

VPP SOPHIS 3.projekta seminārs.

1.3. audu attēlošana tuvajā infrasarkanajā diapazonā.

LU ASI

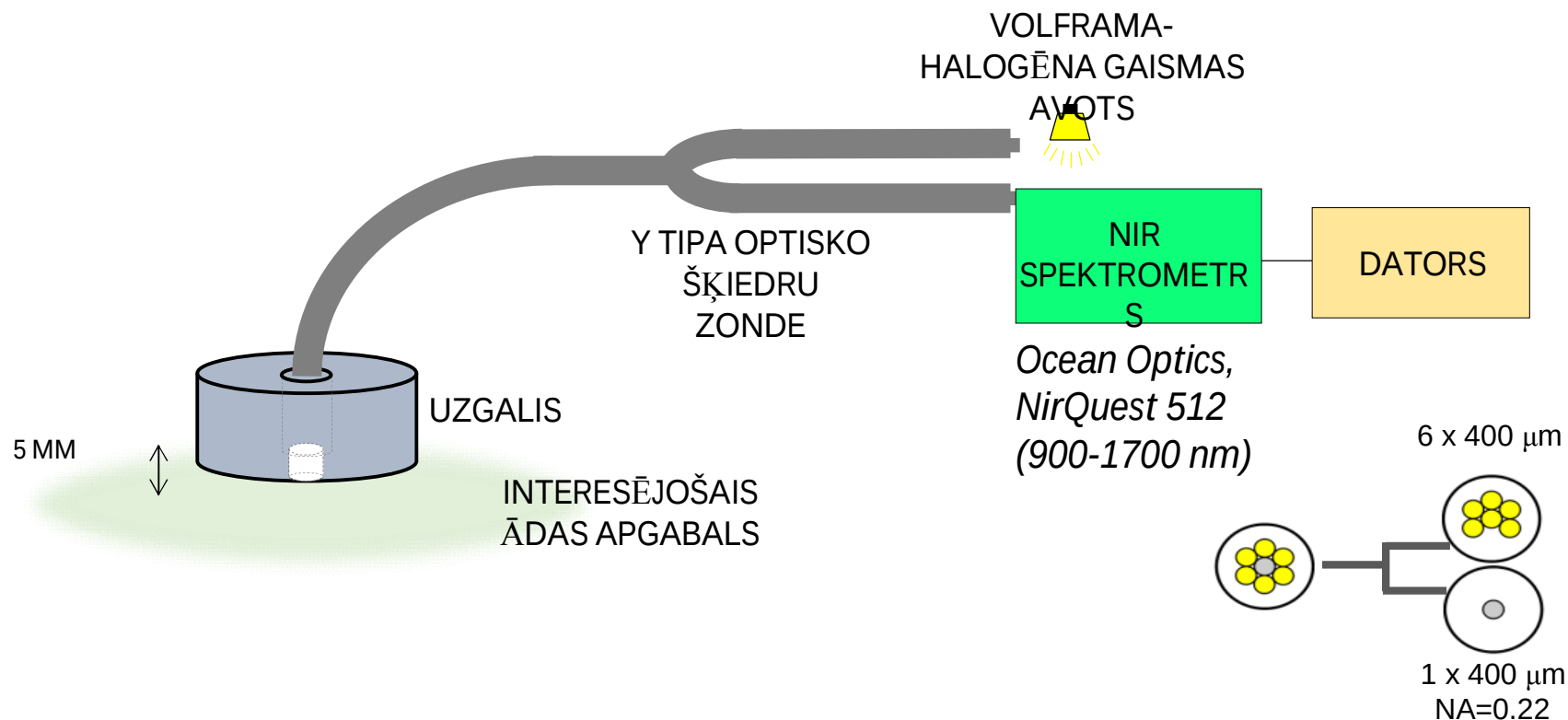
01.12.2016.

Gatis Tunēns

Pētnieciskie uzdevumi 3. posmā

1. Veikt klīniskos mērījumus sadarbībā ar ārstiem-dermatologiem;
2. Izstrādāt Montekarlo simulāciju algoritmus ādas optisko īpašību izpētei tuvajā infrasarkanajā spektra diapazonā;
3. Sagatavot un iesniegt 2 zinātniskos rakstus.

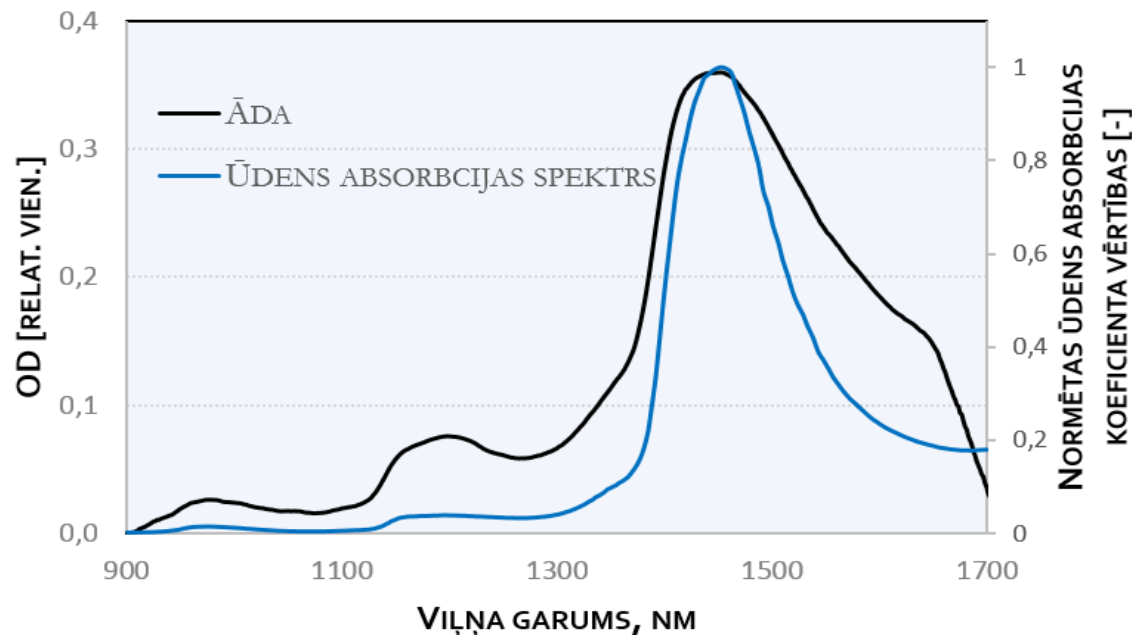
Maketierīce ādas mitruma novērtējumam, izmantojot tuvā infrasarkanā diapazona spektroskopijas metodi



Spektru uzņemšana

$$OD(\lambda) = \log \frac{I_0(\lambda)}{I(\lambda)}$$

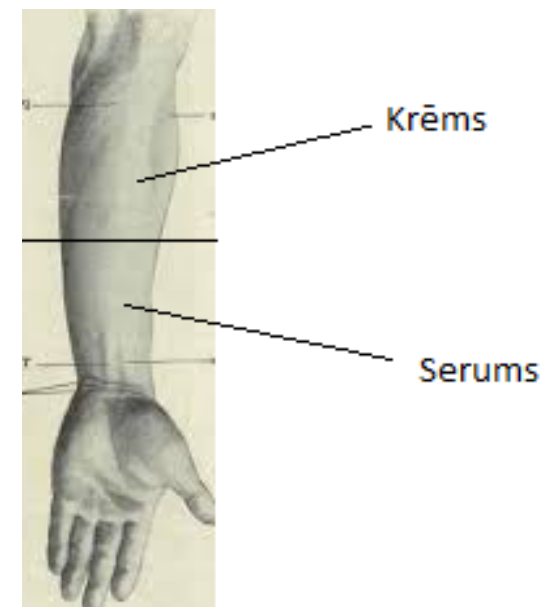
- OD – optiskais blīvums
- I_0 - Atstarotās gaismas intensitāte no baltas references
- I – Atstarotās gaismas intensitāte no ādas



Grafiks - Ādas optiskā blīvuma (OD) vērtību spektra un ūdens absorbcijas spektra salīdzinājums

1. Klīniskie mērījumi

- 39 brīvprātīgo ādas mitruma novērtējumam;
- Tika novērtēta konkrēta krēma un seruma iedarbība uz ādas mitrumu;
- 3 mērījumi katrā apgabalā sākumā un pēc mēneša;
- Kontroles mērījumi ar *DermaLab* (Cortex Technology) ierīci, kas balstīta uz vadītspējas izmaiņām ādas virskārtā



Rokas apakšdelma: uz proksimālās daļas (tuvāk elkonim) tika uzklāts krēms, uz dorsālās daļas (tuvāk plaukstai) tika uzklāts serums.

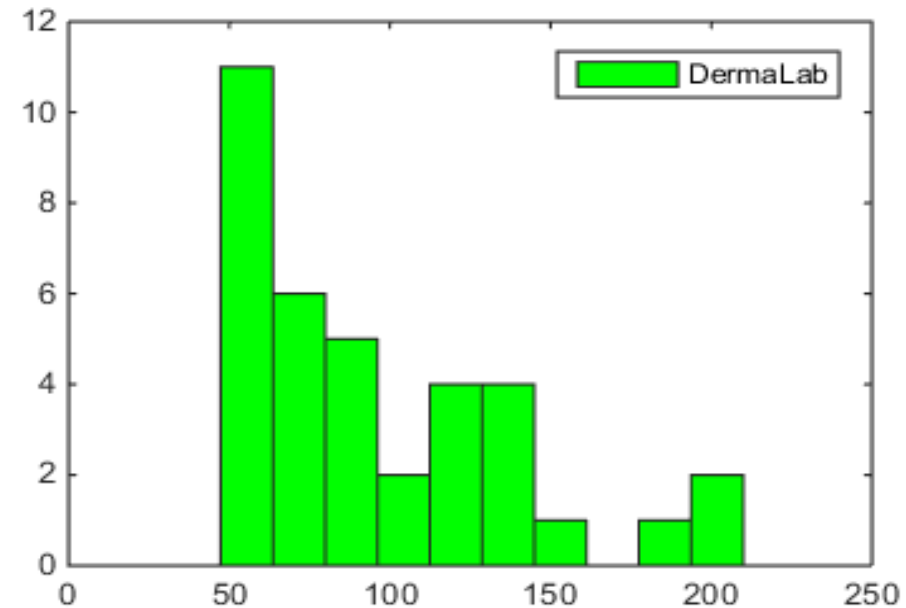
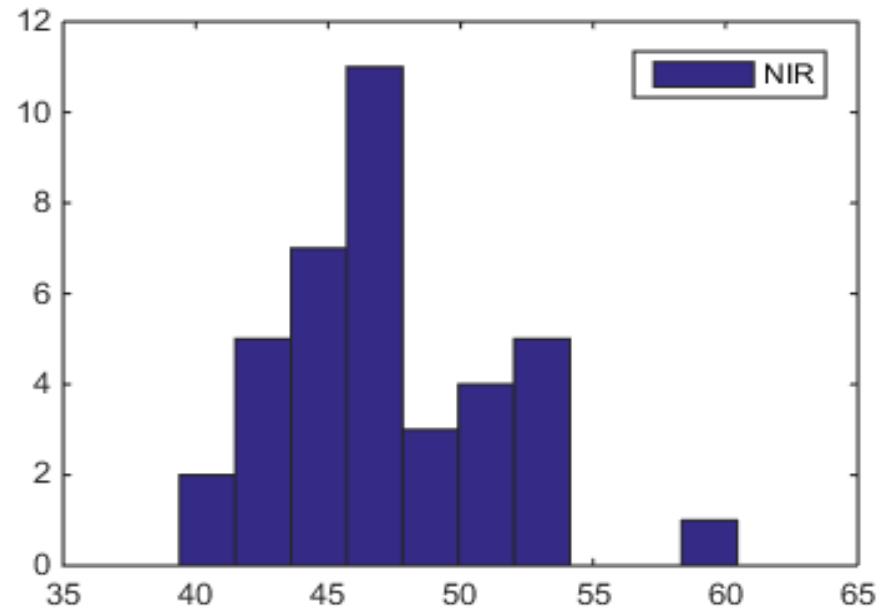
1. Klīniskie mērījumi

- Izmantotas OD vērtības pie 1450 nm maksimuma, kas visiem brīvprātīgajiem bija robežās no 1.5 līdz 1.8;
- Empīriski izvēlēts parametrs ādas mitruma raksturošanai, 10^{OD} , kas noveda pie 30 – 70 diapazona visiem 39 brīvprātīgajiem;
- *DermaLab* iegūtās vērtības visiem 39 brīvprātīgajiem bija robežās no 30 – 300.

1. Klīniskie mērījumi

- Mērījumi sadalīti 10 grupās (katrai ierīcei 5):
 - Labās rokas (kontroles) grupa sākumā;
 - Labās rokas (kontroles) grupa beigās (1 mēnesi vēlāk);
 - Kreisās rokas grupa sākumā;
 - Kreisās rokas krēma grupa beigās (1 mēnesi vēlāk);
 - Kreisās rokas seruma grupa beigās (1 mēnesi vēlāk).
- *Lilliefors* statistikas tests *Matlab* programmā, lai pārbaudītu datu ticamību (atbilstību normālajam sadalījumam).

1. Klīniskie mērījumi



Ādas mitruma parametru vērtību histogrammas labās rokas (kontroles) grupai beigu mērījumā (1 mēnesi vēlāk) gan izstrādātās maketierīces, gan *DermaLab* gadījumā.

1. Klīniskie mērījumi

- Rezultātu analīzei tika aprēķinātas sekojošas vērtības:
 - **Vidējā vērtība** visiem brīvprātīgajiem 1 mēnesi vēlāk mīnus vidējā vērtība visiem brīvprātīgajiem sākumā: V ;
 - **Standartnovirze** (rezultātu izkliede visu brīvprātīgo gadījumā vienas grupas ietvaros) no iepriekš aprēķinātās vērtības: STD_V ;
 - **Standarta kļūda** - $SE_V = \frac{STD_V}{\sqrt{N}}$, kur N ir brīvprātīgo skaits.

Izmantojot *Two sample T Test*, tika iegūti sekojoši rezultāti:

- Izstrādātās ādas mitruma novērtējuma maketierīces gadījumā:
 - Salīdzinot labās rokas (kontroles) grupas datus sākumā un 1 mēnesi vēlāk, tika iegūts, ka **nav novērojama** statistiski ticama atšķirība ($p = 0,80$) starp abām grupām;
 $V = 0; STD = 4; SE = 0,6; N = 38$.
 - Salīdzinot kreisās rokas **krēma** grupas datus sākumā un 1 mēnesi vēlāk, tika iegūts, ka **nav novērojama** statistiski ticama atšķirība ($p = 0,18$) starp abām grupām;
 $V = -1; STD = 6; SE = 0,9; N = 38$.
 - Salīdzinot kreisās rokas **seruma** grupas datus sākumā un 1 mēnesi vēlāk, tika iegūts, ka **ir novērojama** statistiski ticama atšķirība ($p = 0,03$) starp abām grupām;
 $V = 2; STD = 5; SE = 1; N = 38$.

Izmantojot *Two sample T Test*, tika iegūti sekojoši rezultāti:

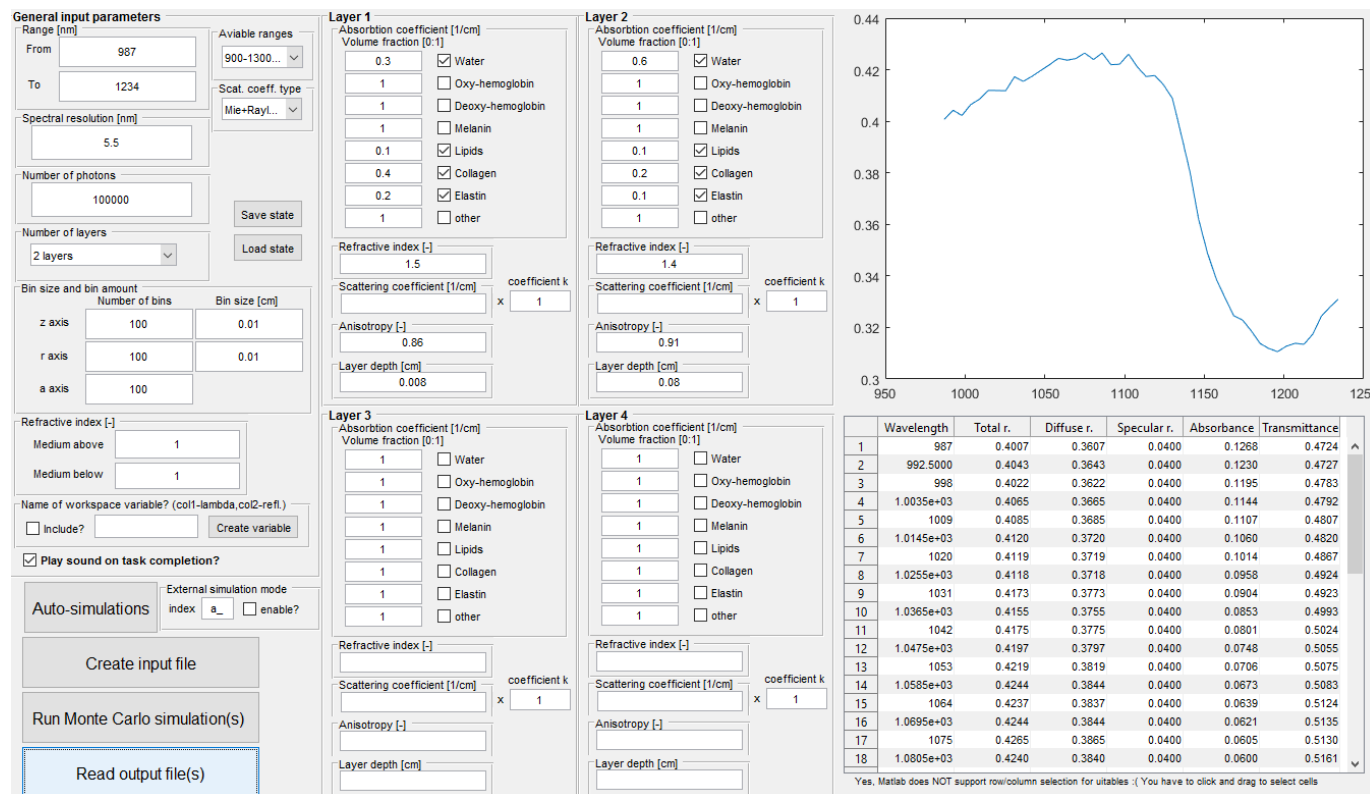
- Komerčiālās ierīces *DermaLab* gadījumā:
 - Salīdzinot labās rokas (kontroles) grupas datus sākumā un 1 mēnesi vēlāk, tika iegūts, ka **ir novērojama** statistiski ticama atšķirība ($p = 0,04$) starp abām grupām;
 $V = 18; STD = 43; SE = 7; N = 36$.
 - Salīdzinot kreisās rokas **krēma** grupas datus sākumā un 1 mēnesi vēlāk, tika iegūts, ka **ir novērojama** statistiski ticama atšķirība ($p < 0,05$) starp abām grupām;
 $V = 61; STD = 49; SE = 8; N = 36$.
 - Salīdzinot kreisās rokas **seruma** grupas datus sākumā un 1 mēnesi vēlāk, tika iegūts, ka **ir novērojama** statistiski ticama atšķirība ($p < 0,05$) starp abām grupām;
 $V = 35; STD = 47; SE = 8; N = 36$.

Secinājumi

- *DermaLab* ir daudz jutīgāka uz nelielām ādas mitruma izmaiņām nekā izstrādātā ādas maketierīce, un ar šo ierīci iespējams ļoti labi salīdzināt krēma un seruma iedarbību 1 mēneša laikā;
- *DermaLab* ierīce neuzrāda gaidītos rezultātus – pat kontroles grupas gadījumā ādas mitrums uzlabojās;
- Iespējams, ka daži brīvprātīgie tomēr bija lietojuši kādus mitrinošus krēmus arī labajai rokai, vai arī viņu kopējais ādas stāvoklis bija mainījies citu faktoru ietekmē (vides temperatūra, dažādi fizioloģiski iemesli utt.).

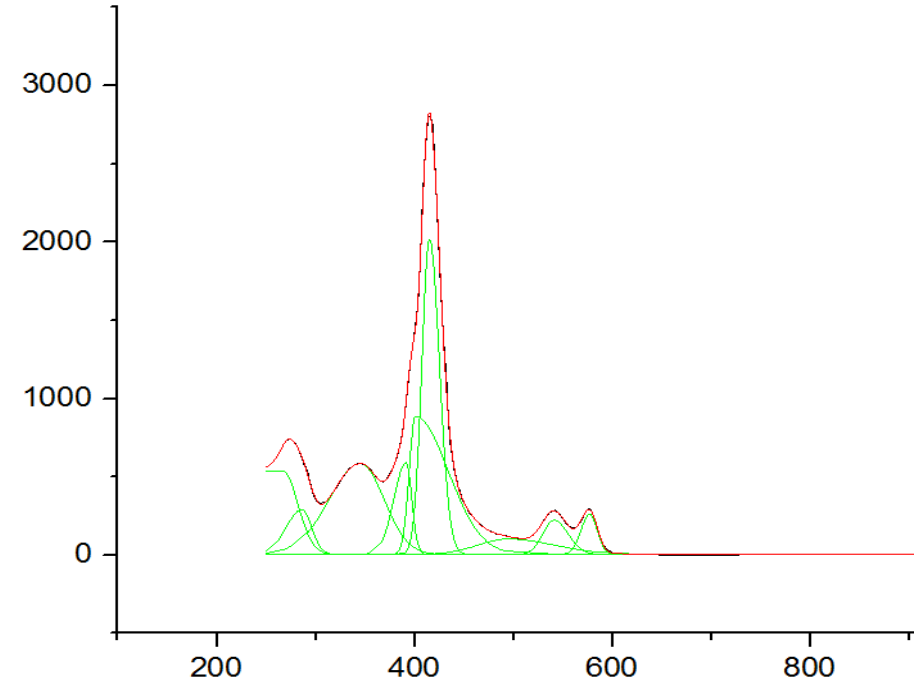
2. Montekarlo simulācijas ādas optisko īpašību izpētei tuvajā infrasarkanajā spektra diapazonā

- Lietotājam ir iespēja izvēlēties viļņa garuma diapazonu 250-1700 nm, kā arī norādīt spektrālo izšķirtspēju (iedaļas vērtību starp punktiem);
- Norādīt simulācijā palaisto fotonu skaitu, no kā ir atkarīga simulācijas precizitāte;
- Norādīt modeļa slāņu skaitu, kā arī katra slāņa optiskos parametrus – laušanas koeficientu, izkliedes koeficientu, anizotropijas faktoru un slāņa biezumu. Iespēja izvēlēties, kādas hromoforas atrodas katrā slānī, un norādīt šo hromoforu tilpuma daļu. Iespēja arī modificēt attiecīgo hromoforu absorbcijas koeficientu vērtības un veidu kā tiek aprēķināts izkliedes koeficients, ja rodas nepieciešamība;
- Norādīt lokālā datu uzskaites režģa izmērus. Ieteicams režģa izmēram z ass virzienā būt vienādam ar kopējo modeļa biezumu;
- Norādīt laušanas koeficientu materiālam ārpus modeļa (virs un zem tā);
- Izvēlēties starp iespējām veikt simulācijas ar programmu *mcml* vai *GPUmcml* (ja lietotājam ir pieejama attiecīga grafiskā karte un *CUDA* programmatūra);
- Kad visi parametri ir ievadīti, tad programma izveda simulācijas programmas ievadfailu un veic Montekarlo simulācijas. Lietotājam attiecīgi tiek izvadīti simulāciju rezultāti tabulas veidā – absorbcijas, spekulārās atstarošanās, difūzās atstarošanās, caurstarošanās vērtības atkarībā no viļņa garuma.
- Iespēja salīdzināt simulētos spektrus ar eksperimentāli uzņemtiem vai citiem spektriem programmas vidē



Hromoforu absorbcijas koeficientu aproksimācijas

- Hromoforu absorbcijas koeficientu vērtības aproksimētas ar binomālajām Gausa sadalījuma funkcijām (*Origin* programmā), lai būtu iespējams papildus precizēt vēlamo simulāciju viļņa garuma diapazonu ar lietotājam nepieciešamo spektrālo izšķirtspēju:
 - x – viļņa garums
 - H – spektrālā intensitāte
 - x_c – sadalījuma centrālais punkts
 - w_1 ja $x_c < \lambda$
 - w_2 ja $x_c > \lambda$



$$y = y_0 + H e^{-0.5 \left(\frac{x - x_c}{w_1} \right)^2}$$

$$y = y_0 + H e^{-0.5 \left(\frac{x - x_c}{w_2} \right)^2}$$

Pielietojums (no DOC2016 prezentācijas)

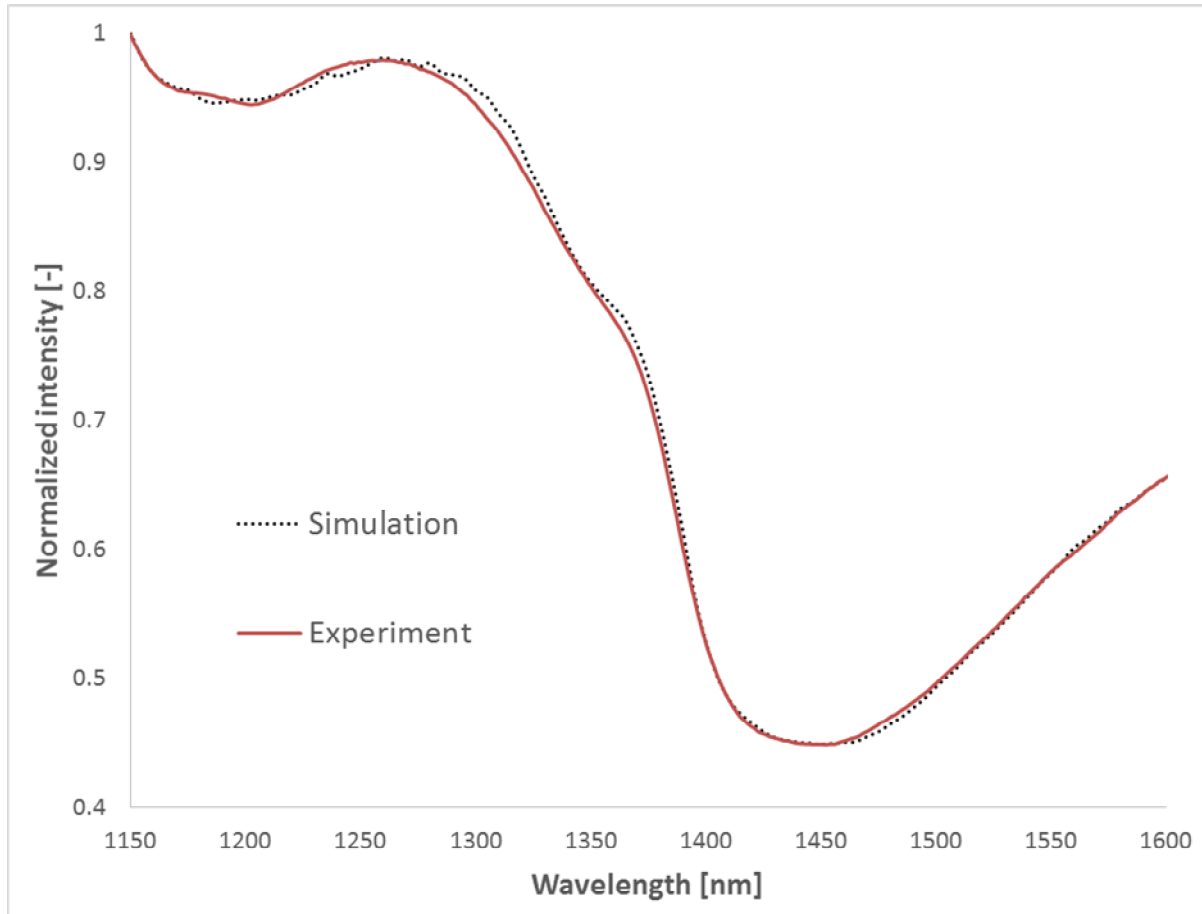


Figure – Experimental normal skin diffuse reflectance spectrum compared to simulated spectrum.

Significant changes took place in SC (in red):

Parameter	Normal skin	Dry skin	Fresh bruise
V_{H_2O}	0.42	0.33	0.52
$d, \mu m$	20	15	25
g	0.85	0.85	0.85
C_{lip}	0.06	0.06	0.06
n	1.50	1.51	1.48

Darbs pie automātiska piedzīšanas algoritma un uzskates tabulas izveides

Instructions

Create a new workspace variable with the experimental data:
Column 1 - wavelength [nm]
Column 2 - diffuse reflectance [%]

Workspace variable name

Run

☒ Include specular reflectance?

Error limit [%] 10

Max nr. of iterations 10

Select which parameters would you like to change

Water		Lipid		Scattering (k)		Ref. index		Anisotropy		Depth	
☐ 1	☐ 6	☐ 1	☐ 6	☐ 1	☐ 6	☐ 1	☐ 6	☐ 1	☐ 6	☐ 1	☐ 6
☐ 2	☐ 7	☐ 2	☐ 7	☐ 2	☐ 7	☐ 2	☐ 7	☐ 2	☐ 7	☐ 2	☐ 7
☐ 3	☐ 8	☐ 3	☐ 8	☐ 3	☐ 8	☐ 3	☐ 8	☐ 3	☐ 8	☐ 3	☐ 8
☐ 4	☐ 9	☐ 4	☐ 9	☐ 4	☐ 9	☐ 4	☐ 9	☐ 4	☐ 9	☐ 4	☐ 9
☐ 5	☐ 10	☐ 5	☐ 10	☐ 5	☐ 10	☐ 5	☐ 10	☐ 5	☐ 10	☐ 5	☐ 10
Delta		Delta		Delta		Delta		Delta		Delta	

General input parameters

Spectral Range* [nm]

From To Resolution

Layers 1

Number of photons

Bin parameters

	Amount	Size
z axis		
r axis		
a axis		(same as r)

Refractive index for medium:

Above tissue 1

Below tissue 1

Scattering coefficient type

Constant

Layer 1

Absorbing chromophores (Volume fraction)

From	To	Delta	
1	1	0	☐ Water
1	1	0	☐ Lipid

Other parameters

From	To	Delta	
1	1	0	Refractive index n
1	1	0	Anisotropy g
1	1	0	Thickness d [cm]

Scattering coefficient [cm-1]

From	To	Delta	Coefficient k
1	1	0	1

3. Sagatavot un iesniegt 2 zinātniskos rakstus

- Iesniegts - “Optical Review”: Inga Saknite, Aleksejs Zavorins, Ilona Zablocka, Janis Kisis, Janis Spigulis, **“Near-infrared reflectance spectroscopy system for non-invasive estimation of skin hydration: A clinical study”**;
- Nepieciešami papildinājumi pirms iesniegšanas - “Medical & Biological Engineering & Computing”: Gatis Tunens, Inga Saknite, Janis Spigulis, **“Assessment of human skin optical parameters in the near-infrared spectral range by Monte Carlo modelling”**.

Paldies par uzmanību!