Technologické parametry - řezná rychlost, posuvná rychlost, hloubka řezu
2. Vibrace mezi obrobkem strojem a nástrojem
3. Kvalita a typ použitého obráběcího stroje a nástroje
4. Geometrie řezného nástroje - úhel klína, úhel čela, úhel hřbetu
5. Kombinace obrobku a materiálu nástroje a jejich mechanické vlastnosti
6. Použitá přídatná zařízení a maziva

4.7 Povrchové dokončení MDF desek

K dosažení jakostní povrchové úpravy nestačí samotné užití vhodných druhů nátěrových hmot za správné aplikace. Předpokladů ovlivňujících kvalitní výsledek je mnohem více a týkají se i vlastní kvality a způsobu přípravy podkladových materiálů (*Hartman, 1988*). Povrchová úprava je prováděna za účelem zušlechtnění a zvýraznění přirozené struktury dřeva pro zajištění tvarové stálosti a odolnosti proti povětrnostním vlivům, škůdcům a houbám (*Liptáková, 1977*). Důležité je také uvědomit si skutečnost, že aglomerované materiály obsahují mnoho chemických přísad a chemických látek, které mohou ovlivňovat jak drsnost, tak i přilnavost PÚ (*Štefka, 2006*).

Před aplikací povrchové úpravy musí být povrch dokonale hladký, toto zajišťuje broušení, které popisují v kapitole 4.6.3, a případně tmelení. Po provedení povrchové úpravy na plochu MDF desek následují další technologické operace, a to: broušení, nanášení další vrstvy nátěru, leštění a přešetřování (*Trávník, 2007*)

4.7.1 Tmelení

Tmelení je proces za účelem vyrovnání plochy. V podstatě se jedná o proces odstranění vad vzniklých ve výrobě a zpracování dílců, k tomu používáme tmely různých fyzikálních a chemických vlastností. (*Liptáková, 1977*).

4.7.2 Leštění

Tento postup dokončování ploch provádíme brusnými a leštícími pastami. Tohoto technologického procesu je užíváno při povrchové úpravě s docílením vysokého lesku. Účelem takového procesu je odstranit nečistoty a pozůstatky leštících prostředků se záměrem dokončit celkový vzhled finálního výrobku (*Trávník, 2007*).

4.7.3 Dokončení povrchu nátěrovými hmotami

Takzvaný mokrý způsob provádíme aplikací tekutých nátěrových hmot. Nátěrové hmoty lze nanášet jak ručně, tak i strojně, provádíme to mnoho způsoby: stříkáním, poléváním, navalováním, máčením, natíráním. Volbu technologie ovlivňuje mnoho faktorů: tvar výrobku, požadovaná kvalita, typ nátěrové hmoty, rozměry, množství atd. Nejvhodnější je podklad připravit navalováním a vrchní nános aplikovat například stříkáním nebo poléváním (*Hrázský,*

2007). Lze použít jakoukoliv nátěrovou hmotu určenou pro aplikaci na dřevo, ale při vyšším množství je důležité zkrátit čas vytvrzování na minimum.

Po aplikaci základní vrstvy povrch přebrousíme papírem o zrnitosti 320, důkladně povrch očistíme a naneseme finální vrstvu (*Hrázský, 2007*).

4.7.4 Olepování ploch MDF desek

Suchý způsob spočívá v tom, že nalepíme na povrch MDF desky jiný materiál. Kromě dýh, které se musí ještě povrchově upravit, nevyžadují ostatní způsoby další úpravu.

Dýhování

Je to polepování surového povrchu dýhami o různých tloušťkách za účelem zkrášlení povrchu. Klasickými dýhami dýhujeme pouze rovný a hladký povrch, s použitím mikrodýh podlepených ze spodní strany textilií lze dýhovat i určité profily. Tento způsob musí být doplněn povrchovým nátěrem.

Laminování

Laminování aplikujeme pouze na rovné dílce. Laminování MDF desek není v dnešní době příliš využíváno z důvodů úpravy plastických povrchů.

Termoplastické folie

Tato technologie suchým způsobem je dnes nejpoužívanější, lze ji nalepovat na různě členitý povrch. Tato technologie se nejčastěji používá pro výrobu MDF dvířek. Lisování probíhá v membránových vakuových lisech za tvorby pouze jedné spáry na spodní hraně (*Hrázský, 2007*). Tímto způsobem lze lisovat i dýhovaný povrch.

Foliování (kašírování)

Cenově výhodné papírové folie se obvykle z rolí kašírují na aglomerovaný materiál. Nalepují se pomocí PVAC lepidla, UF lepidla atd. Vyžadují větší nároky na kvalitu a hladkost povrchu upraveného materiálu (*Štefka, 2006*).

4.8 Vliv vlhkosti při užití povrchové úpravy

Dřevo, jakožto i materiály na bázi dřeva jsou hygroskopického charakteru, tedy materiály schopné vodu přijímat, nebo odevzdávat. Vlhkost je dřevem a materiály na bázi dřeva přijímána v plynné formě (navlhavost), nebo v kapalně formě (nasáklivost). S tímto jsou spojeny jejich rozměrové změny a změny mechanicko-fyzikálních vlastností. Navlhavost je děj, při kterém materiál přijímá vlhkost okolního prostředí ve formě plynné do tzv. stavu vlhkostní rovnováhy (SVR) za určité teploty a relativní vlhkosti prostředí. Při jakékoliv změně prostředí se mění i STR. Nasáklivost je schopnost materiálu přijímat vlhkost ve formě kapalné (Gandelová, 2012).

Každé velké výkyvy vlhkosti v materiálech na bázi dřeva, tedy i v MDF deskách, jsou po povrchové úpravě (PÚ) nežádoucí, proto bychom jim měli předcházet a co nejvíce je eliminovat. Při ohlédnutí do minulosti si uvědomíme, že za posledních několik let PÚ udělaly obrovský skok, avšak nelze zabránit tomu, aby vlhkost nátěrem prostoupila. Tedy jsme schopni prostup vlhkosti do PÚ eliminovat různými tvrdými laky a foliemi, ale ne úplně zamezit degradaci povrchu dřeva či materiálů na bázi dřeva (Miva Design, 2012).

Do povrchově upravených MDF výrobků může vlhkost vniknout mnoho způsoby. Kondenzací vlhkosti na povrchu výrobků, zatékáním vody v nedokonale ošetřených spojích jednotlivých dílů, působením vodní páry na povrch dílců umístěných například v těsné blízkosti vařičů, myček nádobí, sprch atd. Působením vlhkosti na PÚ dochází k její vyšší degradaci, barevným změnám, popraskání, odlupování, vzniku puchýřků atd. Ustálením materiálu na rovnovážné vlhkosti prostředí, v němž bude výrobek umístěn, a zamezením teplotních a vlhkostních výkyvů prostředí prodloužíme životnost PÚ (Hrázský, 2007).

Prakticky každá nátěrová hmota požaduje určité parametry vlhkosti podkladového materiálu. Důvody pro omezení vlhkosti podkladu jsou tři (Dohnálek, 2013):

1. Zvýšená vlhkost podkladu znesnadňuje přilnavost (zakotvení) povrchových úprav, a tím jejich dlouhodobé spolehlivé fungování.
2. Zvýšená vlhkost podkladu uzavřená difuzně méně prostupnou povrchovou úpravou vyvolává v řadě případů vznik poruch a výdutí (puchýřů, boulí).
3. Zvýšená vlhkost podkladu vyvolává objemové změny materiálu, čímž může dojít k poškození povrchové úpravy či k deformaci dílce.

Při aplikaci nátěrových hmot musí být respektovány určité požadavky, které negativně působí na kvalitu povrchové úpravy:

- Vlákenné desky musí vykazovat minimální nasáklivost, současně při maximální rozměrové stabilitě. U desek je požadován rovný a hladký povrch. Nepřípustné jsou výskyty jakýchkoliv vyvýšenin, otláčenin, vytrhaných míst, vodních, olejových či jiných skvrn. Tyto skvrny mohou vystupovat na povrch povrchové úpravy, a tím ji znehodnotit (*Hrázský, 2007*).
- Volba nátěrové hmoty je velice důležitá, ovlivňuje ji mnoho faktorů, jako jsou: požadavky na funkčnost povrchové úpravy, funkce konečného výrobku a jiné. Tyto zahrnují případnou expozici vodní páry, mastnoty a dalších činitelů, kterým musí PÚ odolávat (*Hrázský, 2007*).
- Výrobky neumísťujeme do blízkosti van, nebo sprchových koutů. Vždy je umísťujeme na podstavné nožky nebo vėsíme na zeď.

V současné době je nejvíce odolným povrchem proti průniku vlhkosti foliovaná MDF deska nebo MDF deska lakovaná polyuretanovými laky dle barevné rozmanitosti RAL. PÚ 3D vacuo lisováním zajišťuje dokonalé přilnutí folie a MDF materiálu. Tato technologie zvyšuje odolnost dvířek tím, že vznikne pouze jeden spoj aplikovaných folií, a to na zadní straně výrobku (*Rychterská, 2013*).

Štefka (2006) uvádí, že nízká vlhkost může mít za následek snížení adheze laminovaných desek, přičemž příliš vysoká vlhkost zvětšuje riziko nadměrného stlačení desek. Toto způsobuje skvrny, deformovaná místa atd. na povrchu materiálu použitého pro opláštění.

Charakteristickou mírou odolnosti povrchové úpravy je její trvanlivost. Tato schopnost umožňuje odolávat poškrábání, nárazům, opotřebením, změnám teploty a zamezuje bobtnání či sesychání podkladového materiálu. Schopnost povrchu odolávat tekutinám či vlhkosti nezávisí jen na typu nátěrové hmoty (NH), ale také na volbě modifikace MDF materiálu či technologii PÚ (*Akzo nobel, 2009*). Tloušťka nátěru ovlivňuje přilnavost, absorpci a desorpci vody za vlhkého počasí, životnost a vzhled nátěru. Poměrně důležitým faktorem je také střídání denních a nočních teplot. Tepelná roztaživost podkladového materiálu a nátěru je nestejná, nátěr ztrácí přilnavost ke spodním vrstvám (zvláště je to patrné u tmelových vrstev) a někdy i přímo k podkladu.

Materiály na bázi dřeva jsou velice choulostivé na vliv vlhkosti, a proto je třeba tento faktor zohledňovat i při skladování a dopravě. Podmínky skladovacího prostředí, a tedy i rovnovážné vlhkosti materiálu, musí odpovídat prostředí, do něhož bude výrobek umístěn, aby nedocházelo k deformacím a snižování jakosti povrchu. Vlhkost musí být při skladování

řízena, desky nesmí být vystaveny přímému slunečnímu záření, tepelnému záření, expozici vody a vlhkostním výkyvům. Proto je důležité ve skladech uvažovat s okny, klimatizací, zateplením skladů, chladnými kouty atd... Vlhkost skladovaného materiálu pro vnitřní užití by se měla pohybovat v rozmezí 6- 8 %. U užití ve vlhkém prostředí mají mít desky vlhkost 8 až 12% a někdy i vyšší (*Čížek, 1985*). Z těchto důvodů je důležité provádět kontrolu kvality a vlhkosti materiálu nejen při převzetí od dodavatele, ale také před samotným uvedením do výroby.

Z výše uvedených faktů vyplývá, že zvýšená vlhkost či její výkyvy jsou nežádoucí a působí negativně na kvalitu povrchu. Proto se s kolísáním vlhkostí musí počítat od samotné výroby MDF desky až po konečné využití a musí se mu předcházet. Důležité je také zohledňovat teplotu prostředí, například změna klima ze skladu do výroby. Kvalita povrchu s finální povrchovou úpravou udává cenu a prodejnost výrobku.

5 Měření drsnosti povrchu MDF desek

5.1 Zajištění a příprava vzorků

Vzorky odebrané z barevné MDF desky (rozměry 300mm x 80mm x 18mm) poskytlo DDL Lukavec. Vzorky byly dodány v surovém neopracovaném stavu po egalizaci již z výrobního procesu. Egalizace MDF desek probíhá na širokopásových bruskách zpravidla s brusnými pásy o zrnitosti 150 (Hrázský, 2007), (DDL Lukavec), (Štefka, 2006).

Vybrané vzorky jsem očistil, očísloval, označil směr měření a označil bod, od kterého měření probíhalo. Každý vzorek jsem měřil čtyřikrát s cílem zjistit hodnoty R_a (střední aritmetická úchylka profilu), R_c (průměrná výška prvků profilu), R_{Sm} (průměrná šířka nerovností profilu), abychom získali jak výškový, tak délkový přehled o měřeném profilu.

Připravené vzorky jsem vystavil pěti prostředím o různých vlhkostech se záměrem zjistit změnu drsnosti povrchů. Měření probíhalo v klimatizované laboratoři s relativní vlhkostí vzduchu 65% a teplotou 20°C. Jako prostředí jsem zvolil sušící komoru, sušící komoru BINDER a akvárium s vodou.

První a druhé naměřené hodnoty byly měřeny po ustálení na SVR z prostředí o relativní vlhkosti vzduchu 20% a 65% při teplotě 20°C v sušící komoře. Třetí údaje jsem získal měřením vzorků plovoucích 2 hod na vodní hladině. Čtvrté měření probíhalo po uložení vzorků na 12 hod pod vodní hladinou (Příloha.11.). Při nasákavosti jsem nechal každý vzorek, před samotným měřením 5 minut okapat a oschnout. Poslední páté měření bylo zvoleno po vysušení vzorků na nulovou vlhkost v sušícím zařízení BINDER při teplotě 103 °C ± 2°C.

Vzorky MDF desek jsem před každým měřením drsnosti zvažil na kalibrované laboratorní váze, aby bylo možné spočítat průměrnou vlhkost vzorků při jednotlivém měření. Pro získání průměrné hustoty jsem před každým měřením posuvným měřítkem změřil rozměry vzorků č. 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30.

5.2 Postup měření dotykovým drsnoměrem

Zvolený postup vychází z normy ČSN EN ISO 4288.

- a) Jakýmkoliv způsobem (vizuální prohlídkou, pomocí srovnávacích vzorků atd.) odhadneme neznámý parametr profilu drsnosti povrchu R_a , R_c , R_{Sm} .

- b) Odhadem stanovíme základní délku z (Tab.2) pro Ra , Rc , RSm , které jsme určili v a).
- c) V měřicím přístroji navolíme hodnoty základní délky, kterou již známe z kroku b), a tak získáme reprezentativní měření Ra , Rc , RSm .
- d) Naměřené hodnoty Ra , Rc , RSm rozsahem hodnot Ra , Rc , RSm v (Tab.2.) odpovídající odhadnuté základní délce jsou poměřeny. Jsou-li měřené hodnoty mimo rozsah hodnot pro odhadnutou základní délku, nastaví se přístroj na větší či menší základní délku, než je základní délka indikovaná pro měřenou hodnotu. Potom se měří reprezentativní hodnota při použití této nastavené základní délky a opět se porovnává s hodnotami v (Tab.2.). V tomto případě by mělo dojít ke kombinaci měřené hodnoty a základní délky z tabulky (Tab.2.).
- e) Použitím hodnoty mezní vlnové délky (základní délky), kterou jsme odhadli v předchozích krocích, získáme reprezentativní měření žádaných parametrů.

Tab. 2- Základní délky drsnosti pro měření

Rt, Rz	Ra	RSm	lr	ln	lt
μm	μm	mm	mm	mm	mm
0,025...0,1	0,006...0,02	0,013...0,04	0,08	0,4	0,48
0,1...0,5	0,02...0,1	0,04...0,13	0,25	1,25	1,5
0,5...10	0,1...2	0,13...0,4	0,8	4	4,8
10...50	2...10	0,4...1,3	2,5	12,5	15
50...200	10...80	1,3...4	8	40	48

Zdroj: ČSN EN ISO 4288

5.3 Požadavky na měřicí profiloměry (viz norma ČSN 49 0231)

- a) Umožnit měření po celé délce měřeného úseku
- b) Měření od 0,01 mm 1,6 mm
- c) Minimální tlak snímacího hrotu do 0,01 N
- d) Umožnit vyšetření i skrytého vytržení vláken u řezaných povrchů
- e) Nepoškodit zkoušený povrch
- f) Co nejmenší pracnost při dostatečné přesnosti měření
- g) Možnost vyhodnotit případnou vlnitost povrchu oddělenou od drsnosti

5.4 Postup měření přístrojem Form Talysurf Series Intra 2

Drsnost povrchu MDF desek byla měřena dotykovým drsnoměrem "Form Talysurf Series Intra 2" od firmy Taylor Hobson, který je k dispozici v laboratoři na Fakultě lesnické a dřevařské České zemědělské univerzity.

Obr. 15 - Drsnoměr: Form Talysurf Series Intra 2



Foto: Červený Luboš (2014)

5.4.1 Seznámení s přístrojem

Form Talysurf Series Intra 2 vyrábí firma Taylor Hobson. Jedná se o indukční přístroj. Má velký rozsah užití (měření tvarů, rozměrů a drsnosti povrchu). Vzhledem k jeho nízké hmotnosti je možné ho používat jako mobilní přenosnou jednotku s modulem řídicího procesu. Také ho můžeme připojit k PC a měřit s ním na měřicím stanovišti (*Taylor & Hobson, 2002, 2004*).

Samotný proces měření probíhá tak, že snímací jednotka vykonává pohyb po přímkové dráze snímaného povrchu, kterého se dotýká pouze snímacím hrotem. Přístroj se ovládá přes software „Ultra“ dodávaný s drsnoměrem. PC software slouží k ovládání všech administrativních, analytických, mechanických i zobrazovacích úkonů. Zvládne vyhodnotit více než 95 parametrů struktury povrchu. Výhodou je taktéž široký sortiment vyměnitelných měřicích snímačů, ty se dělí podle funkce využití. Firma také dodává na trh velké množství příslušenství usnadňující měření a práci s přístrojem (*Taylor & Hobson, 2002, 2004*).

5.4.2 Zásady při měření

Zařízení je velmi citlivé, a proto s ním musíme při jeho manipulaci zacházet opatrně. Při měření přístrojem jsou nežádoucí jakékoliv rušivé prvky, proto se s měřicí sestavou nesmí jakkoliv hýbat, to by vedlo ke zkreslení výsledků měření.

5.4.3 Příprava před měřením

Před samotným měřením se musí zkontrolovat funkčnost nainstalovaného softwaru PC, jenž slouží k ovládání drsnoměru. Zařízení umístíme na rovnou kalibrovanou podložku, aby snižovala případné otřesy, my použili žulovou leštěnou desku (Příloha.10.) (*Jelínek 2012, inverb*).

Měřicí přístroj stojí na příslušné desce na třech nožkách, ty eliminují viklání. Zařízení je tvořeno:

- tělem s pístem měřicího zařízení
- snímačem
- měřicí jehlou s hrotem
- krytem jehly

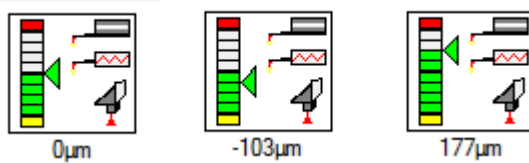
Do těla drsnoměru se zasune snímací zařízení a zajistí se šroubkem umístěným v horní zadní části snímacího zařízení. Pak se do čela snímacího zařízení vsune měřicí jehla s hrotem, který je orientován směrem dolů. Poté, co přístroj propojíme s počítačem, sestavíme měřicí zařízení a spustíme program „Ultra“, zvolíme parametr „poloha vozíku posunové jednotky“ (Příloha.4.), což je počáteční délka vysunutí měřicího pístu. Vzorky je potřeba mít řádně označené, zaevidované a před měřením zkontrolované (*Jelínek 2012, inverb*).

5.4.4 Postup měření

Pod hrot jehly měřicího zařízení o poloměru 14 μm se měřenou plochou přiloží vzorek. Následně se k jeho povrchu šroubuje měřicí jednotka, dokud se hrot nedotýká plochy. O hloubce zatížení jehly informuje graf v okně programu, graf musí být nastaven do střední polohy (Obr.17.). Nastaví se tyto parametry: počátek měření a rychlost měření a základní, pojezdová a vyhodnocovaná délka (Příloha.5.). Až se potvrdí nastavení, píst zařízení se začne pohybovat konstantní - předem nastavenou - rychlostí a hrot začne snímat nerovnosti na povrchu vzorku. Po zpracování naměřených dat (přístrojem) se na monitoru zobrazí právě vytvořený nefiltrovaný profil (Příloha.8.). Ve funkci s logem „obrázek grafu“ (nová analýza) je potřeba zvolit typ měření, v tomto případě „drsnost“ (Příloha.6.). Následně se objeví druhé okno s logem „L₀“, kde se zvolí: tvar - sklon, parametry posuzovaného profilu - v tomto případě postačí Rc (průměrná výška prvků profilu), Ra (průměrná aritmetická úchylka) a RSm (průměrná šířka prvků profilu) (Příloha.7.). Dala by se analyzovat celá řada dalších hodnot, ale pro rozsah nezbytného vyhodnocení a zjištění kvality povrchu jsou tyto veličiny dostačující. Po potvrzení této tabulky se vytvoří odfiltrovaný profil (Příloha.9.). Ve spodní části okna

programu se zobrazí požadované hodnoty, které vypovídají o drsnosti povrchu měřeného vzorku (*Jelínek 2012, inverb*).

Obr. 16 -Střední hodnota



Zdroj: Červený Luboš (2014)

6 Zhodnocení naměřených výsledků a diskuze

6.1 Vyjádření hodnot Ra- průměrná aritmetická odchylka profilu

6.1.1 Statistické ukazatele pro Ra

V příslušné tabulce (Tab.3.) jsou uvedeny statistické ukazatele hodnot Ra u různých druhů vlhkostního prostředí s příslušnou vlhkostí MDF desky.

Tab. 3- Statistické ukazatele Ra

STATISTICKÉ UKAZATELE Ra- střední aritmetická odchylka profilu						
Prostředí t= 20°C	w= MDF	\bar{x} [μm]	min [μm]	max [μm]	s_x [μm]	V_x [%]
rel vzduchu w= 20%	w ₁ =5	4,07	2,90	5,55	0,71	17,38
rel vzduchu w= 65%	w ₂ = 7	4,21	3,07	5,97	0,83	19,79
2 hod na vodní hladině	w ₃ = 9	7,84	6,36	9,01	0,72	9,12
12 ponořené ve vodě	w ₄ = 20	8,73	7,04	11,27	0,85	9,7
vysušeno při 103°C	w ₅ = 0	5,8	4,37	8,05	0,88	13,46

Pro zkoumání bylo zvoleno 30 vzorků, které byly měřeny na čtyřech místech v jejich ploše. V prvním sloupci tabulky jsou zobrazeny jednotlivé typy prostředí, kterému byly vzorky vystaveny. Druhý sloupec zobrazuje vlhkosti vyvozené daným vlhkostním prostředím. Ve třetím sloupci je vypočítán aritmetický průměr vycházející ze třiceti měření, který charakterizuje polohu střední hodnoty daného souboru, kolem níž se soustředí měřené hodnoty daného souboru.

Aritmetický průměr je značen pruhem nad názvem proměnné. Vypočítá se součtem všech hodnot v souboru a následně vydělením jejich počtem. Aritmetický průměr počítá se všemi hodnotami v souboru, tudíž se na něm jakákoliv výrazná odchylka odráží (Kába, 2006).

$$\bar{x} = \frac{1}{n} (x_1 + x_2 + \dots + x_n)$$

Čtvrtý a pátý sloupec upozorňuje na maxima a minima zjištěné měření vzorků. Šestý sloupec uvádí směrodatnou odchylku daného souboru informující o proměnlivosti jednotlivých hodnot znaku kolem výběrového aritmetického průměru. Pokud je směrodatná odchylka velká, poukazuje na velké odlišnosti mezi jednotlivými prvky v souboru, pokud je malá, znamená to, že jsou si hodnoty podobné, tj. že jsou více shluknuté kolem průměru. (Kába, 2006).

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

Sedmý sloupec zobrazuje výběrový variační koeficient udávající míru variability v procentech (Kába, 2006).

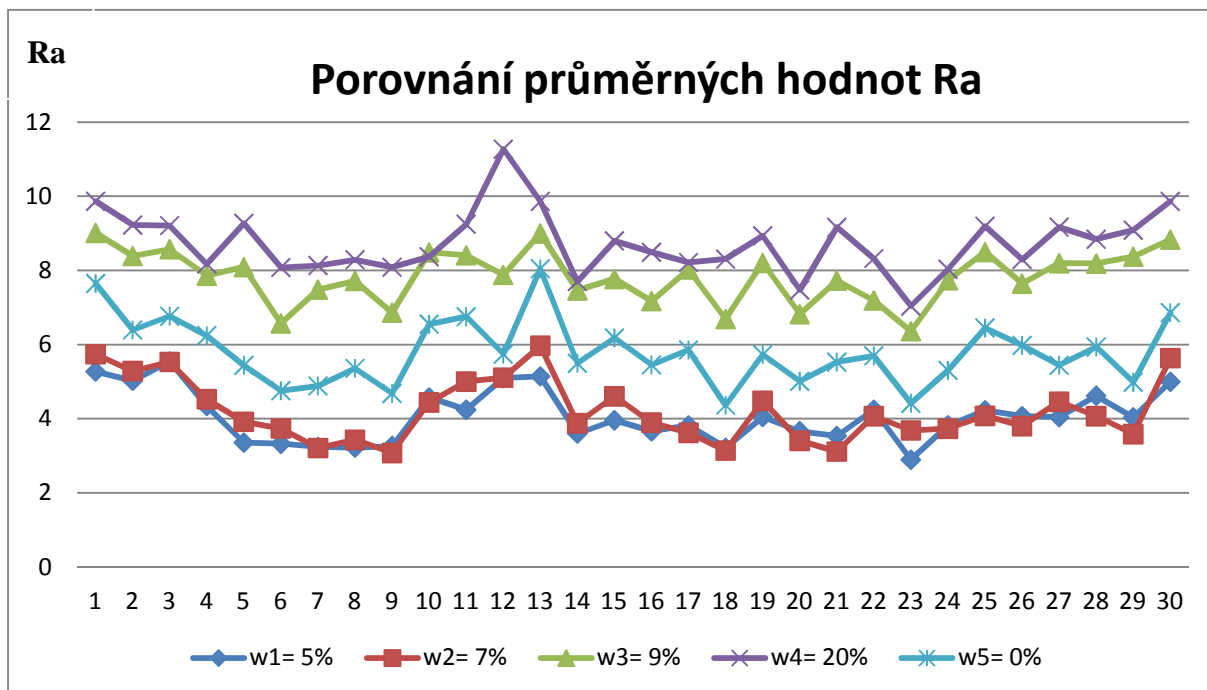
$$v_x = \frac{s_x}{\bar{x}} \cdot 100 [\%]$$

6.1.2 Porovnání výsledků jednotlivých prostředí

Povrch vzorků MDF desek byl vystaven odlišným vlhkostním stavům prostředí, které jsou popsány v kapitole 5.1. Tímto bylo docíleno různých vlhkostních stavů daného materiálu.

Pro grafické zachycení změny R_a (Střední aritmetická úchylka profilu) jsou hodnoty získané měřením jednotlivých povrchů zobrazeny v níže přiloženém grafu (Obr.18). Čtenář si poté může snadněji představit rozmezí všech středních hodnot jednotlivých souborů a udělat si představu o míře jejich rozlišnosti.

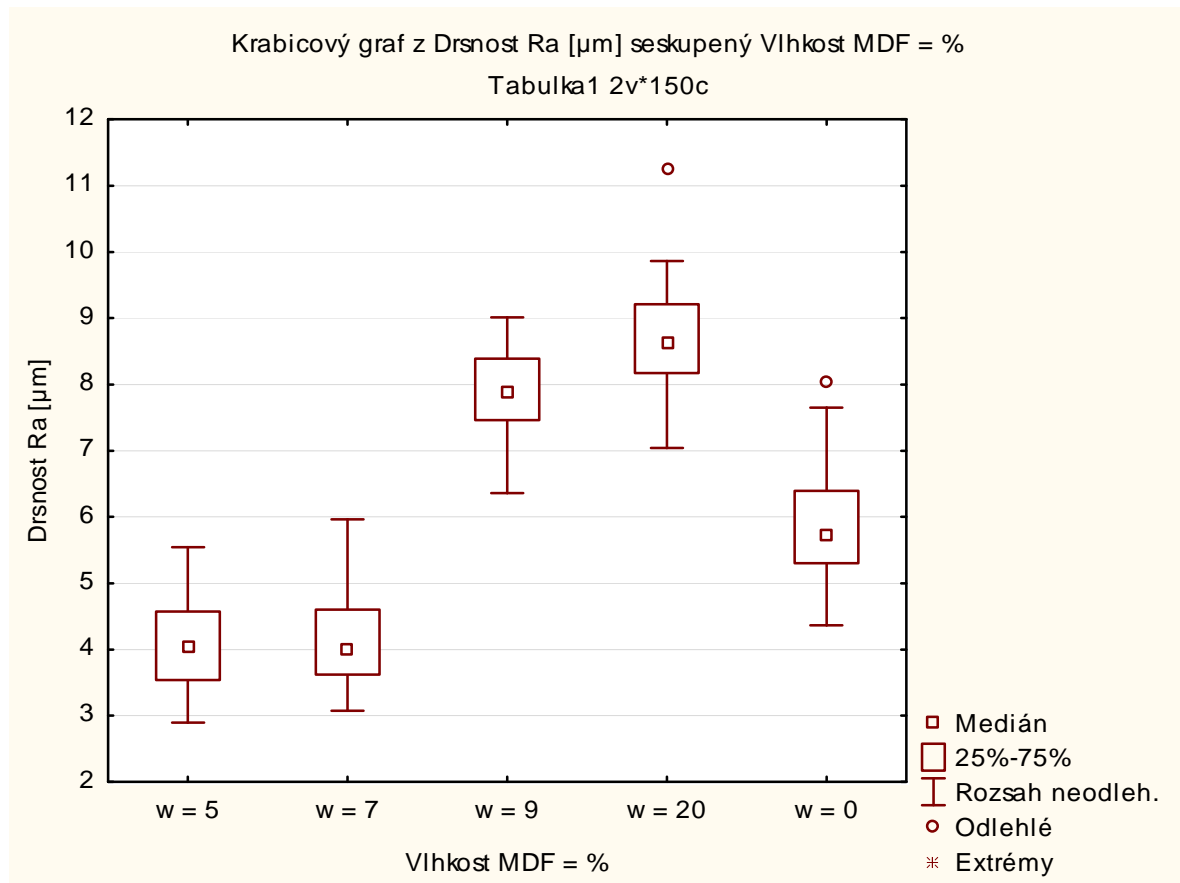
Obr. 17- Porovnání středních hodnot R_a



6.1.3 Porovnání výsledků Ra s jednotlivými druhy prostředí

Z uvedeného krabicového grafu (Obr.19.) vyplývá mnoho souvislostí ovlivňujících změnu drsnosti povrchu - Ra MDF desky. Mezi zásadní patří hustota a vlhkost, které jsou ovlivněny strukturou měřeného materiálu, lisovacími parametry, typem povrchového dokončení atd... Výsledky drsnosti také ovlivňuje typ obrábění a lidský faktor.

Obr. 18- Krabicový graf hodnoty Ra



První dvě hodnoty jsou získány působením vzdušné vlhkosti za procesu navlhání materiálu, a tedy i změnou drsnosti. První vlhkost MDF $w_1 = 5\%$, byla zjištěna expozicí vzorků v prostředí o relativní vlhkosti vzduchu 20%. Druhá hodnota byla získána po působení relativní vlhkosti vzduchu 65% při SVR MDF $w_2 = 7\%$. Mezi těmito hodnotami není patrný příliš velký rozptyl hodnot. Toto je podloženo hlubším posouzením grafu (Obr.18.), na kterém je evidentní podobnost průběhu hodnot Ra u jednotlivých vzorků. Třetí a čtvrtý proces byl vystaven přímému styku s kapalinou, čímž docházelo k nasáklivosti materiálu, a tedy i k většímu bobtnání dřevních vláken. Třetí vzorek byl ponechán dvě hodiny na vodní hladině při následném vzrůstu vlhkosti vzorků $w_3 = 9\%$. Čtvrtá hodnota byla získána měřením po ponoření vzorků pod vodní hladinu na 12 hod, čímž bylo dosaženo vlhkosti $w_4 = 20\%$. Páté a poslední hodnoty drsnosti povrchu MDF desky byly získané po vysušení na $w_5 = 0\%$ při teplotě vzduchu

103°C. Tento proces byl nutný k zjištění hmotnosti MDF desky v suchém stavu a názorné ukázce míry poklesu drsnosti povrchu.

Lze vypočítat fakt, že se hodnoty Ra mezi jednotlivými typy vlhkostního prostředí významně odlišují. Toto tvrzení podporuje *Analýza rozptylu* (ANOVA)- F-Test. Test srovnává rozptyly souborů, pokud zamítáme nulovou hypotézu, znamená to, že alespoň jeden soubor je odlišný. Ze studie vyplývá: Na základě hodnot testované statistiky jsme prokázali, že střední hodnoty skupin nejsou shodné na hladině významnosti $\alpha = 0,05$. Tento fakt je zapříčiněn změnou vlhkosti a typem vlhkostního prostředí. Detailnějším zhodnocením pomocí *Tuckova testu* jsme zjistili, že mezi průměry drsností Ra_1 a Ra_2 není statisticky významný rozdíl, mezi ostatními ano. Stejně tak jsme zjišťovali závislost hustoty a drsnosti a došli jsme k téměř stejnému závěru, jenž je popsán výše.

Hodnoty drsnosti zjištěné v prvním a druhém měření se od sebe v závislosti na vlhkosti statisticky neliší. Rozdíl mezi středními hodnotami Ra_1 a Ra_2 je ($Ra_{1-2} = 0,49\mu\text{m}$). Toto je nepatrná změna způsobená nárůstem vlhkosti materiálu o 2%, Výsledky třetího a čtvrtého měření jsou již mezi sebou odlišnější. Rozdíl mezi středními hodnotami Ra_3 a Ra_4 je ($Ra_{3-4} = 0,89\mu\text{m}$) s nárůstem vlhkosti o 9%. U pátého měření je evidentní pokles vlhkosti hodnoty Ra v porovnání se čtvrtým měřením. Vysušením vzorků na nulovou vlhkost MDF desky klesá výrazně drsnost povrchu, a to o 20% vlhkosti a 2,93 μm drsnosti ($Ra_{4-5} = 2,93\mu\text{m}$). Určitou trvalou deformaci a snížení mechanicko-fyzikálních vlastností vlivem vlhkosti si deska ponechává. Při vizuálním posouzení vzorků bylo možné pozorovat několika milimetrové trhliny na hranách po obvodu vzorků. Ty vznikly výrazným nárůstem tloušťky v těchto místech a došlo k deformaci struktury MDF materiálu vlivem vysoké vlhkosti a následným vysycháním což je možné v praxi pozorovat např. po zmoknutí desky v horkých letních dnech.

Z krabicového grafu dále vyplývá rozlišnost navlhavosti (první a druhé měření) a nasáklivosti (třetí a čtvrté měření). Na toto má velký vliv kontakt povrchu MDF desky s kapalinou, materiál rychleji přijímá vodu, povrchová vlákna rychleji nabobtnají a zvednou se. Dále dochází k výraznému nerovnoměrnému rozložení vlhkosti mezi okraji a středem desky, což způsobuje její deformaci a rapidní zhoršení drsnosti.

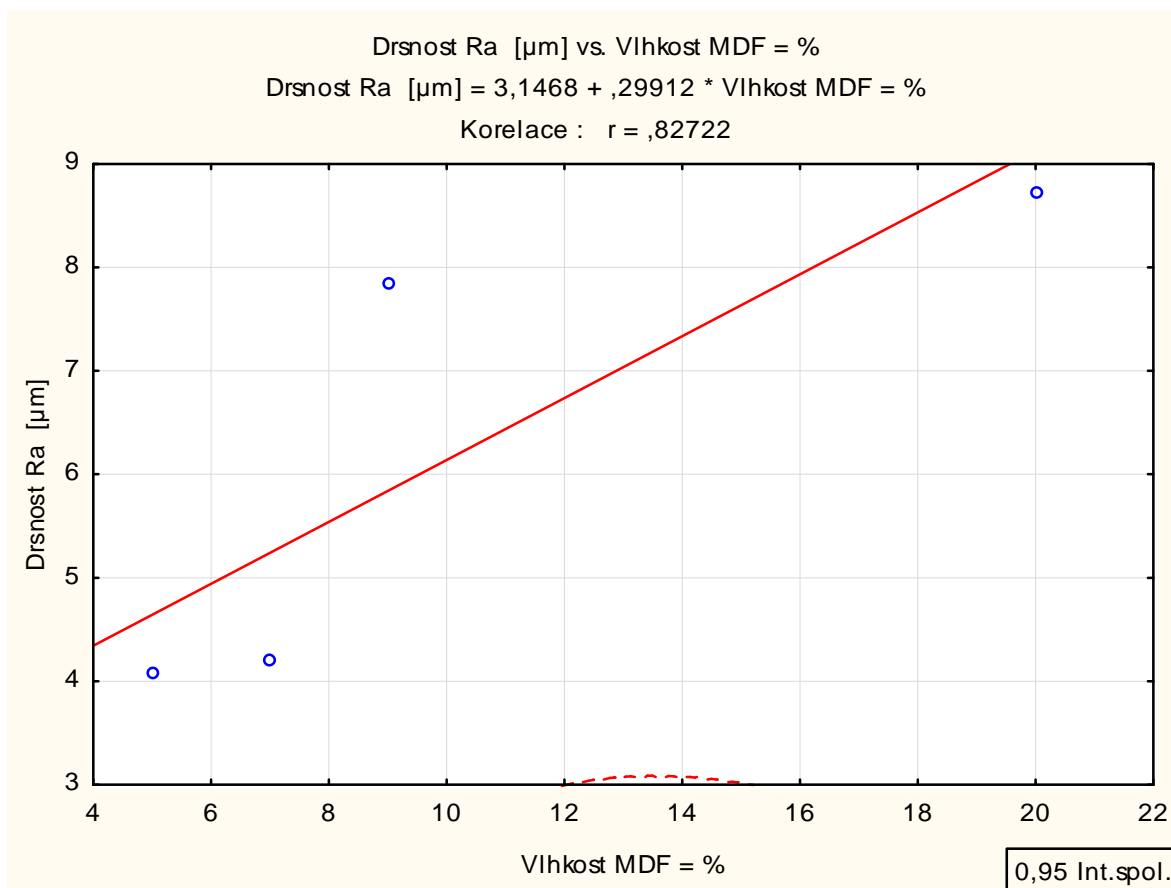
Dlouhodobějším působením kapaliny dochází k trvalé deformaci desek vzniklé působením nerovnoměrného navlhání a vysychání některých částí desek. To se vyskytuje zejména u okrajů, což způsobuje zvlnění a nerovnoměrnou drsnost profilu (Čížek, 1985). V praxi lze tento úkaz pozorovat následkem zmoknutí, polížení materiálu tekutinou, nesprávným

nanesením nátěru, zatékáním dešťové vody a dalších. Proto se provádí nejrůznější úpravy povrchu, aby byl omezen vstup vlhkosti do materiálu (Hrázský, 2007).

6.1.4 Korelace a regrese Ra

Úkolem této statistické metody je určit typ a sílu závislosti mezi dvěma veličinami. V našem případě volíme závislost mezi vlhkostí MDF desky a drsností jejího povrchu. Regrese vyjadřuje průběh závislosti, o kolik se změní závisle proměnná, když se nezávisle proměnná zvýší o jednotku. Korelace nám vyjadřuje sílu závislosti.

Obr. 19 - Korelace a Regrese Ra



Pro test jsme zvolili hodnoty vlhkostí materiálu a drsností povrchu z prvních čtyř měření. Páté měření drsnosti povrchu, při vysušení na nulovou vlhkost, bylo prováděno jako poslední, a tudíž by výsledek studie zkreslil. Tím, že jsme vzorky vystavily určitému vlhkovému procesu, navlhavosti a nasákavosti, jsme způsobili u vzorků určitou trvalou deformaci a drsnost, která se již po zpětném vysušení nevrátí na původní hodnoty.

Z testu vyplývá, že když se vlhkost změní o 1%, drsnost se v průměru změní o 0,299 μm . Drsnost je z 68,4% ovlivněna vlhkostí, jedná se tedy o silnou závislost.

Při vlhkosti nad 15% se značně zhoršuje většina mechanických, izolačních vlastností, zvětšuje se výrazně hmotnost desek, zhoršuje se jejich vzhled, a tím i drsnost povrchu. Málo vlastností zůstává nezměněno, nebo se naopak zlepšuje, jako je například ohybatelnost, hořlavost atd... V rozsahu 15 až 25% se významně snižuje odolnost proti biologickým činitelům (Čížek, 1985).

6.2 Statistické ukazatele pro R_c

V tabulce ((Tab.4.) jsou znázorněny hodnoty vycházející z měření R_c : aritmetický průměr, minimální a maximální hodnoty, výběrové směrodatné odchylky a variační koeficient. R_c zaznamenává průměrnou výšku prvků profilu, tedy pracuje ve svislém směru. Slouží k doplnění hodnoty R_a - aritmetické úchylky. Samostatně tento prvek nemá žádnou vypovídající hodnotu.

Tab. 4 - Porovnání středních hodnot R_c

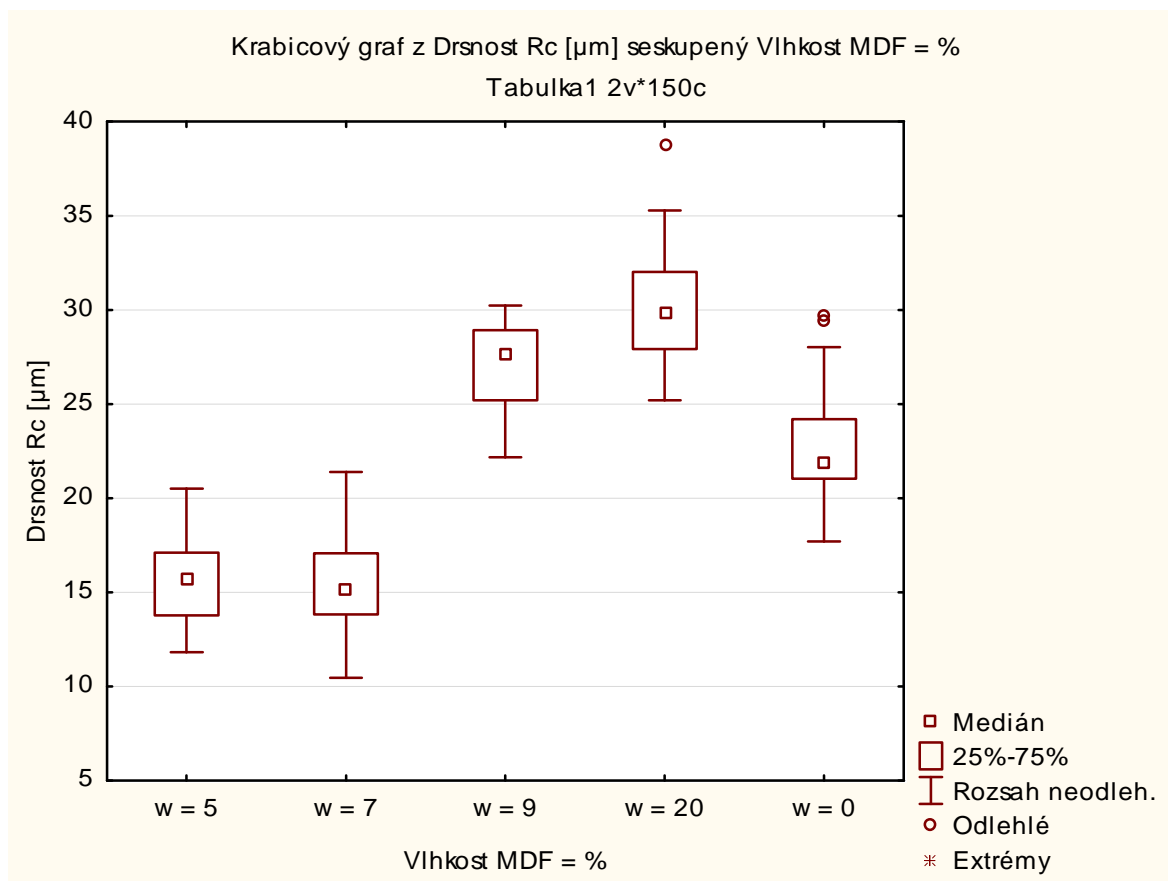
STATISTICKÉ UKAZATELE R_c - průměrná výška prvků profilu						
Prostředí $t= 20^\circ\text{C}$	$w= \text{MDF}$	\bar{x} [μm]	min [μm]	max [μm]	s_x [μm]	V_x [%]
rel vzduchu $w= 20\%$	$w_1=5$	15,73	11,83	20,51	2,3	14,6
rel vzduchu $w= 65\%$	$w_2= 7$	15,66	10,47	21,39	2,7	17,25
2 hod na vodní hladině	$w_3= 9$	27,07	22,17	30,23	2,39	8,82
12 ponořené ve vodě	$w_4= 20$	30,45	25,21	38,76	3	9,85
vysušeno při 103°C	$w_5= 0$	22,67	17,71	29,72	3,05	13,45

Z tabulky č. 4 je rovněž vidět odlišnost výsledků podle typu prostředí. U vzorků umístěných pouze na vzduchu dosáhly vypočtené průměry odlišných hodnot než u vzorků umístěné na a ve vodě. Tyto výsledky korespondují se závěry uvedenými v odstavci 6.1.3.

Nejnižší střední hodnota byla naměřena při druhém měření, zato zde byl pozorován nejvyšší variační koeficient. V závislosti na tom, že měříme drsnost rovnoběžně se směrem obrábění, došlo při mírném zvýšení vlhkosti k nepatrnému nabobtnání vláken, a tím i ke snížení drsnosti částečným zaplněním nerovností profilu. Největší směrodatnou odchylku vykazaly vzorky vysušené, což může být ovlivněné různorodostí vláken a chemických přísad zaznamenaných hrotem snímacího zařízení. Takřka shodnou hodnotu pak mají vzorky ponořené do vody, u nichž se výrazně zvedla drsnost a povrchová vlákna nabobtnala již při

třetím měření. U obou měření se však nejedná o nijak výrazně odlišnou hodnotu ve srovnání se zbývajícími sadami vzorků.

Obr. 20 - Krabicový graf hodnoty Rc



Z grafu (Obr.21.) jsou také zřejmé rozdíly mezi mediány. Pokud se zaměříme na krabicové grafy vzorků ponechaných na vzduchu, je vidět, že medián drsnosti u relativní vlhkosti 65% je nepatrně nižší z důvodu, jenž jsem zmiňoval výše. Tyto vzorky rovněž vykazují vyšší míru variability. Krabicový graf je delší, hodnoty minima a maxima jsou od sebe více vzdálené (graficky je tato skutečnost vyjádřena délkou svislých čar, vycházející z krabicové části grafu). Úrovně horních a dolních kvartilů jsou téměř shodné.

Při srovnávání vzorků 3. a 4. měření můžeme vysledovat, že se mezi sebou liší více než vzorky 1 a 2. U vzorku 3 je vidět, že hodnota mediánu je spíše umístěna v horní části krabicového grafu, rovněž variabilita nad 3 kvantilem je nižší. Můžeme tedy usuzovat, že hodnoty dílčích průměrů jsou nesymetricky rozložené, a to levostranně (vlevo od průměru se vyskytují odlehlejší hodnoty než vpravo). U vzorku č. 4 se nachází jedno odlehlé pozorování.

6.3 Statistické ukazatele pro RSm

V tabulce (Tab.5.) jsou znázorněny hodnoty vycházející z měření *RSm*: aritmetický průměr, minimální a maximální hodnoty, výběrové směrodatné odchylky a variační koeficient. *RSm* je střední hodnota rozteče nerovností profilu v rozsahu základní délky. Ukazatel charakteristiky drsnosti v podélném směru, zvláště pak pro hodnocení periodické složky v profilu povrchu. Slouží k doplnění hodnoty *Ra*- aritmetické úchytky. Samostatně tento prvek nemá žádnou vypovídající hodnotu a nelze podle něho hodnotit výslednou drsnost.

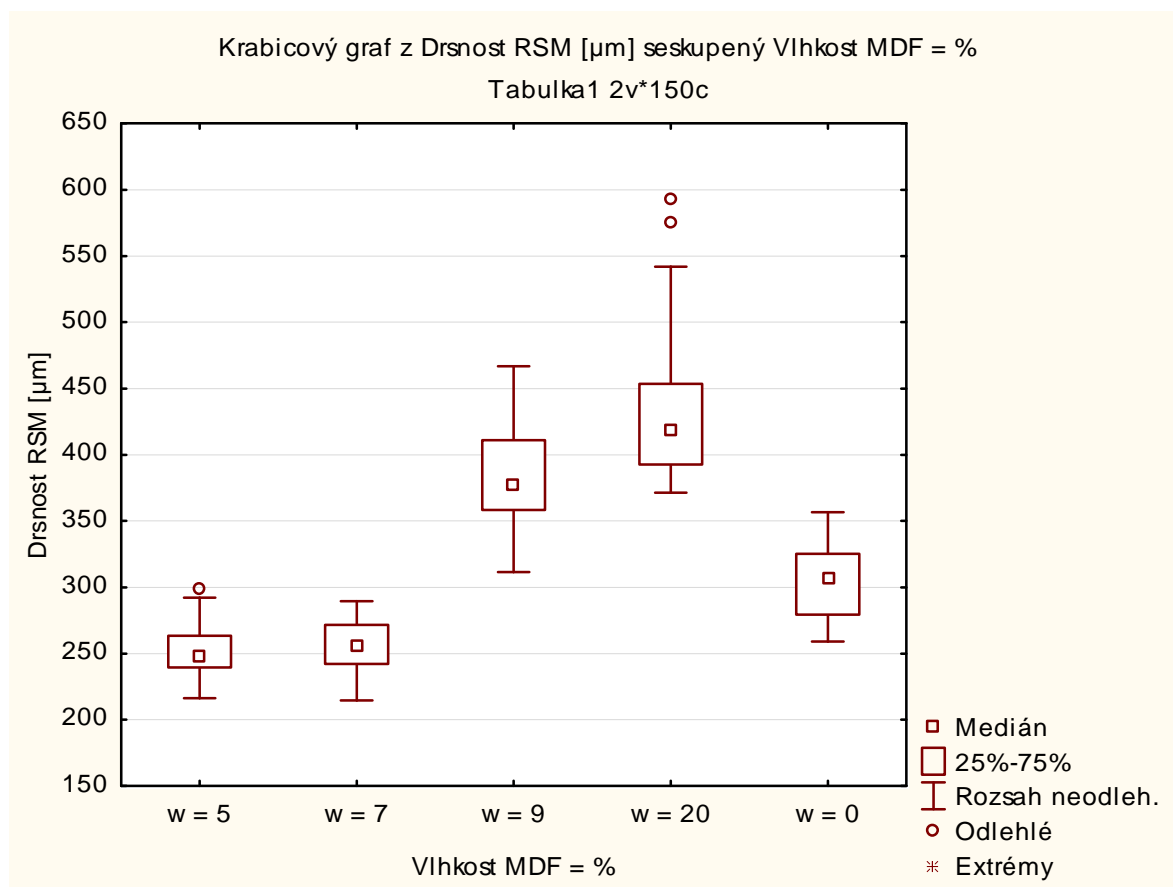
Tab. 5 - Porovnání středních hodnot RSm

STATISTICKÉ UKAZATELE RSm- průměrná šířka prvků profilu						
Prostředí t= 20°C	w= MDF	\bar{x} [μm]	min [μm]	max [μm]	s_x [μm]	V_x [%]
rel vzduchu w= 20%	w ₁ =5	251,09	216,32	300,05	20,15	8,03
rel vzduchu w= 65%	w ₂ = 7	255,00	214,53	289,62	19,48	7,64
2 hod na vodní hladině	w ₃ = 9	381,52	311,43	466,78	42,11	11,04
12 ponořené ve vodě	w ₄ = 20	437,07	371,41	593,48	58,83	13,46
vysušeno při 103°C	w ₅ = 0	303,97	259,03	356,73	26,63	8,76

Parametr se měří na základní délce, čím vícekrát měřící hrot zařízení překřížil střední aritmetickou čáru základního povrchu, tím nižší je hodnota *RSm*. Tudíž naměření vyšších hodnot *RSm* nemusí znamenat, že povrch je drsnější, může to zapříčinit kolísání mezi maximálními a minimálními hodnotami.

Variační koeficient je výrazně vyšší u třetího a čtvrtého měření, což naznačuje, že další naměřené hodnoty budou různorodější, než je střední hodnota souboru. Trend vývoje veličiny ovlivňuje hlavně směr obrábění, jak již bylo zmíněno, *RSm* je veličina hodnotící drsnost povrchu v délkovém směru, čímž se na měření projeví typ obrábění. Jelínek (2012) uvádí, že při snímání povrchu rovnoběžně s posuvem obrábění jsou snímané hodnoty nejnižší po procesu broušení, kdy je směr rovnoběžný, naopak frézované, soustružené a řezané povrchy, jejichž směr je příčný vykazují po obrobení drsnost nejvyšší.

Obr. 21 - Krabicový graf hodnoty RSm



Jak již bylo zmíněno, ze znázorněného krabicového grafu (Obr.22.) je patrné, že jsou si hodnoty mezi prvním a druhým měřením velice podobné, jak popisují v kapitole 6.1.2. Toto ovlivňuje směr obrábění, kdy vzorky byly měřeny ve směru egalizace, tedy ve směru broušení povrchu desky. Po zvlhčení povrchu u třetího a čtvrtého měření se tyto hodnoty výrazně změnil, což je dáno zvednutím vláken. V praxi je to tak, že mechanické opracování povrchu většinou poruší strukturu materiálu, přitom se vyskytují různé nežádoucí jevy, vytrhání vláken, rozdrásání povrchu, což v konečném důsledku ovlivňuje vnější výsledný povrch (Liptáková, 1998).

7 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zhodnocení změn drsnosti povrchu MDF desek v závislosti na její vlhkosti při zatížení povrchu různým vlhkostním prostředím, přičemž statistické zpracování naměřených hodnot a diskuze jsou obsaženy v kap č.6.

První dvě hodnoty R_a ($R_{a1}= 4,07 \mu\text{m}$ / $R_{a2}= 4,21 \mu\text{m}$) získané procesem navlhání při SVR ($w_1= 5\%$, $w_2= 7\%$) se mezi sebou příliš neliší a průběh obou středních hodnot měřených na jednotlivých vzorcích spolu výrazně koresponduje. Toto dokládá i Tuckeův test, kterým bylo zjištěno, že mezi průměrnou drsností R_{a1} a R_{a2} není statisticky významný rozdíl, mezi ostatními ano. Stejného výsledku bylo docíleno při posouzení závislosti hustoty a drsnosti vzorků.

Třetí a čtvrtá naměřená hodnota R_a ($R_{a3}= 7,84 \mu\text{m}$ / $R_{a4}= 8,73 \mu\text{m}$) při změřené vlhkosti materiálu ($w_3= 9\%$, $w_4= 20\%$), byla od sebe statisticky významná, dokládá to i výše zmíněný test. Křivky těchto středních hodnot jsou velice odlišné, jak v tvaru, tak i ve velikosti naměřených hodnot. V literatuře je uváděno, že většina mechanicko-fyzikální vlastností desek na bázi dřeva se výrazně zhoršují s nárůstem vlhkosti nad 15%, přičemž v rozmezí 15% až 20% jsou výrazně náchylnější na napadení dřevokaznými houbami, plísněmi a hmyzem.

Vzorky po pátém měření byly záměrně vysušeny na nulovou vlhkost. Měřením povrchu byla zjištěna drsnost vzorků ($R_{a5}= 5,8 \mu\text{m}$). Tímto je dokázáno, že při expozici určitého vlhkostního procesu, navlhavosti a nasákavosti, jsme způsobili u vzorků určitou trvalou deformaci a drsnost, která se již po zpětném vysušení nevrátí na původní hodnotu.

Hodnoty drsnosti mezi navlháním a nasakováním, tedy R_{a2} a R_{a3} , jsou od sebe výrazně odstoupeny. Při procesu opracování povrchu MDF desky dochází k vytrhávání a přeřezávání vláken, ta se v důsledku kontaktu s kapalinou zvednou a nabobtnají, čímž způsobí výraznou změnu v drsnosti povrchu. Z testu korelace a regrese vyplývá, že při zvýšení vlhkosti o 1% dojde ke změně drsnosti o $0,299 \mu\text{m}$. Přičemž je drsnost z 68,4% ovlivněna vlhkostí.

Dle mého názoru ze zmíněných skutečností vyplývá, že vazby mezi povrchovou úpravou, jejíž problematiku řeším v kapitole 4.8, vlhkostí a drsností, je důležité uplatňovat v celém průběhu, od skladování po aplikaci povrchového dokončení i užívání samotného výrobku. Zohledňováním výrobních faktorů, správných technologických postupů a správnou manipulací docílíme kvalitního hladkého povrchu vhodného pro široké spektrum použití. Je

důležité si uvědomovat, že MDF deska je materiál na bázi dřeva, který je tudíž hygroskopického charakteru, tímto důsledkem podléhá rozměrovým i tvarovým změnám a dochází k poškození a znehodnocení konečné povrchové úpravy.

Seznam použité literatury

- [1] PROKEŠ, Stanislav. *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Druhé, přepracované vydání. Praha: SNTL, 1978. 583 s.
- [2] KMINIAK, Richard. *Vplyv vybraných technicko-technologických faktorov na energetické a kvalitatívne ukazatele pro rovinnom frézovaní juvenilního topolového*. Diplomová práce. Zvolen: 2007. 129 s.
- [3] FAUST, TD. 1987. Real time measurement of veneer surface roughness by image analysis. *Forest Prod J*37(6): 34-40
- [4] TYKAL, Miroslav. *Příspěvek k hodnocení drsnosti povrchu s ohledem na ověřování přesnosti měřícího zařízení*. [Kandidátská disertační práce]. Brno: 1972. 135 s.
- [5] RICHTER, K., FEIST, WC., KNABE, MT. 1995. The effect of surface roughness on the performance of finishes. Part 1 Roughness characterization and strain performance *Forest Prod J* 45(7/8): 91-97
- [6] LIPTÁKOVÁ, E. - SEDLIAČIK, M. *Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle*. Bratislava: ALFA, 1989. 519 s. ISBN 80- 05- 00116- 9.
- [7] LE BA THIEP. *Vliv metod obrábění na mikrogeometrii povrchu a vzájemné vztahy charakteristik drsnosti povrchu*. Textová část. [Kandidátská disertační práce] Brno:1986. 157 s.
- [8] BUMBÁLEK, B. – ODVODY, – V. – OŠŤÁDL, B. *Drsnost povrchu*. Praha: SNTL, 1989. 338 s. ISBN
- [9] DOSTÁL, František. *Drsnost obrobených ploch*. Praha: SNTL, 1962. 120 s.
- [10] SANDAK, J., NEGRI, M. 2005. *Wood surface roughness – what is it?* Proceedings of the 17th International wood machining Seminar, Rosenheim, 29 – 30 September. Volume 1.
- [11] PROKEŠ, Stanislav. *Obrábění dřeva a nových hmot ze dřeva*. Praha: SNTL, 1975. 369 s. ISBN
- [12] HRÁZSKÝ, J. KRÁL, P. *Technologie výroby aglomerovaných materiálů. Cvičení*. Brno: MZLU, 1993. 133 s. ISBN 80-7157-098-2
- [13] ONDRA, J., *Optické metody pro monitorování kvality obrobených povrchu*. Kvalita a spolehlivost strojov. Nitra. 1998.
- [14] BÖHM, M., REISNER, J., BOMBA, J. *Materiály na bázi dřeva*. První vydání. Praha: 2012. 183 s. ISBN 978-80-213-2251-6
- [15] ČÍŽEK, *Vlastnosti a zpracování třískových a vláknitých desek*. Praha: SNTL, 1985. 352 s. ISBN 04-840-85

- [16] ŠTEFKA, Vilém. *Kompozitné drevné materiály, Část 2*. Zvolen: TU, 2002. 205 s. ISBN 80-228-1136-X
- [17] KAFKA, Emanuel, kolektiv. *Dřevařská příručka. Část 2*. Praha: SNTL, 1989. 363 s. L 19-E1-V-41/82
- [18] HRÁZSKÝ, J., KRÁL, P., *Kompozitní materiály na bázi dřeva. Část 1. Aglomerované materiály*. Brno: 2007. 253 s. ISBN 978-80-7375-034-3
- [19] HARTMAN, E. LUKAVSKÝ, L. SVOBODA, B. *Povrchové úpravy nátěrovými hmotami v nábytkářském průmyslu*. Praha: SNTL, 1988. 256 s. L19-B2-IV-31/82268
- [20] LIPTÁKOVÁ, EVA. *Chémia a aplikácia pomocných látok II*. Bratislava: ALFA, 1977. 346 s. ISBN 80- 05- 00116- 9.
- [21] KÁBA, B. SVATOŠOVÁ, L. *Matematická statistika I*. Praha: PEF ČZU, 2006. 108 s. Č publikace: 788
- [22] RICHTER, K., FEIST, WC., KNABE, MT. 1995. The effect of surface roughness on the performance of finishes. Part 1 Roughness characterization and strain performance Forest Prod J 45(7/8): 91-97
- [23] GANDELOVÁ, L., HORÁČEK, P., ŠLEZINGEROVÁ, J., *Nauka o dřevě. Dotisk III. nezměněného vydání*. Brno: Mendelova univerzita, 2012, 176 s. ISBN 978- 80- 7375- 312- 2

Seznam internetových odkazů

- [24] KWH Mirka Ltd. *Efektivní broušení dřeva* [online]. Publikováno 2007. [cit. 2013-12-28].
- [25] CYBERMAN EDUCATIONAL PAGE (EDUCATIONAL MATERIALS).
Department of Mechanical Engineering, Michigan, Technology University, 2012.
[online]. Dostupné z WWW:
<http://www.mfg.mtu.edu/cyberman/quality/sfinish/terminology.html>
- [26] AFJEHI-SADAT Ali – et al. *Meranie drsnosti, vlnitosti a primárneho profilu*. 2006.
[online]. Dostupné z WWW:
<http://www.kam.sjf.stuba.sk/katedra/publikacie/leonardo/ucebnica/13s.pdf>
- [27] Taylor & Hobson, *Surtronic Duo*. 2002. [online].
Dostupné z WWW: <http://www.taylor-hobson.com/>
- [28] Taylor & Hobson, *Form Talysurf Intra*. 2004. [online].
Dostupné z WWW: <http://www.taylor-hobson.com/>
- [29] KUČEROVÁ Irena. *Atmosférická degradace dřeva*. Věda a výzkum, 2005a. [online].
Dostupné z WWW: http://www.vscht.cz/met/aki/kom_49/49_09_12.pdf
- [30] KUČEROVÁ Irena. *Koroze a degradace dřeva*. 2012. [online]. Dostupné z WWW:
http://www.vscht.cz/met/stranky/vyuka/predmety/koroze_materialu_pro_restauratory/kadm/pdf/3_5.pdf
- [31] KUČEROVÁ Irena. *Nátěry oken - historie a současnost*. 2005b. [online]. Dostupné z WWW: <http://www.studioaxis.cz/images/pamatky2005/kucerova.pdf>
- [32] MIVA Design - INTERIERY. *Dřevo v koupelně*. 2012. [online]. Dostupné z WWW:
<http://www.plovouci-podlahy-lazba.cz/files/kestahnuti/Drevo%20v%20koupelnach.pdf>
- [33] RICHTERSKÁ Martina - STAVITEL. *Dveře, okna a nábytek, které odolají vyšší vlhkosti*. 2013. [online]. Dostupné z WWW: <http://stavitel.ihned.cz/c1-60355920-dvere-okna-a-nabytek-ktere-odolaji-vyssi-vlhkosti>
- [34] DOHNÁLEK Jiří. *Vliv vlhkosti podkladu na vady nášlapných vrstev podlah*. 2013. [online]. Dostupné z WWW: <http://stavba.tzb-info.cz/podlahy/10619-vliv-vlhkosti-podkladu-na-vady-naslapnych-vrstev-podlah>
- [35] AKZO NOBEL - *Průmyslová povrchová úprava*. 2009 [online]. Dostupné z WWW:
http://www.silvinova.cz/files/pdf/PP_fakta_a_cisla.pdf

Seznam norem

- [36] ČSN EN ISO 4287: Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda- Termíny definice a parametry struktury povrchu
- [37] ČSN 49 0231: Přídavky na opracování řeziva a přířezů řeziva, drsnost povrchu výrobků ze dřeva a na bázi dřeva.
- [38] ČSN EN 4288: Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Pravidla a postupy pro posuzování struktury povrchu (1999)
- [39] ČSN EN 622-1: Vlákenné desky - Požadavky - Část 1: Všeobecné požadavky
- [40] ČSN EN 622-5: Vlákenné desky - Požadavky - Část 5: Požadavky na desky vyrobené suchým procesem (MDF)

Seznam zkratk

DVD - Dřevo vláknitá deska

MDF - Středně tvrdá dřevovláknitá deska, (Medium Density Fiberboard)

PÚ - Povrchová úprava

NH - Nátěrová hmota

Ra - Střední aritmetická úchylka profilu

Rc - Průměrná výška prvků profilu

RSm - Průměrná šířka nerovností profilu

SVR - Stav vlhkostní rovnováhy

w - Vlhkost

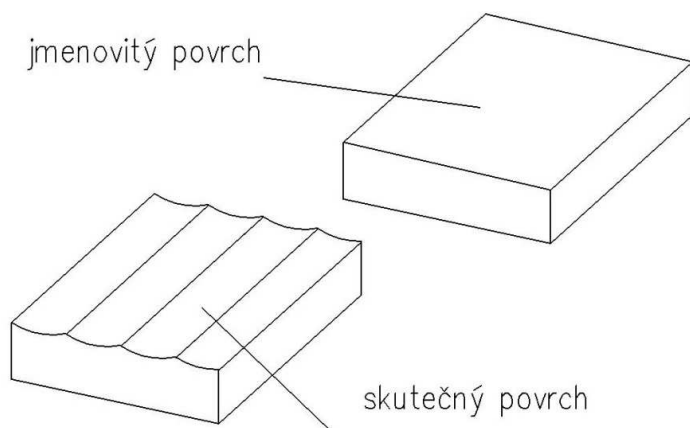
Seznam příloh

Př č. 1 -Jmenovitý a skutečný povrch.....	60
Př č. 2 - Profil skutečný a jmenovitý	60
Př č. 3 - Řez šikmý a kolmý.....	60
Př č. 4- Intra: vysunutí snímače	61
Př č. 5 - Analýza: parametry snímání	61
Př č. 6 - Analýza: typ snímání	61
Př č. 7 - Analýza drsnosti: volba snímaných parametrů	62
Př č. 8 - Snímaný povrch	62
Př č. 9 - Povrch po filtraci.....	63
Př č. 10 - Měření vzorků.....	63
Př č. 11 - Máčení a okapání vzorků	64
Př č. 12 - Vzorky měřené při: 20% rel vlhkosti vzduchu a 20°C	65
Př č. 13 - Vzorky měřené při: 65% rel vlhkosti vzduchu a 20°C	67
Př č. 14 - Vzorky měřené po: 2hod plovoucí na vodní hladině	69
Př č. 15 - Vzorky měřené po: 12hod ponořených ve vodě	71
Př č. 16 - Vzorky měřené: vysušené na w 0%	73

Přílohy

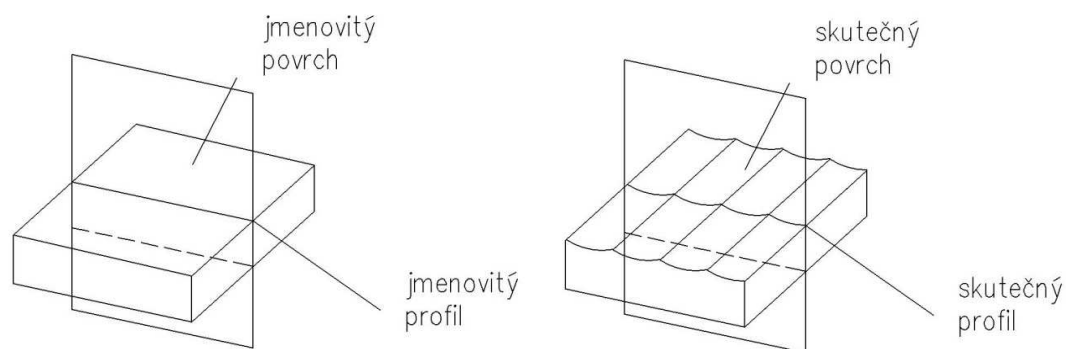
Příloha ke kapitole č.2

Př č. 1 -Jmenovitý a skutečný povrch



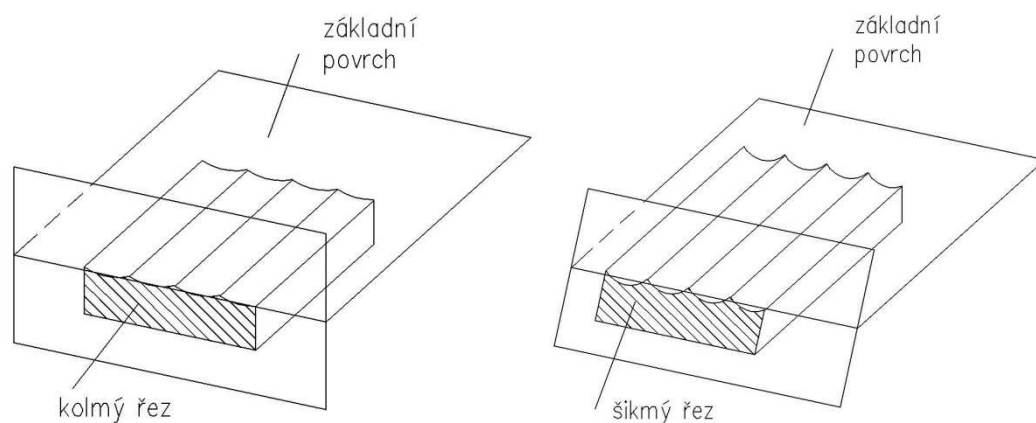
Zdroj: Král (2005)

Př č. 2 - Profil skutečný a jmenovitý



Zdroj: Král (2005)

Př č. 3 - Řez šikmý a kolmý



Zdroj: Král (2005)

Příloha ke kapitole č.5

Př č. 4- Intra: vysunutí snímače

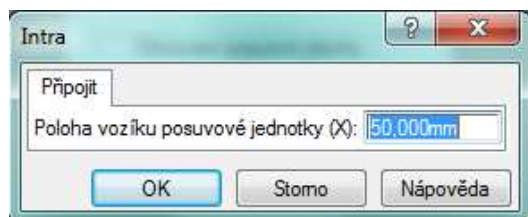


Foto: Červený Luboš (2014)

Př č. 5 - Analýza: parametry snímání

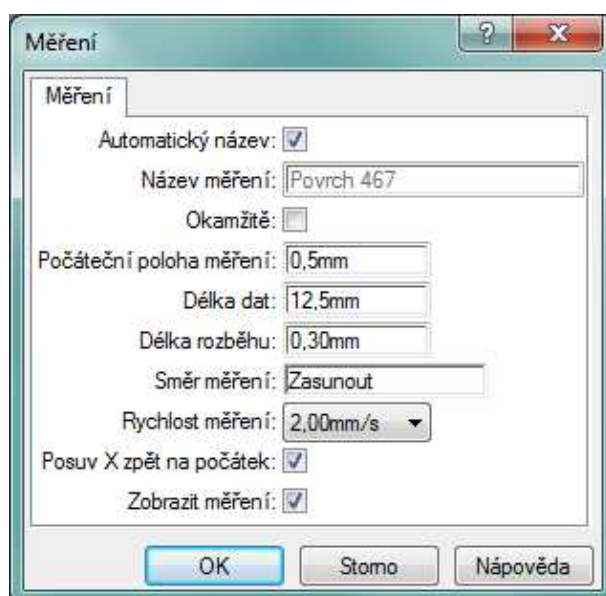


Foto: Červený Luboš (2014)

Př č. 6 - Analýza: typ snímání

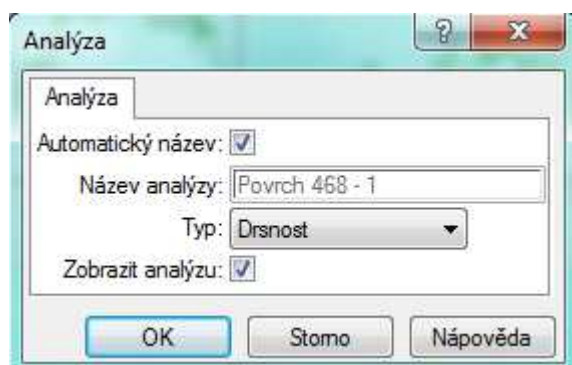


Foto: Červený Luboš (2014)

Př. 7 - Analýza drsnosti: volba snímaných parametrů

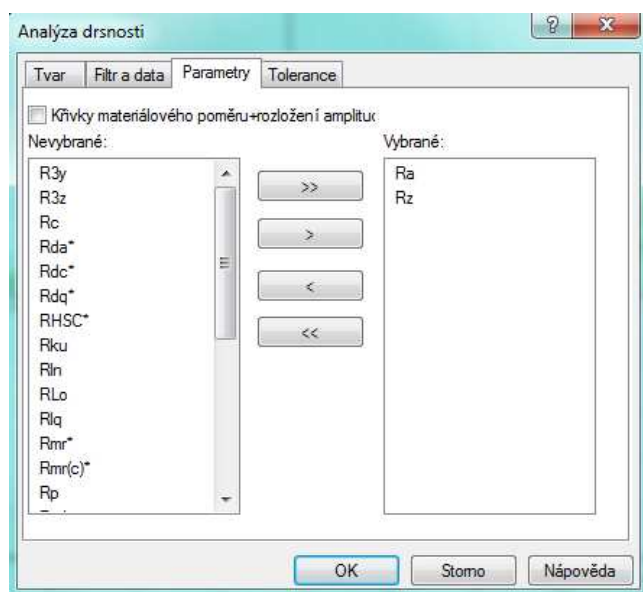


Foto: Červený Luboš (2014)

Př. 8 - Snímaný povrch

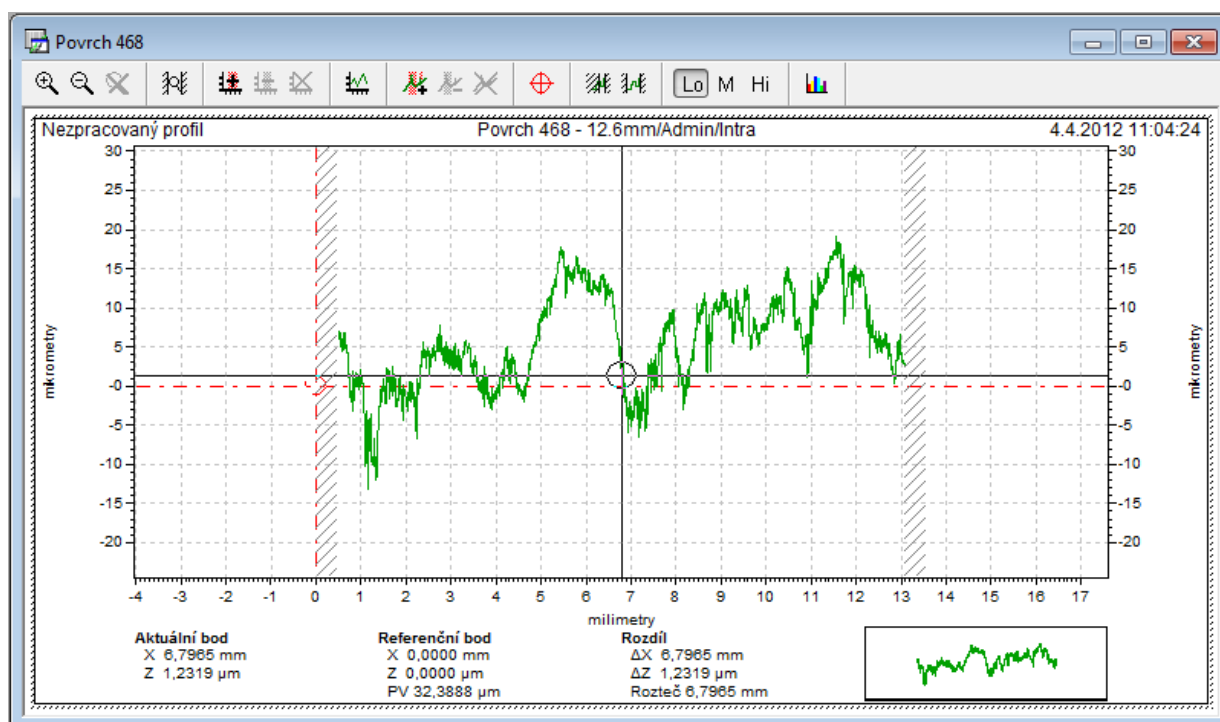


Foto: Červený Luboš (2014)

Př č. 9 - Povrch po filtraci

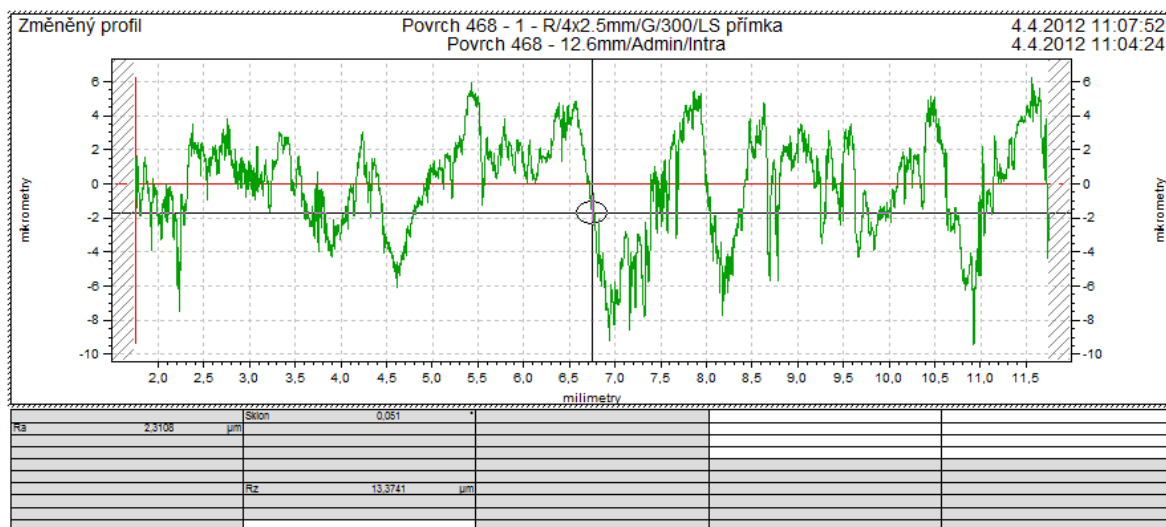


Foto: Červený Luboš (2014)

Př č. 10 - Měření vzorků

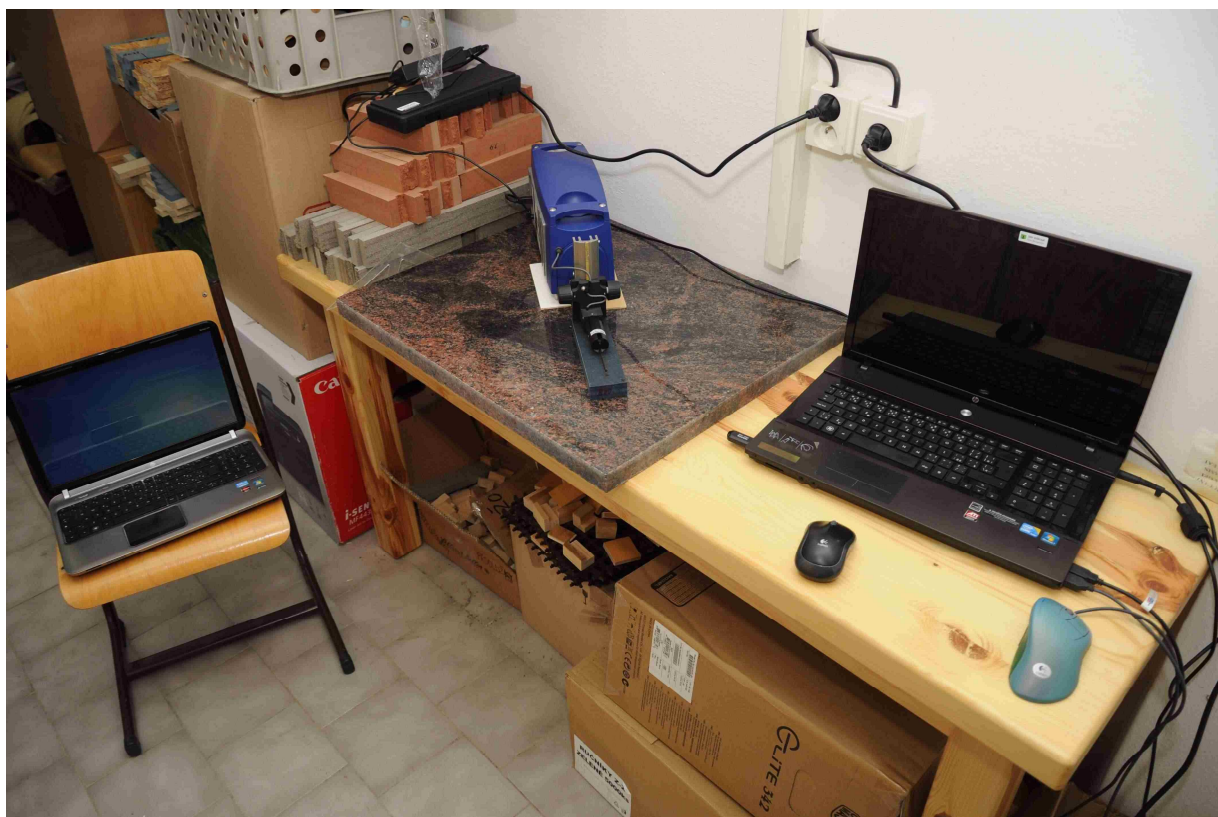


Foto: Červený Luboš (2014)

Př. č. 11 - Máčení a okapání vzorků



Foto: Červený Luboš (2014)

Příloha ke kapitole č.6

Př č. 12 - Vzorčky měřené při: 20% rel vlhkosti vzduchu a 20°C

	Ra	Rc	RSM	Váha g
1	4,08	16,9846	184,49	132,5
	5,0621	16,3576	210,16	
	6,0671	19,8832	233,98	
	5,88	19,9215	236,64	
2	4,5822	16,5284	217,39	140,1
	5,133	16,8175	274,46	
	4,8559	16,9088	238,1	
	5,5172	18,2225	219,16	
3	5,0144	18,0649	229,71	138,7
	6,2828	22,0778	277,18	
	5,2779	19,4256	245,65	
	5,6096	22,4905	301,12	
4	3,21	14,4241	243,95	136,9
	4,93	17,8672	288,65	
	5,25	18,7839	261,79	
	3,9698	17,0329	236,54	
5	3,9713	13,9426	262,76	139,8
	3,2853	12,3813	186,22	
	3,3954	15,028	256,41	
	2,7699	11,972	268,49	
6	3,7891	13,6185	241,24	135
	2,9096	12,7465	246,17	
	3,2057	13,7298	243,07	
	3,4106	14,8719	232,56	
7	3,1592	13,6014	250	144,7
	2,954	13,3003	288,07	
	3,5001	13,0009	222,22	
	3,3647	12,8481	240,72	
8	2,9266	12,5416	294,12	135,2
	3,0476	12,8793	256,41	
	2,8001	11,9943	354,33	
	4,1053	16,2891	242,25	
9	3,7291	13,2965	184,28	135,4
	3,1845	13,0895	245,67	
	3,4101	12,4366	318,59	
	2,7304	11,2472	236,96	
10	5,9969	24,9459	344,83	139,2
	3,7615	16,0354	317,31	
	4,4792	18,5427	315,85	
	4,0552	15,1928	222,22	
11	4,1872	15,9689	221,3	135,2
	4,435	17,641	263,3	
	4,3794	17,1264	277,27	
	3,9689	14,8623	238,1	

	Ra	Rc	RSM	Váha g
12	4,5921	18,2776	242,29	138,6
	5,7478	25,6471	384,62	
	4,9082	17,7376	247,05	
	5,1449	18,2326	235,21	
13	6,2109	22,5322	286,38	135,5
	6,0731	21,5006	280,79	
	3,3414	11,9496	191,24	
	4,9461	18,3994	245,03	
14	3,5474	13,4686	256,41	137,6
	3,6553	13,686	243,56	
	3,8538	15,6246	259,61	
	3,344	13,5118	233,68	
15	3,2392	14,1324	242,17	135,6
	5,1658	19,7759	250	
	3,3881	13,6751	263,16	
	4,0401	13,4857	202,53	
16	3,9899	15,7177	252,69	139,6
	4,0451	15,4548	195,8	
	3,8222	15,2538	248,47	
	2,7981	12,6615	261,03	
17	4,1879	17,0983	284,41	137,2
	3,9207	16,158	206,44	
	3,2731	13,9078	270,27	
	3,8963	13,2423	192,31	
18	3,3291	13,0077	232,56	135,5
	3,3495	11,9941	210,93	
	3,2105	13,592	284	
	2,9639	12,3898	250	
19	4,5228	18,3225	299,85	133,5
	3,8687	15,7391	303,03	
	4,42	19,5001	302,58	
	3,3837	15,1185	263,16	
20	3,2481	14,2824	303,03	137,1
	3,8033	14,4817	271,97	
	3,7256	14,1531	203,25	
	3,862	14,9044	275,86	
21	4,1982	16,3617	242,44	143,3
	4,2518	15,467	249,5	
	2,6404	10,9453	201,28	
	3,0574	12,3539	238,1	
22	4,9107	20,019	285,71	140,1
	4,2225	15,7155	205	
	3,4243	14,2738	250,6	
	4,4068	18,2238	227,93	

Průměry hodnot jednotlivých vzorků w 20 %

	Ra	Rc	RSM	Váha g
23	2,5208	9,9279	187,8	138
	2,9067	12,6387	262,64	
	3,2289	12,5396	232,56	
	2,9272	12,1942	208,33	
24	3,5405	11,5163	178,57	136
	3,4296	14,3459	213,73	
	4,6349	16,7827	229,64	
	3,6843	14,5439	270,27	
25	4,2086	18,1914	285,71	135
	4,6186	16,6157	243,9	
	3,9746	16,9016	312,11	
	4,1092	14,9897	243,9	
26	3,848	16,199	255,74	133
	4,0993	16,5739	254,92	
	4,3935	18,156	268,31	
	3,9367	14,4028	250	
27	3,6734	14,5843	212,67	137
	4,8832	19,9539	294,12	
	4,1213	16,0896	284,47	
	3,4899	13,9695	243,9	
28	4,3715	16,881	300,98	138
	3,5425	12,6378	203,98	
	4,9768	16,8219	224,56	
	5,5823	18,3991	240,93	
29	3,6281	11,6664	177,81	144
	3,8525	14,313	227,63	
	4,548	16,3515	276,1	
	4,1014	15,1649	233,62	
30	4,1555	18,036	263,04	138
	4,7654	17,7391	236,87	
	5,202	18,9234	274,72	
	5,8602	20,4998	291,31	

	Ra	Rc	RSM
1	5,2723	18,286725	216,3175
2	5,022075	17,1193	237,2775
3	5,546175	20,5147	263,415
4	4,33995	17,027025	257,7325
5	3,355475	13,330975	243,47
6	3,32875	13,741675	240,76
7	3,2445	13,187675	250,2525
8	3,2199	13,426075	286,7775
9	3,263525	12,51745	246,375
10	4,5732	18,6792	300,0525
11	4,242625	16,39965	249,9925
12	5,09825	19,973725	277,2925
13	5,142875	18,59545	250,86
14	3,600125	14,07275	248,315
15	3,9583	15,267275	239,465
16	3,663825	14,77195	239,4975
17	3,8195	15,1016	238,3575
18	3,21325	12,7459	244,3725
19	4,0488	17,17005	292,155
20	3,65975	14,4554	263,5275
21	3,53695	13,781975	232,83
22	4,241075	17,058025	242,31
23	2,8959	11,8251	222,8325
24	3,822325	14,2972	223,0525
25	4,22775	16,6746	271,405
26	4,069375	16,332925	257,2425
27	4,04195	16,149325	258,79
28	4,618275	16,18495	242,6125
29	4,0325	14,37395	228,79
30	4,995775	18,799575	266,485
celk. průměr	4,07	15,73	251,09
min	2,90	11,83	216,32
max	5,55	20,51	300,05
sx [μm]	0,70	2,26	19,81
Vx [%]	17,09	14,35	7,89

Průměrná hustota vzorků w= 5%				
č.	d.	š.	tl.	hus
1	190,35	49,15	18,19	808,2
5	190,34	50,06	18,2	793,1
10	190,35	50,17	18,17	792,7
15	190,35	50,3	18,11	793,2
20	190,34	50,13	18,14	794,6
25	190,36	50,22	17,95	801,5
30	190,35	50,44	18,1	791,5
Průměrná hustota vzorků				796

Prům při měření w= 20	
m1	137,542
Prům w₁	5

Př č. 13 - Vzorčky měřené při: 65% rel vlhkosti vzduchu a 20°C

	Ra	Rc	RSM	Váha g
1	7,0302	24,692	316,56	134,2
	4,722	18,4161	270,27	
	6,2309	22,7394	229,9	
	4,9693	17,9849	257,92	
2	5,295	17,1364	233,79	142,2
	4,9313	16,3552	232,23	
	5,0961	19,8838	273,4	
	5,8141	19,7233	244,67	
3	5,4548	17,8143	238,05	141,08
	5,5305	20,6696	250	
	5,2862	16,6574	200	
	5,8517	21,0195	236,11	
4	4,6791	16,3173	247,97	138,9
	3,943	15,3194	251,91	
	5,3339	19,0491	238,1	
	4,1411	15,0373	225,44	
5	4,439	16,8075	276,86	141,5
	3,7424	14,427	249,42	
	4,1754	15,8651	285,71	
	3,3088	12,6885	211,54	
6	3,444	17,301	400	136,7
	5,8825	11,3904	208,33	
	2,6224	10,1484	192,31	
	2,9944	12,1326	214,65	
7	3,3339	13,4359	240,56	146,7
	2,6698	13,0287	310,28	
	3,8447	17,1929	277,78	
	2,9918	11,8264	222,22	
8	3,4779	13,4416	231,4	137,2
	3,3658	13,1322	219,99	
	3,4866	13,7648	232,56	
	3,3866	12,5741	256,41	
9	3,7675	15,1691	302,02	137,5
	3,1605	14,0341	302,52	
	2,4589	10,5896	243,9	
	2,9119	10,3236	191,13	
10	3,9956	15,9208	270,27	141,1
	4,5177	17,5481	231,79	
	4,9435	18,4459	290,74	
	4,3037	15,7903	243,76	
11	4,8329	18,2606	299,23	136,9
	4,6554	17,7355	303,03	
	4,0107	16,3468	243,71	
	6,5134	22,5798	312,5	

	Ra	Rc	RSM	Váha g
12	5,1112	19,2741	270,27	140
	5,1961	16,1768	214,86	
	4,9716	18,3732	245,5	
	5,1515	18,5149	269,41	
13	5,9891	22,3042	263,16	138,4
	5,5436	19,1955	308,53	
	6,6802	25,0778	301,03	
	5,6517	18,9962	233,58	
14	4,4097	14,5918	212,77	139,4
	3,5797	12,4202	199,05	
	4,0958	15,2435	251,72	
	3,4226	12,3963	194,59	
15	3,9743	15,0343	258,07	137
	5,6512	20,0123	251,5	
	4,5417	15,3418	236,87	
	4,2431	16,6011	228,571	
16	3,4554	14,28	270,27	141,2
	3,64	14,6753	249,71	
	4,2808	18,5869	338,93	
	4,2004	17,2056	267,97	
17	3,6484	14,3501	256,41	138,6
	3,5692	14,351	210,19	
	3,182	11,8927	273,88	
	4,0796	14,7426	268,62	
18	3,8864	13,0534	246,8	137,2
	2,6987	10,3466	190,87	
	3,5419	12,0697	226,3	
	2,4298	11,4501	256,41	
19	5,1639	18,9765	232,56	135,3
	3,3925	12,8811	229,66	
	4,8344	18,6001	285,71	
	4,545	17,0538	307,05	
20	3,1946	11,6062	208,33	138,9
	3,4005	3,2096	235,58	
	3,3177	12,6162	204,08	
	3,709	14,4396	246,76	
21	3,2852	12,8119	250	146
	3,2744	12,9423	230,09	
	3,1142	12,1246	200	
	2,7843	10,696	221,1	
22	4,6011	16,8649	270,27	143
	3,0689	11,7027	212,77	
	3,7463	13,4206	220,52	
	4,8623	16,0928	265,24	

	Ra	Rc	RSM	Váha g
23	4,0157	15,6753	311,87	140
	3,8769	14,6638	211,11	
	3,1463	11,9966	230,06	
	3,6948	13,8316	265,92	
24	3,5644	13,677	204,08	138
	3,5894	16,1187	297,97	
	4,1343	16,6002	302,36	
	3,6431	14,4082	317,37	
25	3,899	15,8679	312,5	136
	4,7276	18,0911	295,71	
	3,5711	15,0745	247,84	
	4,1089	15,5565	285,71	
26	2,9933	12,0368	229	135
	3,8766	16,3859	276,97	
	4,5611	18,4348	265,99	
	3,7812	13,8911	225,77	
27	3,7211	14,3268	260,11	138
	5,145	17,4817	269,07	
	4,4149	19,4717	290,85	
	4,5495	17,0183	277,4	
28	4,8886	15,2912	191,35	140
	4,1829	16,9432	292,01	
	3,7173	15,1755	293,56	
	3,4898	13,3735	312,5	
29	3,5991	13,7205	277,78	146
	3,6344	13,5077	232,44	
	3,2651	12,7355	242,62	
	3,8464	17,2391	333,33	
30	4,6288	15,3232	217,39	140
	5,1569	19,524	240,56	
	5,9254	19,825	280,25	
	6,8258	22,587	295,21	

Průměrná hustota vzorků $w_2= 7\%$				
č.	d.	š.	tl.	hus
1	190,52	49,18	18,32	811,9
5	190,54	50,23	18,32	794,8
10	190,56	50,04	18,48	790,9
15	190,47	50,34	18,13	801,7
20	190,52	50,12	18,48	789,8
25	190,47	50,26	18,04	807
30	190,57	50,41	18,16	798,9
Průměrná hustota vzorků				799

Průměry hodnot jednotlivých vzorků $w=65\%$

	Ra	Rc	RSM
1	5,7381	20,9581	268,6625
2	5,284125	18,274675	246,0225
3	5,5308	19,0402	231,04
4	4,524275	16,430775	240,855
5	3,9164	14,947025	255,8825
6	3,735825	12,7431	253,8225
7	3,21005	13,870975	262,71
8	3,429225	13,228175	235,09
9	3,0747	12,5291	259,8925
10	4,440125	16,926275	259,14
11	5,0031	18,730675	289,6175
12	5,1076	18,08475	250,01
13	5,96615	21,393425	276,575
14	3,87695	13,66295	214,5325
15	4,602575	16,747375	243,75275
16	3,89415	16,18695	281,72
17	3,6198	13,8341	252,275
18	3,1392	11,72995	230,095
19	4,48395	16,877875	263,745
20	3,40545	10,4679	223,6875
21	3,114525	12,1437	225,2975
22	4,06965	14,52025	242,2
23	3,683425	14,041825	254,74
24	3,7328	15,201025	280,445
25	4,07665	16,1475	285,44
26	3,80305	15,18715	249,4325
27	4,457625	17,074625	274,3575
28	4,06965	15,19585	272,355
29	3,58625	14,3007	271,5425
30	5,634225	19,3148	258,3525
celk. průměr	4,21	15,66	255,11
min [μm]	3,07	10,47	214,53
max [μm]	5,97	21,39	289,62
s_x [μm]	0,82	2,66	19,15
V_x [%]	19,46	16,96	7,51

Prům w při měření $w= 65\%$	
m_2	139,3665517
Prům w_2	7

Př č. 14 - Vzorčky měřené po: 2hod plovoucí na vodní hladině

	Ra	Rc	RSM	Váha g
1	9,3173	31,0802	348,93	138,8
	8,5948	28,0385	317,23	
	9,0272	31,9025	345,66	
	9,1149	29,8929	316,65	
2	8,891	28,1999	370,37	144,4
	8,3285	27,6267	280,76	
	7,8767	26,2238	295,05	
	8,4602	29,6804	342,9	
3	7,4572	23,8457	268,99	142,9
	9,6029	32,3662	384,62	
	8,5425	28,265	320,52	
	8,6794	31,7653	343,69	
4	7,4463	27,4211	392,71	141,8
	9,0141	26,8124	387,62	
	7,7159	26,2441	369,44	
	7,259	24,2466	348,95	
5	10,2311	34,8588	579,85	144,3
	8,4373	31,9159	583,82	
	7,6152	26	352,07	
	6,0855	22,9263	319,18	
6	6,6686	21,8381	364	139,5
	7,3142	24,7717	370,37	
	5,8405	18,7606	257,96	
	6,4619	23,3103	370,37	
7	7,3961	27,5042	363,31	149,8
	7,9713	29,5524	474,33	
	7,3619	23,7089	340,1	
	7,2068	27,4652	500	
8	8,2564	28,3059	434,78	140,5
	6,781	26,3568	460,9	
	7,4201	24,3863	315,5	
	8,4133	29,8308	514,79	
9	6,4239	22,1444	405,56	140,2
	6,137	22,197	355,12	
	6,3247	21,3149	370,37	
	8,5583	27,5196	384,56	
10	9,1595	31,8919	434,78	143,5
	8,4717	30,6181	393,82	
	7,0921	27,552	377,58	
	9,2404	30,073	379,33	
11	8,6013	28,2445	339,84	139,3
	7,1155	22,1042	228,47	
	9,0387	33,4484	510,11	
	8,8827	30,3742	364,15	

	Ra	Rc	RSM	Váha g
12	8,2378	27,0294	338,22	142,5
	8,7146	34,5259	472,5	
	5,9992	22,5459	368,77	
	8,5619	30,0831	390,69	
13	10	30,3668	368,65	140,5
	9,8563	28,4576	330,5	
	8,569	28,256	301,25	
	7,5698	22,4569	298,56	
14	6,5639	21,7201	288,19	142
	6,7588	24,3262	392,84	
	7,6224	25,9817	337,34	
	8,895	28,8017	588,24	
15	8,4321	29,0785	433,78	139,3
	8,1421	27,5191	334,22	
	7,256	26,3755	333,33	
	7,2552	23,314	370,37	
16	7,9663	25,2669	446,43	143,2
	6,9089	22,5375	293,41	
	6,4904	25,296	370,37	
	7,3311	26,4091	444,48	
17	8,7794	31,905	460,36	140,9
	7,7529	26,4184	294,12	
	7,4316	24,5221	312,277	
	8,1542	28,7841	416,67	
18	8,1591	26,6441	328,45	139,3
	5,7689	22,1378	322,58	
	6,903	25,0255	270,27	
	5,9237	21,4454	399,78	
19	9,5957	32,4333	384,62	136,6
	8,8056	29,6174	519,06	
	7,331	27,4968	370,37	
	7,0931	23,7048	370,37	
20	6,4714	22,2486	319,56	140
	6,5631	23,1024	344,83	
	7,209	23,801	351,8	
	7,0517	24,8627	416,67	
21	8,5911	29,7306	425,18	149,5
	6,4603	20,8281	309,62	
	7,4292	28,4997	362,98	
	8,4256	27,7692	484,75	
22	7,5857	25,2108	313,29	145
	6,5318	23,4998	461,24	
	6,1269	21,198	333,33	
	8,5124	25,9444	344,83	

	Ra	Rc	RSM	Váha g
23	5,6338	20,3687	370,37	142,4
	6,573	23,6998	320,03	
	7,1593	25,484	309,08	
	6,072	20,9528	246,23	
24	7,1963	25,98	359,89	140
	7,8242	26,0007	322,58	
	8,6521	38,7247	737,15	
	7,2599	25,2375	370,37	
25	9,1372	31,8737	444,83	138,5
	9,3525	27,5332	333,33	
	8,6543	32,9757	520,61	
	6,8524	24,6896	444,86	
26	6,6591	23,3914	353,17	137,4
	7,6528	26,4241	416,67	
	7,744	27,7976	357,14	
	8,5225	28,016	354,43	
27	8,3242	28,7455	365,94	140,4
	9,3873	33,3658	424,8	
	8,0771	31,1534	465,81	
	6,9992	26,7905	434,78	
28	9,8543	36,3482	476,19	143,3
	8,0986	29,6039	356,64	
	7,5953	26,5546	312,5	
	7,2067	21,8822	293,5	
29	7,5381	25,095	333,33	148,7
	7,945	24,965	341,34	
	8,5124	26,475	525,76	
	9,5004	38,075	666,67	
30	8,8032	29,3443	350,29	142,2
	9,5841	31,3434	341,81	
	7,9384	29,7644	408,6	
	9,015	29,6986	425,96	

Průměrná hustota vzorků $w_3=0\%$				
č.	d.	š.	tl.	hus
1	190,47	49,53	18,47	814,25
5	190,44	50,04	18,36	810,90
10	190,47	50,07	18,31	812,50
15	190,44	50,35	18,25	810,77
20	190,5	50,17	18,27	812,53
25	190,47	50,27	18,11	818,21
30	190,55	50,41	18,28	808,01
Průměrná hustota vzorků				812

Průměry hodnot jednotlivých vzorků po 2 hod

	Ra	Rc	RSM
1	9,01355	30,22853	332,1175
2	8,3891	27,9327	322,27
3	8,5705	29,06055	329,455
4	7,858825	26,18105	374,68
5	8,092275	28,92525	458,73
6	6,5713	22,17018	340,675
7	7,484025	27,05768	419,435
8	7,7177	27,21995	431,4925
9	6,860975	23,29398	378,9025
10	8,490925	30,03375	396,3775
11	8,40955	28,54283	360,6425
12	7,878375	28,54608	392,545
13	8,998775	27,38433	324,74
14	7,460025	25,20743	401,6525
15	7,77135	26,57178	367,925
16	7,174175	24,87738	388,6725
17	8,029525	27,9074	370,8568
18	6,688675	23,8132	330,27
19	8,20635	28,31308	411,105
20	6,8238	23,50368	358,215
21	7,72655	26,7069	395,6325
22	7,1892	23,96325	363,1725
23	6,359525	22,62633	311,4275
24	7,733125	28,98573	447,4975
25	8,4991	29,26805	435,9075
26	7,6446	26,40728	370,3525
27	8,19695	30,0138	422,8325
28	8,188725	28,59723	359,7075
29	8,373975	28,6525	466,775
30	8,835175	30,03768	381,665
celk. průměr	7,84	27,07	381,52
min	6,36	22,17	311,43
max	9,01	30,23	466,78
sx [μm]	0,70	2,35	41,40
Vx [%]	8,97	8,67	10,85

Prům w při měření 2hod	
m_3	141,879
Prům w_3	9

Př č. 15 - Vzorčky měřené po: 12hod ponořených ve vodě

	Ra	Rc	RSM	Váha g
1	9,9348	29,9391	298,76	153,7
	9,9531	39,6102	447,61	
	9,5414	33,5878	322,58	
	10,026	38,004	416,67	
2	9,8937	35,4877	454,55	155,4
	8,4848	30,5227	361,33	
	8,2909	27,3699	269,33	
	10,2307	34,7063	465,6	
3	8,1939	26,7963	434,78	154
	10,3242	31,4685	300,62	
	9,0208	26,8597	324,64	
	9,2957	34,4817	432,5	
4	7,9862	28,0752	416,67	153,1
	7,8849	28,9593	416,67	
	9,3899	31,211	400	
	7,4297	22,438	304,09	
5	11,1151	42,2907	833,33	155,4
	8,9155	32,4197	456,48	
	9,92336	34,7641	649,33	
	7,1313	26,7638	434,78	
6	8,077	24,27	369,79	149,7
	7,1235	27,6348	434,78	
	8,4772	33,4205	557,21	
	8,64	33,3564	500	
7	7,8172	25,763	476,19	166
	8,2032	29,7362	466,47	
	8,5091	30,1876	454,55	
	8,0008	26,0469	416,67	
8	8,7979	31,539	572,26	160,4
	7,0575	26,9307	361,69	
	7,5839	24,0683	387,9	
	9,7143	35,9076	587,81	
9	9,2537	27,4894	395,8	154,6
	7,4225	25,7906	416,67	
	7,6264	30,7737	454,55	
	8,0478	27,0224	398,52	
10	8,0948	29,3925	434,78	150,9
	8,9421	32,2338	544,44	
	7,2443	26,8927	363,61	
	9,1956	30,6488	386,3	
11	10,0107	41,4631	489,52	157,1
	8,919	31,2458	398,16	
	9,2849	34,1798	473,9	
	8,7686	30,668	395,08	

	Ra	Rc	RSM	Váha g
12	11,2659	38,,7371	553,41	157,7
	11,7965	38,7537	550,53	
	11,421	41,941	583,59	
	10,6035	35,5705	454,55	
13	9,0773	30,0372	334,97	150,7
	11,1701	38,8646	493,82	
	10,8899	38,3721	495,08	
	8,3166	27,4107	313,29	
14	7,882	30,5785	521,25	164
	7,8986	26,5269	382,56	
	7,4613	25,3864	355,55	
	7,5563	24,8824	319,65	
15	9,1997	29,1931	381,84	153,1
	9,1234	31,3124	423,5	
	9,1655	28,7603	384,62	
	7,7038	27,1259	319,8	
16	8,3538	37,9507	592,32	159,5
	7,9995	29,1211	449,91	
	9,3724	36,9584	710,35	
	8,2297	29,0774	549,22	
17	9,1275	32,1837	387,86	153,7
	9,4299	44,355	615,28	
	7,1122	24,723	416,67	
	7,1972	24,9789	370,37	
18	8,6154	28,1278	416,67	153,7
	8,6781	29,2242	439,55	
	7,9568	27,0435	399,14	
	7,9754	26,2548	400	
19	10,0245	32,1448	356,46	150,1
	9,1397	33,5841	465,21	
	8,5321	31,1835	443,5	
	8,045	29,8263	422,22	
20	6,5598	22,6011	322,58	154,1
	7,9262	29,9666	434,69	
	7,3279	22,9328	338,78	
	8,0681	27,0318	409,35	
21	8,5184	25,5666	361,96	160,8
	10,1545	33,7359	476,19	
	8,7589	30,6203	377,69	
	9,212	32,5912	567,47	
22	9,2122	32,5912	567,47	155,2
	8,6309	30,2067	433,09	
	7,338	24,1573	357,14	
	8,0961	30,069	400	

	Ra	Rc	RSM	Váha g
23	7,2761	28,5015	405,35	162,9
	7,7886	28,821	399,63	
	7,0102	21,8925	369,54	
	6,0825	21,6288	384,28	
24	7,4393	27,525	405,89	158,1
	8,5133	28,5738	396,02	
	8,3563	29,9557	454,07	
	7,8197	24,8813	399,54	
25	9,2567	32,1435	416,47	152,1
	9,6535	36,314	447,95	
	8,88	28,16	394,04	
	8,9742	29,6042	396,6	
26	7,6243	28,8443	434,78	147,3
	8,0165	27,3897	394,28	
	8,7129	28,9362	371,2	
	8,8286	29,8763	421,09	
27	9,5556	35,0522	469,71	153,8
	8,9657	31,1027	454,55	
	9,749	40,0209	491,89	
	8,4059	25,6961	340,2	
28	10,0267	34,884	441,61	161,4
	8,05	28,0453	361,04	
	8,6064	27,6657	412,6	
	8,6848	28,3599	355,18	
29	8,2612	27,2762	419,02	160,5
	8,465	27,6409	333,98	
	9,6235	27,586	636,87	
	10,0005	39,186	777,78	
30	9,9043	30,3443	450,29	158,5
	10,5841	32,3434	451,81	
	8,9384	30,7644	508,6	
	10,015	30,6986	525,96	

Průměrná hustota vzorků $w_4 = 20\%$				
č.	d.	š.	tl.	hus
1	190,62	49,27	19,96	831,701
5	190,63	50,09	19,28	846,894
10	190,68	50,13	19,24	847,756
15	190,71	50,41	18,96	855,362
20	190,68	50,23	19,15	850,044
25	190,64	50,37	19,06	851,863
30	190,7	50,47	19,18	844,59
Průměrná hustota vzorků				846

Průměry hodnot jednotlivých vzorků po 12 hod

	Ra	Rc	RSM
1	9,863825	35,285275	371,405
2	9,225025	32,02165	387,7025
3	9,20865	29,90155	373,135
4	8,172675	27,670875	384,3575
5	9,271315	34,059575	593,48
6	8,079425	29,670425	465,445
7	8,132575	27,933425	453,47
8	8,2884	29,6114	477,415
9	8,0876	27,769025	416,385
10	8,3692	29,79195	432,2825
11	9,2458	34,389175	439,165
12	11,271725	38,75506667	535,52
13	9,863475	33,67115	409,29
14	7,69955	26,84355	394,7525
15	8,7981	29,097925	377,44
16	8,48885	33,2769	575,45
17	8,2167	31,56015	447,545
18	8,306425	27,662575	413,84
19	8,935325	31,684675	421,8475
20	7,4705	25,633075	376,35
21	9,16095	30,6285	445,8275
22	8,3193	29,25605	439,425
23	7,03935	25,21095	389,7
24	8,03215	27,73395	413,88
25	9,1911	31,555425	413,765
26	8,295575	28,761625	405,3375
27	9,16905	32,967975	439,0875
28	8,841975	29,738725	392,6075
29	9,08755	30,422275	541,9125
30	9,86045	31,037675	484,165
celk. průměr	8,73	30,45	437,07
min	7,04	25,21	371,41
max	11,27	38,76	593,48
sx [μm]	0,83	2,95	57,84
Vx [%]	9,53	9,69	13,23

Prům w při měření 12hod	
m_4	155,9116667
Prům w_4	20

Př č. 16 - Vzorčky měřené: vysušené na w 0%

	Ra	Rc	RSM	Váha g
1	7,7965	28,4007	274,61	129,6
	6,2925	24,4115	276,39	
	8,0603	30,7831	299,08	
	8,4479	34,3988	399,56	
2	6,4102	22,3037	252,31	130,3
	5,3934	21,5824	275,57	
	6,8256	28,3775	357,14	
	6,9475	30,0742	344,83	
3	6,1015	24,6274	258,51	128,3
	6,508	23,9302	301,48	
	6,8414	24,6296	284,89	
	7,6027	29,6734	312,5	
4	6,0371	22,5421	304,05	126,9
	6,2703	22,7151	294,12	
	7,1908	30,65571	469,86	
	5,469	20,8901	331,8	
5	6,1598	22,3189	364,26	129,7
	5,2836	19,5952	251,59	
	5,9261	26,0069	333,33	
	4,3887	17,2419	312,47	
6	4,7264	18,9668	277,78	129,8
	4,4637	15,5559	254,03	
	4,522	19,8082	322,67	
	5,3154	19,1544	263,16	
7	4,0651	16,0597	263,16	129,2
	5,5591	22,9982	309,22	
	4,6647	22,6239	454,55	
	5,2445	20,0298	333,2	
8	6,301	25,0244	368,76	129,9
	5,993	23,2528	263,16	
	4,5554	19,5623	312,81	
	4,5901	17,8171	301,02	
9	5,2283	20,879	312,5	134,9
	4,4423	17,2509	238,1	
	4,5816	17,0471	250,37	
	4,4712	18,7042	276,12	
10	5,6758	22,6134	285,01	131,2
	6,7738	24,9391	284,7	
	6,9058	26,8016	341,38	
	6,8561	30,7754	364,7	
11	7,3575	29,3305	381,4	132,3
	5,947	20,4655	253,13	
	6,8617	29,7146	376,62	
	6,8451	23,1213	301,41	

	Ra	Rc	RSM	Váha g
12	5,7783	24,6413	343	134,9
	6,3058	22,818	309,9	
	4,6019	18,7345	300,27	
	6,283	24,2029	303,63	
13	6,7843	26,6267	267,72	125,4
	9,9451	35,1546	402,23	
	8,8792	35,1093	388,78	
	6,5781	21,995	254,59	
14	5,19	17,8732	224,43	129,7
	5,8915	20,793	290,76	
	5,831	26,106	378,94	
	5,0676	20,7536	299,64	
15	6,1585	23,5487	317,87	129,1
	8,514	28,4956	290,57	
	5,1786	22,4732	283,99	
	4,8585	17,8575	271,92	
16	5,05	18,4347	255,45	129,7
	5,5431	20,1191	248,07	
	4,4861	18,5269	282,93	
	6,7374	28,5262	369,7	
17	6,2062	21,7475	329,42	130,8
	5,7729	20,9771	242,43	
	5,2675	21,0294	270,27	
	6,1741	23,0786	269,09	
18	4,1687	18,4805	294,12	135,3
	3,8198	14,8816	263,16	
	5,6266	21,9398	270,2	
	3,8503	15,5328	253,17	
19	7,7411	26,4467	341,26	131
	4,9851	20,5575	318,35	
	4,6703	17,4284	256,41	
	5,5176	23,2636	336,45	
20	5,4428	20,1028	294,12	124,6
	5,0588	19,6954	279,99	
	4,2495	19,5646	269,04	
	5,2859	22,9078	357,14	
21	4,9397	19,091	304,63	133,2
	6,3079	23,1961	285,71	
	5,2115	17,6522	196,08	
	5,6473	20,4776	249,71	
22	6,3877	23,2567	283,3	125,4
	4,8399	22,4052	375,62	
	5,8757	20,913	273,5	
	5,6843	21,1644	198,95	

	Ra	Rc	RSM	Váha g
23	4,2279	16,7364	284,26	131,68
	4,6646	20,6768	327,73	
	4,8436	25,4478	449,84	
	3,9267	16,11	294,12	
24	5,144	22,3789	312,5	129,8
	5,7017	22,1455	292,46	
	5,4483	21,455	298,58	
	4,9203	22,2409	318,82	
25	6,4788	22,3305	242,06	128,88
	7,1397	25,3913	271,04	
	5,8029	20,9151	269,06	
	6,3758	24,3001	282,29	
26	5,7629	21,8929	357,14	129,93
	6,3486	24,7128	311,29	
	6,0939	21,9882	283,79	
	5,7033	27,5036	474,71	
27	4,3787	18,5434	274,65	131,47
	5,5996	19,7731	261,04	
	6,8132	27,0837	299,48	
	4,9792	18,7172	262,5	
28	6,6698	24,5321	264,54	132,95
	5,8185	20,7154	211,71	
	5,827	22,8938	344,83	
	5,4277	19,4417	272,32	
29	4,8566	21,9273	370,37	135,68
	4,8555	19,8505	310,39	
	4,2994	17,7858	307,95	
	5,9242	24,8722	342,52	
30	7,0288	27,1068	304,12	129,87
	7,0093	26,1402	238,1	
	6,5183	30,3212	413,54	
	6,8986	28,5556	344,83	

Průměrná hustota vzorků $w_5 = 0\%$				
č.	d.	š.	tl.	hus
1	189,1	50,17	18,1	759,25
5	189,06	49,26	18,18	770,03
10	189,05	49,89	18,04	766,25
15	189,25	50,44	18,1	754,58
20	189,16	49,21	18,39	761,61
25	189,1	49,86	18,15	761,86
30	189,29	49,9	18,48	746,91
Průměrná hustota vzorků				760

Průměry hodnot jednotlivých vzorků při $w = 0\%$

	Ra	Rc	RSM
1	7,6493	29,498525	312,41
2	6,394175	25,58445	307,4625
3	6,7634	25,71515	289,345
4	6,2418	24,2007525	349,9575
5	5,43955	21,290725	315,4125
6	4,756875	18,371325	279,41
7	4,88335	20,4279	340,0325
8	5,359875	21,41415	311,4375
9	4,68085	18,4703	269,2725
10	6,552875	26,282375	318,9475
11	6,752825	25,657975	328,14
12	5,74225	22,599175	314,2
13	8,046675	29,7214	328,33
14	5,495825	21,38145	298,4425
15	6,1774	23,09375	291,0875
16	5,45415	21,401725	289,0375
17	5,855175	21,70815	277,8025
18	4,36635	17,708675	270,1625
19	5,728525	21,92405	313,1175
20	5,00925	20,56765	300,0725
21	5,5266	20,104225	259,0325
22	5,6969	21,934825	282,8425
23	4,4157	19,74275	338,9875
24	5,303575	22,055075	305,59
25	6,4493	23,23425	266,1125
26	5,977175	24,024375	356,7325
27	5,442675	21,02935	274,4175
28	5,93575	21,89575	273,35
29	4,983925	21,10895	332,8075
30	6,86375	28,03095	325,1475
celk. průměr	5,80	22,67	303,97
min	4,37	17,71	259,03
max	8,05	29,72	356,73
sx [μm]	0,87	3,00	26,18
Vx [%]	14,97	13,22	8,61

Prům $w = 0$ při měření	
m_5	130