

## 8. FOTOMATERJALID

LUGENUD LÄBI SELLE PEATÜKI:

- » tead, mis on fotograafia;
- » saad ülevaate fotomaterjalidest ja fotograafia põhilistest tehnoloogiatest;
- » tead, millised on põhilised fotomaterjalide kahjustused.

Visuaalse informatsiooni jäädvustamisel on peaaegu asendamatu roll täita fotograafial. Küllaltki suur osa meie kultuurist on jäädvustatud fotograafiliselt kas siis kujutiste või tekstidena (mikrovormid). Võrreldes pabermaterjalidega on fotod reeglina kiiremini vananevad ja märksa tundlikumad keskkonningimuste suhtes. Fotomaterjalide säilitamine nõuab seega erilist tähelepanu.



### 8.1. FOTOMATERJALIDE AJALUGU

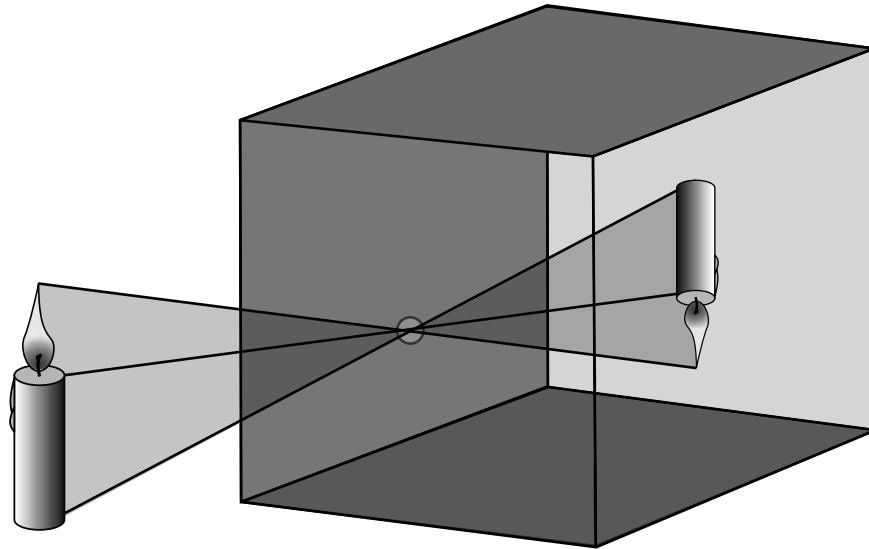
FOTOGRAAFIA (kr k *phos* valgus, *grapho* kirjutun) on kogum protsesse, millega fotomaterjalidele tekitatakse valguse mõjul kujutis. Kujutis projitseeritakse fotoaparaadi abil valgustundliku materjaliga kaetud pinnale. Valgustundlikus materjalis tekib varjatud e latentne (sillega nähtamatu) kujutis, mis järgneva keemilise töötusega muudetakse nähtavaks ja valguskindlaks. Seda protsessi nimetatakse negatiivprotsessiks ning saadud kujutisel – negatiivil – on objekti pinna heledus tegelikule vastupidine. Objekti tumedad kohad on negatiivil heledad ja vastupidi. Loomuliku tonaalsusega fotokujutise – positiivi – saamiseks projitseeritakse negatiivkujutis uuesti fotomaterjalile ning tekkinud varjatud kujutist töödeldakse uuesti keemiliselt (positiivprotsess). Pöördfotomaterjalidele saab tekitada positiivi vahetult.

FOTOMATERJALID on materjalid, mida kasutatakse fotokujutiste tekitamiseks, valgustundlikuks aineks on enamikul juhtudel hõbedasoolad. Hõbedata fotomaterjalid sisaldavad valgustundliku komponendina kolmevalentse raua sooli, dikromaate, diasooniumi sooli. Eristatakse mustvalge ja värvilise kujutise tekitamiseks ettenähtud fotomaterjale. Et erinevad fotomaterjalid nõuavad erisuguseid säilitustingimusi, on küllaltki oluline nende identifitseerimine. Veelgi olulisem on erinevate fotomaterjalide eristamine konserveerimisel.

Fotograafiaks on seega vajalik:

- > mingi optiline seade kujutise projitseerimiseks;
- > valgustundlikud ained.

Fotoaparaadi ajalugu on pikem kui fotograafia ajalugu. Juba ARISTOTELES (384–322 eKr) avastas u 350. aastal eKr läbi väikese ava kujutise tekkimise põhimõtte. CAMERA OBSCURA't ehk siis pimekambrist kirjeldas IBN AL-HAITHAM juba 10. sajandi lõpus. Tegemist oli pimedas ruumis, mille seinas olev väike ava andis vastasseinal ümberpööratud tõelise kujutise ava ees olevatest valgustatud esemetest või maastikust (joonis 22). Ava vastas olev sein valmistati mattklaasist või õliga immutatud paberist, et kujutist oleks võimalik väljastpoolt vaadata. Et kujutis oleks selgem ja teravam, lisati pimekambrile kõigepealt objektiiv (1550. aastatel Giordano Bruno) – kumerlääts või läätsede süsteem, ning siis objektiivile teravussügavuse suurendamiseks diafragma (1568. aastal Daniel Barbaro). 17. sajandil võttis saksa munk JOHANN ZAHN kasutusele portatiivse camera obscura, kus kujutis peegeldati aparaadi ülaküljel asuvale klaasile ja pöörati peegli abil õigeks. Mis puudutab VALGUSTUNDLIKKE AINEID, siis nende ajalugu ulatub samuti kaugele minevikku. Hõbenitraati ( $\text{AgNO}_3$ ) uuris ALBERTUS MAGNUS u 1200. aastal. Loodusliku hõbekloriidi ( $\text{AgCl}$ ) avastas GEORG FABRICIUS 1565. aastal. Tegelikult loetakse hõbedasoolade valgustund-



Joonis 22. Kujutise tekkimine camera obscura's.

likkuse avastajaks Saksa arsti JOHANN HEINRICH SCHULZE, kes avastas 1727. aastal hõbenitraadi tumenemise valguse toimet.

Fotograafia alguseks loetakse prantslase LOUIS JACQUES MANDE' DAGUERRE'I (1787–1851) poolt leiutatud meetodit kujutise jäädvustamiseks metallplaadile. Esimese püsiva fotokujutise sai aga hoopiski JOSEPH NICEPHORE NIEPCE (1765–1833) 1826. aastal. Ta segas asfaldi hõbeda sooladega ja seejärel kattis petroolis lahustatud asfaldiga klaasplaadi ning eksponeeris *camera obscuras*. Tumedates kohtades asfalt kõvastus, valged pinnad jäid pehmeks ning lahustati sandliõli ja petrooli seguga välja. Tegemist oli väga vähevalgustundliku meetodiga, ekspositsiooniaeg küündis 8 tunnini. Kunstnik Louis Daguerre oli Niepce avastusest väga huvitatud ja meetodi arendamiseks löid nad ühisettevõtte. Pärast Niepce surma 1833. aastal jätkas Daguerre katseid ning võttis asfaldi asemel kasutusele hõbetatud vaskplaadi. Vaskplaadi ühele poolele kantud hõbedakiht puhastati ja poleeriti pimsskivipulbri ja oliiviõliga niisutatud puuvillatampooniga ning asetati seejärel hõbedakihi alla pimedasse kasti joodikristalle sisaldava anuma kohale. Joodiaurud reageerisid hõbedaga ning moodustus valgustundlik hõbejodiidikiht. Ettevalmistatud plaat asetati kaamerasse ning säritati umbes paarikümne minuti kestel, mille tulemusena tekkis plaadi pinnale varjatud kujutis. Valgustatud plaat pandi kasti, mille põhjas oli altpoolt soojendatav nõu elavhõbedaga. Kuumutamisel eralduvad elavhõbedaurud reageerisid hõbejodiidiga, moodustades valge elavhõbeamalgami. Sellest tekkisid seni varjatud kujutise heledad pinnad. Kohtades mis säritamisel jäid valgusest puutumata, ei tekkinud amalgaami ning puhas hõbejodiid lahustus järgnenud kinnitusprotsessi ajal keedusoolalahuses (hiljem kasutati naatriumtiosulfaati). Paljastunud kohad metallplaadil moodustasid kujutise tumedad pinnad. Sellise tehnoloogia tulemusena saadi kindla valguse langemisnurga all nähtav üliõrn peegelpildina vahetatud pooltega positiivkujutis. Olenevalt valgustus- ja vaatlusnurgast paistab saadud fotokujutis korruga nii positiivi kui ka negatiivina. Daguerre ristas leiutise oma nime järgi DAGERROTÜÜBIKS e DAGERIKS (pr k *daguerre'otypie*). 7. JAANUARIL 1839 tehti avastus Prantsuse Teaduste Akadeemias avalikuks. Seda loetakse ka ametlikuks fotograafia sünnipäevaks.

Hoolimata kallidusest muutus dagerrotüüp algul Euroopas ja siis ka Ameerikas väga populaarseks portreeterimismeetodiks. Nii näiteks müüdi 1847. aastal Prantsusmaal 2000 kaamerat ja pool miljonit plaati. Dagerrotüüpe valmistati peamiselt ajavahemikul 1839–60. Dagerrotüübid esitatakse alati kas raamitult või ilukarpi paigutatult. Harilikult on nad mõõtmetega 8×10cm. Nende pind on väga õrn ning kriimustub kergesti. Eesti muuseumides leidub paarkümmend dagerrotüüpi, enamik nendest on valmistatud väljaspool Eestit. Esimene kaamera toodi Tallinna Pariisist juba 1840. aastal. Vanim dagerrotüüp, mis Eestis teada, pärineb aastast 1844. Seni teadaolev vanim Eestis tehtud dager asub Paide koduloomuuseumis – tehtud umbes 1850. aastatel.

Samal ajal Daguerre iga hakkas fotograafiaalaste katsetega tegelema ka inglise füüsik WILLIAM HENRY FOX TALBOT (1800–77). Talbot avastas meetodi, kuidas muuta paberit valgustundlikuks. Hea kirjutuspaber kasteti nõrka soolalahusesse ning seejärel, pärast kuivatamist kaeti hõbenitraadilahusega. Sellisele paberile asetatud esemete valgustamisel tekkis paberile nende negatiivne siluett. Kujutise kinnitas Talbot tugevas soolalahuses või naatriumtiosulfaadi lahuses. Sel viisil saadi negatiivne fotokujutis. Positiivi saamiseks muudeti paber läbipaistvaks vedela paraafiini abil ning tehti kontaktkopeerimise teel positiiv, seega sai ühte pilti piiramatult paljundada, mis näiteks dagerrotüübi puhul oli võimatu. Talboti leiutus pani aluse positiiv-negatiivprotsessile. 31. jaanuaril 1839. ilmus Talboti artikkel Kuningliku Instituudi toimetistes, milles ta teatab fotopaberi valmistamisest ja erinevate kinnistite kasutamisest. Saadud fotosid nimetas Talbot KALOTÜÜPIDEKS (kr k *kalos* – kaunis, *typos* – kujutis), tänapäeval tuntakse neid leiutaja nime järgi TALBOTÜÜPIDENA. Kalotüüpiat kasutati küllaltki lühikese ajavahemiku vältel aastatel 1840–51. Kasutatud fotopaberit tuntakse SOOLAPABERI nime all, tegemist on õhukese mati paberiga, kus valgustundlik kiht on vahetult paberpõhimikule kantud. Tartu Ülikooli Raamatukogus säilitatakse 21 Talboti originaaltööd.

1847. aastal võttis CLAUDE FELIX ABEL NIEPCE DE SAINT-VICTOR (1805–70) negatiivi tarvis kasutusele klaasplaadi, millel valgustundliku kihi sideaineks oli kaaliumjodiidi sisaldav muna-valge. Hõbedasoolade (hõbenitraadi) äädikhappelisse lahusesse asetamisel muutus plaat valgustundlikuks ja albumiin vees lahustumatuks. Pärast säritamist ilmutati plaat gallushappes või pürogallushappes ja kinnistati kaaliumbromiidiga ning saadi negatiiv klaasil. Sõltuvalt ilmutamisest olid negatiivid kas punakasvioletsed või kastanpruunid. Valmistati ka positiive. Sellisel viisil valmistatud fotoplaate kutsutakse ALBUMIINPLAATIDEKS. Meetodit kasutati suhteliselt vähe kuni 1850. aastate keskpaigani.

1850. aastal teatas prantslane GUSTAVE LE GRAY ideest kasutada valgustundliku kihi sideainena klaasplaadil kolloodiumit. Meetodit täiustas ning patenteeris 1851. aastal inglise kujur FREDERICK SCOTT ARCHER MÄRGKOLLOODIUMMENETLUSE nime all. Klaasplaat kaeti kolloodiumemulsiooniga, mis sisaldas kaalium- ja ammoniumjodiidi või -bromiidi. Kolloodium on umbes 4%-ne nitrotselluloosi lahus dietüüleetri ja etanooli segus, mis kuivamisel moodustab läbipaistva kile. Kolloodiumemulsioon valati klaasplaadile ja lastakse tarduda sülditaoliseks massiks. Emulsioonikiht muudeti valgusetundlikuks kastmisega hõbenitraadi lahusesse, mille tulemusena tekivad valgusetundlikud hõbebromiid ja hõbejodiid. Pärast säritamist ilmutati plaat pürogallushappe vesipiirituslahuses ning kinnitati naatriumtiosulfaadi lahuses. Meetod võimaldas saada väga väikese teralisusega ja suure lahutusvõimega klaasnegatiive. Märgkolloodiummenetlusel saadud fotomaterjalid olid ka märksa valgustundlikumad eelnenutest – ekspositsioonijad lühenesid sekunditele.

Kolloodiummenetlus võimaldas teha fotosid erinevatele alusmaterjalidele:

- **AMBROTÜÜP** on nõrgalt alavalgustatud negatiiv klaasil, mis mustale aluspõhjale paigutatult näib positiivina. Tegelikuses tumedad kohad on negatiivil heledad ja tegelikuses mustad pinnad on negatiivil täiesti läbipaistvad. Neid eksponeeritakse tavaliselt raamitult või ilukasti paigutatult. Kirjeldatud tehnikat kasutati fotode valmistamisel kuni 1880. aastateni. Ambrotüüpide valmistamine oli odav ettevõtmine (tehti ju vaid negatiiv) ning seepärast levis ta laialt keskklassi seas. Eestis on teada üle 10 ambrotüübi.
- **FERROTÜÜPIDE** saamiseks kanti valgustundlikuks muudetud kolloodiumlahus mustaks või pruuniks lakitud metallplaadile. Kolloodiumlahus koosnes alkoholist, eetrist, ammoniumjodiidist, kaadmiumjodiidist, kaadmiumbromiidist ning trinitrotselluloosist. Valgustundlikuks muudeti hõbenitraadi lahusega. Ilmutamisel kasutati raudoksalaati ning ilmutamisel saadi plekile otsekohe positiivne kujutis. Kujutis tekkis plekile positiivsena samal põhimõttel, nagu muutus positiiviks tumedale aluspõhjale asetatud negatiiv (ambrotüüp). Säritamisel vähe või üldse mitte valgust saanud kohad emulsioonis ei reageerinud ilmutamisele ning pesti kinnitamisel maha. Kinnistati kaaliumtsüaniidi lahusega. Nähtavale ilmus pleki tume pind. Valgustatud kohtades aga tekkis ilmutamisel hele hõbedaühend ning niiviisi moodustuski kujutis. Piltide kvaliteet ei olnud kõrge, sest kujutise heledad pinnad jäid halliks või kollaseks (foto 14). Oskuslikul töötlemisel saadi aga küllaltki kvaliteetseid pilte. Ferrotüübid pärinevad aas-

tatest 1853–80. Neid kasutati siiski veel ka 20. sajandi alguses, näiteks rannafotode tegemisel. Eestis on säilinud umbes 50 ferrotüüpi.

Kui Niepce de Saint-Victor võttis 1847. aastal kasutusele kujutise kvaliteeti tunduvalt parandava albumiinnegatiivi, oli täiesti loogiline, et üritati valmistada ka albumiinpaberit positiivkoopiateks. **ALBUMIINPABERI**, mida sai kasutada positiivkoopiate valmistamiseks, leiutas prantslane **LOUIS-DESIRE BLANQUART-EVRARD**, kes teatas oma avastusest 27. mail 1850. Prantsuse Teaduste Akadeemias. Paber kaeti naatriumkloriidi või ammooniumkloriidi sisaldava munavalgega ning muudeti hõbenitraadiga valgustundlikuks. Tööstuslikult vabrikutes valmistatuna ilmusid albumiinpaberid 1855. aastal ning neid kasutati laialdaselt ajavahemikul 1860–90. Seguga kaetud kuiv paber osteti kauplusest ning fotograafil oli vaja vaid see muuta valgustundlikuks asetamisega hõbenitraadilahusesse. 1850. aastateks jõuti paberfoto väga hea kvaliteedini: albumiinklaasnegatiivist albumiinpaberile kopeeritud pilt andis terava joonisega ning hea läbitöötusega kujutise. Järsult vähenes dagerrotüüpide tegemine ja pabernegatiivide kasutamine. Valdav enamik 19. sajandi teisel poolel tehtud fotosid ongi albumiinpaberil. Albumiinpaberi põhimik on väga õhuke, temperatuuri ja õhuniiskuse muutudes tõmbuvad servad otsekohe kaardu. Seepärast kleebiti foto alati paksule papile (foto 15). Tonaalsus varieerub varasemast punakaspruunist hilisema sinakashallini, olenedes toonimiseks kasutatud kemikaalidest ja meetoditest.

**KOLLOIDIUMPABER** e tselloidiinpaber võeti kasutusele 1867. aastal ja kasutati kuni 1950. aastateni Valgustundlikus kihis oli sideaineks kolloodium. Paberi tegemisel lisati kolloodiumile sidrunhappe lahust alkoholis ning veevaba kaltsiumkloriidi glütseriini ja alkoholi lahuses. Seejärel lisati pimedas väikeste osade kaupa hõbenitraadi lahust ja eetrit. Paber on mitu korda valgustundlikum võrreldes albumiinpaberiga. Põhimiku ja kolloodiumikihi vahel on tselloidiinpaberil barüüdikiht. Barüüt on peendisperseeritud baariumsulfaat, mis saadakse baariumsulfiidi ja baariumkloriidi vesilahuste segamisel naatriumsulfaadiga. See on keemiliselt püsiv, heade adsorptsiooniliste omadustega. Barüüdikiht kaitseb emulsiooni kahjustavate kemikaalide eest mis võivad eralduda põhimikuks kasutatud pabermaterjalist. Samuti muudab barüüdikiht emulsioonialuse pinna siledaks ja ühtlaseks ning suurendab paberi heledust ja läiget (foto 16).

Alates 1850. aastate keskpaigast kuni 1880. aastateni valmistati suurem osa fotonegatiive kolloodiumemulsiooniga kaetud klaasplaatidele. Meetodi puudusteks olid kolloodiumikihi väike valgustundlikkus ning vajadus töötada märja fotomaterjaliga. Kui hõbejodiidikristallid kuivasid, kaotasid nad valgustundlikkuse, nii et plaat pidi saama säritatud ja ilmutatud selle ajaga, mil kolloodium klaasi pinnal niiskena püsis.

Märgkolloodiummenetlust püüti 1850.–60. aastatel mitmeti täiustada. **HÕBEBROMIIDŽELATIIN-EMULSIONIGA** klaasplaadid (foto 17) – kuivmenetluse – võttis 1871. aastal kasutusele inglise arst Richard Leach Maddox. Tööstuslikult hakati neid valmistama 1873.–74. aastal. Hõbebromiidželatiinemulsiooniga kaetud paber võeti kasutusele 1880. aastatel.

1884. aastal leiutati **NEGATIIVPABER** – rullfilm, millele valgustundliku emulsioonikihi (hõbebromiidželatiinemulsioon) kandjaks oli paber. Pärast ilmutamist töödeldi paberit kuumas kastoorõlis, see muutis paberi läbipaistvaks. Klaasnegatiividega võrreldes oli neil kujutise teravus väiksem, sest paberit ei olnud võimalik teha niisama läbipaistvaks ja selgeks. Samas olid need aga palju odavamad ning neid sai kergesti pliatsi ja tuššiga retušeerida. Veelgi parema negatiivi saamiseks võeti 1885. aastal kasutusele rullfilm (*Eastman American Film*), millel paber oli vaid alusmaterjaliks. Valgustundlikku emulsiooni hoidis paberil kinni õhuke želatiinist vahekiht, mis pärast filmi ilmutamist soojas vees pehmenes ning võimaldas eraldada kujutist kandva negatiivfilmi aluspaberist. Emulsioonikiht asetati klaasile ning tehti pilt. Töötlemine toimus vabrikus, st pärast pildistamist saadeti aparaat vabrikusse, kus tehti valmis pildid ning laeti aparaat uuesti.

**TSELLULOIDFILMI** (nitrotselluloos) võttis 1887. aastal kasutusele inglase **HANNIBAL GOODWIN**. Nitrotselluloosfilm on tehtud mono- ja dinitrotselluloosi segust ehk kolloksüliinist. Esimesed kinofilmid, mis ilmusid 1895. aastal, olidki nitraatalusel. Tselluloidfilm oli väga heade mehaaniliste ja optiliste omadustega, kuid samal ajal keemiliselt väga ebastabiilne ning kergesti süttiv. Kuni 1950. aastateni baseerus tselluloidfilmil kogu kinotööstus. Nitrotselluloosi tootmine lõpetati USA-s 1951. aastal ning teistes maades kusagil 1960. aastatel. 1920. aastatel võeti kasutusele ka märksa stabiilsem ja vähem tuleohtlik tselluloosdiatsetaatfilm, kuid ka selle üldomadused

olid märksa halvemad. Teise maailmasõja järgselt ilmusid turule tselluloostriatsetaat ja polüester (1955–56), mis tõrjusid nitrotselluloos- ja diatsetaatfilmid kõrvale.

#### FAKTIKAST: FILM JA FOTOPABER

Terminiga «FILM» tähistatakse fotograafias painduvale läbipaistvale põhimikule ehk alusele kantud valgustundliku fotoemulsiooniga fotomaterjali. Fotograafias kasutatakse 16 ja 61,5 mm laiust perforatsioonimata ning 35 mm laiust perforatsiooniga rullfilmi ja tasafilmi (9×12, 10×15, 13×18, 18×24, 24×30 ja 30×40 cm) (foto 18). Kinematograafias kasutatakse ühepoolse perforatsiooniga 8 mm ühekordset (1×8 mm) ja kahepoolse perforatsiooniga kahekordset (2×8 mm) kitsasfilmi, ühe- ja kahepoolse perforatsiooniga 16 mm ühekordset (1×16 mm) ning kahepoolse perforatsiooniga kahekordset (2×16 mm) kitsasfilmi, 35 mm normaalfilmi ja 70 mm laifilmi.

Filmid koosnevad polümeersest põhimikust, mis mustvalgete negatiivfilmide korral värvitakse harilikult halliks või violetseks, et vähendada peegeldumisoreoole. Vastavalt põhimikumaterjalile eristatakse järgmisi filme:

- > nitrotselluloosfilmid;
- > atsetaatselluloosfilmid;
- > polüesterfilmid.

Põhimikule on kantud valgustundlike hõbedaühendeid sisaldav emulsioonikiht. Emulsioonikihi võidakse hõbedasoolade asemel kasutada valgustundliku komponendina ka raua-, kroomi-, diasooniumi- vm ühendeid.

Emulsioonikihi ja põhimiku vahel paikneb neid siduv aluskiht (paksusega umbes 1µm), mis koosneb pargitud želatiinist. Aluskiht on läbipaistev, värvuseta ja emulsiooni suhtes keemiliselt inertne. Negatiivmaterjalide aluskiht kaetakse mõnikord värvilise oreoolivastase kihiga. Oreoolivastane kiht koosneb želatiinist ja suure spektraalneelavusega ainetest (hall kolloidhõbe või mitmesugused värvained).

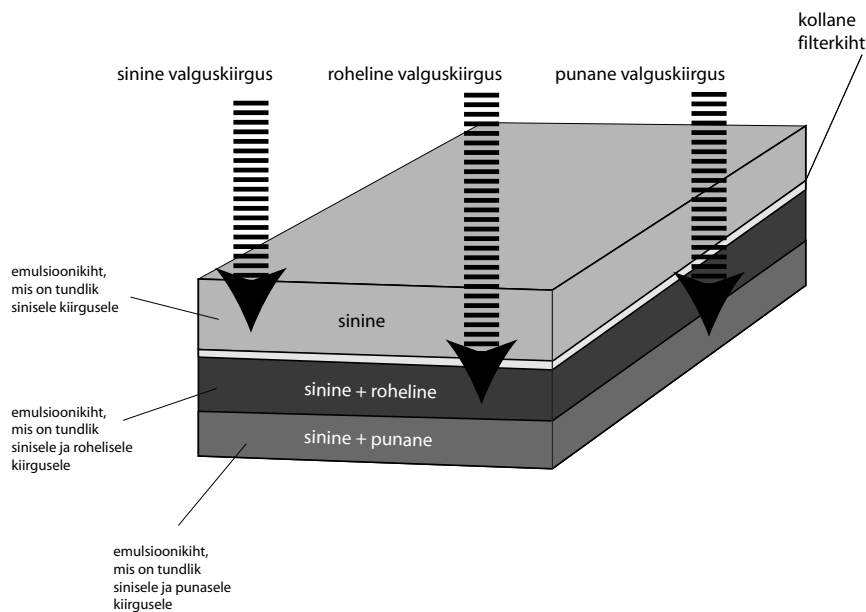
Põhimiku tagakülg on kaetud keerdumisvastase kihiga, mis takistab filmi keerdumist kuivamise ajal. Keerdumisvastase kihi moodustab õhuke želatiinikiht, mis osadel filmidel on värviline, et vältida peegeldumisoreoolide teket.

FOTOPABER koosneb paberimassist põhimikust, millele on kantud valge peegeldav vahekiht (barüüdiikiht) ning sellel omakorda valgustundlik emulsioonikiht.

Emulsioonikiht (0,006–0,012mm) koosneb želatiinis suspendeeritud valgustundlikest hõbehalogeenidikristallidest ja mitmesugustest stabiliseerivatest ühenditest, mis takistavad emulsiooni vananemist. Matt- ja poolmattpaberite emulsioonikihti on lisatud mateerivaid aineid.

Alates 1960. aastatest hakati paberi pinda katma polüetüleeniga. Mustvalged polüetüleenpaberid ilmusid esmakordselt laialdaselt kasutusele 1970. aastatel. Tänapäeval on seda tüüpi paberid valdavad. Paberi tagakülg kaetakse läbipaistva polüetüleenikihiga. Sageli trükitakse paberile kerge hallika tindiga tootja nimi. Esiküljel titaanoksiidiga (TiO<sub>2</sub>) valgeks muudetud polüetüleen. Kasutatakse ka polüestriga kaetud pabereid, mis tulid kasutusele 1980. aastatel. Polüesterkatted on tunduvalt vastupidavamad võrreldes polüetüleeniga.

- = VÄRVIFOTOMATERJALID. Praktiliselt kasutatavad värvifotod ilmusid 1930. aastatel, kui leiutati kolmekihilised värvifotomaterjalid. Värvusfotograafias kasutatakse kolmekihilist valgustundlikku fotomaterjali. Ülemine emulsioonikiht on tundlik spektri sinise, keskmine sinise ja rohelise ja alumine sinise ja punase osa suhtes. Pildistamisel säritatakse keskmine kiht ainult rohelise kiirgusega, sest sinise kiirguse neelab ülemise ja keskmise kihi vahel paiknev kollane filterkiht, samal põhjusel säritatakse alumine kiht ainult punase kiirgusega (joonis 23). Nii tekib ühekordse säritamise tulemusena filmi kihtides kolm peitkujutist. Värvilmutamisel moodustavad peitekujutised kolm lahutatud värvuste täiendvärvustes negatiivkujutist, mis koosnevad vastavalt kollasest, purpurselt ja taevassinisest värvainest. Seega koosneb kujutis värvinegatiivil objekti värvuste täiendvärvustest (punased esemed kujutuvad taevassinistena, rohelised purpursetena ja sinised kollastena). Värviline kujutis tekib ilmutusaine oksüdatsiooni saaduste reageerimisel fotomaterjali emulsioonikihis olevate värvikomponentidega (nn mittedifundeerivate komponentidega) või ilmutisse sisestatud värvikomponentidega (nn difundeerivate komponentidega). Säritatud alas



Joonis 23. Kolmekihiliste värvifotomaterjalide ehitus.

redutseerub hõbehalogeniid ilmutusaine toimel metalliliseks hõbedaks (tekib mustvalge kujutis), kusjuures ilmutusaine ise oksüdeerub. Ilmutusaine oksüdatsiooni saadused toimivad värvikomponentidesse, moodustades värvaineid, mille kogus on võrdeline kujutises sisalduva hõbeda hulga. Värvained ladestuvad metallilise hõbedaga kaetud kujutiseosadele. Tekkiv värviline kujutis ühtib mustvalge kujutisega. Edasisel töötlemisel pleegiti ja kinnistiga muutub metalliline hõbe lahustuvaks ühendiks, mis kõrvaldatakse pesemisel ning emulsioonikihti jääb ainult värvainest kujutis. Värviliselt negatiivilt saadakse kolmekihilisele positiivmaterjalile värvipositiivid. Need taasloovad objekti värvuse kolme värvilise (kollase, purpuse ja) osakujutise abil.

## 8.2. FOTOMATERJALIDE VANANEMINE JA KAHJUSTUMINE

Fotodokument koosneb tavaliselt aluspinnast ja fotokujutist sisaldavast kihist, mis mõlemad reageerivad nii töötlemisprotsessidele kui ka väliskeskkonna mõjudele.

Fotomaterjalide kahjustusi võib jagada:

- > mehaanilisteks;
- > keemilisteks;
- > bioloogilisteks.

≡ MEHAANILISTE KAHJUSTUSTE hulka kuuluvad kõikvõimalikud deformatsioonid, põhimiku purunemine, praod, kriimustused, murrud jms. Mehaanilised kahjustused on iseloomulikud just fotomaterjalide põhimikele. Mehaaniliste kahjustuste hulka loetakse ka pinna määrumus.

≡ KEEMILISED KAHJUSTUSED mõjutavad nii kujutist moodustavat valgustundlikku kihti, sideainekihti kui ka põhimikku. Dagerrotüüpidele on iseloomulikud korrosioonikahjustused. Filmide alusmaterjalid (tselluloosriatsetaat ja nitrotselluloos) hüdroolüüsuvad niiskuse toimel. Nitrotselluloos on väga ebastabiilne, süttib kergesti, sealhulgas ka iseeneslikult. Vananemisel keerdub film kokku ja kortsub, muutub pehmeks ja kleepuvaks, kujutis pleekub ning muutub kollakaspruuniks, lõpptulemuseks on emulsioonikihi täielik lagunemine. Isegi heades hoiutingimustes ei ületa nitrotselluloosalusel filmi eluiga 50–75 aastat. Siiski ei ole kõikide nitrotselluloosfilmide eluiga ühesugune. Mõned uuringud on näidanud, et osa nitraatfilmide eluiga ületab isegi tselluloosriatsetaatfilmide oma.

Nitrotselluloosfilmide lagunemisele on iseloomulik:

- > lämmastikhappelõhn (lagunemisel eraldub lämmastikdioksiid, mis annabki happelõhna);
- > kujutise tuhmumine;

- > põhimiku muutumine kollaseks;
- > emulsioonikihi muutumine kleepuvaks;
- > filmirulli muutumine ühtlaseks tahkeks massiks;
- > lagunemine pruuniks pulbriks.

Nitrotselluloosfilm ei lagune ühtlaselt, mõned filmiosad võivad jääda suhteliselt terveks, samal ajal kui teised on juba täiesti lagunenu. Samuti on väga suured erinevused erinevate nitrotselluloosifilmide vahel. Vaatamata oma keemilisele ebastabiilsusele on viimased uuringud näidanud, et sobivates hoiutingimustes võib nitrotselluloosifilmide eluiga olla küllaltki pikk. Varasem reegel, et tselluloidfilme on võimalik säilitada ainult neid vastupidavamatele materjalidele ümber kopeerides, ei ole kindlasti absoluutne.

ATSETAATTSELLULOOSIST filmialused lagunevad samuti aja jooksul, eraldades seejuures äädikhapet. Lagunemisprotsessi tuntakse ka äädikasündroomina (ingl k *vinegar syndrome*).

Atsetaatfilmide lagunemisele on iseloomulikud järgmised nähud:

- > äädikhappe- (äädika-) lõhn;
- > filmi kokkutõmbumine;
- > filmi kooldumine ja deformeerumine;
- > emulsiooni mõranemine;
- > filmi servadele moodustuvad valged kristallid (plastifikaatori eraldumine filmipõhimiku lagunemisel);
- > emulsioonikihi muutumine kleepuvaks;
- > filmi muutumine kas lõdvaks, lotendavaks või siis omandab film kristallilise struktuuri;
- > mullide ilmumine emulsiooni ja põhimiku vahele;
- > emulsioonikihi eraldumine põhimikult.

Hoidmisel tavalistes toatingimustes (temperatuur 20°C ja õhuniiskus 50%) on tsellulooseterfilmide eeldatav eluiga ligikaudu 100 aastat, tõenäoliselt ka kauem. Sobivad hoiutingimused pikendavad filmi eluiga tunduvalt (sadade aastate võrra).

Äädikasündroomi korral on meil tegemist autokatalüütilise protsessiga, mis tähendab seda, et kui lagunemine on juba alanud, siis see järjest kiireneb, sest lagunemisproduktid kiirendavad reaktsiooni. Kui filmi lagunemine jõuab autokatalüütilisse punkti, kasvab äädikhappe eraldumine eksponentsiaalselt ja samamoodi kiireneb ka filmi lagunemine. Äädikasündroom on «nakkav», seega peab kahjustustunnustega filmid kindlasti füüsiliselt eraldama kahjustamata filmirullidest.

Polüestrist filmialused on nii mehaaniliselt kõige vastupidavamad kui ka keemiliselt stabiilseimad. Polüesterfilmide kahjustumisele on iseloomulik filmi aluse ja emulsioonikihi eraldumine. Polüesterfilmide eluiga sobivates hoiutingimustes ületab viis kuni kümme korda atsetaatfilmide eluiga. Sideainena kasutatakse emulsioonides želatiini. Želatiin laguneb kõrge temperatuuri ja õhuniiskuse toimel. Kui suhteline õhuniiskus on alla 50%, ületab želatiini keemiline stabiilsus tselluloos-triatsetaadi stabiilsuse.

Fotokujutist kahjustavad peamiselt hüdrofüütilised ja oksüdatiivsed protsessid. Kui mustvalge foto on õigesti töödeldud, st tiosulfaadi jääk on normi piirides ning neid säilitatakse keskkonnas, kus ei leidu oksüdeerivaid ühendeid (osoon, lämmastikdioksiid), on mustvalge fotokujutis stabiilne. Õige niiskuse režiim on eriti tähtis võimalike saasteainete (osoon, sulfiidid, peroksiidid) olemasolul, sest kõrge õhuniiskuse ja saasteainete koosmõjul kiirenevad oluliselt oksüdatsioonireaktsioonid.

Fotokujutist sisaldavat emulsioonikihti mõjutavad oluliselt fotode töötlemisprotsessi iseärasused. Kõik emulsioonis olevad hõbedasoolade kristallid peavad töötlemisprotsesside kestel muutuma või elimineeruma. Sageli on lõplikul fotokujutisel hõbedasoolade jälgi, mis aja jooksul tõmbuvad mustaks ja muudavad sellega kujutist. Kui kinnisti ei ole korralikult eemaldatud, tekivad kollakaspruunid hõbesulfiidi plekid. Lohakal töötlemisel (kinnisti on sattunud ilmutisse) tekkinud dikroidne looristus paistab läbi negatiivi vaadates punakas-kollakas, pealt vaadates rohekas või sinakas. Hall loor tekib tavaliselt kaltsiumisoolade liigsuse tõttu vees. Mustvalgete fotode korral moodustub kujutis metallilise hõbeda osakestest, mis iseenesest on stabiilsed. Õigesti töödeldud mustvalgete filmide ja fotode säilivus on küllaltki pikk. Värvuskujutise säilivus on tunduvalt halvem. Värvuskujutis moodustub hõbedast märksa vähem stabiilsetest orgaanilistest värvainetest,

mis kipuvad iseenesest lagunema. Hüdrolüütiliste protsesside korral reageerivad värvained õhuniiskusega ning lagunevad. Hüdrolüüs toimub ka pimedas säilitatavate fotomaterjalide korral. Väga oluliselt mõjutab seda protsessi temperatuur. Vananemistunnusteks on värvitiheduse muutused ning mitmesuguste plekkide ilmumine filmile. Tavaliselt värvid tuhmuvad ning ilmuvad kollakad plekid. Mõne aja jooksul võib kas terve värvuskujutis või selle osavärvused pleekuda. Tavaliselt lagunevad esmalt sinised värvid, mis muudavad kujutise pruunikaskollaseks. Siniste (tsüaan-) värvide lagunemine on omane kõigile värvilistele filmidele. Kollaste värvide muutumine võib olla probleemiks kindlate filmitüüpide korral, ning ka siis on tegemist peamiselt ebaühtlaste kollaste laikude ilmumise, mitte värvi üldise lagunemisega. Värvilised fotomaterjalid on keskkonnaningimuste (temperatuuri, valguse, õhuniiskuse ja saasteainete) toime suhtes märksa tundlikumad võrreldes mustvalgete fotomaterjalidega. Eriti kahjustavalt mõjub valgus, mistõttu värvilisi negatiive tuleb igal juhul hoida pimedas. Sageli on määrava tähtsusega see, millistest materjali-dest ning kuidas on fotomaterjalid tehtud.

= BIOLOOGILISED KAHJUSTUSED haaravad nii emulsioonikihti kui ka alusmaterjali. Peamisteks kahjustajateks on hallitusseened, bakterid ja putukad. Kahjustuste algstaadiumis toituvad mikro-roseened sageli fotodel leiduvast saastast, mille moodustavad sõrmejäljed, tolmu jms. Mikro-see-nte kahjustusi iseloomustavad tuhmid laigud ja mütseel filmimaterjalidel. Biokahjustuste ilmnemiseks peavad keskkonnaningimused olema soodsad vastavate organismide elutegevuseks. Hallitusseente kasvuks peab suhteline õhuniiskus olema üle 60%.

## ¶ TÄIENDAVAT KIRJANDUST

- Karm, J. 2006. Fotode säilitamisest. *Eesti Rahva Muuseumi aastaraamat XLIX*. Tartu: Eesti Rahva Muuseum, 195–220.
- Konsa, K. 2007. *Artefaktide säilitamine*. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus, 215–226.
- Lavédrine, B. 2003. *A Guide to the Preventive Conservation of Photograph Collections*. The Getty Conservation Institute, Los Angeles.
- Preservation and restoration of moving images and sound*. 1986. FIAF.
- Rahvusarhiivi juhised*. 2003. Fotode, filmide, heli- ning videosalvestiste säilitamine. Tallinn: Rahvusarhiiv.
- Timotheus, H. 2003. *Praktiline keemia II*. Avita, 150–165.
- Tooming, P. 1990. *Hõbedane teekond*. Tallinn: Valgus.
- Wilhelm, H., Brower, C. 1993. *The Permanence and Care of Color Photographs: Traditional and Digital Color Prints, Color Negatives, Slides and Motion Pictures*. Preservation Publishing Company.

## WWW

- Asmer, V. Esimestest piltnikest Eestimaal ja nende fotodest Eesti kultuuriloolises arhiivis (1844–1900). <http://www.kirmus.ee/Asutus/Valjaanded/ekmar/esimest.html>
- Filmiarhiiv. Nõuanded. [http://www.filmi.arhiiv.ee/index.php?lang=est&show=nouanded&sub\\_id=100099](http://www.filmi.arhiiv.ee/index.php?lang=est&show=nouanded&sub_id=100099)
- Fotode, filmide, heli- ning videosalvestiste säilitamine. Rahvusarhiiv 2003. <http://www.ra.ee/juhised/avjuhis.pdf>
- IFLA Core Programme Preservation and Conservation. Care Handling, and Storage of Photographs. <http://palimpsest.stanford.edu/byauth/roosa/roosa1.html>
- Maksifoto. Fotograafiast. <http://www.maksifoto.ee/index.php?main=39>
- Philip Greenspun. History of Photography Timeline. <http://www.photo.net/history/timeline>
- ROBERT LEGGAT. A History of Photography from its beginnings till the 1920s. <http://www.rleggat.com/photohistory/>
- The American Museum of Photography. <http://www.photographymuseum.com/>
- The Library of Congress. Care, Handling, and Storage of Photographs. <http://www.loc.gov/preservation/care/photolea.html>



Tips for Dating Old Photographs. <http://www.classyimage.com/dating.htm>



## KÜSIMUSI JA ÜLESANDEID

- 1) Selgita, miks on oluline fotode säilitamine.
- 2) Mida on vaja fotografeerimiseks?
- 3) Miks ei kasutata tänapäeval enam dagerrotüüpe?
- 4) Selgita, mis on emulsioon.
- 5) Mille poolest erineb kujutise teke mustvalgete ja värvifotomaterjalide korral?
- 6) Miks vananevad fotomaterjalid kiiremini ja kahjustuvad kergemini kui paberdokumendid?