

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS  
GAMTOS MOKSLŲ FAKULTETAS  
FIZIKOS KATEDRA

**DANA KUTYŠ**  
Optometrijos specialybės IV kurso studentė

**DIRBTINIŲ AŠARŲ OPTINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS**  
**THE INVESTIGATION OF THE OPTICAL PROPERTIES OF ARTIFICIAL TEARS**  
**BAKALAURO DARBAS**

Darbo vadovė:  
lekt. A. Pelanskiene

Šiauliai, 2013

*„Tvirtinu, jog darbe pateikta medžiaga nėra plagijuota ir paruošta naudojant literatūros sąrašę pateiktus informacinius šaltinius bei savo tyrimų duomenis“*

Darbo autorė \_\_\_\_\_  
(vardas, pavardė, parašas)

## TURINYS

ANOTACIJA.....	4
SUMMARY.....	5
ĮVADAS.....	6
1. NATŪRALIOS IR DIRBTINĖS AŠAROS.....	8
1.1 Natūralios žmogaus ašaros.....	8
1.1.1 Ašarų savybės.....	8
1.1.2 Fiziologija. Ašarų plėvelė.....	9
1.2 Sausų akių sindromas.....	12
1.2.1 Sausos akies samprata.....	12
1.2.2 Sausų akių sindromo priežastys.....	13
1.2.3 Sausų akių gydymas.....	15
1.3 Dirbtinės ašaros.....	16
1.3.1 Dirbtinių ašarų tipai ir naudojimas.....	17
1.3.2 Dirbtinių ašarų sudėtis.....	19
1.3.3 Dirbtinių ašarų parametrai ir jų reikšmė.....	22
2. ABSORBCINĖ SPEKTROSKOPIJA.....	24
2.1 Elektromagnetinių bangų spektras.....	24
2.2 Šviesos sugertis.....	28
2.3 Bugero ir Lamberto dėsnis.....	29
2.4 Pralaidumo faktorius, optinis tankis, sugerties koeficientas.....	31
2.5 Sugerties spektrai.....	32
2.6 Spektrofotometrija.....	33
3. DIRBTINIŲ AŠARŲ SPEKTRINIO PRAL AidUMO TYRIMAS SPEKTROFOTOMETRU.....	36
3.1 Spektrofotometras UV-Visible T60.....	36
3.2 Spektrofotometro reguliavimas.....	38
3.3 Tyrime naudotų dirbtinių ašarų apibūdinimas.....	38
3.4 Dirbtinių ašarų lūžio rodiklio matavimas Abės refraktometru.....	41
3.5 Tyrimo rezultatai.....	44
IŠVADOS.....	51
LITERATŪRA.....	52
PAVEIKSLAI.....	55
LENTELĖS.....	56

## ANOTACIJA

Bakalauro darbą „Dirbtinių ašarų fizinių savybių tyrimas“ sudaro 56 puslapiai: įvadas, trys pagrindiniai skyriai, kurie turi nuo 3 iki 6 poskyrių, išvados, cituojamos literatūros sąrašas, 1 kompaktinis diskas. Panaudoti 25 paveikslėliai, 3 lentelės. Darbe aptariamos natūralių ašarų savybės, sausų akių sindromas, priežastys, gydymas. Aptarta dirbtinių ašarų nauda, tipai, naudojimas, sudėtis, plačiau išnagrinėtos cheminės, nei fizinės savybės. Supažindinama su šviesos sugerties dėsniais, spektrais, Bugero ir Lamberto dėsniais. Taip pat išnagrinėtas spektrofotometro ir refraktometro veikimo principas. Eksperimentiškai ištirtas įvairių tipų dirbtinių ašarų lūžio rodiklis, optinis pralaidumas bei atlikta spektrinių kreivių analizė. Dirbtinės ašaros tyrimui buvo pasirinktos atsitiktiniu būdu. Spektrinis pralaidumas buvo matuotas tris kartus. Eksperimentiniu tyrimu buvo siekiama įsitikinti ar tik atidarius ir galiojimo laikui nepasibaigus dirbtinės ašaros absorbuoja UV spinduliuotę ir taip pat išsiaiškinti ar dirbtinių ašarų spektrinis pralaidumas bėgant laikui kinta. Apžvelgiami dirbtinių ašarų pralaidumo UV spinduliams tyrimo rezultatai. Darbo gale pateikiamos išvados ir darbe naudota literatūra.

## SUMMARY

Bachelor thesis "The investigation of the optical properties of artificial tears" consists of 56 pages: an introduction, three main chapters which have from 3 to 5 sub-chapters, conclusions, list of references and one CD. 25 pictures and 3 tables are used in this work. The analysis describes characteristics of natural tears, dry eyes syndromes, their causes and treatment. The benefit of artificial tears, their types, usage, composition are described here. Wider examination is done on chemical and physical characteristics of artificial tears. A principle of light's absorption, spectrums, principles of Buger and Lambert are introduced as well as operating principles of spectrophotometer and refractometer. The refractive index of artificial tears different types and optical permeability are investigated by experimental research and analysis of spectral curves is done. Artificial tears for this analysis were selected randomly. Spectral permeability was measured three times. The aim of experimental research was to find out whether just opened and before their expiration date artificial tears absorb UV rays and whether their spectral permeability change over time. Analysis results of artificial tears permeability for UV rays are reviewed. Conclusions are done and list of references are presented at the end of work.

## ĮVADAS

Kiekvieną dieną įvairiais jutimais žmogus gauna didelį kiekį informacijos. Jie neatrodo tokie svarbūs, kol kurio nors jutimo funkcija nesutrunka. Šiuolaikinėje visuomenėje daugėja kenksmingų dalykų kurie vis dažniau sutrikdo jutimų funkcijas. Kiekvienas jutimas yra labai svarbus žmogui ir negalima išskirti vieno pagrindinio. Šiame darbe bus aptariamas regos jutimas. Kaip jau minėta anksčiau, dėl šiuolaikinio gyvenimo būdo susirgimų pasitaiko vis daugiau ir įvairesnių, to neišvengia ir regos jutimo organas - akys.

Viena šiuolaikinių žmonių problema – išsausėjusios akys. Ašaros yra pagrindinis akis apsaugantis komponentas, kuris nuolat jas drėkina. Jos saugo ragenos jautrumą, ją maitina bei drėkina junginę. Ašarose gausu fermentų ir antikūnių, kurie kovoja su dulkių dalelėmis, bakterijomis ir virusais, patenkančiais į ašarų skystį. Ašaros išplauna svetimkūnius iš akies, bei ją drėkina. Ant akies paviršiaus susidaro ašarų plėvelė, kurią sudaro trys sluoksniai: gleivinis, vandeninis ir lipidinis. Kai akys džiūna, išgaruoja tam tikri komponentai ir ašaros pasidaro nepilnavertės, dėl to ašarų plėvelė greičiau sutrūkinėja ir ragena pradeda sausėti, džiūti. Žmogus pradeda jausti sausų akių sindromo simptomus: šviesos baimę, perštėjimą, skausmą, niežėjimą, gali netgi pablogėti regėjimas. Pagrindinės sausų akių sindromo atsiradimo priežastys sutinkamos kasdien: tai šaltas rudeniškas oras, kondicionieriai darbe, ilgas darbas prie kompiuterio, kuomet retai mirksima. Norint išvengti sausų akių sindromo, reikia dažniau mirksėti, kad akys būtų nuolat susivilgytos ašaromis. Kitas būdas - naudoti dirbtines ašaras, kurios suteikia gerą gydymo efektą. Dirbtines ašaras gali naudoti visi žmonės, net ir vaikai, amžius gali būti labai įvairus.

Pagrindinė dirbtinių ašarų funkcija – apsaugoti akių paviršių, kad jos nebūtų sausos ir pavargusios, sumažinti trintį tarp akių paviršiaus ir vokų, suteikti komfortą.

Šiame darbe išanalizuotos natūralių ašarų savybės, sausų akių sindromas, jo priežastys, gydymas. Aptarta dirbtinių ašarų nauda, tipai, naudojimas, sudėtis. Darbe analizuojant, plačiau aptariamos cheminės dirbtinių ašarų savybės, nei fizinės. Supažindinama su šviesos sugerties dėsniais, spektrais, Bugero ir Lamberto dėsniumi, šviesos lūžio dėsniumi. Taip pat išnagrinėtas spektrofotometro ir refraktometro veikimo principas. Eksperimentiniu tyrimu ištirtas įvairių tipų dirbtinių ašarų lūžio rodiklis, optinis pralaidumas bei atlikta spektrinių kreivių analizė.

### **Tikslas:**

- Išnagrinėti dirbtinių ašarų savybes, jų naudojimo ypatumus ir eksperimentiškai nustatyti optinį pralaidumą ir lūžio rodiklį.

### **Uždaviniai:**

- Išnagrinėti dirbtinių ašarų naudojimo ypatumus ir jų poveikį akies fiziologijai.
- Išnagrinėti dirbtinių ašarų fizines ir chemines savybes.
- Išnagrinėti spektrofotometro veikimo principą
- Iširti įvairių tipų dirbtinių ašarų optinį pralaidumą bei atlikti spektrinio pralaidumo kreivių analizę.
- Išnagrinėti refraktometro veikimo principą ir nustatyti įvairių tipų dirbtinių ašarų lūžio rodiklį.
- Apibendrinti gautus tyrimo duomenis.

### **Tyrimo objektas:**

- Įvairių tipų dirbtinės ašaros.

### **Tyrimo metodai:**

- Literatūros analizė, eksperimentas.

# 1. NATŪRALIOS IR DIRBTINĖS AŠAROS

## 1.1 Natūralios žmogaus ašaros

**Ašaros** – vienas ypatingų organizmo skysčių, atspindintis žmogaus emocinę būseną. Tai nėra tik paprastas skystis – jo sudedamosios dalys užtikrina nepaprastą plonos ašarų plėvelės atsparumą dulkėms, vėjui, cheminėms medžiagoms bei užtikrina akies paviršiaus sutepimą nuolat mirksint [1].

Natūralių žmogaus ašarų sudėtyje yra: vandens (apie 98%), angliavandenių, lipidų, elektrolitų, lizocino (fermento, kuris veikia kaip natūralus antibiotikas, naikina bakterijas ir virusus), baltymų (kurie užkerta kelią bakterijų augimui arba jį sulėtina), jungiančiųjų baltymų ir vitaminų.

Natūralių ašarų sudėtyje yra 98.3% vandens, 1% druskų, 0.7% proteinų ir gliukoproteinų bei kitų svarbių medžiagų, t.y. hidrokarbonatų, lipidų ir t.t. Nors tiksli jų sudėtis dar nėra iširta [2].

Ašaros – vandens, baltymų, lipidų, elektrolitų ir kitų medžiagų mišinys. Jos drėkina bei sutepa akį, mažina infekcijos riziką, išplauna nešvarumus ir sudaro sąlygas geram matymui – maitina, saugo ir lygina rageną [1].

### 1.1.1 Ašarų savybės

Ašarų plėvelė turi keletą unikalių savybių. Viena svarbiausių žmogaus ašarų savybių – **klampa**. Klampa priklauso nuo trinties greičio tūryje, skysčio judėjimo metu. Kuo didesnis trinties greitis, tuo mažesnė klampa [2]. Klampa turi būti pakankama, kad leistų ašarų plėvelei išlaikyti vientisą sluoksnį, padengiantį akies paviršių. Taip pat leistų vokams greitai, tolygiai ir nebraižant judėti akies paviršiumi [3].

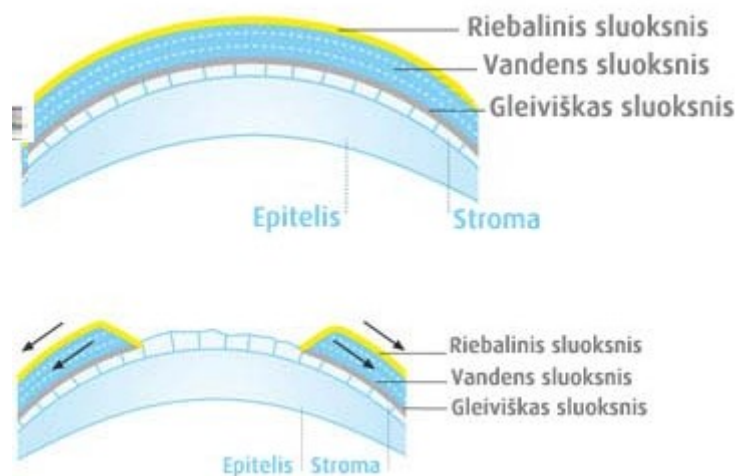
Antra savybė – **jonų sudėtis**. Kalio jonų koncentracija apie 17,0 mol/l yra svarbi ragenai. Natrio bikarbonatas yra fiziologinė buferinė sistema [2, 3].

Trečia savybė – **paviršiaus įtempimas**. Ašaros paviršiaus įtempimas minimalus 42-46 mN/m, maksimalus apie 71,5 mN/m [2]. Mažas gleivių kiekis yra reikalingas, kad būtų išlaikytas ašarų plėvelės vientisumas. Be gleivių mucino ant akies paviršiaus ašarų plėvelė yra labai nestabili [3].

### 1.1.2 Fiziologija. Ašarų plėvelė

Ašaros atlieka daugelį svarbių funkcijų: išsaugo ragenos jautrumą, drėkina junginę, maitina rageną. Jose yra fermentų ir antikūnių, kurie kovoja su dulkių dalelėmis, bakterijomis ir virusais, patenkančiais į ašarų skystį. Ašarų skystis išplauna svetimkūnius iš akies. Tam padeda mirksėjimas kas 5-10 sekundžių bei ašarų struktūra [4].

Lakrimalinė sistema susideda iš ašarų liaukų, ašarų plėvelės, kuri yra tarp junginės ir ragenos ir ašarų nutekėjimo sistemos pro nazolakrimalinį lataką į nosį. Normalus ašarų plėvelės garavimo greitis – 0,1 ml/min., o tai sudaro 8% normalių ašarų gamybos (kurios greitis 1,2 ml/min) [5]. Ašaros gaminamos ir išskiriamos dėl dviejų priežasčių: natūralaus poreikio drėkinti ir tepti akis, reikalaujančio nedidelio pastovaus kiekio ašarų, ir dėl dirginimo ar emocinės įtampos išsiskiriančio didesnio kiekio ašarų (netgi iki 300%). Norint parinkti tinkamą ašarų pakaitalą sausų akių sindromui gydyti, būtina žinoti esminius ašarų plėvelės sudėties pagrindus, savybes ir funkcijas [6]. Ašarų plėvelė yra plonesnė kaip 10µm, o tūris 7-10ml [1,3].



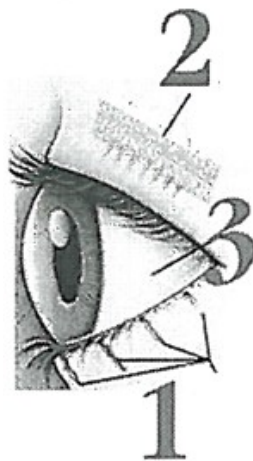
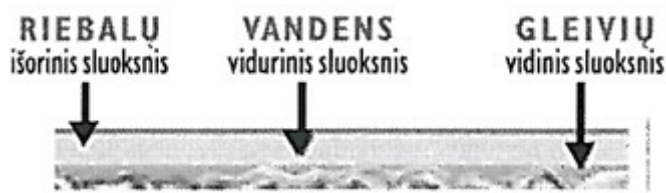
1 pav. Trys ašarų plėvelės sluoksniai. Ašarų plėvelės sandara [7].

Ašaros yra svarbios, nes jos sudaro patį viršutinį akies sluoksnį (1 pav). Šis sluoksnis atlieka keletą funkcijų. Ašarų plėvelė atlieka dalį šviesos fokusavimo akyje, drėkina akį, išsaugodama ją drėgną ir glotnią. **Ašarų plėvelė yra sudaryta iš trijų sluoksnių** (1 pav), kurie atlieka skirtingas užduotis:

- **Vidinis sluoksnis** (mucino). Tai ploniausias ašarų plėvelės sluoksnis. Jį sudaro gleivės, esančios greta ragenos. 30-35µm storio gelis, gaminamas konjunktyvos. Dėl gleivinio sluoksnio ašarų plėvelė tolygiai pasiskirsto akies paviršiuje ir taip ji užtikrina akių drėgnumą [8];
- **Vidurinis sluoksnis** (lot. *aqueous*). Tai vandeninis sluoksnis. Jis yra pats svarbiausias ir storiausias (0,6-1,0 µm) ašarų plėvelės sluoksnis. Sudarytas iš 98% vandens ir 2% kietųjų medžiagų (druskų, baltymų ir t.t.). Vandenių sluoksnį gamina ašarų liaukos, kurios yra po viršutiniu voku. Šis sluoksnis plauna, drėkina ir sutepa rageną, palaiko akies paviršiaus pH ir aprūpina ją deguonimi bei kitomis svarbiomis maistingomis medžiagomis. Šio sluoksnio pagrindą sudaro vanduo [1, 2, 6].
- **Išorinis sluoksnis**. Tai riebalinis (lipidinis) sluoksnis. Šis sluoksnis trukdo ašaroms nubėgti per vokų kraštą iš akies ir išgaruoti. Šį sluoksnį gamina voko kraštuose esančios Meibomo ir Zeiso liaukos. Lipidinio sluoksnio funkcijos yra: pagerinti optines ašarų plėvelės savybes, išlaikyti barjerą (lipidinę juostelę), apsaugoti nuo ašarų tekėjimo per vokų kraštą ir garavimą, sutepti voko/akies paviršių [8,9].

Esant didesniam atviram akies paviršiaus plotui, didesnis ašarų kiekis nugaruoja. Taip pat, jei mirksima rečiau, akies atviras paviršius išdžiūsta greičiau. Tai yra susiję su ašarų plėvele – specialios sudėties drėgnu apvalkalu, dengiančiu akies obuolio, vokų junginės ir ragenos paviršių, besilaikančiu vertikaliai, be pastebimo gravitacinės jėgos poveikio. Storiausia ašarų plėvelė būna iškart po mirkstelėjimo. Garuojant ašaroms, ji plonėja, kol atsiranda „duobė“ ragenos paviršiuje – plotas nepadengtas ašarų plėvele (1 pav.) [2].

Trys ašarų skysčio elementai yra gaminami ašarų liaukose, kurios yra išoriniame antakio krašte (2), kaulinėje duobutėje (3) ir mažose liaukutėse (1), esančiose junginėje ir voko krašte (2 pav).



2 pav. Ašarų gamybos taškai [1].

**Ašarų plėvelė** – skaidrus akies paviršių drėkinantis dangalas, kuris ne tik užtikrina tolygų optinį akies paviršių, bet ir turi antimikrobinių savybių. Ašarų plėvelė yra dinamiška struktūra, t.y. atsinaujina kiekvieną kartą sumirksėjus. Normaliomis sąlygomis žmogus mirksi refleksyviai, apie tai negalvodamas.

**Ašarų plėvelės sandara:**

- išorinis lipidinis sluoksnis, saugantis vandeninį sluoksnį nuo pernelyg greito išgaravimo;
- vidurinis vandeninis sluoksnis, plaunantis ragenos paviršių, padarydamas jį lygų ir optiškai kokybišką;
- vidinis mucino sluoksnis, kuris sukibdamas su ragenos epitelio gaureliais, padeda stabilizuoti ašarų plėvelę.

**Ašarų plėvelės funkcijos:**

- palaiko drėgmę, būtina ragenos ir junginės epitelinėms ląstelėms;
- padaro ragenos paviršių nepriekaištingai lygų ir optiškai skaidrų;
- aprūpina deguonimi rageną;
- dalyvauja ragenos mitybos ir apykaitos produktų šalinimo procesuose;

- mirksint sudrėkina vokus, kurie dėl to gali lengvai slysti akies obuolio paviršiumi [10].

## 1.2 Sausų akių sindromas

Oftalmologai atkreipia dėmesį, kad daugėja žmonių, kurie skundžiasi akių perštėjimu, nuovargiu, kontaktinių lęšių netoleravimu. Dažniausia priežastis – sausos akys. Jei neieškoma pagalbos, pasėkmės gali būti rimtos.

Sausų akių sindromas – tai būklė, kai dėl nepakankamos ar nepastovios ašarų plėvelės gamybos išsivysto akies sausumo simptomai. Tai viena iš dažniausių akių ligų ir ji tampa vis dažnesnė. Moterims ji pasitaiko daug dažniau, negu vyrams. Dažniausiai ši būklė pirmą kartą išsivysto 40-60 metų amžiaus asmenims [7].

### 1.2.1 Sausos akies samprata

**Sausa akis** – vienas didžiausių nusiskundimų kasdienėje oftalmologo praktikoje. Sausų akių sindromas yra terminas, apibūdinantis grupę ligų, kurias sukelia neadekvatus akies ragenos ir junginės drėkinimas ašarų plėvele. Milijonai žmonių visame pasaulyje kenčia nuo sausų akių sindromo, kuris yra viena dažniausių akių ligų [11].

„Sausos akys“ – tai būklė, kuomet akys negamina pakankamai ašarų, arba ašarų sudėtis yra pakitusi. Pacientai, kuriems pasireiškia sausų akių sindromas, skundžiasi perštėjimu arba „smėlio“ jautimu akyse, deginimu, akių pavargimu, fotofobija, neryškiu matymu, akių paraudimu, skausmu ir sunkumu judinat vokus [12].

Nacionalinis akių institutas patvirtino sausos akies apibrėžimą: tai – **ašarų plėvelės stabilumo sutrikimas, dėl kurio pažeidžiamas akies obuolio paviršius**. Esant sausai akiai sutrinka pusiausvyra tarp akies obuolio paviršiaus ir ašarų plėvelės. Ašarų plėvelės nestabilumas gali būti suprantamas, kaip nepakankama ašarų gamyba arba ašarų plėvelės kokybė, dėl to ašaros greičiau išgaruoja ir išdžiūva akies paviršius. Dažnai abi šios patologinės būklės pasireiškia kartu.

Sausos akies gydymo metodai per paskutinį dešimtmetį taip pat pakito: dabar svarbu yra ne ašarų kiekis, bet kokybė. Antikos laikais sudirgintos akys buvo drėkinamos kiaušinio baltymu, seilėmis. Pirmieji mokslu pagrįsti bandymai gydyti sausą akį aprašomi 1894 m. – gydymui rekomenduojamas izotoninis natrio chlorido tirpalas. Vėliau į šį tirpalą buvo pridėdama mucino, želatinos, celiuliozės, siekiant sutirštinti ašarų pakaitalus, kad ilgiau ir stabiliau laikytųsi ant akies paviršiaus, bei vitaminų, kurie skatintų erozijų gijimą.

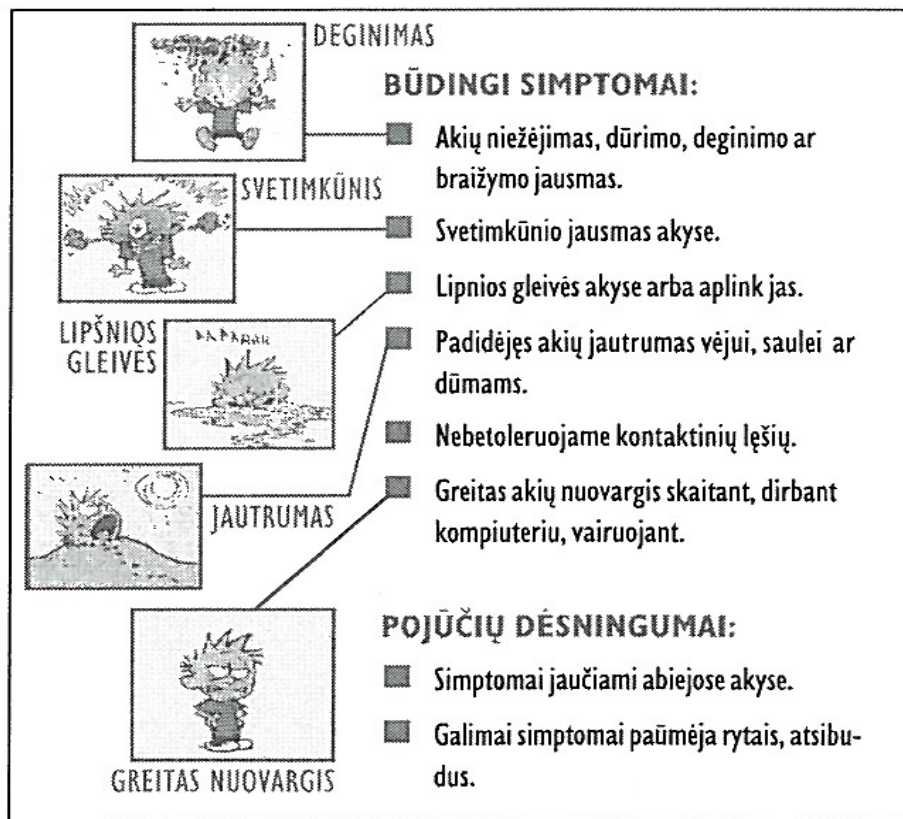
Apie 1980 m. nustačius žalingą akių lašų konservantų poveikį akies obuolio paviršiui, buvo sukurtos dirbtinės ašaros be konservantų [2].

### **1.2.2 Sausų akių sindromo priežastys**

Sausų akių sindromas kyla, kai žmogaus akys dėl ašarų plėvelės sutrikimo yra nepakankamai drėkinamos (3 pav.). Akių drėkinamasis sluoksnis – ašarų plėvelė, saugo akis nuo įvairių infekcijų. Ragenoje atsiradus sausai vietai, akys iš karto reaguoja lyg į svetimkūnį – parausta, bijo šviesos, peršti. Tai reiškia, kad žmogaus akys yra nepakankamai drėkinamos būtent dėl ašarų plėvelės sutrikimo – nepakankamo drėgmės kiekio [1].

#### **Sausų akių sindromas sukelia šiuos simptomus:**

- akių sausumą,
- smėlio jutimą akyse,
- akių spaudimą,
- deginimą,
- akių nuovargį,
- akių ašarojimą,
- jautrumą šviesai,
- diskomfortą, neryškų matymą,
- diskomfortą, nešiojant kontaktinius lęšius.



3 pav. Sausų akių simptomai [1].

#### Sausų akių sindromo priežastys:

- šildymo sezono metu, įvairūs šildytuvai džiovina orą, todėl patalpoje jis būna nenatūraliai sausas ir normali akies drėgmė sutrinka;
- vairuojant automobilį dažnai naudojamos oro kondicionavimo sistemos. Jos džiovina orą, o jei kelionė ilga, akys tampa visiškai sausos, gali parausti ar imti perštėti;
- darbas kompiuteriu, t.y. monitoriaus ekrano spinduliavimas, retesnis mirksėjimas džiovina akį. Sutrinkdoma ašarų plėvelės struktūra, akys rausta;
- skrendant lėktuve, kuriame cirkuliuojantis sausas oras džiovina akis;
- padidėjęs ašarojimas lauke, kai yra vėjuota. Tai būna todėl, kad sutrinka pusiausvyra tarp trijų ašarų komponentų – gaminama daugiau ašarų skysčio, mažiau aliejinio komponento. Ašaros nesilaiko akyje, o teka per skruostus, ragena ir junginės mažai drėkinamos. Nors bėga ašaros, bet pačios akys yra sausos;
- senstant sumažėjusi ašarų gamyba;
- hormoniniai pokyčiai (menopauzė);

- nervų paralyžius po insulto;
- vartojimas medikamentų, kurie mažina ašarų gamybą (beta-blokatoriai, kontraceptiniai vaistai, raminamieji ir migdomieji);
- blogas maitinimasis.

Sausų akių sindromu dažniau serga moterys, nes tai susiję su hormonų pokyčiais – nėštumas, menstruacijos, žindymas, kontraceptikų vartojimas, menopauzė. Vyrus sausų akių sindromas vargina daug rečiau, nes jų akis saugo vyriškas hormonas androgenas. Akių sausumą patiria ir žmonės, kurie nešioja kontaktinius lęšius. Maždaug 50% nešiotųjų, skundžiasi sausų akių sindromui būdingais požymiais.

Pagal Dr. G.M. Petkūnienę (2005) išskiriamos šios sausų akių sindromo atsiradimo priežastys:

- **Sumažėjusi ašarų gamyba** (hiperevaporacijos). Ašarų trūkumas dėl nepakankamos jos gamybos. Autorė teigia, kad dažniausia sausų akių priežastis yra nepakankama vandeninio ašarų plėvelės komponento gamyba ašarų liaukose. Paprastai ašarų gamyba sumažėja dėl šių liaukų infiltracijos limfocitais, sergant įvairiomis autoimuninėmis ligomis (pirminiu Sjogreno sindromu, reumatoidiniu artritu, sisteminė raudonąja vilklige, sklerodermija ir kt.). Taip pat sumažėjusią vandeninio ašarų sluoksnio sekreciją gali sąlygoti vyresnis amžius, hormonų pokyčiai (ypač moterims po menopauzės), kai kurie vaistai: antihistaminai, dekongestantai, antidepresantai, beta blokatoriai, geriamieji kontraceptikai, migdomieji, opiatai, akių lašų konservantai.
- **Perteklinis ašarų išgaravimas (hiposekrecija)**. Ašarų trūkumas dėl pagreitėjusio išgaravimo. Mirksėdami vokai paskirsto ašarų plėvelę visame akies paviršiuje, todėl normalus mirksėjimas yra būtinas sveikam ragenos ir junginės paviršiui palaikyti. Anot Petkūnienės (2005), kai vokai neužsimerkia (dėl anatominių, funkcinių pokyčių) ar mirksime rečiau nei įprastai (sukaupus dėmesį skaitant, žiūrint televizorių, dirbant kompiuteriu), ašaros greičiau išgaruoja ir akis pradeda džiūti.
- **Sutrikus gleivių ar lipidų gamybai**. Ašarų plėvelė nuolat dengia sveiką akį. Sumirksėjus ji lieka stabili, nes nuo vieno iki kito mirkstelėjimo nespėja išdžiūti [13].

### 1.2.3 Sausų akių gydymas

Jeigu yra akių sausumo simptomai, reikia kreiptis į akių gydytoją, kuris padės nustatyti ligą ir paskirs reikiamą gydymą. Akis tiriama plyšine lempa biomikroskopuojant. Dirbtinės ašaros, akių lašų pavidalu, žmonėms su akių sausėjimu dažnai yra pagrindinis gydymo elementas. Gydymo tikslas yra papildyti ašaras ir taip pasiekti, kad akis pasijustu geriau. Taip pat jos sustabdo priekinės akies dalies pakenkimus, kurie atsiranda dėl ilgesnio akies sausumo.

#### **Akių sausumui gydyti yra keletas būdų:**

- Išsaugoti esamą ašarų srautą.
- Naudoti dirbtines ašaras.
- Sumažinanti ašarų išsekimą.

**Norint palengvinti akių sausumo simptomus ir išvengti ligos progresavimo, reikia:**

- įsitikinti, ar pakankamai drėgnas oras,
- vėdinti namus keletą kartų per dieną,
- dažnai eiti pasivaikščioti gryname ore,
- saugotis tiesioginio vėjo į veidą pro mašinos langą,
- atsisakyti alkoholio ir rūkymo,
- gerti pakankamai skysčių (2 litrus per dieną),
- reguliariai tikrintis regėjimą.

Žmonėms, kuriems yra sausų akių sindromas, ašarų funkcijos sutrikimą galima palengvinti, bet ne išgydyti.

Yra **3 pagrindiniai gydymo tikslai**, taikomi visiems pacientams, sergantiems sausų akių sindromu:

- atpažinti ir gydyti net ir lengviausią ligą ar būklę, kuri gali sunkinti pacientų akių ligos simptomus;
- apsaugoti akių paviršių nuo galimų sužeidimų;
- panaikinti arba labai sumažinti jaučiamą diskomfortą [14].

### 1.3 Dirbtinės ašaros

Tiems, kurie skundžiasi sausomis akimis, gydytojai pirmiausia pataria kuo dažniau mirksėti, kad akys būtų drėkinamos natūraliai. Tą ypač reikėtų priminti vaikams. Tačiau taip pat vertėtų drėkinti akis dirbtiniu būdu – natūralių ašarų sudėtį atitinkančiais akių lašukais, vadinamosiomis dirbtinėmis ašaromis. Dirbtinės ašaros veikia panašiai kaip natūralios ir vartojamos, kai akys jų gamina per mažai ir dėl to džiūsta. Jų sudėtis labai artima natūralioms ašaroms.

Dirbtinės ašaros gaminamos šiek tiek glitnesnės, netgi tepalo konsistencijos, kad ilgiau veiktų. Dirbtinės ašaros - tai pagalba akims, o ne vaistas ligai gydyti. Jos naudojamos, kai akis išsausėja, kai sausos akies sindromas labiau progresuoja, kai atsiranda sausų plotelių ragenoje. Dirbtinės ašaros naudojamos gydymui, kai natūraliai žmogaus akis nepagamina reikiamo kiekio ašarų.

Dirbtinių ašarų nereikėtų painioti su vaistinėmis medžiagomis, kurios sutraukia akies kraujagysles. Esant paraudusiai, perštinčiai akiai, daugelis žmonių vartoja preparatus nuo raudonų akių, kurie sumažina akies paraudimą. Tačiau tai nėra dirbtinės ašaros, bet vaistai, kurie, sutraukdami kraujagysles, neretai tik užmaskuoja simptomus [15].

**Dirbtinių ašarų naudojimo tikslas** – imituoti natūralių ašarų plėvelę, ar bent vieną iš trijų sluoksnių, kai natūralių ašarų trūksta.

Dirbtinės ašaros gali būti lašinamos į akis kelis kartus per dieną, siekiant padėti sumažinti ligos simptomus.

Priklausomai nuo paciento būklės sunkumo ir dirbtinių ašarų tirpalų parametrų, akių lašus galima lašinti kas pusvalandį arba tik du kartus per dieną. Dirbtinės ašaros regėjimo aštrumui įtakos nedaro, nes sudėtis panaši į natūralių ašarų.

#### 1.3.1 Dirbtinių ašarų tipai ir naudojimas

##### **Ašarų tipai:**

- **Lašai**

Yra labai daug dirbtinių ašarų rūšių. Kai kurios rūšys vieniems žmonėms tinka labiau negu kitiems. Dažnai gydytojas siūlo skirtingų rūšių lašų rinkinį pabandyti. Dažnai paprašoma skirtingus lašus vartoti mėnesį, kad pajauti, kurie duoda geriausią rezultatą. Dirbtinės ašaros vaistinėse ir optikose parduodamos be recepto.

- **Geliai**

Tai eilė produktų, kurie panašūs į lašus, bet pagaminti iš kitokių medžiagų. Šie geliai tarnauja ilgiau, taigi kartais yra naudingesni. Jie atlieka tas pačias funkcijas kaip ir įprasti lašai, bet paprastai neturi būti naudojami taip dažniai, kaip lašai.

- **Kremai**

Kremas naudojamas tikslu padėti išsaugoti ašaras ir drėkinti akį. Kremai ypač naudingi vartojant juos nakties metu. Jie naudojami naktį, nes yra gana lipnūs ir trukdytų regėjimui dienos metu, bet miegant tai nėra svarbu. Jie gali būti naudingi, nes kartais, miegant akys nebūna visiškai užmerktos. Tai reiškia, jog ašaros turi galimybę išgaruoti. Tada atsibudus akys gali būti labai sausos. Kremai užkerta tam kelią ir akys ryte jaučiasi geriau.

Geriausiai ligoniai toleruoja tirpalus, nes jie, kitaip nei geliai ar kremai, įlašinti į akis visiškai netrikdo regėjimo. Ne tik savo pavidalu, bet ir sudėtimi dirbtinės ašaros turėtų būti kuo panašesnės į žmogaus ašaras. Idealus ašarų pakaitalas turėtų didinti ašarų tūrį, būti suderinamas su visais trimis ašarų plėvelės sluoksniais, tiekti trūkstamus ašarų plėvelės komponentus, nekenkti ragenai, atitikti ašarų pH, klampumą. Dirbtinių ašarų formulės nuolat tobulinamos, atsižvelgiant į šiuos reikalavimus. Didelis dėmesys kreipiamas į konservantus, esančius jų sudėtyje, nes kai kurie jų (pvz., benzalkonio chloridas) turi ragenos paviršių žalojantį poveikį ir gali būti toksiški ragenos epitelio ląstelėms. Vienas saugiausių ir nedirginantis konservantas – polikvodus, kuris naudojamas keliuose dirbtinių ašarų preparatuose – Tears Naturale, Systane ir OptiTears [13].

Yra pagrindinės taisyklės, kaip taisyklingai įlašinti dirbtines ašaras (4 pav):

- nusiplauti rankas,
- patogiai atsisėsti, atsigulti ant nugaros, atsistoti prieš veidrodį,
- prieš vartojant buteliuką gerai pakratyti,
- atsukti apsauginį buteliuko dangtelį, buteliuko galiuko liesti negalima, kad į ašaras nepatektų mikroorganizmų,
- reikia truputi atlošti galvą atgal, buteliuką laikyti virš akių,
- apatinio voko kraštą patraukti žemyn ir žiūrėti į lubas,
- įlašinti paskirtą lašų skaičių į akį,
- kelis kartus pamirskėti, kad lašai padengtų visą akies paviršių,
- užsukti buteliuką [16].



4 pav. Taisyklės, kaip lašinti dirbtines ašaras į akis [16].

Negalima vartoti dirbtinių ašarų, jei žmogus alergiškas bet kuriai sudedamajai ašarų daliai. Taip pat tirpalo vartoti negalima, jeigu ant pakuotės nurodytas tinkamumo laikas pasibaigęs. Ašaras būtina laikyti kambario temperatūroje.

Dirbtinių ašarų savybės yra panašios į tikrų ašarų, todėl regėjimo aštrumas nekinta. Pacientai, kurių ligos simptomai maži ar vidutiniai, naudoja dirbtines ašaras. Jei simptomai sunkesni, tokie ligoniai gydomi klampesniais produktais, pvz., geliais ir tepalais, nes tokios vaisto formos ilgiau išsilaiko akyje.

Sausų akių gydymas priklauso nuo ligos sunkumo ir priežasties.

Nors pasirinkimas didelis, tačiau nėra aiškių principų, kurias dirbtines ašaras rinktis.

Pasak gydytojo S. Kušleikos yra trys sausų akių sunkumo laipsniai:

- Pirmasis ligos laipsnis. Paraudusios akys yra dažniausias sausų akių sindromo požymis, neišnykstantis ir kitų laipsnių ligos metu. Pirmojo laipsnio ligos metu pacientai gali jausti deginimą ir gėlimą, tačiau šie simptomai dažniausiai būna nestiprūs. Tokie ligoniai dažniausiai efektyviai gydomi dirbtinių ašarų pakaitalais, vartojamais keturis kartus per dieną arba rečiau.
- Antrasis ligos laipsnis. Pacientams būdinga nestipri ar vidutinė pastovi simptomatika. Paprastai jiems jau reikalinga dažnesnė dirbtinių ašarų instiliacija, nuo dviejų iki šešių kartų, ar ilgalaikio veikimo dirbtinių ašarų intarpai. Tokiu atveju tiktų išorinės pagalbinės priemonės, pavyzdžiui drėkintuvai, garintuvai, ir galbūt, ašarų akučių okliuzija.
- Trečiasis ligos laipsnis. Pacientams pasireiškia sunkiausi sausų akių sindromo simptomai: stiprus diskomfortas arba net visiška negalia. Gydoma panašiai kaip ir vidutinio sunkumo sausų akių sindromas. Jeigu

gydymas nesėkmingas ar būklė labai sunki, reikia stengtis tikrąsias ašaras išsaugoti mechaninėmis priemonėmis. Dažniausiai taikoma ašarų akučių okliuzija. Ji gali būti laikina arba pastovi priklausomai nuo naudojimo technikos. Labai komplikuotais ir sunkiais atvejais atliekama lateralinė tarsorafija [11].

Dirbtinės ašaros naudojamos ir tais atvejais, kai pasireiškia diskomforto jausmas akyse, o gydytojas, apžiūrėjęs akis, neranda jokių objektyvių priežasčių - nėra uždegimo, opos, epitelio pažeidimo, nubrozdinimo ar ko nors panašaus. Gali būti nestabili ašarų plėvelė arba pradinis sausos akies požymis. Šiuo atveju lašinamos dirbtinės ašaros atnaujina traukos jėgas bei normalią ašarų plėvelės būklę [15].

### 1.3.2. Dirbtinių ašarų sudėtis

Daugelis dirbtinių ašarų sukurtos kaip akių lašai sausoms, pavargusioms akims arba kaip drėkinamieji akių lašai. Juos galima pavadinti ašarų pakaitalais. Jie skiriasi sudėtimi ir veiklosiomis medžiagomis.

Dirbtinių ašarų sudėtis turėtų būti panaši į natūralių žmogaus ašarų sudėtį. Ašarų pakaitalai turėtų mažinti osmoliariškumą, didinti ašarų tūrį, derėti su visais trimis ašarų plėvelės sluoksniais, tiekti trūkstamus ašarų plėvelės komponentus, atitikti ašarų pH, klampumą, pakeisti trūkstamus ašarų plėvelės komponentus. Ašarų pakaitalai neturėtų erzinti ragenos.

Kadangi natūralių ašarų struktūra yra sudėtinga, pagal A.M. Inkėniene, R. Klimą, A. Gendrolį [2], idealus dirbtinių ašarų pakaitalas turėtų atitikti tokias charakteristikas:

- Elektrolitai. Elektrolitų sudėtis ir panaši koncentracija: natris, kalis, kalcis ir bikarbonatas.
- Osmoliariškumas – tarp 200-280 mOsm/l, kad kompensuotų ašarų plėvelės osmosinį slėgį pacientams.
- pH reikšmė nuo 7,4 iki 7,7.
- Klampa paprastai esti iki 20 mPa·s. Tokios klamos pakaitalas atitinka natūralių ašarų savybes.
- Neturi būti toksiškas. Etilendiaminotetra-acto rūgštis, kaip pagalbini medžiaga – stabilizatorius akių lašuose gali pažeisti ragenos epitelio ląsteles.

- Be konservantų. Benzalkonio chloridas gali būti toksiškas rageniniam epiteliui netgi žemesnės koncentracijos negu daugelio pagamintų dirbtinių ašarų. Kitas konservantas – polikvaternis-1 (polyquaternium -1) nepasižymi toksiškumu ragenai ir gali būti tinkamesnis. Tai, kad dirbtinėse ašarose nėra konservantų, leidžia dažną instiliavimą į akis, o tai duoda gerus rezultatus, ypač esant ūminiam „sausų akių“ atvejui [2, 6, 8].

Dirbtinių ašarų sudėtį galima apibūdinti pagal jų sudėtyje esančias medžiagas:

- Vanduo – sudaro 97-99% dirbtinių ašarų tūrio.
- Druskų tirpalai – subalansuoti elektrolitų tirpalai, sukuriantys tirpale osmosinį slėgį.
- Glicerolis, monosacharidų, disacharidų tirpalai:
  - Glicerolis naudojamas kaip drėkiklis.
  - Sacharozė, kuri veikia akies ašarų plėvelės paviršiaus įtempimą.
  - Dekstrozė – reguliuoja osmoliariškumą akių lašuose.
  - Sorbitolis, naudojamas kaip klampą didinantis drėkiklis.
- Manitolis atlieka sutepėjo funkcijas [2, 18].
- Polisacharidai. Gleivės - suteikia akių ašaroms reikiamą klampą, užtikrina ašarų plėvelės adsorbciją prie ragenos epitelio, sukuria paviršiaus įtempimą ir dalį osmosinio slėgio. Dirbtinėse ašarose šią funkciją atlieka: Metilceliuliozės, Hidroksietilceliuliozės, Hidroksipropilceliuliozės, Hidroksipropilmetilceliuliozė, Karboksietilceliuliozė, Alginatai, Dekstronai, Mukopolisacharidai.
- Sintetiniai polimerai – užtikrina onkotinį slėgį, paviršiaus įtempimą, adsorbciją ant akies paviršiaus epitelio:
  - Vanilo dariniai – polivinilinis alkoholio tirpalas, turi puikių sutepančių ir drėkinančių savybių, atitinka normalių ašarų paviršiaus įtempimą.
  - Polivinilpirolidonas – turi paviršiui aktyvių savybių, suformuoja dirbtinį sluoksnį, vartojamas akių sausumui gydyti. Naudojamas kaip drėkinantis komponentas

- Poliakrilinės rūgšties dariniai – pasižymintys ilgalaikiu veikimu, užtikrina ašarų plėvelės išsilaikymą ant akies reikiamą laiką ir skatina epitelio gijimą.
- Etilenglikolio dariniai – suteikia klampą ir turi nejoninio surfaktanto savybių.
- Polisorbatai – tai nejoniniai surfaktantai, kurie veikia paviršiaus įtempimą.
- Želatina – izosmotinis tirpalas, kuris turi paviršinio aktyvumo savybių.
- Lipidai – suteikia klampą ir drėkinimą, keičia ašarų plėvelės lipidinį sluoksnį. Įtraukti cholesterolio esteriai, alkoholio dariniai, parafinas, vazelinas, lanolinas [2].

### **Pagalbinės medžiagos.**

Vanduo yra pagrindinė dirbtinių ašarų sudedamoji dalis. Bet dar yra keletas medžiagų, kurios naudojamos ašarų gamybai ir sustiprina komforto pojūtį akyse. Tai yra: dekstrozė, natrio laktatas, natrio citratas, glutationas, bikarbonatai - būtini jungtinės epiteliumi, kalis – reikalingas normalizuoti lakrimocitų sekrecijai, vitaminas A – aktyvuoja ašarų sekreciją, jo esama natūraliose ašarose, vitaminas C, vitaminas B<sub>12</sub> – randamas ir natūraliose ašarose, vitaminas E, hormonai, antiseptikai ir antibiotikai, mukolitikai, karbomeras – didina gelio klampumą ir ilgina jo kontakto su akimis laiką, todėl mažėja akių dirginimas.

Šiuolaikinėje vaistų technologijoje dirbtinės ašaros pačios turi fizinių ir cheminių savybių, kurių dėka, priklausomai nuo gydančio ingrediento prigimties ir sąlygų, geba daugiau ar mažiau sąveikauti su preparatu ir su išorine aplinka. Pagalbinės medžiagos gali pagreitinti arba sulėtinti veikliosios medžiagos pasisavinimą, slopinti ir aktyvinti jų veikimą. Visa tai gali būti įtraukta į dirbtinių ašarų receptūrą: buferinės sistemos, konservantai, vitaminai, antiseptikai ir antibiotikai, hipersekretikai, mukolitikai ir mukosekretikai [2].

**Buferinės sistemos:** buferiai išlaiko ašarų pH akies viduje ir padeda išvengti akių lašų nuosėdų ir pažeidimo. Normalių ašarų pH yra 7,4. Fiziologinis ašarų buferis yra bikarbonatai. pH taip pat reguliuoja proteinais, fosfatais, amoniakas ir kt. Labai svarbus dirbtinių ašarų atitinkamas pH rodmuo, nes nuo jo priklauso daugelis fizinių (absorbicija, klampa, paviršiaus įtempimas) ir cheminių savybių. Suregulioti pH gali HCl ir NaOH. Pavyzdžiui, karbomerų tirpalai turi rūgštinių savybių, ir pH padidinamas NaOH [17].

**Konservantai.** Beveik visose dirbtinėse ašorose vartojamų medikamentų sudėtyje yra konservantų, kurie stabdo bakterijų augimą. Naudojant konservantus galima gaminti daugiadozius preparatus. Tačiau keletas konservantų turi ragenos paviršių žalojančią poveikį ir įvairiu lygiu yra toksiški epitelinėms ląstelėms. Gali suardyti lipidinį ašarų plėvelės sluoksnį, dėl to ašarų plėvelė pasidarytų dar labiau nestabili, o tai yra akių paviršiaus ligų priežastis. Toks veikimas sustiprėja tais atvejais, kai preparatai vartojami ilgą laiką. Jeigu gydymas skiriamas trumpai, šis nepageidautinas poveikis gali ir nepasireikšti [3].

Dirbtinėse ašorose dažniausiai naudojami konservantai:

- Benzalkonio chloridas – tai dažniausiai naudojamas konservantas, yra toksiškas ragenos endoteliui, o koncentracija 0,005% jau didina ragenos pralaidumą [2].
- Cetrimonio chloridas – tai ketvirtinio amonio druskos, kurios turi suderintą antiseptinių ir paviršinio aktyvumo savybių [2, 18].
- Natrio perboratas – laikinas konservantas, nes jis virsta vandeniui, rastas Aquify dirbtinėse ašorose. Jis kartu su vandeniu tampa vandenilio peroksidu, kuris yra veiksminga antimikrobinė medžiaga [2].
- Dinatrio edetatas konservantas – kalcio ir magnio jonai, kurie yra atsakingi už polisacharidų mikrobinių lastelių membranų skirstymą [2].
- Purite – naujos kartos konservantas, kuris užlašintas ant ašarų plėvelės iš karto suskyla į natūralius ašarų komponentus. Purite yra saugus visų rūšių kontaktiniams lęšiams [2].

### 1.3.3. Dirbtinių ašarų parametrai ir jų reikšmė

Dirbtinių ašarų veikimo mechanizmą nulemiančios fizinės savybės yra:

- osmosinis slėgis,
- paviršiaus įtempimas,
- klampa.

Be šių parametrų didelės įtakos turi pH formos, konservantai ir kitos pagalbinės medžiagos.

**Osmosinis slėgis.** Tirpalų osmosinis slėgis išreiškiamas osmoliariškumu. Osmoliariškumas yra ištirpusių miliosmolių kiekis viename litre tirpiklio (mOsm/l) ir išmatuojamas osmometrais. Apskaičiuojamas pagal išmatuotą osmoliariškumą ir išreiškiamas

miliosmoliais vienam litrui tirpiklio. Žmogaus serumo osmosinis slėgis yra prilyginamas natrio chlorido 0,9% tirpalo osmoliariškumui ir yra lygus 290 mOsm/l. Žmogaus ašarų plėvelės yra 305-310 mOsm/l. Dirbtinių ašarų osmoliariškumas yra tarp 200-280 mOsm/l – kad kompensuotų ašarų plėvelės osmosinį slėgį pacientams. Pacientai, kenčiantys dėl akių sausumo, kurio priežastis yra vandens stygius ašarų sudėtyje, geriau toleruoja preparatus, kurie yra hiposmosiniai (150 mOsm/l), negu izosmosinius [2].

**Paviršiaus įtempimas.** Vandens paviršiaus įtempimas esant temperatūrai 32°C (ragenos paviršiaus temperatūra) yra 70,85 dyn/cm; natūralių ašarų in vitro 40 – 45 dyn/cm, natūralių ašarų in situ 38 dyn/cm. Natūralių ašarų komponentai – glikoproteinai ir riebiųjų rūgščių esteriai užtikrina normalų paviršiaus įtempimą 38 dyn/cm. Dirbtinėse ašarose šią funkciją atlieka nejoninės aktyvumo medžiagos: polivinilinis alkoholis, polivinilpirolidonas, macrogoliai, poloksamerai, tiloksapolis, lecitinas (Tear Gard). Joniniai surfaktantai – tai katijoninės paviršinio aktyvumo medžiagos. Pagrindinė konservanto funkcija: benzalkonio chloridas ir cetrimidas (Artelac). Kiti ingredientai ašarų pakaitaluose taip pat turi paviršinio aktyvumo savybių: žemo molekulinio svorio alkoholiai – glicerolis (Moisture Drops), sacharozė ir kiti drėkikliai [2, 18].

**Klampa.** Natūralių ašarų klampa 32-33 °C temperatūrai (ragenos paviršiaus ir ašarų plėvelės temperatūra) yra 0,9-2 mPa·s. Dirbtinių ašarų vaistų formų klampa: Isopto-Naturale 5-15 mPa·s, Liquifilm 3-5 mPa·s, Artelac 10 mPa·s, Oculotect 12 mPa·s, Tears Naturale II, Tears Naturale Free ir Tears Plus 3-5 mPa·s, Tears Naturale 5-15 mPa·s, Lacrigel 160-240 mPa·s, Celluvisc 175-500 mPa·s, Vidisic Gel 4500 mPa·s [2, 17].

## 2. ABSORBCINĖ SPEKTROSKOPIJA

### 2.1 Elektromagnetinių bangų spektras

Energijos srautas, judantis nuo Saulės link mūsų šviesos greičiu – elektromagnetinė spinduliuotė arba šviesa. Nešamą energijos kiekį lemia bangos ilgis, dažnis – kuo mažesnis bangos ilgis, tuo didesnė energija. Saulės spinduliuojama šviesa – tai elektromagnetinės bangos [18].

Mus supančioje aplinkoje gausu elektromagnetinių bangų. Jas skleidžia elektros perdavimo linijos, radijo ir televizijos stotys, mobilieji telefonai, lazeriai, rentgeno aparatai ir kiti prietaisai. Žinomų elektromagnetinių bangų dažnis kinta nuo 3 Hz iki  $10^{22}$  Hz. Ši dažnių diapazoną atitinka elektromagnetinės bangos, kurių ilgis yra nuo  $10^{-14}$  m iki  $10^8$  m. Visos žinomos elektromagnetinės bangos nuo ilgiausių (šimtų tūkstančių kilometrų) iki trumpiausių sudaro elektromagnetinių bangų skalę.

Pagal bangų ilgį ir dažnį elektromagnetinių bangų skalė skirstoma į aštuonias sritis (5 pav):

- **Žemojo dažnio bangos** – spinduliuoja standartinio dažnio kintamoji elektros srovė, tekėdama elektros perdavimo linijų laidais.
- **Radijo bango** – skleidžia taip pat kintamoji elektros srovė. Kadangi šių bangų dažnis aukštesnis negu žemojo dažnio bangų, tai jos turi daugiau energijos ir naudojamos informacijai perduoti.
- **Mikrobangos** – naudojamos kosminiam ryšiui palaikyti, tai pat buitinėse mikrobangų krosnelėse.
- **Infraraudonoji spinduliuotė** – sukelia kūno molekulių svyravimas, sukimasis. Ją skleidžia įkaitę kūnai, kurių molekulės juda intensyviai. Todėl infraraudonoji spinduliuotė dar vadinama šilumine. Žmogaus oda jaučia šią spinduliuotę. Ji sukelia šilumos pojūtį. Infraraudonoji spinduliuotė naudojama televizoriams, vaizdo leistuvams, garso grotuvams ir kitiems elektroniniams prietaisams valdyti per atstumą.
- **Regimoji spinduliuotė (matoma šviesa)** – turi įtaką cheminėms reakcijoms. Regimąją spinduliuotę registruoja žmonių ir gyvūnų akys, fotoelementai, fotografinis filmas. Žmogaus akis jautriausia regimajai spinduliuotei, kurios bangos ilgis 560 nm (žalia spalva). Skirtingo dažnio (ilgio) regimoji spinduliuotė, veikdama žmogaus akies tinklainę, sukelia skirtingos spalvos pojūtį: raudonos, oranžinės, geltonos, žalios, žydros, mėlynos, violetinės.

- **Ultravioletinė spinduliuotė** – sukelia elektronų šuoliai atomuose iš vieno energijos lygmens į kitą ir labai karštų kūnų spinduliavimas. Ultravioletiniai spinduliai yra nematomi, tai nedidelė saulės elektromagnetinės spinduliuotės spektro dalis, tarpusavyje ryškiai besiskirianti energija ir biologiniu poveikiu. Ultravioletinė spinduliuotė tinka švytinčioms cheminėms medžiagoms gaminti, neintensyvi naudojama specialioms scenos efektams kurti, nedidelės jos dozės teigiamai veikia žmogaus organizmą, skatina vitamino D gamybą, sukelia odos įdegimo efektą, naikina ligas sukeliančias bakterijas, didelės gali nudeginti odą, sukelti vėžį, susilpninti imuninę sistemą
- **Rentgeno spinduliuotė** – sužadinama stabdant greituosius elektronus. Ji veikia fotografinę plokštelę, jonizuoja orą, yra labai skvarbi, gali pereiti pro storą knygą, keletą centimetrų storio medinę lentą, 1 cm storio metalinę plokštelę, žmogaus kūną. Dėl didelės skvarbos rentgeno spinduliuotė naudojama technikoje metalinių detalių defektams nustatyti, neorganinių ir organinių junginių, taip pat kristalinei kietųjų kūnų sandarai tirti. Rentgeno spinduliuotė taikoma medicinoje. Ši spinduliuotė gali prasiskverbti pro minkštuosius audinius, bet ją sulaiko tankesnės medžiagos, kaulai, metalai, dėl to ji tinka kaulų lūžių diagnostikai. Rentgeno spinduliuotę skleidžia šimtai žvaigždžių, galaktikos ir kiti dangaus kūnai.
- **Gama spinduliuotė** – šią spinduliuotę 1900 m. atrado Polis Vilaras (Paul Villard). Tirdamas radžio spinduliavimą stipriame magnetiniame lauke, pastebėjo elektromagnetinę spinduliuotę [19, 20].



Elektromagnetinių bangų spektras														
Gama spinduliuotė	spinduliuotė	Rentgeno	Ultravioletinė spinduliuotė	Matoma šviesa (regimoji šviesa)						Infraraudonieji spinduliai	Mikrobangos	Radijo bangos	bangos	Žemojo dažnio
				Violetinė	Mėlyna	Žalia	Geltona	Oranžinė	Raudona					

5pav. Elektromagnetinių bangų spektras [21].

Ultravioletinę spinduliuotę 1801m. atrado vokiečių fizikas Johanas Riteris (Johann Ritter), tirdamas įvairios spinduliuotės fotocheminį veikimą. Jis pastebėjo, kad sidabro chloridas, palaikytas už violetinės spektro ribos (lot. ultra – virš, už) patamsėja labiau negu veikiamas regimosios šviesos. Bangos ilgis 30-380 nm, dažnis  $8 \cdot 10^{14}$ - $10^{16}$ Hz [19].

Žmogus nemato ultravioletinės spinduliuotės, nes ją sugeria akies ragena ir lęšiukas. Tačiau tie žmonės, kuriems per operaciją lęšiukas buvo pašalintas, šią spinduliuotę gali matyti (jos bangos ilgis 300-350nm). Manoma, kad ultravioletinę spinduliuotę mato kai kurie gyvūnai, paukščiai, ropliai ir vabzdžiai (bitės). Apšvietus UV spinduliais skorpionai švyti nuo geltonos iki žalios spektro spalvos [19].

Ultravioletinė spinduliuotė – vienas iš aplinkos veiksnių, turintis labai didelę įtaką žmogaus sveikatai. UV spinduliai yra plačiai naudojami skirtingiems tikslams pramoniniuose procesuose, medicinoje bei odontologijoje, pavyzdžiui, naikina bakterijas, fototerapijai ir soliariumams.

Pats galingiausias natūralus elektromagnetinių bangų šaltinis – Saulė. Jos šviesa veikia odą, kurios jautrumas priklauso nuo amžiaus, fiziologinės būklės. Jautriausi šviesai yra 20-50 metų žmonės, o taip pat besilaukiančios moterys. Saulės šviesa veikia ir regos funkciją; didėjant jos intensyvumui, gali būti pakenkta regai [18].

UV spinduliuotės bangų ilgių intervalas paprastai skirstomas į 3 dalis:

- UVC (100-280nm),
- UVB (280-315nm),
- UVA (315-400nm).

Lentelėje pateikiama ultravioletinių spindulių klasifikacija (1 lentelė)

1 lentelė

### Ultravioletinių spindulių klasifikacija [22]

Bangų rūšis	Sutrumpinimas	Bangų ilgis,
Trumpabangiai UV	UV- C	200 – 280nm
Vidutiniai UV	UV- B	280 – 320 nm
Ilgabangiai UV	UV- A	320 – 400 nm
	UV- A2	320 – 340 nm
	UV-A1	340 – 400 nm

**UVA spinduliai** – tai yra arčiau matomos šviesos spindulių ir turi mažiau energijos nei UVB ir UVC spinduliai. Daugiausiai, t.y. 94% iš bendro UV kiekio, UV spindulių pasiekiančių žemę yra UVA spinduliai. UVA spinduliai gali praeiti pro rageną ir pasiekti lęšiuką bei tinklainę. UVA spindulius tik minimaliai sugeria atmosfera. Jie įsiskverbia giliai į odą ir veikia imuninę sistemą. Mes turime apsaugoti save nuo per didelio ultravioletinių spindulių poveikio. UVA spinduliai stimuliuoja melanino gamybą net labiau, negu UVB. Todėl pernelyg ilgas buvimas UVA spinduliuotėje yra susiję su tam tikrų rūšių kataraktos vystymusi. UVA spinduliai gali atlikti svarbų vaidmenį geltonosios dėmės degeneracijos vystymuisi. Taip pat didelės UVA dozės gali sustiprinti eritemą ir padidinti neigiamą biologinį UVB spinduliuotės poveikį [23]. UVA spinduliavimas sudaro didžiąją dalį ultravioletinių spindulių kiekio ir yra intensyviausias anksti ryte bei vidurdienį, jis apie 400 kartų skvarbesnis už UVB spindulius [24].

**UVB spinduliai** – tai šiek tiek ilgesnio bangos ilgio ir mažesnės energijos nei UVC spinduliai. Šie spinduliai yra filtruojami atmosferos, tačiau kai kurie vis dar pasiekia žemės paviršių [24]. Jie padidina melanino sintezę ir yra atsakingi už saulės sukeltus nudegimus. UVB spinduliai, kurie biologiniu požiūriu yra labai aktyvūs ir sukelia iš karto pastebimą nudegimą nuo saulės, didžiąją dalimi yra sugeriami stratosferos ozono sluoksnyje [25].

**UVC spinduliai** – gali labiausiai kenkti akims, todėl šie spinduliai yra pavojingiausi. Tačiau, šie spinduliai turi trumpiausią bangos ilgį, todėl jie praktiškai visiškai absorbuojami atmosferos ozono sluoksnyje ir paprastai nepasiekia žemės paviršiaus [25].

UVC spinduliai yra energetiškai veikliausia ir pavojingiausia UV spindulių rūšis. Kadangi jie yra sugeriami atmosferos, praėityje į juos buvo kreipta mažai dėmesio. Pastaruoju metu, naudojant UV spindulius skleidžiančią techniką, tinkamą dėmesį reikia skirti ir UVC spinduliams (dienos šviesos lempos taip pat skleidžia UVC spindulius).

Ultravioletiniai B spinduliai aktyviausi yra nuo 10 iki 14 valandos. Tuomet, kai šie spinduliai aktyviausi, reikėtų stengtis likti šešėlyje. Yra tokia “šešėlio” taisyklė: jei jūsų šešėlis trumpesnis už jūsų ūgį, UV spinduliavimas yra intensyvus ir jo reikia vengti [24].

Akies struktūros yra veikiamos tiesiogiai saulės spinduliuojamų iš viršaus ir atsispindėjusių nuo kitų paviršių UV spindulių. Be to, akį pasiekia UV spinduliai, sklindantys ir iš dirbtinių šaltinių, pvz. soliariumų lempų ar suvirinimo įrangos. Tyrimais įrodyta, kad UV spinduliavimas žalojamai veikia daugelį akies struktūrų ir gali sukelti laikinus regėjimo sutrikimus arba rimtus susirgimus.

Apibendrinant nagrinėtą medžiagą, galima daryti išvadą, kad UV spinduliai audiniams turi dvejopą poveikį: fotocheminį bei terminį. UVC ir UVB labiau sąlygoja

fotocheminius pakenkimus, o UVA – terminius. Tačiau visi jie kenkia akims. UV spinduliai absorbuojami ląstelėse ir sudaro baltymų, nukleolinių rūsčių jungtis, dėl to keičiasi molekulių struktūra. Veikiant šviesai, gali susidaryti laisvieji radikalai, kurie taip pat trikdo ląstelių normalią biochemiją[20].

## 2.2 Šviesos sugertis

**Šviesos sugertis** – procesas, kai medžiaga sklindančios šviesos intensyvumas mažėja.

Daugelį optinių reiškinių lemia šviesos sąveika su medžiaga. Visos medžiagos sudarytos iš atomų, jonų ar molekulių, ar įelektrintų dalelių, ir su jomis sąveikauja medžiaga sklindanti šviesa. Medžiaga sklindanti šviesa ją įšildo, t.y. pakelia jos temperatūrą. Tai reiškia, kad šviesos bangos energija sklindanti medžiaga virsta jos vidine energija. Kitaip tariant, medžiaga palapsniui sugeria šviesos energiją, kurios intensyvumas tolygiai mažėja. Šis procesas vadinamas šviesos absorbcija arba šviesos sugertimi [26].

**Šviesos sugerties dėsniai** - sklindant šviesai, įprastinėmis sąlygomis šviesos intensyvumas mažėja, nes šviesos kvantai (fotonai) sukelia medžiagą sudarančių dalelių šuolius iš mažesnės į didesnės energijos lygmenis. Sužadavimo energija, dalelei peršokant iš aukštesnio lygmens į žemesnį, virsta kitomis energijos rūšimis, dėl to taip pat mažėja medžiaga sklindančios šviesos intensyvumas. Toks reiškinys vadinamas *šviesos sugertimi* [27]. *Jeigu sugeriama regimosios arba ultravioletinės spektro dalies šviesa, tai pirmiausia reikia atsižvelgti į elektronų virpesius, nes tik labai lengvos įelektrintos dalelės gali virpėti tokiu dideliu dažniu ( $\nu \sim 10^{14} s^{-1}$ )* [26].

Elektromagnetinei bangai sklindant medžiagoje dalis bangos energijos sunaudojama atomų ir molekulių elektronų virpesiams žadinti. Idealyje vienalytėje terpėje periodiškai virpantis dipolis spinduliuoja antrines to paties dažnio elektromagnetines bangas, kurios interferuodamos su pirmine banga pakeičia jos fazinį greitį ir visiškai grąžina sugertos energijos dalį [20].

Yra paprastoji bei atrankioji šviesos sugertis. Pereinant šviesai per medžiagos sluoksnius jos spalva, t.y. spektrinė sudėtis, nekinta tada, kai įvairių ilgių bangos sugeriamos vienodai. Tokia sugertis vadinama paprastąja. Pavyzdžiui, taip sugeriama šviesa vandenyje, ore, stikle ir kt. Tačiau kartais kai kurios spalvos šviesa sugeriama ypač stipriai. Tuomet perėjusi per medžiagą, balta šviesa pasidaro spalvota. Tokia šviesos sugertis vadinama atrakioja [27]. Šiuo

atveju atskiros spektro dalys gali būti visiškai sugertos ir perėjęs medžiagą baltos spalvos spindulys tampa spalvotas. Augalų lapai (chlorofilas) ypač stipriai sugeria raudoną ir melsvai violetinę šviesą, o žalios beveik visiškai nesugeria, todėl lapai atspindėjusioje ir per juos perėjusioje šviesoje yra žali. Selektvyioji šviesos sugertis tirpaluose priklauso ne tik nuo bangos ilgio, bet ir nuo tirpalo sluoksnio storio, t.y., išėjusios iš tirpalo šviesos spalva keičiasi priklausomai nuo sluoksnio storio. Pavyzdžiui: plonas brilantinės žalumos sluoksnis atrodo žalias, truputį storesnis – pilkai rausvas, o storas sluoksnis – raudonas [26].

Šviesos sugertis kiekybiškai įvertinama sugerties koeficientu, kuris priklauso nuo medžiagos prigimties (cheminės sudėties), agregatinės būsenos, koncentracijos, temperatūros ir nuo su medžiaga sąveikaujančios šviesos bangos ilgio. Sugerties koeficiento priklausomybė nuo bangos ilgio vadinama sugerties spektru [20].

### 2.3 Bugero ir Lamberto dėsnis

Sugerties spektrų matavimas – viena iš seniausių, tačiau ir informatyviausių metodikų, leidžiančių įvertinti medžiagos sudėtį, stebėti sąveikas tarp medžiagų ir taip tirti biologinius objektus. Vienalytėje medžiagoje šviesos sugertį aprašo Bugero ir Lamberto dėsnis [28].

Bugero ir Lamberto dėsnio monochromatinei bangai diferencialinė forma yra [26]:

$$dI = -K_{\lambda} I dl, \quad (1)$$

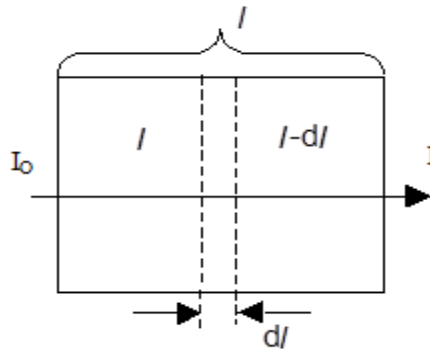
čia  $dI$  - energinio šviesio sumažėjimas,

$K_{\lambda}$ - ilginis sugerties koeficientas bangos ilgiui  $\lambda$ ,

$I$  – spinduliuotės energinis šviesis,

$dl$ - medžiagos sluoksnio storis.

Pagal šį dėsnį energinio šviesio sumažėjimas –  $dI$ , perėjus šviesai be galo ploną medžiagos sluoksnį  $dl$  (6 pav), yra tiesiog proporcingas medžiagos sluoksnio storiui ir kritusios į šį sluoksnį spinduliuotės šviesiui. Proporciningumo koeficientas  $K_{\lambda}$  priklauso nuo medžiagos prigimties, šviesos bangos ilgio ir sugeriančių šviesą dalelių koncentracijos, bet nepriklauso (tiesinės optikos ribose) nuo šviesio  $I$ . Minuso ženklas lygtyje rodo, kad šviesos energija, perėjus jai per tam tikrą medžiagos sluoksnį, mažėja, t.y.  $dI < 0$  [26].



6 pav. Šviesos sugertis labai ploname medžiagos sluoksnyje [26].

Norint aprašyti šviesos sugertį baigtinio  $l$  storio medžiagos sluoksnyje, reikia integruoti (1) lygybę pagal medžiagos sluoksnio storį. Tada

$$\int_0^l \frac{dl}{I} = - \int_0^l K_\lambda dl. \quad (2)$$

Suintegravus, (3) galima užrašyti

$$\ln \frac{I}{I_0} = -K_\lambda l \quad (3)$$

Arba antilogaritmavus gauname

$$I = I_0 e^{-K_\lambda l}, \quad (4)$$

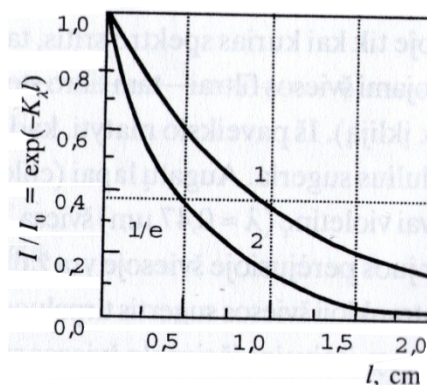
čia  $I$  – šviesos intensyvumas (spinduliuotės intensyvumas po absorbcijos),

$I_0$  – kritusios šviesos intensyvumas (spinduliuotės intensyvumas prieš absorbciją),

$e$  – natūrinio logaritmo pagrindas,

$K_\lambda$ - ilginis sugerties koeficientas bangos ilgiui  $\lambda$  (absorbcijos koeficientas, priklausantis nuo absorbuojančios medžiagos ir spinduliuotės dažnio (bangos ilgio)),

$l$  –sluoksnio storis.



7 pav. Praėjusios per medžiagą ir kritusios šviesos intensyvumų santykio priklausomybė nuo medžiagos sluoksnio storio skirtingiems sugerties koeficientams.  $K_{\lambda 1} > K_{\lambda 2}$  [26].

(1 – sugerties koeficientas  $K_{\lambda 1}$ ; 2 – sugerties koeficientas  $K_{\lambda 2}$ )

4 formulė – tai Bugero ir Lamberto dėsnis integralinė forma. Šis dėsnis rodo, kad sklindančios medžiaga monochromatinės šviesos intensyvumas dėl sugerties mažėja pagal eksponentinį dėsnį. To paties storio medžiagos sluoksnis tuo labiau sugeria šviesą, kuo didesnė medžiagos sugerties koeficiento vertė (7 pav.). Sugerties koeficientas  $K_{\lambda}$  skaitine verte yra dydis atvirkščiai proporcingas storiui. Kai  $l = 1/K_{\lambda}$ , perėjusios šviesos intensyvumas sumažėja  $e$  kartų. Jeigu medžiagos sluoksnio storis matuojamas metrais, tai  $K_{\lambda}$  matavimo vienetas yra  $m^{-1}$  [26].

## 2.4 Pralaidumo faktorius, optinis tankis, sugerties koeficientas

Sugerties koeficientas  $K_{\lambda}$  paprastai nustatomas žinant fotometriniu būdu nustatytą per medžiagą perėjusios ir kritusios į medžiagą monochromatinės šviesos intensyvumų santykį, vadinamąjį pralaidumo faktorių bei medžiagos sluoksnio storį  $l$ . Šviesos sugertį matuojame spektrofotometru, kuris matuoja šviesos pralaidumą:

$$T_{\lambda} = \frac{I}{I_0} = e^{-K_{\lambda} l} \quad (5)$$

Pralaidumo faktorius yra reiškiamas procentais. Kadangi sugerties koeficientas yra eksponentinės funkcijos laipsnio rodiklyje, tai jį nustatant pagal intensyvumų matavimo duomenis reikia abi (5) lygybės puses logaritmuoti. Priimtina skaičiuoti ne natūralųjį, o dešimtainį logaritmą. Todėl, prieš logaritmuojant, (5) formulė perrašoma taip:

$$\frac{1}{T_{\lambda}} = e^{K_{\lambda} l} = 10^{0,4343 K_{\lambda} l} \quad (6)$$

Išlogaritmavus abi šio sąryšio puses gaunama išraiška:

$$\lg \frac{1}{T_\lambda} = 0.4343 K_\lambda l \quad (7)$$

Monochromatinės šviesos intensyvumų santykio  $I_0/I$  dešimtainis logaritmas ( $\lg(I_0/I) = \lg(1/T)$ ) vadinamas medžiagos optiniu tankiu  $D_\lambda$ :

$$D_\lambda = \lg \frac{1}{T_\lambda} = 0,4343 K_\lambda l \quad (8)$$

Atsižvelgiant į šią sąryšį, medžiagos sugerties koeficientą galima nustatyti pagal optinio tankio matavimus. Iš (8) matyti, kad optinis tankis yra tiesiog proporcingas sugerties koeficientui ( $D_\lambda \sim K_\lambda$ ). Todėl, registruojant medžiagos sugerties spektrą, patogiau užrašyti ne  $K_\lambda$ , o jam proporcingo dydžio, tai yra optinio tankio  $D_\lambda$  (kuris tiesiogiai ir matuojamas) priklausomybę nuo šviesos bangos ilgio  $\lambda$ .

Mokslininkas A. Beras (*A. Beer*) 1852 metais tyrinėdamas šviesos sugertį tirpaluose, pastebėjo, kad silpnų tirpalų, kuriuose dar nesudaro ištirpintos medžiagos molekulių agregatų ar asociatų, monochromatinės šviesos sugerties koeficientas yra tiesiog proporcingas tirpalo koncentracijai:

$$K_\lambda = k_\lambda c, \quad (9)$$

čia  $c$  – tirpalo koncentracija, t.y. ištirpintos medžiagos molekulių skaičius tūrio vienetė (matuojama  $cm^{-3}$ ), o  $k_\lambda$  – molekulinis sugerties koeficientas, kuris priklauso nuo bangos ilgio, bet nepriklauso nuo tirpalo koncentracijos. Nesunku įsitikinti, kad molekulinis sugerties koeficientas turi ploto matavimo vienetą ( $m^2$ ), todėl jis dažnai yra vadinamas molekulinės sugerties skerspjūviu.

Įrašius (9) į (4) gaunamas jungtinis Bugero, Lamberto ir Bero dėsnis:

$$I = I_0 e^{-k_\lambda c l}. \quad (10)$$

Jis aprašo mažos koncentracijos tirpalų šviesos sugertį. Galiojant šiam dėsniai, medžiagos pralaidumo faktorius:

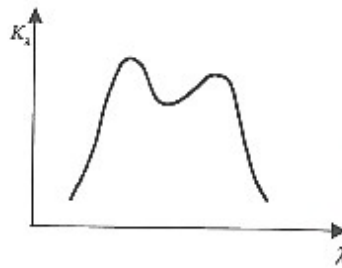
$$T_\lambda = e^{-K_\lambda c l} \quad (11)$$

ir optinis tankis [26]:

$$D_\lambda = 0,4343 k_\lambda c l \quad (12)$$

## 2.5 Sugerties spektrai

Skirtingų bangų ilgių šviesa gali būti nevienodai sugerama. Sugerties koeficientas priklauso nuo bangos ilgio. Ši priklausomybė vadinama sugerties spektru (8 pav.). Ji yra informacijos apie medžiagos būseną ir sandarą šaltinis. Jeigu regimojoje spektro dalyje sugerties koeficientas lygus nuliui arba yra labai mažas, tai tokia medžiaga vadinama skaidriąja (pavyzdžiui, oras, vanduo, stiklas) [26].



8 pav. Tam tikros medžiagos sugerties koeficiento priklausomybė nuo bangos ilgio[26].

Kai spinduliuotės energinis šviesis yra palyginti nedidelis ir šviesos sugertis nepažeidžia termodinaminės atomų ar molekulių pusiausvyros, sugerties koeficientas nepriklauso nuo sklindančios medžiaga spinduliuotės šviesio. Tai vadinamoji **tiesinė optika**. Tačiau didėjant šviesiui, kai dėl šviesos sugerties termodinaminė pusiausvyra pažeidžiama ir dalelių pasiskirstymas energijos lygmenimis tampa nepusiausvyras, medžiagos sugerties dėsningumai keičiasi, o sugerties charakteristikos ima priklausyti nuo šviesos intensyvumo. Medžiaga paprastai tampa skaidresnė. Šita optikos sritis, kai sistemos optiniai parametrai priklauso nuo šviesos intensyvumo, vadinama **netiesine optika**. Šviesos sugertis, kai medžiagos sugerties koeficientas priklauso nuo šviesio, vadinama **netiesine sugertimi** [26].

**Sugerties spektrai** - medžiagos gali ne tik skleisti spinduliavimą, bet ir jį sugerti (absorbuoti). Vokiečių fizikas Gustavas Kirchhofas nustatė, kad dujos sugeria tuos spindulius, kuriuos jos pačios skleidžia įkaitintos. Karštos medžiagos skleidžiamus spindulius leidžiant pro mažai įkaitintas dujas, išsisinio spektro fone atsiranda tai medžiagai būdingos

tamsios linijos. Tai absorbcijos linijos, sudarančios sugerties spektrą. Jų padėtis atitinka spalvotų linijų padėtį tos pačios medžiagos emisijos spektre. Pagal absorbcijos spektrą galima nustatyti medžiagos sudėtį [29].

## 2.6 Spektrofotometrija

Spektrofotometrija (kitai vadinama absorbcine spektroskopija) – tai šviesos šaltinių spinduliavimo ir pro medžiagas praėjusio arba atspindėto spinduliavimo spektrų tyrimas spektrofotometru [30].

Kodėl įvairiems objektams tirti naudojama spektroskopija?

- Šviesa – nežalojantis įrankis (tai svarbu biomolėkulėms),
- medžiagos leidžia pasiekti didelį tikslumą, pamatyti labai nedidelius skirtumus tarp medžiagų,
- Spektroskopija galima pažinti kvantines sistemas.

Yra galimybė matyti sistemų dinamiką, t.y. „realiame laike“ stebėti biologiniuose objektuose vykstančius procesus [28].

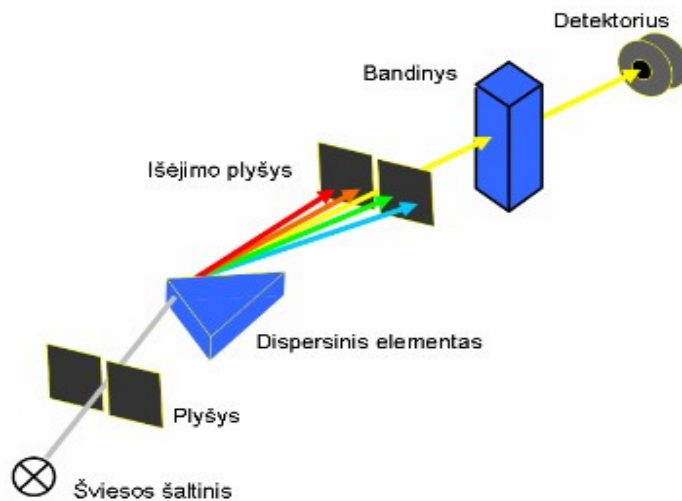
### Spektroskopijos rūšys:

- sugerties,
- fluorescencijos,
- ramano sklaidos,

arba

- elektroninė,
- virpesinė [28].

**Sugerties spektras matuojamas** komerciniais prietaisais, kurių visų veikimo principas iš esmės nesiskiria (9 pav.): iš šviesos šaltinio išėjusi šviesa suskaidoma į spektrines dedamasias dispersiniu elementu (prizminiu ar gardelinu monochromatoriumi, juostiniu šviesos filtru), tuomet patenka į bandinį ir praėjusios šviesos intensyvumas registruojamas detektoriumi. Užregistravus intensyvumą su bandiniu ir be jo, apskaičiuojama bandinio sugertis (4 formulė). Keičiant dispersinio elemento konfigūraciją (prizmę arba gardelę), galima išmatuoti visą sugerties spektrą. Dažniausiai naudojama dviejų spindulių schema, kai krintantis šviesos pluoštas padalinamas į du, iš kurių vieno kelyje pastatomas bandinys, o kitame – kiuvetė su tirpikliu arba tiesiog oras. Tokia schema leidžia vienu metu išmatuoti tiek  $I$ , tiek  $I_0$ , įeinančius į (4) formulę ir rezultatai gaunami tikslesni.



9 pav. Principinė sugerties spektrometro schema [28].

Šiuo metu labiausiai paplitusios dvi sugerties spektrometrų rūšys:

- Skenuojantieji – yra dviejų kanalų ir pasižymi dideliu tikslumu. Skenuojančius UV-VIS-nIR srities spektrofotometrus gamina firmos „Perkin-Elmer“, „Jenway“, „Shimadzu“ ir kt.,
- Šviesolaidiniai – yra kompaktiški, neturi judančių dalių ir tinka naudoti „lauko sąlygomis“. Gamina firmos „Ocean Optics“, „Avantes“ ir kt. [28].

### 3. DIRBTINIŲ AŠARŲ SPEKTRINIO PRALAIIDUMO TYRIMAS SPEKTROFOTOMETRU

#### 3.1 Spektrofotometras UV-Visible T60

Dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo tyrimas buvo atliktas spektrofotometru UV-Visible T60. Šiuo prietaisu galima atlikti elektromagnetinės spinduliuotės pralaidumo tyrimus UV, regimosios šviesos (VIS) ir artimojoje IR srityse (190 nm – 1100 nm). Spektrofotometro bendras vaizdas pateiktas 10 paveiksle.

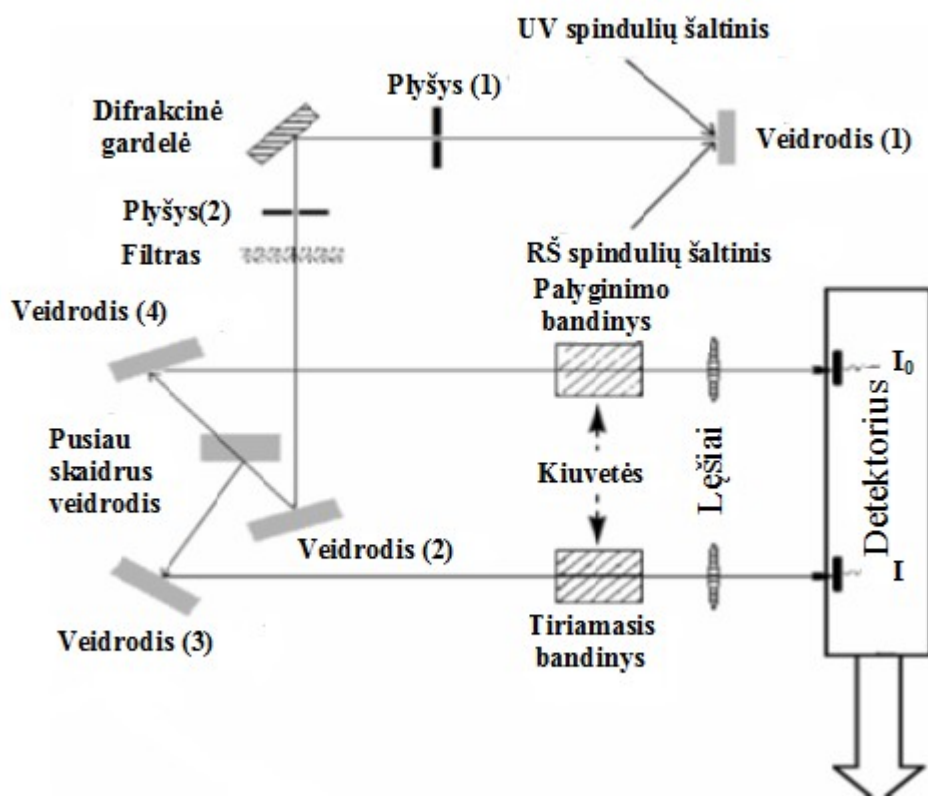


10 pav. Spektrofotometras UV-Visible T60 bendras vaizdas [31].

Spektrofotometrą sudaro šios pagrindinės dalys:

- Spinduliuotės šaltinis (halogeno lempa ir Deuterio lempa). Halogeno lempa skleidžia regimąją ir artimąją IR spinduliuotę, o Deuterio – UV spinduliuotę.
- Difrakcinė gardelė, kuri išskaido šaltinių skleidžiamą polichromatinę šviesos pluoštą.
- Detektorius – elektromagnetinei spinduliuotei jautrus elementas, fiksuojantis pro tiriamą objektą praėjusio šviesos pluošto intensyvumą.
- Lęšiai ir veidrodžiai.

Spektrofotometro optinė schema pateikta 11 paveiksle.



11 Pav. Spektrofotometro UV-Visible T60 optinė schema [32].

Detektoriaus fiksuojamas analoginis signalas keičiamas skaitmeniniu ir informacija pateikiama kompiuterio ekrane, programos pagalba.

Tyrimo metu dirbtinės ašaros buvo įpilamos ( $\approx 1$  ml) į kiuvetes, kurios pagamintos iš kvarcinio stiklo. Kvarcinis stiklas neabsorbuoja visoje 200-700 nm srityje ir yra tinkamiausias matavimams UV srityje atlikti (12 pav).



12 pav. Kvarcinio stiklo kiuvetė [31]

Stiklo ir plastiko kiuvetės pradeda absorbuoti 300-350 nm srityje, todėl yra neskaidrios mažesnio bangos ilgio spinduliuotei. Kadangi, šiame darbe vienas svarbiausių

uždavinių buvo įvertinti dirbtinių ašarų pralaidumą UV spinduliuotei, tai buvo pasirinktos kvarcinio stiklo kiuvetės.

Kiuvetės sienelės, kurias kerta spindulių srautas, yra poliruotos, o kitos sienelės - matinės. Rankomis turi būti liečiamas tik matinis paviršius, kad neliktų pirštų antspaudų, kurie iškreiptų matavimo rezultatus.

### 3.2 Spektrofotometro reguliavimas

Norint fiksuoti spektrą, spektrofotometras turi būti tinkamai nustatytas.

- **Spektrofotometro ir registravimo įrenginio (kompiuteris) reguliavimas:**
  - Patikrinama, ar kiuvečių skyrius yra tuščias;
  - Įjungiamas spektrofotometras;
  - Įjungiamas kompiuteris ir atveriamas UV WIN LAB programa;
  - Spektrofotometrui leidžiama 10-15 min. kaisti ir inicializuotis (inicializacijos eigą galima stebėti kompiuterio ekrane);
  - Atveriamas „Spektrum“ langas, nustatomas pralaidumo tyrimo (T režimas).
- **Bazinės linijos registravimas.** Bazinė linija nustatoma, švarią ir tuščią kiuvetę įdėjus į kiuvečių skyrių, matuojant spektrinį pralaidumą bangų ilgių 190 nm – 800 nm. intervale. Tuščios kiuvetės spektrinis pralaidumas bazinės linijos nustatymo metu buvo laikomas 100 % pralaidumu.
- **Bangų ilgio intervalo nustatymas.** Spektrofotometro UV– Visible techninės galimybės leidžia matuoti spektrinių pralaidimą iki 1100 nm (artimoji IR sritis, bet atsižvelgiant į nereikšmingą tokios spinduliuotės poveikį akiai įprastoje aplinkoje, buvo nuspresta apsiriboti 190 – 750 nm bangų ilgių intervalu).
- **Pralaidumo sritis.** Pralaidumo srities ribos nustatomos 0 – 100%. Užfiksavus spektrą, yra galimybė keisti pralaidumo srities ribas, tuo būdu išryškinant silpnos absorbcijos signalus.

### 3.3 Tyrime naudotų dirbtinių ašarų apibūdinimas

Spektrofotometru iširtos devynių skirtingų gamintojų dirbtinės ašaros. Ašaros savybės ir kai kurie parametrai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė

**Tyrimė naudotų dirbtinių ašarų savybės**

Pavadinimas	Anotacija	Savybės	Veiklioji medžiaga	Konservantai	Ašarų forma	KL naudojami
Aquify	Akių lašai užtikrina ilgalaikį komfortą	Drėkina, nuramina, atgaivina pavargusias akis, apsaugo nuo sudirgimo ir sausumo jausmo. Klampesnės ir tirštesnės nei kitos dirbtinės ašaros - ilgiau išlieka akyje, didesnis komfortas, drėkina ir akį, ir patį lęšį, sulaiko drėgmę lęšyje.	Hialurono rūgštis (Natrio Hialuronatas 0,1%)	Be konservantų	Tirpalas	Galima
Comfort drops	Drėkinamieji akių lašai	Ilgai veikiantys, akis drėkinantys ir regėjimo komfortą gerinantys akių lašai. Rekomenduojami turintiems akių sausumo problemų, dirbantiems kompiuteriu, daug laiko praleidžiantiems sausoje aplinkoje, nešiojantiems kontaktinius lęšius.	Izotoninis, buferinis vandens tirpalas, Povidonas	EDTA ir Poliheksandas	Tirpalas	Galima
Renu	Akių lašai idealiai drėkina lęšius	Efektyviai sutepa ir drėkina kontaktinius lęšius, neleidžia susidaryti apnašoms ant minkštų kontaktinių lęšių, suteikia ryškesnį regėjimą ir komfortišką dėvėjimą.	Pavidonas, boro rūgštis, kalio chloridas, natrio boratas, natrio chloridas.	EDTA dinatrio druska ir sorbo rūgštis	Tirpalas	Galima

OCUflash	Akių lašai	OCUflash yra tirpalas šalinant iš akies svetimkūnį, dulkes ar chloruotą vandenį, taip pat slopina akies uždegimą ir veikia sutraukiamai.	Natrio chloridas	Benzalkonio chloridas, kalio chloridas, magnio chloridas polisorbatas 80, natrio hidroksidas, injekcinis vanduo.	Tirpalas	Negalima
Systane Ultra	Drėkina mieji akių lašai	Greitai drėkina akių paviršių, ilgam sumažina sausumo pojūtį, dirginimą, smėlio ar svetimkūnio, tokie kaip dulкės, dūmai, ozonas, ultravioletiniai spinduliai, oro kondicionavimas, vėjas, retas mirksėjimas	Polietileno glikolio, sorbitolio, aminometilpropanolio, boro rūgšties, kalio chlorido, natrio chlorido	Polyquad (polidronio chlorido)	Tirpalas	Galima
SensiVit	Akių gelis pavargusioms akims	Pasižymi raminančiu ir drėkinančiu poveikiu. Stabilizuoja visus tris ašarų plėvelės sluoksnius akies paviršiuje	Karmeliozės natrio druska	Polysorbatu m 80, Vitaminas E, natrio chloridas, vitaminas A, boraksas, benzalkonio chloridas, injekcinis vanduo.	Gelis	Negalima
Optive	Akių lašai sausoms akims	Dvigubo poveikio preparatas: lubrikuoja ir rehidratuoja ragenos epitelio ląsteles. Poveikis greitas ir ilgalaikis (daugiau nei 24 val)	Natrio karboksimetilceliuliozės, glicerino, levokarnitino, eritritolio	Purite	Tirpalas	Galima

Oftagel	Akių gelis sausoms akims.	Sausų akių sukeltiems simptomams mažinti, akis saugančios ir jas slidinančios ašarų plėvelės vientisumo palaikymas	Karbomeras 974P	Benzalkonio chloridas, sorbitolis, natrio acetato trihidratas, polivinilio alkonolis, injekcinis vanduo.	Gelis	Negalima
BioDrops	Drėkinantys akių lašai	Hialurono rūgšties natrio druska ilgiau išlaiko ašarų plėvelę ir užtikrina akių komfortą. Iš karto numalšina akių nuovargį, sausumą.	hialurono rūgšties (Natrio Hialuronatas 0,1%)	Be konservantų	Tirpalas	Galima

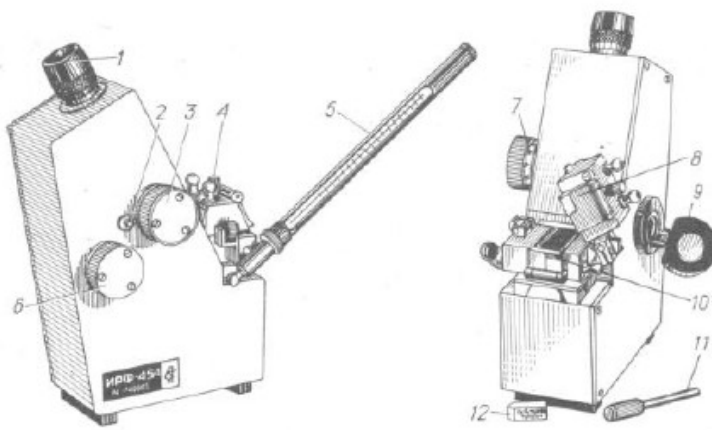
Kaip matyti iš lentelės, tyrime naudotos dirbtinės ašaros pasižymi įvairiomis savybėmis, todėl norint skirtingų dirbtinių ašarų spektrofotometrijos duomenis vienareikšmiškai interpretuoti, buvo lyginami duomenys pagal vieną parametą (pavyzdžiui, forma: tirpalas – gelis ir panašiai).

Dirbtinių ašarų spektrinis pralaidumas buvo matuotas kelis kartus: pirmą kartą tik atidarius ašarų hermetinę pakuotę, antrą – praėjus dviems mėnesiams, trečia karta, – keturiems mėnesiams, kai garantinis terminas buvo pasibaigęs, o ašaros buvo laikomos nehermetinėje pakuotėje kambario temperatūroje. Kiekvieną kartą tyrimas buvo pakartotas tris kartus.

### 3.4 Dirbtinių ašarų lūžio rodiklio matavimas Abės refraktometru

Kartu su spektrofotometriniais tyrimais, Abės refraktometru buvo išmatuotas dirbtinių ašarų lūžio rodiklis.

Dirbtinių ašarų lūžio rodikliui matuoti naudotas Abės refraktometras. Abės refraktometro bendras vaizdas ir jo okuliario regėjimo laukas pateiktas 13 paveiksle, o optinė schema – 14 paveiksle.



**a**



**b**

13 pav. Abės refraktometras [26]

Refraktometras:

(a) išorinis vaizdas:

- 1 – okuliaras;
- 2 – justiravimo įrenginys;
- 3 ir 7 – kompensatoriaus rankenėlė;
- 4 – apšviečiamosios prizmės kameros rankenėlė;
- 5 ir 11 – termometras;
- 6 – lūžio rodiklio skalės rankenėlė;
- 8 – apšviečiamoji prizmė;
- 9 – veidrodis, nukreipiantis šviesos pluoštelį į matavimo prizmės langelį;
- 10 – matavimo prizmė;
- 12 – derinimo plokštelė;

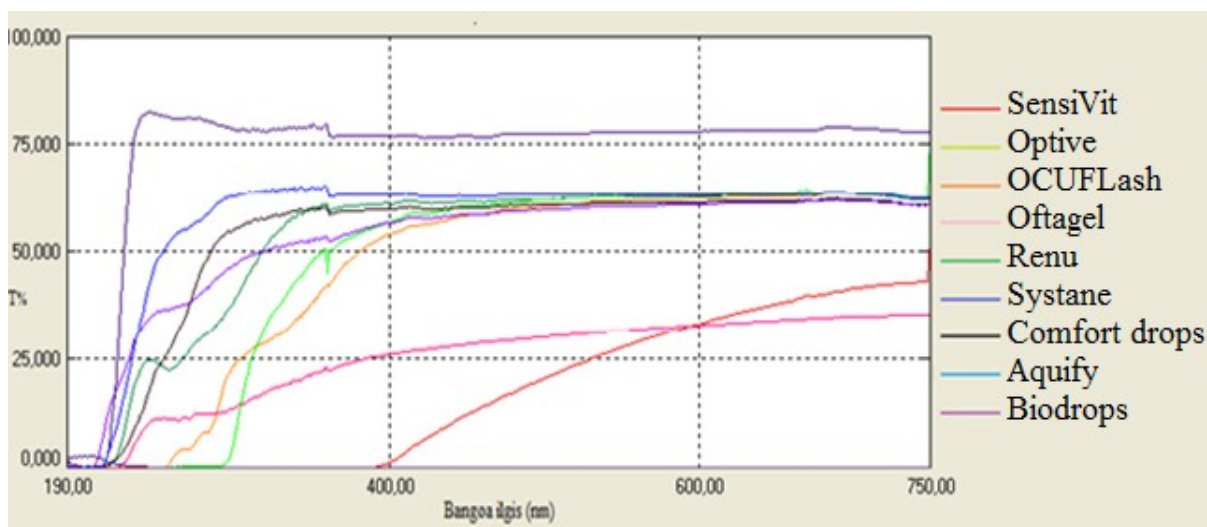
(b) refraktometro skalės vaizdas.



- Minkštu audiniu arba popieriumi nuvalomos prizmės ir matavimai kartojami su kitomis dirbtinėmis ašaromis.

### 3.5 Tyrimo rezultatai

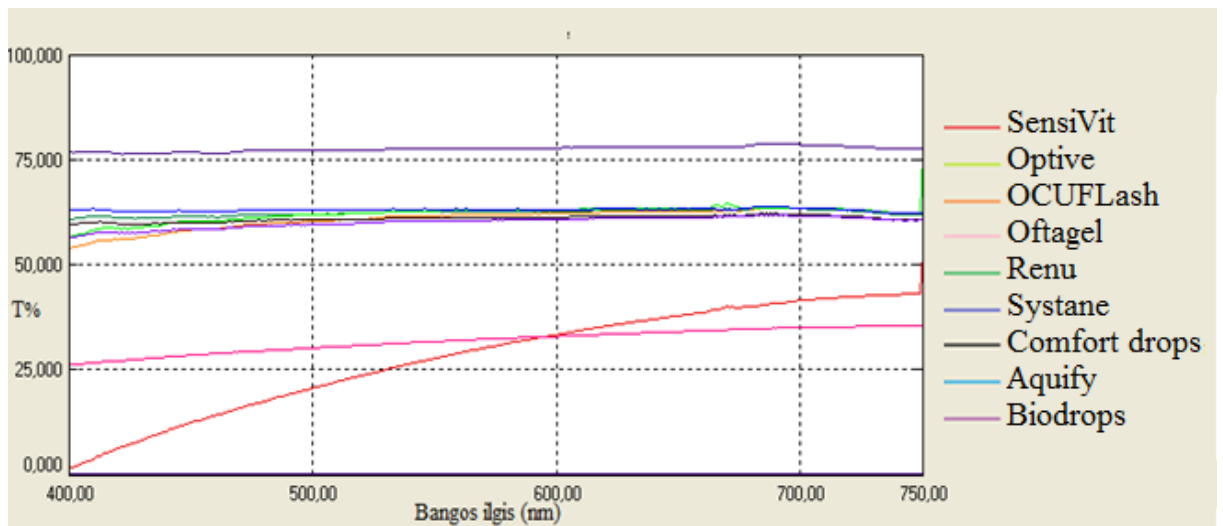
15 paveikslėlyje pavaizduotos tirtų dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės. Visų tirtų pavyzdžių pakuotės iki tyrimo buvo hermetiškos, o galiojimo terminas nepasibaigęs.



15 pav. Dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės.

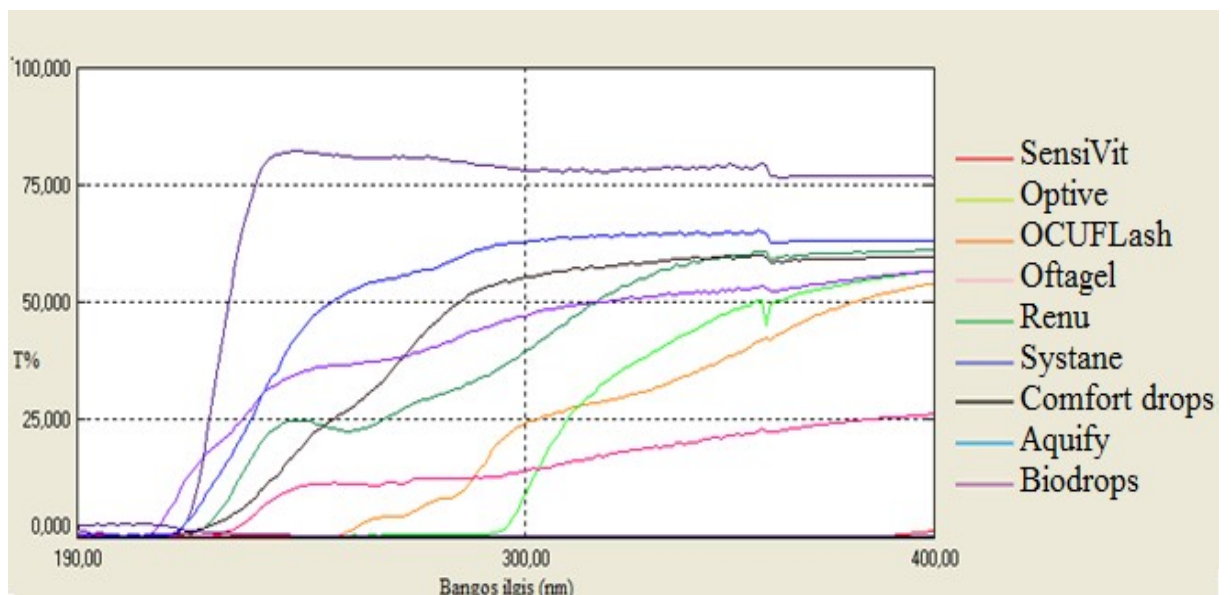
Lyginant spektrinio pralaidumo kreives matyti, kad didžiausiu pralaidumu pasižymi dirbtinės ašaros Biodrops ir Aquify. Bendra savybė, būdinga šio tipo ašaromis – jų sudėtyje nėra konservantų. Mažiausias pralaidumas būdingas dirbtinėms ašaroms SensiVit ir Oftagel – labai tirštos konsistencijos geliams.

Viso regimojo spektro srityje, 16 pav. (400-750 nm) dirbtinių ašarų spektrinis pralaidumas nekinta. Didžiausias – apie 76% ašarų Biodrops. Išimtis – SensiVit, šių ašarų spektrinis pralaidumas mažėja nuo  $\approx 43\%$  ( $\lambda = 750 \text{ nm}$ ) iki  $\approx 4\%$  ( $\lambda = 400 \text{ nm}$ ).



16 pav. Dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės regimojo spektro srityje (400 nm – 750 nm).

Lyginant spektrinio pralaidumo kreives UV srityje, matyti, kad įvairių tipų ašaros skirtingai absorbuoja UV spinduliuotę (17 pav.)

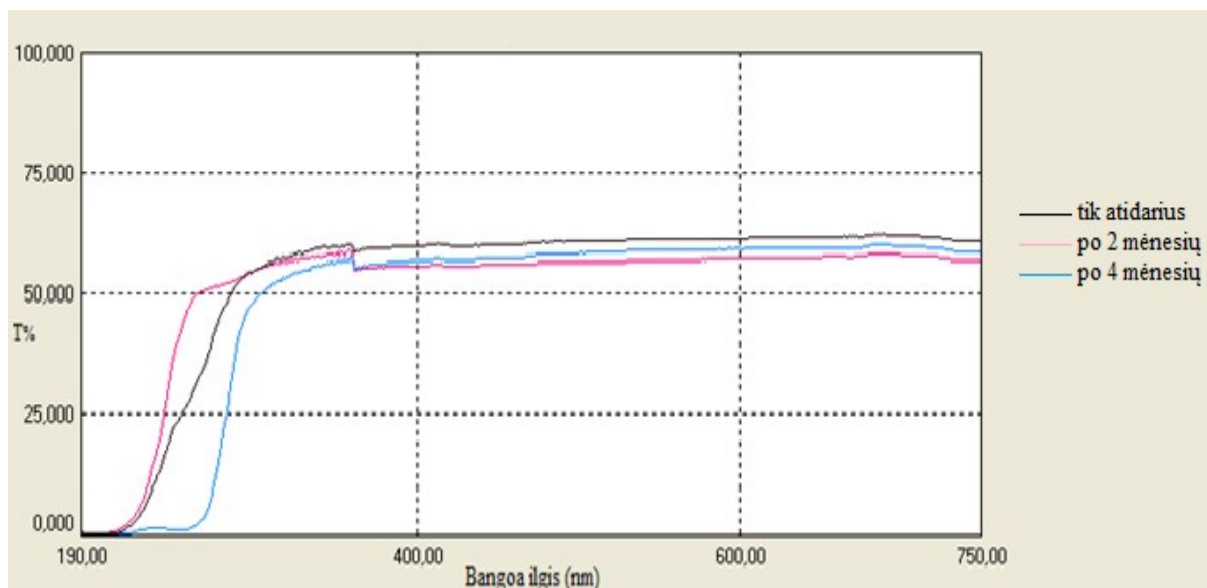


17 pav. Dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės UV srityje.

Ašaros SensiVit visiškai absorbuoja UV spinduliuotę. Optive – visiškai absorbuoja trumpabangę (UVC) spinduliuotę,  $\approx 75\%$  UVB spinduliotės ir  $\approx 60\%$  UVA spinduliuotės. Mažiausiai UV spinduliuotę absorbuoja dirbtinės ašaros Biodrops ( $T \approx 76\%$ ,  $\lambda: 240 - 350\text{nm}$ ) ir Aquify ( $T \approx 60\%$ ,  $\lambda: 270 - 350\text{nm}$ ) (abi be konservantų).

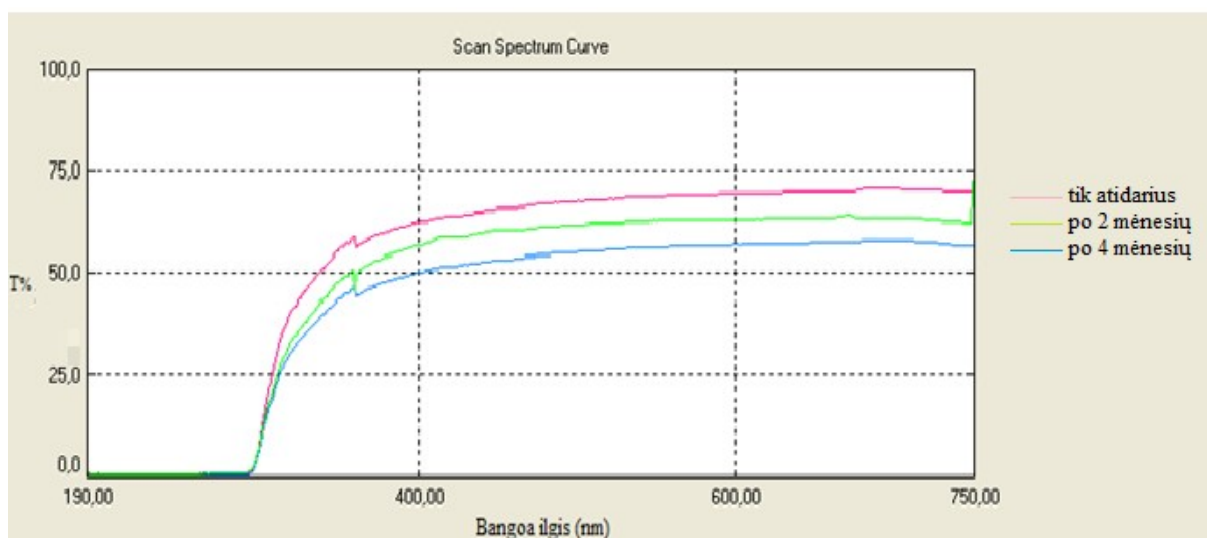
Dirbtinės ašaros dažniausiai yra gaminamos pakuotėse (indeliuose) po 20 – 30 ml. Jos skirtos daugkartiniam naudojimui. Gamintojai nustato vartojimo galiojimo terminą ir nerekomenduoja naudoti dirbtinių ašarų, pasibaigus šiam terminui.

Norint išsiaiškinti, ar kinta dirbtinių ašarų spektrinis pralaidumas bėgant laikui, kiekvieno tipo ašarų spektrinio pralaidumo kreivės buvo gaunamos tiriant tris kartus: pirmą kartą – tik atidarius ašarų hermetinę pakuotę, esant nepasibaigusiam galiojimo terminui (1 kreivė), antrą kartą – po 2 mėnesių (2 kreivė), trečią – po 4 mėnesių (3 kreivė). Tyrimų rezultatai pateikti 18 - 22 pav.



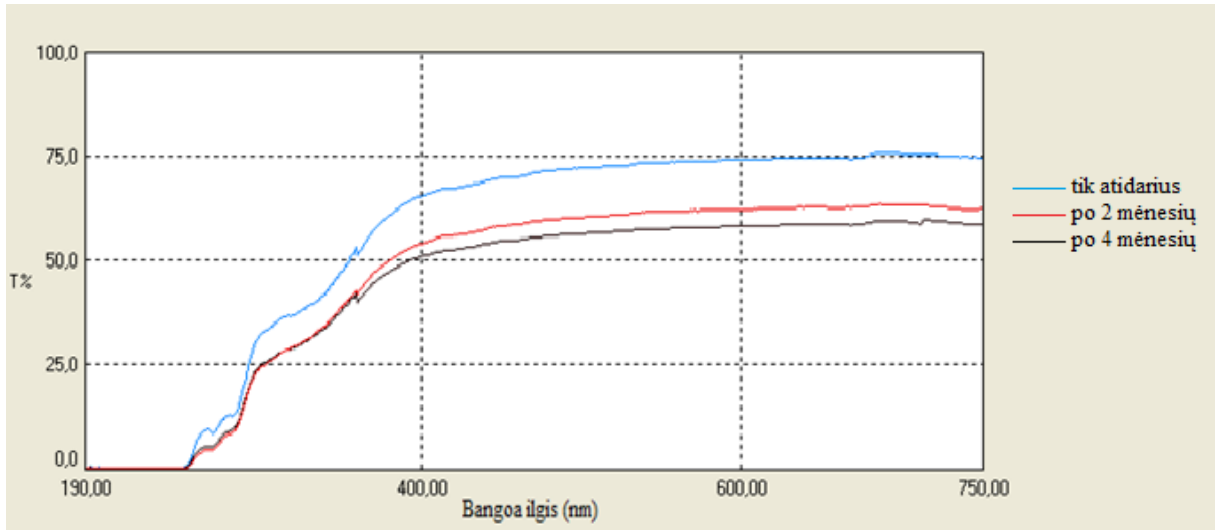
18 pav. Comfort drops dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės

Šių ašarų pralaidumas regimojo spektro dalyje beveik nekinta, o UV srityje šiek tiek sumažėja (visiškai absorbuojama UVC spinduliuotė).

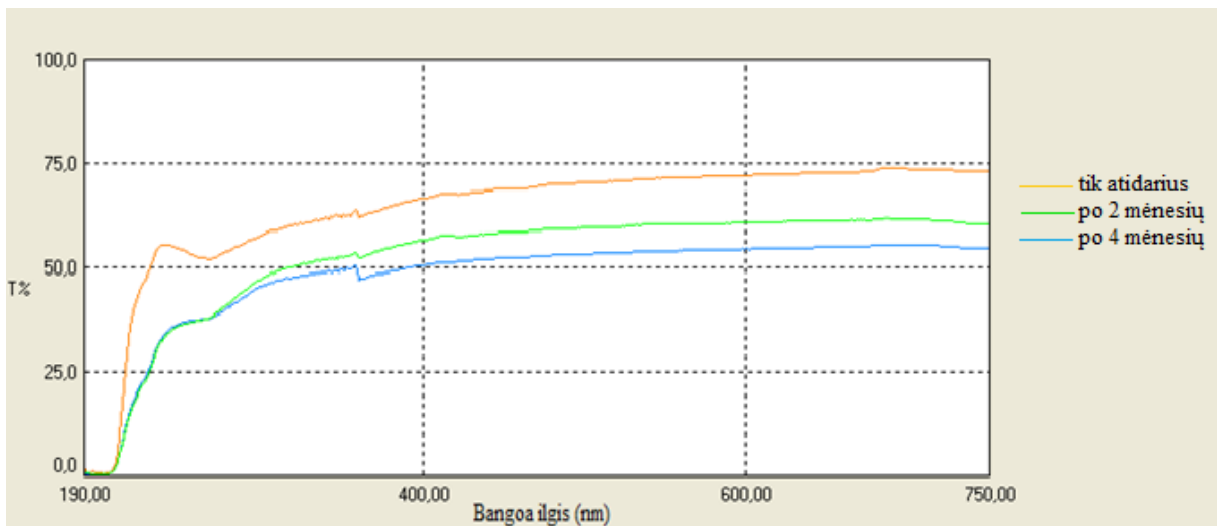


19 pav. Renu dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės

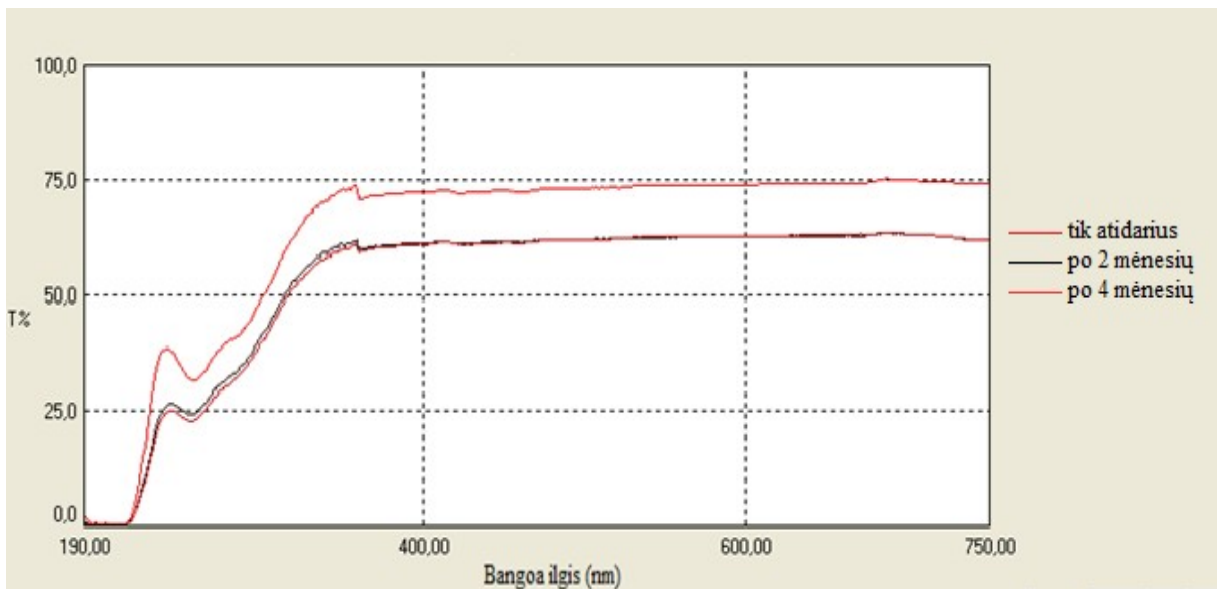
Renu dirbtinių ašarų spektrinis pralaidumas mažėja visoje regimojo ir UV spektro srityje.



20 pav. Ocuflach dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės



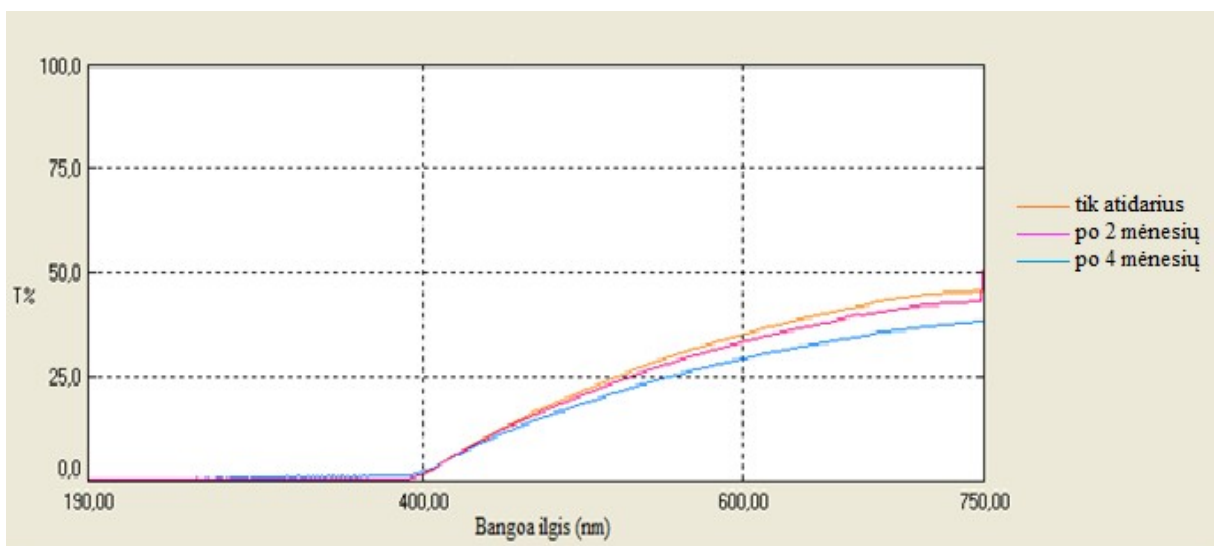
21 pav. Systane Ultra dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės



22 pav. Optive dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės

Visos šios ašaros yra gaminamos tirpalo formos ir visos su konservantais. Iš kreivių matyti, kad spektrinis pralaidumas sumažėjo visoje regimojo ir UV spektro dalyje.

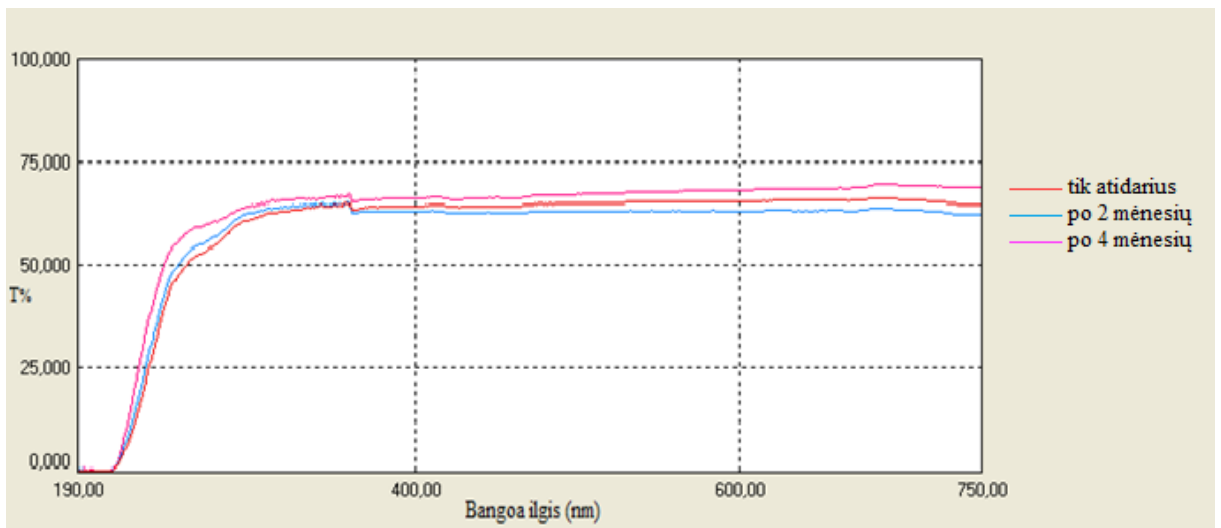
23 pav. pateiktos dirbtinių ašarų SensiVit spektrinio pralaidumo kreivės. Šios ašaros gaminamos su konservantais, bet jos yra labai tiršto ir klampaus gelio (žele) formos.



23 pav. SensiVit dirbtinių ašarų (su konservantais gelis) spektrinio pralaidumo kreivės

Matome, kad šiuo atveju spektrinis pralaidumas sumažėja labai nežymiai 600 – 750 nm bangos ilgių srityje. Šis sumažėjimas siekia 5 – 7 %.

Dirbtinės ašaros Aquify gaminamos be konservantų, tirpalo formos. Šių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės (24 pav.) rodo, kad bėgant laikui spektrinis pralaidumas visame tirtame bangų ilgių intervale nekito.



24 pav. Aquify dirbtinių ašarų (be konservantų tirpalas) spektrinio pralaidumo kreivės.

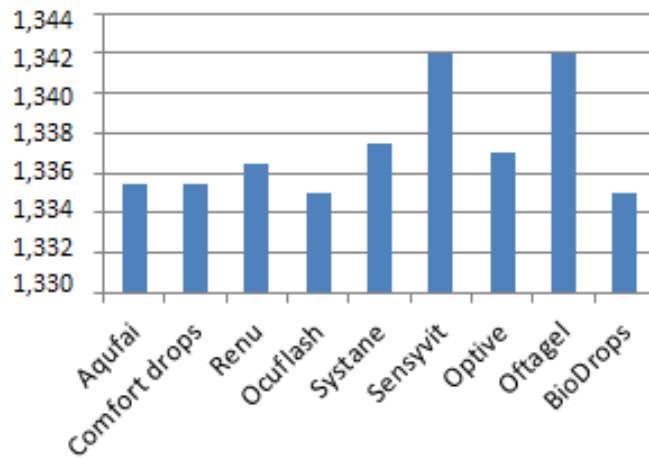
Apibendrinant galima teigti, kad didžiausias optinio pralaidumo pokytis (mažėjimas) būdingas dirbtinėms ašaroms, kurių sudėtyje yra konservantų (žr. 2 lentelė).

Refraktometru išmatuotų dirbtinių ašarų lūžio rodiklių duomenys pateikti 3 lentelėje ir 25 paveikslėlyje.

3 lentelė

#### Dirbtinių ašarų lūžio rodikliai

Pavadinimas	Lūžio rodiklis
Aquify	1,3355
Comfort drops	1,3355
Renu	1,3365
Ocuflash	1,3350
Systane	1,3375
Sensyvit	1,3420
Optive	1,3370
Oftagel	1,3420
BioDrops	1,3350



25 pav. Dirbtinių ašarų lūžio rodikliai.

Galima daryti išvadą, kad skirtingų dirbtinių ašarų lūžio rodiklis skiriasi nežymiai. Lūžio rodiklis Sensyvit ir Oftagel yra didesnis. Tai yra gelio formos tirpalai.

## IŠVADOS

1. Dirbtinių ašarų optinis pralaidumas priklauso nuo ašarų tipo. Gelio tipo dirbtinių ašarų optinis pralaidumas mažesnis negu lašų (tirpalo) tipo visoje regimojo spektro ir UV srityje.
2. Didžiausias pralaidumas visoje regimojo ir UV spektro srityje būdingas ašaroms be konservantų.
3. Ašaras laikant ne hermetinėje pakuotėje bėgant laikui jų pralaidumas mažėja. Didžiausias pralaidumo pokytis (mažėjimas) būdingas ašaroms su konservantais.
4. Dirbtinių ašarų lūžio rodikliai skiriasi nežymiai ir yra artimi distiliuoto vandens lūžio rodikliui ( $n_v=1,333$ ). Tirpalo tipo ašarų lūžio rodikliai yra 1,335 – 1,337, o gelio tipo 1,342.

## LITERATŪRA

1. Sausų akių sindromas. Interaktyvus. [Žiūrėta: 2012-12-02]. Prieiga per internetą <[http://www.emedicina.lt/site/files/farmacija\\_ir\\_laikas/2005\\_01/sausos\\_akys.pdf](http://www.emedicina.lt/site/files/farmacija_ir_laikas/2005_01/sausos_akys.pdf)>
2. Inkėnienė, A., Klimas M., Gendrolis, R., Biomedicina A., „Sausos akys“ Ašarų pakaitalai, T.2, Nr.2. 2002m. Gruodis. Interaktyvus. [Žiūrėta: 2012-12-02].Prieiga per internetą <[http://www.ebiblioteka.lt/resursai/Ziniasklaida/Medicine/Biomedicina/2002/BM\\_2002\\_02\\_1940.pdf](http://www.ebiblioteka.lt/resursai/Ziniasklaida/Medicine/Biomedicina/2002/BM_2002_02_1940.pdf)>
3. Bo Hedqvist. Dry eyes – remarks on local therapy. Interaktyvus.[Žiūrėta: 2012-12-06]. Prieiga per internetą<<http://www.sjogrensyndrome.se/100-site/spdfs-S24.pdf>>
4. Глазные болезни. Под редакцией Бочкаревой А. А. Москва, 1989.
5. Swanson M.W.,Bartlett J.D. Ophthalmic Products. 1999, 448-52
6. Sjogren’s Syndrome Foundation. Dry eye. Interaktyvus. [Žiūrėta: 2013-01-06]. Prieiga per internetą <<http://www.stuarteye.com/dryeye.htm>>
7. Bausch +Lomb. Sausų akių sindromas. Interaktyvus. [Žiūrėta: 2013-01-26]. Prieiga per internetą <[http://www.bausch.lt/eye\\_diseases/dry\\_eye/index.htm](http://www.bausch.lt/eye_diseases/dry_eye/index.htm)>
8. Nelson J.D. Much more than water. Br.J.Ophthalmol. 1999,83,384-5
9. Sausų akių sindromas. Interaktyvus. [Žiūrėta: 2013-02-02]. Prieiga per internetą <<http://www.pasveik.lt/ligos-ir-sindromai/sausu-akiu-sindromas/4401>>
10. Blužienė A., Jašinskas V. Akių ligų vadovas. Vilnius. 2006
11. Sausų akių sindromas. Interaktyvus. [Žiūrėta: 2013-02-12]. Prieiga per internetą<[http://www.emedicina.lt/site/files/farmacija\\_ir\\_laikas/2005\\_02/sausos\\_akys.pdf](http://www.emedicina.lt/site/files/farmacija_ir_laikas/2005_02/sausos_akys.pdf)>
12. Stukas H., Sausėjančios akys, Mūsų žodis, 2002, Nr. 11. Interaktyvus. [Žiūrėta: 2013-02-12]. Prieiga per internetą<<http://www.musuzodis.lt/mz/200211/str18.htm>>
13. Petkūnienė G. M. Sausos akys, Lietuvos oftalmologija, 2005, T IV, Nr. 1(10) P. 17 – 18. Interaktyvus. [Žiūrėta: 2013-02-12]. Prieiga per internetą <[http://www.emedicina.lt/site/files/oftalmologija/2005\\_01/Sausos\\_akys.pdf](http://www.emedicina.lt/site/files/oftalmologija/2005_01/Sausos_akys.pdf)>
14. Neverauskienė, J. Kam reikalingos ašaros? Interaktyvus. [Žiūrėta: 2013-02-18]. Prieiga per internetą <[http://www.sveikaszmogus.lt/Akiu\\_ligos-4355-Kam\\_reikalingos\\_asaros](http://www.sveikaszmogus.lt/Akiu_ligos-4355-Kam_reikalingos_asaros)>
15. Akys: Dirbtinės ašaros. Interaktyvus. [Žiūrėta: 2013-02-18]. Prieiga per internetą <[http://www.esat.lt/sveikata.php?lt=dirbtines\\_asaros](http://www.esat.lt/sveikata.php?lt=dirbtines_asaros)>
16. Sveikų akių meniu, kad akys būtų sveikos. Interaktyvus. [Žiūrėta: 2013-02-18]. Prieiga per internetą <<http://ligos.sveikas.lt/lt/vaistai/akims/oftagel/>>

17. Juan Murube del Castillo. Tratamiento substitutivo del ojo seco: ligrimas artificiales. Capitulo 39. Interaktyvus. [Žiūrėta: 2013-02-18]. Prieiga per internetą <[www.oftalmored.com/ojoseco/](http://www.oftalmored.com/ojoseco/)>
18. Sparling, B. Ultraviolet Radiation. 2001. Interaktyvus. [Žiūrėta 2013-01-15]. Prieiga per internetą <<http://www.nas.nasa.gov/About/Education/Ozone/radiation.html>>
19. Aplinka ir sveikata. 9 skyrius. Interaktyvus. [Žiūrėta 2013-01-15] Prieiga per internetą <[http://vip.ventspils.lv/Lapa/PROJ/Rietumlatvija\\_un\\_rietumlietuva/PDF\\_LT/9\\_Aplinka\\_ir\\_sveikata.pdf](http://vip.ventspils.lv/Lapa/PROJ/Rietumlatvija_un_rietumlietuva/PDF_LT/9_Aplinka_ir_sveikata.pdf)>
20. Šalna V.A. Optika, Vilnius, Enciklopedija. 2004
21. Magiškasis bangos ilgis. Interaktyvus [Žiūrėta 2013-01-15] Prieiga per internetą <[http://www.homosanus.lt/lt/homo\\_sanitus/turiny/metabolizmas/Magiskasis\\_bangos\\_ilgis](http://www.homosanus.lt/lt/homo_sanitus/turiny/metabolizmas/Magiskasis_bangos_ilgis)>
22. Strodomskienė N. Fototerapija dermatologijoje. KMUK Odos ir venerinių ligų klinika. Interaktyvus. [Žiūrėta 2013 02 02] Prieiga per internetą <<http://www.kmuk.lt/klinika18/Studijos/Fototerapija.pdf>>
23. [Heiting](#) G. Ultraviolet (UV) Radiation and Your Eyes. Interaktyvus [Žiūrėta 2013-01-15]. Prieiga per internetą <<http://www.allaboutvision.com/sunglasses/spf.htm>>
24. Kutraitė, A. Matomas ir nematomas saulės poveikis. Interaktyvus. [Žiūrėta 2013 -01-21]. Prieiga per internetą <[http://a-class.eu/doc/01\\_07.html](http://a-class.eu/doc/01_07.html)>
25. UV spinduliai. Interaktyvus. [Žiūrėta 2013-01-04]. Prieiga per internetą <<http://www.solecrin.lt/73,UV-spinduliai.html>>
26. Butrimaitė, J. ir kt. Fizika biomedicinos ir gamtos mokslų studentams. II dalis, Vilniaus universiteto leidykla, 2004, p.280-293.
27. Akies fizika ir jonizuojanti spinduliuotė. Akies optinė sandara. Interaktyvus. [Žiūrėta 2013-03-16]. Prieiga per internetą <[http://www.ututi.com/content/get\\_content/56550](http://www.ututi.com/content/get_content/56550)>
28. Eksperimentinės biofizikos metodai: paskaitų konspektas. Interaktyvus. [Žiūrėta 2013-04-02]. Prieiga per internetą <[http://web.vu.lt/ff/m.vengris/images/botm/skaitiniai/exp\\_bio\\_met\\_visas.pdf](http://web.vu.lt/ff/m.vengris/images/botm/skaitiniai/exp_bio_met_visas.pdf)>
29. Absorbcijos spektras. Interaktyvus. [Žiūrėta 2013-04-02]. Prieiga per internetą <<http://www.fotonas.su.lt/studardbai/sviesa/svetaine/teorija/spektrai/3.1.htm>>
30. Mickevičius D. Cheminės analizės metodai. 1 dalis. Vilnius, 1998 m.
31. T60 (PG Instruments). Interaktyvus. [Žiūrėta 2013-04-02]. Prieiga per internetą <<http://www.labmark.cz/spektrofotometry-fluorometry-bioprosesory/t60/>>
32. Buika, G. Getautis, V. Martynaitis, V. Rutkauskas, K. „Organinių junginių spektroskopija“, p. 17 – 22

33. Lauruska V. Fizikos laboratoriniai darbai. Skysčio lūžio rodiklio matavimas refraktometru. Interaktyvus. [Žiūrėta 2013-04-02]. Prieiga per internetą <<http://techno.su.lt/~lauruska/>>

## PAVEIKSLAI

1 pav. Trys ašarų plėvelės sluoksniai. Ašarų plėvelės sandara.....	9
2 pav. Ašarų gamybos taškai.....	11
3 pav. Sausų akių simptomai.....	13
4 pav. Taisyklės, kaip lašinti dirbtines ašaras į akis.....	18
5 pav. Elektromagnetinių bangų spektras.....	25
6 pav. Šviesos sugertis labai ploname medžiagos sluoksnyje.....	30
7 pav. Praėjusios per medžiagą ir kritusios šviesos intensyvumų santykio priklausomybė nuo medžiagos sluoksnio storio skirtingiems sugerties koeficientams. $K_{\lambda_1} > K_{\lambda_2}$ .....	30
8 pav. Tam tikros medžiagos sugerties koeficiento priklausomybė nuo bangos ilgio.....	33
9 pav. Principinė sugerties spektrometro schema.....	34
10 pav. Spektrofotometras UV-Visible T60 bendras vaizdas.....	36
11 Pav. Spektrofotometro UV-Visible T60 optinė schema.....	37
12 pav. Kvarcinio stiklo kiuvetė.....	37
13 pav. Abės refraktometras.....	42
14 pav. Refraktometro optinė schema.....	43
15 pav. Dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės.....	44
16 pav. Dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės regimojo spektro srityje (400 nm – 750 nm).....	45
17 pav. Dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės UV srityje.....	45
18 pav. Comfort drops dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės.....	46
19 pav. Renu dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės.....	46
20 pav. Ocuflach dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės.....	47
21 pav. Systane Ultra dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės.....	47
22 pav. Optive dirbtinių ašarų spektrinio pralaidumo kreivės.....	48
23 pav. SensiVit dirbtinių ašarų (su konservantais gelis) spektrinio pralaidumo kreivės.....	48
24 pav. Aquify dirbtinių ašarų (be konservantų tirpalas) spektrinio pralaidumo kreivės.....	49
25 pav. Dirbtinių ašarų lūžo rodiklis.....	50

## LENTELĖS

1 lentelė. Ultravioletinių spindulių klasifikacija.....	26
2 lentelė. Tyrime naudotų dirbtinių ašarų savybės.....	39
3 lentelė. Dirbtinių ašarų lūžio rodikliai .....	49