



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND

Materjali- ja keskkonnatehnoloogia instituut

TEKSTIILMATERJALIDE VÄRVIMISE JA
VIIMISTLEMISE PROTSESSID NING NENDE
MÕJU INIMESELE

DYEING AND FINISHING PROCESSES OF TEXTILE MATERIALS AND
THEIR IMPACT ON HUMAN

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Marit Soomets

Üliõpilaskood: 142832 KAOB

Juhendaja: Tiia Plamus

Tallinn, 2017.a.

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

“.....” 201.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetööle esitatud nõuetele

“.....” 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

“.....”201... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Sisukord

Sissejuhatus	6
1. Tekstiilmaterjalide ettevalmistamise protsessid	7
1.1 Lahtimettimine.....	7
1.2 Keetmine.....	8
1.3 Pleegitamine	8
1.4 Optilised valgendajad	9
1.5 Merseriseerimine	9
1.6 Ammoniaagiga töötlemine.....	10
1.7 Bioviimistlus.....	10
2. Tekstiilmaterjalide värvimise protsessid	11
2.1 Värvained.....	11
2.2 Värvid	12
2.3 Perioodiline värvimisprotsess	13
2.4 Pidev värvimisprotsess	13
3. Tekstiilmaterjalide trükimeetodid.....	15
3.1 Trükivärvid	15
3.2 Traditsioonilised meetodid	15
3.2.1 Otsetrükk.....	15
3.2.2 Väljasöövitustrükk.....	16
3.2.3 Reservrükk.....	17
3.3 Siiditrükk	17
3.4 Ülekandega trükkimine.....	18
3.5 Digitaalne tindipritsi trükkimine.....	18
3.6 Trükivärvi fikseerimine ja järeltöötlus	19

4. Tekstiilmaterjalide viimistlemise protsessid	20
4.1 Kortsumisvastane viimistlus	20
4.2 Tuld tõkestav viimistlus.....	20
4.3 Vedelikke ja saasteaineid hülgav viimistlus	21
4.4 Putuka- ja mikroobitõrje	22
4.5 Värvipüsivuse parandamine.....	22
4.6 Antistaatiline viimistlus	23
5. Värvimis- ja viimistlusprotsessides kasutatavad ohtlikud kemikaalid ning nende määramise meetodid	24
5.1 Raskemetallid	24
5.1.1 Plii.....	24
5.1.2 Kroom.....	25
5.1.3 Kroom(VI)	25
5.1.4 Nikkel	26
5.1.5 Kaadmium.....	26
5.1.6 Arseen.....	26
5.2 Formaldehüüd	27
5.3 Tinaorgaanilised ühendid.....	27
5.4 Värvivid	28
5.5 Klooritud benseenid ja toluenid	28
5.6 Polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud.....	29
5.7 Amiinid	29
5.8 Tuld tõkestavad ühendid.....	29
5.9 pH	30
5.10 Värvipüsivus	31

6. Tekstiil- ja rõivamaterjalide värvimisel ja viimistlemisel kasutatavate ohtlike ainete määramise meetodid	32
6.1 Spektroskoopia	32
6.1.1 Massispektroskoopia.....	32
6.1.2 Aatomabsorptsioonspektromeetria	32
6.1.3 Induktiivsidestunud plasma massispektromeetria	33
6.2 Kromatograafia	33
6.2.1 Gaasikromatograafia.....	34
6.2.2 Gaasikromatograafia-massispektromeetria	34
6.2.3 Vedelikkromatograafia	35
6.3 Spektrofotomeetria	35
6.4 pH määramine.....	35
6.5 Värvipüsivuse määramine hõõrdumisele.....	36
7. Katseline osa.....	38
7.1 Vesilahuse pH määramine	38
7.2 Värvipüsivuse määramine hõõrdumisele.....	40
7.3 Kemikaalide kahjuliku mõju vähendamise võimalused	44
Kokkuvõte	47
Kasutatud kirjandus	48
Summary.....	54
Lisad	55
Lisa 1. Katseandmed kuivale hõõrdele.....	55
Lisa 2. Katseandmed märjale hõõrdele.....	57
Lisa 3. Piirnormid ohtlike kemikaalide sisaldusele, pH-le ning värvipüsivusele.....	59
Lisa 4. Katsetes kasutatud T-särgid.....	63

SISSEJUHATUS

Kemikaalide liigne kasutamine tootmises, sealhulgas tekstiilitööstuses, on maailmas tõsine probleem, millele pööratakse järjest rohkem tähelepanu. Kuid sageli ei teadvusta inimesed, et oht nende tervisele võib peituda ka näiteks igapäevastes rõivastes.

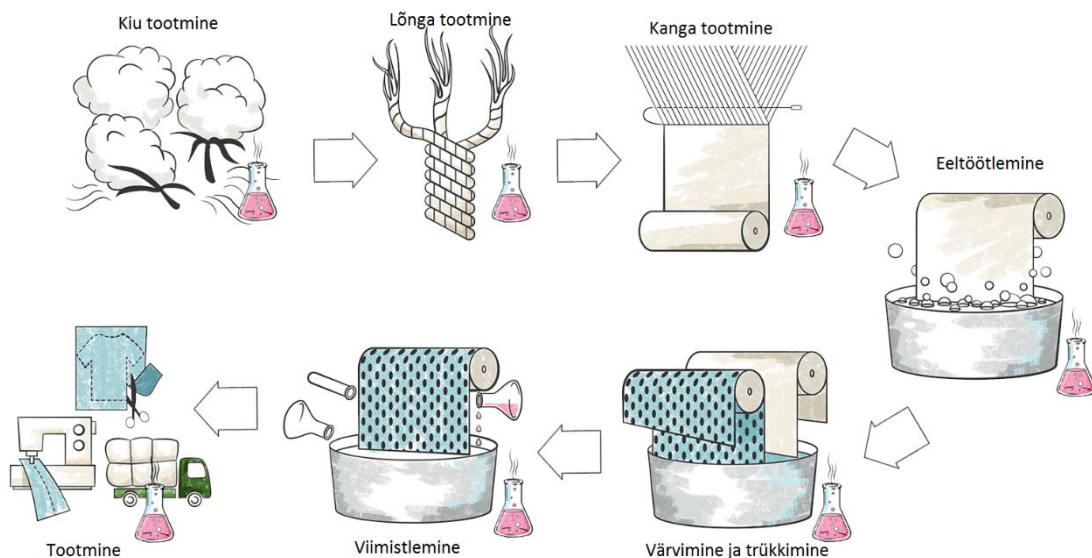
Tekstiilmaterjalide töötlemise käigus läbib materjal mitmeid keemilise töötlemise etappe. Ettevalmistuse, värvimise, trükkimise ja viimistluse käigus antakse materjalile soovitud omadused. Riiete puhul jälgivad inimesed eelkõige hinda ja tegumoodi, vähem aga pööratakse tähelepanu koostisele ja kasutatud kemikaalidele. Materjalidelt, mis on otseses kontaktis nahaga, võivad need ained aga sattuda meie organismi.

Tootmine ja kemikaalide kasutamine tekstiilitööstuses mõjutab otseselt või kaudselt meie tervist. Mitmed meie terviseriskid on seotud toodetega, mis meid ümbritsevad või mida igapäevaselt kasutame. Kemikaalide kahjulikud mõjud ei avaldu sageli koheselt, vaid tulevad ilmsiks alles aastate möödudes. Toodetes kasutatavatele kemikaalidele on seatud küll piirnorme, kuid väga väikestes kogustes lubatakse ohtlikke aineid erinevates toodetes kasutada, kuna ilma nendeta kaotaksid paljud tooted oma kvaliteedis ja efektsuses, näiteks oleksid rõivad vähem vastupidavad, halvemini hooldatavad ja halva värvipüsivusega.

Käesoleva bakalaureustöö eesmärgiks on anda ülevaade tekstiilmaterjalide värvimise ja viimistlemise protsessidest, sealhulgas ka levinumatest ettevalmistamise protsessidest ja trükimeetoditest ning nendes kasutatavate kemikaalide määramise meetoditest ja mõjust inimesele. Töö käigus on eesmärk sooritada ka kaks katset, milleks on vesilahuse pH määramine ja värvipüsivuse määramine hõõrdumisele ning võrrelda saadud väärtusi standardis kehtestatud piirväärtustega, et teada saada, kas jaekaubanduses leiduvad rõivad, antud juhul mustad T-särgid, vastavad ette antud normidele.

1. TEKSTIILMATERJALIDE ETTEVALMISTAMISE PROTSESSID

Enamik tekstiilmaterjale ja kangaid vajavad enne värvimist ja lõppviimistlemist eeltöötlemist. Õige ettevalmistus tagab kangaste hea värvitavuse. Eeltöödelda võib nii kiudu, niiti, kangast kui ka sellest valmistatud toodet. Eeltöötlemise viisi määrab ära kanga, tekstiilmaterjali liik ja viis, kuidas kavatsetakse materjali hiljem värvida või viimistleda. Kuna aga lähtekiud sisaldavad suuremas või väiksemas koguses ebavajalikke või hilisemaid protsesse segavaid kaasaineid, tuleb tähelepanu pöörata kiududele, niitidele ja toorkanga ettevalmistamisele, mille käigus need lisandid eemaldatakse. Joonisel 1 on välja toodud tekstiilmaterjalide töötlemise protsesside järjestus [1], [2].



Joonis 1. Tekstiilmaterjali töötlemise protsesside järjestus [54]

1.1 Lahtimettimine

Lahtimettimine on protsess, mille käigus eemaldatakse lõimelõngadele lisatud mett. Mett eemaldatakse enne värvimist, sest see takistab lõngade kiiret märgumist ja mõjub värvaine absorptsiooniprotsessi aeglustavalt. Metieemaldus on vajalik, et värvid ja viimistlusained kinnituksid nii lõime- kui ka koelõngadele. Kuigi metti lisatakse ainult lõimelõngadele, siis lahtimettimisel töödeldakse tervet materjali. Eristatakse füüsikalist,

bioloogilist ja keemilist metieemaldust, sõltuvalt kasutatud metiainest ja kiu koostisest [2].

Enamik sünteetilisi mette on vees lahustuvad ning on seega kangalt kergesti välja pestavad. Tavalisemad metiained on polüvinüülalkohol, akrüülkopolümeerid ja karboksümetüülselluloos. Meti koosseisu lisatakse määrdeaineid, mida saadakse looduslikest rasvadest ja vahadest. Tavaliselt eemaldatakse määrdeained keeduprotsessi käigus [1].

Keemilisel lahtimettimisel kasutatakse 0,5–1,0% väävelhappe lahust. Metti võib lagundada ka oksüdeerijate abil. Kasutatakse Na-hüpokloritit, H_2O_2 , NaB_2O_2 jt aineid [1].

1.2 Keetmine

Keetmisprotsessi käigus eemaldatakse tekstiilmaterjalidelt neis looduslikult sisalduvad või neile kantud ained, mis takistavad värvimise ja viimistlemise protsesse. Kiud omandavad protsessi käigus püsiva võime märguda ning absorbeerida värv- või viimistlusainet [1].

Puuvillase materjali keeduprotsess toimub keedulahuses, mille tähtsamateks komponentideks on NaOH (10–100 g/l), Na-silikaat (3–5%), pindaktiivne aine (0,5–1,0%) ja Na_2SO_3 , kas rõhu all temperatuuril 130 kraadi 2–12 tunni jooksul (perioodiline protsess) või keedulahusega immutatud kanga kuuma auruga (101–103 kraadi) töötlemisel 60–120 minuti vältel (pidev protsess) [1].

1.3 Pleegitamine

Pleegitamise eesmärk on muuta keemilisel teel värvituks need värvilised ained, mis varjutavad kiudude loomulikke valgedust. Pleegitamine aitab värvimisel saavutada puhtad, ühtlased värvid. Enamus pleegiteid on oksüdeerijad; tegelik pleegitamine tehakse aktiivhapnikuga. Redutseerijaid kasutatakse halvasti värvitud kangastelt värvi eemaldamiseks [1], [2].

Puuvillase ja linase kanga pleegitamiseks aluselises keskkonnas kasutatakse enamikul juhul vesinikperoksiidi H_2O_2 . Peräädikhape CH_3COOOH ja persipelghape $HCOOOH$ on

kasutusel aluselist keskkonda hästi mittetaluvate kiudude pleegitamiseks. Peräädik-
happega pleegitamine on keskkonnasõbralikum alternatiiv vesinikperoksiidile, selle
madalamate temperatuuride, madalama energia- ja veemahukuse ja kiu minimaalsete
kahjustuste tõttu [1], [2].

Tekstiilmaterjalide pleegitamiseks kasutatakse ka hüpokloriteid (OCl^-), kloriteid (OCl_2^-)
ja nende tuletisi. Na-klorit on üks efektiivsemaid looduslike ja sünteetiliste kiudude
pleegitamise vahendeid. Selleks, et viia pleegituslahuse pH alla 3,5–4,5, kasutatakse nn
aktivaatoreid. Nendena kasutatakse erinevaid sooli (CuSO_4), puhveraineid (NaH_2PO_4),
karboksüülhappeid, nende estreid ja taandajaid (CH_2O) [1].

1.4 Optilised valgendajad

Optilisi valgendajaid kasutatakse valkjate kangaste valgendamiseks. Need fluoressents-
valgendajad ei ole pleegitid. Nad imenduvad kiudu ja varjavad kollaka tooni
absorbeerides energiat ultravioletses valguses ja uuesti kiirates seda kui nähtavat valgust.
Optilised valgendajad on kõige efektiivsemad, kui neid kasutatakse koos pleegititega,
kuigi nad asendavad neid. Neid võib samuti lisada mõnede sünteetiliste kiudude
ketruslahusesse, sest pleegiti ei pruugi üksi olla piisavalt tõhus. Optilisi valgendeid saab
kasutada ka matistatud ja matistamata kiudude puhul, sest need ei mõjuta kiudude läiget
[1], [2].

1.5 Merseerimine

Merseerimine on protsess puuvilla ettevalmistamiseks, mille käigus töödeldakse
kangast külmas 15–20% naatriumhüdroksiidi lahuses pinge all. Merseerimise käigus
paisub lame, keerdunud, paelalaadne kiud ümaraks ja tõmbab pikkuses kokku. Kiu
tõmbetugevus suureneb umbes 20%, paraneb afiinsus värvide suhtes, kangas muutub
hügrokoopsemaks ja materjalile tekib siidine läige. Merseerimist teostatakse
tavaliselt kas enne või pärast pleegitamisprotsessi [3].

1.6 Ammoniaagiga töötlemine

Veevaba vedeldatud ammoniaagiga (NH₃) töötlemine on alternatiiv puuvilla ja viskoosi merseriseerimisele. Lõngu või kangast töödeldakse nõrgas ammooniumlahuses kõrgetel temperatuuridel, loputatakse kuuma veega, venitatakse ja kuivatatakse kuuma õhuga. Viimistlus on sarnane merseriseerimisele, kuid on odavam. Vedel ammoniaak märgab kiudu, põhjustades pöörduva pundumise. Töötlemine kestab vaid 1–2 sekundit. Ammoniaaki võib kiududest eemaldada kas kuuma veega töödeldes või kuivatades [1], [2].

Ammoniaagiga töötlemise eeliseks on pehmemad, parema läike ja värvitavusega kangad, mis taastuvad kergemini kortsumisest, samas säilitavad oma tugevuse ja hõõrdumiskindluse ning enamasti ei ole vaja neid kortsumisvastaselt töödelda [2].

1.7 Bioviimistlus

Bioviimistlusega eemaldatakse ensüümtöötlemisega tselluloosi või tselluloosi sisaldusega lõngadelt topid. Seda protsessi kasutatakse kõige sagedamini puuvillaste või puuvilla- ja polüestriseguste kangaste puhul. Bioviimistlus on püsiv töötlus, mis muudab kanga pehmeks, ühtlustab väljanägemist ning vähendab toppe pinnal. Ensüümtöötlemisega eemaldatakse esileulatuvad kiuitsad, mis põhjustavad enamike kedratud lõngade topilisuse. Eemaldades kiuitsad, väheneb ka pillingu teke kasutamisel. Värvid näivad erksamad, sest kanga ühtlane pind ei hajuta valgust nii palju kui topiline pind. See protsess võib aga tuua kaasa kerge tõmbetugevuse vähenemise ning seega võivad mõned tooted olla eraldi märgistatud, näitamaks et on kasutatud bioviimistlust [2].

2. TEKSTIILMATERJALIDE VÄRVIMISE PROTSESSID

Värv on üks tähtsamaid faktoreid tekstiiltoodete välimuses ja turustatavuses. Värvainete keemilised omadused ja viis, kuidas värv on tekstiilmaterjalile lisatud, mõjutavad toote välimust, jõudlust, paindlikkust, kvaliteeti ja maksumust. Värvida võib nii kiudu, lõnga, kangast kui ka valmistoodet, olenevalt toote kvaliteedist, kasutusvaldkonnast või milliseid värviefekte soovitakse saada [2].

2.1 Värvained

Värvaine on üldine nimetus ainete jaoks, mida kasutatakse värvi lisamiseks kangale. Värvained on kas lahustuvad värvid või pigmendid [2].

Pigmentid on lahustumatud värviosakesed, mis kinnituvad kanga pinnale sideainega. Pigmentide abil antakse tekstiilmaterjalile värvus, neil ei ole märgatavat afiinsust kiududega. Nende pealekandmine on kiire, lihtne ja ökonoomne. Kõiki värve saab kasutada kõikidel kiududel, kuna pigmentid kinnituvad mehaaniliselt. Pigmentide kasutamisega võivad tekkida sellised kanga probleemid nagu kõvendus, krooked ja luitumine. Pigmente kasutatakse muuhulgas T-särkidele logode peale kandmiseks [2].

Tint on selline pastataoline pigment, mida on kombineeritud teiste koostisainetega. Pigmente kasutatakse lisaks trükkimisele ka ühevärviliste rõivaste värvimiseks [2], [4].

Värv on kompleksne orgaaniline ühend, mida kasutatakse materjalide värvimiseks neid materjalidega sidudes. Värv koosneb värvi andvatest molekulidest – kromofooridest ja auksokroomidest, mis vähesel määral muudavad värvi. Värvid on molekulid, mis lahustatakse vees või mõnes muus aines selleks, et võimaldada neil tungida kiudude sisse. Kõik mittelahustunud värviosakesed jäävad väljapoole kiudu, kus nad värvivad või valguvad kõrval olevatele materjalidele ja on tundlikud pinna kulumisele. Värvidel on hea värvitugevus, see tähendab, et väike kogus värvi võib värvida suure koguse materjali. Enamus värvidest kinnituvad kiule keemiliselt ja leiduvad seega kogu kius. Värvet kasutatakse kas lahuseks või pastana. Värvipastat kasutatakse trükkimisel. Värvidega trükitud kangad eristuvad sageli selgelt pigmentidega trükitud kangast, sest värvid imuvad rohkem lõngade vahele ja sisse [2], [4].

2.2 Värvivid

Otsevärvid kinnituvad tsellulooskiule otse, ilma abiaineteta. Neil on väga hea afiinsus puuvilla suhtes, kuid siiski lisatakse värvivanni neutraalsed elektrolüüti, keedusoola NaCl või Na₂SO₄, mille toimele värvimisprotsessi kiirus suureneb. Otsevärve kasutatakse põhiliselt puuvilla ja viskooskiu värvimisel [4].

Väävelvärvid on vees mittelahustuvad värvid, mida kasutatakse puuvilla ja lina värvimiseks. Värvide lahustuvateks muutmiseks kasutatakse naatriumhüdrosiidi ja naatriumsulfiidi [3].

Asovärvid on värvained, mis sünteesitakse kiu pinnal ja sisemuses. Tegemist on kahekomponentse värviga. Ühe komponendiga immutatakse kiudaine ja seejärel töödeldakse kiudu teise nn diasokomponendiga. Esimese komponendina kasutatakse tihti naftooli, millel on hea afiinsus tsellulooskiu suhtes [4].

Reaktiivvärvid ehk aktiivvärvid reageerivad kiudude molekulidega moodustades keemilise ühendi. Reaktiivvärve kasutatakse peamiselt tsellulooskiudude värvimiseks [3].

Küüpvärvid on vees lahustumatud pigmendid, mida kasutatakse peamiselt puuvilla, lina ja raioni värvimiseks. Lahustuvaks muutmiseks kasutatakse tugevaid taandajaid [3].

Happevärvideks nimetatakse värve, mille molekulid sisaldavad happerühmi. Happerühmad reageerivad valk- ja polüamiidkiudude aluseliste rühmadega, moodustades orgaanilisi sooli. Happevärve kasutatakse peamiselt villa ja siidi, aga ka atsetaadi ja akrüüli värvimiseks [3], [4].

Aluselised värvid ehk katioonvärvid on värvid, mille molekuli kromofoorne osa on positiivselt laetud. Need katioonrühmad reageerivad happerühmadega vastavalt kas akrüülkiududes, polüestris või valkkiududes ning tekib soodalaadne side [4].

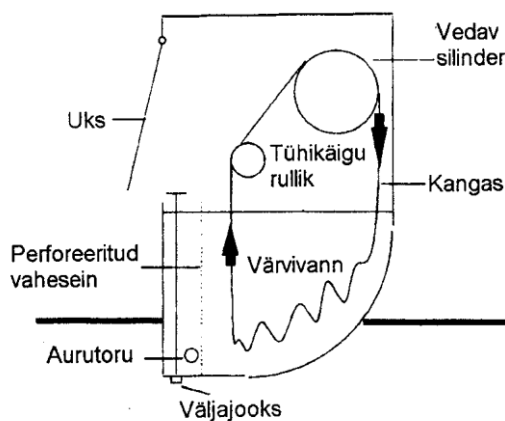
Dispersioonvärvid on vees lahustumatud värvid ning seetõttu dispergeeritakse ülipeente osakestena vette. Dispersioonvärve kasutatakse eelkõige nailoni, tselluloosatsetaadi ja polüestri värvimiseks [4].

Pigmentvärve kasutatakse peamiselt puuvilla värvimiseks. Nad ei oma ühegi kiu suhtes afiinsust, mistõttu nende pealekandmiseks kasutatakse sideaineid, mis kinnitatakse kõrge temperatuuri juures [3].

2.3 Perioodiline värvimisprotsess

Perioodilist värvimisprotsessi nimetatakse ka värvi ülekandumisprotsessiks, sest suhteliselt pika aja jooksul kandub värvaine küllaltki suurest värvilahuse mahust järkjärguliselt üle värvitavale materjalile. Sellise värvimisviisi korral liigub lahuses olev värvaine värvilahusest kiule ja värvivann ammendub mõningatel juhtudel täielikult. Selle protsessiga võib värvida kõiki tekstiilmaterjale, ka valmistooteid. Kõige levinum on trikootažtoodete värvimine.

Riiet ja rõivaesemeid värvitakse tavaliselt masinates, kus liiguvad esemed ning värvainet eraldi ei tsirkuleerita. Kiu, lõnga, niidi ja ka riide värvimine võib toimuda masinates, kus materjal on paigal, aga värvilahust tsirkuleeritakse. Joonisel 2 on toodud atmosfäärirõhul töötava värvipaagi skeem [4].



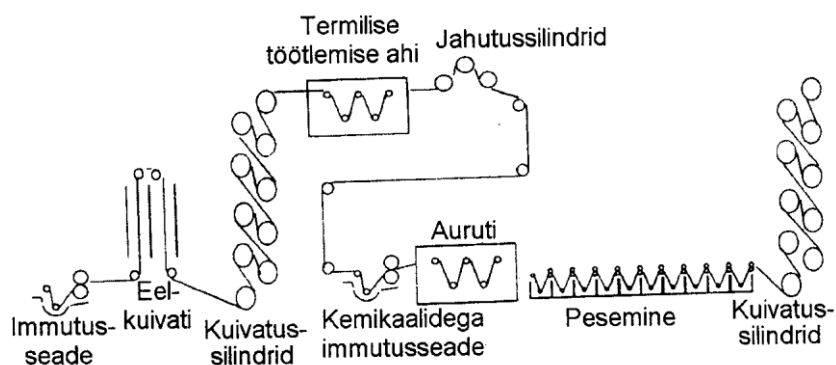
Joonis 2. Atmosfäärirõhul töötav värvipaak [4]

2.4 Pidev värvimisprotsess

Pidevat värvimisprotsessi kasutatakse peamiselt kootud kangaste värvimisel. Enamik pidevalt töötavaid värvimisliine on projekteeritud puuvilla, polüestri või nende segude

värvimiseks. Pidev värvimisprotsess on ökonoomne ja efektiivne siis, kui värvitakse väga pikka kangast ühte kindlasse värvitooni [4].

Kangas, mis on läbinud ettevalmistusprotsessi, suunatakse värvimisliinile, sealt edasi kangakogumisseadmele, kus see volditakse ja õmmeldakse eelmise kanga lõpu külge. Järgmise sammuna toimub kanga immutamine. Kangas sukeldatakse toatemperatuuril värvilahusesse. Edasi toimub kanga kuivatamine, mille tulemusena värvaine ühtlaselt kiududele kinnitub, ning termiline töötlemine, mille käigus värvaine sublimeerub ja difundeerub kiudu. Termiliselt töödeldud kangas jahutatakse ning immutusseadmes kantakse kangale tselluloosi värviv värvaine ja kemikaalid. Järgnevalt töödeldakse märga kangast auruga, et soodustada värvaine difusiooni. Lõpuks kangas pestakse, et eemaldada kinnitumata värvaine ja abiained. Joonisel 3 on välja toodud pidevalt töötava värvimisliini skeem [4].



Joonis 3. Pidevalt töötava värvimisliini skeem [4]

3. TEKSTIILMATERJALIDE TRÜKIMEETODID

Tekstiilmaterjalide trükkimine on värvimise lokaliseeritud vorm, kus värvilised mustrid või kujundus asub piiratud alal. Kangale kantakse trükitint, pasta või dispersioonid, mis seejärel kinnitatakse kiule kuuma auruga. Üleliigne värv eemaldatakse kangalt pesemisega, millele järgneb kanga kuivatamine. Trükitud muster on kanga paremal pool selge ja täpne, kuid raskesti nähtav ja ebaselge pahemal pool [2], [5].

3.1 Trükivärvid

Trükkimisel kasutatav värvaine võib olla nii lahustumatu pigment kui ka lahustuv värvaine. Kuna pigmendid ise kiul ei kinnitu, siis kasutatakse neid koos sideainega. Pigmendiga trükkimise puuduseks on kanga muutumine jäigaks trükitud kohtades. Lahustunud värvainega trükkimisel vajab kangas aurutamist või kuumutamist, et värvaine difundeeruks kiudu ja kinnituks seal, mis tähendab, et enamasti vajab kangas peale seda pesemist, et mitte kinnitunud värvaine eemaldada. Trükivärvid ehk trükipastad sisaldavad värvainet, sideaineid, pehmendajaid ning teisi abiaineid. Trükipasta peab olema piisavalt voolav, et see suudaks läbida võrgu peenikesi avasid või kanduda trükirullikule ja sealt kangale. Kangale kinnitununa ei tohi trükipasta laiali voolata, vaid peab tarduma, et tekiks terav kujutis. Need omadused annab värvile põhiliselt tihkesti. Tihkestid, mida trükivärv kasutatakse, on enamuses vees lahutuvad polümeerid [6].

3.2 Traditsioonilised meetodid

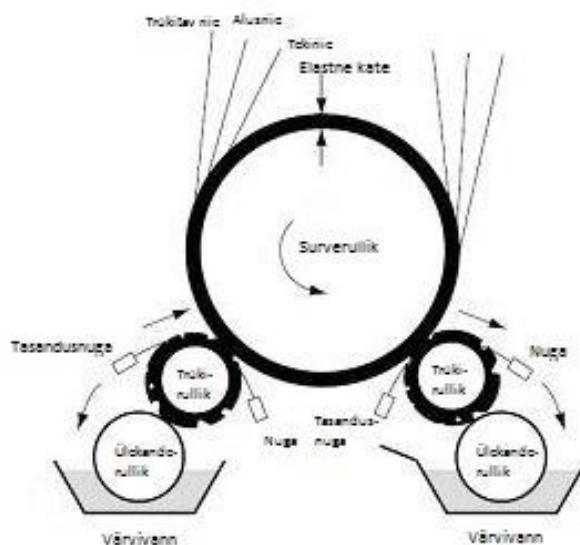
3.2.1 Otsetrükk

Otsetrüki puhul kantakse trükivärv otse kangale trükimasina abil. Trükivärv kantakse kindlale pinnaosale nii, et tekib muster. Otsetrükk on levinud meetod, sest see on kerge ja ökonoomne [2].

Lametrükkmeetod oli algselt käsitrükkimeetod. See on vanim tehnika tekstiilide kaunistamiseks. Kaubanduslikult kasutatakse seda harva, sest see on kallis ja aeglane protsess. Muster lõigati tavaliselt puidust plokki, aga kasutati ka valumeetodil tehtud

malmist plokk. Plokid paigutati juhtvarrastele ja pärast trükivärviga katmist suruti vastu trükitava kangast. Iga värvi jaoks oli oma plokk. Hiljem asendati puidust plokk rullikuga, mille sisse oli lõigatud muster. Tänapäeval kasutatakse põhimõtteliselt sama meetodit, kuid puidust rullikute asemel kasutatakse graveeringutega kummist rullikuid [2], [6].

Graveeritud trükirullikutega trükkimisel on kangas tõmmatud värvimise ajal ümber metallist või kõrgtihedusega vahust silindri. Iga graveeritud rulli sisse on söövitatud muster iga värvi jaoks trükis. Nii palju, kui on värve, nii palju on ka rulle. Trükivärvi ülekanderullik kannab vannist värvi üle trükirullikule. Üleliigse värvi eemaldab tasandusnuga. Graveeritud süvenditesse koguneb värv. Kangas surutakse surverullikuga vastu trükivärviga täitunud pinda ning toimub trükivärvi ülekandumine kangale ja difusioon kanga sisemusse. Vältimaks liigse värvi sattumist kanga teisele poole, paigutatakse surverulliku peale tekiriie ja alusriie. Selline trükimasin on kujutatud joonisel 4 [2], [6].



Joonis 4. Kahevärviline graveeritud trükirullikutega trükimasin [55]

3.2.2 Väljasöövitustrükk

Väljasöövitustrükis saadakse muster värvitud pinnalt värvi eemaldamisega. Värv eemaldamine toimub keemilisel teel. Kangas värvitakse esmalt sobiva meetodiga sobivasse värvitooni. Kohtadesse, kust soovitakse esialgne värv välja söövitada, trükatakse värvi söövitava ainega muster. Söövitusainetena kasutatakse oksüdeerijaid,

redutseerijaid, happeid, aluseid ja mitmeid sooli. Värvilise mustri saamiseks võib lisada värve, mida söövitav aine ei kahjusta. Peale söövitamist kangas aurutatakse, et muster kinnitada [2], [7].

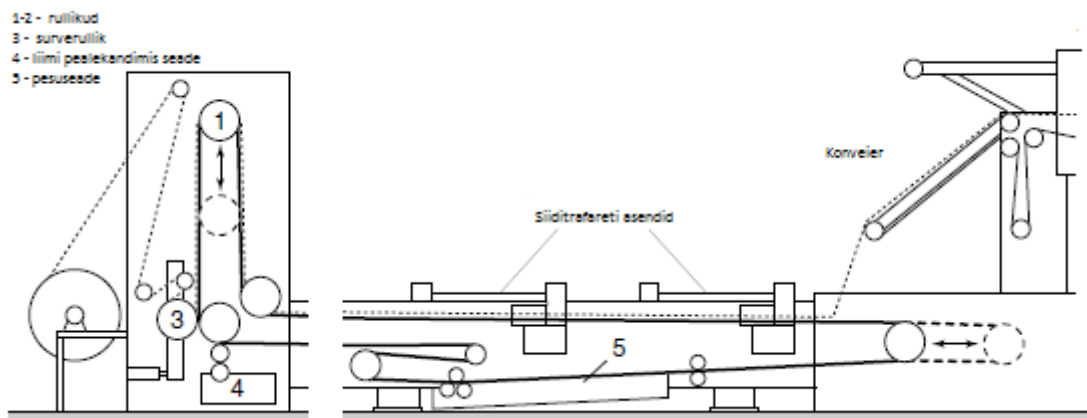
3.2.3 Reservtrükk

Reservtrükis trükitakse värvimata kangale reserveeriv aine, mis takistab põhivärvi kinnitumist. Tulemuseks võib olla kas valge või värviline trükk, kus valitud värv või pigment on lisatud reserveerivale pastale ja kinnitatakse järgneva töötlemise käigus kangale [7].

Reserveerivad ained toimivad kas mehaaniliselt või keemiliselt. Mehaanilised reserveerivad ained on vahad, rasvad, vaigud, paksendajad ja pigmendid. Nad moodustavad füüsilise barjääri kanga ja värvaine vahel. Keemilised reserveerivad ained on happed, alused, mitmed soolad, oksüdeerijad ja redutseerijad. Nad takistavad põhivärvi fikseerumist, reageerides keemiliselt värviga või ainega, mis on vajalik selle kinnitamiseks [7].

3.3 Siiditrükk

Siiditrüki puhul surutakse tihkestatud trükivärv või pigment läbi siidivõrgu avade elastse pressplaadi või rullvaltsi abil. Mustri kohalt läheb trükivärv läbi siidi ja kandub üle kangale. Avad, kust värv läbi minema ei pea, on värvaine lahustis mittelahustuva polümeeriga suletud. Iga värvi jaoks on oma siid. Mustrites võib kokku olla rohkem kui 32 värvi. Siiditrüki tehnoloogiline skeem on kujutatud joonisel 5 [2], [6].



Joonis 5. Tasapinnalise siiditrüki tehnoloogiline skeem [56]

3.4 Ülekandega trükkimine

Ülekandega trükkimine on protsess, kus esmalt trükitakse muster painduvale alusmaterjalile ja kantakse sealt üle tekstiilmaterjalile [6].

Sublimatsioontrüki kantakse värv kangale paberiga kuumuse ja surve toimetel. Paberile on kantud trükipasta, mille koostises on kuumutamisel sublimeeruvad värvained. Paberit kuumutades lenduvad värvained õhku ja absorbeeruvad aurufaasist tekstiilmaterjalile, millega paber on kontaktis. Paberi trükkimisel kasutatakse sügavtrüki, fleksotrüki, silindrilise trafaretiga siiditrüki, litograafilist ja tasapinnalise trafaretiga trükkimise meetodeid. Värvainena kasutatakse dispersioonvärve ning lahustitena tolueni, etanooli-vee segu, kuivavaid õlisid ja vesisüsteeme. Tihkestina kasutatakse alküülselluloose, polüvinüülatsetaati või akrüülpolümeere [2], [6].

Sublimatsioonitrüki eelised on värvi parem sissetungimine kangasse, mustri selgus ja madalamad tootmiskulud. Sublimatsioonitrüki saab teha kolmemõõtmeliste materjalidele nagu näiteks ringkudumid ilma neid lõhkumata. Sublimatsioonitrüki kasutatakse rõivastel, drapeeritud kangastel, polsterdustel, dušikardinatel ja põrandakatetes [2].

3.5 Digitaalne tindipritsi trükkimine

Digitaalses printimises tekitatakse muster kanga pinnale väikeste värvilahuse tilkade pritsimise teel. Arvutid kontrollivad täpset värvijuga, tindi kogust ja tilkade asukohta.

Digitaalsed printerid opereerivad nelja, kaheksa või rohkema põhivärviga. Nelja värviga süsteem sisaldab kollast, fuksiinpunast, helesinist ja musta värvi. Rohkemate värvidega süsteemid sisaldavad lisavärve või nende nelja põhivärvi variatsioone [2].

3.6 Trükivärvi fikseerimine ja järeltöötlus

Selleks, et värvaine trükimaterjalilt kohe maha ei tuleks, tuleb see enne pesemist kiule üle kanda ja kinnitada. Pärast seda tuleb mittekinnitunud värvaine, tihkestid ja abiained pestes täielikult eemaldada [6].

Fikseerimist vajavad nii vees lahustuvad värvained kui ka pigmendid, mis kinnitatakse sideainetega, mis kuumutamisel moodustavad koos värvainega vees lahustumatu kelme. Kuumutamiseks kasutatakse kuuma õhku, infrapunakiirgureid ja aurutamist. Aurus sisalduv niiskus ja soojus võimaldavad värvaine kiiret ülekandumist tihkesti kelmest kiudu. Aur pehmendab kuivanud trükivärvi kelmet, mis neelab sealjuures teatava koguse vett. Tekkinud keskkonnas on värvaine molekulid võimelised kiule liikuma. Auru mõjul kiud punduvad ja mikropoorid avanevad ning siis on võimalik värvaine difundeerumine kiudu ja seal kinnitumine. Aurutid võivad olla perioodilise või pideva toimega [6].

4. TEKSTIILMATERJALIDE VIIMISTLEMISE PROTSESSID

Viimistlemine on viimane samm kanga tootmise protsessis, mis toimub tavaliselt peale värvimise protsessi. Viimistlemine parandab kanga välimust, muudab vastupidavamaks ning annab sellele eriotstarbelised omadused, mis omakorda tõstab selle väärtust.

Tekstiilmaterjalide viimistlemist saab jagada kahte selgelt erinevasse valdkonda: mehaaniline viimistlemine ja keemiline viimistlemine. Mehaanilise viimistluse puhul kasutatakse mehaanilisi vahendeid, et muuta kanga omadusi ja välimust. Keemilise viimistlemise korral lisatakse soovitud tulemuse saamiseks materjalile kemikaale. Kanga välimus jääb tavaliselt keemilise viimistlemise korral muutumatuks. Järgnevalt on välja toodud mõningad keemilise viimistlemise meetodid [8].

4.1 Kortsumisvastane viimistlus

Tselluloosi sisaldavatel kiududel, nagu puuvill, lina ja kanep, on kalduvus kortsuda. Kortsumine tekib kiudude tugeval painutamisel ja sellest tulenevalt makromolekulide nihkumisel. Kortsumiskindlus saavutatakse makromolekulide libisemise takistamisega, kasutades selleks kemikaale, mis neid seovad ja paigal hoiavad. Molekule siduva reagentina kasutatakse tavaliselt karbamiidvaike. On terve rida vaike, mille üheks komponendiks on formaldehüüd [6].

4.2 Tuld tõkestav viimistlus

Kangaste tulekindlus saavutatakse, kasutades kiude, mis oma olemuselt on juba tulekindlad, või kiude, mis on tehtud tulekindlaks lisades ühendeid ketruslahusesse või viimistledes kangaid tuld tõkestavate viimistlusainetega. Kiud, mis oma olemuselt on tulekindlad, on näiteks aramiidkiud ja polübensimidiasoolkiud (PBI). Tuld tõkestavaid aineid lisatakse atsetaatide, nailonite, polüestrite ja raioni ketruslahusesse [2].

Süttimist tõkestavat töötlust kasutatakse dekoratiivkangaste puhul (kardinad, eesriided, kaitseriided). Sellist tüüpi kangad ei sütti, kuid olles kontaktis lahtise leegiga, nad lagunevad [6].

Põlemist tõkestavat töötlust kasutatakse materjalide puhul, mis peavad olema vastu- pidavad kõrgete temperatuuride toimele ja kaitsma inimest tule eest. Siia alla kuuluvad näiteks päästeteenistuse rõivad [6].

Põlemisprotsessi allasurumiseks kasutatakse leegiaeglusteid. Kasutatakse aineid, mis kõrgetel temperatuuridel lagunedes neelavad suurtes kogustes soojusenergiat (Al(OH)_3 , MgSiO_3). Töötlus võib olla nii lühiajaline kui ka pikaajaline. Lühiajalise töötluste korral immutatakse kangast erinevate soolade lahustega, nagu boraadid, fosfaadid, silikaadid, solframid ja tinaühendid [6].

4.3 Vedelikke ja saasteaineid hülgev viimistlus

Tõrjuva viimistluse eesmärk on muuta tekstiiltoote pind võimalikult kergelt puhastatavaks sinna sattunud saasteainetest. Vett tõrjuv viimistlus tõrjub vett kangalt, kuid väga suur veekogus imbub siiski läbi. Veekindel kangas ei märgu hoolimata ajast või veekogusest. Veekindlad kangad on tavaliselt kiled või kaetud materjalid [2], [6].

Vetthülgevate materjalide kiud on kaetud hüdrofoobsete ainetega. Nende poorid on avatud ja õhule ning veeaurule läbitavad. Kanga pinna märgumatus saavutatakse tiheda materjali struktuuri ja viimistlusega. Kalandeerimine muudab lõngade vahed materjalisis- väiksemaks ning seega on vedelikul raskem läbi tungida. Keemiline viimistlus täidab lõngade ja kiudude vahel olevad vahed. Ained, mida kasutatakse kanga vett tõrjuvaks tegemiseks, on fluorosüsinikud, vahad, metallkompleksid ja pindaktiivsed ained. Vetthülgevaid kangaid kasutatakse näiteks spordirõivaste, jopede valmistamisel [2].

Veekindlad materjalid on kaetud vees lahustumatute ainetega ning nende poorid suletud veele, õhule ja veeaurule. Veekindlad materjalid on näiteks kummeeritud riided (sukeldujate kostüümid) [6].

Saasteaineid tõrjuv viimistlus vähendab kanga saastumist nii, et ennetab sideme tekkimist kanga ja mustuse vahele. Viimistletud kangaid on lihtsam puhastada kui neid, millel

selline viimistlus puudub. See aitab parandada kanga jõudlust. Viimistlusainetena kasutatakse fluorokemiakaale (fluorosüsinik) ja silikooni baasil ühendeid, sest need on vastupidavad ja efektiivsed. Saasteaineid tõrjuvat viimistlust kasutatakse peamiselt vaipade ja mööbliriide viimistlemisel. Nende peamine saastamine toimub mikropooride täitumisega ning selle vältimiseks täidetakse poorid värvitu täiteainega. Täiteainetena kasutatakse mõningate metallide oksiide (alumiinium-, titaanoksiidi) ja kolloidset räni, mis on segatud kile moodustajatega [2], [6].

4.4 Putuka- ja mikroobitõrje

Mikroobitõrjeviimistlus pärsib mikroobide paljunemist ja kasvu, vähendab või pärsib lõhna, hoiab kontrolli all ka haiguste leviku ja vähendab infektsiooniriski. Viimistlusained saab jagada kaheks: pidevalt toimivad kemikaalid ja keemilise sideme abil kiu pinnale kinnitatavad ained. Pidevalt toimivad kemikaalid erituvad järkjärgult keskkonda kiudude pinnalt või sisemusest. Pinnale kinnitatud ained on kinni kiu pinnal ja seega saab mikroobitõrje toimuda piiratud alal. Bakteritsiidsete ainetena kasutatakse fenole, raskemetallide sooli, katioonaktiivseid pindaktiivseid aineid jt. Mikroobitõrjeviimistlust kasutatakse meditsiinilistes tekstiilides, padjapüürides, rätikutes, dušikardinaates jne [2], [6].

4.5 Värvipüsivuse parandamine

Värvipüsivus hõõrdumisele tähendab värvi muutust hõõrutud materjalil. Sõltuvalt kiu liigist, eriti selle tõmbetugevusest, põhjustavad väikesed kulutatud värvilised kiu osakesed kokkupuutes oleva tekstiili värvumist. Kui kasutatud värvaine on vees lahustuv ja ei ole piisavalt kiu küljes kinni, võib ka see olla värviandmise põhjuseks [8].

Värvipüsivust hõõrdumisele saab parandada kiudusid katva kihi moodustamisega, silendatud pinna hõõrdumise vähendamisega ja hüdrofoobsuse andmisega. Viimistlus- tooted võivad käituda sarnaselt määrdeainetega, st hõõrdejõudu vähendada [8].

Värvipüsivust hõõrdumisele saab parandada osaliselt hüdrolüüsitud polüvinüülatsetaadi (PVAc/PVA) või polüvinüüleetriga ja pigmendi sideainete lisamisega, mis peamiselt baseeruvad akrüülkopolümeeridel [8].

4.6 Antistaatiline viimistlus

Staatiline elekter võib põhjustada probleeme tekstiilmaterjalide töötlemisel, eriti nende puhul, mis on tehtud hüdrofoobsetest sünteetilisest kiududest. Enamikes tekstiilmaterjalide kuivades töötlemise protsessides liiguvad kiud ja kangas kiiresti üle mitmete pindade, mis võib põhjustada elektrostaatilist laengut. See elektrilaeng võib põhjustada kiudude ja lõngade tõukumise [8].

Peamine mehhanism antistaatilise viimistluse juures on kiu pinna juhtivuse suurendamine ja hõõrdejõudude vähendamine määrdeainete kasutamisega. Juhtivuse suurendamine tekitab väiksemat laengu kogunemist ja kiiremat hajumist, samal ajal kui suurem määrdeainete sisaldus vähendab esialgset laengu kogunemist. Antistaatilised ained suurendavad kiu pinna juhtivust alates pinna vahekihist. See kiht on tavaliselt hügrokoopne. Suurem niiskusesisaldus tagab suurema juhtivuse [8].

Eristatakse püsivat ja mittepüsivat antistaatilist viimistlust. Mittepüsivaid antistaatilise viimistluse aineid eelistatakse kiu ja lõnga töötlemise viimistlustes, kui on tähtis nende kerge eemaldatavus. Ketruse faasis kasutatavate viimistlusainete ja määrdeainete vajalikud eeldused on ka kuumakindlus ja õlis lahustuvus. See grupp, mis peamiselt koosneb hügrokoopsetest materjalidest, hõlmab ka pindaktiivseid aineid, orgaanilisi soolasid, glükooole, polüetüleenglükooole, polüelektrolüüte, rasvhappe alküülahelatega kvaternaarseid ammooniumsoolasid, polüetüleenoksiidi ühendeid ja alküülfosfooniumhapete estrisoolasid. Püsiva antistaatilise viimistluse saavutamiseks tuleb moodustada ristseotud polümeeri võrk, mis sisaldab hüdrofiilseid rühmi. Tavaliselt moodustavad selliseid struktuure polüglükoolidega reageerinud polüamiinid [8].

5. VÄRVIMIS- JA VIIMISTLUSPROTSESSIDES KASUTATAVAD OHTLIKUD KEMIKAALID NING NENDE MÄÄRAMISE MEETODID

Tekstiilmaterjalide tootmisprotsesside käigus läbib materjal mitmeid keemilise töötlemise etappe. Ettevalmistuse, värvimise, trükkimise ja viimistlusprotsesside käigus kasutatakse suurt hulka keemilisi ühendeid, mis on määrava tähtsusega lõpptoote kvaliteedile. Need kemikaalid, mis on kontaktis meie nahaga, on kahjulikud ja võivad tekitada terviseprobleeme. Kahjulikud kemikaalid tungivad läbi naha ja põhjustavad haigusi ning allergilisi reaktsioone. Värvid ja viimistlusained võivad olla naha lööbe, peavalu, ebaregulaarse südametöö, iivelduse, väsimuse, lihasvalu ja krampide põhjustajateks. Materjalid võivad olla isegi kantserogeensed ja mutageensed. Allergilisi reaktsioone võivad põhjustada ka rõivad, mis sisaldavad jääke ainetest, mis õmblemise, pakendamise ja hoidmise käigus materjalile on sattunud. Materjale põhjalikult uurides üritatakse küll kahjulikku mõju organismile vältida, kuid sellegipoolest võib keha kokkupuutel mõnede materjalidega tekkida allergiline lööve. Siin peatükis käsitletakse ka pH-d ja värvipüsivust [12], [13], [14], [15], [53].

Oeko-tex 100 standardi, REACHi määruse ja Euroopa Liidu määruste põhjal on töö lõpus lisas 3 välja toodud kokkuvõtvalt peamised kahjulikud kemikaalid, nende piirnormid ja määramise meetodid.

5.1 Raskemetallid

5.1.1 Plii

Plii on raskemetall, mida kasutatakse metallina, sulamina, pigmendina ning aksessuaaride valmistamiseks. Pliid leidub ka plastides, värvides ning tindis. Plii määramiseks tekstiilides kasutatakse induktiivsidestunud plasma massispektromeetriat (ICP-MS), aatomabsorptsioonispektromeetriat (AAS) ja spektrofotomeetriat [9], [10], [11].

Plii on toksiline metall, mis on eriti kahjulik väikelastele, mõjutades eelkõige aju ja närvisüsteeme. Ka täiskasvanutele põhjustab plii pikaajalisi kahjustusi, näiteks suurendab kõrge vererõhu riski ja põhjustab neerukahjustusi. Rasedatel naistel võib pliiga kokkupuutumine põhjustada nurisünnitust, enneaegset sünnitust ja loote väärarengut [16].

5.1.2 Kroom

Kroom on raskemetall, mis esineb puhta metallina või kroomiühenditena ja/või kompleksidena, näiteks soolade ja värvidena. Kroomi kasutatakse tekstiili- ja nahatööstuses, kus seda leidub värvide ja lisaainete koostises. Kroomi sisaldavaid värve kasutatakse villa, siidi ja polüamiidi värvimiseks tumedatesse toonidesse. Samuti leidub seda värvi kinnitusainetes ja teistes lisaainetes, mida kasutatakse peamiselt värvipüsivuse parandamiseks. Kroomi sooli kasutatakse ka naha parkimisel. Kroomi määramiseks tekstiilides kasutatakse induktiivsidestunud plasma massispektromeetriat (ICP-MS), aatomabsorptsioonispektromeetriat (AAS) ja spektrofotomeetriat [9], [10], [11].

Inimesed puutuvad kroomiga kokku hingamise, söömise või joomise teel, samuti naha kontakti teel kroomi ja kroomiühenditega. Kroomi hulk õhus ja vees on tavaliselt üsna madal. Kroom (III) ei põhjusta tõsiseid kahjustusi inimesele, tegelikult on see oluline komponent balansseeritud dieedis ja selle puudus on kahjulik imetajate ainevahetusele [17].

5.1.3 Kroom(VI)

Kroom on raskemetall, mis (VI) oksüdatsiooniastmes on inimestele kahjulik. Kroom(VI) kasutatakse villa värvimiseks (peale kroomimise protsessi). Kroom(VI) määratakse nahas/karusnahas ja tekstiilides standardi ISO 17074:2007 järgi. Määramiseks kasutatakse ka induktiivsidestunud plasma massispektromeetriat (ICP-MS); aatomabsorptsioonispektromeetriat (AAS) ja spektrofotomeetriat [9], [10], [11].

Kroom(VI) põhjustab teadaolevalt mitmeid terviseprobleeme. Naha koostises olev kroom võib põhjustada allergilisi reaktsioone, näiteks nahalöövet. Kroom(VI) sisse hingamine

võib põhjustada ninaärritust ja ninaverejooksu. Samuti tekitab see hingamisprobleeme, maksa- ja neerukahjustusi ning kopsuvähki ja nõrgendab immuunsüsteemi [18].

5.1.4 Nikkel

Nikkel on raskemetall, mida kasutatakse sära andva ainena metallist detailidel ja ka antioksidandina. Niklit leidub peamiselt läikivates metallist detailides ja aksessuaarides. Nikli määramiseks tekstiilides kasutatakse induktiivsidestunud plasma massispektromeetriat (ICP-MS), aatomabsorptsioonispektromeetriat (AAS) ja spektrofotomeetriat [9], [10], [11].

Nikkel on üks paljudest kantserogeensetest metallidest. Tihe kokkupuude nikliga suurendab kopsuvähi, südameveresoonkonna haiguste ja kõrge vererõhu tekkimise riski [19].

5.1.5 Kaadmium

Kaadmium on raskemetall, mida kasutatakse plastmaterjalide pigmentides (eriti punases, oranžis, kollases ja rohelises); UV-kiirguse stabilisaatorite koostises, et vältida plastiku degraatsiooni; metallist aksessuaarides antioksidandina ning helendajana; väetistes, biotsiidides ja värvides (pinnavärvina lukkudel ja nõöpidel) [9], [10].

Kaadmiumi määramiseks tekstiilides kasutatakse induktiivsidestunud plasma massispektromeetriat (ICP-MS), aatomabsorptsioonispektromeetriat (AAS) ja spektrofotomeetriat [9], [10], [11].

Kaadmium on toksiline metall ja tuntud kantserogeen, mis põhjustab hulgaliselt terviseprobleeme. Kaadmium kahjustab südant ja veresoonkonda, neere, silmi ja isegi aju. Kaadmium mõjutab vererõhku, eesnääret ja luid [20].

5.1.6 Arseen

Arseeni ja selle ühendeid kasutatakse mõningates säilitusainetes, pestitsiidides ja defoliantides (taimelehtede enneaegset varisemist ja seetõttu taimede kasvu lõppemist

põhjustavates keemilistes preparaatides) puuvilla jaoks. Samuti on see seotud sünteetiliste kiudude, värvide, tintide ja plastidega [10].

Arseeni määramiseks tekstiilides kasutatakse induktiivsidestunud plasma massispektromeetriat (ICP-MS), aatomabsorptsioonispektromeetriat (AAS) ja spektrofotomeetriat [9], [10], [11].

Arseen on keemiline element, mis on inimesele äärmiselt toksiline. Olles kokkupuutes suure hulga arseeniga, võib esineda arseenimürgitust. See tekib tavaliselt enese teadmata arseeni sisse süües. Mürgitus võib tekkida ka arseeni sisse hingates või naha kaudu imendudes [21].

5.2 Formaldehüüd

Formaldehüüd on lenduv kemikaal, mida kasutatakse laialdaselt tekstiili- ja nahatööstuses. Formaldehüüdi kasutatakse abiainetes koostises. Seda leidub otse- ja reaktiivvärvide kinnitusainetes, kortsumis- ja kokkutõmbumisvastastes vaikudes ning vaikudes, mida kasutatakse püsivate kortsude tekitamiseks tselluloosikiududest tehtud toodetel, peamiselt teksapükstel; liimides, mida kasutatakse trükivärvi sideainena; soojusülekanne liimides, mida kasutatakse erinevates trükiprotsessides; naha parkimise ja pehmemdamise ainetes; mikroobidevastaseid aineid sisaldavates pastades, millega tehakse vee baasil trükki. Formaldehüüdi määratakse tekstiilides standardi ISO 14184 järgi, kasutades selleks spektrofotomeetriat [9].

Formaldehüüd põhjustab silmade vesisust, põletavat nina ja kurku, astmaatakke, nahaärritust, peavalu ja iiveldust. Pikaajaline kokkupuude võib põhjustada ka vähki ja leukeemiat [22].

5.3 Tinaorgaanilised ühendid

Tinaorgaanilised ühendid on kemikaalid, mis ühendavad tina ja orgaanilisi ühendeid nagu näiteks butüül- ja fenüül. Tekstiilides seostatakse tinaorgaanilisi ühendeid plastiku/kummi, tindi, värvide, metalse sära ja polüuretaantoodetega. Tinaorgaanilisi ühendeid kasutatakse antibakteriaalsete ja seentevastaste ainetena tekstiili- ja

nahatööstuses, peamiselt spordirõivastes ja looduslikest ning sünteetilisest kiududest tekstiilides. Need on ka plastikute stabilisaatorid ja polümeeride sünteesi katalüsaatorid. Tinaorgaanilisi ühendeid määratakse gaasikromatograafia-massispektromeetriaga (GC-MS) [9], [10], [11].

5.4 Värvivid

Asovärvid ja pigmendid on värvained, mis sisaldavad aromaatseid asorühmi (R-N=N-R). Neid kasutatakse põhiliselt puuvilla värvimisel. Tuhandetest asovärvidest on kehtestatud piirangud neile, mis lagunedes moodustavad lõhustuvaid amiine. Asovärve, mis eraldavad neid amiine, ei tohiks enam tekstiilide värvimisel kasutada. Asovärve määratakse vedelikkromatograafia või gaasikromatograafia abil [10].

Osad asovärvid võivad kasutamise käigus laguneda ja vabastada selliseid kemikaale nagu aromaatsed amiinid, mis võivad omakorda põhjustada vähki [23].

Dispersioonvärvid on vees mittelahustuvad värvid ja seetõttu kasutatakse neid vesidispersiooni kujul. Peamiselt kasutatakse neid polüesterkiudude ja atsetaatkiudude värvimisel, aga ka nailoni ja akrüülkiudude värvimisel. Dispersioonvärvid võivad põhjustada allergilisi reaktsioone. Dispersioonvärvide määramiseks kasutatakse vedelikkromatograafiat [10].

5.5 Klooritud benseenid ja toluenid

Klorobenseene ja klorotoluene saab kasutada värvikandjatena polüestri või villa/polüestri kiududel. Klorobenseene leidub ka värvainete ja biotsiidide koostises. Samuti kasutatakse neid lahustites. Klooritud benseenide ja toluenide määramiseks kasutatakse gaasikromatograafiat massispektromeetriaga või elektronhaarde detektoriga [10], [11].

Klorobenseenid kahjustavad maksa, kilpnääret ja kesknärvisüsteemi. Suur kogus klorobenseeni võib põhjustada peavalu, väsimust ja iiveldust [24], [25].

5.6 Polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud

Polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud on toornafta looduslikud komponendid ja tavalised naftatöötlemise jääkained. Neil on iseloomulik lõhn nagu autorehvidel või asfaldil. Naftajääke sisaldavaid polütsüklilisi aromaatsed süsivesinikke lisatakse kummile ja plastidele kui pehmedajaid. Neid leidub plastikus, kummis, lakkides ja pinnakatetes. Polütsüklilisi aromaatsed süsivesinikke leidub tihti jalatsite taldades ja siiditrukis kasutatavates trükipastades. Lisaks võivad need tekkida termilise lagunemise käigus, kui materjale ümber töödeldakse [10].

Polütsükliliste aromaatsed süsivesinike määramiseks kasutatakse gaasikromatograafia-massispektromeetria. Polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud on toksilised ja võivad põhjustada vähki [26].

5.7 Amiinid

Amiinid on keemilised ained, mis võivad olla mõnede värvide, näiteks asovärvide, koostises. Amiinid on inimese tervisele kahjulikud ja võivad higistamise käigus eralduda ja imenduda läbi naha inimese organismi [9].

Amiine leidub värvitud ja trükitud tekstiili- ja nahatoodetes. Neid võivad sisaldada otsevärvid, millega värvitakse tselluloosikiude erkpunaseks, helepunaseks ja/või mustadesse toonidesse ning loomseid kiude ja polüamiide punaseks ja helepunaseks. Samuti leidub neid trükivärvides, mis sisaldavad eelnimetatud toone [9].

Amiine analüüsitakse kasutades standardit EN 14362-1(2003) looduslike kiudude ja 14362-2 (2003) sünteetiliste kiudude puhul.

5.8 Tuld tõkestavad ühendid

Polübroomitud tulekindlad ühendid on keemilised ained, mida lisatakse tekstiil-kiududesse, et aeglustada või takistada tule levikut. Neid leidub kodutekstiilitoodetes ja erirõivastes, näiteks isikukaitsevahendites ja leeke aeglustavates magamisriietes. Polübroomitud tulekindlaid ühendeid määratakse kromatograafiliste meetoditega [9].

Kogunedes organismi, võivad tuld tõkestavad ühendid tekitada mitmeid terviseprobleeme, näiteks häireid kilpnäärme töös, mäluprobleeme ja ka vähki [27].

5.9 pH

pH on parameeter, mida kasutatakse aine happelisuse ja/või aluselise näitamiseks. pH väärtused ulatuvad 0-st (happed) kuni 14-ni (aluselised). Neutraalse pH väärtus on 7. Tavaliselt tekstiilkeemias kasutatavate aluste ja hapete pH-d on toodud tabelites 1 ja 2 [9].

Paljude värvimisprotsesside puhul on vajalik kontrollitud pH. Näiteks kergelt aluseline otsevärvides, tugevalt aluseline reaktiiv-, küüp- ja asovärvides, happeline dispersioonvärvides ja tugevalt happeline happevärvides.

Inimese nahk on nõrgalt happeline, mis takistab mitmete haiguste arengut. Tekstiilmaterjalid, milles pH on neutraalne (pH 7) või nõrgalt happeline (alla 7), on nahasõbralikud. Äärmuslikud pH väärtused aga võivad kahjustada nahka ja põhjustada allergilisi reaktsioone [28].

Tabel 1. Tavaliselt tekstiilkeemias kasutatavate hapete vesilahuste pH väärtused

Nimi	Kontsentratsioon	pH väärtus
Soolhape HCl	0,1N	pH 1,1
Väävelhape H ₂ SO ₄	1N	pH 1,2
Sidrunhape	1N	pH 2,2
Sipelghape HCOOH	0,1N	pH 2,3
Äädikhape CH ₃ COOH	1N	pH 2,9
Süsihape H ₂ CO ₃	Küllastunud	pH 3,8
Fosforhape H ₃ PO ₄	%	pH 4,4
Boorhape H ₃ BO ₃	1N	pH 5,2

Tabel 2. Tavaliselt tekstiilkeemias kasutatavate aluste pH väärtused

Nimi	Kontsentratsioon	pH väärtus
Naatriumhüdroksiid	0,1N	pH 13,0
Kaaliumhüdroksiid	0,1N	pH 13,0
Naatriummetsasilikaat	0,1N	pH 12,6
Trinaatriumfosfaat	0,1N	pH 12,0
Naatriumkarbonaat	0,1N	pH 11,6
Ammoniaak	0,1N	pH 11,1
Dinaatriumfosfaat	1%	pH 8,8
Naatriumbikarbonaat	0,1 N	pH 8,4

5.10 Värvipüsivus

Värvipüsivus on materjali vastupidavus selle värvi omaduste muutusele ja värvainete ülekandumisele teisele materjalile. Materjali värvipüsivus sõltub õigesti valitud värvitüübist, värvitoonist ja selle sügavusest ning kui hästi on värvimisprotsess teostatud. Värvid omakorda võivad samuti erinevalt käituda. Näiteks värvid, mis on vastupidavad kuivpuhastusele, ei pruugi olla vastupidavad vees pesemisele. Värvaine eraldumine on tingitud kiu ja värvaine seose purunemisest, mida põhjustavad keemilised ained, mehaanilised tegurid ja vesi [8], [29].

Lisaks sellele, et halb värvipüsivus muudab värvi riietel tuhmiks, tekitab värvimuutusi ja määrduvust, on sellel mõju ka inimese tervisele. Hõõrdumise käigus satuvad meie nahale kemikaalid, mida kasutatakse toodete värvimisel ja töötlemisel. Need kemikaalid aga võivad omakorda põhjustada nahaärritusi ja allergiad ning seetõttu on oluline rõivaste hea värvipüsivus [30].

6. TEKSTIIL- JA RÕIVAMATERJALIDE VÄRVIMISEL JA VIIMISTLEMISEL KASUTATAVATE OHTLIKE AINETE MÄÄRAMISE MEETODID

Kemikaalide testimine ja analüüs on tähtis õigusaktide järgimiseks ning toodetes ja protsessides kasutatavate keemiliste ainete, materjalide kvaliteedi ja koostise mõistmiseks. Erinevate uurimismeetoditega saab teha kindlaks nii aine koostisosad kui ka määrata nende hulka. Siin peatükis käsitletakse lisaks ka pH ja värvipüsivuse määramist.

6.1 Spektroskoopia

Spektroskoopia tegeleb kiirguse ehk elektromagnetlainete ja aine vaheliste vastasmõjude uurimisega. Spektroskoopiaga uuritakse aine omadusi ja määratakse kindlaks aines sisalduvad komponendid ja nende kontsentratsioonid. Aatomid ja molekulid on võimelised neelama kiirgust, kuid erinevad ained neelavad erineva energiaga footoneid ja selle abil on võimalik aineid identifitseerida [31].

6.1.1 Massispektroskoopia

Massispektroskoopia on analüüsimeetod, mille puhul proov ioniseeritakse seda elektronidega pommitades ning registreeritakse tekkivate ionide massi-laengu suhted. Detektoriga mõõdetakse tekkivate ionide massi ja laengu suhted (m/z). Tulemuseks on spekter, kus igale detekteeritud ionile vastab kitsas maksimum ehk spektrijoon. Seda meetodit on kasutatud värvide, lisandite ning keemilisest ja füüsilisest degradeerumisest põhjustatud kiu struktuuri muutuste iseloomustamiseks [5], [32].

6.1.2 Aatomabsorptsioonspektromeetria

Aatomabsorptsioonspektromeetria (AAS) on laialdaselt kasutatav selle lihtsuse, efektiivsuse ja suhteliselt madala maksumuse tõttu. AAS on meetod, millega mõõdetakse proovides leiduvate keemiliste elementide hulka, mõõtes nende elementide poolt neelduvat kiirgust. Aatomid neelavad ultraviolettkiirgust või nähtavat valgust ja lähevad üle kõrgema energiaga aladele. Aatomabsorptsiooni meetod mõõdab energia hulka

footonite kujul valgusest, mis on proovis neeldunud. Detektor mõõdab proovist edastatud valguse lainepikkusi ja võrdleb neid algselt läbi proovi läinud lainepikkustega (standardainetega). Signaalprotsessor liidab neeldunud lainepikkuste muutused. Energiat, mida elektron aatomist lahkumiseks vajab, nimetatakse ionisatsioonienergiaks ja see on igal keemilisel elemendil erinev. Iga aatom absorbeerib valguskiirgust kindlatel lainepikkustel tänu selle ainulaadsele väliskihi elektronide konfiguratsioonile. See võimaldab teostada proovi kvalitatiivset analüüsi. Kontsentratsiooni saab leida kasutades Beer-Lamberdi seadust. Neelduvus on proportsionaalne imendunud analütüüdi kontsentratsiooniga. Aatomabsorptsioonspektromeetriaga saab materjalides määrata pliid, kroomi, niklit, kaadmiumi ja arseeni [33], [36].

6.1.3 Induktiivsidestunud plasma massispektrometria

Induktiivsidestunud plasma massispektrometria ehk ICP-MS on analüütiline meetod, mida kasutatakse plii, kroomi, nikli, kaadmiumi ja arseeni määramiseks. ICP-MS on kombinatsioon kõrge temperatuuri (induktiivsidestunud plasma) allikast ja massispektrometrist. ICP allikas muudab proovi elementide aatomid ionideks. Ioonid seejärel eraldatakse ja määratakse massispektrometriga [34].

6.2 Kromatograafia

Kromatograafia on meetod komponentide eraldamiseks ainete segudest. Analüüsiks on vaja süsteemi, mis koosneb mobiilsest ja statsionaarsest faasist. Statsionaarseks faasiks on aine, mis seob ja vabastab süsteemist läbi liikuvaid molekule. Liikuda saavad osakesed süsteemis aga tänu mobiilsele faasile. Mobiilseks faasiks on vedelik (eluent) või gaas (kandegaas), mis voolates läbi statsionaarse faasi, kannab edasi segu eri komponente. Kromatograafiline lahutumine baseerub segu komponentide erineval liikuvusel läbi kromatograafilise süsteemi (kolonn, plaat). Ühendid, mis sarnanevad statsionaarse faasiga, st omavad kõrgemat afiinsust selle suhtes, liiguvad aeglasemalt kui need ühendid, mis sarnanevad mobiilse faasiga [35].

Kromatograafia populaarsemaks rakenduseks on värvainete eraldamine. Samuti määratakse kromatograafiliste meetoditega ka tuld tõkestavaid ühendeid. Kromatograafilisi meetodeid võib liigitada preparatiivseks ja analüütiliseks kromatograafiaks.

Preparatiivse kromatograafia korral soovitakse ainete eraldamisel kätte saada üksikud komponendid. Analüütilise kromatograafia puhul määratakse aine olemasolu ja hulka. Värv on traditsiooniliselt analüüsitud õhukese kihi kromatograafiaga ja viimasel ajal kõrgsurvevedelikkromatograafiaga [36].

6.2.1 Gaasikromatograafia

Gaasikromatograafia on üks kõige rohkem kasutatavaid analüütilisi instrumente. Seda kasutatakse gaaside, vedelike ja tahkiste analüüsimiseks, viimane on tavaliselt lahustatud lenduvates lahustites. Saab analüüsida nii orgaanilisi kui ka anorgaanilisi materjale. Gaasikromatograafiaga määratakse näiteks asovärve. Tõhusad kapillaarkolonnid tagavad kõrge lahutusvõime. Gaasikromatograafia on kromatograafia vorm, kus liikuvaks faasiks on gaas [37].

Gaasikromatograafia alla kuulub grupp analüütilisi meetodeid, mida kasutatakse lenduvate ainete analüüsimiseks gaasifaasis. Gaasikromatograafias lahustatakse proovi komponendid lahustis ja aurustatakse, et eraldada analüüdid, jaotades proovi kahe faasi vahel: statsionaarne faas ja mobiilne faas. Mobiilne faas on keemiliselt inertne gaas, mis kannab molekule läbi kuumutatud kolonni [38].

Proov viiakse süstlaga aurutisse ja sealt edasi kolonni. Proov transporditakse läbi kolonni kandegaasi abil. Kolonn ise sisaldab vedelik-statsionaarset faasi, mis on imendunud inertse tahkise pinnale [39].

6.2.2 Gaasikromatograafia-massispektromeetria

Gaasikromatograafia-massispektromeetria on proovi komponentide lahutamise ja identifitseerimise meetod, milles on ühendatud gaasikromatograaf ja massispektromeeter. Selle meetodiga määratakse näiteks tinaorgaanilisi ühendeid, polütsükliilisi aroomaatseid süsivesinikke ja klooritud benseene ja toluene.

Gaasikromatograaf töötab põhimõttel, et proov lahutub osadeks, kui see on kuumutatud. Kuumutatud gaasid liiguvad kandegaasi abil läbi kolonni. Gaasikromatograafilises seadmes lahutunud komponendid liiguvad massispektromeetrisse. Seal pommitatakse komponente ioonkiirega, mille tulemusena laguneb see erineva massiga ioonideks.

Massispektromeeter identifitseerib ühendid molekuli massi järgi. Komponenti struktuur tehakse kindlaks massispektri alusel [40], [41].

6.2.3 Vedelikkromatograafia

Vedelikkromatograafia on füüsikalise-keemiline meetod ühendisegude eraldamiseks. See põhineb komponentide jaotumisel kahe faasi vahel. Üks faasidest on statsionaarne ja teine mobiilne, mis voolab läbi statsionaarse faasi kihi. Vedelikkromatograafias on mobiilseks faasiks vedelik. Vedelikkromatograafiaga määratakse näiteks materjalides leiduvaid aso- ja dispersioonvärve [42].

6.3 Spektrofotomeetria

Spektrofotomeetria on meetod, millega saab mõõta, kui palju keemiline aine neelab valgust, mõõtes valguse intensiivsust, kui see läbib proovi. Iga keemiline aine neelab või peegeldab valgust kindlas lainepikkuste vahemikus. Seda meetodit saab samuti kasutada keemilise aine hulga mõõtmiseks.

Spektrofotomeeter on aparaat, mis mõõdab fotonite hulka, mis neelduvad peale selle läbimist proovist. Spektrofotomeetriga saab mõõta ka teadaoleva kemikaali kontsentratsiooni, mõõtes valguse intensiivsust. Elemendid, mida selle meetodiga määrata saab, on näiteks plii, kroom, nikkel, kaadmium, arseen ja formaldehüüd [43].

6.4 pH määramine

Tekstiilmaterjali vesilahuse pH-d määratakse elektromeetriliselt toatemperatuuril klaaselektroodi abil. pH-meeter on instrument, mis mõõdab vesinikiooni aktiivsust vesilahuses, näidates selle happelisust või aluselisust. pH-meeter on sisuliselt millivoltmeeter, mis mõõdab tema külge ühendatud elektrodisüsteemi elektromotoorjõudu (ehk pinget elektrodide vahel nullise voolutugevuse juures). pH-meeter mõõdab elektrodide potentsiaali vahet ja teisendab selle pH-lugemiks [44].

ISO standardi 3071:2006 kohaselt lõigatakse välja katsekehad massiga $2,00 \pm 0,05$ grammi, asetatakse 100 ml destilleeritud veega täidetud suletavasse kolbi. Lahused

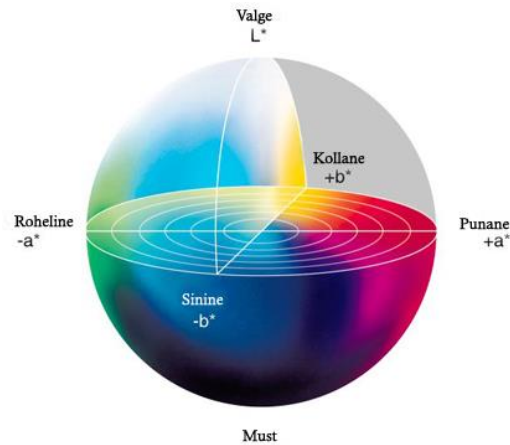
valmistatakse kolmes korduses. Kolbi segatakse mehaaniliselt $2h \pm 5$ min. Seejärel mõõdetakse pH-meetriga lahuste pH ja arvutatakse nende keskmine.

6.5 Värvipüsivuse määramine hõõrdumisele

Värvipüsivuse määramine hõõrdumisele on üks olulisemaid katseid, millega määratakse värvitud kanga kvaliteeti. Selle testiga on võimalik määrata värvi kogust, mis kandub üle värvitud tekstiilmaterjalilt teistele pindadele hõõrdumise teel. See on rakendatav kõikidele kangastele, olenemata sellest, kas see on lõnga või kanga kujul, värvitud või trükitud.

ISO standardi 105-X12:2016 kohaselt lõigatakse välja kaks katsekeha, üks lõime suunas ja teine koe suunas. Katsekehadele ja testriidele teostatakse värvuse mõõtmine kolorimeetriga. Seejärel kinnitatakse katsekeha vastava katseseadme külge ja hõõrutakse nii kuiva kui ka märja testriidega. Märja hõõrde puhul kastetakse testriie destilleeritud vette, mille sisaldus testriides peab olema 95–100%. Peale katsetamist toimub materjali värvuse muutuse hindamine hall-valge etalonskaala järgi ning värvuskoordinaatide mõõtmisel kolorimeetriga [45].

Organisatsioon nimega CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) on määranud kindlaks standardväärtused, mida kasutatakse värvi mõõtmiseks. CIE poolt kasutatavaid väärtusi nimetatakse L^* , a^* ja b^* ning värvi mõõtmise meetodit CIELAB. L^* tähistab erinevust heleda (kus $L^*=100$) ja tumeda (kus $L^*=0$) vahel. A^* tähistab erinevust rohelse ($-a^*$) ja punase ($+a^*$) vahel, ja b^* tähistab erinevust kollase ($+b^*$) ja sinise ($-b^*$) vahel. Selles süsteemis on iga värv vastavuses kindla kohaga graafikul, mis on näidatud joonisel 6.



Joonis 6. CIE L*a*b*-värvimudel [57]

Muutujad L^* , a^* , b^* või E^* on kujutatud kui ΔL^* , Δa^* , Δb^* või ΔE^* , kus $\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$. See näitab ära värvierinevuse suuruse, kuid ei näita värvierinevuse suunda [46].

7. KATSELINE OSA

Tumedate värvide tootmisel kasutatakse rohkem värve ja kemikaale, mida eraldub riidelt neid hõõrudes ja veega töödeldes rohkem kui heledate toonide puhul. Seega said valitud katsetamiseks musta värvi puuvillased T-särgid. Pildid T-särgidest on toodud välja lisas 4. Järgnevas tabelis on välja toodud katsetes kasutatud T-särgide koostised ja hinnad.

Tabel 3. Katsetes kasutatud T-särgide koostis ja hind

Nimi	Koostis	Hind
VERO MODA	93% PV 7% EL	12,95€
RESERVED	100% PV	5,99€
H&M	100% PV	7,99€
SINSAY	100% PV	2,99€
HUMANA	100% PV	5,00€
ESPRIT	100% PV	12,99€

7.1 Vesilahuse pH määramine

Tekstiilmaterjali vesilahuse pH väärtus annab kasulikku infot selle töötlemise ajaloo kohta. Lisaks järjest rohkem nõutakse, et tekstiilmaterjalid vastaksid teatud piirangutele seoses oma happelisuse või aluseliseusega. Vesilahuse pH-d määratakse elektro-meetriliselt toatemperatuuril klaaselektroodi abil.

Antud katse on sooritatud ISO standardi 3071:2006 „Textiles - Determination of pH of aqueous extract“ järgi. Kolm katsekeha, mis kaaluvad $2,00 \pm 0,05$ g asetati koos seguriga 100 ml destilleeritud veega täidetud kolvi ja segati mehaaniliselt $2h \pm 5min$. pH-meeteri (METTLER TOLEDO MP 220) kalibreerimiseks kasutati KCl lahust. Katseseadmed on näidatud joonistel 7 ja 8.



Joonis 7. Katsekehade mehaaniline segamine



Joonis 8. pH-meeter

Mõõdeti kolme paralleellahuse pH-väärtus, millest kaks viimast pandi kirja ning leiti nende keskmine. Andmed ja tulemused on toodud tabelis 4.

Tabel 4. Vesilahuse pH määramise katse andmed ja tulemused

Jrk.	Nimi	Mõõdetud pH väärtused		Keskmine väärtus
1.	VERO MODA	6,81	7,09	6,95
2.	RESERVED	8,45	8,02	8,24
3.	H&M	7,38	7,40	7,39
4.	SINSAY	8,29	8,02	8,16
5.	HUMANA	7,17	7,02	7,1
6.	ESPRIT	7,69	7,55	7,62

Oeko-tex Standard 100 on dokument, kus on välja toodud nõuded lõpptootele, garanteerimaks, et toode ei sisalda kahjulikke aineid ja on seega ohutu inimese tervisele ja keskkonnale. Oeko-tex Standard 100 kohaselt peab pH väärtus riietes jääma 4,0–7,5 vahele. Katsetatud toodetest jäid sinna vahemikku VERO MODA, H&Mi ja HUMANA T-särgid.

H&M on ka omalt poolt koostanud kemikaalide piirangute loetelu. Selle kohaselt peab pH väärtus riietes, mis on kontaktis nahaga, jääma samuti 4,0–7,5 vahele. Katses saadi pH väärtuseks 7,39, mis jääb lubatud piiridesse [47].

VERO MODA T-särgile oli tootja lisanud Oeko-tex Standard 100 sildi, mille kohaselt on seda pluusi testitud. Teostatud katse kohaselt oli selle T-särgi pH väärtus 6,95, mis vastab nõuetele.

HUMANA T-särki on eelnevalt korduvalt kantud ja läbi pestud, seega on ka selle pH neutraalsele kõige lähemal, antud katses oli pH väärtus 7,1.

Lubatud väärtusest jäid välja RESERVEDi, SINSAY ja ESPRITi T-särgid. Nende keskmised pH väärtused oli vastavalt 8,24, 8,16 ja 7,62.

7.2 Värvipüsivuse määramine hõõrdumisele

Antud katse on sooritatud ISO standardi 105-X12:2016 „Textiles - Tests for colour fastness - Part X12: Colour fastness to rubbing“ järgi. Testitavad katsekehad lõigati välja mõõtmetega 11,5 x 15,5 cm. Kaks katsekeha lõigati silmuspostide suunas ja kaks

silmusriidade suunas. Seejärel mõõdeti nende värvuskoordinaadid kolorimeetriga enne hõõrumist.

Katsekehi hõõruti vastaval seadmel 10 korda kuiva ja märja valge testriidega ja mõõdeti uuesti nende värvuskoordinaadid ning võrreldi nende erinevust esialgsetest mõõtmistulemustest. Katseandmed on toodud välja lisades 1 ja 2. Katse tulemused on toodud välja tabelites 5 ja 6. Vastav katseseade on näidatud joonisel 9.



Joonis 9. Hõõrdeseade [58]

Tabel 5. Katse tulemused kuivale hõõrdele

KUIV HÕÕRE											
		Silmuspostide suund					Silmusridade suund				
Nimi		ΔL	Δa	Δb	ΔE	Hinnang	ΔL	Δa	Δb	ΔE	Hinnang
HUMANA	Katsematerjal	-1,4	0,1	0,2	1,4	5	-0,3	-0,1	-1,8	1,8	4
	Testriie	6,4	-0,1	-0,5	6,4	4	7,1	0,1	-0,5	7,1	4
ESPRIT	Katsematerjal	-1,3	0,3	-0,09	1,3	5	-2	0,4	0,2	2,0	4
	Testriie	5,7	0,1	-0,6	5,7	4	7	-0,1	-0,4	7,0	4
SINSAY	Katsematerjal	-0,6	0,0	0,3	0,67	5	-0,2	0,1	0,0	0,2	5
	Testriie	4,5	0,6	-0,9	4,6	4	4,9	0,0	-0,8	5,0	4
RESERVED	Katsematerjal	-1,2	0,3	0,3	1,3	5	-0,2	0,2	0,0	0,3	5
	Testriie	8,2	1,7	-1,2	8,5	4	9,3	1,7	-1,2	9,5	3
VERO MODA	Katsematerjal	-1,7	-0,4	1,2	2,1	4	0,4	-0,1	0,2	0,5	5
	Testriie	8,5	-0,2	-0,8	8,5	4	8,6	-0,1	-0,9	8,6	3
H&M	Katsematerjal	-0,8	0,5	-0,3	1,0	5	-0,1	0,3	-0,3	0,4	5
	Testriie	9,5	0,1	-0,7	9,5	3	8,8	-0,1	-0,5	8,8	3

Tabel 6. Katse tulemused märjale hõõrdele

MÄRG HÕÕRE											
		Silmuspostide suund					Silmusriidade suund				
Nimi		ΔL	Δa	Δb	ΔE	Hinnang	ΔL	Δa	Δb	ΔE	Hinnang
HUMANA	Katsematerjal	-0,2	0,2	0,3	0,4	5	0,6	0,5	0,0	0,8	5
	Testriie	19,6	-0,3	0,6	19,6	2	21,7	-0,8	0,4	21,7	2
ESPRIT	Katsematerjal	0,5	0,1	0,1	0,5	5	-0,6	-0,1	-0,1	0,6	5
	Testriie	20,2	-2,1	0,37	20,3	2	20,8	-0,2	0,3	20,8	2
SINSAY	Katsematerjal	0,7	-2,2	0,0	2,3	4	-0,5	0,4	0,0	0,6	5
	Testriie	16,0	0,4	0,2	16,0	3	18,2	0,4	-0,53	18,2	2
RESERVED	Katsematerjal	-1,3	0,4	0,0	1,4	5	-0,1	0,2	0,2	0,3	5
	Testriie	23,0	-1,13	-1,4	23,1	2	23,1	-0,9	-1,6	23,2	2
VERO MODA	Katsematerjal	0,0	0,0	-0,1	0,1	5	0,4	0,2	-0,1	0,5	5
	Testriie	23,1	-1,1	-0,2	23,1	2	22,5	-0,8	-0,9	22,5	2
H&M	Katsematerjal	-0,6	-0,1	-0,1	0,6	5	0,0	0,3	-0,3	0,4	5
	Testriie	18,0	-0,4	-0,3	18,0	2	18,2	-0,8	-0,70	18,2	2

Oeko-tex 100 Standardi kohaselt peab värvipüsivuse väärtus kuivale hõõrdele olema 4. Katsetatud toodetest vastasid sellele väärtusele HUMANA, ESPRITi ja SINSAY T-särgid. RESERVEDi ja VERO MODA T-särkide puhul oli värvipüsivuse väärtus silmuspostide suunas 4, aga silmusridade suunas 3, mis tähendab, et nende T-särkide puhul ei ole värvipüsivus silmusridade suunas nii hea kui eelnevatel T-särkidel. H&M-i T-särgi puhul on värvipüsivuse väärtus nii silmuspostide, kui ka silmusridade suunas 3, seega ei vasta selle T-särgi värvipüsivuse väärtus normile.

VERO MODA T-särgile oli tootja lisanud Oeko-tex Standard 100 sildi, mille kohaselt on seda pluusi testitud. Teostatud katse kohaselt oli selle T-särgi värvipüsivuse väärtus silmuspostide suunas 4, mis vastab nõuetele, aga silmusridade suunas 3, mis on madalam, kui peaks olema.

Värvipüsivuse määrdumise hõõrdele katse puhul oli kõikide katsetatud toodete värvipüsivuse väärtus nii silmuspostide kui ka silmusridade suunas 2, välja arvatud SINSAY T-särgil, kus silmuspostide suunas oli värvipüsivuse väärtus 3. Eesti Rõiva- ja Tekstiililiidu väljaandes „Rõivamaterjalide omadused ja vead. Soovituslikud miinimumnõuded ja katsemeetodid“ on toodud miinimumnõue märgihõõrdumise toimele, milleks on 4. Sellele nõudele ei vastanud ükski katsetatud T-särkidest. [68]

7.3 Kemikaalide kahjuliku mõju vähendamise võimalused

Kemikaalide kasutamist rõivastes reguleerivad mitmed standardid, milles on välja toodud kemikaalide piirväärtused ja loetelud ohtlikest kemikaalidest, mida töötlemisel kasutada ei tohi. Üheks selliseks standardiks on Oeko-tex Standard 100. Oeko-tex Standard 100 eesmärk on kehtestada saasteainete ja kemikaalide piirnormid tekstiilides. Sertifikaat arvestab inimese tervisega seotud aspektidega, kontrollib tervistkahjustavate ainete kasutamise piirnormide järgimist. See märgistus tagab, et tooted on testitud teatud kahjulike ainete suhtes ja vastavad seatud piirnormidele [48].



Joonis 10. Oeko-tex Standard 100 märgis [59]

Ohtlike kemikaalide kasutamist reguleerib Euroopa Liidus, sh Eestis, REACH-määrus. See on vastu võetud, et kaitsta inimeste tervist ja keskkonda võimalike kemikaalidega seotud riskide eest. REACH-määrust kohaldatakse kõikide keemiliste ainete suhtes, mitte ainult tööstuslikes protsessides kasutatavate ainete suhtes, vaid ka igapäevaelus kasutatavates toodetes nagu värvid, riideesemed ja mööbel [49].

Isegi kui tekstiilmaterjalides kasutatavatele kemikaalidele on seatud piirangud, mõjutavad need meid ikkagi. Hea võimalus, kuidas vähendada naha kokkupuudet rõivastes leiduvate kemikaalidega, on uute rõivaste ja tekstiilitoodete pesemine enne esimest kandmiskorda. See vähendab suuresti näiteks formaldehüüdi, seentevastaste keemiliste ainete ja asopigmentide kogust rõivastes [50], [51].

Heaks alternatiiviks on osta sertifitseeritud orgaanilisi või taaskasutatud rõivaid, mida tõenäoliselt on korduvalt pestud ja seega sisaldavad need vähem keemilisi aineid ja ühendeid [50], [51].

Orgaanilised tekstiilid on pärit mahepõllundusest, need on orgaaniline puuvill, vill ja siid. Kogu tooraine on kasvatatud kunstlike väetiste, putukamürkide ja taimekaitsevahenditeta. Tekstiilide värvimisprotsess on keskkonnasõbralik ning värvimisel kasutatakse ainult raskemetallivabu ja AZO-grupi vabu värve. Samuti ei kasutata optilisi pleegitusaineid [48].

Maailmas on välja antud mitmeid sertifikaate, et erinevate tingimuste täitmist kontrollida. Üheks selliseks on GOTS ehk Global Organic Textile Standard.

GOTS on maailma juhtiv orgaanilise tekstiili töötlemise standard, mille eesmärk on määratleda nõuded orgaanilistele tekstiilmaterjalidele. GOTS jälgib, et kogu

tootmisprotsess toimuks keskkonda säästes ja sotsiaalseid kriteeriume järgides. Tooraine on kasvatatud ilma kemikaalideta ning värvid ja kemikaalid, mida kasutatakse, peavad vastama GOTS-i esitatud nõuetele. Global Organic Textile Standard märgis on kujutatud joonisel 11 [52].

GOTS-sertifikaadil on kaks varianti:

- 1) Toode koosneb vähemalt 95% orgaanilistest kiududest.
- 2) Toode koosneb vähemalt 70% orgaanilistest kiududest ja 30% võib olla tööstuslikult toodetud looduslik tooraine, kuni 10% sellest võib olla sünteetiline tooraine.



Joonis 11. Global Organic Textile Standard märgis [60]

KOKKUVÕTE

Tekstiilmaterjalid läbivad töötlemise käigus mitmeid keemilise töötlemise etappe, mille käigus antakse materjalile soovitud omadused. Ettevalmistuse, värvimise, trükkimise ja viimistlemise protsessides kasutatakse suurel hulgal erinevaid kemikaale, mis on vajalikud toodete kvaliteedi ja vastupidavuse saavutamiseks. Toodetes kasutatud kemikaalid aga võivad näiteks riiete kaudu sattuda meie nahale ja organismi, põhjustades erinevaid terviseprobleeme.

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli anda ülevaade tekstiilmaterjalide värvimise ja viimistlemise protsessidest ning uurida nendes kasutatavate kemikaalide mõju inimesele. Kirjanduse abil kirjeldati levinumaid värvimise ja viimistlemise protsesse, sealhulgas ka ettevalmistuse protsesse ja trükimeetodeid. Samuti tehti ülevaade erinevatest kemikaalide määramise meetoditest. Töö käigus viidi läbi kaks katset, milleks olid vesilahuse pH määramine ja värvipüsivuse määramine hõõrdumisele. Need näitajad on olulised, sest need annavad hea ülevaate tekstiilmaterjalides kasutatavate kemikaalide kahjulikust mõjust inimesele. Katsetes kasutati kuut erineva firma musta värvi puuvillasest materjalist T-särki.

Vesilahuse pH määramise katse puhul vastas nõuetele kolm T-särki kuuest. Värvipüsivuse määramisel kuivale hõõrdele vastas nõuetele samuti kolm T-särki kuuest, kuid katses märjale hõõrdele ei vastanud nõuetele üksi T-särk. Katsetest võib järeldada, et meie poodides leidub tooteid, mis ei vasta piinormidele, kuid vastavate märgistega toodete puhul saab olla kindlam, et nende kemikaalide sisaldus vastab nõuetele.

Kemikaalid satuvad erinevate materjalide kaudu meie nahale, põhjustades haigusi ja allergilisi reaktsioone. Selleks, et vähendada kokkupuudet kemikaalide ja teiste ohtlike ainetega tuleks pöörata tähelepanu tekstiilmaterjalide koostisele, töötlemisviisidele ja märgistusele. Loomulikult on tähtsal kohal rõivaste pesemine enne esimest kasutuskorda. Käesoleva tööga tehti sissejuhatus antud teemasse. Kuna antud temaatika on väga aktuaalne ning lai, siis võiks seda põhjalikumalt edasi käsitleda magistritöös.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Viikna, A. (2004). Tekstiilikeemia I : Ettevalmistusprotsessid. Tallinn : TTÜ kirjastus.
- [2] Kadolph, S. J. (2014). Textiles. Harlow: Kirjastus Pearson.
- [3] Potter, M. David, Corbman, Bernhard P. (1967). Textiles: fiber to fabric. New York : Gregg Division, McGraw-Hill.
- [4] Viikna, A. (2004). Tekstiilikeemia II : Tekstiilmaterjalide värvimine. Tallinn : TTÜ kirjastus.
- [5] Vigo, Tyrone L. (1994). Textile processing and properties. Amsterdam: Elsevier.
- [6] Viikna, A. (2005). Tekstiilikeemia III : Tekstiilmaterjalide trükkimine ja viimistlus. Tallinn : TTÜ kirjastus.
- [7] Miles, Leslie W.C. (1994). Textile printing. Society of Dyers and Colourists.
- [8] Schindler, W.D, Hauser, P.J. (2004). Chemical finishing of textile. Cambridge: Woodhead publishing limited.
- [9] Inditex. Clear to wear : Standard. [WWW] https://www.inditex.com/documents/10279/28230/INDITEX_clear_to_wear_en.pdf/71cb0490-e52d-4ead-bb60-c55809065559 (02.02.2017)
- [10] Manufacturing Restricted Substances List : Version 1.1. (2005). [WWW] http://www.roadmaptozero.com/fileadmin/pdf/MRSL_v1_1.pdf (02.02.2017)
- [11] OEKO-TEX Standard 100 : Limit values and fastness. (2017). [WWW] [https://www.oeko-tex.com/media/init_data/downloads/STANDARD_100_by_OEKO-TEX%C2%AE - Limit Values and Individual Substances According to Appendices 4 _5_en.pdf](https://www.oeko-tex.com/media/init_data/downloads/STANDARD_100_by_OEKO-TEX%C2%AE_-_Limit_Values_and_Individual_Substances_According_to_Appendices_4_5_en.pdf) (02.02.2017)
- [12] Akarslan, F. Demiralay, H. (2015). ACTA PHYSICA POLONICA A. 128, B-407-B408. [WWW] <http://przyrbwn.icm.edu.pl/APP/PDF/128/a128z2bp122.pdf> (08.02.2017)
- [13] Luongo, G. (2015). Chemicals in textiles. A potential source for human exposure and enviromental pollution : doktoritöö. Stockholm : Stockholm University.

- [14] Teonline : Textile Chemicals. [WWW] <http://www.teonline.com/knowledge-centre/textile-chemicals.html> (08.02.2017)
- [15] Ash, Michael. Ash, Irene. (2013). Handbook of textile processing chemicals. Endicott, NY : Synapse Information Resources.
- [16] World Health Organisation. Lead poisoning and health. [WWW] <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs379/en/> (09.02.2017)
- [17] Corrosion Doctors. Chromium. [WWW] <http://corrosion-doctors.org/Elements-Toxic/Chromium.htm> (09.02.2017)
- [18] Lenntech : Chemical properties of chromium. [WWW] <http://www.lenntech.com/periodic/elements/cr.htm> (09.02.2017)
- [19] Group, E. Metal Toxicity : Health Dangers of Nickel. [WWW] <http://www.globalhealingcenter.com/natural-health/metal-toxicity-health-dangers-nickel/> (09.02.2017)
- [20] Group, E. The Health Dangers of Cadmium. [WWW] <http://www.globalhealingcenter.com/natural-health/health-dangers-of-cadmium/> (09.02.2017)
- [21] Group, E. The Health Dangers of Arsenic Toxicity. [WWW] <http://www.globalhealingcenter.com/natural-health/health-dangers-arsenic-toxicity/> (09.02.2017)
- [22] Group, E. The Hidden Formaldehyde In Everyday Products. [WWW] <http://www.globalhealingcenter.com/natural-health/formaldehyde/> (09.02.2017)
- [23] Houses of Parliament. The Environmental, Health and Economic Impacts of Textile Azo Dyes. [WWW] http://2014.igem.org/wiki/images/2/29/Goodbye_Azo_Dye_POSTnote.pdf (11.02.2017)
- [24] Greenpeace. Eleven hazardous chemicals which should be eliminated. [WWW] <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/detox/fashion/about/eleven-flagship-hazardous-chemicals/> (11.02.2017)

- [25] Agency for Toxic Substances & Disease Registry. Public Health Statement for Chlorobenzene. [WWW] <https://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=487&tid=87> (11.02.2017)
- [26] Agency for Toxic Substances & Disease Registry. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) What Health Effects Are Associated With PAH Exposure? [WWW] <https://www.atsdr.cdc.gov/csem/csem.asp?csem=13&po=11> (11.02.2017)
- [27] Grossman, E. Are Flame Retardants Safe? Growing Evidence Says „No“. [WWW] http://e360.yale.edu/features/pbdes_are_flame_retardants_safe_growing_evidence_says_no (11.02.2017)
- [28] Intertek. From brands that care from make to wear. [WWW] www.intertek.vn/WorkArea/DownloadAsset.aspx?id=47177 (20.04.2017)
- [29] Tallinna Tehnikaülikool : Laboratoorse te tööde juhend. Värvide hõõrdekindluse määramine. (2015).
- [30] Wardrobe Advice. Does Chemicals Or Dye On Cotton Rub Off On Your Skin From Your Clothes? [WWW]. <http://wardrobeadvice.com/does-chemicals-or-dye-on-cotton-rub-off-on-your-skin-from-your-clothes/> (29.04.2017)
- [31] Herodes. K. Spektroskoopia. [WWW]. <http://tera.chem.ut.ee/~koit/arstpr/spe.pdf> (02.03.2017)
- [32] Herodes. K, Leito. I, Kruve. A, Rebane, R. Vedelikkromatograafia ja massispektromeetria. [WWW]. <http://tera.chem.ut.ee/~ivo/Chrom/> (02.03.2017)
- [33] Farrukh, M.A. (2012). Atomic Absorption Spectroscopy. InTech.
- [34] Wolf, R.E. U.S. Geological Survey. What is ICO-MS and more importantly, what can it do? [WWW]. <https://crustal.usgs.gov/laboratories/icpms/intro.html> (02.03.2017)
- [35] Herodes. K. Kromatograafia. [Online]. <http://tera.chem.ut.ee/~koit/arstpr/krom.pdf> (05.03.2017)
- [36] Fan, Q. (2005). Chemical testing of textiles. Woodhead Publishing Limited.
- [37] McNair, H.M. Miller, J.M. (2009). Basic Gas Chromatography, 2nd Edition.
- [38] Thet. K, Woo. N. The Chemistry LibreTexts library : Gas Chromatography. [WWW]

https://chem.libretexts.org/Core/Analytical_Chemistry/Instrumental_Analysis/Chromatography/Gas_Chromatography (13.03.2017)

[39] Sheffield Hallam University. Gas Chromatography. [WWW]

<http://teaching.shu.ac.uk/hwb/chemistry/tutorials/chrom/gaschr.htm> (13.02.2017)

[40] Center for public environmental oversight. Gas Chromatography/ Mass

Spectrometry (GC/MS). [WWW] <http://www.cpeo.org/techtree/ttdescript/msgc.htm> (13.03.2017)

[41] University of Bristol, Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC/MS). [WWW]

<http://www.bris.ac.uk/nerclsmf/techniques/gcms.html> (13.03.2017)

[42] Pico, Y. (2012). Chemical analysis of food techniques and applications. Elsevier

[43] The Chemistry LibreTexts library. Spectrophotometry (2015). [WWW]

https://chem.libretexts.org/Core/Physical_and_Theoretical_Chemistry/Kinetics/Reaction_Rates/Experimental_Determination_of_Kinetics/Spectrophotometry (14.03.2017)

[44] Leito, I. pH mõõtmise : Potentsiomeetria olulisim rakendus [WWW]

http://tera.chem.ut.ee/~ivo/ak1/pH_ISE.pdf (03.05.2017)

[45] Texanlab Laboratories. Colour fastness to rubbing. [WWW]

<http://www.texanlab.com/documents/downloads/4.pdf> (03.05.2017)

[46] Tallinna Tehnikaülikool. Practical work guide. Colour fastness to rubbing.

[47] H&M Chemical Restrictions 2017. [WWW]

http://sustainability.hm.com/content/dam/hm/about/documents/masterlanguage/CSR/Policies/HM%20Chemical%20Restrictions%202017_Apparel_Accessories_Footwear_Home%20Interior%20Textile%20Products.pdf (25.04.2017)

[48] Hoffmann, L. Kuidas leida poest keskkonna- ja inimsõbralikku kangast? [WWW].

<http://www.bioneer.ee/eluviis/tarbimine/aid-20627/Kuidas-leida-poest-keskkonna-ja-inims%C3%B5bralikku-kangast-> (09.05.2017)

[49] Terviseamet. REACH. [WWW]

<http://www.terviseamet.ee/kemikaaliohutus/reach.html> (13.05.2017)

- [50] Huxdorff. C. Body unburdened. Are your new clothes covered in chemicals? [WWW] <http://bodyunburdened.com/are-your-new-clothes-covered-in-chemicals/> (20.05.2017)
- [51] Fassa, P. Natural Society. Chemical Clothing: Which Hidden Toxins Are You Wearing. [WWW] <http://naturalsociety.com/chemical-clothing-toxic-chemicals-clothes-sick/> (20.05.2017)
- [52] Global organic textile standard. [WWW] <http://www.global-standard.org/> (20.05.2017)
- [53] Fomina. E, Rudi. H. Uhiuus T-särk põhjustas tõsise tervisehäda. [WWW] http://tarbija24.postimees.ee/3848371/uhiuus-t-sark-pohjustas-tosise-tervisehada?_ga=2.164602039.92428673.1493927490-473567656.1458155609 (23.05.2017)
- [54] Textile GUIDE. [WWW]. <http://textileguide.chemsec.org/find/get-familiar-with-your-textile-production-processes/> (22.05.2017)
- [55] All about printing of textile fabric and garments. [WWW] <http://printing4fashion.blogspot.com.ee/2011/06/engraved-roller-printing-colour.html> (22.05.2017)
- [56] Fashion apparel. Fully automatic flat screen printing machine. [WWW] <http://fashion2apparel.blogspot.com.ee/2016/12/fully-automatic-flat-screen-printing.html> (22.05.2017)
- [57] Värvioõpetuse teooria. CIELAB-värvimudel. [WWW] http://opiobjektid.tptlive.ee/Varviop/VT_Varvikorrastus_Varvimudelid3.htm (22.05.2017)
- [58] Indiamart. [WWW] <https://www.indiamart.com/proddetail/m238aa-crock-meter-4355161030.html> (22.05.2017)
- [59] OEKO-TEX. Information about use of the label. [WWW] https://testweb.oeko-tex.com/en/business/customer_services/labelling_ots100/labelling_ots100_1.html (22.05.2017)

- [60] GLOBAL ORGANIC TEXTILE STANDARD. [WWW] <http://www.global-standard.org/> (22.05.2017)
- [61] COMMISSION REGULATION (EU) 2015/628 of 22 April 2015. [WWW] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32015R0628&from=EN> (14.04.2017)
- [62] EUROPEAN PARLIAMENT AND COUNCIL DIRECTIVE 94/27/EC of 30 June 1994. [WWW] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:31994L0027&qid=1496079371819&from=et> (14.04.2017)
- [63] REGULATION (EC) No 1907/2006 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 18 December 2006. [WWW] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:02006R1907-20140410&from=EN> (14.04.2017)
- [64] Reduction of Hazardous Substances / Waste Electrical and Electronic Equipment. [WWW]. <http://www.strubeindustries.com/RoHSWEEE/directive.php5> (14.04.2017)
- [65] COMMISSION DECISION of 28 May 2009 amending Council Directive 76/769/EEC. [WWW] <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009D0425&from=EN> (14.04.2017)
- [66] RESTRICTED SUBSTANCES LIST (RSL) 2.0 October 2016. [WWW] https://pvh.com/~media/PVH/Files/corporate-responsibility/corporate_responsibility_RSL.ashx?la=en (14.04.2017)
- [67] DIRECTIVE 2003/11/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 6 February 2003. [WWW] <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:042:0045:0046:EN:PDF> (14.04.2017)
- [68] Rõivamaterjalide omadused ja vead. Soovituslikud miinimumnõuded ja katsemeetodid. Eesti Rõiva- ja Tekstiililiit, Tallinn 2001

SUMMARY

Dyeing and finishing processes of textile materials and their impact on human

Textile materials go through several stages of chemical processing during production. In the course of preparation, dyeing, printing and finishing the materials obtain the desired characteristics. But from the materials that are in direct contact with skin, the substances can get into human organism.

The aim of present Bachelor's thesis was to give an overview about the dyeing and finishing processes of textile materials and to examine the impact of chemicals used in them on humans. With the help of literature, the most widespread dyeing and finishing processes were described, including the preparation processes and printing methods. Also, an overview about several different methods of chemical identification was given. In the framework of this thesis, two experiments were carried out – identifying the pH level of an aqueous solution and determining colour-fastness to rubbing. In the experiments, six black T-shirts from different manufacturers were used.

In the experiment of identifying the pH level of an aqueous solution, three out of six T-shirts met the requirements. In the experiment of determining colour-fastness to dry rubbing, also three out of six T-shirts met the requirements, but in the experiment of wet rubbing none of the T-shirts met the requirements. Therefore it can be concluded that there are products in our stores that do not match the limit values, but when products are labelled accordingly, one can be a little more certain that the list of chemicals used in them meet the requirements.

Through different materials, chemicals get onto our skin, causing illnesses and allergic reactions. To reduce exposure to chemicals and other dangerous substances, one should pay attention to the ingredients, processing methods and labelling of textile materials. It is of course also essential to wash clothing before first use.

With the present thesis, an introduction was made into this subject. As the subject is wide, it can be more thoroughly covered in a Master's thesis.

LISAD

Lisa 1. Katseandmed kuivale hõõrdele

KUIV HÕÕRE	Silmuspostide suund			Silmusridade suund		
	L	a	b	L	a	b
HUMANA						
1.	12,0	0,6	-0,9	11,0	0,6	-0,8
2.	11,8	0,7	-1,1	11,5	0,3	-1,0
3.	12,1	1,1	-1,3	11,6	1,1	-1,1
Keskmine	12,0	0,8	-1,1	11,4	0,7	1,0
Testriie						
1.	83,2	-1,2	1,2	82,6	-1,2	0,9
2.	82,9	-1,1	1,4	81,6	-0,8	1,2
3.	82,3	-1,1	1,2	82,0	-1,8	1,7
Keskmine	82,8	-1,1	1,3	82,1	-1,3	1,3
ESPRIT						
1.	14,2	1,0	-1,0	13,5	1,2	-1,1
2.	14,5	1,0	-1,1	14,5	0,8	-1,0
3.	14,0	1,1	-1,1	14,3	1,3	-1,1
Keskmine	14,2	1,0	-1,1	14,1	1,1	-1,1
Testriie						
1.	83,2	-1,4	1,2	81,6	-1,2	1,2
2.	83,3	-1,5	1,4	81,5	-1,2	0,9
3.	82,4	-1,2	1,2	81,9	-1,3	1,1
Keskmine	83,0	-1,4	1,3	81,7	-1,2	1,1
SINSAY						
1.	13,7	1,2	-1,6	12,9	1,4	-1,7
2.	13,8	1,5	-1,8	13,3	1,1	-1,6
3.	13,8	1,3	-1,6	13,0	1,1	-1,7
Keskmine	13,8	1,3	-1,7	13,1	1,2	-1,7
Testriie						
1.	83,8	-1,4	1,4	83,6	-1,0	1,1
2.	84,2	-1,3	1,5	83,7	-1,1	1,5
3.	84,1	-1,1	1,2	83,5	-0,8	1,2
Keskmine	84,0	-1,6	1,4	83,6	-1,0	1,3

KUIV HÕÕRE	Silmuspostide suund			Silmusridade suund		
	L	a	b	L	a	b
RESERVED						
1.	14,3	1,9	-0,8	13,5	1,8	-0,8
2.	14,5	1,6	-0,9	13,2	1,9	-1,0
3.	14,2	1,9	-0,8	13,6	1,9	-0,8
Keskmine	14,3	1,8	-0,8	13,4	1,9	-0,9
Testriie						
1.	80,5	-0,5	1,7	79,3	-0,6	1,8
2.	80,1	-0,7	1,6	80,1	-0,7	1,8
3.	80,8	-0,8	1,7	78,7	-0,7	1,6
Keskmine	80,5	-0,7	1,7	79,4	-0,7	1,7
VERO MODA						
1.	12,9	1,6	-1,0	11,5	1,3	-0,9
2.	13,3	1,4	-0,9	11,8	1,1	-0,6
3.	13,7	1,5	-0,9	11,8	1,1	-0,8
Keskmine	13,3	1,5	-0,9	11,7	1,2	-0,8
Testriie						
1.	80,9	-0,8	1,1	80,3	-0,9	1,0
2.	80,5	-0,7	1,1	80,1	-0,9	1,0
3.	79,4	-0,8	1,0	80,3	-0,9	1,0
Keskmine	80,3	-0,8	1,1	80,2	-0,9	1,0
H&M						
1.	13,0	1,6	-0,9	12,3	1,2	-0,7
2.	12,9	1,4	-0,8	13,1	1,3	-0,7
3.	13,1	1,6	-0,8	12,7	1,2	-0,8
Keskmine	13,0	1,5	-0,8	12,7	1,2	-0,7
Testriie						
1.	79,6	-1,0	1,1	80,1	-1,0	1,0
2.	79,8	-1,1	1,1	79,8	-1,0	0,9
3.	78,0	-1,4	1,2	79,5	-1,0	0,8
Keskmine	79,1	-1,2	1,1	79,8	-1,0	0,9

Lisa 2. Katseandmed märjale hõrdele

MÄRG HÕÕRE	Silmuspostide suund			Silmusridade suund		
	L	a	b	L	a	b
HUMANA						
1.	11,5	0,9	-1,1	9,9	0,2	-0,8
2.	10,9	0,8	-1,2	10,9	0,4	-0,9
3.	11,1	0,6	-1,2	10,2	0,2	-1,0
Keskmine	11,2	0,8	-1,2	10,3	0,3	-0,9
Testriie						
1.	70,7	-1,1	0,0	68,0	-1,0	0,0
2.	67,7	-0,9	-0,5	68,5	-1,0	0,0
3.	70,2	-0,7	0,0	65,8	0,7	0,0
Keskmine	69,5	-0,9	-0,2	67,4	-0,4	0,0
ESPRIT						
1.	12,1	1,3	-1,0	13,1	1,3	-0,8
2.	12,6	1,2	-0,9	15,5	1,1	-1,1
3.	12,6	1,5	-1,2	13,8	1,2	-0,9
Keskmine	12,4	1,3	-1,0	14,1	1,2	-0,9
Testriie						
1.	68,9	-1,1	-0,1	68,8	-0,9	0,1
2.	69,5	-0,7	0,2	68,1	-0,9	0,0
3.	69,2	-1,1	0,0	68,8	-0,8	0,2
Keskmine	69,2	1,0	0,03	68,6	-0,9	0,1
SINSAY						
1.	11,9	1,3	-1,4	13,3	1,1	-1,4
2.	11,6	1,1	-1,7	13,4	1,4	-1,7
3.	12,5	1,2	-1,6	13,6	1,3	-1,8
Keskmine	12,0	1,2	-1,6	13,4	1,3	-1,6
Testriie						
1.	73,9	-1,7	0,4	72,8	-1,6	0,0
2.	73,3	-1,5	0,2	70,9	-1,6	-0,1
3.	73,1	-1,0	0,4	70,0	-1,1	0,0
Keskmine	73,4	-1,4	0,3	71,2	-1,4	-0,03

RESERVED						
1.	13,5	1,6	-0,6	12,0	1,8	-0,7
2.	15,5	2,1	-0,9	13,8	1,8	-0,8
3.	14,0	1,8	-0,6	13,1	2,2	-0,9
Keskmine	14,3	1,8	-0,7	13,0	1,9	-0,8
Testriie						
1.	66,8	0,0	1,5	66,9	-0,3	1,5
2.	65,8	0,0	1,3	64,1	-0,3	1,5
3.	65,7	-0,2	1,4	66,9	-0,2	1,7
Keskmine	66,1	-0,07	1,4	66,0	-0,3	1,6
VERO MODA						
1.	11,5	1,1	-0,6	11,3	0,8	-0,6
2.	12,5	1,5	-0,9	11,3	1,6	-0,7
3.	12,4	1,2	-0,7	11,4	1,2	-0,8
Keskmine	12,1	1,3	-0,7	11,3	1,2	-0,7
Testriie						
1.	66,0	0,0	0,5	67,9	-0,5	1,5
2.	66,6	-0,2	1,0	67,9	-0,6	1,4
3.	65,1	-0,1	0,6	63,8	-0,2	1,2
Keskmine	65,9	-0,1	0,7	66,5	-0,4	1,4
H&M						
1.	12,5	1,5	-0,7	10,6	1,3	-0,5
2.	12,8	1,4	-0,7	11,3	1,4	-0,7
3.	12,3	1,5	-0,7	11,6	1,3	-0,4
Keskmine	12,5	1,5	-0,7	11,2	1,3	-0,5
Testriie						
1.	71,6	-1,0	1,3	70,5	-0,2	1,3
2.	72,3	-0,8	1,2	69,9	-0,6	1,5
3.	68,4	-0,8	0,8	71,3	-0,7	1,6
Keskmine	70,8	-0,9	1,1	70,6	-0,5	1,5

Lisa 3. Piirnormid ohtlike kemikaalide sisaldusele, pH-le ning värvipüsivusele [11], [49], [61], [62], [63], [64], [65], [66], [67]

Keemilise ühendi/elementi nimetus	Millistes materjalides ja toodetes võib keemilist ühendit/elementi leida	Dokument/ Direktiiv	Piirnorm [mg/kg]				Määramismeetod
			Laste-tooted	Tooted, mis on otseses kontaktis nahaga	Tooted, mis ei ole otseses kontaktis nahaga	Kaunistusmaterjalid	
Raskemetallid							
Plii	Aksessuaarides, pigmentides, plastis, värvides, tindis.	Oeko-tex Standard 100 Commission Regulation (EU) 2015/628 (≤ 0,05% massist)	0,2	0,2	0,2	0,2	ICP, AAS, spektrofotomeetria
Kroom	Värvide, lisaainete, kinnitusainete koostises, parkainetes	Oeko-tex Standard 100	1,0	1,0	1,0	1,0	ICP, AAS, spektrofotomeetria
Kroom(VI)	Värvainetes, parkainetes	Oeko-tex Standard 100	0,5	0,5	0,5	0,5	ICP, AAS, spektrofotomeetria
Nikkel	Metallist detailides, aksessuaarides	Oeko-tex Standard 100 Nickel Directive 94/27/EC (otseses kontaktis nahaga, nikli eritumine < 0,5µg/cm ² nädalas) EC Regulation 1907/2006	1,0	1,0	1,0	1,0	ICP, AAS, spektrofotomeetria

Kaadmium	Plastmaterjalide pigmentides, ultraviolett stabilisaatorites, antioksüdantides, värvides.	Oeko-tex Standard 100 Cadmium directive Supplement to 91/338/EEC (sisaldus peab olema ≤0,01% (100ppm))	0,1	0,1	0,1	0,1	ICP, AAS, spektrofotomeetria
Arseen	Säilitusainetes, pestitsiidides, defoliantides, värvides, tintides ja plastides	Oeko-tex Standard 100	0,2	0,2	0,2	0,2	ICP, AAS, spektrofotomeetria
Formaldehüüd	Abiainete koostises; otse- ja reaktiivvärvide kinnitusainetes, kortsumis- ja kokkutõmbumisvastastes vaikudes, liimides, naha parkimise ja pehmendamise ainetes; mikroobidevastastes ainetes	Oeko-tex Standard 100 Japanese law „Harmful Substance-Containing Household Products Control“	16	75	300	300	Spektrofotomeetria; ISO/TS 17226: 2008
Tinaorgaanilised ühendid	Plastikus, tindis, värvides, antibakteriaalsetes ja seentevastastes ainetes	Oeko-tex Standard 100 Commission decision 2009/425/EC (Tinaorgaanilised ühendid (TBT, TPT) ei ole lubatud)	0,5	0,5	0,5	0,5	GC-MS

Värvid							
Asovärvid	Peamiselt puuvillakiududes	REACH EU regulation 1907/2006	30	30			Vedelikkromatograafia, gaasikromatograafia
Dispersioonvärvid	Sünteesilistes kiududes	RSL	75	75	75	75	Vedelikkromatograafia
Klooritud benseenid, toluenid	Värvikandjates polüestri või villa/polüestri kiududele; lahustites	Oeko-tex Standard 100	1,0	1,0	1,0	1,0	GC-MS/ ECD
Polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud	Kummis, plastides, lakkides, katetes, siiditrüki pastades	Oeko-tex Standard 100	0,5	1,0	1,0	1,0	GC-MS
Amiinid	Värvide, trükiainete koostises	RSL	20	20	20	20	Norm UNE-EN 14362-1(2003)/14362-2 (2003)
Tuld tõkestavad ühendid	Tekstiilikiudes	Oeko-tex Standard 100 2003/11/EC (maksimaalselt 0,1% PentaBDE, OctaDBE)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 10	Kromatograafilised meetodid
pH		Oeko-tex Standard 100	4,0-7,5	4,0-7,5	4,0-9,0	4,0-9,0	ISO 3071:2006
Värvipüsivus kuivale hõõrdele		Oeko-tex Standard 100	4	4	4	4	ISO 105-X12:2016

Värvipüsivus vee toimele		Oeko-tex Standard 100	3	3	3	3	EVS-EN ISO 105-E01:2013
Värvipüsivus higi toimele		Oeko-tex Standard 100	3-4	3-4	3-4	3-4	EVS-EN ISO 105-E04:2013

Lisa 4. Katsetes kasutatud T-särgid



Lisa 4a. H&M-i T-särk



Lisa 4b. VERO MODA T-särk



Lisa 4c. RESERVEDi T-särk



Lisa 4d. ESPRITi T-särk



Lisa 4e. HUMANA T-särk



Lisa 4f. SINSAY T-särk