

TEXTILE AND CLOTHING  
TECHNOLOGYTEKSTILA UN APĢĒRBU  
TEHNOĻĪJA

## INVESTIGATION OF LASER LIGHT BEAM OF LINGERIE MATERIALS

LĀZERA STARA PLŪSMAS ATSTAROŠANAS IZPĒTE VEĻAS MATERIĀLOS  
REFLECTION

**Inga Dāboliņa** Mg.sc.ing., lecturer, sc.assistant, PhD student, Riga Technical university, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Āzenes 14-319, Riga LV-1048, Latvia, +371 67089565, [inga.dabolina@rtu.lv](mailto:inga.dabolina@rtu.lv)

**Juris Blūms** Dr.sc.ing., associated professor, Riga Technical university, Institute of Technical Physics, Āzenes 14-322, Riga LV-1048, Latvia, +371 67089380, [blum@latnet.lv](mailto:blum@latnet.lv)

**Ausma Viļumsone** Dr.sc.ing., professor, Riga Technical university, Institute of Textile Materials Technologies and Design, Āzenes 14-319, Riga LV-1048, Latvia, +371 67089565, [ausma.vilumsone@rtu.lv](mailto:ausma.vilumsone@rtu.lv)

*Atslēgas vārdi: antropometrija, 3D mērījumi, lāzestara atstarošana*

Antropometrijas un apģērbu projektēšanas attīstību būtiski ietekmē datortehnoloģu un skenēšanas iekārtu izmantošana. Ierīces ķermeņa 3D datu iegūšanai ir izgudrotas samērā nesen. Ar cilvēka ķermeņa 3D datu iegūšanas skeneriem ir iespējams veikt dažādus antropometriskus mērījumus, iegūto izmēru skaits un apjoms ir ļoti liels [1]. Salīdzinot ar tradicionālām mēru iegūšanas metodēm, skenēšanai ir vairākas priekšrocības:

- datu iegūšana notiek ātri,
- rezultāti tiek iegūti visām ķermeņa daļām vienlaicīgi, tādejādi tie ir savstarpēji atbilstīgi,
- datu iegūšana notiek bez tieša kontakta ar apmērāmo virsmu,
- iegūtie dati raksturo dažādus cilvēka ķermeņa parametrus (tradicionālajās metodēs ir iespējams iegūt tikai ķermeņa dimensiju lielumus, nedodot priekšstatu par stājas un citām īpatnībām).

Ņemot vērā 3D skenēšanas priekšrocības, skenēšanas tehnoloģijas tiek attīstītas un pilnveidotas. Mūsdienīgākie skeneri spēj iegūt ne tikai cilvēka ķermeņa 3D attēlu, bet arī nolasīt x, y un z koordinātes, tādejādi iegūstot precīzu informāciju par cilvēka ķermeni un tā apjomiem. Pēc šādām koordinātēm tiek iegūts punktu mākonis, kurš attēlo cilvēka ķermeni virtuālajā vidē. Punktu biežums un līdz ar to attēlojuma precizitāte atkarīga no skenera lāzera staru saskarsmes biežuma ar mērāmo ķermeni. Punktu mākonis tiek apstrādāts, filtrēts un attīrīts no neprecizitātēm. No apstrādātās informācijas ir iespējams iegūt cilvēka ķermeņa izmērus. [2]

Šāds cilvēka ķermeņa atveids tiek izmantots, lai pārbaudītu apģērba detaļas 3D vidē, ļaujot aplūkot apģērbu pirms tas ir sašūts. Tāpat šāda tehnoloģija ir ļoti noderīga cilvēka ķermeņa izpētē un diagnosticēšanā ārstniecībā, fizioterapijā un kustību traucējumu diagnosticēšanā, kā arī darba metožu ar kustību analīzē. [3]

Šobrīd pastāv vairāki skenēšanas veidi, un dažādas firmas un pētnieki nodarbojas ar skeneru izveidi un pilnveidošanu. Katram konkrētam skenerim var atšķirties nepieciešamās skenējamās pozas un to skaits, skenēšanas laiks, kā arī koordināšu iegūšanai lietotā gaismas stara veids. Skenēšanas rezultātu precizitāte var būt atkarīga arī no skenējamās virsmas rakstura. Cilvēka

ādai ir raksturīga difūza lāzerstara atstarošanas spēja, un atstarotās gaismas intensitātes atkarība no atstarošanas leņķa var tikt aprakstīta ar Lamberta likumu. Veļas materiāliem savukārt šī spēja var būt atšķirīga.

Pētījumā tika pārbaudīta dažādu veļas materiālu lāzerstara atstarošanas spēja un tā salīdzināta ar difūzās atstarošanas līkni, lai noteiktu, kādā veļā jābūt ģērbtam cilvēkam, lai netiktu izkropļoti ķermeņa virsmas skenēšanas dati.

### Eksperimenta plānošana un materiālu izvēle

Lai nodrošinātu stabilu skenēto antropometrisko datu iegūšanu, bija nepieciešams apzināt visu veidu apakšveļas materiālus. Vispirms tika noskaidrots pārbaudāmo veļas materiālu (eksperimenta faktoru) variāciju skaits. 1.tabulā faktori un to iespējamās variācijas sakārtotas matricā, kuras kolonnā „faktora gradācijas klases apzīmējums” uzskaitīti iespējamie seši materiāla veidi, savukārt ar cipariem „1”; „2”; „3” un „4” apzīmētas faktoru variācijas. Matrica aizpildīta, ņemot vērā katra faktora atbilstošo gradāciju (variāciju) skaitu.

1.tabula. Dažādu veļas materiālu uzskaites plānošanas matrica  
Table 1 Accounting form of different materials for lingerie

N. p.k.	Faktora gradācijas klases apzīmējums	1	2	3	4
F <sub>1</sub>	Veids	Trikotāža	Audums	***	***
F <sub>2</sub>	Šķiedra	Lins	Vilna	Sintētika	Kokvilna
F <sub>3</sub>	Krāsa	Gaišs	Tumšs	Daudzkrāsains	***
F <sub>4</sub>	Spīdums	Spīdīgs	Matēts	***	***
F <sub>5</sub>	Faktūra	Reljefs	Gluds	Mežģīne	***
F <sub>6</sub>	Rotājums	Pērlītes/kristāliņi	Izšuvums	Nav rotājuma	***

Materiāla veida burtciparu apzīmējums tiek iegūts pēc matricas horizontālā un vertikālā apzīmējuma krustpunkta atrašanās (1.tabula). Piemēram, ja veļas drāna ir audums, tad materiāla apzīmējums sāksies ar veidu V2. Šādi var apzīmēt visus iespējamus materiālu veidus. Piemēram, materiāla apzīmējums V1Š3K2S2F2R3 nozīmē melnu, sintētisku, gludu, matētu austu drānu bez rotājumiem.

Kopējais materiālu variāciju skaits ir 432, ko aprēķina pēc formulas (1):

$$\Sigma F = F_1n * F_2n * F_3n * F_4n * F_5n * F_6n, \quad (1)$$

kur n ir katra faktora gradācijas klases variāciju skaits.

Šādi aprēķinot, iegūstam:  $2*4*3*2*3*3 = 432$

Lai aplūkotu četri simti trīsdesmit divus materiālus, nepieciešams ļoti ilgs laiks un plašs pieejamo veļas tekstilmateriālu klāsts, tādēļ lietderīgi noskaidrot divus pārbaudāmo materiālu izvēli notiekošos apstākļus:

1. Ražošanā un pārdošanā esošais drānu sortiments neaptver visu iespējamo materiālu klāstu.

2.tabula. Faktoru variāciju skaita aprēķins  
Table 2 The calculation of factor variation

N.p.k.	Faktora variāciju skaits	Kopīgais variāciju skaits
F <sub>1</sub>	2	2
F <sub>2</sub>	4	8
F <sub>3</sub>	3	24
F <sub>4</sub>	2	48
F <sub>5</sub>	3	144
F <sub>6</sub>	3	432

3.tabula. Faktora variāciju skaita aprēķins pēc faktora gradācijas sākumklases maiņas  
Table 3 The calculation of factor variation after changing initial class of factor gradation

N.p.k.	Faktora variāciju skaits	Kopīgais variāciju skaits
F <sub>4</sub>	2	2
F <sub>5</sub>	3	6
F <sub>6</sub>	3	18

variācijām, tad var izveidot eksperimenta plānošanas matricu. Tomēr ir lietderīgi faktoru variācijas uzskaites tabulā ignorēt variantu R3, kas norāda uz materiālu bez rotājuma. Tā kā veļas drānu rotājums ir segmentārs, tad līdztekus rotātajiem apgabaliem, tiks pārbaudīts tāds pats materiāls bez rotājuma (2).

$$\Sigma F = F_4n * F_5n * (F_6n - 1), \quad (2)$$

Tādejādi pārrēķinot variāciju skaits ir  $2*3*2=12$  variācijas.

Tā kā lāzestara atstarošanās izmaiņas vērojamas vienīgi pie materiāla reljefa vai rotājuma maiņas, eksperimentā tika pārbaudīti seši biežāk lietotie veļas materiāli, kā arī vilnas un lina materiāli (4.tabula), kuriem ir atšķirīgs reljefs no tradicionāliem veļas materiāliem.

4.tabula. Pārbaudītie veļas materiāli  
Table 4 Tested lingerie materials

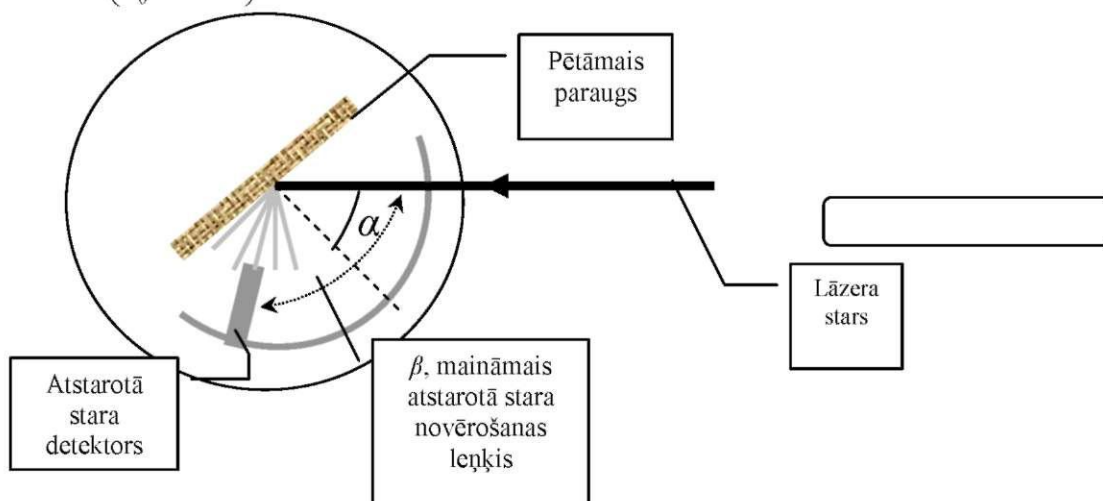
Parauga n.p.k.	Parauga burtciparu apzīmējums	Parauga burtciparu apzīmējuma atšifrējums
1.	V1Š3K2S2F2R3	Trikotāža, sintētika, tumšs, matēts, gluds, nerotāts
2.	V1Š3K3S2F2R1	Trikotāža, sintētika, daudzkrāsains, matēts, gluds, pērlītes/kristāliņi
3.	V1Š3K3S2F2R3	Trikotāža, sintētika, daudzkrāsains, matēts, gluds, nerotāts
4.	V2Š3K1S1F2R2	Audums, sintētika, gaišs, spīdīgs, gluds, izšuvums
5.	V1Š3K1S2F1R3	Trikotāža, sintētika, gaišs, matēts, reljefs, nerotāts
6.	V1Š3K3S2F3R3	Trikotāža, sintētika, daudzkrāsains, matēts, mežģīne, nerotāts
7.	V1Š2K1S2F1R3	Trikotāža, vilna, gaišs, matēts, reljefs, nerotāts
8.	V2Š1/4K1S2F2R3	Audums, lins/kokvilna, gaišs, matēts, gluds, nerotāts

## Materiālu testēšana un rezultāti

Teorētiski pieņemot, ka ķermenis visos virzienos atstaro (izstaro) vienādi, tad tā izstarotā viļņa intensitātei noteiktā virzienā ( $I_\beta$ ) ir jābūt proporcionālai leņķa  $\beta$  kosinusam un krītošā stara intensitātei ( $I_0$ ) (3):

$$I_\beta = I_0 \cos \beta \quad (3)$$

Normējot:  $\left( \frac{I_\beta}{I_0} = \cos \beta \right) \quad (4).$

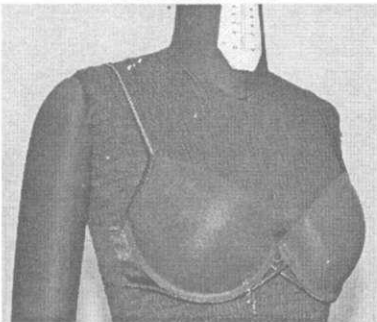
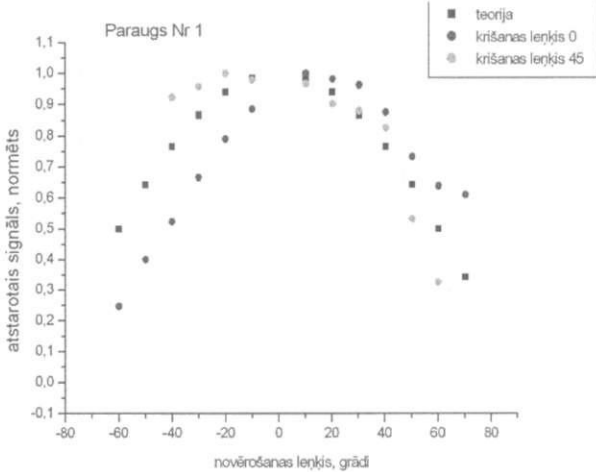
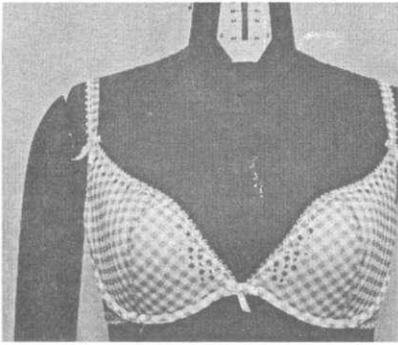
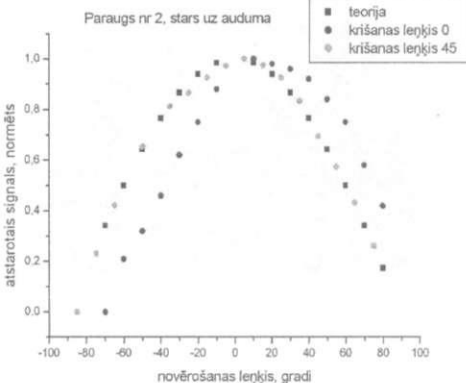
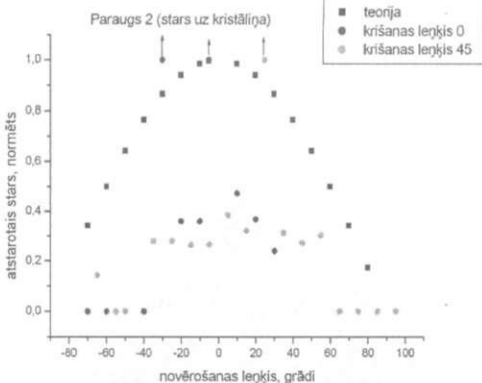


1.att. Eksperimenta shēma

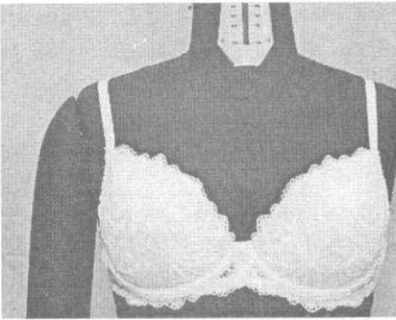
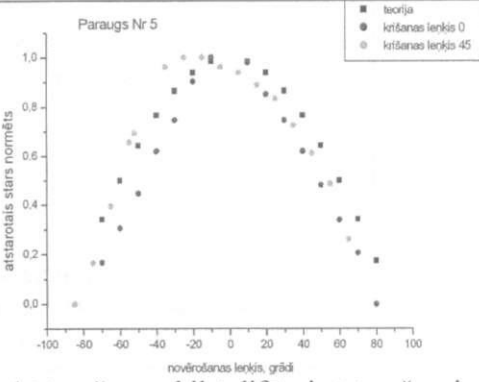
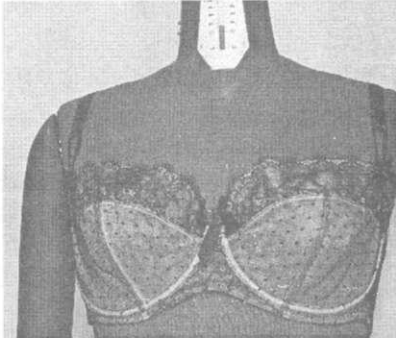
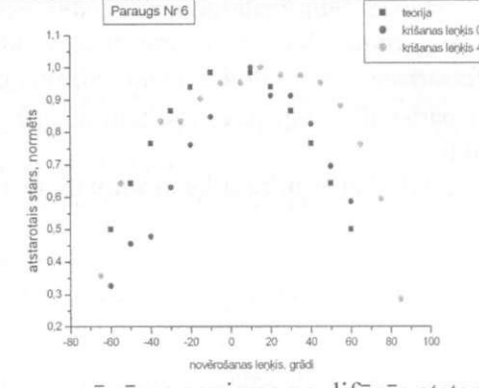
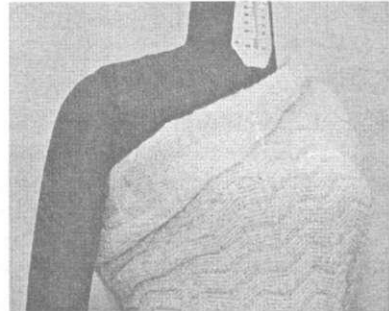
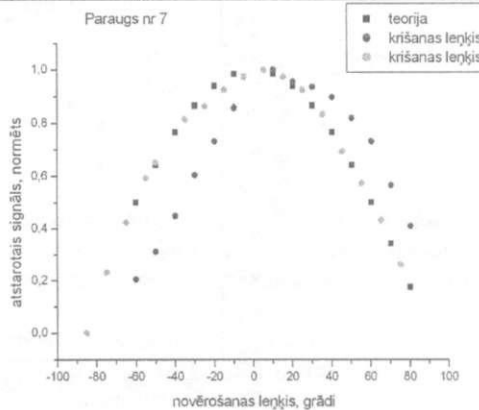
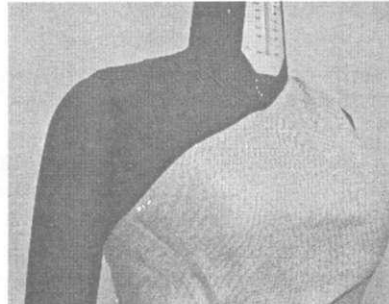
Fig.1. Scheme of an experiment

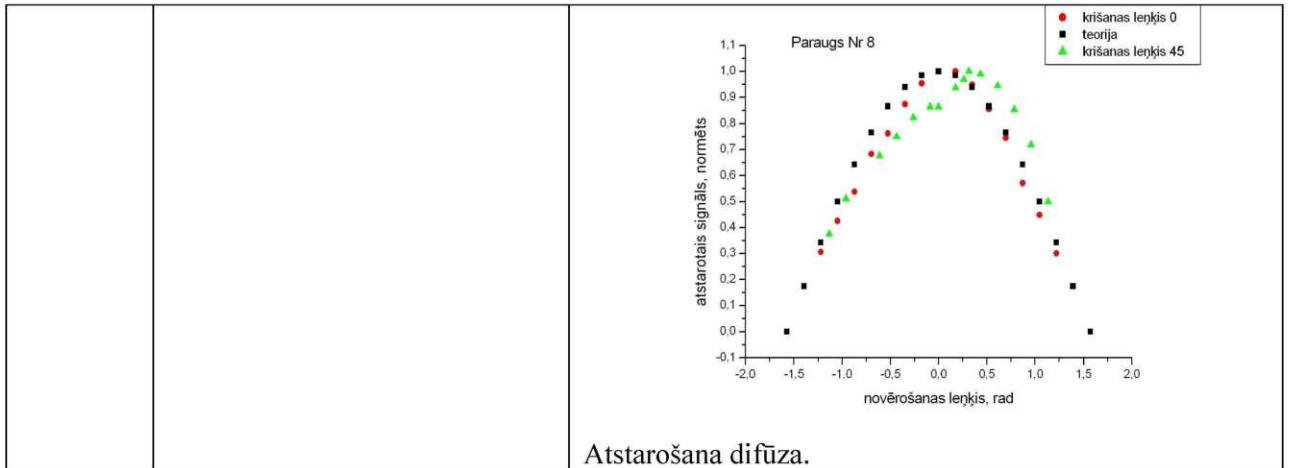
1.attēlā redzama eksperimenta izpildes shēma, savukārt mērījumu rezultāti, to attēlojums un paskaidrojums attēloti 5.tabulā. Teorētiskā lāzestara atstarošanās līkne ir parādīta visos grafikos

5.tabula. Eksperimenta rezultāti  
Table 5 The results of an experiment

Parauga n.p.k.	Parauga burtciparu apzīmējums un attēls	Eksperimenta rezultāti
1.	<p data-bbox="500 416 678 443">VIŠ3K2S2F2R3</p> 	<p data-bbox="967 327 1065 353">Paraugs Nr 1</p>  <p data-bbox="824 779 1479 880">Var redzēt nelielas novirzes no difūzās izkliedes pie krišanas leņķa 45 grādi, kas saistīts ar materiāla virsmas gludumu.</p>
2.	<p data-bbox="500 1245 678 1272">VIŠ3K3S2F2R1</p> 	<p data-bbox="1000 909 1187 936">Paraugs nr 2, stars uz auduma</p>  <p data-bbox="1000 1301 1187 1328">Paraugs 2 (stars uz kristāliņa)</p>  <p data-bbox="808 1675 1495 1944">Lāzera staram krītot uz auduma, nekādu noviržu no difūzās atstarošanas nav, neliela sadalījuma novirze saistīta ar auduma nelīdzenumu mērīšanas vietā. Staram krītot uz kristāliņa, novērojams pilnīgi cits atstarošanas signāla sadalījums – līkne ir nemonotona, ar vairākiem maksimumiem, kuros intensitāte vairāk kārt lielāka, nekā pārējiem novērošanas leņķiem. Tas atbilst gadījumiem, kad stars nonāca detektorā, atstarojoties no kristāliņa.</p>

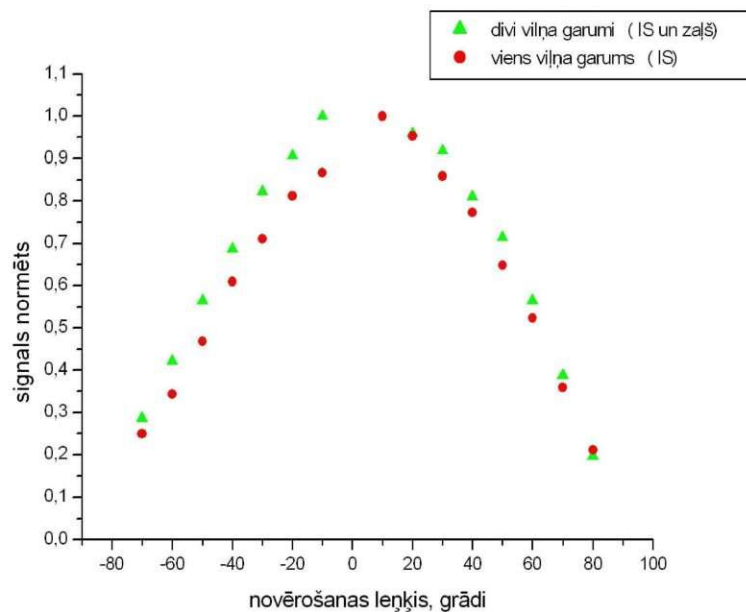
<p>Parauga n.p.k.</p>	<p>Parauga burtpciparu apzīmējums un attēls</p>	<p>Paraugs Nr 4, stars uz auduma</p> <p><b>Eksperimenta rezultāti</b></p>
<p>3.</p>	<p>V1Š3K3S2F2R3</p>	<p>Paraugs Nr 3</p> <p>Nav ievērojamu noviržu no difūzās atsarošanas un stara krišanas leņķa.</p>
<p>4.</p>	<p>V2Š3K1S1F2R2</p>	<p>Paraugs Nr 4, stars uz rotājuma</p> <p>Staram krītot uz rotājuma, ir novērojamas novirzes no difūzā sadalījuma, kas var būt saistītas ar auduma spožumu. Šajā gadījumā ir būtiskas sadalījuma izmaiņas un bija arī novērota signāla samazināšanās praktiski līdz nullei (leņķis 40 grādi).</p>

Parauga n.p.k.	Parauga burtciparu apzīmējums un attēls	Eksperimenta rezultāti
5.	<p style="text-align: center;">VIŠ3K1S2F1R3</p> 	<p style="text-align: center;">Paraugs Nr 5</p>  <p style="text-align: center;">Atstarošana atbilst difūzai atstarošanai.</p>
6.	<p style="text-align: center;">VIŠ3K3S2F3R3</p> 	<p style="text-align: center;">Paraugs Nr 6</p>  <p style="text-align: center;">Nelielas, nenozīmīgas novirzes no difūzās atstarošanas.</p>
7.	<p style="text-align: center;">VIŠ2K1S2F1R3</p> 	<p style="text-align: center;">Paraugs nr 7</p>  <p style="text-align: center;">Nav atšķirību starp teorētisko difūzo atstarošanu un eksperimentāliem rezultātiem.</p>
8.	<p style="text-align: center;">V2Š1/4K1S2F2R3</p> 	



Līdztekus dažādu materiālu pārbaudei, eksperimentā tika pārbaudīta arī rezultātu atkarība no viļņa garuma. Visi mērījumi tika veikti izmantojot lāzera staru ar 2 viļņa garumiem infrasarkanā ( $\lambda = 1,064 \mu\text{m}$ ) un redzamo gaismu ( $\lambda = 0,532 \mu\text{m}$ ).

Lai pārbaudītu, vai nav rezultātu atkarības no viļņa garuma, vienam paraugam (Nr 8) tika veikti mērījumi tikai ar infrasarkanā staru (2.att.).



2. att. Mērījumu rezultāti dažādiem viļņu garumiem  
Fig.2. Results of measurements for different wavelength

Kā var redzēt no grafika nekādas būtiskas atšķirības starp divām līknēm nav novērojamas, tāpēc var droši apgalvot, ka IS apgabalā, kurā darbojas kustību reģistrējoša kamera (0,8 mkm) audumu atstarojošās īpašības būs analogiskas.

### Secinājumi

Apskatot gaismas atstarošanu no dažādām drānām, tika pamanītas būtiskas novirzes no Lamberta likuma. Šādas novirzes saistāmas ar drānas virsmas ģeometriju (reljefu, faktūru, rotājumu). Nelielas novirzes no standartsadalījuma līknes vērojamas ļoti gludu (spožu) virsmu

un nelīdzenu (reljefu virsmu gadījumos. Rotājumi – izšuvumi, aplikācijas, var radīt pārāk spodru vai nelīdzenu virsmu, kas izraisa novirzes no normālsadalījuma šajos apgabalos. Ja veļa rotāta ar kristāliņiem vai citiem ļoti spožiem materiāliem, atstarojumu atspoguļojošā līkne ir nelīdzena ar vairākiem ekstrēmuma punktiem.

Pētījuma rezultātā var secināt, ka skenēšanai jāizvēlas gluda, bet ne spoža veļa, bez jebkādiem rotājumiem. Nekādā gadījumā nedrīkst izvēlēties veļu ar rotājumiem, kas tieši atstaro un lauž gaismas staru – kristāliņi, stikliņi, pērlītes.

## Literatūra

1. Cynthia L. Istook, Su-Jeong Hwang; 3D body scanning systems with application to the apparel industry; *Journal of Fashion Marketing and Management*. Henry Stewart Publications 1361-2026 (2001) Vol. 5, 2, 120±132
2. Su-Jeong Hwang Three dimensional body scanning systems with potential for use in the apparel industry, *Raleigh* 2001, 63
3. Karla Simmons Ph.D. University of Missouri, Cynthia L. Istook Associated Professor, North Carolina State University and Priya Devarajan, marketing Research Analyst, Lectra USA Inc. "Female Figure Identification Technique (FFIT) for Apparel Part I: Describing Female Shapes", *Journal of Textile and Apparel Technology and Management*, Volume 4, Issue 1, Summer 2004. 16 pp.

### ***Dāboliņa I., Blūms J., Viļumsone A. Lāzera stara plūsmas atstarošanas izpēte veļas materiālos***

*Darbā atzīmēts, ka cilvēka skenēšanai kā mēru iegūšanas metodei piemīt vairākas priekšrocības. Dati tiek iegūti ļoti īsā laikā, savukārt iegūto datu nomenklatūra un pielietojums ir daudz plašāks salīdzinājumā ar manuāli iegūtajiem datiem.*

*Ķermeņa mēru iegūšanai izmantojamajās skenēšanas sistēmās tiek lietoti dažādi datu iegūšanas veidi: gaismēnas, lāzestari u.c. Pētījumā noteikta dažādu tekstilmateriālu lāzestara atstarošanas spēja un atstarošanu raksturojošā līkne salīdzināta ar Lamberta likumam atbilstošās difūzās atstarošanas līkni.*

*Plānojot eksperimentu un izvēloties testējamās materiālus, sastādīta materiālu atlases matrica, kurā parādīta visu iespējamo materiālu izvēle. Eksperimenta veikšanai izvēlēti kopā astoņi tekstilmateriāli: seši veļas ražošanā izmantoti materiāli un divi papildus materiāli.*

*Eksperimentālo datu iegūšanai lietots lāzestars ar krišanas leņķi 0° un 45°. Salīdzināta arī rezultātu atkarība no lietotā stara viļņa garuma.*

*Darba secinājumos minēti antropometriskai skenēšanai pieļaujamie veļas materiāli un konstatēts, kādi materiāli negatīvi ietekmē skenēšanas rezultāta precizitāti.*

### ***Dāboliņa I., Blūms J., Viļumsone A. Reflection Investigation of Laser Light Beam of Lingerie Materials***

*There is mentioned that the scanning of human body as method for gaining of human measurements has several preferences. Gaining of data is possible in very short time. In comparison with manual measuring methods, scanning gets larger amount of measurements.*

*There are several modes to gain human body measurements by scanning system: laser scanning, light beam scanning, etc. There is searched laser beam reflection capability of different textile material in the research. The description of laser reflection is compared with Lambert's law's characteristic.*

*The matrix of material selection is made in process of experiment planning, all possible materials is presented in this matrix. Eight textile materials are chosen for experimental work: six lingerie and two additional materials.*

*Laser beam with angle of incidence 0° and 45° is used to make an experiment. Result dependence of laser beam length is compared also.*

*As a conclusion of the paper the lingerie materials suitable for anthropometrical scanning are selected and the materials inapplicable for scanning is found – those materials impact scanning result negative.*

*Даболния И., Блумс Ю., Вилломсоне А. Исследование отражения потока лазерных лучей в бельевых материалах*

*В работе отмечено, что использование метода сканирования фигуры человека для получения размерных характеристик имеет определенные преимущества. Данные могут быть получены за короткий промежуток времени, количество их практически не ограничено, использование многообразней по сравнению с ручными методами измерений.*

*Системы сканирования фигур человека используют разные способы получения данных: светотень, лазерный луч и др. В данном исследовании определялась способность бельевых материалов отражать лазерные лучи и кривая характеризующая отражение сравнивалась с кривой диффузного отражения, отвечающая закону Ламберта.*

*При выборе материалов для эксперимента была составлена матрица всех возможных бельевых полотен. Для проведения эксперимента были отобраны восемь материалов, шесть из которых - бельевые полотна, а двое - дополнительных.*

*В эксперименте использовался лазерный луч, падающий под углом  $0^\circ$  и  $45^\circ$ . Результаты сравнивались для различной длины волны падающего света.*

*В заключении статьи даны рекомендации о допустимых бельевых материалах для антропометрического сканирования и материалах, которые отрицательно влияют на точность результатов сканирования.*