

# Nyolcvan éves a színmérés

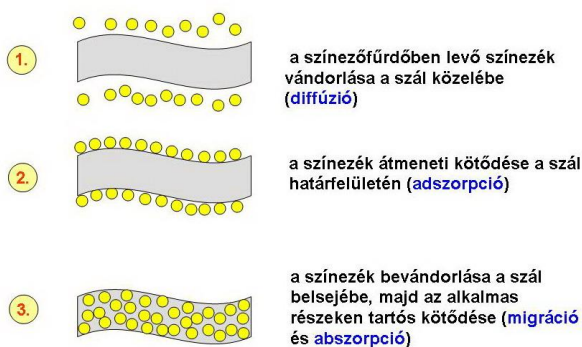
Kutasi Csaba

Egy konkrét tavaszi-nyári, őszi-téli szezonra jellemző trendszíneket tekintélyes divatszakemberekből álló nemzetközi biztosság állítja össze. Erre épülnek a követendő és meghatározó színirányzatok, a szintrendek is. A rendkívül precízen kialakított színeket pontosan kell megjeleníteni a divattermékeken. Annak ellenére, hogy színmérés és műszeres receptszámítás is segíti a színhűséget garantáló kolorizálási tevékenységet, számtalanszor nagy kihívás előtt állnak a gyártók. A színmérés révén a színkommunikáció lehetősége teremthető meg az üzleti partnerek között (nagy távolság esetében is meg tudják határozni a színeltérési tűréseket, dönthetnek kiszállítás előtt a szín elfogadásáról). A számottevő színeltérés elkerülése vagy megtört mértékének meghatározása fontos kérdés s, ezt teszi lehetővé az objektív színmérés.

A különböző készülségi fokú textilanyagok (szál, fésült szalag, fonál, kelme, darabáru) színezése során az egyik fő összetevő a szálasanyag, a másik meghatározó komponens a vizes közegű színezőfürdő (amely valódi oldat vagy éppen valamely kolloid rendszer formájában tartalmazza az alkalmas textilszínezéket). Az egyik használatos meghatározás szerint a színezés során a színezőfürdőben az aránylag kis koncentrációban jelenlevő színezék a szálasanyagon koncentrálik. Tehát a víz bázisú színezőfürdőbe merített textília anyagi minőségtől függően vizet ill. színezéket vesz fel, a határfelületi jelenségek érvényesülésétől függő mértékben. Ennek megfelelően a szálszerkezet, a színezést megelőző műveletek hatásai ill. a megfelelő színezékek kémiai szerkezete és fizikai jellege határozza meg a színezés fizikai-kémiai folyamatainak körülményeit. Általánosságban a szálasanyagokat a felépítő nagymolekulájú anyag funkciók (aktív) csoportjai, ill. a színezékmegkötésre alkalmas rendezetlen térrészek mértéke, a belső finom szálszerkezet orientáltsága, a nedvességfelvevő képesség, a határfelületi jellemzők a színezhetőséget befolyásoló tényezők.

A színezési művelet részfolyamatait (1. ábra) általánosságban tekintve, az alábbiak követik egymást:

1. a színezőfürdőben levő (oldott vagy diszpergált)



A színezés részfolyamatai jelképesen

1. ábra

színezékrészecskék vándorlása a szálasanyag közelébe (az ún. diffúzió),

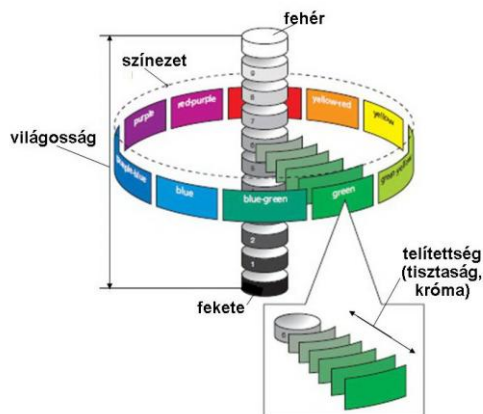
2. a színezék átmeneti kötődése a szál legkönnyebben hozzáférhető, ún. határfelületén (idegen kifejezéssel: adszorpció),

3. a színezék bevándorlása (újabb diffúzió ill. migráció) a szál belső az ún. amorf - rendezetlen - térrészekbe és ott másodlagos erőkkel vagy kémiai kapcsolattal történő megkötődése.

A diffúzió kapcsán megemlítendő, hogy a részecske vándorlási-képessége egyrészt függ a színezékmolekulák ill. aggregátumaik (halmazaik) méretétől (a kisebb molekulaméretűek gyorsabban képesek a diffundálásra). Továbbá függ az affinitástól (a nagyobb kötődőképességűek diffúziója lassúbb), ill. a színezési hőmérséklettől (magasabb fürdő hőfokon a diffúziósebesség több-százszorosára is nőhet a terem hőmérsékleti állapothoz képest). Ezen kívül befolyásoló tényező még a diffúzió helyszíne (a színezőfürdőben gyorsabb, a szálban lassúbb a diffúzió).

A szálak külső és belső felületének viszonyát elemezve kiemelendő, hogy a szálasanyag szorpciós kapacitása (azaz a színezékmegkötésre belül rendelkezésre álló felületek nagysága) lényegesen meghaladja a kívül fellelhető határfelületet. Példaként megjegyzendő, hogy a tömegegységre vonatkoztatott belső felület nagysága pamutnál 100, a gyapjú esetében 200 m<sup>2</sup>/g mértékű (pl. 1 g tömegnyi gyapjúsál belső felülete közel egy tenispályányi felületet képvisel). A külső szálfelület nagysága a színezési folyamat kezdetén jelentős szerepű, a megkötődés szempontjából előnyös a minél nagyobb kontakterület. A határfelület színezékfelvevőképességét az elektrolit - só - jelenléte a szubsztantív és reaktív színezékek esetében elősegíti, pl. a színezékszál közötti taszító hatás csökkentése a szálasanyag negatív felületi töltésének áttöltésével (a szál felületén létrejövő tömörített diffúziós kettősréteg megkönnyíti az azonos töltésű színezék anionok közeledését a szálhoz).

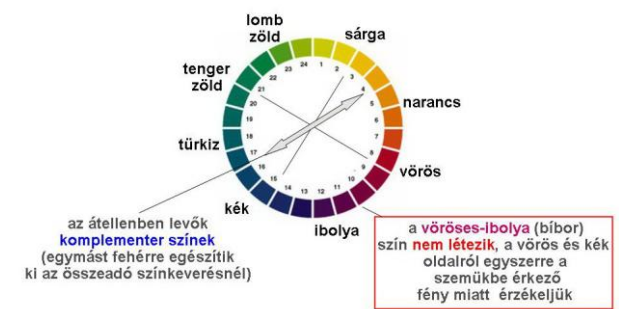
A színek rendszerezésével régóta foglalkoznak a szakemberek. Többek között kiemelendő Munsell színrendszere (2. ábra). A színskálát kidolgozó amerikai professzor a színek elnevezésének egyértelműsítésével



Munsell rendszere a színmegjelenés jellemzésére

2. ábra

**tiszta színek** (egyszerű színek –homogének-, összetett színek két szín keverékéből)



**semleges színek** (fehértől a feketéig, végtelen sok szürke árnyalat)

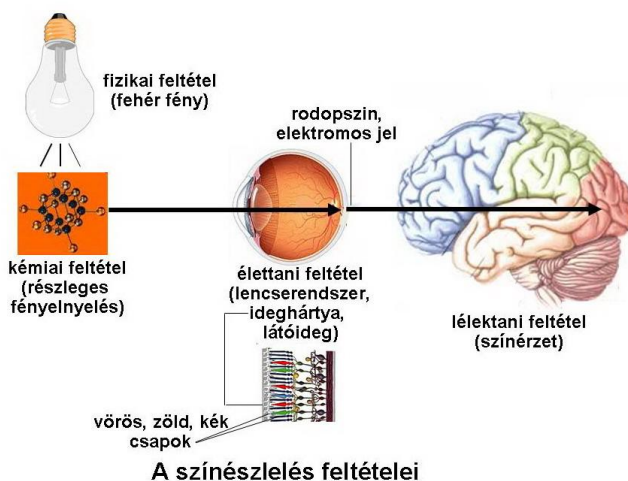
Ostwald féle színrendszer

3. ábra

foglalkozott az 1905-ben megjelent „A Color Notation” című munkájában. Hengerkoordináta-rendszerében az intenzitás a henger tengelyén, a színtisztaság a tengelytől távolodva, míg a színárnyalat körben, szektorszerűen helyezkedik el. A rendszer alapvetően az emberi színérzékelésre alapul, az egyes színeket betűkből és számokból álló kombinációk írják le. Az 1929-ben megjelent „Munsell Book of Color” és későbbi kiadásai a tökéletesített rendszert ismertetik, az 1940-es évektől már optikai mérési eredmények is belekerültek. Megemlítendő még Ostwald 1931-es színrendszere (3. ábra), a színezet, fehér-fekete tartalom együttes figyelembevételével készített színháromszög ill. szín-kettőskúp (4. ábra) (amely annak idején a gyakorlati használatban elterjedt volt). A Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság (Comission Internationale d'Eclairage, CIE) színingermérő rendszere 1931-ben, majd 1964-ben a kiegészítő színingermérő rendszer került bevezetésre. Végül az 1976-ban kialakított színingermérő számítási módszer jóváhagyása (utóbbi a CIE és az „L”, „a” és „b” koordinátákról a CIELab jelölést kapta) következett.

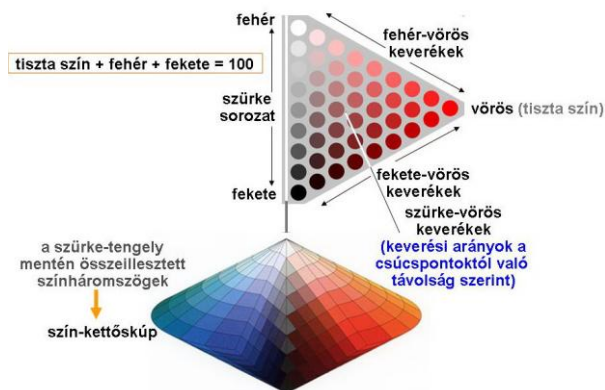
## Színek észlelése, a színhűség fontossága

A szín tulajdonképpen egy észlelet, az agy reakciója a fényre (a látószerv, látóideg közvetítésével). Az elektromágneses sugárzás emberi szem által látható részére (400–700 nm közötti hullámhosszúságú, ún. spektrális tartomány) érzékeny az ideghártya (a retina, amely különböző hullámhosszú fényekre másként reagál). Az



A színészlelés feltételei

5. ábra



Ostwald féle színháromszög és szín-kettőskúp

4. ábra

egészséges emberi szem mintegy 160 színárnyalatot tud megkülönböztetni, de vannak, akik ennél sokkal többet. Általánosságban főleg a nők – és pl. a divatipar szakemberei – képesek még több színezetfajta érzékelésére (feltehető, hogy a vörös, zöld és kék mellett eggyel több fajta receptorral rendelkeznek).

A színészleléshez egyszerre négy feltételnek (5. ábra) kell teljesülni, így szükséges:

- **Fizikai feltétel** a fehér fény (természetes vagy mesterséges fényforrásból), amely különböző hullámhosszúságú és színű látható fénysugarak összessége. A természetes napsugárzás mellett különböző mesterséges fényforrások, izzólámpák, fluoreszkáló fénycsővek biztosítják a többé-kevésbé fehérnek mondható, monokromatikus keverékfényt. Pl. a „D65” az átlagos nappali fényt képezi le, az „A” az esti fénynek megfelelő izzólámpát jelenti, „TL84” az egyes áruházakban használt fluoreszkáló fényforrásra utal.

- **Kémiai feltétel** olyan „színes” vegyület jelenléte a megfigyelendő tárgyon (pl. textílián), amely meghatározott szerkezete folytán a fehér fény összetevői közül egyes színes részeket elnyel, a megmaradó fénysugár szerinti szint észleljük. A színezékeknél a kezdeti természetes színezőanyagoktól az elmúlt száz-egynéhány év alatt eljutottunk a nagyszámú szintetikus színezékig (pl. annakidején 1,5 g bíbor-színezék eléréséhez 12 000 darab kellett az Égei-tengerben honos bíborcsigából, most évente kb. többszáz ezer tonna színezéket gyártanak).

- **Élettani feltétel** a látószerv, azaz a szem, amely a lencserendszerből és a látóidegből áll. Az emberi szem a bejutó fénymennyiséget a pupillával szabályozza, majd a fényt (fénytörő közegeivel, főként a domborulatát az igényeknek megfelelően változtatni képes szemlencsével) fókuszálja. Az ideghártya (a retina, mint „megújuló film”) másodpercenként 10-szer alkalmas képvételre. Az idegvégződés (fotoreceptorok, amelyekkel a fényenergia elektromos idegi jellé alakul) közül a pálcikák akár egy fotonra is reagálnak (igaz csak szürke kép vételére képesek). A csapok (mint a színlátást közvetítő idegvégződés) esetében a vörös, zöld és kék érzékenység jellemző (tehát a színlátás a trikoramatikus érzékelésen alapszik), ezeknek az alapszíneknek a kombinációjával alakul ki a többi szín. A látás kémia-jához tartozik, hogy a foto-receptorokba jutó A-vitamin segítségével alakul ki a látóbíbor (amikor a szintelen fehérje az opszin nevű anyaggal rodopszinná egyesül). A keletkező fényérzékeny vegyület a fényrészecskék hatására bomlik, elektromos jellé átalakulva továbbítja



### A rendellenes színlátás

6. ábra

az információt az agy látókérgébe (a jelek végül mentális képpé formálódnak). Megjegyzendő, hogy a színlátás egyéni sajátosság, a szabályos színlátású emberek némiképp különböző módon érzékelik a színeket.

- **Lélektani feltétel** az agy megfelelő részének optimális működése, ahol a beérkező elektromos információkból színérzet képződik. A színfelismerés kisgyermekkorban a jobb agyféltekében kezdődik, de a színek nevének megtanulásakor áttevődik a bal féltekébe. A rendellenes színlátás egyik fajtája a színvakág (monokromácia), az ilyen színérzékelési hiányosságban szenvedők csak a szürke árnyalatait érzékelik a fehértől a feketéig. A dikromatikus színlátás vagy dikromácia (két színt látás) (6. ábra) jellegű rendellenesség esetén az illető a három főszín egyikének érzékelésére képtelen. A vörös vagy a zöld szín érzékelésének hiánya gyakrabban, a kéké ritkán öröklődik. Amennyiben a receptorok mennyisége kevesebb vagy nem működnek megfelelően, akkor szintévesztés következik be.

A tárgyra (pl. színes textiliára) eső fény minimális része a felületről rögtön visszaverődik, ez a felületi reflexió (textiliánál 2 %-nyi az eltérő sűrűségű levegőanyag határfelület miatt). A fénysugár nagy hányada behatol a színezett textiliába, majd egyes hullámhosszú és színű sugarai ismét kilépnek az anyagból és visszaverődnek. A nem elnyelt, visszavert (reflektálódott) fény határozza meg adott anyag színét (7. ábra), ezért a színezetlen textiliánál a belépő és kilépő (visszavert) fény közel azonossága alapján fehéret érzékelünk. A színes textilanyagok tehát a beeső fehér fény adott színű sugarait nem nyelik el, a többit hőenergiává alakítva megkötik. Kis mennyiségű színezék felvitele esetén kevés fény abszorbeálódik (elnyelődik), így a nagy reflexió (visszaverődés) miatt világos lesz a felület színe (nagyobb színezékmennyiségnél növekszik az elnyelődés, kevesebb a visszaverődés; így sötétebbnek látjuk a textiliát). A korszerű spektrofotométeres színmérő berendezések a visszavert fénymennyiségből, a spektrális reflexióból kiindulva határozzák meg a szín objektív jellemzőit a virtuális rendszerben.

A **színhűség** (színpontosság, színazonosság, színegyezőség) a textilipari termékeknél kiemelt fontosságú. Egyrészt csak tökéletesen kivitelezett színű textiliákkal lehet a nemzetközi és nemzeti színtrendeket megjeleníteni. Másrészt az adott színek reprodukálásánál (pót-

és ismételt megrendelések teljesítésekor) alapvető követelmény a színhűségi kritériumnak való maradéktalan megfelelés. Egyértelmű, hogy nemcsak a különböző, időben elkülönült gyártási tételek között, hanem egy színezési tétel (partin) belül (pl. az egyes végek között) sem lehet észlelhető mértékű „szinkiesési” különbség. A kelme hosszán és szélességén belüli színegyezőségével a szabott idomok közötti, terméken belüli színeltérések kiküszöbölhetők. Gyakori, hogy meghatározott azonos színű, ugyanakkor általában eltérő nyersanyag-összetételű textilfelületek kombinációjával alakul ki az öltözék (pl. öltöny és nyakkendő; kabát és sál stb.). Kedvelt tervezői alkalmazás a „kompozé”, azaz pl. adott szín kivitelezésével készített pozitív-negatív mintázatú kelme változatok összedolgozása. Pl. közismert fehér alapon ugyanaz a sötétkék minta, sötétkék alapon ugyanazon fehér minta, kombinációja (ruházat, ágynemű). A lakásberendezésen belül a „nem textiles” tárgyak színével való textíliaegyezőség igénye is számtalanszor felmerül (pl. tapéta mintázat vagy éppen a lámpaernyő színével egyezzen a függöny). Az ilyen megoldások vizuálisan egyező kivitelezése összetett kolorizálási feladat, mert a színes felületek nagyságához is igazodva kell a tökéletes összehatást biztosítani. Így sokszor nem azonos színezékkoncentráció alkalmazásával lehet elérni az optimális külsőképet. Vannak speciális színigényű termékek (pl. zászlók, forma- és egyenruhák, csapat dresszek, egyéb arculatot tükröző színes cikkek), ahol a színhűség rendkívüli tényező.

Az új, aktuális divatirányzatok jellemzőit a trendek tesztelik meg. Ezek – a szakemberek számára szóló – információs anyagok főként színeket, színcsoportokat közvetítenek a stílusok mellett. Az aktuális szezon előtt jóval, először a színtrendeket határozzák meg. Ebben alapvető szerepe van a nagy múltú nemzetközi színbizottságnak, az INTERCOLOR-nak. Az évente kétszer (nyáron és télen) megrendezett párizsi üléseken korán alakítják ki a férfi- és női öltözetek, lakástextiliák meghatározó színvilágát. A szezon előtt akár két évvel előbbi színtrendekre azért van szükség, hogy akár a színezékgyártók, de főleg a fonal- és kelmegyártás képviselői időben felkészülhessenek a divatszín előállítására. A nemzetközi színbizottság döntései után elkészülnek a nemzeti színtrendek, ezeket szintén korán ismertetik a textilanyag előállítókkal. Azonban az ő felkészülésükhöz még elengedhetetlen, hogy a stílus-irodák, divatintézetek az alapanyagtrendeket mielőbb közöltegyék, így a mintakollekciók időben elkészülhetnek a szakvásárokra, nagyobb üzleti tárgyalásokra.



A vörösre színezett fényes szál viselkedése fényhatáskor

7. ábra



Ugyanakkor a nagyobb szálasanyag-forgalmazók és gyártók, fonal- és kelmegyártók saját trendjeit is fontos figyelembe venni.

### A textilszínező rendszer komponensei, a szálasanyag befolyásoló hatásai

A színezési folyamat általános jellemzésénél megjegyzendő, hogy ún. dinamikus egyensúlyra vezető folyamatról van szó (az egyensúlyi állapot elérésekor - ennek megfelelő, jellemző hőmérsékleten - az időegység alatt felvett és leadott színezék mennyiség állandó). Adott színezékek affinitását a szerint jellemzik, hogy az egyensúlyi állapot elérésekor mekkora mértékű a szálon megkötődött mennyiség. Meghatározó szerepet tölt be továbbá a szálasanyag nedvesedőképesége, miszerint a textil-alapanyag milyen készséget mutat a vízszorpcióra. Az ún. hidrofílnak (vizet kedvelő, jól nedvesedő) szálak (főként a pamut, regenerált cellulóz, gyapjú stb.) a jelentős vízmegkötő képesség ismeretében számos vízben oldható színezékekkel színezhetők. A hidrofób (víztaszító jellegű) szálasanyagok közismerten kismértékű vízfelvételre képesek, továbbá szerkezetükre általánosságban a nagyfokú rendezettség, a színezékmegkötésre alkalmas aktív csoportok kis száma jellemző. Így főként a vízben oldhatatlan diszperziós színezékekkel színezhetők.

A hidrofílnak szálasanyagok esetében a színezék az ún. *pórusmodell* szerint képes a szálba behatolni, ill. megkötődni. A kiterjedt kapillárisrendszer következtében a vizes fürdő felszivása és a duzzadt állapotú szálban előforduló, folyadékban lejátszódó diffúzió játssza a fő szerepet. Pl. a cellulóz- és fehérje alapú természetes és regenerált mesterséges szálak esetében, a szálak morfológiai jellemzőire is figyelemmel kell lenni (többek között a regenerált cellulóz jellegű viszkóznál a felületi orientációs-réteg, a gyapjú esetében a pikkelyes határolófelület csökkenti a színezék diffúziós képességét).

A hidrofób szálaknál a tömör, zárt és rendkívül szabályos szerkezet miatt nincsenek pórus-rendszerek, ugyanakkor a magasabb hőmérsékleten mozgékonyabbá váló láncmolekula-szegmensek ún. *szabad térfogatot* képeznek (ezek a láncmolekulák által el nem foglalt volumenek). Így a színezékbehatolás és megkötés számára, az ún. üvegesedési hőmérsékleten (a termoplasztikus anyagok adott hő hatására bekövetkező viszko-elasztikus állapotában) létrejövő belső, szubmikroszkópos szálüregek lényegesek. Ezek kialakulása dinamikus jellegű, tehát a létrejövő mikro befogadó-helyek szálon belüli helyzete változik. Ezt a hőmérséklet-tartományt 50-100 °C-kal meghaladó színezési hőmérséklet jelenti a hidrofób szálak színezési optimumát.

A szálasanyagok szubmikroszkópos szerkezetét tekintve – többek között színezhetőségi szempontból – tehát lényeges a rendezett (kristályos) és rendezetlen (amorf) térrészek előfordulási aránya, ill. a láncmolekulák orientáltsága. A makromolekulák egymás közeli és szabályos halmazában számos oldalirányú kötés fordul elő, ezekbe a kellően zárt (rendezett) térrészekbe nem tudnak a színezék-molekulák behatolni. Így a rendezettség növekedésével a színezékfelvétel-képesség csökken. Pl. a pamut rendezettsége kisebb, mint a rami vagy a juta hánccsrostoké, ezért az utóbbi cellulózalapú szálak színezhetősége rosszabb. A mercerezett pamut



Színezhetőséget befolyásoló tényezők, szál tulajdonságok

8. ábra

ill. a regenerált-cellulóz alapú viszkóz szál esetében az amorf térrészek hányada nagyobb, ezért magasabb a színezékfelvétel képessége. A szerkezet tömörsége, a szál merevsége és keménysége szintén színezést befolyásoló tényező. A már említett hánccsrostoknál nehezebb a színezék-behatolás, ezért főként csak a külső-réteg színeződése érhető el.

A természetes szálasanyagoknál a színezési lehetőségeket nagyban befolyásolja a különböző fejlettségű szálak előfordulási mértéke. A pamut esetében az *érettség* rendkívül fontos tényező (az éretlenek alig, a holt-szálak egyáltalán nem színeződnek a szekunder-fal vékonyága ill. hiánya miatt). Az esetleges szálkárosodások negatív hatása (pl. a gyapjú alkáliák ill. fény hatására bekövetkező minőségromlás) szintén rontja a színezhetőséget. A külső szálhatároló-felület milyensége is befolyással van a színezékfelvételre. Pl. a gyapjúszálat körülvevő epikutikula átjárhatósága nemcsak a bundarész testen belüli helyétől változik, hanem a szál hosszán belül is (a színezék-behatolás mértéke a töréshelynél kisebb, mint a szál hegyénél).

A természetes alapú mesterséges szálak esetében (pl. viszkóz) a szerkezeti egyenlőtlenségek mellett a *polimerizációs fok* ingadozás is kedvezőtlenül hat a színezés minőségére. A száltípus is hatással van a színezhetőségre, pl. a fényes változatú viszkóz filamentek könnyebben színezhetők a mattírozott fajtákhoz képest (a fény-tompításhoz használt titán-dioxid hozzáátét szálon belüli egyenlőtlen elhelyezkedése értelemszerűen zavarólag hat). A természetes-alapú mesterséges szálakat tekintve az ecetsavas cellulózészter- (a di- és triacetát-) szálak megjelenése főként a kezdeti időkben jelentett különleges kihívásokat a színező szakemberek számára (az alkalmas diszperziós színezékek rendelkezésre állásáig a szálasanyag részleges felületi hidrolízisével, ill. a speciális duzzasztószerek bevetésével próbálták úrrá lenni a problémán) (8. ábra).

A szintetikus szálak előállítása során a rendezettségre ható nagyfokú nyújtások mellett a hőhatások hőmérsékletingadozással járó szerkezeti egyenlőtlenségei jelenthetnek színezési problémákat. Általános gond, hogy a szálgyártás során a külső határoló felület mindig rendezettebb, így a szintetikus szálak körül egy mechanikai védelmet is jelentő, nehezen áthatolható hártárréteg fordul elő. A nyújtási műveletek hatására a polimerláncok egyre rendezettebb helyzetbe kerülnek, a rendezetlen tartomány orientációja részben megkezdődik, így a kristályos térrész-hányad növekszik, azaz a színezékmegkötési helyek csökkennek a szálban. Egy-

úttal romlik a szálanyagban belüli színezékvándorlás lehetősége is, gyengítve az esélyt, hogy az aktív csoportokkal teli helyekre eljusson a színezőanyag (erre utal a meg növekedett színezésaktiválási energiaigény). A gyorsan kristályosodó szálaknál (pl. poliamid 6,6) a nyújtás nem gyakorol számottevő színezékfelvételt csökkentő hatást a nagymolekulájú-anyagra (igaz a színezés sebességének csökkenését okozza). Egyes szálaknál (pl. poliamid 6) adott nyújtási mértékig növekszik a színezék diffúziója, majd egy maximum-értéket meghaladva csökkenő tendencia következik be (az adott határon felüli nyújtással a belső szálszerkezet összetörik, a bekövetkező tömörödés miatt romlik a színezékfelvétel). Más szálanyagoknál (pl. poliakrilnitril) a nyújtás fokozódásával egy ideig arányosan változik a színezékmegkötési mérték, majd szintén drasztikus csökkenés figyelhető meg. Ez azzal magyarázható, hogy először a hajtogatott makromolekulák fokozatosan kiegyenesednek, majd a száltengelytől kiindulva mind jobban csökken a láncmolekulák mozgása, egyre zártabb lesz a szerkezet. A néhány kiagrott példa is jól szemlélteti, hogy a mesterséges szálgyártás befejező műveleténél elengedhetetlen nyújtás (szálvékonyítás, a kívánt szilárdság elérése, stb.) kivitelezése (mérték, egyenletesség) rendkívüli módon kihat a színezés körülményeire.

Az említett hőhatások esetenként szintén jelentős befolyással vannak a termoplasztikus szálak színezékfelvevő képességére. A hőkezelés módja, ideje, az alkalmazott hőmérséklet komoly hatást gyakorolhat a szál színezhetőségére. Hasonlóan a színezésnél jelentkező problémák között említendő egyes szálak (pl. poliészter) gyártása során megjelenő oligomerek előfordulása. Ezek a rendellenes, kisméretű polimerek (pl. három monomerből felépülő gyűrűs trimerek) kis mennyiségben pl. káros lerakódásokat okoznak a színezőberendezésben.

Külön megemlítendő az ún. *száltelítési érték*. Az anionos (savas) módosítású poliakrilnitril szálak esetében, az alkalmas kationos (bázisos) színezékek sószerűkapcsolatot létesítenek a szál aktív csoportjaival, így lényeges ismerni az ún. szálósszeg-számot (azaz hány %-nyi a száltömegre vonatkoztatott színezékmegkötési hányad). Pl. szálanyag-márkától függően a 400-as mol-tömegű alap-színezékből 1,5–2,5 %-nyi mennyiség tökéletes megkötődésére van mód. Befolyásoló a színezék telítési tényezője is (az ún. „f”-érték), amely színezékegyedenként változó és a gyártók mintakártyáiból hozzáférhető. A több színezékből álló kombinációk (figyelembe véve a keverhetőségre utaló kombinációs „K”-értéket) esetén az „f” értékekkel korrigált színezék %-ok összege nem haladhatja meg a szála jellemző telítési értéket. Jellegzetes probléma az egyes szálanyagoknál fellépő blokkoló hatás, azaz a színezék-kombinációk alkalmazásakor a nagyobb affinitású egyed a már megkötődött kisebb kötődő képességűt kiszorítja, majd annak helyére lép (pl. így a keverési aránytól eltérő színezet alakul ki, nem-kívánatos színárnyalat változás jön létre). A szálgyártók természetesen számos beavatkozással igyekeznek javítani a nehéz színezhetőségen. Ennek érdekében a kémiai összetétel különböző módosításaival (pl. kopolimerizáció, aktív csoportok növelése szabályozott helyettesítésekkel stb.), a fizikai szerkezet kedvező irányú megváltoztatásával (szálszerkezet fellazítása, üvegesedési hőmérséklet csökkentése stb.) javítják a színezhetőséget. Az op-

timális színezés minőségmegvalósításhoz pontosan ismerni kell adott mesterséges-szál konkrét típusát, továbbá gondoskodni kell arról, hogy egy konkrét szálgyártási tételből készült anyagmennyiség legyen csak a színezendő textilanyag mennyiségben (a különböző időben gyártott szál-tételek között mindig számolni kell színezhetőségi eltérésekkel). Külön megemlítendő az elmúlt évtizedekben elterjedt mikroszálak (főleg poliészter, ill. poliamid, esetenként regenerált cellulóz), amelyek az 1 dtex-nél finomabb, speciális szálképzéssel előállított extra vékonyágú filamenteket jelentik. Színezés szempontjából közös jellemzőjük az első- és második-generációs társaiknál nagyobb színezékfelvétel (a felületnövekedés egyenes következményeként), ill. a nagyobb színezékkoncentrációval együtt járó szintartósági probléma, különösen a sötét színeknel. Tehát a színezék-kiválasztás külön mérlegelést igényel, hasonlóan lényeges szempont a mikroszálás kelmét kimélő (fokozott zsugorodási hajlam magasabb hőmérsékleten, kelme-felület rendkívüli horzsolási érzékenysége, stb.) színezési körülmények maradéktalan biztosítása (technológiai állapotjelzők, a kelme „űszását” megvalósító színező-berendezések stb.).

A természetes szálak esetében a színezékfelvételre ható kedvező előkezeléseket befolyásoló is fontos megemlíteni. Így a pamut- és pamuttipusú szövetek (utóbbiaknál pl. a pamut-poliészter keverékek) mercerezése kerül előtérbe, ill. a folyékony ammóniás előkészítés említendő. A mercerezés során a fonalak ill. kelmék fesztés közbeni tömény, hideg nátrium-hidroxidos kezelésének hatására többek között a színezési tulajdonságok is előnyösen alakulnak. A szubmikroszkópos szerkezet kedvező átalakulásával nő a színezékabszorpció, másrészt a szál belső fényszóró képességének csökkenésével fokozódik a színmélység. E két hatás eredőjeként a másodrendű kötőerőkkel rögzülő színezékeknel átlagosan 30 %-os, az erős kémiai kötéssel kapcsolódó reaktív színezék esetében mintegy 40 %-os színezék megtakarítás érhető el. A cseppfolyós ammóniával történő előkezelés szintén fonalaknál és kelméknél alkalmazható. Az ilyen előkezelés hatására a szál hozzáférhetősége (a színezékek és egyéb segédanyagok számára) növekszik. A folyékony ammóniával (pl. légköri nyomáson, –35 °C-on történő folyamatos kezeléssel; szakaszos berendezésekben 6–10 bar túlnyomáson cseppfolyós marad teremhőmérsékleten az ammónia) történő telítést (esetleg szárítást) követően a hatóanyag visszanyerésére kerül sor.

Igazi kihívást a különböző *szálkeverékekből* kialakított textilanyagok színezése jelent. A keverékanyagok tónus-azonos színezése komoly szakmai feladat, amikor az egyes szálósszetevekből kivitelezett azonos színezetek kritériumának kell kifogástalanul megfelelni. Általános elvként megfogalmazható, hogy olyan színezékek kiválasztása jelenti a késztermék szempontjából optimális minőségi garanciát, amelyek csak az adott nyersanyag-komponenst színezik meghatározóan (a másikat ill. a többi színezetlenül hagyják, ha szükséges az ennek érdekében bevetett rezerválószerkek közreműködésével). Így kézenfekvőnek tűnik az egyes alapanyag komponensek fokozatos, az optimális sorrendben egymást követő színezése (a még színezetlen összetevő kellő közbeni takarásával). Megemlítendő, hogy a színezékgyártók általuk kialakított kész-színezékeverékekkel is igyekeztek megfelelni az arány-

lag egyszerűbben megvalósítható keverékszínezési igényeknek.

## Fejlődési irányok a színezőrendszerek területén

A textilszínező rendszer valamennyi komponense rendkívüli változásokon ment és megy keresztül:

- A természetes szálanyagoknál különleges előkészítő műveletekkel bővült a színezék-megkötődést fokozó megoldások tárháza. A természetes alapú mesterséges szálanyagoknál megjelent a lyocell, ezen kívül a mikroszálak családja, továbbá az újabb generációs szálanyagok színezésének igénye is egyre jobban felmerül.

- A színezékeknél a fontos műszaki-gazdasági kérdéseken (biztonságos reprodukálhatóság, optimális szintartósság garantált elérése, gazdaságos használat stb.) túlmenően egyre nagyobb szerepet kapott a *környezetkimélés*, az egészségügyi kockázat minimalizálása a textilkikészítés ill. a textiltermékek használata során. Továbbá a szálkeverékek színezésére is mind kedvezőbb színezékek és eljárások láttak napvilágot. A környezetvédelem kapcsán megemlítendő a megfelelő kompromisszumkészség. Az ökológusok a fejlődés meghatározott szakaszában rögzítik a gazdaságos termelésnél elviselhető és a környezetkimélés szempontjából legkisebb károsodást okozó határértékeket (a veszélyes anyagok esetében tehát nem a tilalmi elv érvényesül kizárólagosan).

- A színezési segédanyagok területén a színezés minőségmegvalósítását fokozó, a gyártási- és használati szintartósságot növelő korszerű hozzáadékok egyre szélesedő palettája segíti a színezési folyamat mind tökéletesebb gyakorlati végrehajtását.

- A színezés technikai hátterét képező színező-berendezések fejlesztésénél is egyre nagyobb szerepet kap a környezetkimélés (víz- és energiatakarékos megoldások, minimalizált szennyvíz-terhelés stb.), az emberi beavatkozást mellőző ill. minimumra csökkentő, ugyanakkor üzemi körülmények között megbízhatóan működő elektronikus programszabályozás ill. -vezérlés. Valamint fokozottan előtérbe került a textilanyag képzőtehetségi fokához, szerkezetéhez legjobban igazodó (minőségmegővő és megvalósító) gyártási körülmények megvalósítása (a gazdaságosság kellő figyelembevételével). A rövidebb színezési idő, kedvező színezék-kihasználás, a már említett energiakímélő üzemmód prioritása jellemző. Hasonlóan fontos törekvés az értékes berendezések állásidejének csökkentése különböző technikai kiegészítőkkel (színező-fürdő előkészítő tartályok, öntisztító szűrők stb.), ill. az automatizálás tovább-fokozása (pl. robottechnika hasznosításával is).

- A *színtartóssági* kritériumoknál a szokásos gyártási- és használati vizsgálatok mellett egyre több speciális meghatározással kontrollálják az egyedi megfelelőséget (pl. a kombinált izzadság- és fényállóság, a nyállal szembeni szintartósság, kipufogó- és füstgázokkal szembeni ellenállás stb.). Természetesen a magasabb színezékkoncentrációk esetén is egyre jobban alapkövetelmény a kifogástalan szintartósság. Ezért a „színezék-szál” kapcsolat erősségére és tartósságára különös gondot fordítanak a fejlesztők (pl. kiemelő a különleges segédanyaggal reaktív módon kötődő direkt színezékek alkalmazása stb.). Az optimális színezékrögzítést kedvező színezék-kihasználással kell elérni, (a minimális

veszteség a szennyvíz terhelés radikális csökkenésével párosul).

## A színezési hibák és elkerülésük

A színezésnél előforduló számos hibalehetőség kivonatos és eredet szerinti összefoglalását adjuk a következőkben:

### Az alanyanyaggal kapcsolatos hibák:

- A *szálanyag*gal összefüggő problémák (pl. természetes szálaknál fejlettségi eltérések (pamut érettsége), szálon belüli különbségek (a gyapjú epikutikula átjárhatósága, stb.); mesterséges szálaknál pl. a konkrét száltípustól való eltérés vagy különböző gyártási tétel keveredése a felhasználáskor (a polimerizációs fok ingadozása, nyújtás okozta egyenlőtlenségek, oligomerek jelenléte stb.).

- A *kelmeképzéssel* összefüggő hiányosságok (pl. idegen-szálanyag bekerülés (eltérő nyersanyag ráfordítása, más alanyanyag fonalak előfordulása szövésnél ill. kötésnél); táblásság (eltérő finomságú, sodratú, más fonodai keverékből származó vetülékfonalak bevetése szövőgépeknél); zavaró bevonatjellegű kísérő- és szennyezőanyagok előfordulása (pl. a szövetek láncfonalain el nem távolítható izezőanyag alkalmazása; nem emulgeálható, visszamaradó gépolaj a kötésnél stb.).

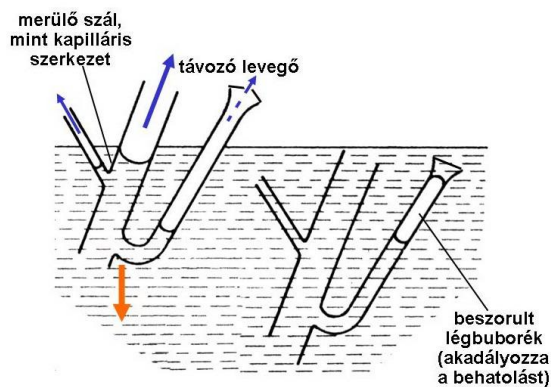
- A *textilanyag előkészítésével* kapcsolatos mulasztások (pl. a természetes nyersanyagú szálak, fonalak, kelmék esetében szennyeződés ill. kísérőanyag-tartalom visszamaradása). Pl. a kedvezőtlen körülményű mercerezés (lúgkoncentráció, lúgfelvitel, hőmérséklet, feszítési mérték eltérése). A pamut fonalak ill. kelmék előkészítése során felmerülő hiányosságok: hidrofíll szálanyagoknál a nedvesedés elvártnál rosszabb alakulása (maradványanyagok, túlszáritás stb.). Az esetleges szálkárosodások okozta problémák is hibákhoz vezetnek. Problémás az optimálisnál szorosabb keresztcsévézés fonalszínezés előtt. A szintetikus (termoplasztikus) kelmék előőrögzítése során előnytelen hőmérséklet-tartományú kezelés kedvezőtlen. A kelmék színezés előtti ráncos, gyűrött feltekerése szintén hibaforrás (főként a telítéses eljárásoknál).

### A színezési körülmények okozta hibák:

- Helytelen színezék kiválasztás ill. kombináció alkalmazása (pl. a gyártási- ill. használati szintartóssági követelményektől eltérő márkák használata; az emberi egészségre ártalmas színezékek használata). Az üzem gépparkjától idegen színezési technológiát igénylő színezékmárkák felhasználása, több színezékkomponensű színező-recepteknél eltérő színezési tulajdonságú egyedek kombinálása. A szálkeverékek színezésénél a helytelenül kiválasztott színező-komponens kedvezőtlen felhúzása a másik nyersanyagra.

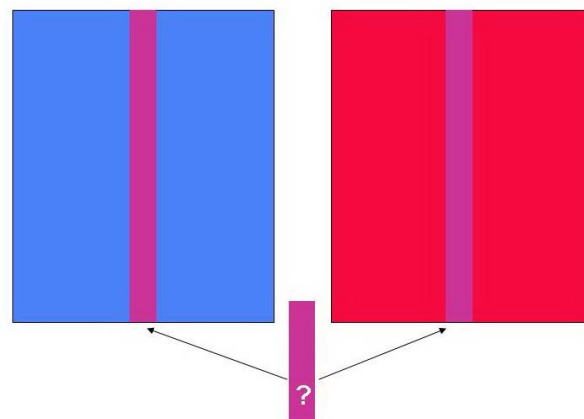
- Pontatlan, előírástól eltérő színező-fürdő összeállítás (mérési hiányosságok, technológiai előírástól eltérő adagolási sorrend - beleértve a segédanyagok, vegyszerek fürdőbe kerülését), ill. az optimális állapotjelzők (pl. koncentráció, hőmérséklet, idő, pH stb.) betartásának hiánya. A színező-fürdő készítéshez használt víz minőségével kapcsolatos problémák (keménység, zavaró ionok jelenléte, pH alakulás, tisztasági hiányosságok stb.).

- A színezőberendezésekkel összefüggő hiányosságok: pl. általánosságban a berendezések tisztasága



A színező-fürdőbe merült textilanyag nedvesedése (folyamatos színezésnél)

9. ábra



Példa a kontrasztjelenség zavaró hatására

10. ábra

miatti problémák, ill. a textilanyag felületével érintkező géprészek okozta durvább igénybevételek (maradandó nyomok, sérülések); a különböző mérő, szabályozó és vezérlő technikák pontatlan működése]. A színezési állapotjelzők (pl. hőmérséklet, nyomás stb.) betartását akadályozó műszaki problémák. A kihúzatásos technológiára alkalmas berendezéseknél (főként HT-gépeknél) a fürdőt áramoltató egységek működési zavarai, szűrők tisztátalansága, oligomer-kiválás (ill. régebben a kondenzálódott kerrier-cseppek) okozta minőségromlások. A horzsolásra fokozottan érzékeny mikroszálak termékek kezeléséből eredő hiányosságok maradandó hibák előidézői. A telítési technológiáknál alkalmazott fulárok hibás működése (pl. féloldalas kipréselés, rancos kelmevezetés, elégtelen fürdő-adagolás ill. szintentartás és áramoltatás, csepegések). Külön megemlíten-dő, hogy a szál pórusaiban (hajszálcsövekből álló ún. kapilláris rendszer) jelenlevő levegőt teljesen ki kell szorítani, hogy a színező-fürdő tökéletesen be tudjon hatolni (9.ábra). A szálanyagok szubmikroszkópos üregeiben mindig előfordul víz-tartalom melletti levegő jelenléte akadályozza a textília nedvesedését többek között a folyamatos színezés során. Főként a forró fürdőkbe merülő textilanyag esetén a pórusokban levő levegő expandálódik, a kiáramló mikro-buborékok pedig egyenesen útját állják a színező-fürdőnek. Az elvileg száraz textília nedves telítések előtti, 100 °C feletti felmelegítésével kedvezően megváltoztatható a szálanyag parányi részeinek víz- ill. légtartalma. Amennyiben a kívánt mértékű felhevítés után késedelem nélkül kerül a kelme a meleg ill. közel forró vizes fürdőkbe, úgy a minimális nedvesség vízgőz formájában kondenzálódik, a levegő pedig a kontrakció miatt térfogatcsökkenést szenved el. E kettős hatás eredményeként a szál pórusaiban vákuum alakul ki, ami a színező-fürdőkkel történő nedvesedést nagyban elősegíti. Ez a Rusznák-féle ún. Termotex elv. Továbbá megjegyzendő, hogy a telítést követő, további műveleteket ellátó egységek működési hiányosságai (színezékrögztetésnél, mosásnál, szárításnál fellépő minőségromtó tényezők) szintén színezési hibák formájában ronthatják a textilanyag külső képét.

- A színezési technológiára visszavezethető hibák: a színező-fürdő előírtnál gyorsabb ütemű felfűtése ill. lehűtése (általában 1 °C/perc felmelegítési ill. hűtési sebesség ajánlott); a színezési program további előírásaitól való eltérések (hőmérséklet, kezelési idő, nyomás,

pH, színezék- és segédanyag-adagolás módja és ideje, folyadékáramlási viszonyok, változtatható géprészek megválasztása, az öblítő fürdő mennyisége); a mintavételek gyakoriságából és értékeléséből eredő hiányosságok stb.

A hibák bekövetkeztekor mielőbb fel kell tárni a hiányosság okozóját: a minőségromtó tényező jellege (végeken belüli szabályosság vagy éppen véletlenszerűség) alapján ill. laboratóriumi vizsgálatokkal (mikroszkópiai meghatározások, anyagvizsgálatok, modell-kísérletek, egyéb kontrollok) és hatékony beavatkozással fel kell számolni a negatív befolyásoló körülményeket. A hibás külsőképi és kisebb korrekcióval nem javítható (pl. foltos, töréscsík, féloldalas, szennyeződés, csepegés, eltérő színezetű stb.) textilanyagok javítása nehézkes, korlátozott és eredményességében általában megkérdőjelezhető megoldásokat foglal magában. Ilyen lehetőség az azoszínezékeknek a redukciós szintelenítés (lehúzás) és újraszínezés. A diszperziós termoszol-színezésnél a duzzasztószeres telítéssel és hőkezeléssel van lehetőség a színezék eltávolításra. Ugyanakkor számolni kell azzal, hogy a lehúzott textília újbóli színezésekor ismét megjelennek az eredeti külsőképi hiányosságok. A sötétebbre történő átszínezés – mint esetleges minőségmentő kényszermegoldás – során ügyelni kell arra, hogy adott szálanyag telítési értékét ne haladja meg az összességében felviendő színezék-mennyiség (kerülve az elégtelen szintartóságot). A korlátozott javítási lehetőségekből is egyértelműen következik, hogy a lehetséges eszközökkel meg kell akadályozni a színezési művelettel kapcsolatos minőség-omlásokat.

### Színek vizuális összehasonlítása

Égészséges látószervű megfigyelő esetén is vannak olyan körülmények, amelyek befolyásolják a színészlelést.

- A kontrasztjelenség zavaró, mert a különböző színes hátterek színezetészlelési torzulást okoznak (pl. egy keskeny ibolyaszínű csík kék mezőben vörösebbnek, vörös alapon kékesebb tónusúnak látszik) (10. ábra). A zavaró színes tárgytól mentesen kell végezni a színek összehasonlítását.

- Az utókép jelensége akkor következik be, ha hosszabb ideig adott szint szemlélünk, majd az inger megszűnése után annak kiegészítő színét észleljük (tartós vörös inger után minden zöldessé válik).



1. fényforrás metaméria

2. megfigyelő metaméria



### A metaméria jelensége és hatása

11. ábra

- A színérzet az idő múlásával változik, hosszabb szemlélés esetén a narancs később sárgábbnak, az ibolya kékesebbnek tűnik.

- A színekre rosszul emlékezünk, ezt fokozza szemünk alkalmazkodó képessége.

- Fáradt szemmel történő szín-összehasonlítás nem tesz lehetővé kritikus színészlelést.

- A színes látást biztosító idegvégződés (a csapok) kék, zöld és vörös érzékenységi maximuma személyenként kisebb mértékben eltérő.

A vizuális szín-összehasonlításnál több tényezőre kell ügyelni.

- Fontos a mesterséges fényforrás kiválasztása (nappali fényt megvalósító D65-ös vagy közösen elfogadott izzólámpa pl.: „A”, ill. fluoreszkáló lámpa pl.: a TL84-es). A fényforrások megfelelő állapota (ne legyen elhasználódott, elszürkült burkolatú, stb.) érthetően lényeges kritérium. A fényforrás elhelyezése szintén meghatározó tényező (lehetőleg úgy helyezték el, hogy a fénynyaláb a látómező közepére koncentrálódjon). A fajlagos megvilágítás illeszkedjen az összehasonlítandó szín milyenségéhez, pl. kényesnél 1000–1350, közepesnél 800–1900, kevésbé érzékenynél 2000 lux ajánlott.

- A vizuális értékelés során lényeges, hogy a háttér akromatikus legyen, a semleges szürke környezet előnyös, zavaró színes tárgyak távolabb sem forduljanak elő. A minta általánosan 100×100 mm-es mérete célszerű (tájékoztató jelleggel min. 40×40 mm-es fordulhat elő). A minta távolságára az ún. 10 fokos látómező ajánlott, így a szem és minta közötti 30 cm-es elfogadott távolság. Ilyen esetben a minta kb. 5 cm-es átmérőjű körfelületét tudjuk megfigyelni (a fényes felületeknél ajánlott 35–55 fokos rátekintési szög lényegesen nagyobb minta alkalmazásával érhető el). Az összehasonlító értékelés során az észlelhető különbséget kvalitatívan kell megállapítani a színezet, árnyalat, világosság és telítettség tekintetében. Ehhez támpontot adhat a szintartósági vizsgálatoknál használt, ún. színváltozási szürkescála alkalmazása [ennek 4-5 fokozata 0,8-es, 4-es fokozata 1,5-ös, 3-4 fokozata 2,1-es delta-E (DE) színinger-különbséget takar].

- A színek összehasonlítása során számolni kell az ún. metaméria (11. ábra) jelenséggel. Többek között a megegyező színinger-összetevőjű, azonban a fényforrás által kibocsátott hullámhossz függvénye szerinti eloszlásban (spektrális teljesítmény) eltérő színingerek tartoznak metaméria fogalomkörébe. A fényforrás metaméria fennállásakor az egyik fényforrás alatt egyezőnek látszó minták egy másik fényforrás megvilágításában már különbözőnek látszanak. Az ún. megfigyelő metaméria oka a színlátást biztosító receptorok érzékenységi görbéinek egyéni eltérése (emiat két

mintát az egyik személy azonosnak, egy másik különbözőnek értekel). Egyébként a metamériával vásárláskor szembesülünk, amikor pl. a fénycsővel világított üzletből a szabadba igyekszünk kivinni megsemmisítésre a kiválasztott cikket. A probléma kiküszöbölésére alakították ki az ún. metaméria-indexet (színmérés, műszeres receptszámítás során a 2-t meg nem haladó metaméria-index az elfogadható).

A felsoroltakból jól érzékelhető a vizuális összehasonlítás számos zavaró körülménye, a személyi és tárgyi feltételek okozta bizonytalanságok széles skálája. Mindebből következik az objektív színmérés alkalmazásának fontossága.

### A PANTONE színminta gyűjtemény felépítése és használata

A PANTONE színminta-gyűjtemény tkp. egy hengeres elrendezésű színbüchse (12. ábra).

- A henger alapkörrel párhuzamos síkú, magasság szerinti felületei a világosságot fejezik ki [adott felületen elhelyezett valamennyi szín egy azonos fényviszszaverődési mértéket (%) testesíti meg].

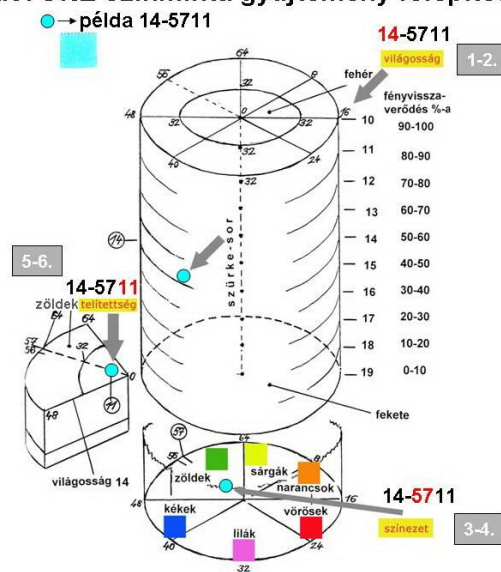
- A henger egy-egy cikke (az alapkörnek megfelelő sugarakkal határolt nyolcad, negyed-alapú hengertest-rész teljes magasságot jelentő képzeletbeli kimetszésével) adott színezetnek felel meg (pl. sárgák, narancsok, vörösek, bíbor színek, kékek, zöldek).

- Az említett henger alapkör-cikken belül, a középponttól való távolság, ill. az így létrejött íven való elhelyezkedés határozza meg adott színezet pontos helyét, a telítettség alapján.

Ezek után a színgyűjtemény felépítése úgy is jellemezhető, hogy a henger forgástengelye mentén a semleges színek (fehértől-feketéig) találhatók, a hengerpalást alkotó-pontjainál pedig a szektorok szerinti beosztással az ún. tiszta színek (nemcsak spektrumszínek) foglalnak helyet.

Ennek megfelelően az adott világossági szintnél kiágazó sugár vonalában kívülről-befelé haladva (a középponttól való távolságnak megfelelően) a tiszta-szín koncentrációja csökken, semleges-szín (pl. szürke) tartalma növekszik.

### A PANTONE színminta gyűjtemény felépítése



12. ábra





### Példák a PANTONE színekre

13. ábra

A *hatjeggyű* színszámok megadásának elve a megismert hengeres színgyűjtemény elrendezés figyelembevételével, tehát a következő:

- Az első két számjegy jelentése: a világossági mérték, azaz a magasság szerinti hengerszeletnek megfelelő fénykibocsátási jellemző jelölése (10-es számozásnál 90–100 % -os a fényvisszaverődés, 11-es 80–90 %, 12-es 70–80 %, 13-as 60–70 %, 14-es 50–60 %, 15-ös 40–50 %, 16-os 30–40 %, 17-es 20–30 %, 18-as 10–20 %, 19-es 0–10 %). Tehát adott hengerszeleten valamennyi, a rendszerben feldolgozott szín megtalálható egy azonos világossági jellemző szerinti kategorizálással (az első két szám 10–19-ig terjedően fordulhat elő).

- A harmadik-negyedik szám jelentése: a színezet elhelyezkedése adott henger alap- körcikken belül (a henger alakjára nyolcadolva, negyedelve szektoron belül szintén négy ill. nyolc cikkre osztva, így 1-től 64-ig kódolva). Az így kimetszett alakpár-cikkre emelt teljes magasságú hengertest térrészben adott szintnél a szóban forgó színezetek egyazon világosság szerinti besorolását követhetjük nyomon (a két helyi értékben akkor találunk 00-t, ha a színezet, mint semleges szín a henger tengelyében helyezkedik el).

- Az ötödik és hatodik számjegy a telítettséget fejezi ki, tehát a hengerpalástnál elhelyezkedő tisztaszín és a henger tengelyénél levő középponthez tartozó semleges szín távolság szerinti keverékét jelöli (távolodva nő a telítettség). Ehhez az alakpár vonatkozó sugarát (1-től 64-ig terjedő számú egységgel jellemezve a távolságot) és a köríven belüli elhelyezkedést kombináltan figyelembe véve alakul ki a helyet kijelölő kódszám (az ötödik ill. hatodik számjegyeknél akkor van 00, ha a henger tengelyénél, azaz a világossági kör középpontjában levő semleges színről van szó; 64 akkor, ha pontosan a színhenger palástján található a színezet) (13. ábra).

A textiles PANTONE színkártya ill. az említett henger jellegű színgyűjtemény használatát elsősorban a textilszínezékek jellege indokolja. Közismert, hogy adott szálanyagra a kémiai felépítésének megfelelő színezékcsoportok alkalmasak, ezért a vegyi szerkezet mellett gyakorlati felhasználás szerint is csoportosítják a textil-színezékeket. Az egyes csoportokba sorolt színe-

zések „alapszínei” (pl. sárga, kék, vörös stb.) esetében a különböző színezéktípusok (pl. direkt, savas, reaktív, csáva stb.) döntően eltérő színezetű egyedeket tartalmaznak. Így egy konkrét szín kivitelezéséhez szükséges színekombinációk textil-alapanyagoként, színezési technológiáinként, együtt-alkalmazási (keverésnél kombinálási) szempontoként stb. különbözőek. Ezért indokolt az alapszínektől független, pl. PANTONE színlbum használata (szemben pl. a nyomdaiparban aránylag egységes színekkel).

A textiles PANTONE színkártya lehet ténylegesen textilmintákon (pl. 100 % pamut) kivitelezett színlbum, azonban használatos papírra nyomtatott színmin-tákból álló sorozat is (utóbbinál a betűjelzés a papír felületképzésére utal, így pl. az „U” a matt, a „C” a fényes kártyaanyagot jelöli).

### Az egyéb PANTONE színsorozatok ismeretének fontossága

A más rendszerű PANTONE kártyák megismerése egyéb tényezők miatt lényeges:

- Egyrészt a közvetlen ill. közvetett (papírra felvitt, majd transzferálással a textilfelületre juttatott) digitális textilyomtatásoknál (tintasugaras, sornyomatós képalkotás speciális textilszínezék-tintákkal) a nyomdászok által régóta alkalmazott négyszínynyomás elvén alakul ki a színes nyomatkép (az emberi szem felbontóképességénél kisebb rászter-pontok okozta színingerek döntően az összeadó színkeverés szabályai szerint érvényesülnek).

- Másrészt többféle elektronikus grafikai programmal tervezhetők textilián megvalósítandó mintázatok (ezek is más-más PANTONE rendszereket alkalmaznak).

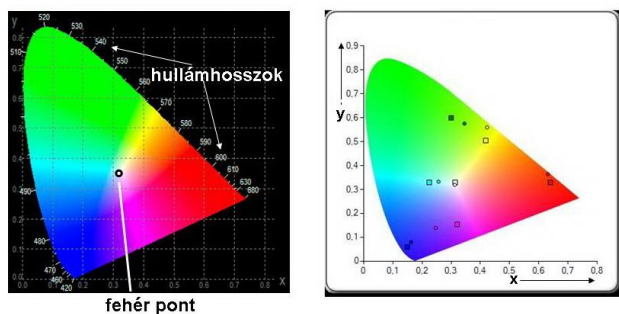
A textilstől eltérő PANTONE sorozatok tehát főként a nyomdaipari sajátosságokat hordozzák, azonban az említett digitális nyomtatás ill. számítógépes mintatervezés miatt textilipari alkalmazásuk nem kizárt. Az ilyen színsorozatok nem *hatjeggyű* szín-kódszámmal látták el, hanem pl. a *három- ill. négy számjegyből* álló színszámok jellemzők.

A nyomdaipari PANTONE színkártyáknál konkrét színezet esetében részben a tiszta színek jellegzetes egyedeire utalnak (pl. PANTONE-red 032) és megadják az adott szín eléréséhez szükséges keverőkomponenseket és részarányukat (pl. a telítettséget befolyásoló összetevő mértékét, a kombinációban résztvevő egyéb tiszta-színek mennyiségi jelenlétét). Az ilyen színsorozatoknál általában adott szín mellett megjelenik a négyszín-nyomtatásra jellemző „CMYK” (cián-magenta-sárga-fekete) előfordulási %-os részarány is (az ún. „négyszín color” szerinti arányszám), továbbá az alapul szolgáló papír felületi minősége.

Tehát a textiles célokra alapvetően mindig a *hatjeggyű* PANTONE színsorozat használata javasolt.

### A színmérés és hasznosítása

A modern színrendszerezés már a 17. században kezdődött, amikor a színeket háromdimenziós térben igyekeztek elhelyezni. A jelenleg is alkalmazott színrendszerek a 20. században látták napvilágot. A színmérés története 1931-től számítható, amikor a CIE nemzetközi egységesítésként deklarálta a színingermérés alapelveit. A színmérés ekkori rendszere rögzítette a színinger egyeztető függvényeket, definiálta a refle-



A CIE színdiagram

14. ábra

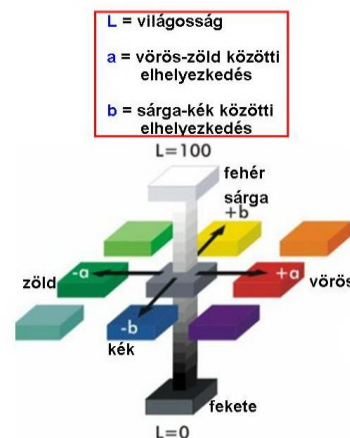
xiós- és transzmissziós színméréshez használható fényforrásokat. Az objektív színmérés kezdetét az 1950-es évek végén megjelenő, a gyakorlatban jól működő színmérő-műszerek használata és elterjedése jelentette. Hazánkban az 1968–1980 között a tudományos tevékenységeknél és az ipari gyakorlat során egyre jobban alkalmazott színmérő eszközök megjelenése jelenti a színmérés megalapozását. Többek között textiliparunk is rendelkezett ebben az időszakban színmérő és műszeres receptszámító központtal, több üzem használt színmérő berendezést.

A színmérés lehetővé teszi a színérzet objektív megállapítását, számokkal kifejezhető lehetőséget biztosítva. Ennek érdekében szabványos fényforrásokkal ill. megvilágítási geometriával, valamint az átlagos szemérzékenységek megfelelő rendszerben történik a szükséges jellemzők mérése. A színezett textília szükséges fizikai ismérveit a *spektrofotométer* (színmérő berendezés) határozza meg. Az értékeléshez szükséges adatok figyelembevételével (fényforrások jellemzői, emberi szem érzékenysége különböző hullámhosszokon stb.) a kapcsolatos szoftver segítségével számítógép végzi el a számításokat. Az objektív meghatározáshoz szükség volt olyan számszerűsíthető jellemzők igénybevételére, amelyek az emberi szem csapjainál létrejövő színingerrel egyenértékűek. Ennek érdekében a különböző hullámhosszokon spektrofotométerrel talált számértékek összegzésével kiszámíthatók a normál színösszetevők, az X,Y,Z koordináták. Lényegében a fényforrás spektrális energia-eloszlása, a színes minta spektrális reflexiófoka, ill. az emberi szemre jellemző színösszetevő függvények alapján kialakított X,Y,Z olyan koordináták, amellyel minden szín leírható. Az így képzett térbeli koordináta rendszerben minden színhez adott

pont rendelhető, azaz a lehetséges színek ún. színtérben helyezkednek el. A normál színösszetevők azonban közvetlenül nem adnak megfelelő adatokat, miután az emberi szemmel tapasztalt azonos színkülönbségek mérésével eltérő különbségeket produkálnak. Így olyan mérőszámokkal végzik a színmérést, amelyek jobban igazodnak a szem érzékenységéhez. A virtuális színekre történő transzformálás szolgáltatja a felhasználható színjellemzőket (x,y,z), annak ellenére, hogy mérés valóságos színek talált hullámhossz értékein alapul. A térbeli koordináta rendszerből elvileg a kétdimenziós ábrázolásra is át lehetne térni, miután az  $x+y+z=1$  összefüggés alapján „z” egyszerűen kiszámítható.

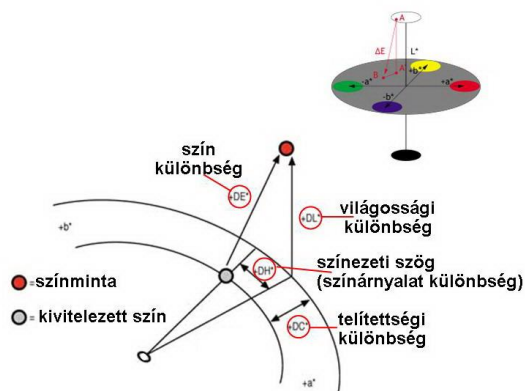
Visszatérve a színháromszögre, az egyenlő oldalú háromszög csúcsainál helyezik el a kék, zöld és vörös színeket, a három alapszín összegződése a háromszög középpontjába eső fehér. A tiszta spektrumszínek színpontjait ábrázolva a zöld és kék közötti rész görbével egészül ki, ez a spektrumszíneket is magában foglaló szín-háromszög. Azonban a tiszta spektrumfények egy része a háromszögön kívül esik, ezért fontos a három képzeletbeli (virtuális) alapszín alkalmazása. A színmérés során valóságos vörös, zöld és kék színekkel dolgoznak, a virtuális alapszínekre számolással, transzformációval térnek át. Tehát az adott színérzet jellemzéséhez három független mérőszám (a vörös, zöld és kék aránya) szükséges - a színmérésnél a három valóságos alapszín helyett három képzeletbeli - alapszín kell választani. A műszeres méréshez kapott adatokból számítással lehet meghatározni a vizsgált szín helyét a színdiagramban.

A kétdimenziós ábrázolásból jött létre a *CIE színdiagram* (14. ábra), ebben minden szín ponttal jellemezhető, azaz a vizsgált szín helye a mért adatokból számítással pontosan meghatározható. Ez a CIE színdiagram a színezetre (tónus) és a telítettségre (tisztaság) ad csak információt, hiányzik a harmadik jellemző, a világosság. Ezért a diagramra merőlegesen elhelyezett összetevőt vezettek be. Az így számított színekülönbségek sem egyeztek teljesen az emberi szem által érzékelt eltérésekkel, ezért alakult ki 1976-ban a már említett CIE színekkoordináta számítási módszer. Az elvileg egyenletes színtér megvalósításával jött létre a *CIELab rendszer* (15. ábra) (CIELAB 76 néven szintén ismert). Az „L” az ún. világossági tengelyt fejezi ki, az „a” és „b” a másik két koordinátát (az „a” és „b” helyett a szemléletesebb „C”-króma, ill. „h” színezeti szög került a formulába, mint származtatott jellemzők). A spektrofotométeres színmérést követően megfelelő elektronikus program végzi el a számításokat. A CIELab színtérben a színekülönbség nem más, mint a két pont (színminta és kivitelezett színes vágat) térbeli távolsága, a  $DE/\Delta E$  (16. ábra).



A CIELab színrendszer

15. ábra

A színekülönbség/eltérés ( $DE/\Delta E$ ) értékelése a színtérben

16. ábra



az objektív színméréssel kontrollálható a színhűség

### A színhűség fontosságára példa

17. ábra

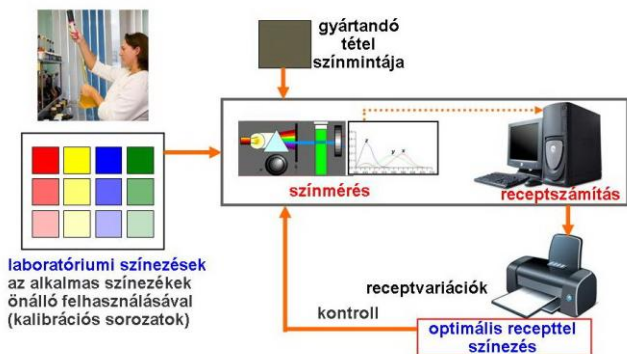
A színekülönbség további jellemzői:

- DH = tónus (árnyalati) különbség,
- DC = króma (telítettségi, tisztasági) különbség,
- DL = világossági különbség,

így a vizsgált minta általános eltérésén kívül meghatározható, hogy a színmintához képest milyen árnyalat felé tolódik el (tisztább vagy tompább, ill. világosabb vagy sötétebb). Tehát kizárólag a megtűrt DE értékkel nem lehet általános (minden lehetséges színre kiterjedő) színekülönbség tűrést rögzíteni. Az esetleges színeltérési mérték további jellemzői közé tartozik a tónus (árnyalati) különbség, a króma (telítettségi, tisztasági) különbség ill. a világossági különbség is. Az export célú textilszínezések kapcsán utalni kell arra, hogy a CIELAB rendszer Európában terjedt el, az USA-ban pl. a CMC (Colour Measurement Committee) rendszer használatos (utóbbi textilipari alkalmazásra eleve előnyösebb, így hazai elterjesztése is folyamatban van).

A színezés, nyomással történő mintázás színhűségének ellenőrzésén kívül, pl. a színtartósági vizsgálatok objektív értékelése is végrehajtható színmérési színekülönbség megállapítással.

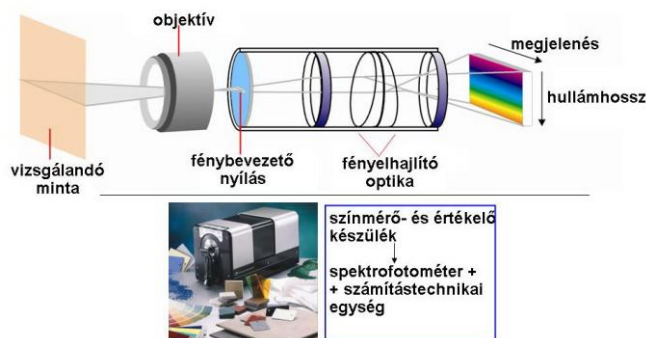
A speciális színnek számító fehér objektív meghatározása szintén elvégezhető a színmérési igénybevitelével. A fehérségi fok, a sárgulási mérték jól mérhető, számszerűen jellemezhető, így az előírt fehérségi mintától, műanyag etalontól stb. való fehérségkülönbség egyértelműen kimutatható. Mind a színméréshez, mind a fehérségi fok meghatározáshoz legalább 30x30 mm-es vágat kell, igaz a mérőnyílás végszükségből 5x5 mm-es



### A műszeres receptszámítás elve

19. ábra

### A spektrofotométer elvi felépítése



18. ábra

felületet is képes „befogadni”.

Például a magyar nemzeti zászló és lobogó színeit az  $L^*a^*b^*$  szintér szerinti konkrétumokkal ( $L^* - C^*_{ab} - h_{ab}$ ; pirosnál 44,0 - 60,0 - 32,0; zöldnél 37,5 - 26,0 - 144,0) adja meg a vonatkozó szabvány (17. ábra). Az ilyen színjellemzők színezési gyakorlatban történő felhasználása – főként egy színmérő ill. alkalmas szoftvert, továbbá műszeres receptkészítő háttérrel nélkülözhető festődei vállalkozás számára – eléggé nehézkes. Megjegyzendő, hogy színmérés esetén további adatok, jellemzők pontos megadása is lényeges a színjellemzők konkretizálása során (pl. műszer: kétsugaras spektrofotométer; mérési geometria: diffúz/8°; fényforrás: D<sub>65</sub>; észlelő: 10°-os; egyéb mérési körülmény: tükrös komponens és UV tartomány figyelembe véve). A zászlószínnek kolorizálási irányadásaként a hatjegyű PANTONE-színszámok piros (18-1660) és zöld (18-6320) jól használható, ügyelve az egy évnél nem régebbi színkártya használatra.

A megengedett legnagyobb színínger-különbséget általában  $\Delta E^*_{ab}$ -ben rögzítik. A CIELab szintérben tehát a színekülönbség nem más, mint a két pont (színminta és kivitelezett színes vágat) térbeli távolsága, a  $\Delta E$  (DE) a színekülönbség kifejezője. Azonban az esetleges színeltérés további jellemzői közé tartozik a tónus (árnyalati) különbség, a króma (telítettségi, tisztasági) különbség ill. a világossági különbség mértékével kifejezhető eltérés. Tehát a kizárólag  $\Delta E^*_{ab}$ -ben megadott tűrés nem elégséges, hiszen mintegy színezetenként változó és rögzítendő a tónusbeli, telítettségi és világossági különbség is. Ezért is előnyösebb a  $\Delta E^*_{ab}$  helyett az amerikai CMC színekülönbségi formula szerinti  $\Delta E$  megadása, így akár egy számmal konkretizálható a megengedett tűrés (ebben pl. a világosság is kifejeződik).

### A műszeres receptszámítás lényege

Amennyiben a spektrofotométeres színmérés (18. ábra) segítségével egy adott szín számszerűsített jellemzőivel rendelkezünk, úgy megfelelő számítástechnikai háttérrel lehetőség nyílik a műszeres receptszámításra (19. ábra), a kolorizálás gépesítésére. Először a kémiaiilag megfelelő (adott szálasanyagra tartósan kötődő) és színezési tulajdonságok alapján alkalmas (kombinálhatóság, színtartósság, géppark szerinti technológiának megfelelő stb.) kiválasztott színezékegyedekből több koncentrációval laboratóriumi színezéseket végeznek, így készülnek az alapadatokat biztosító kalibrációs sorozatok. Ezek spektrofotométeres színmérésével a



számítógép a készítendő receptek összeállításához meghatározó információkhoz jut. Ezután a kivitelezendő minta mérésével meghatározzák szín számszerűsített jellemzőit, majd a számítógép összeállítja a lehetséges *színezékkombinációkat* (milyen színezékegyedekből mennyi kell) és elvégzi az elméletileg végrehajtott színezések színkülönbség (DE) meghatározásait. A kedvező szintűséget garantáló receptekből program szerint kiválasztható az optimális kombináció, így

- a reprodukálhatóság szempontjából előnyös, kevés komponensből „kikevert” színezékkombináció,
- a színezékegységárok alapján leg gazdaságosabb változat,
- a metaméria-index figyelembevételével legjobb variáció stb.

A kiválasztott recept(ek) alapján újbóli laboratóriumi színezések szükségesek, ismételt méréssel és összehasonlítással a szükséges korrekciók ill. ezek értékelése szintén elvégezhető. A kontrollált recepttel indítható a nagyüzemi színezési technológia.

Számtalan esetben előfordul, hogy a színmintául szolgáló vágat felülete eltér a szokványostól (pl. bolyhózott, extra fényes, plüss- ill. bársony jellegű stb.). Ilyen esetben is elvégezhető a mérés, persze a legtökéletesebb feltételek (diffúz fényráesés, kiváló megvilágítási geometria stb.) mellett is többé-kevésbé zavaró az egyedi struktúra. Egyébként törekedni kell arra, hogy megfelelő felületű minta képezze a színetalont, ill. a mérésre kerülő minta a különböző felületkezelések előtti állapotból kerüljön ki (pl. gyártásközi ellenőrzés során, végkikészítés előtt).

#### Felhasznált irodalom

- [1] Dr. Rusznák István és szerzőtársai: Textilkémia I.-II.; Tankönyvkiadó, Budapest, 1988.
- [2] Szerzői közösség: A textilkémia alapjai és új eljárások a textilkikészítésben, TMTE tanfolyami jegyzet, Budapest 2002.
- [3] Lukács Gyula: Szín mérés; Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1982.
- [4] PANTONE színminta-gyűjtemény