

# KODAK - KOMBINACIJE FOLIJ REDKIH ZEMELJ IN FILMOV, OBČUTLJIVIH NA ZELENO SVETLOBO

Veronika Lipovec<sup>1</sup>

## OJAČEVALNE FOLIJE LANEX - FOLIJE REDKIH ZEMELJ

Leta 1972 so bila objavljena prva poročila, ki so opisovala oksisulfide elementov iz skupine redkih zemelj kot fluorescentne snovi v ojačevalnih folijah v rentgenski diagnostiki. Razvili so jih Wickersheim in sodelavci pri Lockheed Corporation v Kaliforniji, raziskave pa je podpirala ameriška Atomic Energy Commission. Komercialno so te folije, ki jih imenujemo folije redkih zemelj, na razpolago od leta 1973.

Podobno, kot drugi proizvajalci rentgenske fototehnične opreme, je tudi Kodak začel razvijati svoje folije redkih zemelj. Tako imamo danes na razpolago štiri osnovne tipe folij s komercialnimi imeni LANEX FINE, MEDIUM, REGULAR in FAST, poleg tega pa še nekaj tipov, ki se uporabljajo za specialna slikanja npr. ekstremitet ali pa za mamografije. Fluorescentna snov pri Lanex folijah je gadolinijev oksisulfid, aktiviran s terbijem.

Osnovni namen raziskav na področju fluorescentnih snovi, ki se uporabljajo v ojačevalnih folijah v diagnostični rentgenologiji, je bil zmanjšati dozo, ki jo prejme pacient.

Desetletja prej so bile namreč v uporabi folije na osnovi  $\text{CaWO}_4$ , ki so bile do tedaj že tako izpopolnjene, da z njihovo pomočjo doze ni bilo več mogoče nižati.

## ZGRADBA FOLIJE

Približna debelina ojačevalne folije je 0,4 mm. Folijo sestavljajo štiri plasti in sicer:

---

<sup>1</sup> Veronika Lipovec, dipl. org. zdravstva, predavatelj, Univerza v Ljubljani, Višja šola za zdravstvene delavce, 61000 Ljubljana, Poljanska 26 a



Sl. 1. Prečni presek skozi ojačevalno folijo (1 mil = 0,0254 mm)

### Reflektorna plast:

Kristali fluorescentne snovi v foliji emitirajo vidno svetlobo, ki nastane pri interakciji s fotoni rentgenskega sevanja, v vse smeri. Veliko vidne svetlobe je emitirane v smeri proti filmu, nekaj pa tudi proti ozadju folije. Reflektorna plast fotone, ki se širijo proti ozadju folije, reflektira v smeri proti filmu in tako preprečuje, da bi bil njihov fotografski učinek na film izgubljen. S tem se poveča ojačevalni faktor folije. Reflektorna plast je narejena iz substance bele barve, kot je npr.  $TiO_2$  in je debela okoli 25 mikronov. Nekatere folije te plasti nimajo (npr. Lanex Fine in Lanex Fast).

### Fluorescentna plast:

so kristali fluorescentne snovi, suspendirani v plastiki. Fluorescentna plast je debela okoli 0,1 mm, pri hitrejših folijah je debelejša, pri počasnejših tanjša. Natančneje bo fluorescentna plast opisana pri lastnostih ojačevalnih folij.

### Zaščitna plast:

je nanešena na površini folije, čez fluorescentno plast. Najpogosteje je iz celuloze, ki so ji primešani različni polimeri. Njena debelina je okoli 20 mikronov. Ima tri funkcije:

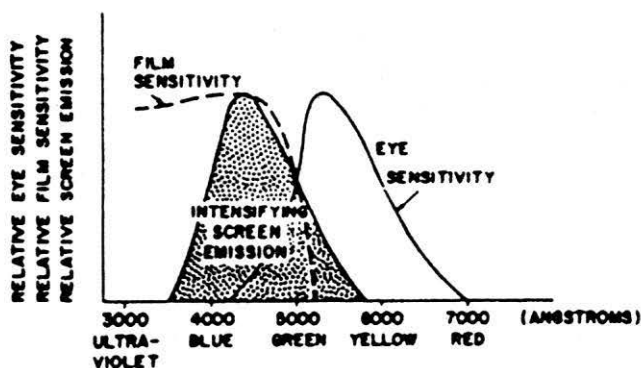
- je fizična zaščita za fluorescentno plast,
- je površina, ki jo je lahko čistiti, ne da bi poškodovali fluorescentno plast in
- preprečuje statične razelektritve.

## LASTNOSTI OJAČEVALNIH FOLIJ

Lastnosti ojačevalnih folij so v največji meri odvisne od kemične sestave in zgradbe fluorescentne plasti.

Pri opisu lastnosti ojačevalnih folij bomo primerjali folije, pri katerih je fluorescentna snov  $\text{CaWO}_4$  in tiste, pri katerih je fluorescentna snov gadolinijev oksisulfid, aktiviran s terbijem ( $\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S:Tb}$ ).

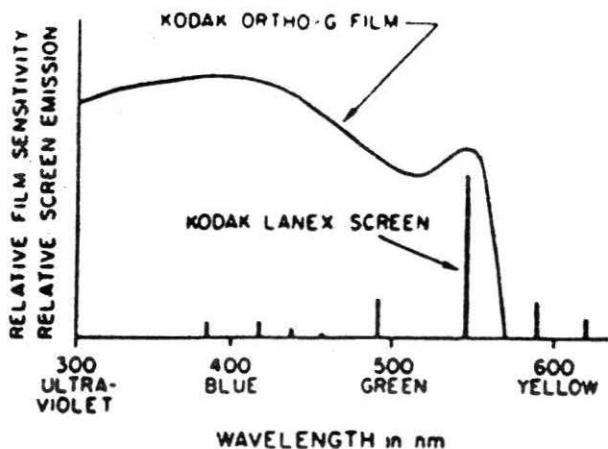
### Emisijski spekter $\text{CaWO}_4$ in gadolinijevega oksisulfida, aktiviranega s terbijem



sl. 2. Spektralna emisija  $\text{CaWO}_4$ , spektralna občutljivost očesa ter spektralna občutljivost modro občutljivega filma.

$\text{CaWO}_4$ , ki se uporablja pri klasičnih ojačevalnih folijah, je sintetičen, dobil ga s spajanjem  $\text{NaWO}_4$  in  $\text{CaCl}$  v natančno kontroliranih pogojih. Kriстал  $\text{CaWO}_4$  mora biti absolutno čist, če hočemo izkoristiti vse njegove fluorescentne lastnosti. Pod vplivom rentgenskih žarkov seva vidno svetlobo, primarno v modrem delu vidnega spektra, z obsegom valovnih dolžin od 350 do 580 nm, njegova značilna valovna dolžina je 430 nm. Oko na svetlobo te valovne dolžine ni občutljivo, emulzija klasičnega rentgenskega filma pa je nanjo najbolj občutljiva - film, občutljiv na modro-vijoličasto svetlobo.

Slika kaže spekter fluorescence  $\text{CaWO}_4$ , odgovor očesa na različne valovne dolžine in občutljivost klasičnega rentgenskega filma. V obsegu valovnih dolžin, ki jih emitira folija  $\text{CaWO}_4$  je občutljivost filma velika in to je dejstvo, ki zagotavlja maksimalni fotografski učinek.



sl. 3. Spektralna emisija  $Gd_2O_2S:Tb$  (Kodak Regular folije) in spektralna občutljivost Kodakovega ORTHO-G filma.

Emisija vidne svetlobe folij gadolinijevega oksisulfida, aktiviranega s terbijem ni kontinuiran spekter, ampak je koncentriran v ravnih črtah z vrhom pri 544 nm, kar je valovna dolžina v zelenem delu spektra. Nekaj manj intenzivnih vrhov emisije je v modrem delu, modro-zelenem, rumeno-rdečem. Klasični rentgenski film ne absorbira zelene svetlobe, zato moramo v kombinaciji s temi folijami uporabljati filme, ki so posebej senzibilizirani na zeleno svetlobo - ortokromatske.

### Ojačevalna moč folij

Na ojačevalno moč folij vplivajo:

- intrinzična učinkovitost fluorescentne snovi,
- sposobnost fluorescentne snovi za absorpcijo rentgenskih fotonov
- absorpcijski faktor za rentgenske žarke,
- debelina plasti fluorescentne snovi,
- velikost kristalov fluorescentne snovi,
- število kristalov fluorescentne snovi na prostorninsko enoto fluorescentne plasti.

**Intrinzična učinkovitost fluorescentne snovi** je definirana kot razmerje svetlobne energije, ki se je sprostila iz kristala fluorescentne snovi in absorbirane energije rentgenskih žarkov.

Gadolinijev oksisulfid v nasprotju s  $CaWO_4$ , ne fluorescira optimalno v čistem stanju. Maksimalno količino vidne svetlobe producira, kadar cca 0,3% gadolinija zamenjamo s terbijem ali kakšno drugo redko zemljo. Ker so Kodakove Lanex folije aktivirane s terbijem, bo opisana emisija vidne svetlobe gadolinijevega oksisulfida, aktiviranega s terbijem - Lanex -  $Gd_2O_2S:Tb$ . Terbij je tisti, ki določa značilnosti vidne svetlobe, ki jo emitirajo te folije.

$$\text{Intrinzični koeficient} = \frac{\text{energija emitirane svetlobe}}{\text{absorb. energ. rtg žarkov}}$$

Intrinzični koeficient CaWO<sub>4</sub> je okoli 5%, intrinzični koeficient gadolinijevega oksisulfida, aktiviranega s terbijem pa okoli 18%. To je eden izmed vzrokov za večjo hitrost folij iz gadolinijevega oksisulfida.

#### **Absorpcijski faktor za rentgenske žarke:**

Absorpcijski faktor posamezne fluorescentne snovi za rentgenske žarke je odvisen od povprečne energije snopa rentgenskih žarkov in od energetskega potenciala, s katerim so vezani elektroni na K obli elementov, ki fluorescentno snov sestavljajo.

Folije iz CaWO<sub>4</sub> absorbirajo okoli 20% rentgenskih fotonov, ki padejo nanje (hitre folije iz CaWO<sub>4</sub> okoli 40%, vendar gre to na račun debeline fluorescentne plasti), gadolinijev oksisulfid, aktiviran s terbijem pa okoli 60%. To je drugi faktor, ki daje folijam iz gadolinijevega oksisulfida večjo hitrost, v primerjavi s folijami iz CaWO<sub>4</sub>.

**Različne debeline plasti fluorescentne snovi se uporabljajo kot faktor, ki poveča hitrost folije predvsem pri folijah iz CaWO<sub>4</sub>. To vodi v povečanje neostrine slike pri hitrejših folijah. Pri teh folijah sta različno debeli tudi fluorescentni plasti sprednje in zadnje folije.**

Pri Kodak Lanex folijah se debeline fluorescentne plasti pri različnih folijah zelo malo razlikujejo med seboj. Prav tako se po debelini pri Lanex Fine, Medium in Regular ne ločita sprednja in zadnja folija, medtem ko je pri Lanex Fast sprednja folija tanjša od zadnje.

#### **Velikost kristalov fluorescentne snovi:**

kristali CaWO<sub>4</sub> so veliki od 5 do 10 mikronov. Različna velikost kristalov je eden izmed faktorjev, s katerimi se povečuje hitrost teh folij. Z večanjem premera kristalov se zmanjšuje ostrina slike. Velikost kristalov gadolinijevega oksisulfida, aktiviranega s terbijem je pri vseh Lanex folijah enaka, zato ta faktor nima vpliva hitrost folije in prav tako ne na ostrino slike.

#### **Število kristalov fluorescentne snovi na prostorninsko enoto fluorescentne plasti:**

Možnost povečanja števila kristalov gadolinijevega oksisulfida, aktiviranega s terbijem je eden od načinov za povečanje hitrosti Kodakovih Lanex folij.

## Faktor ojačanja folij

je razmerje med ekspozicijama, ki sta potrebni za enako počrnitev filma z oz. brez ojačevalnih folij (običajno se določa pri počrnitvi 1 nad bazo in lastnim osenom filma):

$$\text{faktor ojačanja folij} = \frac{\text{ekspozicija brez ojač. folij}}{\text{ekspozicija z ojač. folijami}}$$

Faktor ojačanja folij narašča z energijo snopa rentgenskih žarkov. Npr. faktor ojačanja za univerzalne folije iz  $\text{CaWO}_4$  pri napetostih od 50 do 150 kV naraste od 10 do 50.

Odvisen je tudi od temperature, ker folije pri nižjih temperaturah fluorescirajo s svetlobo večje intenzitete.

## KAKO POVEČAMO HITROST OJAČEVALNIH FOLIJ

**debelina plasti fluorescentne snovi** - večanje debeline plasti fluorescentne snovi je glavni faktor, ki povečuje hitrost predvsem pri klasičnih ojačevalnih folijah iz  $\text{CaWO}_4$ , medtem ko je to manj pomemben faktor pri povečanju hitrosti folij iz gadolinijevega oksisulfida. Ta faktor ima pomemben vpliv tudi na ostrino slike;

**velikost kristalov fluorescentne snovi** - tudi različna velikost kristalov fluorescentne snovi je način za povečevanje hitrosti folij pri klasičnih folijah, medtem ko so kristali gadolinijevega oksisulfida pri Kodak Lanex folijah enaki pri vseh tipih folij. Različna velikost kristalov  $\text{CaWO}_4$  pri različnih tipih klasičnih folij ima pomemben vpliv na ostrino slike;

**intrinzična učinkovitost fluorescentne snovi** - večja intrinzična učinkovitost gadolinijevega oksisulfida, aktiviranega s terbijem v primerjavi s  $\text{CaWO}_4$  je eden izmed glavnih razlogov za uporabo gadolinijevega oksisulfida kot fluorescentne snovi v ojačevalnih folijah, prav tako njegov večji; intrinzična učinkovitost  $\text{CaWO}_4$  je 5%, gadolinijevega oksisulfida 18%;

**absorpcijski faktor za rentgenske žarke** - absorpcijski faktor  $\text{CaWO}_4$  je 20%, gadolinijevega oksisulfida pa 60%;

**število kristalov fluorescentne snovi na prostorninsko enoto fluorescentne plasti** je faktor, s katerim Kodak povečuje hitrost ojačevalnih folij Lanex.

## OJAČEVALNE FOLIJE LANEX

### LANEX FINE

je folija s srednjevisokim ojačevalnim faktorjem, primerjamo jo z univerzalno folijo iz  $\text{CaWO}_4$ . Daje zelo ostro sliko, z veliko resolucijo in je primerna za prikaz najfinejših detajlov.

Debelina folije je 300 mikronov, vsebuje karbonski pigment za absorpcijo modre svetlobe, sprednja in zadnja folija sta enaki. Sposobnost absorpcije energije rentgenskih žarkov je 35%.

### LANEX MEDIUM

je standardna folija z zelo visokim ojačevalnim faktorjem, daje sliko z nekoliko manjšo ostrino kot Lanex Fine folija, z zelo veliko resolucijo. Primerna je za skelet in za torakalne organe.

Debelina folije je 330 mikronov, vsebuje karbonski pigment in rumeno barvilo za absorpcijo modre svetlobe, ter reflektorno plast. Sprednja in zadnja folija sta enaki. Sposobnost absorpcije energije rtg žarkov je 54%.

### LANEX REGULAR

je tudi standardna folija, z višjim ojačevalnim faktorjem kot Lanex Medium, z njo dosežemo veliko resolucijo in dobro ostrino. Kot standardna folija je primerna za skelet, prebavila, urotrakt in za preiskave v pediatriji.

Debelina folije je 390 mikronov, ima reflektorno plast, njena sposobnost energije rtg žarkov je 62%.

### LANEX FAST

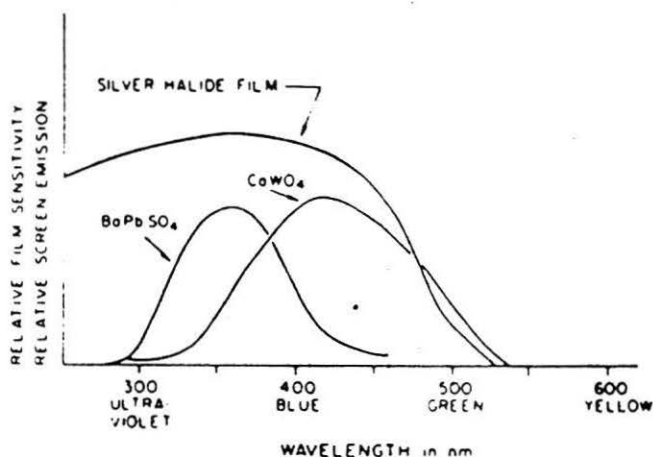
je folija z najvišjim ojačevalnim faktorjem, daje dobro ostrino, primerna je za preiskave, ki zahtevajo veliko redukcijo doze ali kratek ekspozicijski čas, torej za preiskave v pediatriji in za angiografije.

Debelina sprednje folije je 360, zadnje pa 560 mikronov, sposobnost absorpcije rtg žarkov je 73%.

## ORTOKROMATSKI KODAKOVI RENTGENSKI FILMI, KI SE UPORABLJAJO V KOMBINACIJAH Z LANEX FOLIJAMI

Ortokromatski filmi so filmi, občutljivi na zeleno svetlobo. Običajen, klasični rentgenski film, je občutljiv na modrovijolično svetlobo  $\text{CaWO}_4$ . Z razvojem ojačevalnih folij, ki sevajo pretežno v zelenem delu spektra, je bilo treba razviti filme, ki so občutljivi predvsem na to barvo svetlobe. Kodakovi ortokromatski filmi, ki se uporabljajo v kombinaciji z Lanex folijami so ORTO-G, T-MAT L, T-MAT H in T-MAT G. To so filmi, ki so trenutno na tržišču, v razvoju pa so še drugi tipi ortokromatskih filmov.

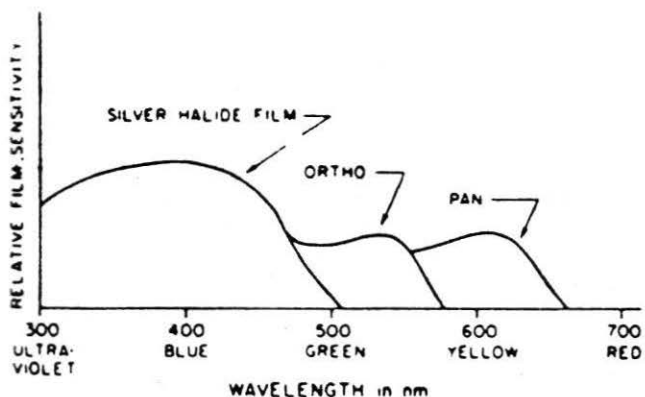
### SPEKTRALNA SENZIBILIZACIJA



sl. 4. Spektralna emisija ojačevalnih folij  $\text{CaWO}_4$  ( $\text{BaPbSO}_4$ ) in spektralna občutljivost modroobčutljivega filma.

Fotografska emulzija klasičnega filma absorbira modrovijolično svetlobo. Njegova absorpcija se konča pri valovni dolžini nekaj nad 500 nm, kar je sicer že v zelenem delu vidnega spektra, vendar je njegova sposobnost absorpcije zelene svetlobe zelo majhna.

Občutljivost  $\text{AgBr}$  se lahko raztegne na zeleni, rdeči ali celo infrardeči del spektra vidne svetlobe, z dodajanjem sintetičnih organskih barvil.



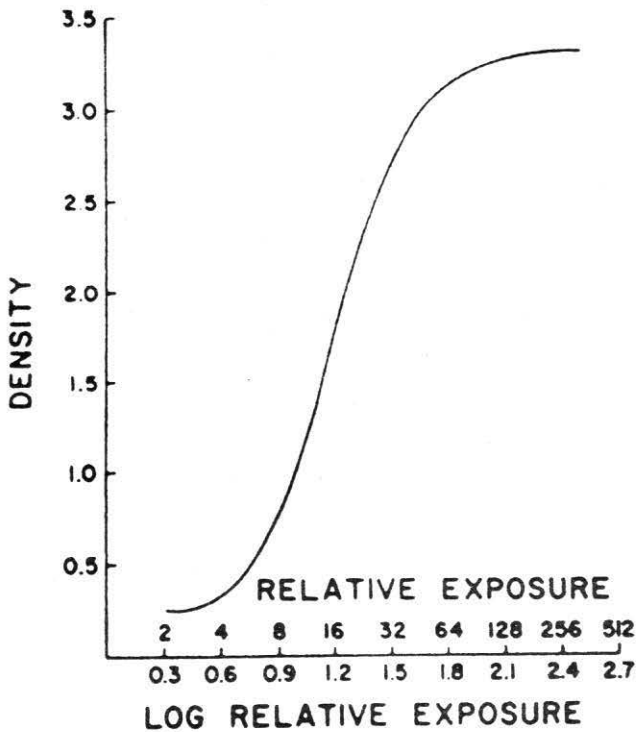
sl. 5. Spektralna občutljivost modroobčutljivih, orto in pankromatskih filmov

Folije iz gadolinijevega oksisulfida, aktiviranega s terbijem emitirajo okoli 60% energije vidne svetlobe pri 544 nm, kar je v zelenem delu spektra. Tanka plast sintetičnega organskega barvila, s katero so prekrite kristali srebrovega halogenida v emulziji, absorbira zeleno svetlobo folij in to energijo prenese na kristale srebrovega halogenida. Zato so ti filmi vijolično obarvani. Temnični filter ne sme biti rumeno- zelen, ampak rdeč, ker na rdečo barvo svetlobe ortokromatski filmi niso občutljivi.

## KARAKTERISTIČNE KRIVULJE RENTGENSKIH FILMOV

Karakteristična krivulja rentgenskega filma prikazuje razmerje med ekspozicijo, ki jo prejme film in počrtnitvijo zaradi te ekspozicije. Imenujemo jo tudi HD krivulja po Hurterju in Driffeldu, ki sta jo prva objavila v Angliji l. 1890.

Krivulja nastane, če eksponiramo npr. posamezne dele filma s serijo ekspozicij, ga razvijemo in nastale počrtnitve primerjamo z ekspozicijami. Ekspozicijske vrednosti (mAs produkt) so nanešene na abscisno os v logaritemski skali (logaritem relativne ekspozicije), v prav taki skali so nanešene počrtnitve na ordinatni osi.



sl. 6. Povezava med relativno ekspozicijo in log relativne ekspozicije

Logaritemsko skalo na ordinatni osi (počrnitev) uporabljamo:

- ker je optična gostota filma enaka log razmerja med vpadno in prepuščenosvetlobo,

- ker je fiziološki odgovor očesa na razlike v svetlobi logaritemičen

- in ker log na majhni skali kažejo večje razlike med števili.

Vrednosti na ordinatni osi so običajno od 0 do 4, pri čemer vrednost 1 pomeni, da film propuščja 1/10 vpadne svetlobe, počrnitev 2 pa pomeni, da film propuščja 1/100 svetlobe (log 1 = 10, log 2 = 100)

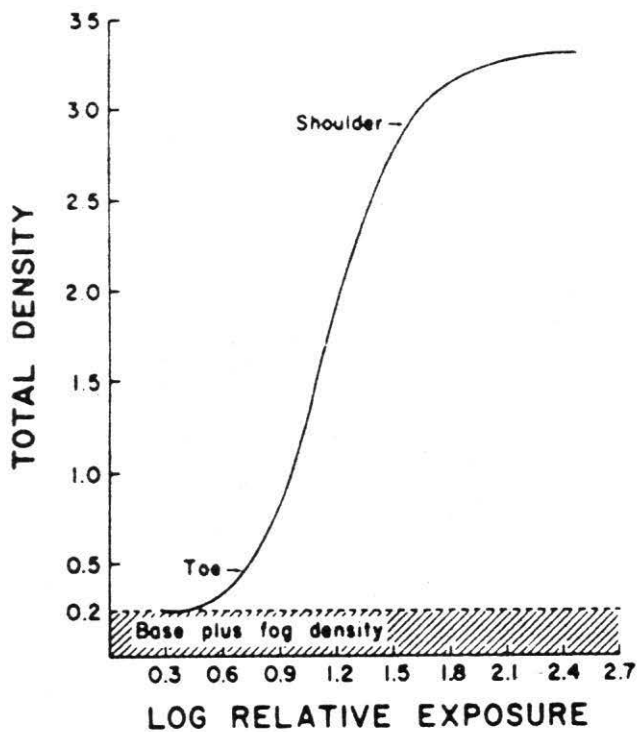
Prav tako je log skala na abscisni osi, ker nas v lutne vrednosti mAs produkta pri posameznih ekspozicijah, ampak razlike med njimi. Sprememba log ekspozicije za 0.3 pomeni podvojitev oz. zmanjšanje ekspozicije na polovico.

Karakteristične krivulje filma je potrebno napraviti pri natančno določenih pogojih (konstantni kV, pomembni pa so tudi pogoji razvijanja).

Karakteristična krivulja rtg filma je sestavljena iz treh delov.

Spodnji del je raven, optična gostota je v tem delu okoli 0.2. To je optična gostota zaradi barve baze filma in lastnega osena filma (zorenje emulzije).

Nato se začne krivulja strmo dvigati, dokler ne doseže meje, od katere dalje počasi prehaja v raven del in nato celo pada. Ta meja se imenuje teme krivulje in ima pri rtg filmih počrnitev okoli 3

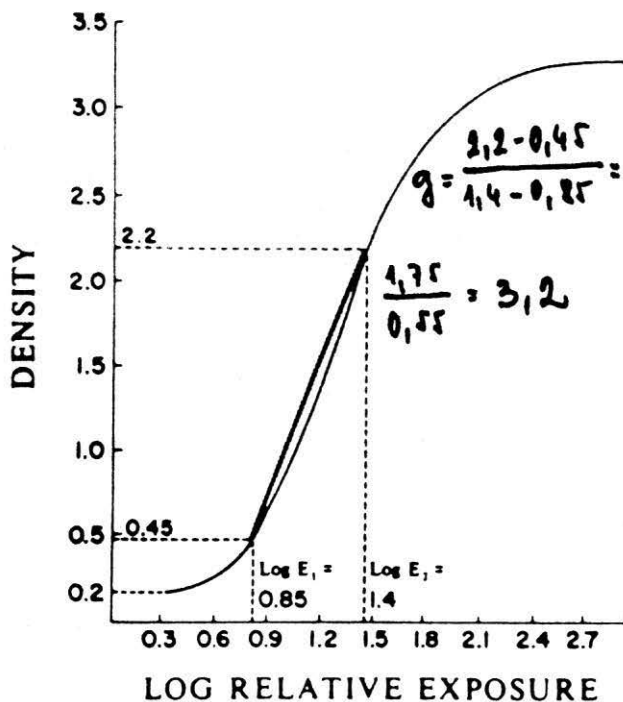


sl. 7. Deli karakteristične krivulje.

Da iz krivulje lahko razberemo lastnosti rtg strmi del krivulje in lega krivulje na koordinatnem sistemu.

Iz nagiba srednjega (karakterističnega) dela krivulje lahko razberemo faktor kontrastnosti filma. Ta faktor izražamo kot gama karakterističnega dela krivulje med počrtnitvama 0.25 in 2.0 nad počrtnitvijo baze in lastnega osena filma. Gama je izražen kot tangens kota, ki ga karakteristični del krivulje oklepa z abscisno osjo:

$$g = \frac{D_2 - D_1}{\log \text{eksp } 2 - \log \text{eksp } 1}$$



Gama ima pri rtg filmih običajno vrednosti od 2 do 3.5, pri čemer vrednost 2 pomeni manjšo, vrednost 3.5 pa veliko kontrastnost.

Kodakovi ortokromatski filmi, ki se uporabljajo v kombinacijah z Lanex folijami imajo naslednje faktorje kontrastnosti:

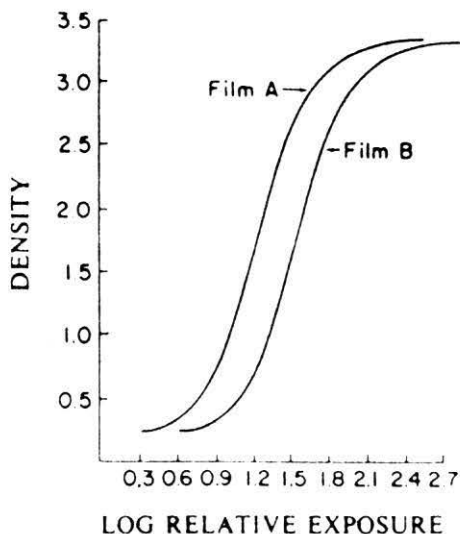
T-MAT G :  $g = 2.9$   
(visokokonstrasten film)

T-MATH :  $g = 2.9$   
(visokokonstrasten film)

T-MAT L :  $g = 2.3$   
(zmernokonstrasten film)

ORTO-G :  $g = 2.75$   
(visokosrednjekonstrasten)

sl. 8. gama karakteristične krivulje (faktor kontrastnosti)

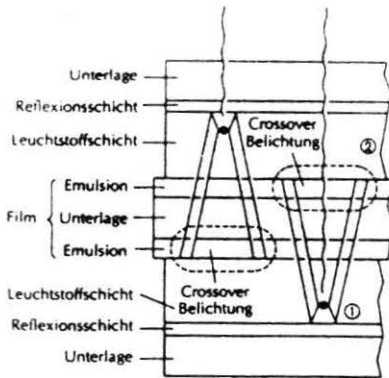


Lega krivulje na koordinatnem sistemu pove hitrost, oz. občutljivost filma, oz. sistema folija-film. Občutljivost filma je odvisna od vsebnosti AgJ v emulziji. Emulziji je namreč dodano od 1 do 10% AgJ. Čimvečji je ta odstotek, tembolj občutljiv je film.

Za Kodakove ortokromatske filme, ki se uporabljajo z anex folijami nimam podatkov o občutljivosti filmov, oz. o legi njihovih krivulj v koordinatnem sistemu.

sl. 9. Film A je občutljivejši, hitrejši, B je manj občutljiv, počasnejši

## CROSSOVER EKSPOZICIJA



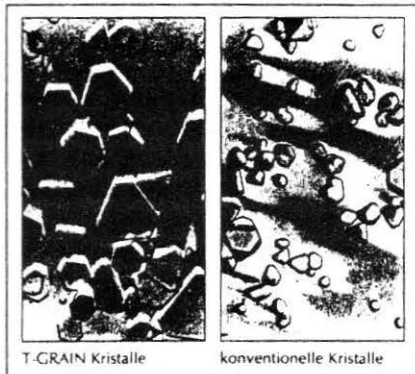
se pojavi, kadar je film z obojestranskim nanosom emulzije eksponiran v kaseti z dvema ojačevalnima folijama. Idealno bi bilo, če bi vsaka emulzija sprejela svetlobo samo od tiste folije, ki je z njo v kontaktu. Crossover efekt je ekspozicija emulzije s svetlobo iz olije z nasprotne strani. Glavni vzrok je nepopolna absorbcija svetlobe iz folije s priležne strani. Crossover ekspozicija je pomemben faktor, ki ima velik vpliv na ostrino, oz. neostrino slike.

### Redukcija crossover efekta:

Med emulzijo in bazo filma se lahko doda **plast barvila**, ki ni svetlobno občutljivo in ki ne propušča svetlobe. Ta plast bo absorbirala svetlobo, ki bi sicer povzročila crossover efekt. Energija fotonov, ki so se absorbirali v tej plasti ne pomaga formirati slike, zato se zmanjša hitrost filma. Barvna plast se mora med razvijanjem razbarvati ali odstraniti.

Druga metoda je **uporaba folij, ki emitirajo UV svetlobo**. Idealna valovna dolžina svetlobe folij bi bila 350 nm, ker je to valovna dolžina, na katero je AgBr najbolj občutljiv. V kristalih AgBr bi prišlo do večje absorbcije vidne svetlobe, UV svetlobo pa absorbira tudi želatina. Takšne folije bi povzročile manj crossover efekta kot tiste, ki emitirajo modro ali zeleno svetlobo.

V emulzijo lahko dodajamo **senzibilizirajoča barvila**, ki absorbirajo vidno svetlobo folij in to energijo prenesejo na srebrove halogenide v emulziji (npr. senzibilizacija filma na zeleno svetlobo folij iz gadolinijevega oksisulfida, aktiviranega s terbijem).



Pomembna je tudi oblika kristalov srebrovih halogenidov. Kodak uporablja za redukcijo crossover efekta tkzv. tabularne ali ploščate kristale, ki so takšne oblike, da je površina svetločutne snovi na filmu povečana. Ti kristali imajo veliko večjo sposobnost absorbcije vidne svetlobe kot kristali klasičnih oblik. Na njih je tudi več senzibilizirajočega barvila in med njimi je manj praznega prostora, skozi katerega bi vidna svetloba folij osvetljevala drugo stran filma. To teh nologijo uporablja Kodak pri T-MAT filmih.

Pri zelenoobčutljivih filmih, pri katerih crossover efekt ni zreduciran, nastane zaradi crossoverefekta

40% osvetlitve filma. Modroobčutljive emulzije so malo bolj učinkoviti absorberji svetlobe, zato je pri njih okoli 30% osvetlitve filma zaradi crossover efekta.

Pri Kodakovih zeleno občutljivih filmih je osvetlitev filma zaradi crossover efekta 30% pri klasičnih filmih in 20% pri filmih s tabularno obliko kristalov srebrovih halogenidov.

Zmanjšanje crossover efekta poveča ostrino slike, zmanjša pa hitrost sistema folija-film.

## KOMBINACIJE FOLIJE-FILM IN SISTEM RAZREDOV HITROSTI

Hitrost sistema foliji-film je definirana kot recipročna vrednost ekspozicije, v rentgenih, ki je potrebna, da dosežemo počrnitev filma 1.0 nad bazo in lastnim osenom filma. Tako izmerjena hitrost sistema je odvisna od veliko faktorjev, kot so sekundarna napetost, količina sekundarnih žarkov, absorpcija žarkov v kaseti, pogoji razvijanja.

$$\text{speed (hitrost)} = \frac{1}{R}$$

American International Standard Institute je poskusil standardizirati način, na katerega se merijo hitrosti kombinacij foliji-film, ki se uporabljajo v medicini. Če bi bil način standardiziran, bi bilo mogoče primerjati sisteme posameznih proizvajalcev med seboj. Standard definira testne objekte, ki se uporabljajo za posnetke posameznih organov, sekundarne napetosti (kV) in pogoje razvijanja filma. Objavljeni rezultati proizvajalcev so samo približno primerljivi med seboj.

Za določanje relativnih hitrosti sistemov foliji-film uporabljamo sistem razredov hitrosti. Števila so urejena po sekvencah, pri katerih se log vsakega št. razlikuje od naslednjega za 0.1. Tabela navaja sekvence od 100 do 1000 in daje log vsakega št. Log vsakega št. v primerjavi s prejšnjim narašča ali pada za 0.1 (kar pomeni da je vsako št. za pribl. 25% večje od prejšnjega). Tako je razmerje med števili v vrsti konstantno. Vsake tri razrede se relativna hitrost podvoji ( $\log 0.3 = 2$ ). Vrednost 100 ima nek komparativni sistem, ki je pri Kodaku Univerzalne folije iz  $\text{CaWO}_4$  in film Kodak X-OMAT S.

V praksi to pomeni, da je sistem, katerega relativna hitrost je 1000 desetkrat bolj občutljiv od sistema z relativno hitrostjo 100, oz. da zahteva 10 krat manjšo ekspozicijo, za dosego enake počrnitve filma. S tabelo sistema razredov hitrosti si lahko pomagamo tudi pri določanju ekspozicijskih pogojev pri prehodu iz enega sistema na drugega.

### Sistem razredov hitrosti:

**Table 11-13.** Speed Class System of Numbers from 100 to 1000

Number	100	125	160	200	250	320	400	500	640	800	1000
Logarithm	2	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0

#### Primer:

Kombinacijo z foliji-film z relativnim faktorjem hitrosti 250 (100 mAs in 100 kV) želimo zamenjati s kombinacijo s faktorjem hitrosti 100. Kakšne bodo nove ekspozicijske vrednosti?

Razlika v log 100 in log 250 je  $4 \times 0.1$  ali  $4 \times 25\%$ . Ker počasnejša kombinacija 100 zahteva večje ekspozicijske vrednosti, bomo ekspozicijo zvišali za  $4 \times 25\%$ , ali:

$$100 \text{ mAs} + 25\%(20 \text{ mAs}) = 125 \text{ mAs}$$

$$125 \text{ mAs} + 25\%(35 \text{ mAs}) = 160 \text{ mAs}$$

$$160 \text{ mAs} + 25\%(40 \text{ mAs}) = 200 \text{ mAs}$$

$$200 \text{ mAs} + 25\%(50 \text{ mAs}) = 250 \text{ mAs}$$

Torej bomo pri počasnejšem sistemu (relativni faktor hitrosti 100), ekspozicijo povečali za tolikokrat po 25% od prejšnje, kolikor je razlike v razredih hitrosti med enim in drugim sistemom. Obratno, bomo ekspozicijo zmanjšali, če gre za prehod iz počasnejšega sistema na hitrejšega. Zmanjšanju, oz. povečanju za 25% vrednosti mAs odgovarja zmanjšanje oz. povečanje vrednosti kV za 8.

## ORTHO G FILM

visokosrednjekontrasten ( $C = 2.75$ )

optična gostota baze in lastni osen filma: 0.21

barva baze: rjavkasta

srednjeobčutljiv

ne stara hitro, ni občutljiv na majhne spremembe v ekspozicijskih pogojih

optimalno kvaliteto slike daje temnična obdelava s KODAK RP X-OMAT kemikalijami

### Kombinacije z LANEX folijami:

folija	relativni faktor hitrosti
fine	125
medium	250
regular	500
fast	800

### Uporaba:

**ORTHO G z LANEX FINE folijami:** distalni deli ekstremitet, drobne strukture

dobra resolucija, dobra ostrina, visokosrednja kontrastnost

**ORTHO G z LANEX MEDIUM folijami:** proximalni deli ekstremitet, vratna hrbtenica, prsna hrbtenica, medenica, glava, hepatobiliarni sistem

dobra resolucija, dobra ostrina, visokosrednja kontrastnost

**ORTHO G z LANEX REGULAR folijami:** lumbosakralna hrbtenica, gastrointestinalni trakt, uropoetski trakt, pediatrija

dobra resolucija, dobra ostrina, visokosrednja kontrastnost

**ORTGHO G z LANEX FAST folijami:** pediatrija, angiografije dobra resolucija, dobra ostrina, visokosrednja kontrastnost

## T-MAT G FILM

visokokontrasten ( $C = 2.90$ )  
optična gostota baze in lastni osen filma: 0.23  
barva baze: modra  
zelo dobra ostrina  
srednje občutljiv, malo občutljivejši od ORTHO G  
reduciran crossover efekt  
optimalno kvaliteto slike daje temnična obdelava s KODAK RP X-OMAT kemikalijami

### Kombinacije z LANEX folijami:

folija	relativni faktor hitrosti
fine	100
medium	250
regular	400
fast	640

### Uporaba:

**T-MAT G z LANEX FINE folijami:** distalni deli ekstremitet, drobne strukture

dobra resolucija, odlična ostrina, zelo visoka kontrastnost !+ Y2

**T-MAT G z LANEX MEDIUM folijami:** proximalni deli ekstremitet, dolge kosti vratna hrbtenica, prsna hrbtenica, medenica, glava, hepatobiliarni sistem, torakalni organi; ta kombinacija je od vseh kombinacij za skelet najboljša

dobra resolucija, odlična ostrina, zelo visoka kontrastnost

**T-MAT G z LANEX REGULAR folijami:** lumbosakralna hrbtenica, gastrointestinalni trakt, uropoetski trakt, pediatrija

dobra resolucija, odlična ostrina, zelo visoka kontrastnost

**T-MAT G z LANEX FAST folijami:** pediatrija, angiografije

dobra resolucija, odlična ostrina, zelo visoka kontrastnost

## T-MAT L FILM

kontrastnost zmerna ( $C = 2.30$ )

optična gostota baze in lastni osen filma: 0.22

barva baze: rjavkasta

srednjeobčutljiv

ne stara hitro, ni občutljiv na majhne spremembe v ekspozicijskih pogojih

reduciran crossover efekt

optimalno kvaliteto slike daje temnična obdelava s KODAK RP X-OMAT kemikalijami

### Kombinacije z Lanex folijami:

folija	relativni faktor hitrosti
fine	100
medium	250
regular	400
fast	640

### Uporaba:

**T-MAT L z LANEX FINE folijami:** za torakalne organe in ekstremitete - mehke dele.

odlična resolucija, zmerna kontrastnost

**T-MAT L z LANEX MEDIUM folijami:** za torakalne organe in kontrastne preiskave

odlična resolucija, zmerna kontrastnost

**T-MAT L z LANEX REGULAR folijami:** za torakalne organe in kontrastne preiskave abdominalna, kjer so potrebni kratki ekspozicijski časi

zelo dobra resolucija, zmerna kontrastnost

**T-MAT L z LANEX FAST folijami:** za preiskave, kjer je potrebna izjemno nizka doza ali izjemno kratki ekspozicijski časi in hkrati nizka kontrastnost

dobra resolucija, zmerna kontrastnost

## T-MAT H FILM

kontrastnost visoka ( $C = 2.90$ )

optična gostota baze in lastni osen filma: 0.26

ne stara hitro, ni občutljiv na majhne spremembe v ekspozicijskih pogojih

reduciran crossover efekt

optimalno kvaliteto slike daje temnična obdelava s KODAK RP X-OMAT kemikalijami

### Kombinacije z Lanex folijami:

folija	relativni faktor hitrosti
medium	600
regular	800
fast	1200

### Uporaba:

T-MAT H se uporablja z LANEX MEDIUM, REGULAR IN FAST folijami za angiografije, oz preiskave, kjer je potreben zelo kratek ekspozicijski čas ali velika redukcija doze

odlična resolucija, zmerna kontrastnost

Veronika Lipovec, dipl. org. zdravstva, predavatelj, Univerza v Ljubljani, Višja šola za zdravstvene delavce, 61000 Ljubljana, Poljanska 26 a