



Kutasi Csaba

# A jól látható ruházat funkcionális anyagai



A jó láthatóság életmentő funkcióját minden kétséget kizáróan bizonyították a különböző tesztelések, miszerint sötétben a fényvisszaverő sávokkal ellátott öltözetet viselők 3–5-ször távolabbról észlelhetővé válnak. A figyelemfelkeltést nappal a színes fluoreszkáló háttéranyag biztosítja, miután a kontraszthatás kiemeli viselőjét a környezetből. A jó láthatósági ruházatok például a mentők, tűzoltók, katasztrófavédelmi szakemberek, rendőrök, autópálya- és útkezelők, útlétesítmények és műtárgyak karbantartói, vasúti pályamunkások, repülőtéren szabadban dolgozók számára fontosak. Ugyanakkor számos kerékpáros, motorkerékpáros és akár gyalogos, illetve a gépjármű meghibásodása miatt az útpályán tartózkodó gépkocsivezető életét is védhetik, megmenthetik.

Egy közlekedési kísérlet során azt vizsgálták, hogy csökkent látási viszonyok esetén, 50 km/órás haladási sebesség mellett milyen távolságból észleli az út szélén haladó személyt a gépkocsivezető. A felmérés szerint hétköznapi ruházat esetén 40 méterről vették észre az illetőt, megfelelő méretű fényvisszaverő sávval ellátott ruházatban közlekedő embert már 160–170 méterről meglátták a sofőrök. Lényeges jellemző, hogy a gépkocsi „megállítási hossza” (reakcióidő + fékút) az 50 km/h sebességnél mintegy 40–50 m, 100 km/h-nál 120–150 m. Kézenfekvő, hogy a sötétben 3–5-ször távolabbról észlelhetőséget biztosító ruházatkiegészítők, az ún. reflektív anyagokkal ellátott öltözetek megfelelő biztonságot nyújtanak. Nappali fényben, megfelelő látási viszonyok mellett is lényeges az utak mentén tevékenykedő, közlekedő személyek ruházatán a jó láthatóság elérése mintegy „világító” színezéssel előállított, ún. háttéranyagokkal (1. ábra).

A jól látható ruházat használatának kezdete 1964-re vezethető vissza, amikor a *Brit Vasutaknál* kísérletileg bevezetett, fluoresz-

káló képességű narancssárga kabátokkal látták el a villamosított szakasz glasgow-i munkásait. Az itt közlekedő mozdonyvezetők pozitív véleményére alapozva 1965-ben jól látható ruházatot rendszeresítettek a British Railways London Midland régiójának villamosított vonalain dolgozók (mérnökök, munkások) számára, az új nyugati parti fővonal nagyobb sebessége miatt.

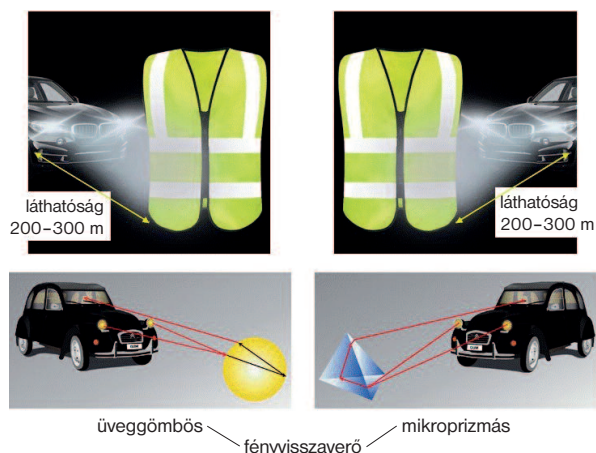
A sikeres tesztelések eredményeként folyamatosan bővült a jó láthatósági ruházatok alkalmazása a veszélyeztetett dolgozók, ill. polgári személyek körében.

## A jó láthatósági ruházatok követelményei

A veszélyes körülmények között, bármilyen megvilágítási hatások (nappal, éjszaka a járművek világítása fényében) mellett dolgozó személyek jelenlétének vizuális jelzését teszik lehetővé az ilyen jellegű védőruházatok, illetve az ezeknek megfelelő *civil öltözetek*. A vonatkozó védőruházati szabvány (MSZ EN ISO 20471: 2013) ún. teljesítménykövetelményeket határoz meg a fluoreszkáló színre és fényvisszaverő képességre, a funkcionális felületek legkisebb felületére és elhelyezésére. A védelmi képesség tartóságát többféle eljárással vizsgálják, amelyek a használat (hajlítás, hajtogatás, koptatás, hőmérséklet-változás, csapadékhatás, fénnyel szembeni színtartósság), gondozással (mosás, vegytisztítás és kapcsolódó műveletek) összefüggő hatásokkal szembeni kellő ellenállást határozzák meg. Enyhébb előírások vonatkoznak a jó láthatóságot biztosító, nem szakmai ruházatokra. A ruhadarabokat tekintve döntően mellények, átvetők, zubbonyok, kezslábasok, nadrágok, kantáros nadrágok tartoznak a jó láthatóságot biztosító védőruházatok körébe (2. ábra).

## 2. ábra. Példák jól láthatósági ruházatokra

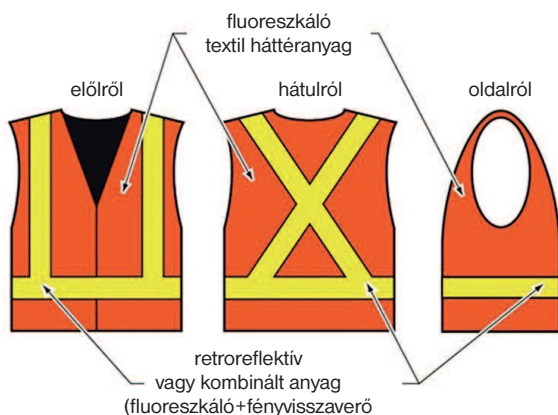
1. ábra. A jó láthatósági ruházat hatása sötétben





Néhány főbb fogalomról röviden:

- A *jó láthatóságot* megvalósító védőruházat tehát szabadban és lehatárolt terekben [különböző természetes fényviszonyok (nappali időszakok időjárás körülményektől függetlenül) között és sötétségben a gépjárművek fényszóróinak megvilágításában] feltűnő felismerést tesz lehetővé.
- A *fényvisszaverő* anyag elnevezés olyan felületre vonatkozik, amely a ráeső fénysugarak hatékony visszaverését biztosítja, a védőruházatok éles elkülönülését teszi lehetővé a reflektor fényében.
- Az adott *szín* kiválasztása a felhasználás jellegétől függ, az az milyen környezeti háttérben kell a kellő kontraszthatást előidéző körülményeket elérni (napfényben, városi környezetben, ill. lakott területen kívül). A fényesség adott felület azon tulajdonsága, amely a tükrös vagy más irányú erős visszaverésben nyilvánul meg (így ilyen anyag esetén a környezetet világosabb részei, adott tárgyai úgy látszanak, mint ha jóval e felület mögött lennének).
- A *kombinált* típusú jó láthatóságot megvalósító anyagok a fényvisszaverő, ill. a színes fluoreszkáló háttérfelületek tulajdonságait egyaránt képesek megvalósítani (3. ábra).



3. ábra. A jó láthatósági védőmellény felépítése

- *Egyedi tulajdonságú* az olyan funkcionális felület, amely vagy a háttér, vagy a fényvisszaverő anyag tulajdonságait hordozza, de nem mindkettőt.
- Az ún. *irányérzékeny* anyag olyan fényvisszaverő képességű felület, amelynél a különböző látószögekből végzett méréseknel a fényvisszaverési együtthatók 15%-nál nagyobb mértékben különböznek egymástól.

A jó láthatóságot biztosító *védőruházatokat* három osztályba sorolják a funkcionális (fényvisszaverő, háttér, ill. kombinált) anyagok ruhadarabon előforduló legkisebb felülete alapján. Ez a kritériumrendszer összefügg az ilyen öltözetet viselő (miután védőruha, kizárólag felnőtt) személy testméretével, ill. a védőruházat típusával.

A jó láthatóságot biztosító, *nem szakmai használatú* ruházattal foglalkozó szabvány értelemszerűen a gyermekekre is kiterjeszti a használati lehetőséget. Így nincsenek előírások a funkcionális anyagok előfordulási mértéke (minimális felület nagysága) tekintetében, hanem az ún. testmagasság-csoportokra terjesztik ki az elvárásokat. Változás az is, hogy a háttéranyagoknál egyéb színezetek is megengedettek (pl. zöld, sárgászöld, sárgásnarancs, pink a felnőtt védőruházatoknál említett színek mellett). Ezek nem minősülnek egyéni védőeszköznek, magánhasználatra kifejlesztett és gyártott figyelemfelkeltő funkciójú termékek.

## A fluoreszkáló háttéranyagok

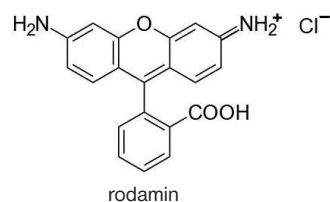
A textilalapú (általában szövött) háttéranyag (ami nappal garantálja a jó láthatóságot) színes, *fluoreszkáló* képességű.

A nappali fényben különleges színekombinációjú – mintegy „világító” – háttéranyagok biztosítják a környezettől kontrasztosan elváló éles kiemelkedést. A háttéranyag (ami nappal garantálja a jó láthatóságot) színes (sárga, narancsvörös, vörös), fluoreszkáló képességű, feltűnő felület. Ennek magyarázata, hogy a textil háttéranyag színét adó, fluoreszkálásra képes színezék az elnyelődő sugárzást úgy veri vissza a megfigyelő szemébe, hogy újabb fénykibocsátás is megvalósul. A többlet fénysugárzás hatására a háttéranyag feltűnően érvényesül a környezetben.

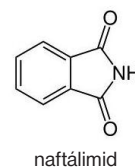
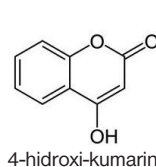
### Fluoreszkáló színezékek

A fluoreszcencia például egy színezőanyag gerjesztés hatására bekövetkező fénykibocsátása. Közismert, hogy a színezékek – jelen esetben aktivátorok – *kromofór* csoportja felelős a fény részleges elnyeléséért, a visszavert látható sugárzástól függ az adott színezet. A *fluorofór* az a molekula- vagy vegyületrészt, amely viszont felelős a fény kibocsátásáért.

A fluoreszkáló színezékeket az UV-A és UV-C sugárzás gerjeszti nagy emissziós intenzitással. Ezeknek a színezékeknek legkorábbi képviselői a *rodaminok* és egyes származékaik voltak, különösen a *selyem* szálasanyagú termékek mintegy „világító” színekkel való színezésére alkalmazták. Általában kevés lumineszkáló színezéket tartottak nyilván a fehérje- és cellulózzsálakra (pl. savas és direkt típusúakat). Elterjedésüket a gyengébb fényállóság gátolta. A Colour Indexben például az *Acid Yellow 250* szerepel sárga teniszlabdák filcanyagának színezésére. A DyStar cég fejlesztéseként 2002-ben jelent meg a vinilszulfon-alapú *fluoreszkáló reaktív színezék* (Remazol Luminous Yellow FL). Főként cellulózalapú sportruházatok és egyes jó láthatósági cikkeknel került előtérbe. A fluoreszkáló – főleg diszperziós – színezékek alkalmazása terjedt el a szintetikus szálú kelmék esetében (pl. poliészterre, poliamidokra és poliakrilnitrilre, akár elasztánszálakkal együtt is; ill. a szintetikus szálak tulajdonságaihoz közel álló cellulóz-triacetátra). Jellemzők a sárga, zöldessárga, narancs- és vörös színeket biztosító színezékegyedek. A kémiai szerkezetet tekintve többek között a *kumarin*, az *aminonaftálimid* és a *benzotioxanton* említhetők. Az esetenként gyengébb fénytel szembeni színtartósság javítása érdekében *fénystabilizáló* adalékokat (UV-abszorberek) alkalmaznak (4. ábra).



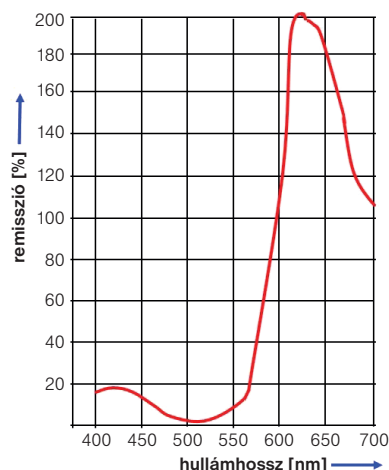
4. ábra. Példák fluoreszkáló színezékek alapvázaira



A fluoreszkáló színezékek a spektrum látható tartományában *fokozottan abszorbeálnak* és sugároznak, így különböznek az optikai fehérítőktől. Igaz, például a kumarinok a *lumineszkáló színezékek* és *optikai fehérítők* jellegzetes vegyületei. A korábban használt *hidroxi-kumarinokat* mára olyan vegyületekkel helyet-

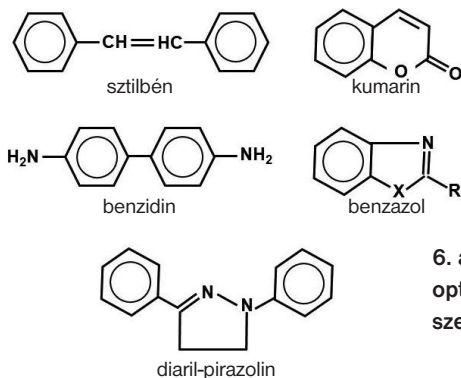


tesítették, amelyek adott helyzetben *nitrogéntartalmú szubsztituenseket* tartalmaznak (5. ábra).

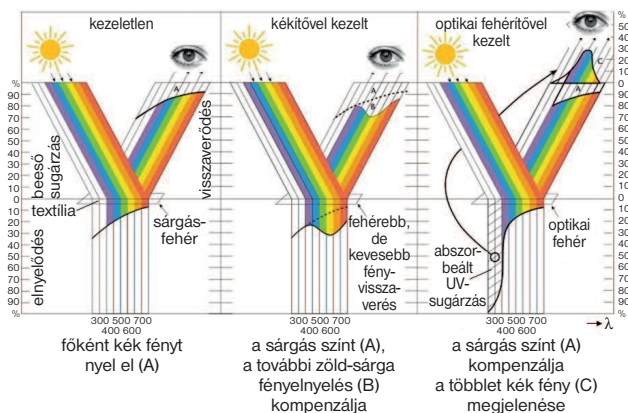


5. ábra. Fokozottan fluoreszkáló színezék remissziója

Az *optikai fehéritők* is segítik a fluoreszcenciát (élénkebb színhatás). Az első, megbízhatóan alkalmazható optikai fehéritőszer az 1940 körül szabadalmaztatott *diamino-sztilbén diszulfonsav* volt. A felhasználásra kerülő optikai segédanyagok olyan, általában kékes tónusú – a szálakra színezékként felhúzó – fluoreszkáló szerves vegyületek, amelyek egyrészt a láthatatlan ibolyántúli sugárzás egy részét látható tartományban verik vissza, másrészt a kékítő hatással fokozódik a fehérség. Így a szemünkbe érkező nagyobb mennyiségű visszavert fény növeli a fehérségérzetet, és ehhez járul, hogy az emberi szem a kékesfehéret fehérebbnek érzékeli, mint a sárgásfehéret. Fontos arra ügyelni, hogy ezek a szerek csak igen *kis koncentrációban hatékonyak*, túlzott adagolásukra az elért kémiai fehérség nemkívánatos romlása is bekövetkezhet (a textilanyag kedvezőtlenül fluoreszkál, vagy éppen sárgássá válik). A színes textíliák árnyalattorzulása is kialakulhat az optikai segédanyag túladagolásakor (6–7. ábra).



6. ábra. Példa optikai fehéritőszerkezetére



7. ábra. Az optikai fehéritő hatása

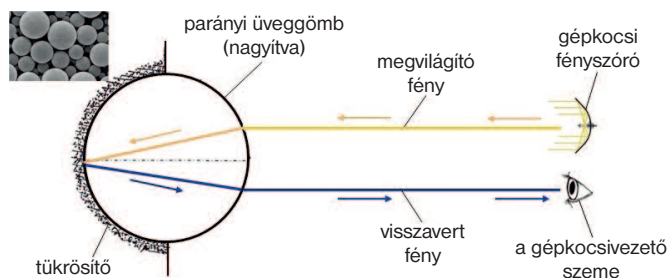
## A fényvisszaverő rendszerek felépítése

Sötétségben a megvilágító fényforrás nyalábját párhuzamosan a szemünkbe visszavető ruházati kellékanyagok működési elve két alapvető megoldásra vezethető vissza:

- Az *üveggöngyös* fényvisszaverő felületek elve egyrészt egy régebb óta ismert olyan szerkezetre vezethető vissza, ahol
  - századmilliméter átmérőjű üveggömbök a fő funkcionális elemek, amelyek
  - alsó fele fényvisszaverő anyagba (tükrösített felület) ágyazott,
  - felső részük szabadon van, vagy megfelelően fényáteresztő közegben helyezkedik el. Így a parányi üveggömbökre eső fénysugarak a fénytörés és reflexió figyelembevételével közel a beesés irányába verődnek vissza.

A fényvisszaverő szerkezetek másik jellegzetes felépítése a macskaszemhez hasonló *prizmás* rendszer, ezeknél

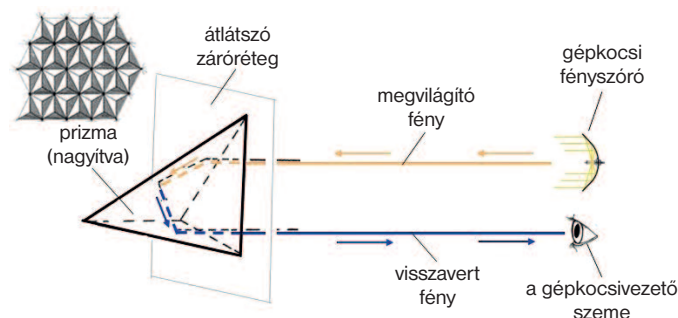
- transzparens anyagú, a derékszögű háromszög oldallapjával felépülő háromszögalapú testecskék, ún. mikroprizmák sokasága képezi a funkcionális réteget,
- a beeső fénysugár a fényforrás felé verődik vissza (kismértékű párhuzamos eltolással),
- ha a mikroprizmás rendszert speciális színes átlátszó záróréteg fedi, úgy kombinált típusú anyag jön létre (a fényvisszaverő, ill. a színes fluoreszkáló háttérfelületek tulajdonságai egyaránt érvényesülnek) (8. ábra).



8. ábra. Üveggömbös fényvisszaverő sáv felépítése

A *prizma törőfelületein* bekövetkező teljes visszaverődést hasznosító – például az egyenlő szárú és a derékszögű háromszög felépítését követő prizmánál a hátsó lapra merőlegesen érkező fénysugarak kétszeri teljes visszaverődést követően ellentétes irányba terelődve jutnak vissza – módszer valósítja meg a kellő reflektív hatást. Az áttetsző testecskék alaplapjukkal egy síkban helyezkednek el a színoldal felé (a csúcsok befelé állnak), amelyet általában átlátszó műanyag (pl. PVC-réteg) zár (9. ábra).

9. ábra. Mikroprizmás fényvisszaverő sáv felépítése





Az egyedi fényvisszaverő és kombinált anyagok *fényvisszaverési együtthatójának* alakulását különböző megfigyelési és megvilágítási szögek (5, 20, 30 és 40°-os) esetében vizsgálják.

Optimális esetben a fényvisszaverési együttható értelemszerűen a legkisebb megvilágítási és legalacsonyabb megfigyelési szög esetén a legnagyobb, ill. a legnagyobb megvilágítási és megfigyelési szögnél a legkisebb értékű. A *jó láthatósági együttható* ( $R'$ ) a visszavert és a beeső fény hányadosával jellemezhető, mértékegysége a  $cd/lx \cdot m^2$  (a számlálóban a fényerősség, a nevezőben az aktív területre vonatkoztatott megvilágítás szerepel). A fényvisszaverő csíkok szélessége legalább 50 mm legyen (a kantárnál legalább 30 mm).

Az értékelési szempontok magyarázataként:

- a *megvilágítási szög* (mint a beeső fény szöge) a legnagyobb fényszóró távolságnál a legkisebb (ezért 5°-os a legkisebb vizsgáló szög tartomány), amiatt szükséges az ilyen helyzetben tapasztalt nagy fényvisszaverési együttható,
- a *megfigyelési szög* a legtávolabbi észlelési távolságnál mutatja a legkisebb értéket, ezért lényeges, hogy az ilyen helyzetben legyen a legnagyobb a fényvisszaverési együttható (10. ábra).

## Befejezésül

A KRESZ a gyalogosoknak előírja, hogy „*lakott területen kívül éjszaka és korlátozott látási viszonyok között a láthatósági mellény (vagy egyéb jó láthatóságot biztosító ruházat) használata kötelező*”. A „látni és látszani” elv betartása életmentő szerepű, amit a láthatóságot fokozó eszközök (pl. a táskán, lábbelin fényvisszaverő csík/felület, a kabáton fehér prizmas műanyag elem viselése) is segítenek. A jól látható, nem sötét színű hétköznapi ruházat viselése is sokat jelenthet egy-egy baleset megelőzésében. A gyalogátkelőhelyen való áthaladásnál, az útpadkán történő gyalogos közlekedés során kiemelt jelentősége van a jó láthatóságnak. Főleg a korlátozott látási viszonyok között messzebről észrevehető a fényvisszaverő ruházatot, hasonló eszközt viselő személy. *LED-fényekkel* kiegészített, áramforrással működtetett jó láthatósági öltözköztetéseket is forgalmaznak, ezek viszont csak nem szakmai (polgári) használatnál engedélyezettek (11. ábra). ●●●



tanúsított védőruházat



nem szakmai rendeltetésű ruházat

10. ábra. Példák jó láthatósági ruházatok alkalmazására



vezeték nélkül távirányítható jelzések kerékpárosoknak



11. ábra. LED-fénnyel kombinált (nem szabványos) jó láthatósági kiegészítők

## IRODALOM

- [1] MSZ EN ISO 20471:2013 Jó láthatóságot biztosító ruházat. Vizsgálati módszerek és követelmények.
- [2] [https://en.wikipedia.org/wiki/High-visibility\\_clothing](https://en.wikipedia.org/wiki/High-visibility_clothing)
- [3] <https://en.wikipedia.org/wiki/Fluorescence>
- [4] Dr. Péter Ferenc (szerk.): Színezék kézikönyv. Műszaki Könyvkiadó Budapest, 1968.
- [5] CHT és DyStar színezékgyártók mintakártyái.
- [6] Kutasi Csaba: Láthatósági ruházatok. Élet és Tudomány, 2022/25.

## Középiskolásoknak

2023. április 12. és 15. között a Szegedi Tudományegyetem szervezi a

36. Országos Tudományos Diákköri Konferencia Kémia és Vegyipari Szekcióját.



Az Országos Tudományos Diákköri Tanács elhatározta, hogy az OTDK rendszerét a középiskolások számára is kinyitja. Így az OTDK-mozgalmal segítheti a tehetségek mielőbbi felismerését, kibontakozását, a diákok érdeklődési köréhez igazodó, felfedezésen alapuló tehetségfejlesztését.

A Szegedi Tudományegyetem OTDK Kémia és Vegyipari Szekciójának szervezői

pályázatot hirdetnek 10–12. osztályos diákok számára.

A részt vevő diáknak vagy a diákok 2–3 fős csapatának (tanári segítséggel) posztert kell készítenie a következő négy terület egyikén:

- Űrkémia
- Biolumineszcencia – világító tengervíz
- A fényképezés kémiája
- Szén-dioxid a légkörben

A részvételi szándék jelzésének határideje: 2023. február 15.

A pályamunka benyújtásának határideje: 2023. március 15.

### Értékelés, bemutatás:

A szervezők minden ppt-formában beérkezett posztert kinyomtatnak és eljuttatnak a pályázó(k) iskolájába.

A beérkezett pályamunkákat a szervezők értékelik, és eldöntik, mely szerzők vehetnek részt a konferencián. A kiválasztott posztereket kiállítják a konferencia ideje alatt. A bemutatott posztereket a zsűri értékeli és rangsorolja. Az eredményeket az ünnepélyes eredményhirdetésen közlik.

Részletes információk: <http://sci.u-szeged.hu/otdk36kemia/kozepiskolasoknak/kozepiskolasoknak>