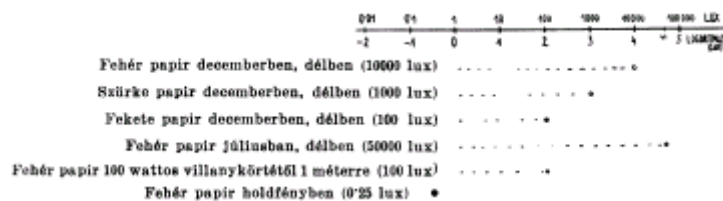


A fényképezőlemez feketedésének törvényei

1. *Az abszolút megvilágítás.* Az embert körülvevő természet sötétebb és világosabb foltok összességéből áll. A tárgyak megvilágítása nagyon különböző és az egyik több, a másik kevesebb fényt ver vissza a szemünkbe. Függetlenül a tárgyak megvilágítása a napsütés vagy a lámpafény erősségétől is. Mint minden fizikai mennyiség, úgy a megvilágítás mérésekor is számszerű adatokkal, pontosan ismert mennyiségekkel kell dolgoznunk. A megvilágítás egysége a *lux*. Mint minden egység, úgy ez is önkényes; 1 lux megvilágítása van annak a fehér lapnak, amelyet a normálgyertyától (Hefner-lámpától) 1 méter távolságban helyezünk el. Júliusban, délben és napsütésben a mi vidékünkön 50000 lux körül van a fehér tárgyak megvilágítása. Ugyanakkor a sötétebb tárgyak megvilágítása kevesebb, egy szürke papírlap 5000, egy fekete szövet pedig csak 500 lux megvilágítást tüntet fel. Természetesen estefelé, télen vagy borús időben ezek a számok sokkal kisebbek. Például decemberben, a déli napfényben a fehér papír 10000, a szürke 1000 és a fekete szövet 100 lux megvilágításának tűnik fel. Ezek a számok a napsütésben levő tárgyakra vonatkoznak, árnyékban a megvilágítás sokkal kisebb. Egy 100 gyertyás villanykörtétől 1 méternyi távolságban a fehér lap megvilágítása körülbelül 100 lux, a holdfényben pedig csak $\frac{1}{4}$ lux. Tehát a megvilágítás nagyon tág határok között ingadozhatik.

Szemünk ezt a nagy változatosságot csak mérsékelten veszi észre. A szem pupillája a fény erőssége szerint kitágul vagy összeszűkül, tehát gondoskodik arról, hogy az ideghártyát ne érje túlságosan erős fény. Azonkívül az ideghártya érzékenysége is megváltozik. Éppen ezért a tárgyak tényleges, abszolút megvilágítását csak nehezen tudjuk megbecsülni. Aki erős villanykörte mellett ül asztalánál, könnyen hihetné azt, hogy ott éppen olyan világos van, mint nappal kinn a szabadban. Pedig dehogyan, lámpája valószínűleg csak 100 lux megvilágítást ad az írópapírnak, míg nyáron kinn 50000 lux is mutatkozhatik. A szem pupillája és az ideghártya működése kiegyenlíti ezt a különbséget. Ezt rögtön észre vesszük, ha nappal gyújtjuk meg a villanylámpát: fénye elenyésző a nappali világosság mellett. A szem alkalmazkodása nagyon hasznos, de a fényképezést megnehezíti, hiszen a fényképlemez csak a luxok számával vagyis az abszolút megvilágítással törődik.



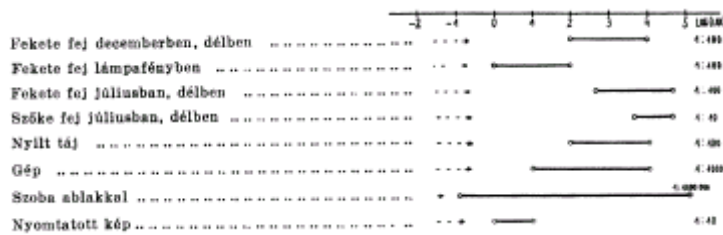
1. ábra. Különböző sötétségű lapok megvilágítása különböző erősségű fényforrásokban. A karika helye megmutatja a skála felső számozásán a luxok számát, az alsón ennek a logaritmusát.

A megvilágítást rajzban is kell ábrázolnunk. Ilyenkor az a nehézség lép fel, hogy a luxok számadatainál a legkisebbtől a legnagyobbig minden előfordul, tehát nem tudnánk valamennyit egyetlen számvonal mentén elhelyezni. Ugyanis nem tudunk olyan hosszú számvonalat rajzolni, amelyen még 1 luxot is pontosan

olvashatunk le, de amelyre 50000 luxot is fel tudunk mérni. Éppen ezért a megvilágítás feltüntetésekor csak a nagyságrendet szokás használni. 10000 luxnál a 4-es helyre, 1000-nél a 3-ashoz teszünk egy karikát, mert a zérusok száma 4, illetőleg 3. (1. ábra). 100 luxnál a 2-re, 10-nél 1-re kerül a karika és így tovább. Ezen a léptéken tulajdonképpen a luxok logaritmusát mérjük fel a vonal mentén. Az 1 lux jele a 0-hoz, 0,1 lux a -1-hez, a nem kerek számok pedig a beosztások közé kerülnek, például 5000 lux a 4 és 5 közé, valamivel közelebb az 5-höz, mert $\log_{10} 5000 = 4,7$. Az ilyen rajzolás mód nagyon elterjedt a

természettudományokban, a vegyészek is ilyet használnak az oldatok savanyúságának (a pH-nak) feltüntetésére és a logarléc beosztása is ilyen. Nagy előnye a logaritmusléptéknek a tág befogadóképesség, századluxtól 100000 luxig minden elfér a vonal mentén egyforma aránylagos pontossággal. Azonkívül az élettanban ismeretes WEBER–FECHNER-féle törvény is mellette szól. A szemnek ugyanazt a változást jelenti a 10-ről 100 luxra való emelkedés, mint a 100-ról 1000-re való fokozás, mert mindegyiknél 10-szeres az ugrás. A rajzunkban az első esetben 1-ről 2-re, a másodikban 2-ről 3-ra kell tolni a luxot jelentő pontot és az eltolás a vonal mentén mindegyik esetben ugyanakkora. A luxban felmért adatok mértani sort alkotnak, de logaritmusai számítani sor szerint következnek egymás után. A WEBER–FECHNER-féle törvényből is az következik, hogy az inger mértani sor szerint való emelkedése egyenletes növekedés benyomását kelti. A megvilágításnak, valamint a beesett fény mennyiségének feltüntetésére mindig a logaritmusos léptéket fogjuk használni.

2. A megvilágítás terjedelme. Egy feketehajú emberi arcon az átmeneti sötétségárnyalatokon kívül találunk legsötétebb és legvilágosabb részt, például a haját és a fogakat. Decemberi, déli napsütésben a fekete haj megvilágítása 100 lux, a fogaké 10000 lux, a többi részek megvilágítása pedig ezen határok közé esik. A legsötétebb és legvilágosabb fények aránya 1:100, ezért azt szokták mondani, hogy a fekete fej megvilágításának a terjedelme 1:100. Rajzunkban ezt 2-től 4-ig terjedő vonallal kell feltüntetni, mert a fejen 100 luxtól 10000 luxig minden sötétségi árnyalat előfordul (2. ábra). A lámpával megvilágított szobában a fog és a haj fényessége 1 és 100 lux, a terjedelmet ábrázoló vonal 0-tól 2-ig terjed. Júliusi napfényben pedig 500-tól 50000 luxig terjednek a megvilágítás árnyalatai. Tehát a megvilágítás terjedelme mindegyik esetben 1:100 és a rajzbeli ábrázolásnál 2 logaritmusos fokot jelent.



2. ábra. A két karika a tárgy legsötétebb és legvilágosabb részének megvilágításait tünteti fel. A tárgy összes többi részének megvilágítása ezek között, a vastag vonal mentén van. A megvilágítás terjedelmét a legvilágosabb és legsötétebb részek fényességeinek az aránya adja meg. (Ezek a jobboldalon felírt arányok.)

Árnyékos részek egyszerre kerülnek a képre; a legszélső megvilágítások aránya sokszor 1:1000000, (6 fok) vagy még több. Nagyon csekély terjedelem mutatkozik a nyomtatott képeken, csak 1:10, (1 fok).

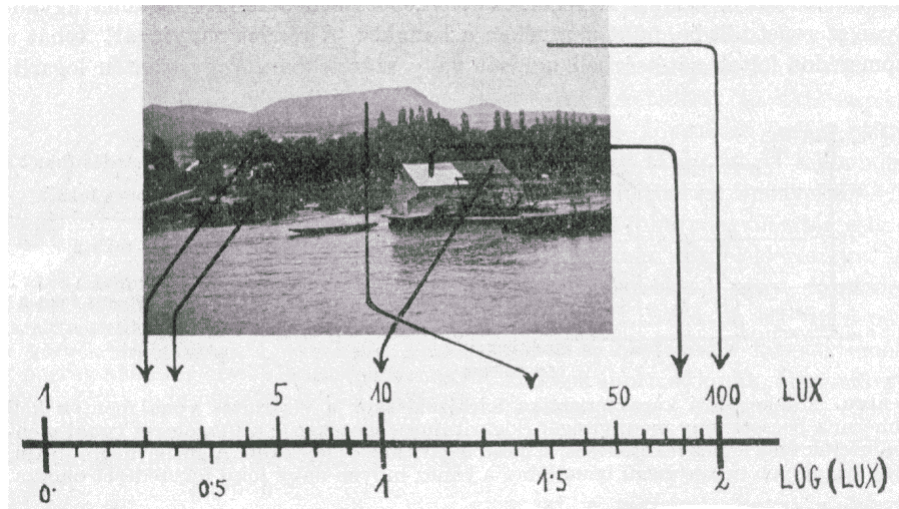
Az ismertetett szám adatok természetesen csak tájékozódásul szolgálhatnak, mert a megvilágítás terjedelme minden egyes esetben más és más. Annyit azonban már előre is látunk adatainkból, hogy szobabelsőrészlet jó lefényképezése nehezebb feladat, mint egy tájképé, mert egymástól nagyon eltérő megvilágításokat kell hűen megrögzítenünk és bizony nem csoda, ha az 1-től az 1000000-ig terjedő fényességskálát a lemez csak bizonyos torzítással és elhanyagolásokkal örökíti meg.

A mondottakat még jobban megmagyarázza a 3. ábra képének a példája. Tartsuk a képet egy 100 gyertyás villanylámpától 1 méternyi távolságban. Ekkor a kép alatti logaritmusos léptéken megkereshetjük az egyes részek megvilágítását. A megvilágítás terjedelme a képen 2:100, vagyis 1:50, mert így viszonylanak egymáshoz a legfeketébb és legféhébb darabok megvilágításai. A terjedelem fokokban (logaritmusos mértékben)

A megvilágítás terjedelme minden tárgynál más és más. Szőke fejen a legsötétebb árnyalatok hiányoznak, a terjedelem csak 1:10, (rajzban 1 logaritmusos fok). Nyílt táj terjedelme 1 : 100.

Gépek megvilágítási terjedelme a fényes tükröződések és fekete részek következtében igen nagy, 1:1000, (3 fok). Igen tág a terjedelem szobarészletek esetében, ahol a világos ablak és az

kifejezve 1,7. Természetesen ezek az adatok csak erre a papírosra másolt képre vonatkoznak és a valóságban meglevő tárgyakon egészen mások lehetnek.



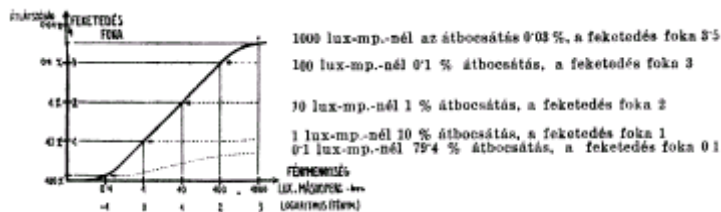
3. ábra. Különböző megvilágítású részek egy fényképen, (A szerző felvételével). Ha a képet 1,3 méternyi távolságban nézzük egy 100 wattos lámpától, akkor az ég megvilágítása 100 lux, logaritmusa 2; a baloldali malomtető megvilágítása 80 lux, logaritmusa 1,90; a távoli hegy megvilágítása 30 lux, logaritmusa 1,48; a jobboldali malomtető megvilágítása 10 lux, logaritmusa 1; a füves part megvilágítása 2,5 lux, logaritmusa 0,40; a fák megvilágítása 2 lux, logaritmusa 0,30.

A kép sötétebb és világosabb foltok összességéből áll, a kép egyes darabkáit is csak azért tudjuk egymástól megkülönböztetni, mert sötétségük nem egyforma. Két képdarab megvilágításainak hányadosát részletnek szokás nevezni. Ez az elnevezés onnan ered, hogy a fényképeken a minden árnyalat nélküli foltokat részlettelenségnek szokták nevezni. A fényképezésben a részlet fogalma ugyanolyan szerepet tölt be, mint a zenében a hangköz. A részlet nagyságát, tehát a szomszédos foltok sötétségbeli ugrását vagy százalékban, vagy szintén logaritmikus fokokban szokás megadni. A vízimalom tetejének két fele (3. ábra) igen erős részletet alkot, százalékban 800 %-ot (10 lux és 80 lux), fokokban 0,9-et. A kép fehér részein az ember szeme legfeljebb 5 %-os (0,02 foknyi) részletet kíván meg. A kép legsötétebb részein rendszerint elhanyagolható a 25 %-osnál kisebb részlet, (0,1 foknyi). Ekkora található a fák és a füves part között, 2 lux és 2,5 lux megvilágításokkal. De ezeknél jóval nagyobb részletek is előfordulnak, például a távoli hegy és az ég által alkotott részlet fokokban 0,32, (333 %, mert 30 lux és 100 lux a két megvilágítás). A megvilágítás terjedelme tulajdonképpen az előfordulható legnagyobb részlet és csupa apró, kisebb-nagyobb részletekből tevődik össze.

Mindebből levonhatjuk azt a tanulságot, hogy a természetben minden megvilágítási részletek halmazából áll és ezeket nagyságuk szerint a legsötétebbtől a legvilágosabbig egy vonal mentén ábrázolhatjuk.

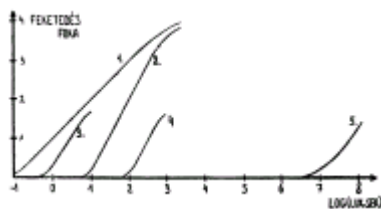
3. *A feketedési karakterisztika felrajzolása és alakja.* Ismeretes, hogy a fényképlemez annál feketébb lesz, minél több fény éri. Ezzel a nagyon pontatlan megállapítással nem érünk sokat, mert pontosan, számszerűen kell ismernünk a fény mennyiségének és a feketedésnek az összefüggését. Egy vízszintes vonal mentén felmérjük a beesett fény mennyiségét $lux \times másodperc$ egységekben. (A luxokban mért megvilágítást az idővel kell szorozni, mert hosszabb idő alatt a beesett fény mennyisége több.) Felfelé, erre merőlegesen mérjük fel a lemez megfeketedését (4. ábra). A feketedés felrajzolásakor szintén a nagyságrendet mutató logaritmikus mértéket használjuk. A feketedésnél is nagyon indokolt a logaritmikus skála, mert az ezüsttartalmú réteg átlátszatlansága az ezüst mennyiségétől mértani sor szerint függ.

Ilyen módon egy görbét kapunk, amely a megvilágítás és feketedés összefüggését ábrázolja. Ennek a görbének feketedési karakterisztika a neve. Igen gyenge fény mellett a feketedés szinte semmi, azután egy elég éles határon túl a feketedés a fényvel együtt emelkedik. Egy darabig közelítően egyenes a vonal, ami azt jelenti, hogy a fény és az általa létrehozott feketedés egyenesen arányosan emelkednek. Igen erős fény mellett azután a görbe lehajlik, vagyis ilyenkor a feketedés már kisebb mértékben fokozódik, mint a beejtett fény.



4. ábra. A feketedési karakterisztika felrajzolásakor a vízszintes vonal mentén kell felmérni a beesett fény mennyiségét (logaritmusos léptéken); a függőleges vonal mentén mérjük fel a lemez feketedését, szintén logaritmusos léptéken. A görbe megmutatja, hogy bármilyen mennyiségű beeső fény a lemez milyen nagy fokú feketedését okozza.

tárgy részleteit. Pontosan le lehet olvasni a görbéről, hogy a tárgy akármelyik részének milyen nagy feketedés felel meg a lemezen. Könnyen belátható, hogy hű kép csak akkor keletkezik, amikor a tárgy megvilágításainak egész sorozata rákerül és ráfér a karakterisztika egyenes



5. ábra. A lemez vagy film karakterisztikájának hosszú (a látitudó nagy), a másolópapír karakterisztikájának rövid (a látitudó kicsiny). A görbék számozása: 1. érzékeny lemez, 2. pozitív kinófilm (kisebb érzékenységi, nagy meredekség), 3. brómezüstpapír, 4. gázfénypapír (érzékenysége kisebb, mert jobbra van eltolva, a nagyobb fénymennyiségek irányában), 5. napfénypapír (érzékenysége sokkal kisebb).

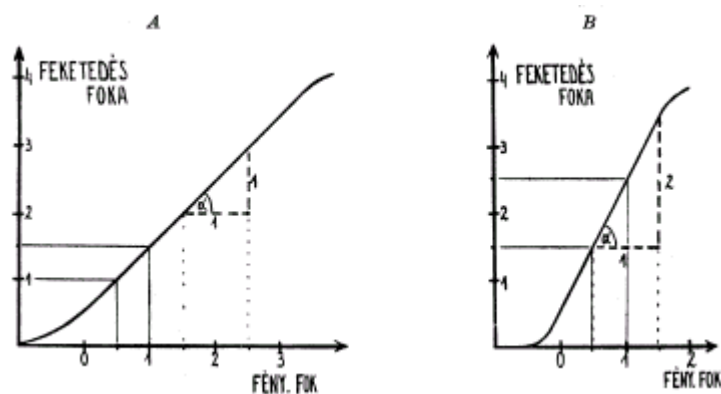
részére. Az is belátható, hogy meredekebb emelkedésű görbe esetében ugyanazon tárgy részleteit fokozottabb mértékben adja vissza a lemez. A feketedési karakterisztika egészen olyan szerepet játszik, mint a rádiólámpa karakterisztikája. A rádiólámpához sokszor szintén a meredek és hosszú egyenes résszel bíró görbe

kívánatos, mert csak így lehetséges a rács váltakozó feszültségének hatásos és hű visszaadása tág határok között.

A feketedési karakterisztika lehetőleg nagy darabon keresztül egyenes legyen. Az egyenes rész szélességének a neve látitudó. A 4. ábra karakterisztikájánál 1 lux \times másodperc fénymennyiségtől 100-ig, tehát 2 fokon át egyenes a vonal. Még nagyobb a látitudó mozifilmeken (5. ábra), ahol 3 fokra terjed ki az

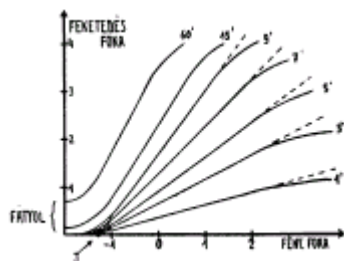
egyenes rész. Sajnos a másolópapírok látitudója igen kicsiny, mivel a papiros legfeketébb és legvilágosabb részeinek a sötétségi aránya legfeljebb 1:60 vagy 1:80, tehát az egyenes rész alig lehet hosszabb 1-1,5 foknál. A jó fénykép készítésének egyik nagy akadálya a papiros szűk látitudója. A lemez vagy film legtöbbször megbirkózik a természettől nyújtott világosságkálával a legfényesebb részekről kezdve a legsötétebbekig, de a papiros lehetőségei nagyon korlátoltak. Ennek az az oka, hogy a lemez vagy film részleteit a különböző fokú átlátszóság alkotja, ez pedig a teljesen átlátszó üvegtől a koromfekete lemezig nagyon tág határok között mozoghat. A papirosra másolt képen a részleteket a fehér és fekete részek különböző fokú visszaverőképessége okozza, ez az utóbbi azonban a tapasztalat szerint legfeljebb 1:80 arányban különbözhetik. A fekete fej megvilágítási terjedelme 2 fok (1:100) és ez a fényességköz nagyon hűen megörökíthető a lemezen, mert a látitudó 3 fokra terjed, a lemez még 1:1000 fényarányokat is hűen ad vissza. De a papíron létrehozható legnagyobb

feketeség és legerősebb fehérség viszonya legfeljebb 1:80, ennek a terjedelemnek is csak egy része esik az egyenes részre, a látitudó alig több 1 foknál. Ennek a következménye azután az, hogy a legvilágosabb és legsötétebb foltok részleteit a fényképmásolat nem adja vissza és ami az 1:10 fényarányon kívül esik, az lemarad a képről. Ha filmre vagy diapozitívanyagra készítjük a másolatot és kivetítve nézzük, akkor gyönyörű a kép, mert ezek az anyagok a fényességskála egyik végén sem vágnak le részleteket, látitudójuk legalább is 3 fok (1:1000). Még nagyobb nehézségeink vannak ha a megvilágítási terjedelem igen nagy, ami szobai felvételkor fordul elő. A tanulság mindebből, hogy a feketedési karakterisztika egyenes része minél hosszabb legyen, a lemeznek nagy legyen a látitudója.



6. ábra. A lemez annál keményebb, minél meredekebb a karakterisztikája. A = lágy lemez, a keménység 1; B = igen kemény lemez, a keménység 2.

A látitudón kívül a fényképezést nagyon érdekli a karakterisztika hajlása is. A 6. ábra nyomán könnyen megértjük, hogyha meredekebb hajlású a görbe, a lemez a tárgy fénykülönbségeit még fokozza. A baloldali görbe esetében a 0,5 foknyi fénykülönbséget a



7. ábra. A karakterisztika alakja különböző ideig tartó előhívásoknál. A vonal felegyenesedik, miközben egyenes részének meghosszabbítása mindig ugyanazon ponton megy át (I = inerciapont). A vonalak mellé írt számok az előhívás idejét mutatják percekben. Igen hosszú előhívásnál a megvilágítatlan részek is megfeketednek, ez a fátyol.

lemez ugyancsak 0,5 foknyi feketedésbeli különbséggel örökíti meg, a jobboldali esetében viszont a 0,5 foknyi fényességbeli eltérés 1 egész fokos különbséget okoz a feketedésekben. A karakterisztika hajlását a keménység fogalmával szokás meghatározni. (Más néven kontraszt vagy kontrasztfaktor, jele γ .) Annál keményebbnek mondják a lemezt, minél erősebben adja vissza a tárgy megvilágítási különbségeit. A keménység pontos mértéke az a szám, amely megmondja, hogy 1 foknyi fényességbeli különbség hány foknyi feketedési különbséget okoz a lemezen. Más szavakkal a karakterisztika hajlásszögének tangense a lemez keménységét jelenti. A baloldali karakterisztika egyenes részénél a keménység 1, a jobboldalinál pedig 2. Természetesen a görbe helyeken a keménység kisebb. A legközönségesebb esetben a keménység 1, ekkor a kép a fényességeket éppen olyan viszonylagos erősségben tünteti föl, mint ahogyan az a tárgyon volt látható. Visszatérve a 3. ábrára az ég és a jobboldali malomtető megvilágításai 100 lux és 10 lux, ezek aránya 10:1 (fokban 1). Ha róla 1 keménységű lemezre készítünk fényképet, akkor az ég helyén például 6 %, a tető helyén pedig 60 % lesz a lemez fényátbocsátó képessége. Tehát a feketeségek aránya megint

csak 10:1 (fokban 1). Kivételesen szükségünk lehet 1-nél keményebb lemezre is, ha a tárgy részletei nagyon gyengék, például repülőgépről készült felvételeknél, könyv vagy írás

fényképezése alkalmával. Ilyen célokra külön gyártanak kemény lemezeket. Nagyon lágy lemezeket olyan tárgyakhoz használnak, amelyek megvilágítási terjedelme igen nagy. A keménység tiszta szám, megadásakor egységet nem kell mondanunk, mert mindkét skála mentén logaritmusokat mértünk fel.

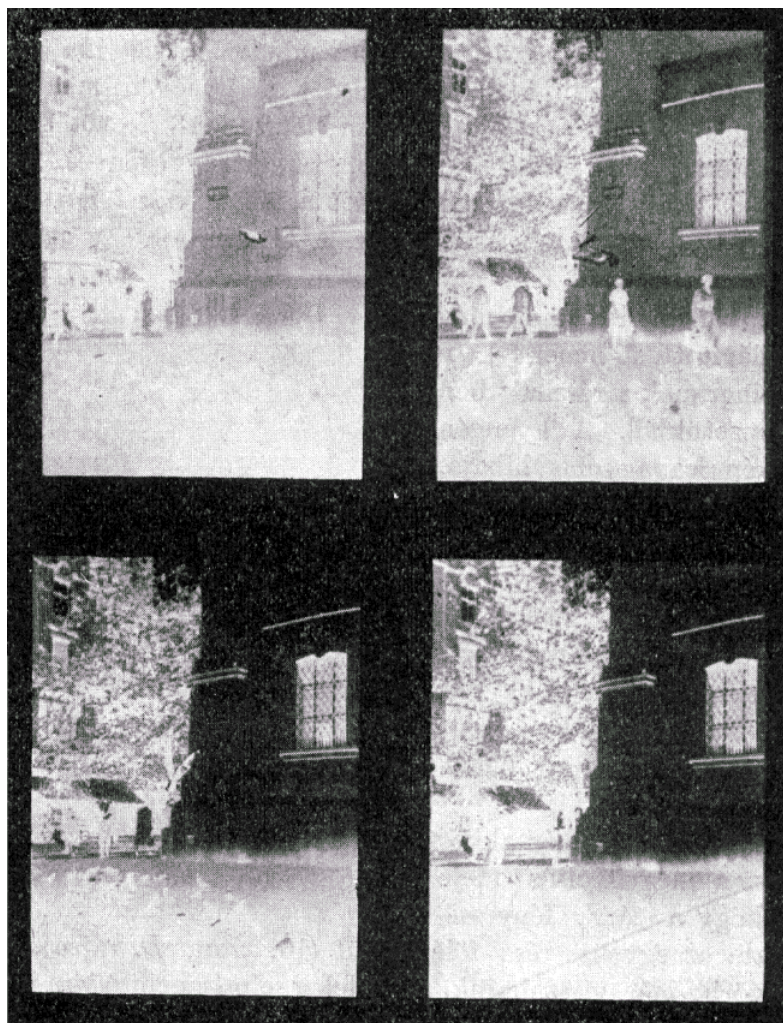
A nagy látitudó mindig kívánatos tulajdonsága a lemeznek, a nagy keménység is elég sokszor. A nagy látitudó és a nagy keménység azonban kizárják egymást. Természetesen, minthogy a lehetséges legnagyobb feketeséget a lemez ezüsttartalma megszabja, ezt a felső határt a kemény lemez hamarabb éri el, tehát látitudója szűkebb. A kemény lemez helyes megvilágítási idejét nehezebben lehet eltalálni éppen a szűkebb látitudó miatt. Másolópapírokon szintén észrevesszük ezt, mert a kemény papír másolási idejét nagyon pontosan kell megválasztanunk, míg a lágyabb papír már nem olyan kényes. A mindennapi életben a látitudó és a keménység fogalmait gyakran összezavarják.

A feketedési karakterisztika alapvető fogalom a fényképezés elméletében. Ez a görbe HURTER és DRIFFIELD vizsgálataiban szerepelt először 1892-ben. Felrajzolása céljából a lemezt alkalmas fényskálával világítják meg és a keletkező feketedéseket (előhívás és fixálás után) fotométerrel megméri. Ezekből az adatokból a görbe megrajzolható. A fényskala rendszerint szürke folyadékkal megtöltött üvegék, ezt másolják rá a lemezre. Az ilyen szürke ék éppen logaritmusos arányban bocsátja át a fényt, mert minden egyes milliméterrel való vastagodása az átlátszóság mértani arányban történő csökkenését vonja maga után. Gyárakban és laboratóriumokban külön gépekkel végzik a kimérést és a gép részben magától, önműködően rajzolja fel a karakterisztikát.

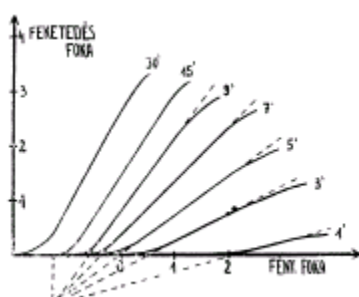
4. *Az előhívás befolyása és az érzékenység.* Az előző fejezetben megismerkedtünk a feketedési karakterisztikával. Hozzá kell tennünk, hogy ezt a görbét mindig az előhívás utáni feketedések alapján rajzoljuk meg. A görbe alakja nagy mértékben függ az előhívástól, tehát ennek a befolyását is figyelembe kell vennünk. Amint az előhívás megkezdődik, a legerősebb fénytől ért részek kezdenek megfeketedni, a görbe lassan felemelkedik (7. ábra). De a meredeksége még nagyon kicsiny. Az előhívás folytatásakor a görbe tovább emelkedik, helyesebben mondva a karakterisztika egyenes darabja felegyenesedik és mindig meredekebb lesz. Az előhívást többnyire akkor ajánlatos befejezni, amikor a meredekség éppen 1, ilyenkor a feketedések arányai olyanok, mint a tárgy fényességeinek arányai. Ez a mi példánkban 7 perces előhíváskor következik be. Ha még tovább tart az előhívás, a keménység bizonyos fokig tovább fokozódik, végül a fénytől nem ért részek is megfeketednek. Ez a fátyolosodás. Rajzunkban a fátyol úgy nyilvánul meg, hogy a görbe alsó része nem nullától indul ki, hanem kissé magasabbról, hiszen ilyenkor a megvilágítás nélküli részek is megfeketednek bizonyos mértékben. Igen soká tartó előhíváskor a fátyol mindent elnyel. A 8. ábra különböző hosszú ideig előhívott képek sorozatát mutatja. A negatívokon látható, hogy az első képeken mind a keménység, mind a látitudó nagyon kicsiny. Később a keménység egy bizonyos határig emelkedik.

A feketedési karakterisztika az előhívás közben mindjobban felegyenesedik. Közben azonban megfigyelhetünk egy érdekes jelenséget: az egyenes darabok meghosszabbításai mind egy és ugyanazon ponton mennek át (a 7. ábra pontozott meghosszabbítási vonalai mind $-1,25$ foknál, $0,06 \text{ lux} \times \text{másodpercnél}$ találkoznak). Ez a legtöbb lemeznél így van, csak lassú vagy nagyon sokáig tartó előhíváskor mutatkozik ez alól kivétel. A találkozási pontot inerciának nevezik. Az inercia a lemez érzékenységének a mértékéül szolgálhat, mert annál kisebb megvilágításnál fekszik, minél érzékenyebb a lemez. Az inercia küszöbértéket jelent a lemez számára, mert a nálánál kisebb fény mennyiségek nem okoznak észrevehető feketedést. A lemez érzékenységének meghatározására igen sokféle fokot használnak, közülük legjobban a Scheiner-féle fokok terjedtek el. 20 Scheiner-fok érzékenységű lemeznél az inerciapont $0,06 \text{ lux} \times \text{másodpercnél}$ van. Minden Scheiner-féle fokkal 27 %-kal emelkedik az érzékenység. 3

Scheiner-féle fokkal való növekedés az érzékenység megkétszereződését jelenti. Újabban ezek helyett a Din-fokot használják.



8. ábra. 4 teljesen egyformán megvilágított fénykép negatívja különböző előhívási idő alatt. Az előhívási idők: 5 perc, 7,5 perc, 15 perc, 20 perc. (Az előhívó glicin tankhívó volt 20 perc normális előhívási idővel; minden egyéb kezelés egyformán történt). A rövid ideig előhívott képek igen lágyak, a negatívon minden csak világosszürke. Később a képek keményebbé válnak és az egész negatív mindjobban sötétebb (födöttebb) lesz. De a részletek relatív erőssége nagyjában egyforma az összes képen. (A szerző felvétele.)



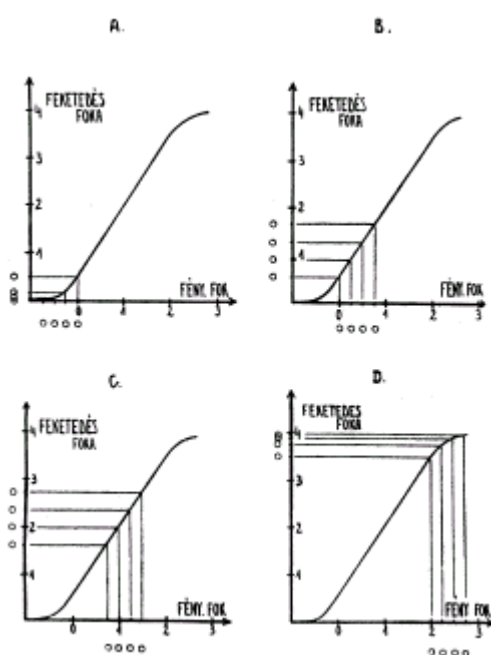
9. ábra. Káliumbromidot tartalmazó előhívó esetében az egyenes darabok meghosszabbításai a tengely alá lesüllyesztett inerciapontban találkoznak és a fátyol csak később mutatkozik.

Nagyon érdekes hatással van a káliumbromid az előhívás lefolyására (9. ábra). A káliumbromid jelenléte az előhívás menetét lassítja. Az eredmény olyan, mintha az inerciapont lehelyeződne a vonal alá. Tehát a karakterisztikák egyenes részei meghosszabbítva most is egy pontban találkoznak, de ez le van süllyesztve. Ennek a jó hatása rögtön mutatkozik a fátyol csökkenésében.

5. *A helyes megvilágítási idő.* Gyakran halljuk azt a kijelentést, hogy a megvilágítás idejének helyes megválasztása a legnehezebb része a fényképezésnek. Ebben elég sok igazság van, mert nagyon gyakran tényleg eldönti a kép sorsát a rosszul választott

megvilágítási idő. De sok esetben a megvilágítási idő jó megválasztása nem olyan nehéz. Pontos feleletet ad ezekre a kérdésekre a feketedési karakterisztika.

Ha a tárgy fényességeinek egész sorozata ráfér a karakterisztika egyenes darabjára, akkor a keletkező képen a sötétedések éppen olyan arányban állanak, mint a tárgyon. A legtöbb lemez és film esetében a karakterisztika olyan nagydarabon át egyenes, hogy a legcélszerűbb megvilágítási időtől való háromszoros, sőt néha ötszörös eltérés mellett még mindig jó lehet a kép. Kivétel az olyan tárgy, amelynek megvilágítási terjedelme igen nagy, mert ebben az esetben az egész látitudót kitölti a tárgy és nem áll módunkban az egyenes



10. ábra. A megvilágítási (exponálási) idő szerepe. Mind a négy esetben ugyanaz a tárgy. Ha a megvilágítási idő hosszabb, akkor a vízszintes tengely mentén a tárgy különböző fényességű részeit jelentő négy karikát jobbra kell eltolni. Mindegyik esetben a feketedési karakterisztika szabja meg a keletkezett megfeketedéseket; ezeknek a helyét a függőleges tengely mentén feltüntetett négy karika mutatja. *A* = alexponált kép; a leggyengébb fény nem is hagy nyomot a lemezen. *B* = jól exponált kép; a fénymennyiségek az egyenes részre esnek és ezért ugyanolyan arányban levő sötétségeket keltenek. *C* = szintén jól exponált kép; még mindig az egyenes részre esik. *D* = túlexponált kép; a felső görbületre esik. A tárgy legfényesebb részleteihez tartozó feketedések a lemezen alig különböznek egymástól.

darab felett a görbe már visszahajlik, meredeksége már nem olyan nagy, éppen ezért a túl megvilágított lemezen alig van eltérés a tárgy különböző fényes részei között. Bár a lemez a maga egészében igen sötét, a különbségek mégis kicsinyek, a lemez nagyon lágy. A 11. ábra utolsó képén láthatjuk, hogy igen hosszú megvilágításkor az épület falán levő részletek már gyengék, de a sötétben levő galambok nagyon jól látszanak.

darabon fel- vagy lecsúsztatni. A másolópapírok látitudója olyan szűk (5. ábra), hogy a másolás vagy nagyítás alkalmával a megvilágítás idejét igen pontosan, néha 10-20 %-ig be kell tartanunk. Mindenki tudja, hogy a másolás elég veszélyességgel jár és bizonyos gyakorlatot kíván.

Gyengén megvilágított kép akkor keletkezik, ha a megvilágítás ideje annyira rövid volt, hogy a tárgy fényességeinek a sorozata az egyenes rész alá csúszik (10. ábra *A*. rajza). Ilyenkor a tárgy legsötétebb részletei már a lemez érzékenységi küszöbe alá esnek és a negatívon egyáltalán nyomot sem hagynak. Éppen ezért az ilyen kép másolatán az árnyékokban minden részlet hiányzik és ezek szürke foltta olvadnak össze. A 11. ábra első képe gyengén megvilágított; a galambok a legelső képen egyáltalán nem látszanak, a sötét faágak is a pozitívon sötét foltta olvadnak össze. A tárgy fényes részei már esetleg rákerülnek az egyenes darabra, ezeket a lemez már hűen örökíti meg. Tehát a fényes helyeken láthatók a részletek. A 11. ábra első és második képén az épület fala és a jelzőtábla már nagyon jól látszik, bár minden egyéb még gyengén megvilágított. A lemez fekete helyei szinte kiugranak a részletekben szegény környezetükből. A gyengén megvilágított kép legnagyobb hibája, hogy a küszöb alatt minden hiányzik, amin semmiféle előhívási vagy másolási eljárással sem lehet segíteni. Enyhébb esetekben a kép javarésze ugyan a görbületre esik, de azért a küszöb fölé jut, ami még nem olyan nagy baj. Az ilyen képeket lassan kell előhívni, hogy lehetőleg sok gyenge részletet mentünk meg.

Túlsokáig megvilágított kép akkor keletkezik, ha a megvilágítás ideje olyan hosszú, hogy a tárgy fényességeinek a sorozata az egyenes rész fölé kerül (10. ábra *D*. rajza). Az egyenes



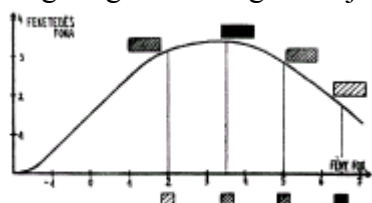
11. ábra. 4 különböző megvilágítással készült fénykép negatívja (minden egyéb kezelés egyforma volt). Az első erősen alexponált képen látható, hogy a galambok nyom nélkül hiányoznak a negatívról, mert a sötét részletek már az érzékenységi küszöb alá estek. (Ellentétben a 8. ábra első képével!) Viszont a nagyon fehér jelzőtábla a falon nagyon feketén ugrik ki a környezetből. A legalsó túlexponált képen a sötétebb helyen, a galambok részletei igen jól láthatók, de a fehér falon már nem különböztethetők meg. A két szélső eset között nagyon sok jól használható negatív van. Az átlagos fénymennyiségek relatív egységeiben: 1. képen 1, $F = 18$, idő $1/100$ mp. 2. képen 4, $F = 9$, idő $1/100$ mp. 3. képen 13,3, $F = 6,3$, idő $1/60$ mp. 4. képen 53,2, $F = 4,5$, idő $1/30$ mp. (IFJ. KUNFALVI REZSŐ felvétele.)

Ilyen enyhébb esetben a tárgy sötét részein, például az árnyékban még minden rendben van, de a fényes részein, például az égen vagy havon nem lehet már semmit sem megkülönböztetni. Másolatban nagyon csúnya az ilyen kép, mert az égből vagy a hóból tiszta fehér folt lesz, bár a sötét helyeken minden részlet felismerhető. Kellemetlen az is, hogy a másolatok és nagyítások készítésekor soká kell megvilágítani. A túlságos megvilágítás súlyosabb eseteiben az egész lemez teljesen egyformán fekete és részleteket nem lehet felismerni. Hogy azután még súlyosabb esetekben mi történik, arról a következő fejezetben lesz szó.

A túlmegvilágított kép sorsán az előhíváskor elég sokat lehet segíteni. Már szó volt arról, hogy az előhívóban levő káliumbromid az előhívás menetét lassítja, ezért a karakterisztikák egy mélyebben fekvő pont felé irányulnak (9. ábra). Ennek az a következménye, hogy ugyanakkora előhívási idő mellett a feketedések már nem a karakterisztika görbült laposabb részére, hanem az egyenes darabra kerülnek. Azonkívül a feketedések abszolút értékei is mind kisebbek. Arról sem szabad megfeledkeznünk, hogy a lemez fényérzékeny rétege véges vastagságú és maga is elég nagy mértékben nyel el fényt.

Túlmegvilágítás esetében a fényérzékeny anyag (emulzió) legkülső rétege teljesen megfeketedik; a mélyebben fekvő rétegek már kevesebb fényt kapnak az elnyelés miatt, tehát már nagyjában jól megvilágított képet tartalmaznak. A képet alkotó rétegek benn vannak az anyag belsejében, a felszín pedig értéktelen, mert egyenletesen fekete. Éppen ezért a túlmegvilágított lemezt lassan dolgozó előhívóval kell kezelni, hogy ennek ideje legyen beszívódni a réteg belsejébe. Ha gyors hívóval dolgoznánk, ez csak a legelső réteget hívná elő, amely azonban egyenletesen fekete. Azonkívül az előhívás alkalmával annál több káliumbromid képződik, minél nagyobb a feketedés, tehát lassító hatása itt a legnagyobb. Gyengén megvilágított képen csak a fényérzékeny anyag legkülső rétege tartalmaz feketedéseket.

Ha a tárgy megvilágítási terjedelme igen nagy, akkor felmerülhet az a kérdés, hogy a sötét vagy a világos részek szerint világítsunk-e meg. Például havas tájkép esetében a megvilágítási időt vagy a sötét ruhába öltözött emberi alakok után választhatjuk meg, vagy a hó szerint. Első esetben hosszabb időt kell vennünk, ekkor a havon minden részlet (lábnyom vagy göröngy) eltűnik, de az emberek arca és ruhája sikerült lesz. Abban az esetben, ha rövidebb időt veszünk, az embereken minden fekete foltta olvad össze, de a havon és az égen minden nagyon jól látszik. Jó megvilágítási idő mellett a lemezen elfér a tárgy megvilágításának egész terjedelme, de a papírmásolat készítésekor jelentkezik a baj.



12. ábra. A feketedési karakterisztika igen erős megvilágításoknál lehajlik. Ennek következtében igen erős megvilágításnál a feketedések sorrendje felcserélődhetik és a lemezen pozitív keletkezik. Ez a szolarizáció.

6. *A szolarizáció.* Természetes dolog, hogyha nagyobb a fény, nagyobb lesz a feketedés. De ez így nem mehet akármeddig tovább, hiszen a lemez ezüsttartalma nem határtalan. Volt is már arról szó, hogy nagyobb fénymennyiségek mellett a feketedés lassabban fokozódik és a karakterisztika hátragöbül. Még sokszorta nagyobb, a rendes megvilágítási időt 100 vagy 1000-szer meghaladó megvilágítás mellett azután egy váratlan dolog történik: a fénymennyiség fokozásával a feketedés csökken, ahelyett, hogy növekedne. Ennek a jelenségnek szolarizáció a neve. A feketedési karakterisztikánál a jelenség úgy nyilvánul meg, hogy a görbe lehajlik, mert hiszen nagyobb fénymennyiségek mellett a feketedés újra kisebb lesz (12. ábra). A szolarizáció következtében a lemezen részben pozitív kép is keletkezhetik,

mert a lemez azokon a helyeken lesz átlátszóbb, ahol több fény érte. Ez tapasztalható olyan tájképen, amelyeken a nap is rajta van. A nap fényessége olyan nagy a táj többi részeihez képest, hogy pár másodperces megvilágításkor már szolarizáció jön létre; természetesen a pozitív másolaton a nap fekete korong formájában látszik. Azonkívül túl erősen megvilágított lemezek fényérzékeny oldalán sokszor ránézésre pozitív kép látható szintén a szolarizáció miatt. A mélyebben fekvő rétegekben a kép már negatív.

A szolarizáció minden lemezen és filmanyagon, azonkívül minden hullámhosszúságú fény mellett fellép. Újabb vizsgálatok kimutatták azt is, hogy nagyon sokszor több szolarizációs terület is van, tehát a karakterisztika a végén hullámos menetű. Tudományos vizsgálatok kimutatták, hogy a szolarizáció területén is növekszik a fénytől eredetileg kiválasztott ezüstmennyiség, de egyszersmind olyan nagyoobszemesés formába megy át (koagulál), amelyet az előhívó rosszabbul hív elő, mint a többi. Az ismertetett kérdések mindenkit meggyőzhetnek arról, hogy a feketedési karakterisztika ismerete tényleg sok jelenség megértésének a kulcsát jelenti. Azt is lehetne mondani, hogy a feketedési karakterisztika a lemez matematikáját alkotja.

*Az 1932. évi Bauer-pályázat megdicséret munkájának I. része.