



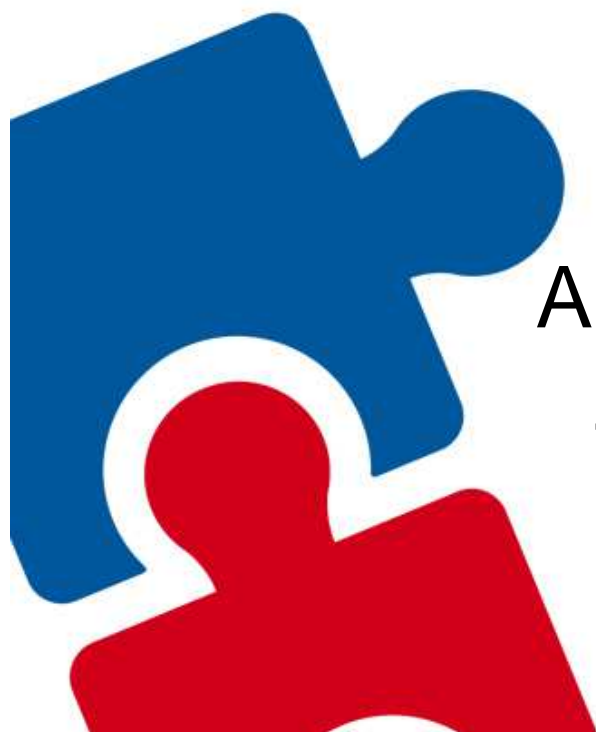
OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

Analogová a digitální skiagrafie

Část I.

Analogový skiagrafický
zobrazovací systém

Zbyněk Novák 2015



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Cíl přednášky

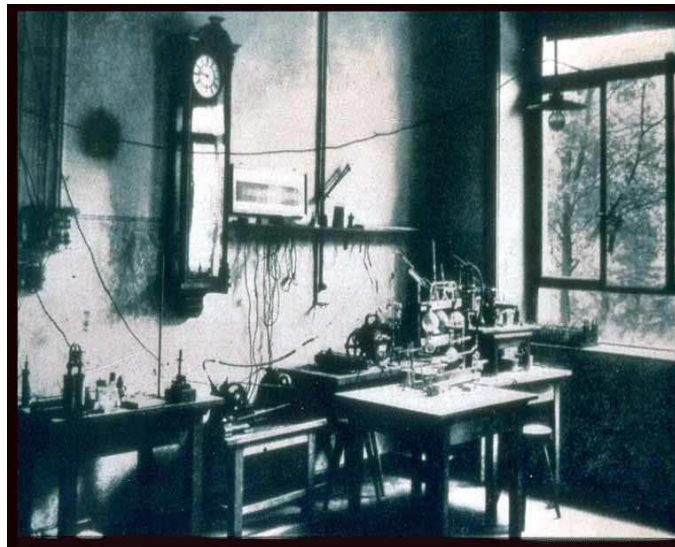
- vysvětlení principu analogového zobrazovacího systému
- rozpoznání základních nedostatků a vad analogového zobrazovacího systému

Co je to analogový skiagrafický zobrazovací systém?

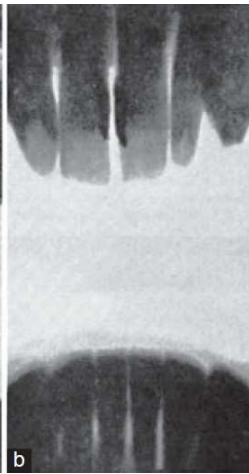
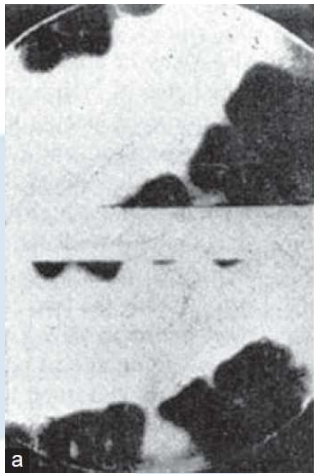
Pokud mluvíme o analogovém, nebo digitálním skiagrafickém zobrazovacím systému, máme tím na mysli druh obrazového receptoru a způsob pořízení a zpracování rtg obrazu (analogový – film / zesilovací folie a nebo digitální receptor – paměťová fosforová folie a nebo digitální detektor). Nikoliv tedy zdroj rtg záření, ale to, co si ve skutečnosti prohlížíme. Rentgenové části obou systémů jsou téměř totožné.

Z historie

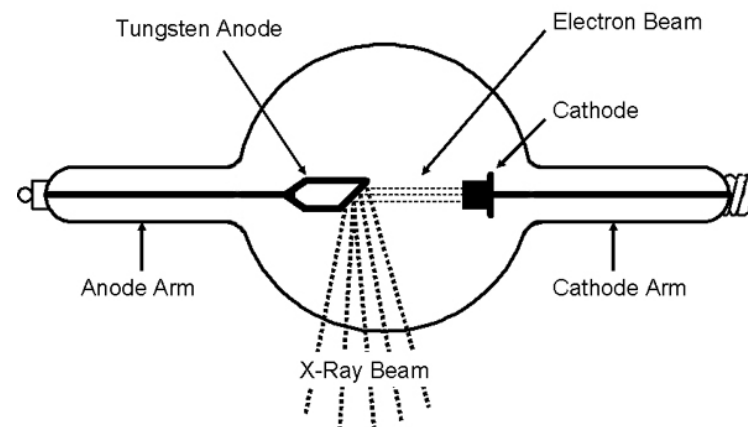
- 1895 - objev neznámých paprsků X profesorem W.C. Röntgenem
- 8.11.1895 - pro experiment byla použita tzv. katodová trubice - Crookesova lampa
- 22.12.1895 byl pořízen první rtg snímek – ruka paní Röntgenové



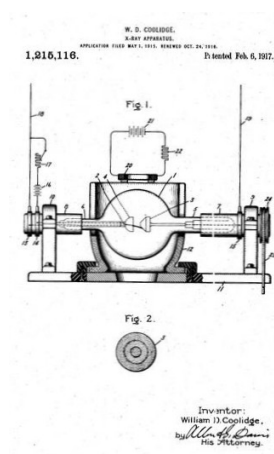
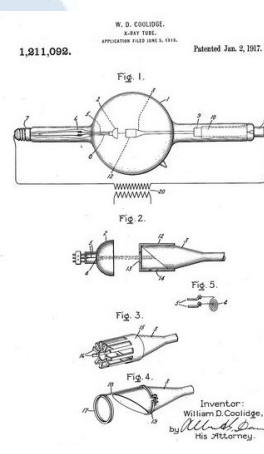
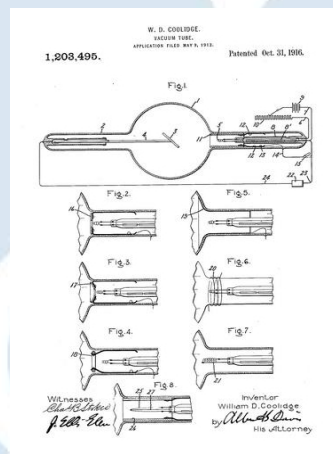
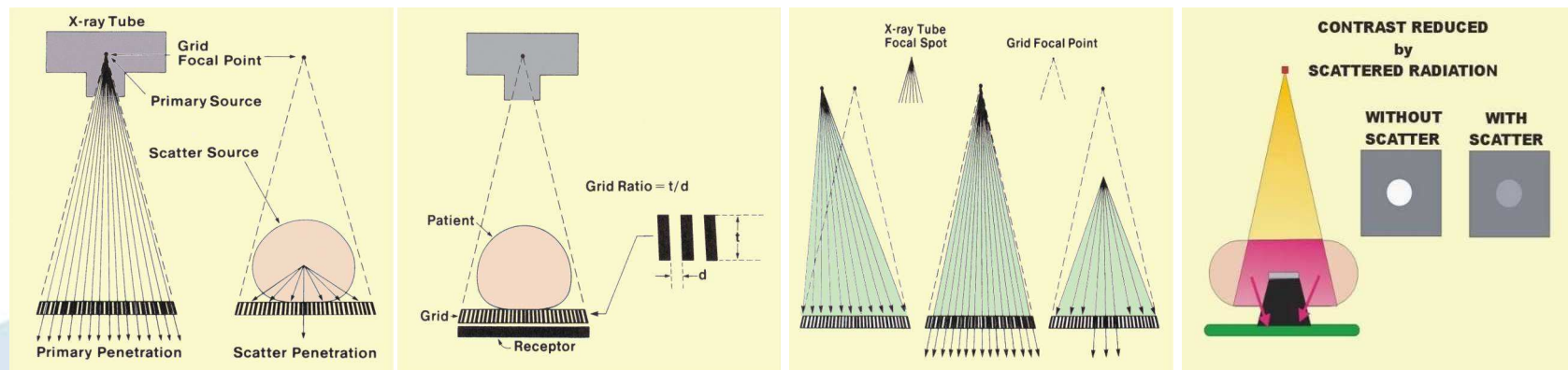
- 1896 – první dentální radiogram (Otto Walkhoff & Edmind Kells)
- 1896 – objevení fluoroskopické zesilovací folie (Michael I. Pupin, Thomas A. Edison); počátek výroby prvních rtg přístrojů a zahájení výroby filmu pro rtg účely a zobrazování (Eastman Kodak)



- 1898 – první informace o škodlivosti rtg záření - William H. Rollins, zubní lékař a průkopník v ochraně před rtg zářením. Osobní zkušenosti s nežádoucími účinky rtg záření. Zasadil se o prosazování minimalizace expozice, používání ochranným pomůcek a uzavírání rt zářiče do Pb obalu a podílel se na vývoji obdélníkového kolimátoru
- 1909 – první wolframová rentgenka (3380°C) William D. Coolidge zdokonalil původní Crookesovu lampu

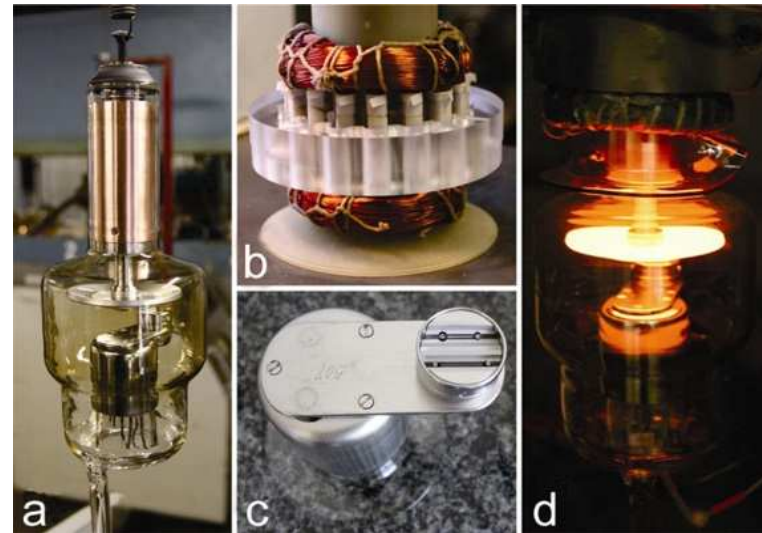
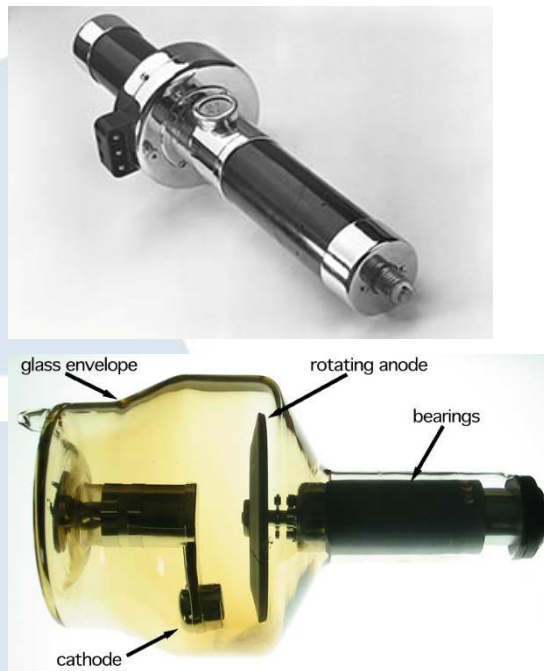


- 1910 – první použití kontrastní látky (BaSO_4)
- 1912 – sekundární clona (Gustav Bucky & Hollis Potter)
- 1914 – počátky rentgenky s rotující anodou

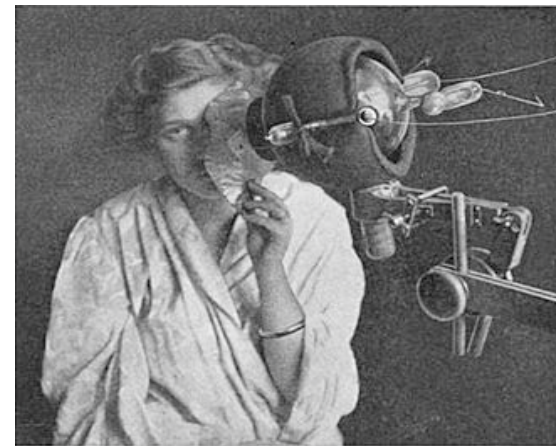


William Coolidge &
Julius Lillienfeld

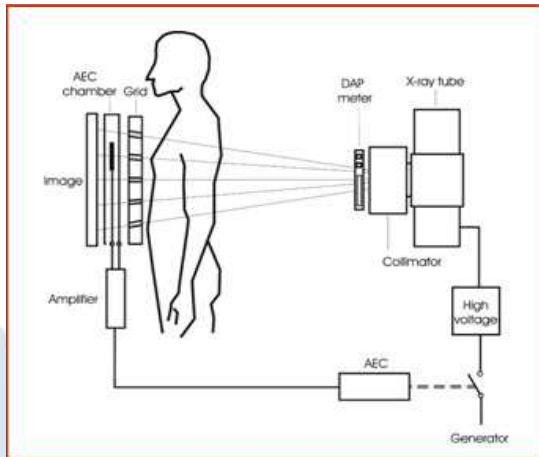
- 1915 – první 3-fázový generátor
- 1918 – první oboustranně polévaný film (Eastman Kodak)
- 1921 – první rtg dozimetr
- 1923 – první nehořlavý film (acetát celulózy, Eastman Kodak)
- 1928 – standardní používání rotační rentgenky
- 1928 – ochranné stínící kryty rentgenek



- 1929 – první kardio katetrizace (Werner Forssmann)
- 1933 – film s modrou podložkou (PuPont)
- 1935 – lineární tomografie
- 1937 – generátor s dvoubodovou volbou kV a mAs
- 1938 – primární clona se světelným indikátorem
- 1938 – první vertikální staviv pro snímky plic (TBC)
- 1939 – výroba rtg terapie

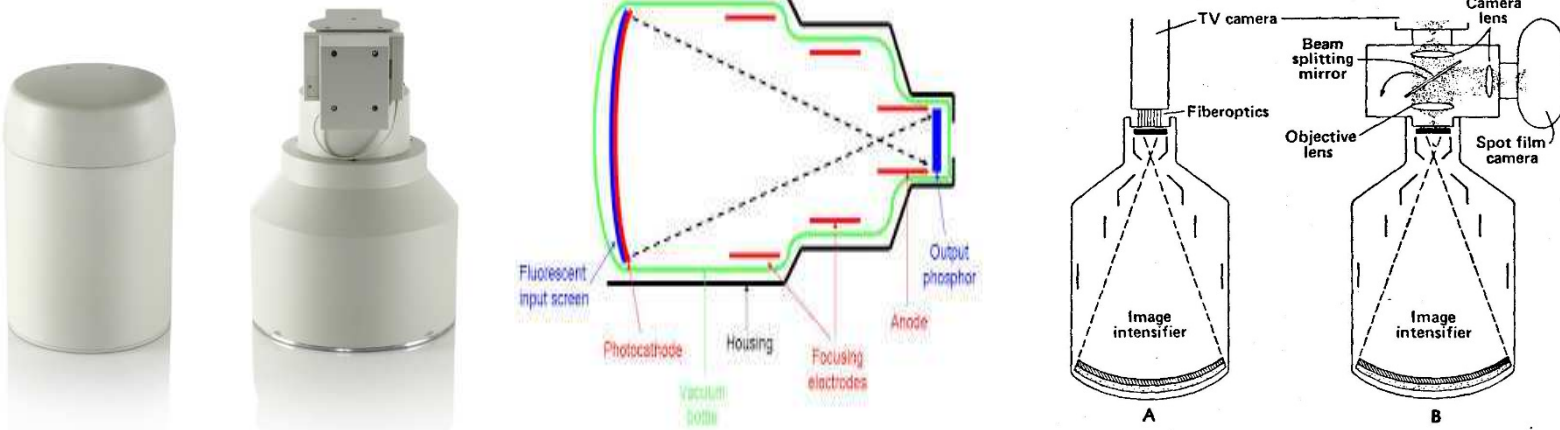


- 1942 – první vyvolávací automat (Pako)
- 1946 – vývoj automatického exp. časovače
- 1948 – první expoziční automat (Siemens - Iontomat)



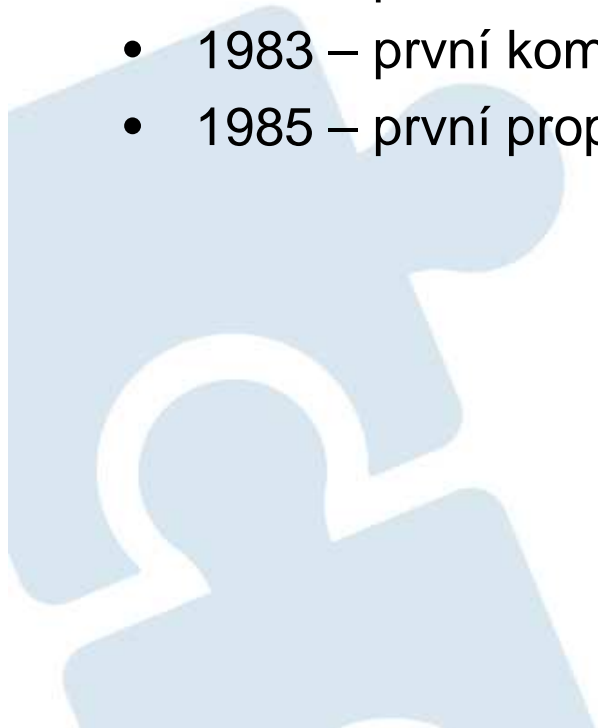
- 1951 – rtg kinematografie (R.Janker)
- 1953 – filmový měnič (8i/s) pro aniografii
- 1954 – použití vysokých kV v radiografii

- 1955 – představení zesilovače obrazu (Thomson)



- 1958 – automatika detekce formátu kazety
- 1960 – uvedení filmu na polyesterové bázi (DuPont)
- 1962 – první použití laserového paprsku
- 1965 – první 90 sec. film (Eastman Kodak)
- 1970 – nástup mamografie a CCD
- 1971 – uvedení UV emitující film (Eastman Kodak)
- 1971 – první CT přístroj (Godfrey Hounsfield – N.C. 1979)

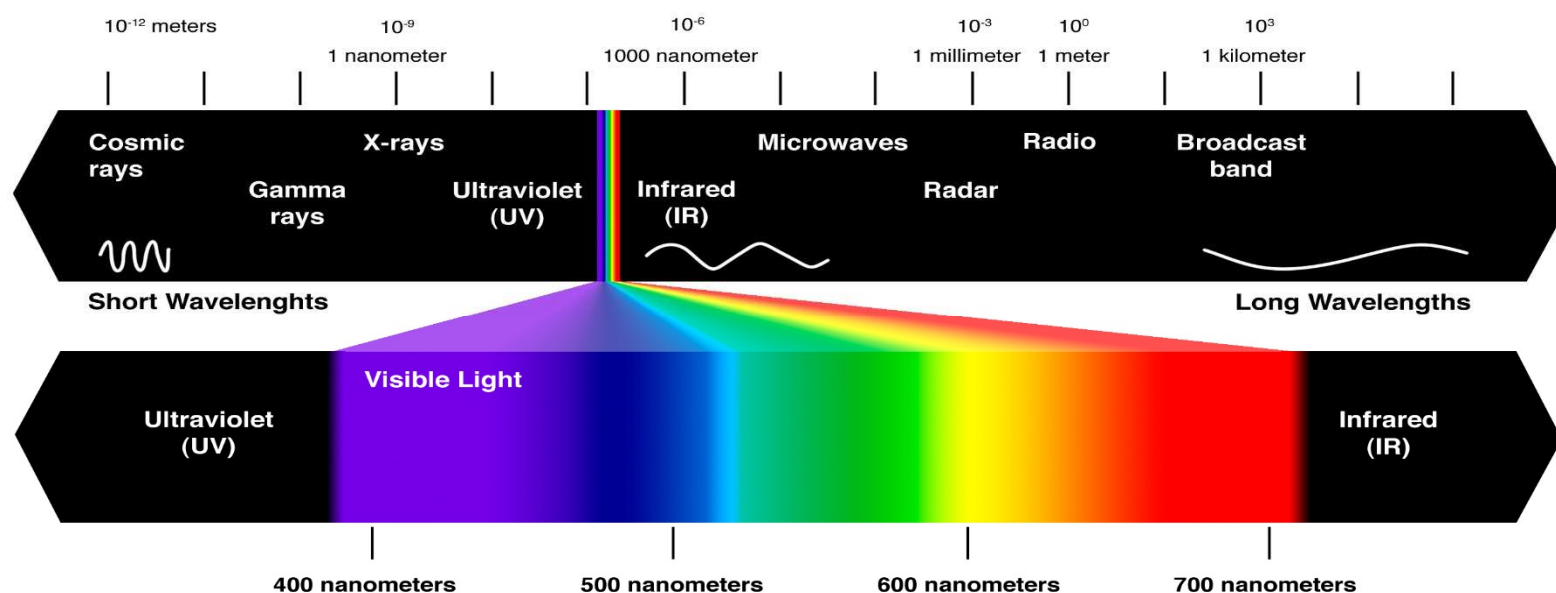
- 1972 – představení folií ze vzácných zemin (3M)
- 1977 – první vysokofrekvenční generátor pro mobilní RTG
- 1978 – vývoj digitální radiografie pro skiaskopické systémy (TV obraz byl konvertován, zpracován a uložen)
- 1979 – nástup vysokofrekvenčních generátorů a první 50kW VF generátor
- 1982 – první 80 kW VF generátor s použitím optických vláken
- 1983 – první komerční CR systém (Fuji)
- 1985 – první propojení PC za účelem sdílení snímků



- 1986 – počátek používání CCD senzorů
- 1988 – představení digitální radiografie (DFR)
- 1989 – použití CCD technologie u C-ramen
- 1989 – klinické testy spirálního CT
- 1990 – první seléniový digitální plochý detektor pro snímkování plic
- 1991 – vydání DICOM 3.0 standardu pro výměnu obrázků v medicíně
- 1992 – představení radiologické sítě (PACS)
- 1993 – komerční počátky CR technologií
- 1995 – klinické testy plochých detektorů pro kardiologii (20x20)
- 1996 – klinické testy velkých plochých detektorů 43x43 (angio a kardo systémy)
- 1999 – první instalace DR systému s použitím plochého detektoru
- 2002 – první plochý detektor pro dynamické zobrazování v angio a kardo grafii a skutečný nástup přechodu od analogového zobrazování k digitálnímu

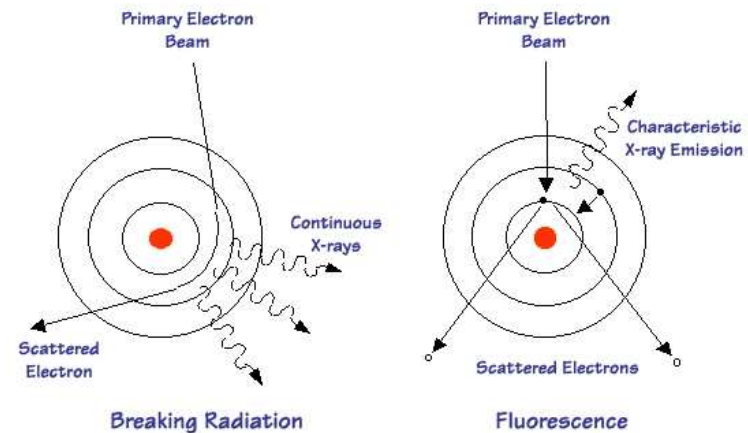
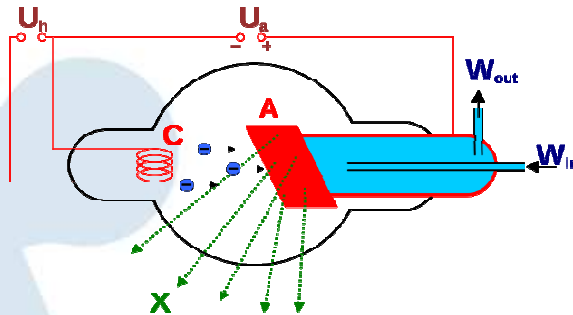
Co je to rentgenové záření

Rentgenové záření je elektromagnetické vlnění s vlnovou délkou mezi 0.01 až 10 nm. Ve spektru navazuje na ultrafialové záření a přechází v gama záření. Přírodním zdrojem rentgenového záření jsou hvězdy a Slunce. Uměle vytváříme rentgenové záření v rentgence.

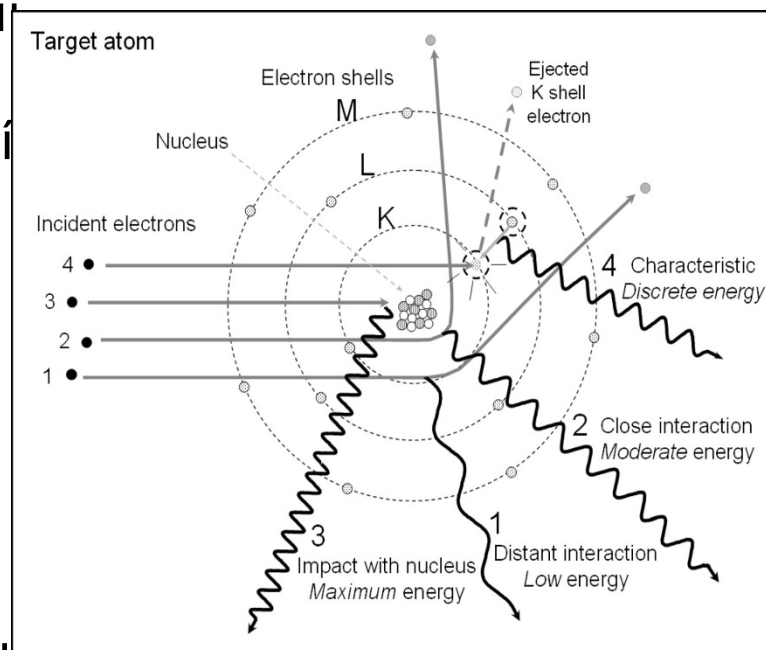


Fyzikální princip vzniku

Elektrony emitující ze žhavicího vlákna na katodě dopadají na anodový kotouč a pronikají několika vrstvami atomu prvku anody kde interagují s elektrony v hlubokých vrstvách atomu a nebo jádrem. Při interakci s polem jádra atomu vzniká tzv. brzdné záření. Při interakci s obalovými elektrony vzniká tzv. charakteristické rtg záření (K emise). Část tohoto rtg záření, které proniká do hlubších vrstev atomu anodového kotouče tvaruje vyzařovací charakteristiku záření, která se nazývá anodovým efektem (heel efekt).

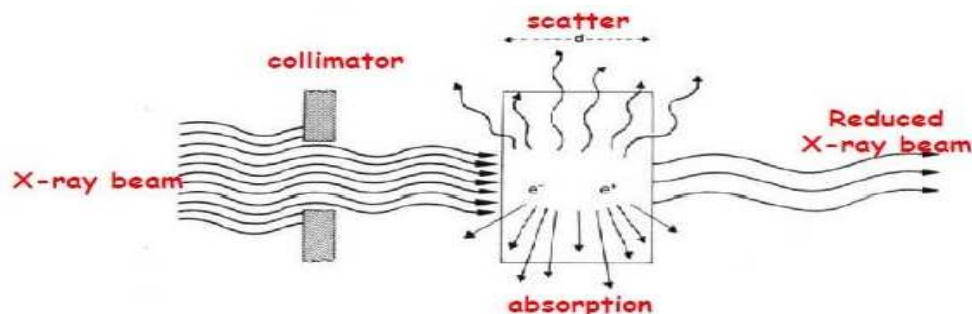


Princip vzniku rtg záření spočívá v přeměně energie. V případě interakce č. 1, 2 a 3 dopadají elektrony na okolí cílového jádra atomu, což má za následek produkci brzdného záření způsobené zpomalením a změnou rychlosti. Čím více se elektron přiblíží k jádru, tím větší bude energie vznikajícího kvanta záření. Jejich energie je dána rozdílem zainteresovaných energetických hladin. Příklad interakce č. 4 ukazuje vznik charakteristického emisního záření, kde incidentu elektronů s energií vyšší než energie vazby K slupky se srazí a vystřelený elektron opustí vnitřní slupku, kde vznikne prázdné místo. Toto místo se zaplní elektronem z vyšších slupek a tímto dojde k emisi fotonu záření (charakteristické rtg záření). Elektron na vnější slupce při přechodu do vnitřní slupky vyzařuje rentgenové záření rovnající se rozdílu energie vazby mezi vnější elektronovou slupkou a K slupkou.



Interakce rtg záření s materiálem

- absorpce
- rozptyl
- zeslabení



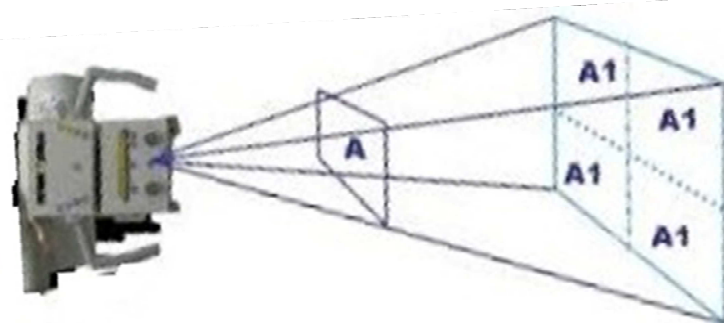
Absorbce je fotoelektrický jev, kdy dopadající foton je absorbován ionizací atomu. Vyzářený fotoelektron zvyšuje přirozený kontrast ve tkáni. Všechna energie fotonů je absorbována v hmotě (pacientovi), což zvyšuje hodnotu získaného záření ve srovnání s ostatními interakcemi.

Comptonův efekt představuje interakci mezi fotonem a nejvyššími elektrony. Vyloučený elektron se odchyluje od původního směru. Comptonův efekt přispívá největší mírou k rozptylu záření.

Koherentní rozptyl (difrakce) vzniká interakcí mezi nízkoenergetickými fotony a atomem. Foton neztrácí energii, ale odchyluje se od dopadajícího záření. Přispívá k vytvoření šedé na snímku (5%).

Vlastnosti rtg záření

- rychlost rtg záření je shodná s rychlostí světla
- šíří se přímočaře všemi směry a ubývá se čtvercem vzdálenosti
- fotoelektrický efekt
- fotochemický efekt
- luminiscenční efekt
- ionizace atomů plynů
- není ovlivněno elektrickým, vf, nebo magnetickým polem
- závisí na tloušťce hmoty, může pronikat hmotou, přičemž dochází k útlumu, kde vytváří takzvané sekundární nebo rozptýlené záření s nižší intenzitou
- biologický efekt



Anodové napětí - kilo Volty

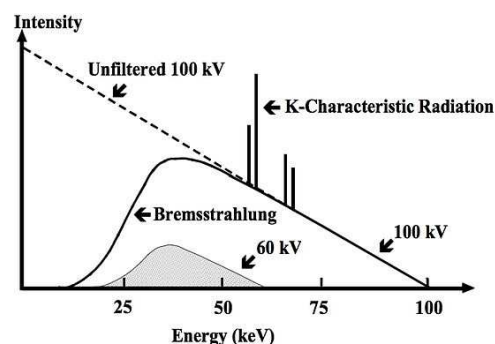
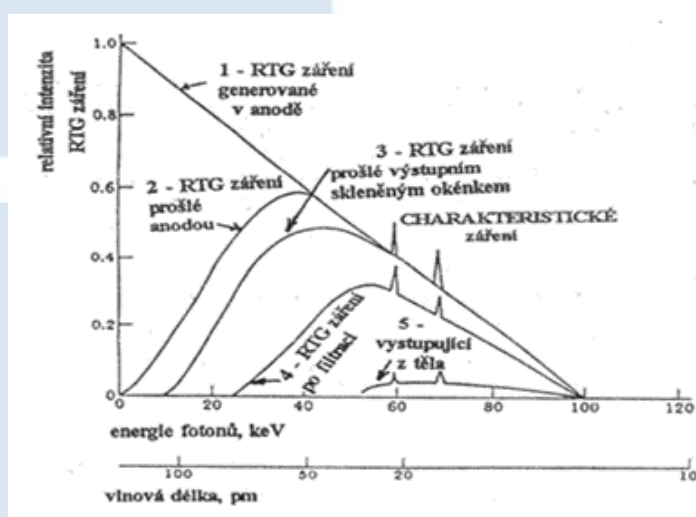
Anodové napětí - kV (napětí na rentgence):

Nízké kV (nízká energie) se lehce absorbují do materiálu. Absorbované fotony záření se tak nepodílí na výsledném zobrazení.

Vysoké kV mají lepší penetraci v závislosti na struktuře a objemu objektu. Vyšší penetrace zmenšuje rozdíly mezi oblastmi s různou denzitou.

Úroveň kV je řízena napětím na rentgence (anoda – katoda).

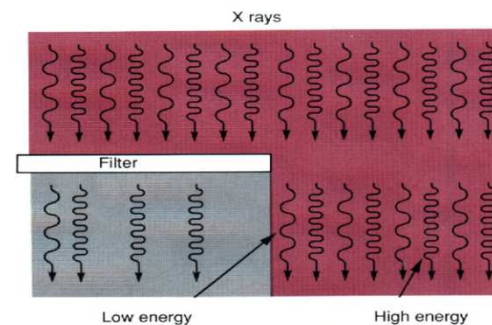
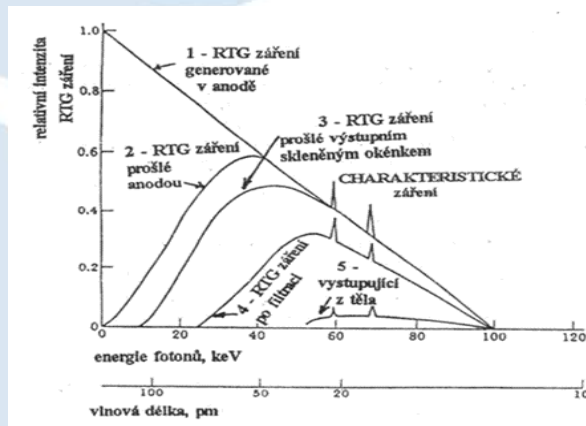
Velikost kV ovlivňuje energii rtg záření, ale nemá vliv na množství rtg záření. Nedostatek kV potřebných k penetraci materiálem nemůže být kompenzována vyššími mA.



Filtrace

Vlastní filtrace rtg zářiče - sklo rentgenky, vn olej, výstupní okénko, obvyklá hodnota vlastní filtrace rtg zářiče odpovídá ekv. 0,5 – 2 mm Al.

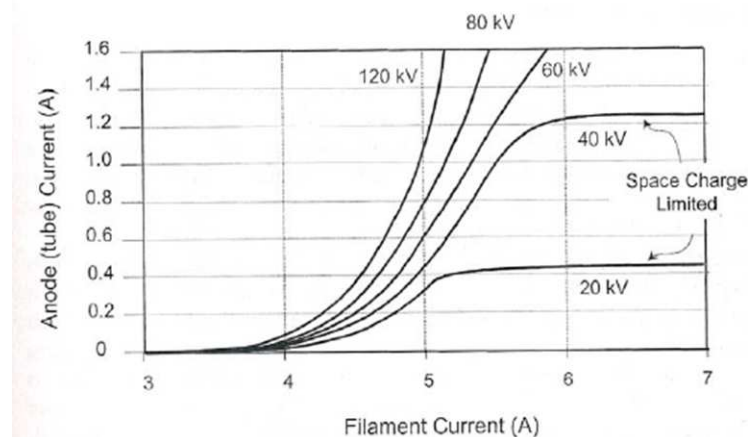
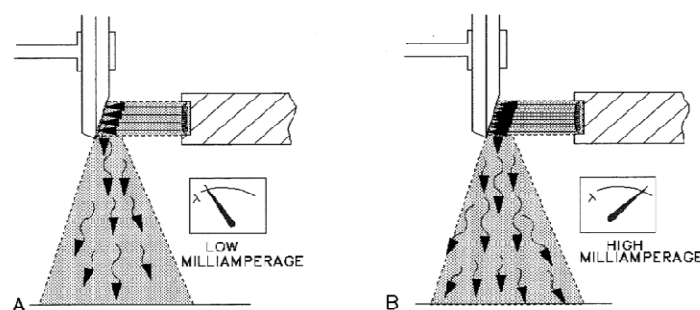
Přídavná filtrace – přídavné filtry (Cu,Al; pro mamografii Mo,Rh,Al,Ag). Přídavné filtry je možno dodatečně vkládat v kolimátoru do primárního svazku. V závislosti na použitých kV slouží k ovlivňování spektra primárního svazku. Filtry odfiltrují nízkoenergetickou složku spojitého rentgenového spektra, která by se absorbovala v těle objektu a zvyšovala tak radiační zátěž pacienta a také by negativně ovlivnila výsledné zobrazení (sekundární záření). Použitím filtru se snižuje hustota toku fotonů, zvyšuje homogenita a primární svazek se stává pronikavějším.



Anodový proud rentgenky - mA

Anodový proud rentgenky - mA:

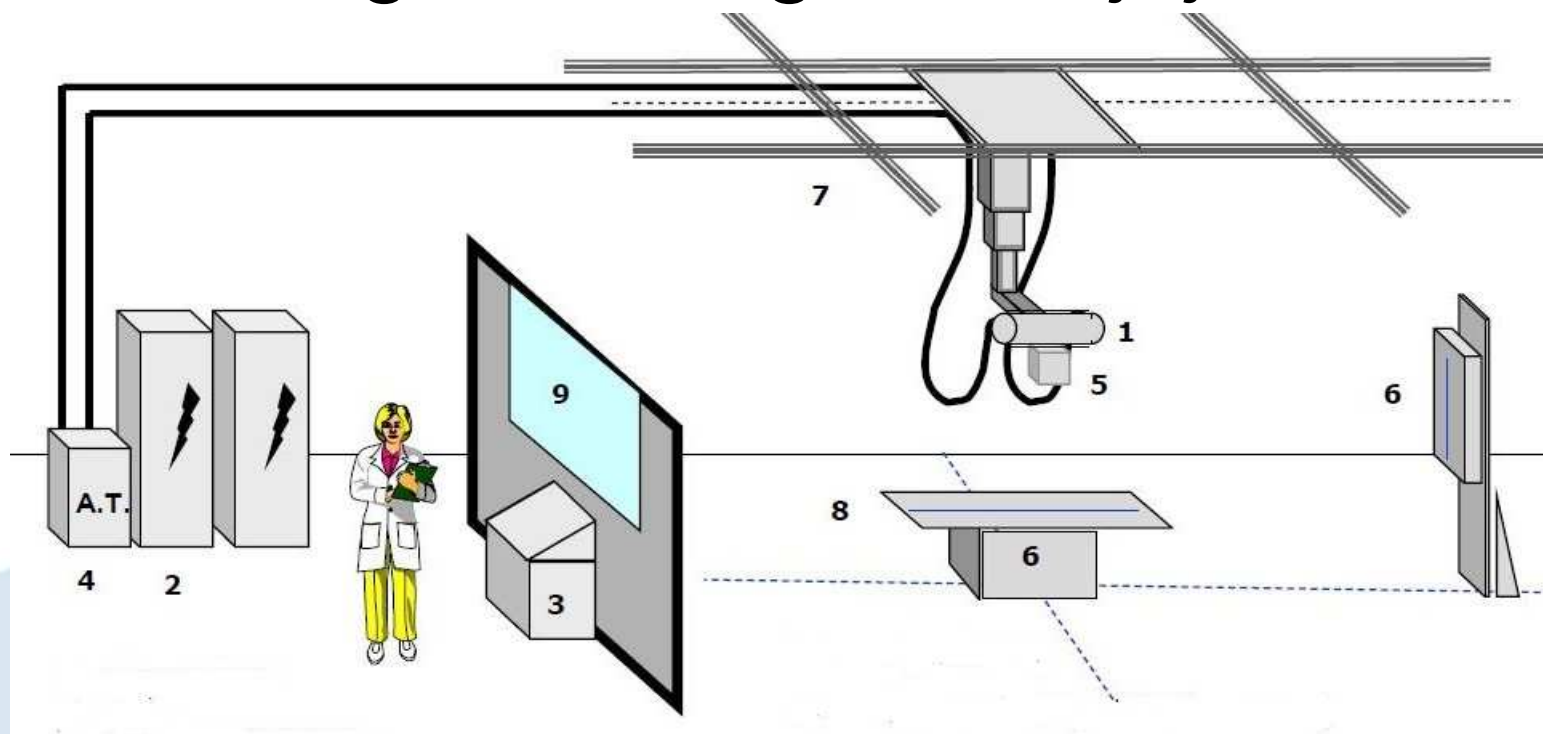
Množství mA ovlivňuje množství elektronů emitovaných anodou. Mají vliv a množství rtg záření, ale ne na energii rtg záření.



Závislost anodového proudu na žhavicím proudu:

Při vysokých žhavicích proudech a nízkém anodovém napětí na rentgence nemají emitované elektrony dostatečnou rychlost, aby dosáhli povrchu anody. Z tohoto důvodu pak v okolí anody vzniká v důsledku termoemise tzv. elektronový mrak, jehož odpuzivá síla brání termoemisi dalších elektronů z katody.

Analogová skiagrafie a její části



1 – rentgenka

2 – generátor + řídicí jednotka

3 – ovladač

4 – vn transformátor

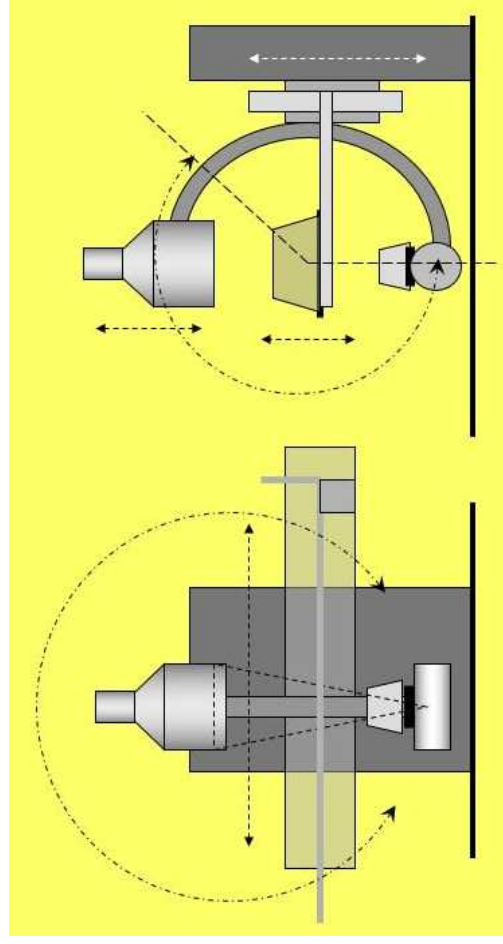
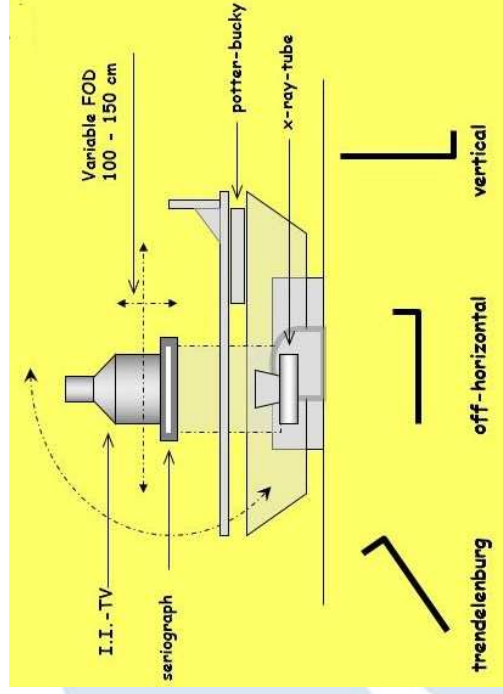
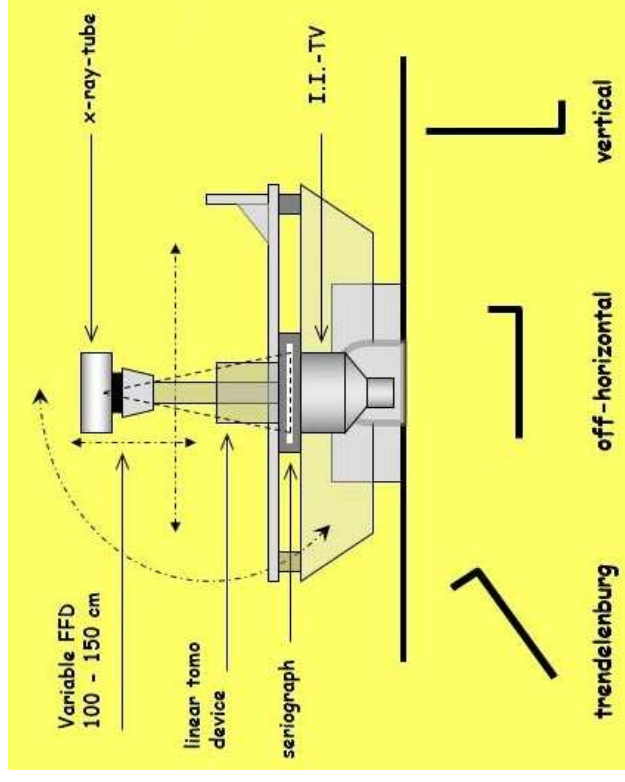
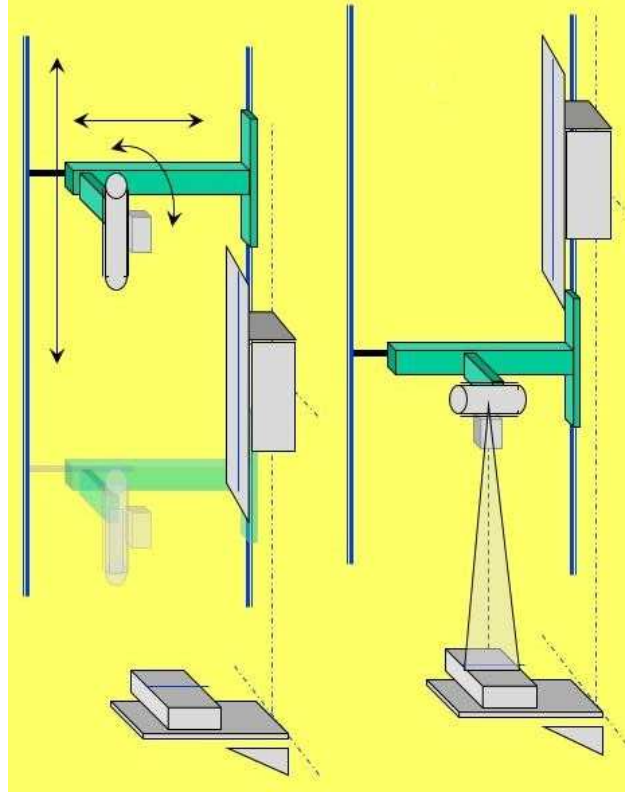
5 – kolimátor & DAP

6 – Bucky mřížka, AEC, receptor obr.

7 – stropní závěs rtg zářiče

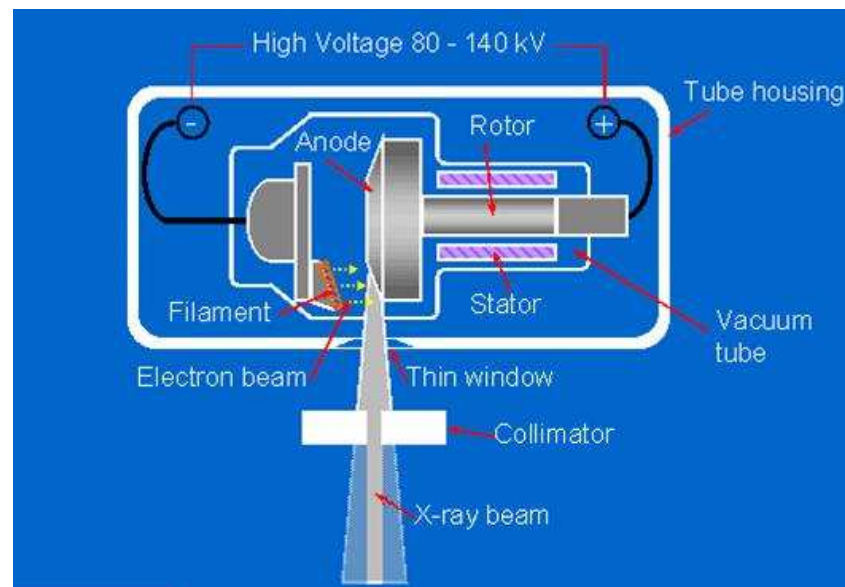
8 – patientská deska stolu

9 – ochranné Pb okno



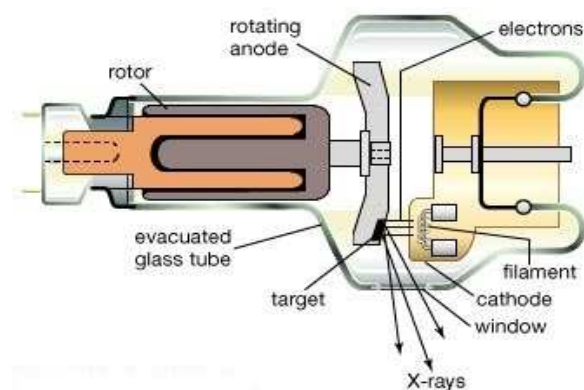
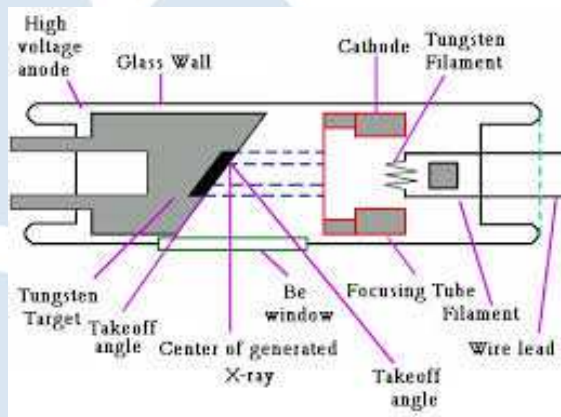
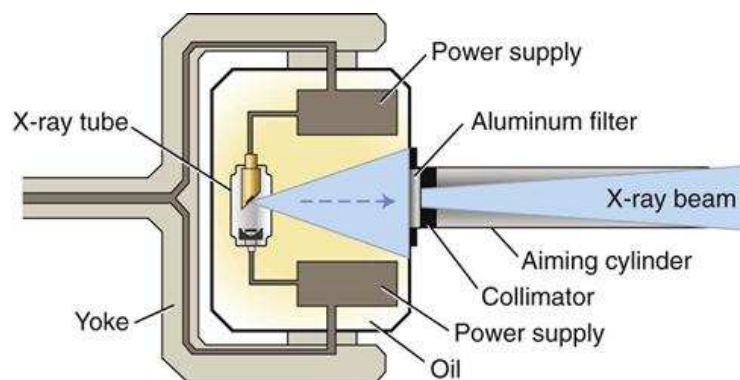
Rentgenka a vznik záření

1. do žhavicího vlákna se přivádí malé napětí potřebné k vyžhavení vlákna
2. uvolňuje se elektronový mrak na katodě, zatím neteče žádný anodový proud
3. na anodovou a katodovou svorku se přivádí vysoké napětí
4. elektronový mrak je přitahován potenciálem anodového napětí
5. vzniká rentgenové záření a rentgenkou teče anodový proud
6. vlivem interakce elektronů a materiálu anody se asi 99 % energie přemění v teplo a zbylé 1% je přeměněno na rentgenové záření



Typy rentgenek a jejich součásti

- komorová s pevnou nebo rotační anodou
- rentgenový zářič s rotační anodou



- tělo krytu (Al/Pb;100mR/m/h)
- dilatační membrána
- tepelná pojistka (ext./int.)
- sklo-beryliové okénko
- stator
- vn konektory
- vn izolační olej

skleněná lampa

katoda

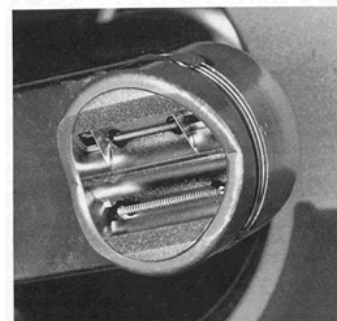
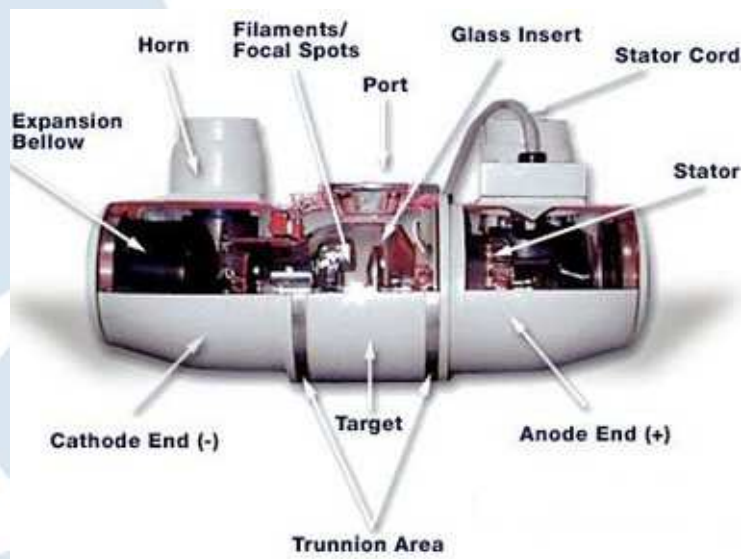
žhavicí vlákno

fokusační miska

anoda

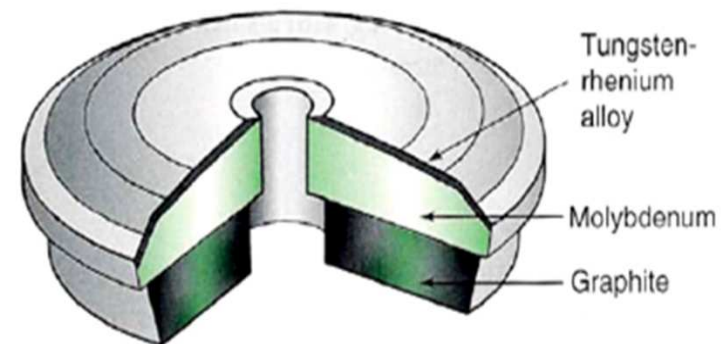
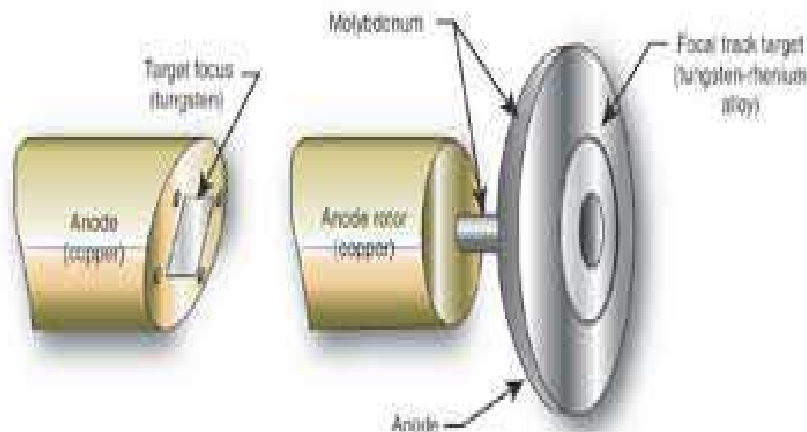
anodový terč

rotor



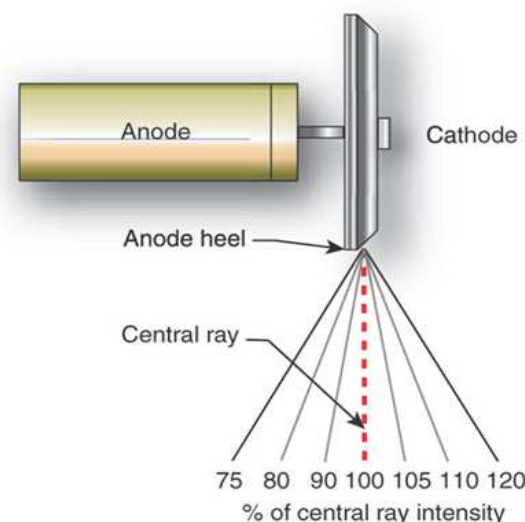
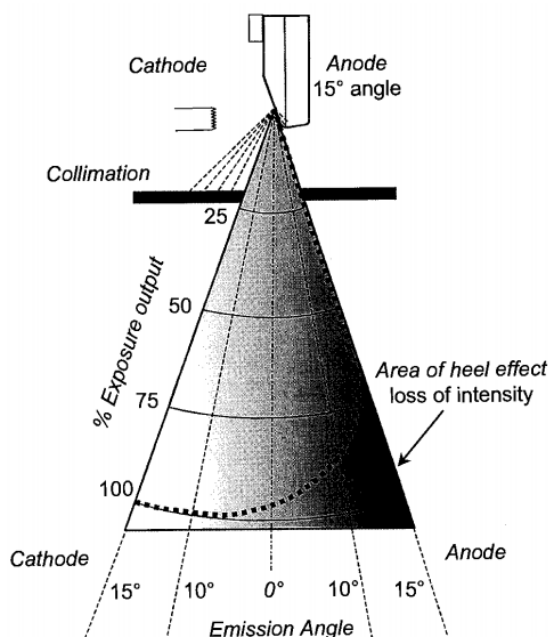
Rentgenka - rentgenová trubice je z borokřemičitého skla, tloušťka 2,5 mm; vysoké vakuum pro urychlené elektrony bez kolize s molekulou plynu a pro vysokou elektrickou pevnost (150 kV).

Anoda – pevná nebo rotační. Úhel anody od 5 – 20°; materiál RTM (rhenium-wolfram-molybden); otáčky rotace: 3000 rpm nebo 9000 rpm. Díky rotaci se zvyšuje výkon a tepelná kapacita rentgenky. 5600 rpm – rezonanční frekvence. Vysokootáčkové rentgenky musí mít aktivní brzdění, aby velmi rychle překonaly tyto otáčky při brzdění, jinak hrozí destrukce rtg lampy.

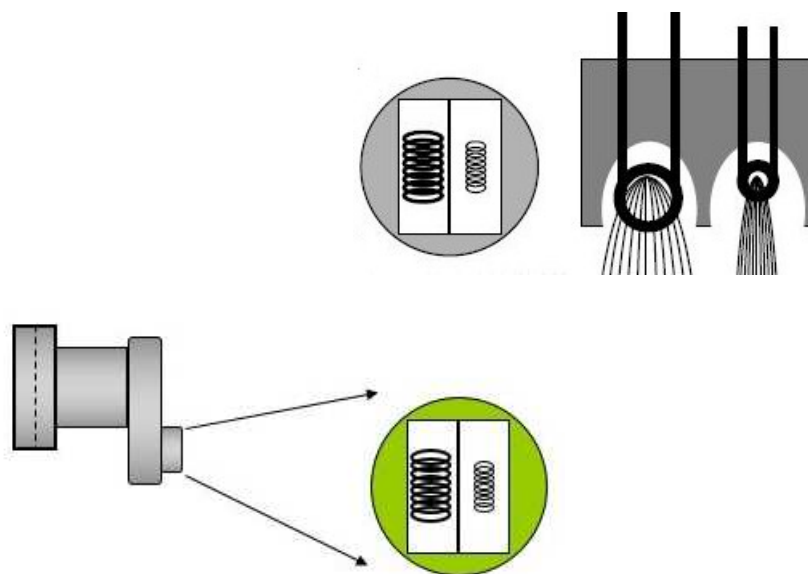
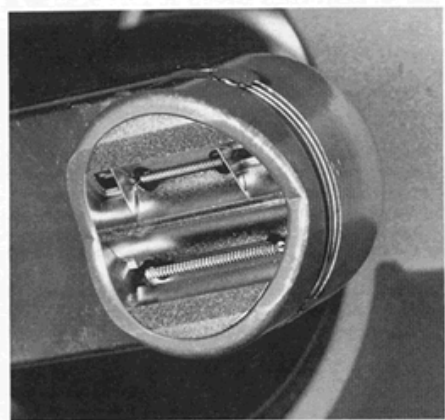


Anodový (heel) efekt

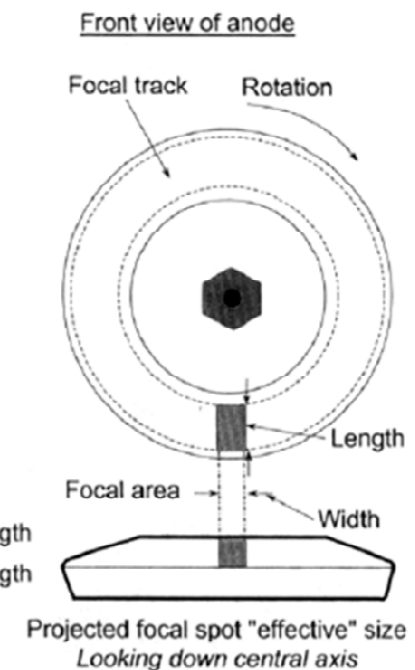
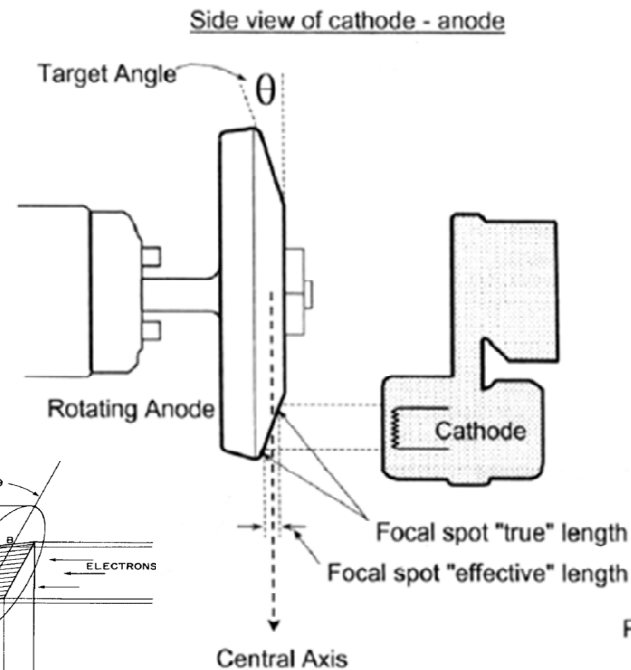
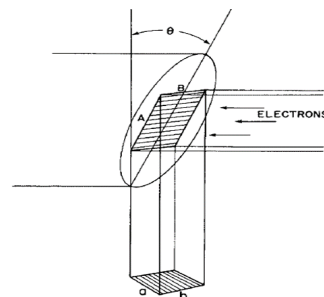
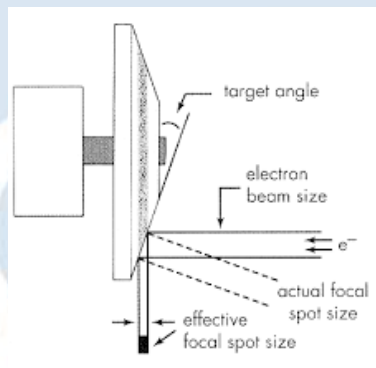
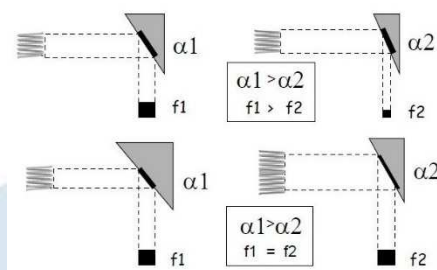
V důsledku toho, že charakteristické emisní záření vzniká pod povrchem materiálu anody (v hloubce cca 25 μm). Toto záření pak musí překonat tuto tloušťku materiálu (wolfram, RTM) která je závislá na úhlu, pod nímž záření vystupuje. Vlastní filtrace anody je tak příčinou zeslabení a zároveň vytvrzení divergentního svazku ve směru katoda – anoda. Na zobrazení můžeme za určitých okolností pozorovat nehomogenitu primárního svazku. Toto se nazývá anodovým efektem (heel effect, neboli stín anody).



Katoda - záporná elektroda s jedním nebo dvěma spirálovými vlákny okolo fokusační misky, různé velikosti pro dvě ohniska (malé - vysoký detail x nižší výkon; velké - menší detail x vyšší výkon), které jsou řízeny pomocí malého napětí a tím se reguluje množství emitovaných elektronů. Vláknko se vyrábí z thoriaovaného wolframu (3380°C), vysoký bod tání a velmi nízké odpařování, aby nedocházelo k metalizaci vnitřního skla. Všechny elektrony jsou s negativním elektrickým potenciálem.

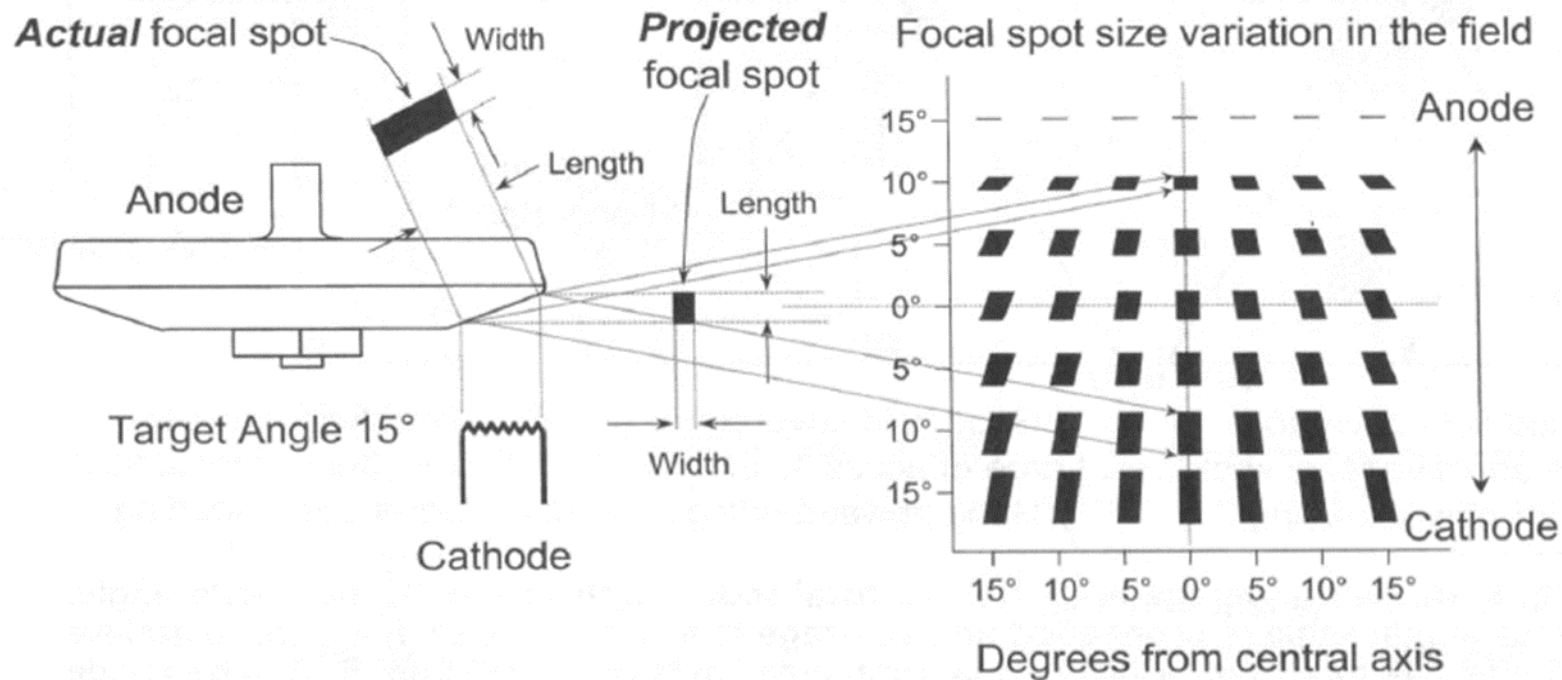


Ohnisko – tvořeno plochou průmětu elektronového ohniska do roviny kolmé k centrální ose primárního svazku; velikost ohniska určuje limitní dosažitelnou prostorovou rozlišovací schopnost zobrazení (geometrická neostrost); velikost ohniska je přímo úměrná úhlu anodového kotouče. Větší úhel = větší velikost ohniska = větší tepelná kapacita, ale menší prostorové rozlišení výsledného zobrazení a naopak.



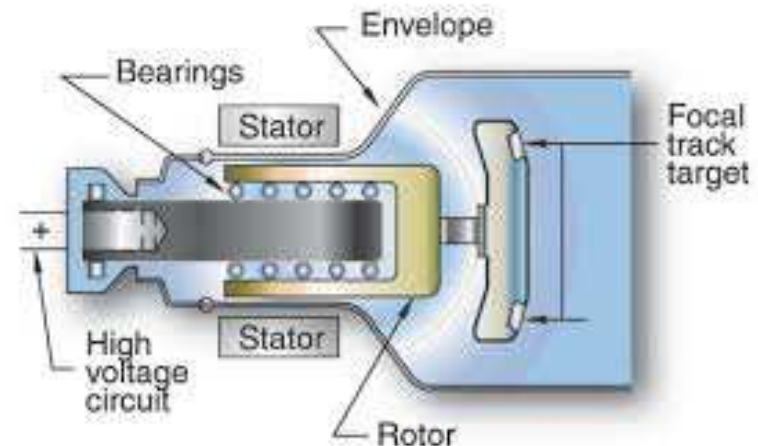
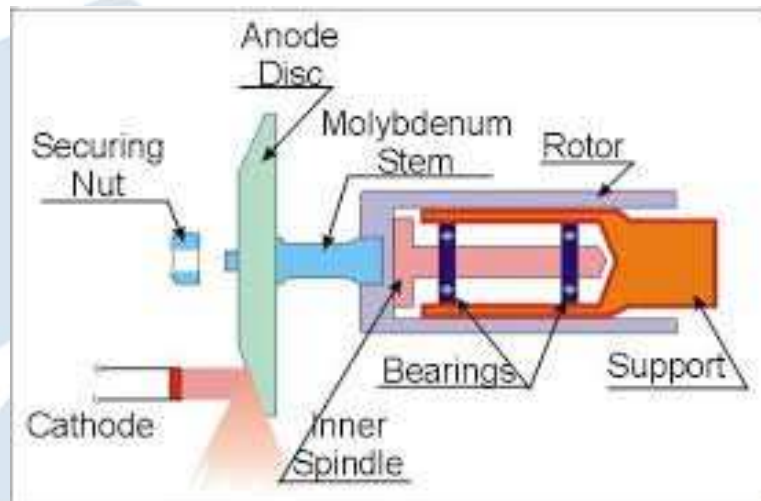
Astigmatismus ohniska

V důsledku rozdílů výstupního primárního svazku se mění velikosti optického ohniska v různých místech svazku ve směru anoda – katoda, což se projevuje na výsledném zobrazení zvyšující se neostrostí ve směru ke katodě.



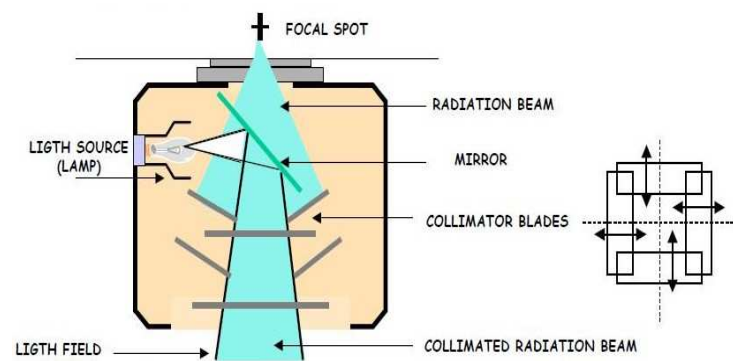
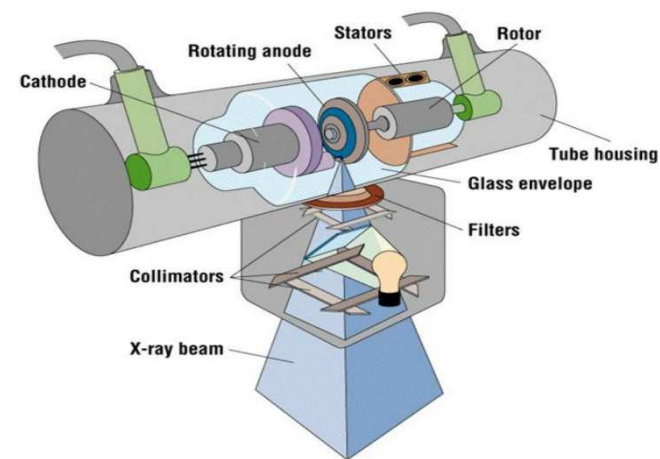
Rotor – vyroben z měděného válce, tvoří součást anody uvnitř skleněné trubice. Povrch rotoru má černou povrchovou úpravu pro lepší odvádění tepla směrem k olejovému okolí a na povrch krytu. Konstrukčně funguje jako klasický asynchronní motor s kotvou na krátko.

Stator - v oleji cívka asynchronního motoru umístěný mimo skleněnou trubici, což zároveň funguje jako bezpečná izolace mezi vn potencionem rentgenky a napájením statoru.



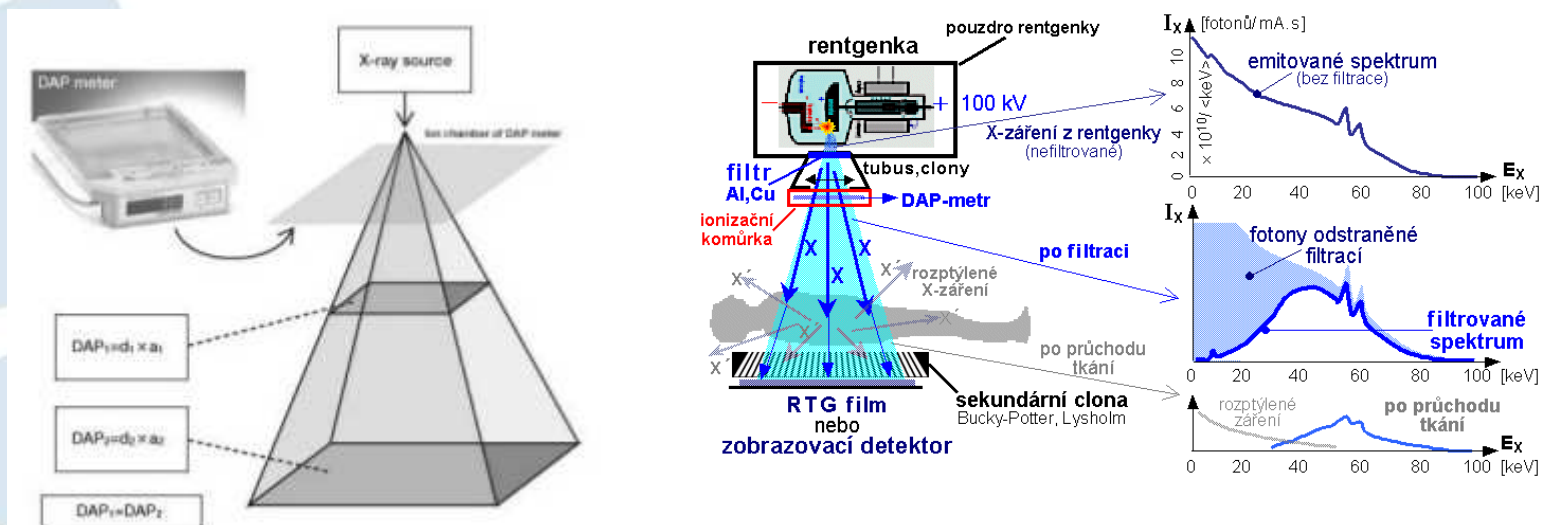
Kolimátor (primární clona)

Kolimátor – je zařízení mechanicky spojené s rtg zářičem s cílem regulace a omezení velikosti primárního svazku. Konstrukčně jde o systém dvou pravoúhlých párů olověných lamel s možností otevírání a zavírání lamel tak, aby docházelo k omezení primárního svazku záření. Základní funkcí je ochrana pacienta a obsluhy, omezení rozptýleného záření a vymezení primárního svazku. Projekce světelného pole pro usnadnění centrování správné polohy a velikosti pole, identifikace středu paprsku, možnost volby přídatné filtrace primárního svazku. Promítané světelné pole musí přesně odpovídat skutečné exponované ploše v celém rozsahu použití.



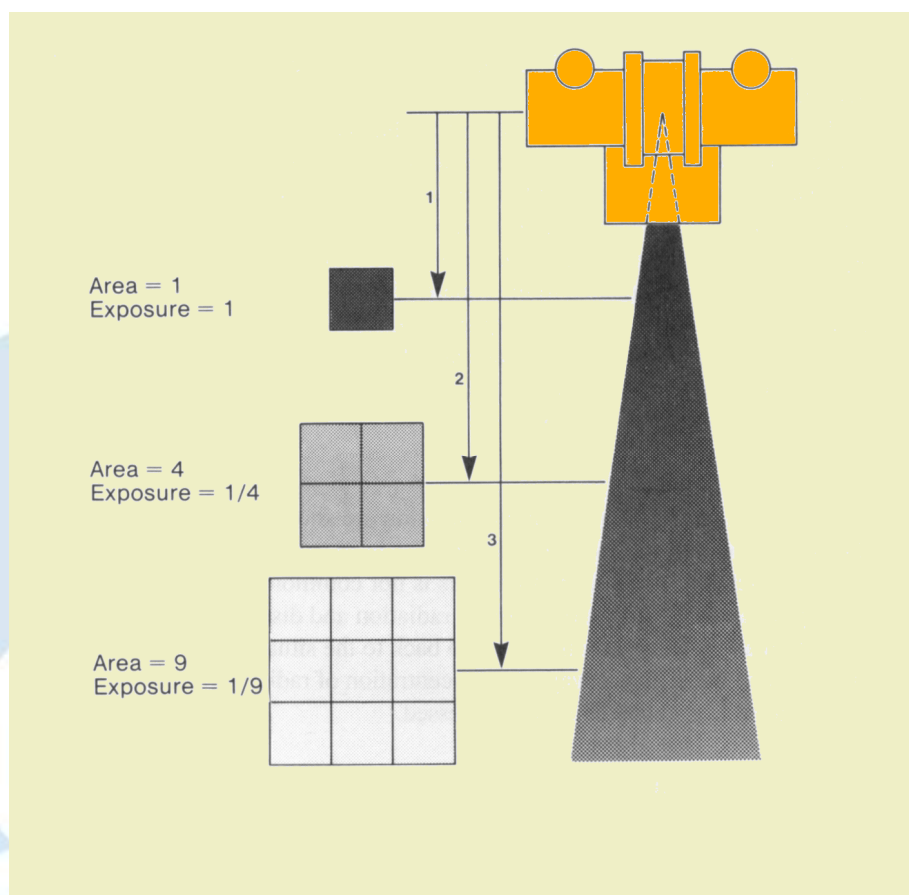
DAP metr

DAP metr – zobrazuje součin vstupní povrchové dávky (mGy) a ozařované plochy cm^2 . Jeho hodnota je nezávislá na vzdálenosti od ohniska. DAP metr (Dose Area Product) je tenká transmisní planoparalelní ionizační komůrka upevněná na výstup z kolimátoru. Ionizační proud, vznikající při průchodu záření udává plošnou dávku, kterou obdrží vymezené zobrazované pole snímkaného objektu. Někdy se nazývá také KAP-metr (Kerma Area Product). Hodnoty dávky a kermy jsou v praxi totožné a udávají se $\text{mGy} \cdot \text{cm}^{-2}$.



Závislost dávky a FOD

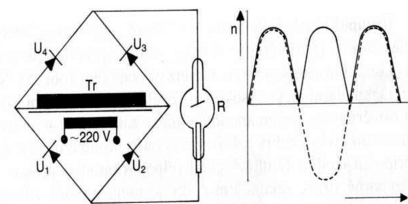
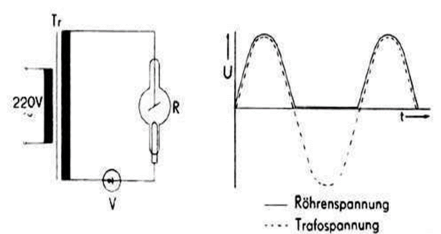
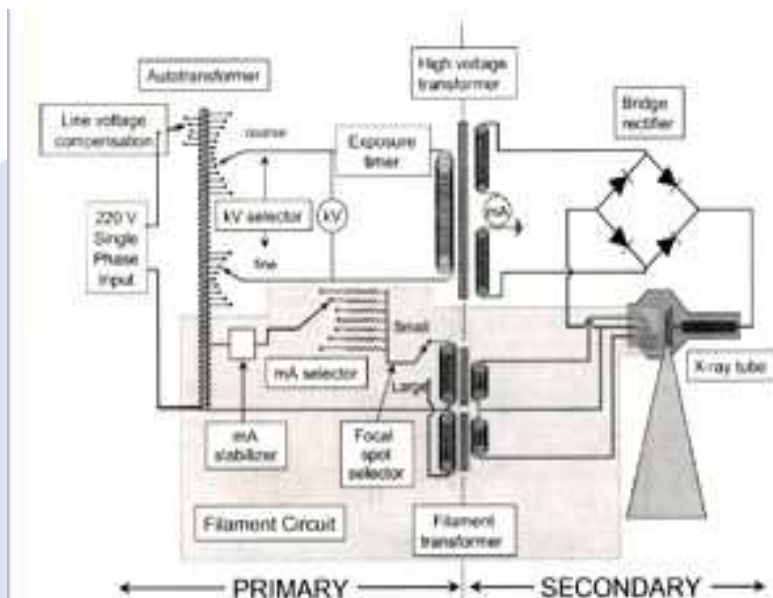
Dávka klesá s druhou mocninou vzdálenosti, to znamená, že při zdvojnásobení vzdálenosti od zdroje ionizačního záření klesne dávka 4krát, při ztrojnásobení 9x atd. (zákon převrácených čtverců).



RTG generátor

RTG generátor je řídicí a napájecí jednotka pro rentgenku a spolupracuje s ostatními částmi systému (synchronizace s nářadím).

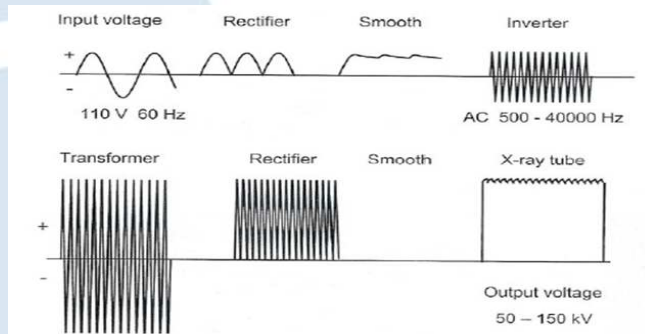
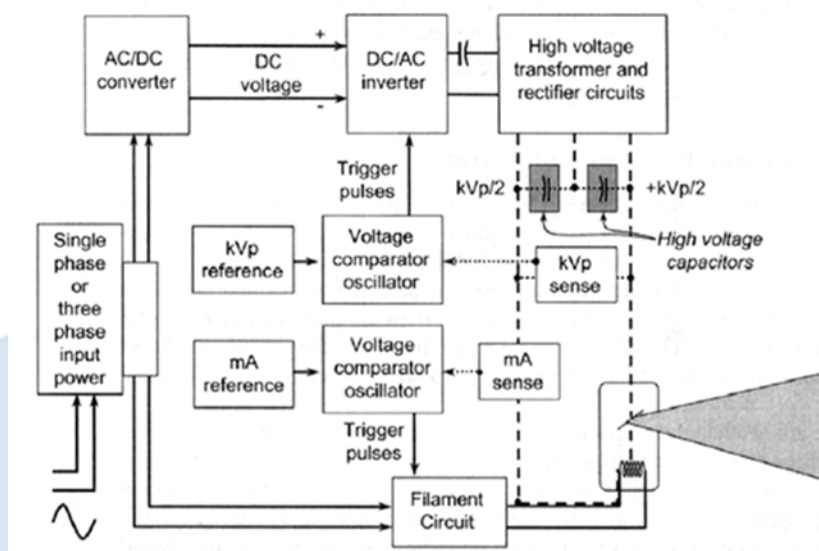
Konvenční – 1f, 3f s usměrňovačem. Výkon 2 – 50 kW. Zvlnění dle typu usměrňovače. Autotransformátor; proudový stabilizátor; obvody žhavení a volby kV; žhavicí transformátor (230V/10V, 4 – 10A); VN transformátor; VN usměrňovač; VN kabely; rentgenka



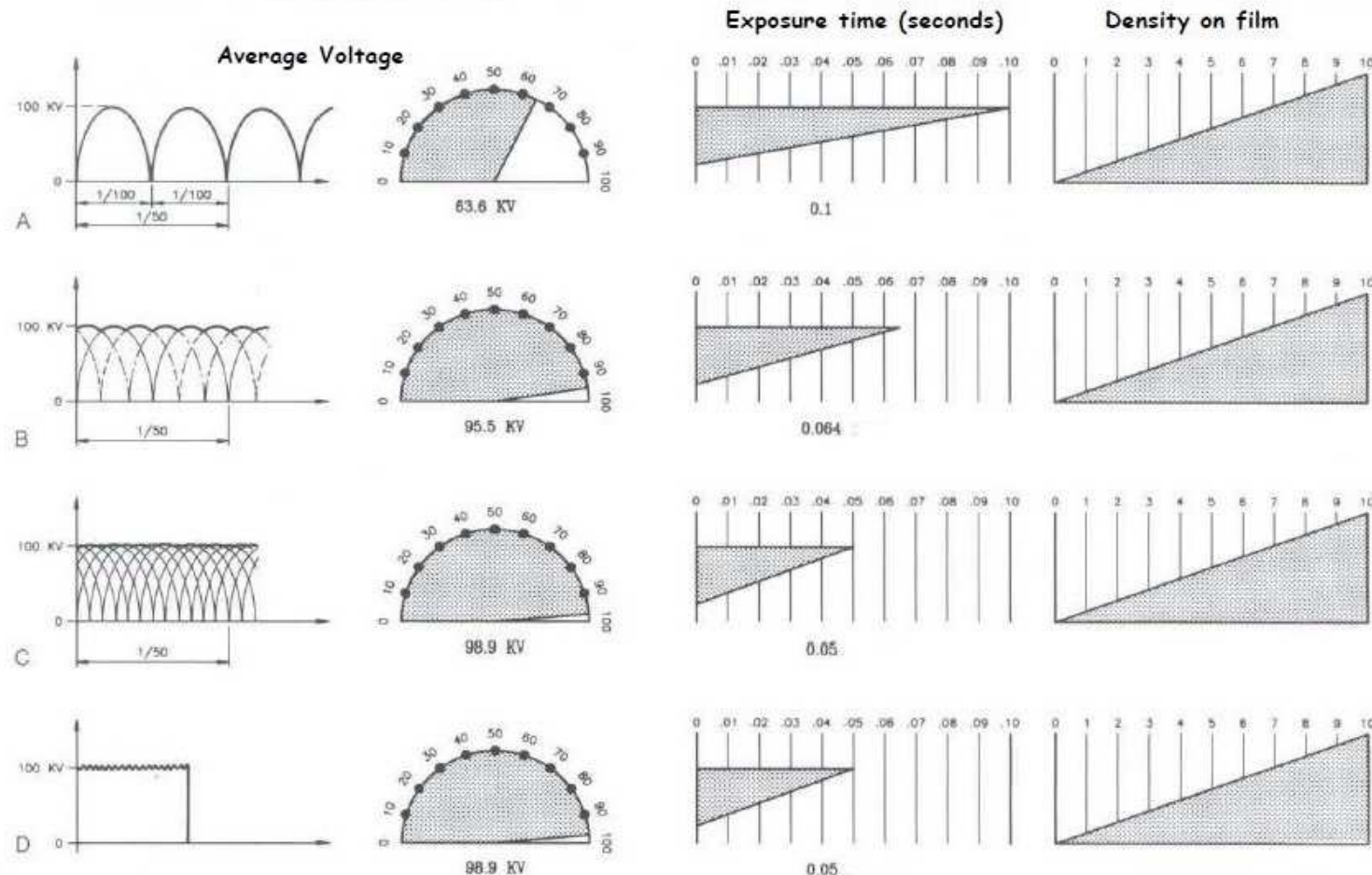
Generator type	Typical voltage waveform	kV ripple
Single-phase 1-pulse (self rectified)		100%
Single-phase 2-pulse (full wave rectified)		100%
3-phase 6-pulse		13% - 25%
3-phase 12-pulse		3% - 10%

Vysokofrekvenční (multipulsní) – 1f, 3f. Výkon 2 – 150 kW. Zvlnění 4 – 15% dle frekvence. Usměrňovač; vyhlazovací filtr; tyristorový střídač; VN transf.; VN usměrňovač; VN vyhlazovací filtr; rentgenka

Kondenzátorový a bateriový – princip stejný jak VF, pro mobilní rtg

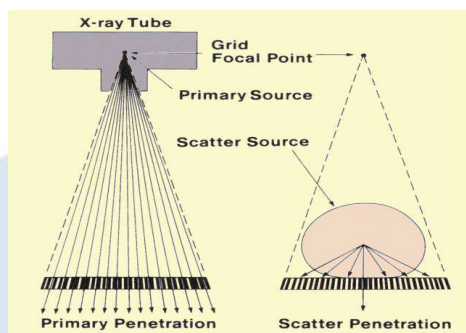


Porovnání doby expozice pro zachování stejné hodnoty zčernání v závislosti na použitém typu usměrnění VN napětí generátoru



Sekundární clona (mřížka)

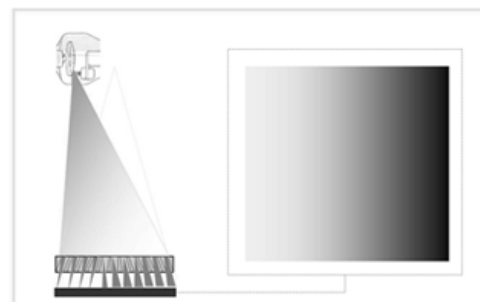
Sekundární clona - kolimátor sekundárního záření (Bucky, Potter, Lysholm); fixní - pohyblivá; fokusovaná – paralelní. V zobrazovacím řetězci je umístěna mezi pacientem a receptorem obrazu. Je tvořena rovnoběžnými absorpčními lamelami, které propouštějí pouze primární záření ve směru původního svazku a sekundární záření pohlcuje. Tím dosahujeme významného zlepšení kontrastu zobrazení.



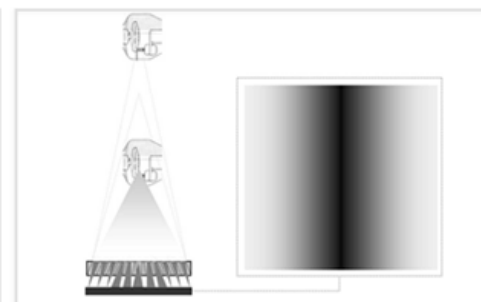
Without GRID



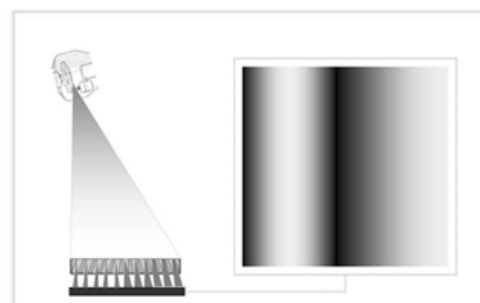
With GRID



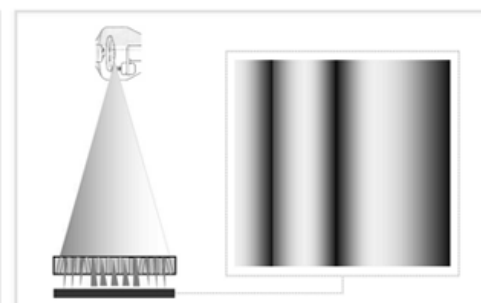
When the tube is moved to the side



When the tube is too close or too far away



When the grid or tube is inclined.

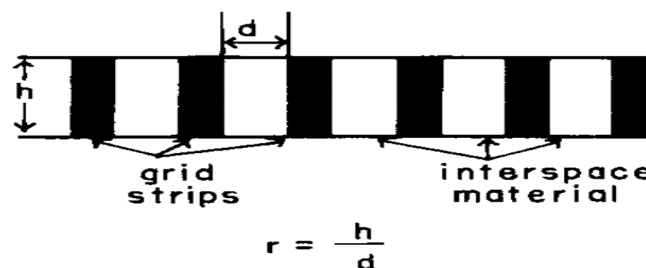


When the inner strips of the grid are set poorly

Konstrukce a požadavky na sekundární clonu

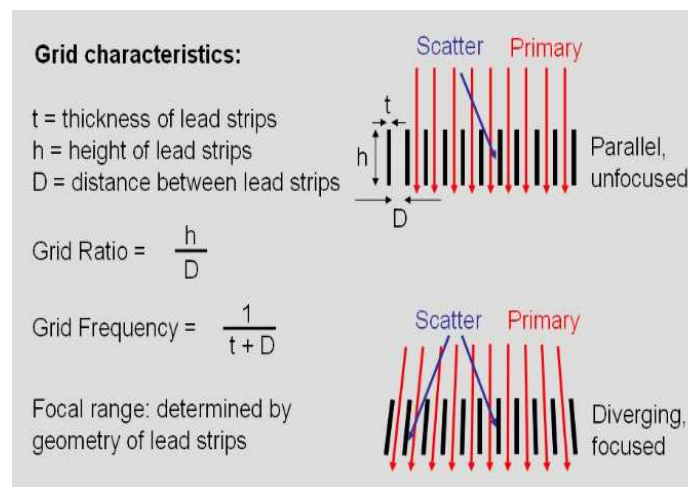
Tloušťka lamel: tak malá, aby nebyly vidět na snímku a tak velká, aby absorbovala sekundární fotony (cca 0,05 mm)

- poměr výšky a šíře lamel (grid ratio)
- počet lamel (na 1 cm, nebo 1 inch)



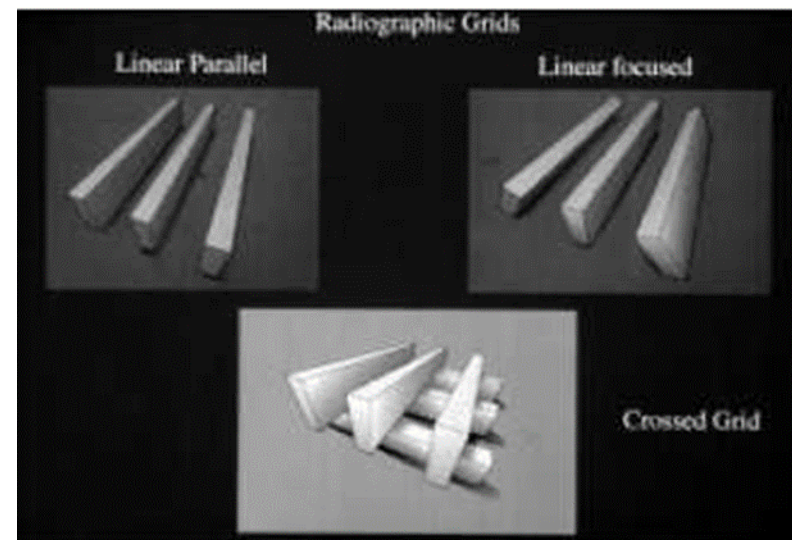
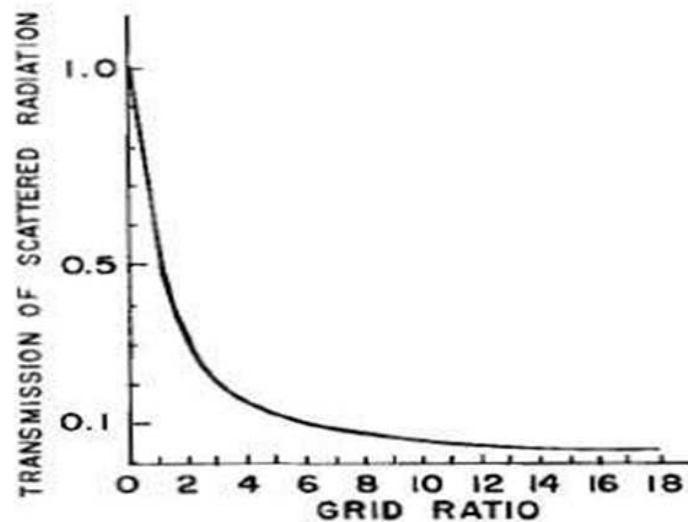
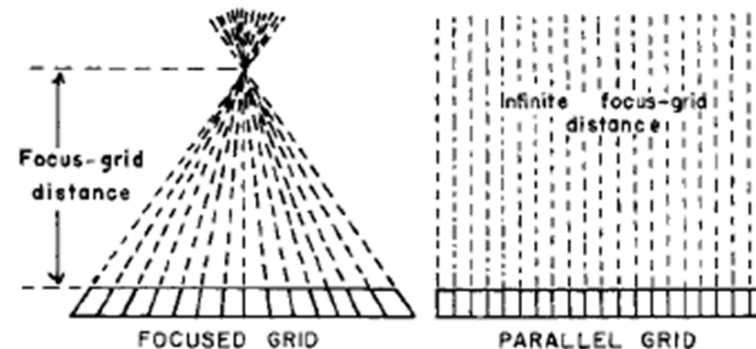
Artefakty z mřížky mohou být nejčastěji s těchto důvodů:

- mřížka není správně umístěna
- mřížka je umístěna obráceně
- mřížka je přesunuta do strany
- rentgenka je umístěna příliš daleko
- rentgenka je umístěna příliš blízko
- mřížka je pod úhlem do osy záření



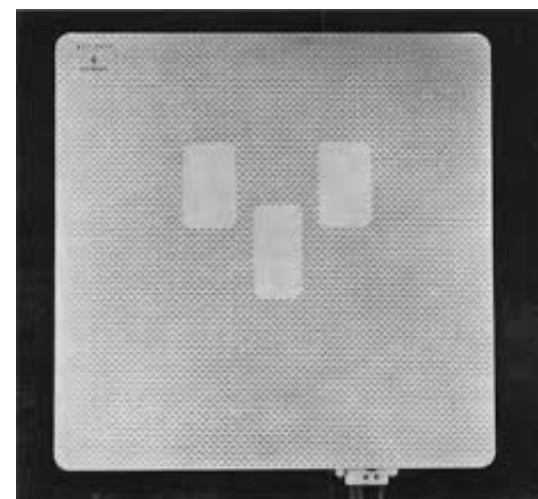
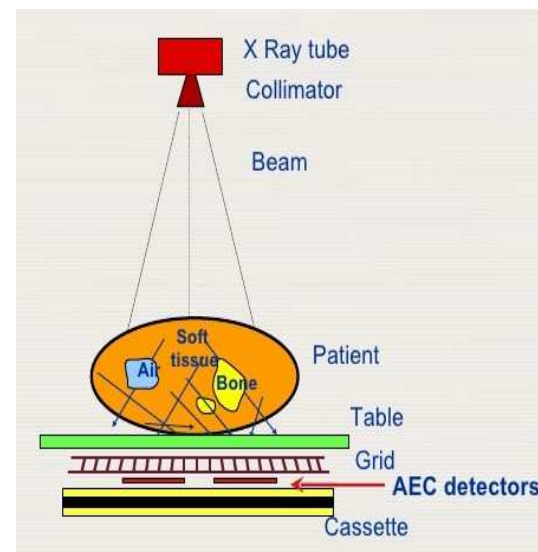
Typy sekundárních mřížek

- fixní
- pohyblivá
- fokusovaná
- paralelní

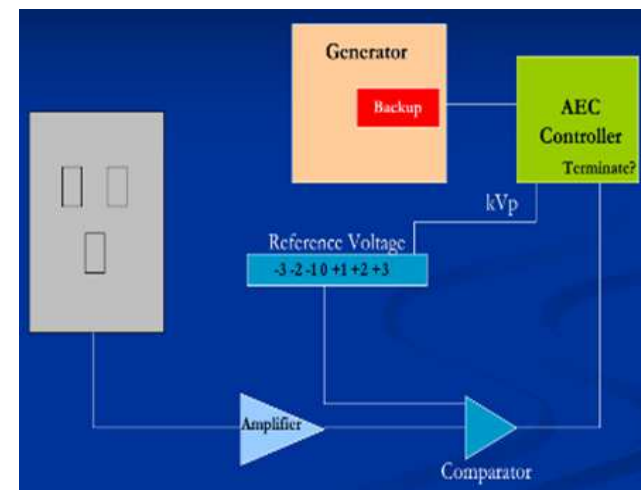
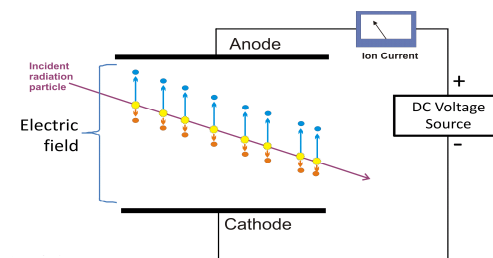


Expoziční automat AEC

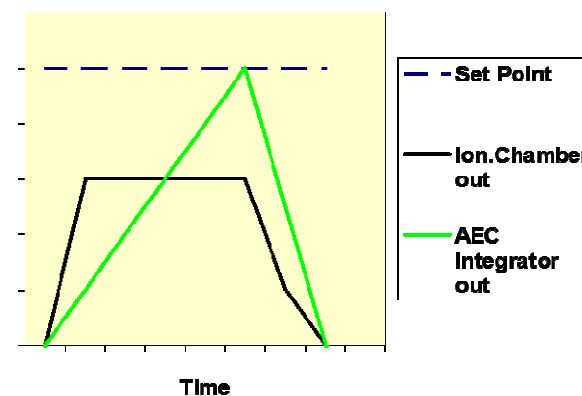
Expoziční automat (AEC) je systém, který ukončuje expozici při dosažení předem nastavené dávky při průchodu rtg záření objektem a AEC komůrkou. AEC řídí pouze expoziční čas a celkové (záložní) mAs. Správnou hodnotu kV musí nastavit obsluha přístroje, nebo ji zvolí v programu orgánové automatiky APR. AEC umožňuje nastavení citlivosti podle typu filmu a zesilovací folie. Předpokladem správné funkce AEC je správně nastavený vyvolávací proces. Účelem AEC je zajistit provádění konzistentní a opakovatelné expozice v celé řadě anatomických tloušťek a variabilních expozičních technik u různých pacientů s cílem zajistit stejné zčernání. Snižuje pravděpodobnost opakování snímku vlivem lidského faktoru.



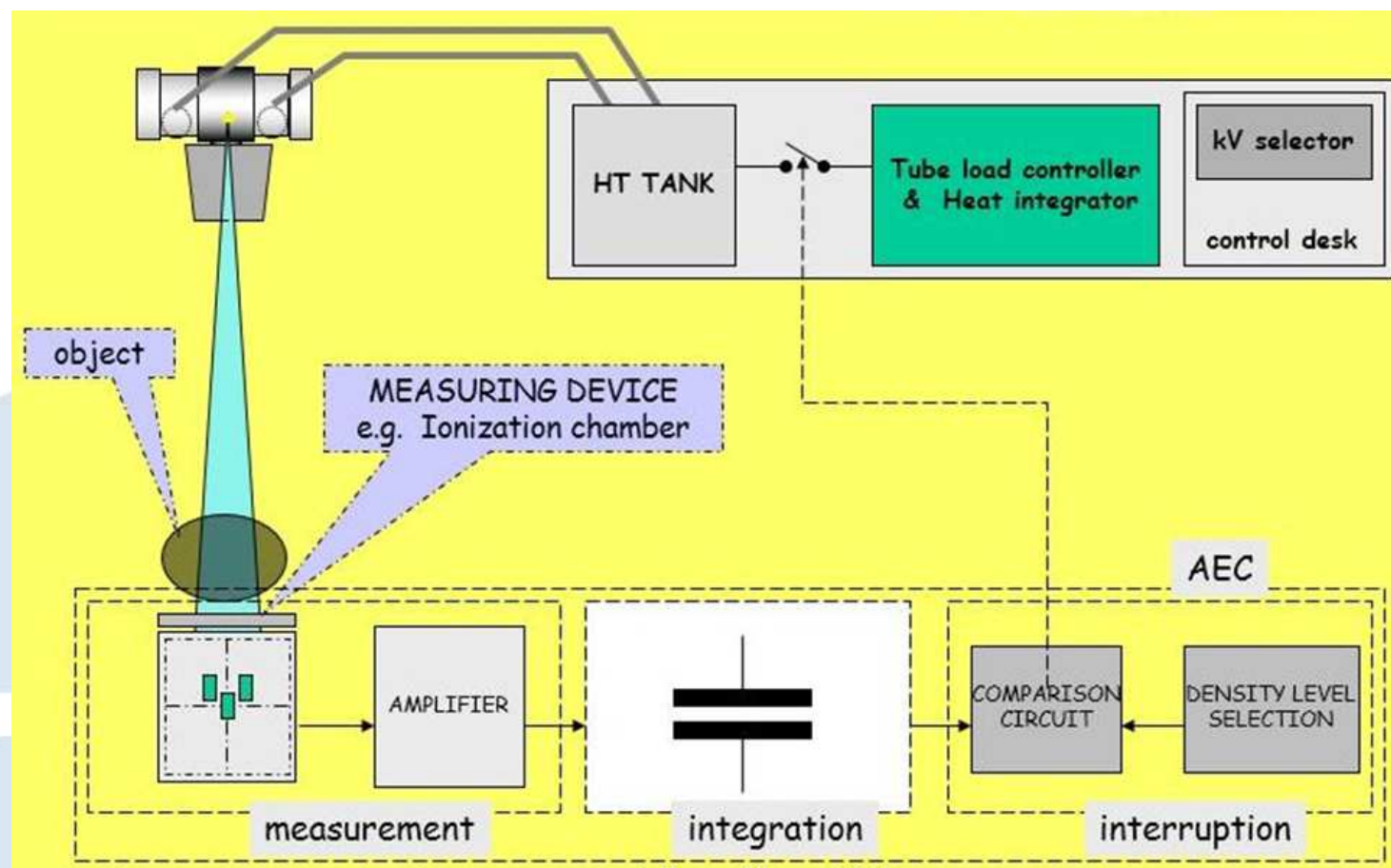
Obsluha musí vybrat správnou komůrku a přesně nacentrovat pacienta tak, aby oblast zájmu pokrývala celou komůrku. Z tohoto důvodu se AEC nehodí pro snímkování končetin. Pracuje na principu měřicí ionizační komory (plochý vzduchový kondenzátor) a nebo polovodičového detektoru a řídící elektronika, která je spojena s řídícím systémem rtg generátoru. Slabý elektrický proud vznikající na komůrce je zesílen a integrován jako napětí s náběhovou charakteristickou křivkou. Tento napěťový signál stoupá do hodnoty až odpovídá přednastavené úrovni. V tomto okamžiku je elektronikou vyhodnoceno, že došlo k nasycení komůrky na požadovanou hodnotu dávky a následně je ukončena expozice. AEC zařízení jsou kalibrována na hodnoty odpovídající používanému typu filmu a zesilovací folie nebo detektoru.



AEC Explanation



AEC automaticky mění expoziční čas za účelem pořízení shodné kvality zobrazení (zčernání) při použití různého nastavení kV, velikosti objektu a dalších proměnných. Ionizace je přímo úměrná dávce.



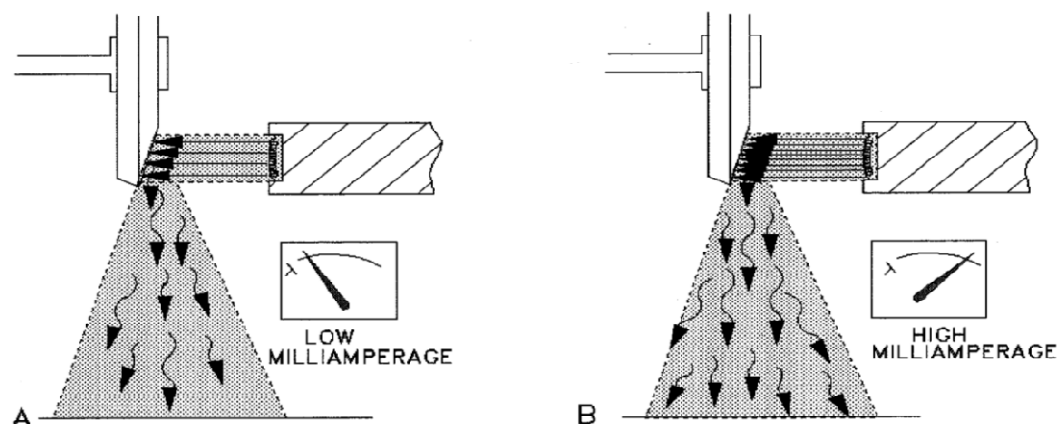
Volba a vliv expoziční techniky

Správnou volbou expozičních hodnot (volby techniky) určujeme výslednou kvalitu zobrazení.

kV – přímo úměrně **ovlivňují energii** dopadajících elektronů; zvyšují účinnost brzdného záření; zvyšují hladinu energetického spektra; určují tvrdost záření a efektivitu penetrace primárního svazku objektem.

Zvýšení či snížení kV má přímý vliv na zčernání filmu (OD).

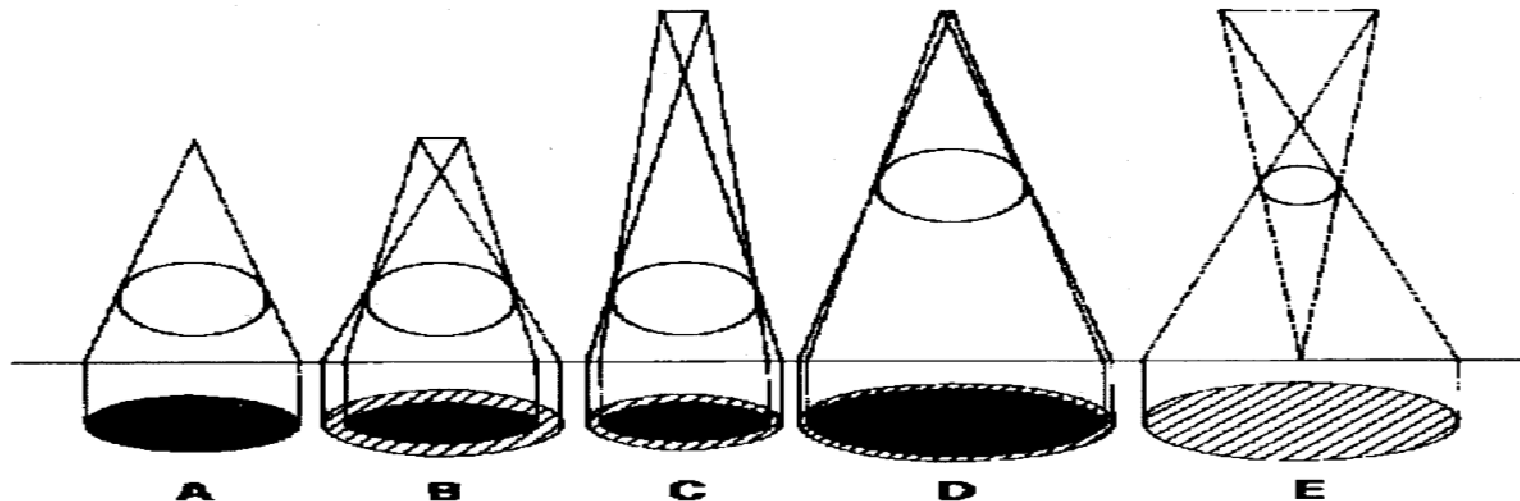
mAs (množství mA x sec.) – **určují množství** fotonů a přímo úměrně zvyšují dávku. Některé generátory umožňují volbu kombinace proudu a času: mA & expoziční čas (sec.).



Geometrie a pohybová neostrost

Nejlepší geometrické faktory: malé ohnisko, velká ohnisková vzdálenost a co možná nejmenší vzdálenost objektu od receptoru obrazu.

Předcházení pohybové neostrosti: objekt se nesmí hýbat během expozice, délka expozice s co nejkratší dobou expozice.



Kvalita zobrazení

Základní pravidla pro dosažení nejlepší kvality zobrazení:

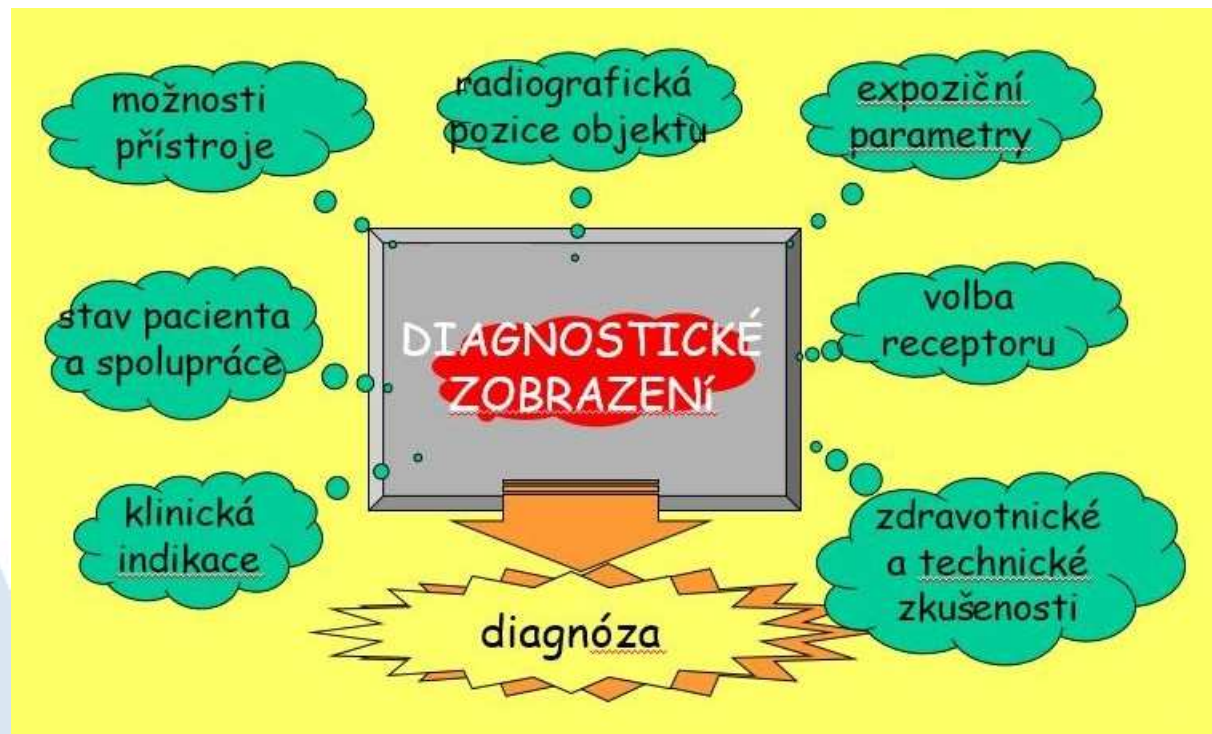
- pokud to technika dovolí, používat co nejmenší ohnisko
- receptor obrazu musí být co nejbližší zobrazovanému objektu
- vzdálenost rtg lampy nastavit co nejdále od objektu
- primární svazek nastavit kolmo k receptoru obrazu
- zobrazovaný objekt by měl být paralelně k receptoru obrazu
- pro objemnější objekty používat sekundární mřížku a kolimaci

Základní faktory pro stanovení a porovnávání kvality zobrazení:

- detekční účinnost
- dynamický rozsah
- rozlišení při nízkém kontrastu
- rozlišení při vysokém kontrastu
- prostorové rozlišení

Stanovené metody pro provádění zkoušek a udržení kvality.

Kvalita zobrazení



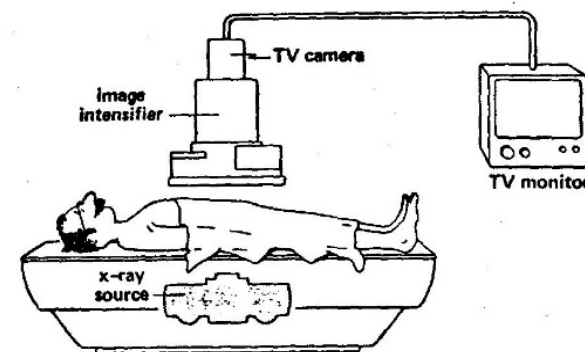
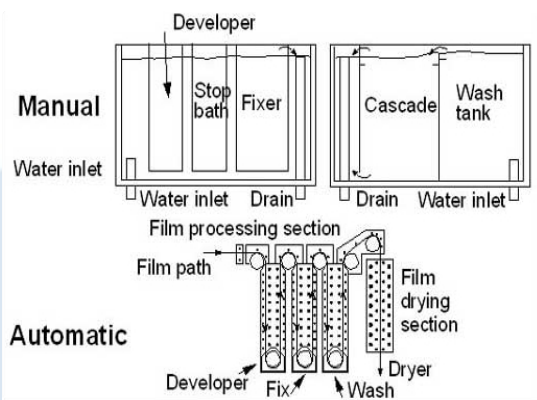
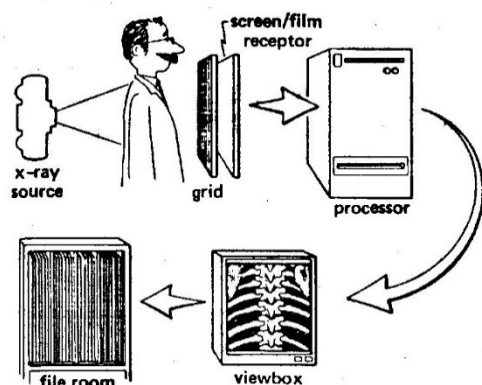
Použití měkké a tvrdé techniky

V praxi dělíme používání snímkovací techniky na tzv. měkkou a tvrdou. V primárním svazku máme zastoupeno plné spektrum záření, tedy jak měkké tak tvrdé. Měkké spektrum představuje nízkoenergetické záření, které se uplatňuje při zobrazování drobných maloobjemových objektů, má nízkou penetraci. Tvrdnutí spektra dosahujeme pomocí přídavné filtrace a volbou vyšších kV (brzdné záření).

Měkká technika: 40 – 50 kV, objekty s malými rozdíly denzit (nižší efektivita využití, vyšší absorpce v měkkých částech povrchových tkání = vyšší radiační zátěž, nízká penetrace.

Tvrdá technika: 80 – 150 kV, doporučené postupy u převážné části snímkovaných objektů s velkými rozdíly denzit a objektů velkých objemů. (nižší kontrast měkkých částí, větší množství sekundárního záření = používání sekundární clony, méně pohlcovány v tkáních, snížení celkové radiační dávky).

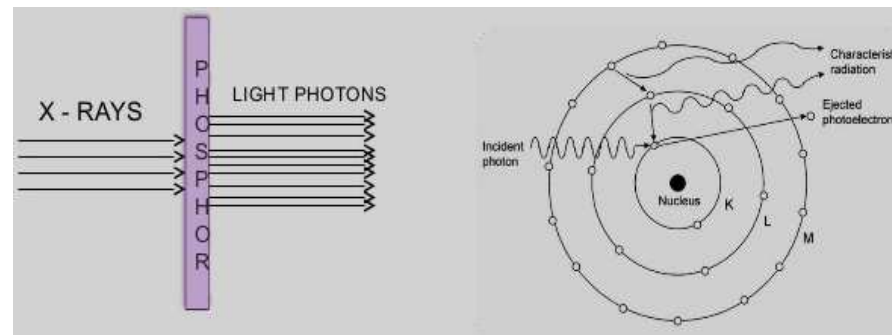
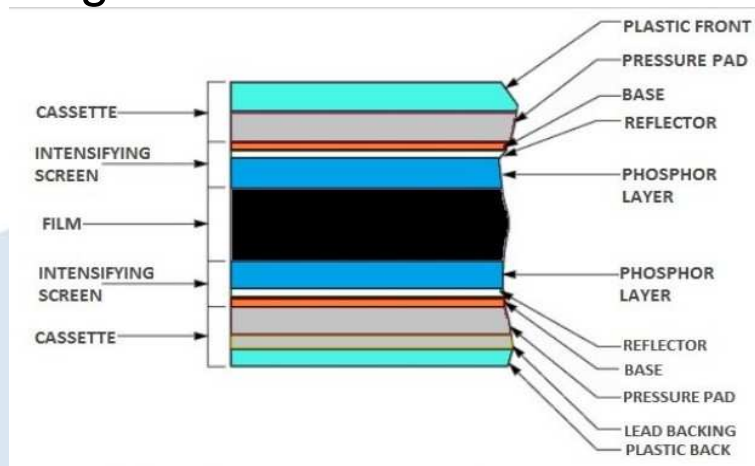
Analogový obrazový řetězec



Kazeta – film – vyvolávací proces – negatoskop – archiv snímků

Film zachytí záznam zobrazení prostřednictvím zesilovací folie, která emituje světlo. **Kazeta** tvoří světlotěsný ochranný obal pro film a folie.

Kazeta se zesilovací folií: kazeta plastová, nebo hliníková světlotěsná, přední strana - co nejlepší propustnost záření, zadní strana kazety vyložena tenkou Pb vrstvou. Přední a zadní folie, nebo singl folie.



1% záření se přímo podílí na tvorbě latentního obrazu. Zesilující folie převádí cca 30 % absorbovaných rentgenových fotonů na poměrně velké množství světelných fotonů, které pak exponují film (fotoelektrický efekt). Standardní kazety používají pár folií a oboustranně polévaný film. Mamografie používá jednu folie a jednostranně polévaný film.

Rentgenový film

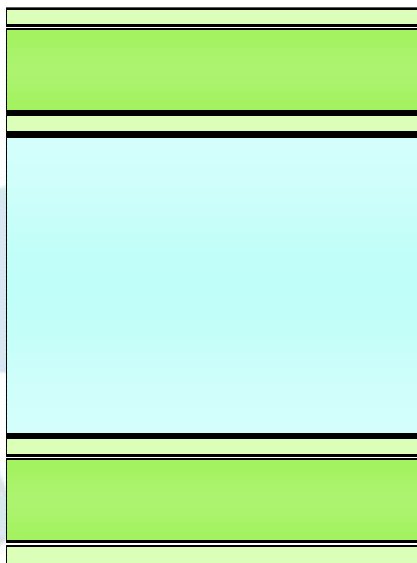
Typ filmu: oboustranné polévaný

Použití: všeobecná radiografie
snímkování plic

krycí vrstva 0,9 μ m
emulze 3-5 μ m
mezivrstva 0,2 μ m

polyesterová μ m
podložka 180 μ m

mezivrstva 0,2 μ m
emulze 3-5 μ m
krycí vrstva 0,9 μ m



Typ filmy: jednostranné polévaný

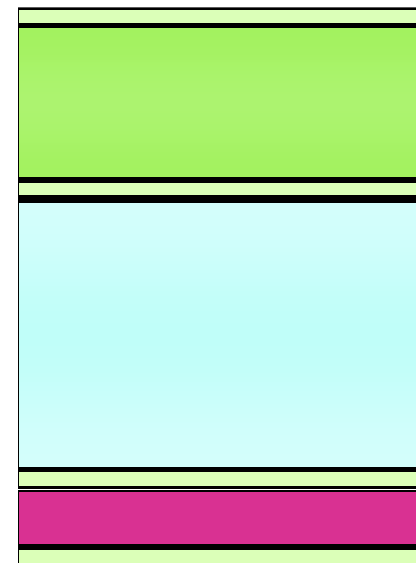
Použití: mamografie
video (MF kamery)
IR (Laser kamery)

krycí vrstva 0,9 μ m
emulze 3-5 μ m

mezivrstva 0,2 μ m

polyesterová
podložka 180 μ m

mezivrstva 0,2 μ m
protizávojová
vrstva 2 μ m
krycí vrstva 0,9 μ m



Rentgenový film:

Struktura: jednostranně polévaný – oboustranně polévaný

Spektrální citlivost: modro citlivý – zeleno citlivý – ultrafialově citlivý

Podložka: polyester s modrým nádechem

Emulze: vytvořena směsí želatiny a halogenidu stříbra (Bromid stříbrný AgBr). Většina emulzí rtg filmů je vyrobena z 90 - 98% bromidu stříbra a 2 - 10% jodidu stříbrného – fotograficky aktivní podložky, která působením světla a rtg záření je schopna vytvořit latentní obraz.

Filmová emulze je kryta matovou ochrannou polymerní vrstvou. Film je vyroben se specifickou charakteristikou citlivosti, kontrastu a rozlišení.

Je spektrálně citlivý v určité oblasti spektra (modrá, zelená, UV).

Jednostranně polévaný pro mamografii MF a IR kamery, oboustranně polévaný pro všeobecnou skiografii. Jednostranně polévané filmy mají vyšší schopnost zobrazení detailu, ale nutno použít větší dávky. U oboustranně polévaných filmů dochází k paralaxnímu jevu (neostrost). Speciální filmy – duplikační, pro multiformátové a laserové kamery.



evropský
sociální
fond v ČR



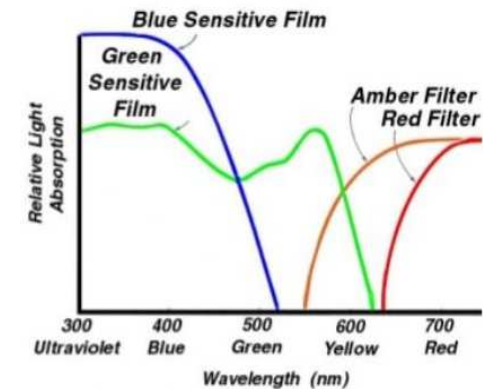
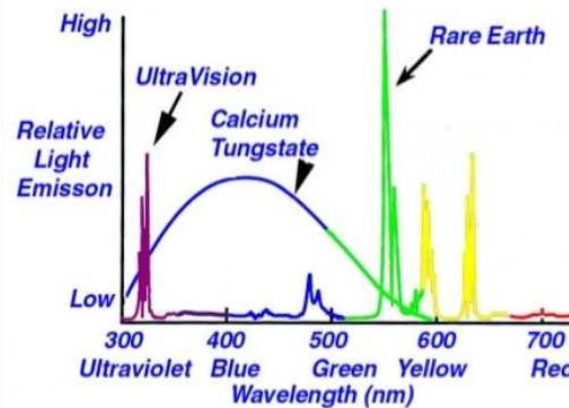
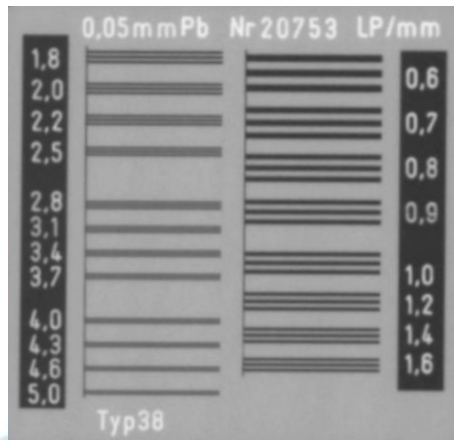
EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

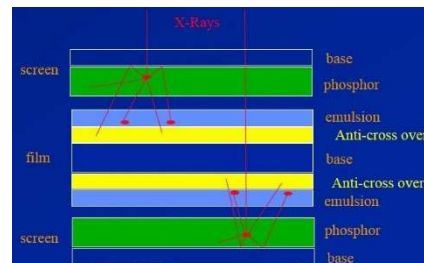
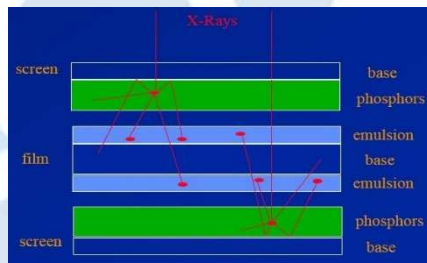
PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Citlivost filmu (Speed): závisí od velikosti krystalů, toušťky a struktury emulze, použitý typ folií. Velikost krystalů halogenidu stříbra a tloušťka emulze určuje citlivost filmu a úroveň rozlišovací schopnosti filmu.



Citlivost je závislá na počtu fotonů, rozlišovací schopnost je dána možností zobrazení detailu. Větší citlivost = nižší dávka, ale snížení schopnosti rozlišení.

Rentgenový film je citlivý na: světlo, rtg záření, gama záření, plyny, teplo, vlhkost, tlak, statickou elektřinu, stáří (expirace).



evropský
sociální
fond v ČR



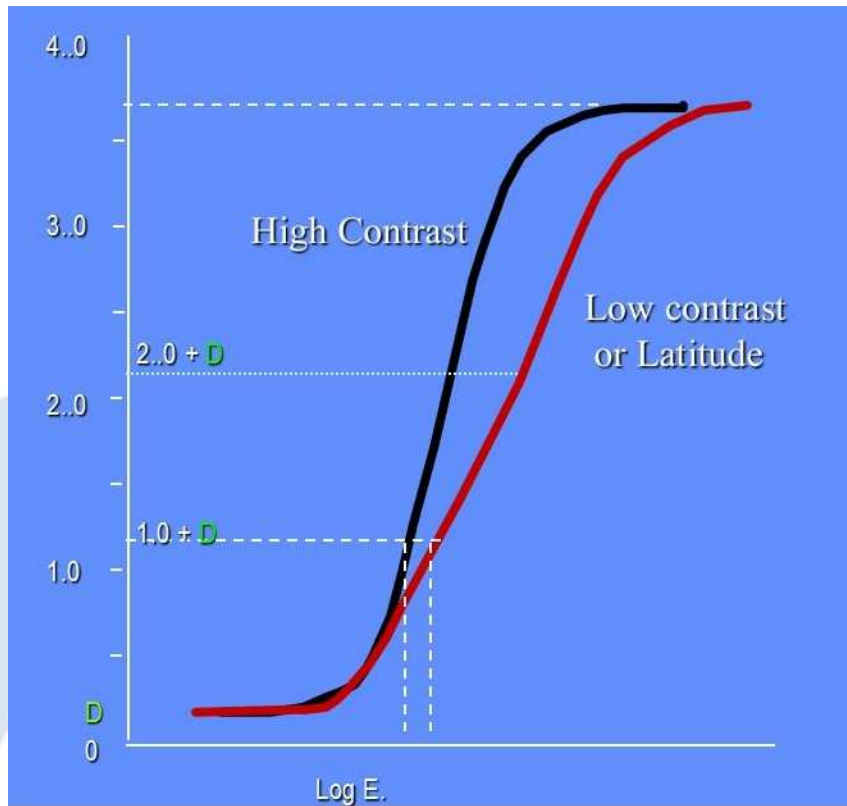
EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Senzitometrická křivka



- D-LogE křivka je analogická LUT pro film (Look Up Table)

Charakteristické body křivky:

- D_{\min} = hodnota závoje
- Citlivost (Speed) $D = 1,0 + D_{\min}$
- Kontrast $D = (0,25 + D_{\min}) / (2,0 + D_{\min})$
- Min. kontrast $(0,1 + D_{\min}) / (0,50 + D_{\min})$
- Max kontrast $(1,5 + D_{\min}) / (2,5 + D_{\min})$
- D_{\max} = hodnota zčernání na 21 poli

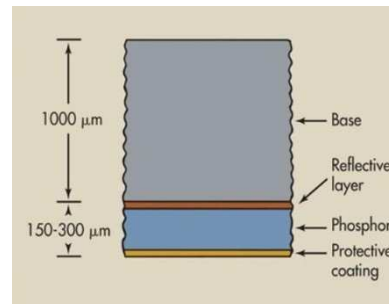
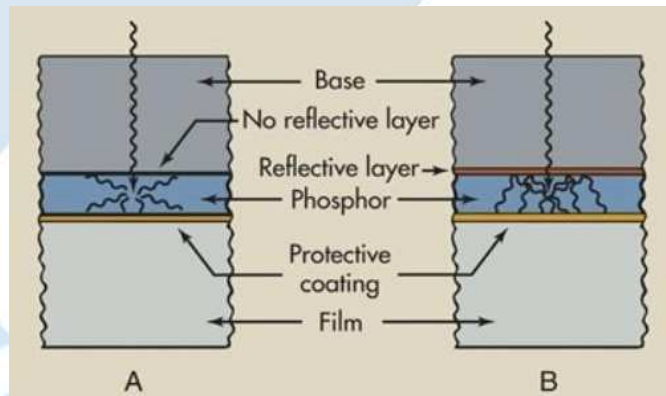
Zesilovací folie – konstrukce, materiály a typy, citlivost

Konstrukce – podložka, reflexní vrstva oxidu titanu, vrstva luminoforních krystalů, krystaly velikosti 3 – 12 μm v několika vrstvách (zesilující účinek x detail), ochranná vrstva proti mechanickému poškození a vlhkosti.

Materiály:

Klasické folie: Wolfram vápenatý CaWO_4 (modře emitující citl. 100-200).

Folie ze vzácných zemin: Lanthan Oxid bromid aktivovaný Thuliem ($\text{LaOBr}:\text{Th}$) (modře emitující, citl. 100 – 800); Gadolinium Oxid Sulfát aktivovaný Terbiem ($\text{GD}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}$) a Yttrium Oxid Sulfát ($\text{Y}_2\text{O}_2\text{S}:\text{Tb}$) (zeleně emitující, citl. 100 - 1200) a nebo folie emitující v oblasti UV záření na bázi Baria ($\text{Ba FCl}::\text{Eu}_2+$ a $\text{BaSO}_4:\text{Eu}_2+$).

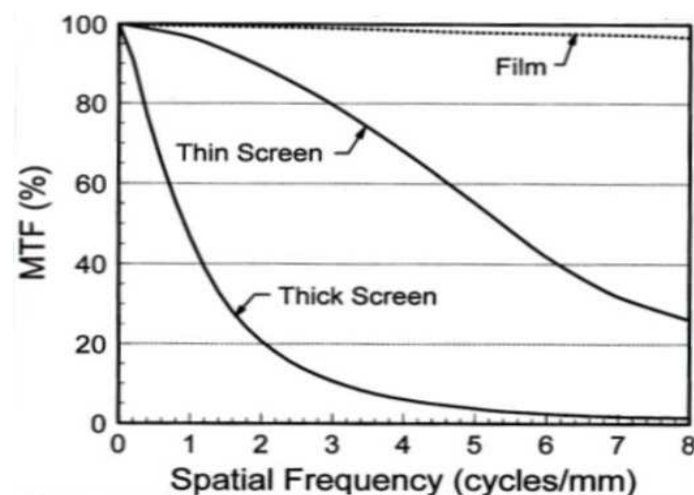
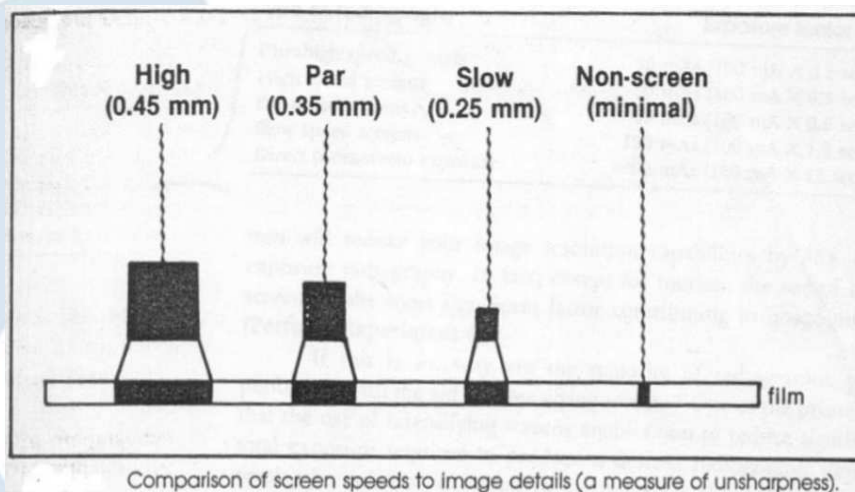


Citlivost zesilovacích folií (zesilovací faktor - Speed):

Zesilovací faktor - schopnost zesilovací folie přeměny rtg záření na světlo. Každý rentgenový foton generuje cca 1000 světelných fotonů. Přibližně 50 % z těchto světelných fotonů je aktivních na filmu. Okolo 100 světelných fotonů je schopno vytvořit latentní obraz na filmu.

Zesilující faktor je poměr vzdušné kerry, kdy $D=1$ pro samotný film bez folie. Citlivost (Speed) = $1000/K$, K je kerma ve vzduchu v μGy .

Typická hodnota citlivosti je 400, což odpovídá kermě $2,5 \mu\text{Gy}$; citlivost 200 odpovídá kermě $5 \mu\text{Gy}$. (vyšší citlivost = nižší dávka, ale menší detail). Zesilovací faktor: poměr expozice bez folie ku expozici s folií.



Vyvolávací proces

Chemickou reakcí dochází k přeměně latentního obrazu na viditelný obraz. Ve vývojce získáme vyvoláním filmu tento viditelný obraz, který je ale viditelně pořád ještě zastřený. **Ve vývojce** při vyvolávání dochází k redukci bromidu stříbrného. Zbylé amorfnní stříbro pak zůstává na filmu, kde má různou intenzitu zčernání podle intenzity osvitu, nebo ozáření. Uvolněný brom se stává součástí vývojky a tím vyčerpává vývojku = nutná regenerace, nebo prodloužení doby vyvolávání (bromid draselný a bromid sodný). Naopak pokud je vývojka čerstvá, musí se do ní přidat správné množství tzv. startéru aby se snížila její strmost. V opačném případě budou snímky velmi kontrastní a černé. Vývojka je pH zásaditá, vyčerpává se vyvoláváním a stárnutím – oxidací. Proto se vybavuje plováky na hladině regenerace. Z důvodu oxidace bývají vývojkové tanky manuálního vyvolávání užší, než tanky ustalovače. Pokud je to možné, používáme vodní mezioplach. Kromě antioxidačních látek obsahuje také protizávojové látky. Do vývojky se nikdy nesmí dostat ustalovač.

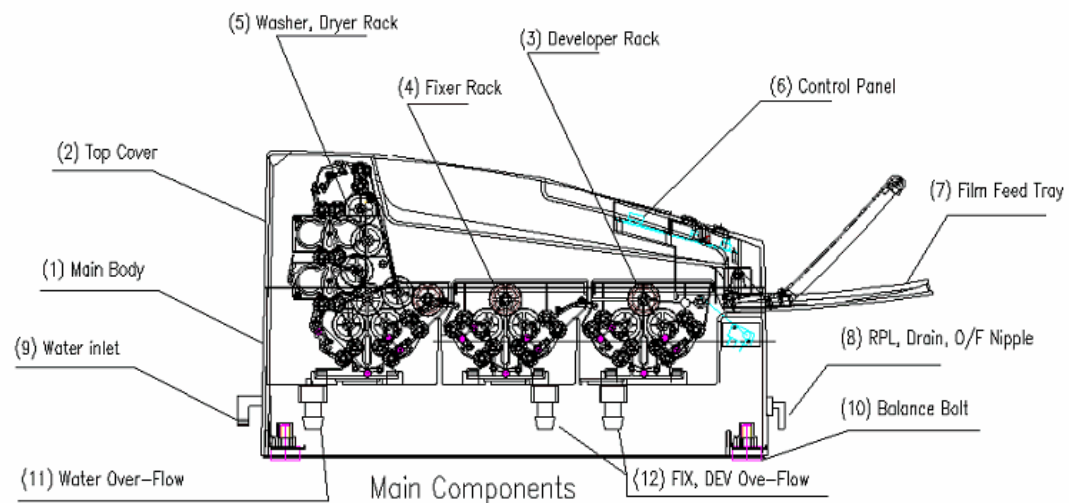
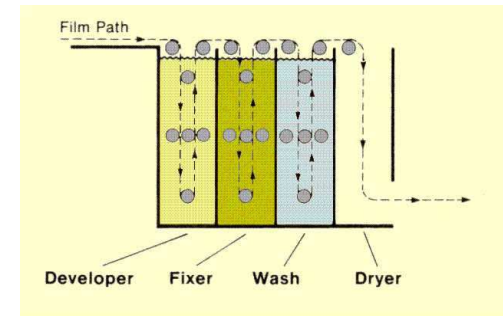
V ustalovači (thiosulfát sodný) dochází k rozpouštění a následnému vymytí halogenových granulí, které nebyly ozářeny (bromidustříbrného) z citlivé vrstvy filmové emulze aby nedocházelo na světle k jeho dalším změnám. Tím se zastaví proces vyvolávání a působením tvrdidla se film vytvrdí, aby byl opticky stabilní pro archivaci. Také ustalovač se musí regenerovat. V případě, že bude regenerace nedostatečná, vzniknout na filmu mlhavé skvrny (nedostatek sirnatanu) a jeho sušící proces bude trvat podstatně déle. Po ustálení je film nutno vyprat ve **vodní lázni** a následně **usušit** v sušičce nebo sušící sekci vyvolávacího automatu. Vyčerpaný ustalovač obsahuje soli stříbra, které se zpětně získávají. Správné vyčerpání ustalovače by mělo být okolo 8g Ag / 1l ustalovače.



Ruční vyvolávací proces by měl být v závislosti na teplotě vývojky (okolo 20°C) 5 min vyvolávání, 10 min ustalování a cca 20 min praní ve vodní lázni.

Vyvolávací automat

- 4 sekce: vývojka, ustalovač, voda, sušení
- cirkulační čerpadla a temperování vývojky a ustalovače
- regenerační čerpadla a regenerační nádoby
- přesná teplota vývojky a řízený průchod filmu
- přívod vody
- nádoby na odpadní chemikálie



Automatické vyvolávací procesy jsou závislé od přesné teploty vývojky (33 – 36°C). Celý vyvolávací proces většinou trvá 90 sec. (standardní proces) až 210 sec. (mamografie). Doba cyklu zpracování filmu se měří od vložení filmu do vstupních válečků automatu po vypadnutí ze sušící sekce. Rapid proces má délku vyvolávacího procesu 45 sec. Při teplotě okolo 36°C (speciální film a chemie). Pro optimální vyvolávací proces je nutno dodržet tyto pravidla: optimalizovat vyvolávací proces; nastavit správnou regeneraci vývojky a ustalovače (cca 0,5l / 1 m²); podle potřeby doplňovat regenerační tanky pro dostatečnou regeneraci; hladinu vývojky v regeneračním tanku zakrývat plovákem pro eliminaci oxidace); každý den provádět kontrolu vyvolávacího procesu vyvoláváním testovacího filmu se senzitogramem; testovací film vyhodnotit pomocí denzitometru a výsledky měření zanechat do grafu a porovnat s výchozími hodnotami; pravidelně chemicky čistit vyvolávací automat (každé 3 měsíce).

Systémy pro vyvolávání za denního světla - daylight

- odpadá nutnost temné komory, je nutno nabíjet pouze zásobníky filmů
- kazety určené pro provoz daylight
- zařízení pro nabíjení a vybíjení kazet a následné vyvolání
- zásobník filmů podle formátu
- integrovaný vyvolávací automat
- odsávání par chemikálií a tepla ze sušení
- automixer

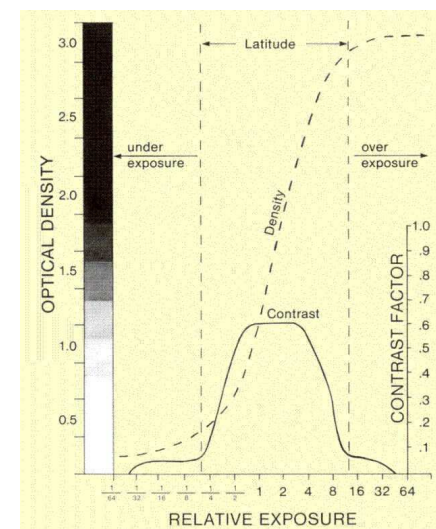
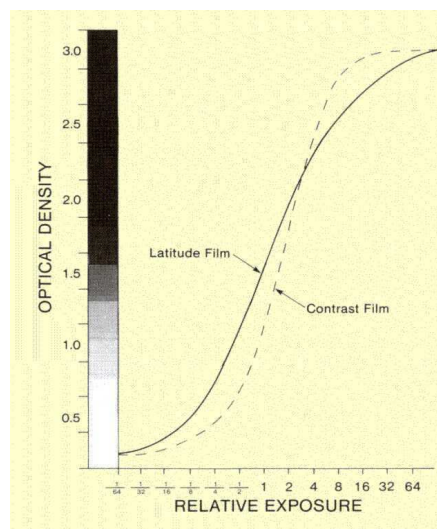
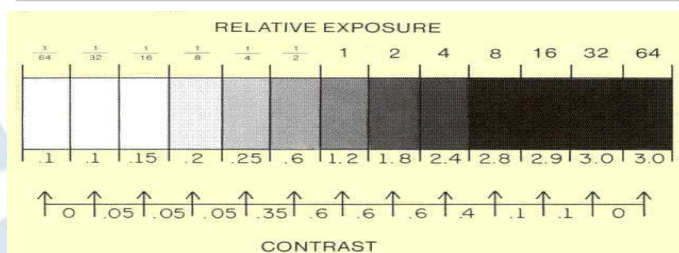
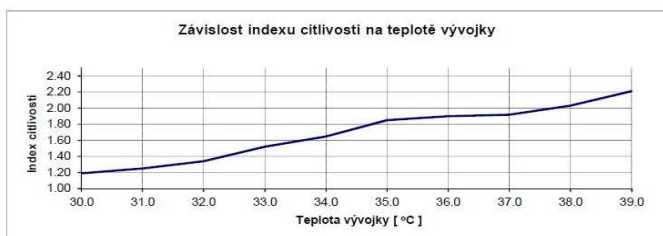
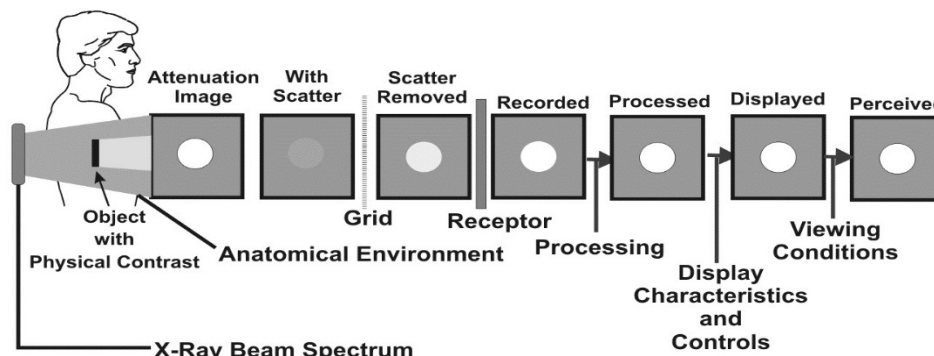


Nastavení vyvolávacího procesu

- optimalizace a nastavení vyvolávacího procesu (t/T) (senzo/denzo)
- stanovení centrální OD 1,4 – 1,8 (fantom, senzo/denzo & AEC)

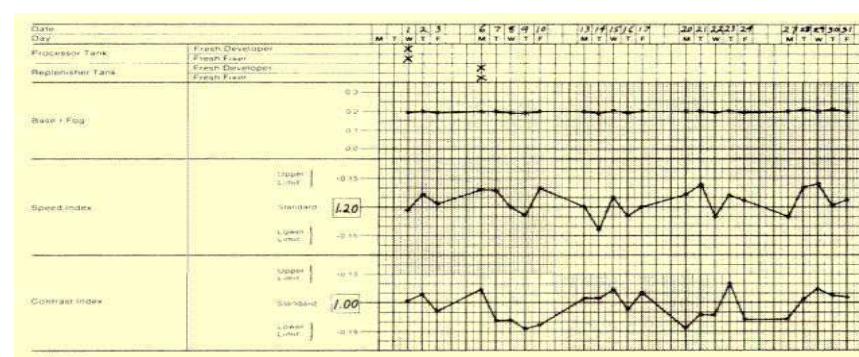
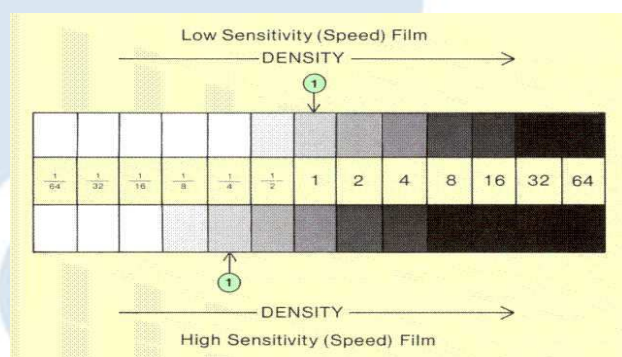
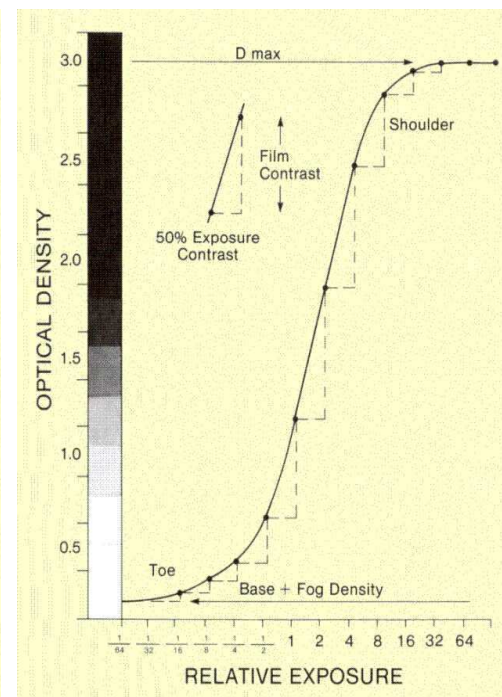
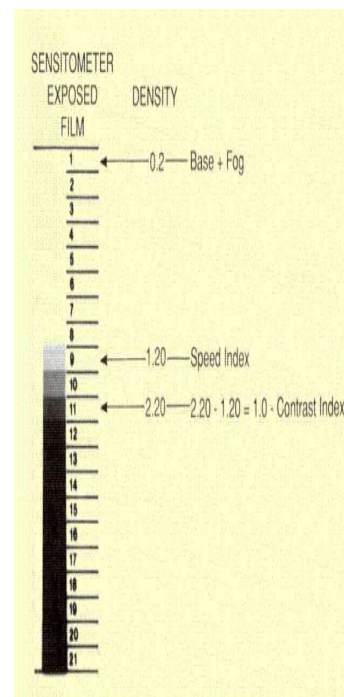
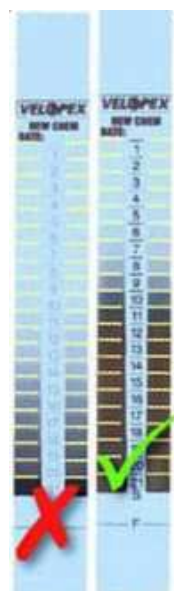
Tabulka naměřených hodnot

T [°C]	Expoziční krok																							σ	σ_1	σ_2
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21					
30.0	0.21	0.22	0.22	0.22	0.22	0.24	0.29	0.38	0.64	1.19	2.34	3.20	3.79	3.89	3.86	4.21	4.22	4.27	4.30	4.29	0.21	1.19	1.96			
31.0	0.22	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.25	0.30	0.40	0.66	1.25	2.41	3.26	3.81	3.92	4.01	4.22	4.23	4.26	4.31	0.22	1.25	2.01			
32.0	0.22	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.26	0.31	0.43	0.70	1.34	2.61	3.49	3.84	3.96	4.06	4.24	4.25	4.29	4.31	0.22	1.34	2.18			
33.0	0.22	0.23	0.23	0.24	0.25	0.28	0.34	0.47	0.79	1.52	2.79	3.65	3.86	3.99	4.10	4.24	4.26	4.31	4.32	4.31	0.22	1.52	2.32			
34.0	0.23	0.23	0.24	0.24	0.25	0.28	0.35	0.50	0.84	1.65	2.96	3.72	3.89	4.01	4.15	4.25	4.29	4.33	4.33	4.33	0.23	1.65	2.46			
35.0	0.23	0.23	0.23	0.23	0.25	0.26	0.29	0.37	0.55	0.95	1.85	3.00	3.84	3.91	4.09	4.18	4.28	4.30	4.33	4.34	0.23	1.85	2.46			
36.0	0.23	0.23	0.24	0.24	0.25	0.26	0.30	0.39	0.57	0.99	1.90	3.01	3.84	3.97	4.13	4.21	4.30	4.31	4.34	4.34	0.23	1.90	2.44			
37.0	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24	0.25	0.29	0.39	0.59	1.02	1.92	3.06	3.58	4.00	4.17	4.26	4.32	4.31	4.35	4.35	0.23	1.92	2.47			
38.0	0.23	0.23	0.23	0.25	0.27	0.31	0.41	0.64	1.10	2.03	3.09	3.61	4.01	4.18	4.29	4.32	4.32	4.36	4.35	4.34	0.23	2.03	2.46			
39.0	0.23	0.23	0.24	0.25	0.25	0.28	0.33	0.45	0.72	1.23	2.21	3.21	3.69	4.06	4.23	4.31	4.33	4.34	4.36	4.36	0.23	2.21	2.49			



Senzitometrická křivka a kontrola vyvolávacího procesu

- charakteristická senzitometrická křivka
- základní závoj filmu
- stupeň zčernání
- index citlivosti
- index kontrastu
- maximální denzita
- kontrola kvality v čase



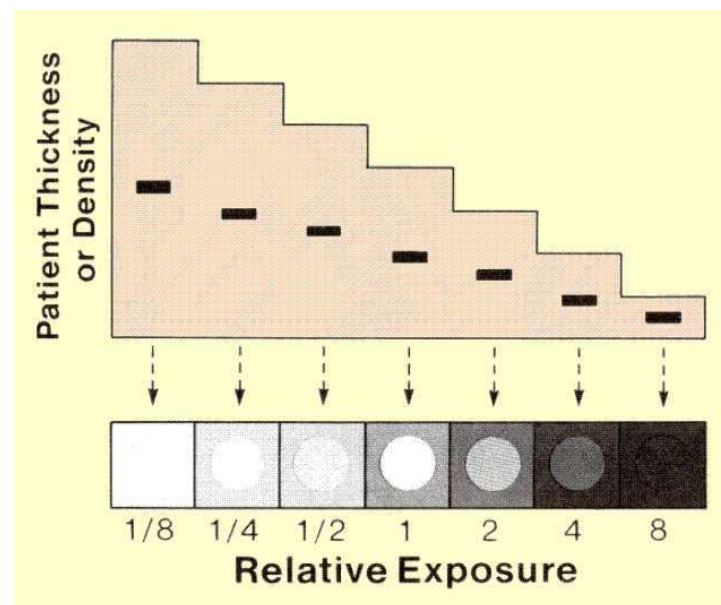
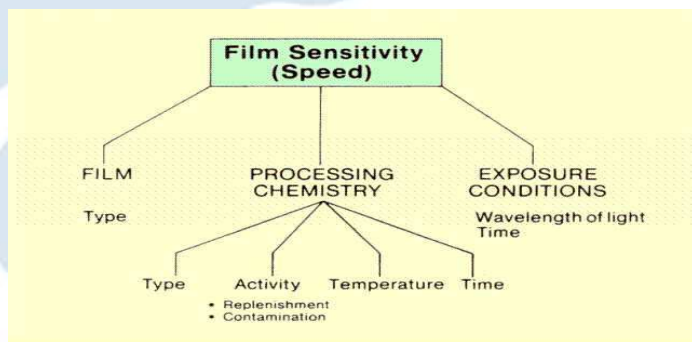
Stupně zčernání

Vnější vlivy:

- citlivost filmu a zesilovací fólie
- koeficient absorpce v sekundární cloně a v objektu
- vlastní a přídavná filtrace
- Správné nastavení vyvolávacího procesu

Hlavní činitelé:

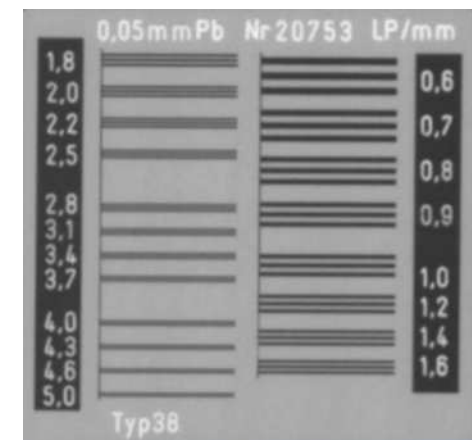
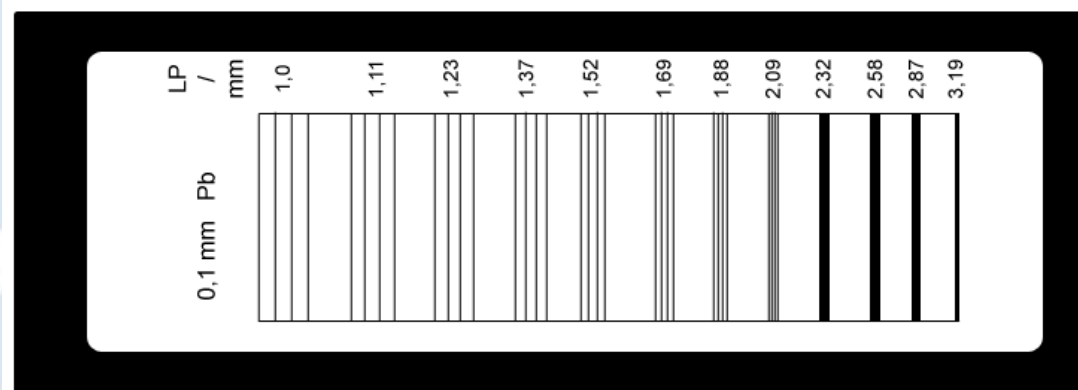
- anodový proud
- expoziční čas
- mAs
- anodové napětí a vzdálenost FOD



Rozlišovací schopnost

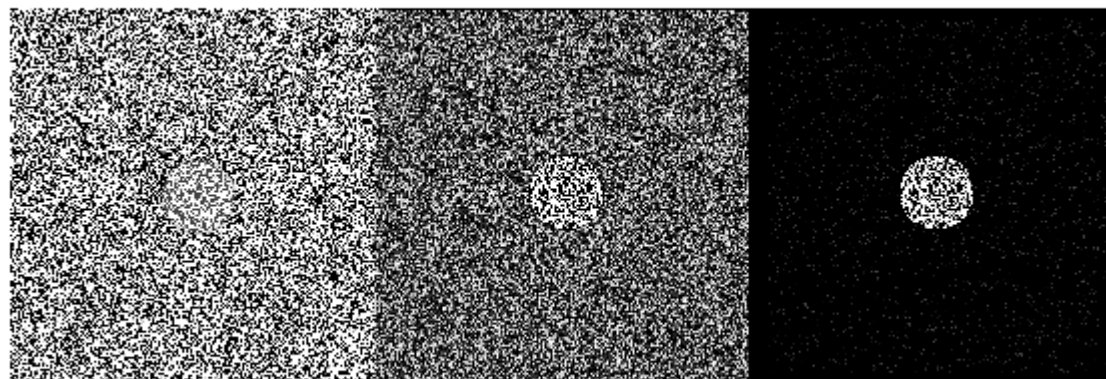
Diagnostická kvalita obrazu je dána rozlišovací schopností kombinace film - folie (vysoký a nízký kontrast).

Rozlišovací schopnost při vysokém kontrastu je definována rozlišením dvou kontrastních bodů ležících vedle sebe jako počet párů čar na 1 mm. 1 pár je modulací černé a bílé, kdy ještě rozeznáme na filmu poslední černou a bílou čáru (poslední pár) v šumu obrazu. Pomůcka pro měření rozlišovací schopnosti je čárový fantom.



Rozlišovací schopnost při nízkém kontrastu je definována schopností viditelnosti, respektive rozlišitelnosti dvou objektů s velmi malým rozdílem absorpčního koeficientu (nízký kontrast), kdy nezáleží na velikosti těchto objektů. Nesmí být však větší, než velikost šumu projeveného v obraze. Dolní mez rozlišovací schopnosti při nízkém kontrastu určuje šum v obraze - šum, který vzniká v systému.

Na obrázku je znázorněno zobrazení signálu v poměru signál/šum 1:1, 2:1, 5:1.



1:1

2:1

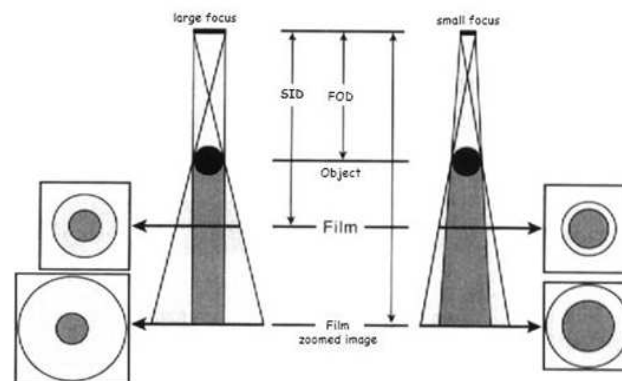
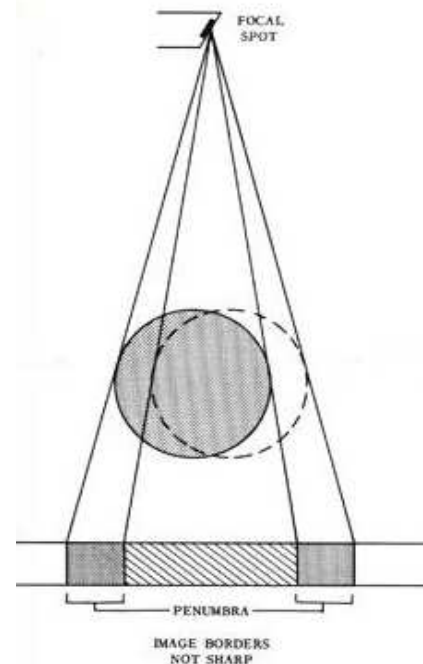
5:1



Ostrost a jas

Ostrost snímku je udávána rozlišovací schopností, což je vlastně kvalita snímku. Opakem ostrosti je neostrost. Ta je buď pohybová, nebo geometrická. Pohybovou neostrost eliminujeme co nejkratšími expozičními časy a dobrou fixací vyšetřovaného objektu. Geometrickou neostrost můžeme minimalizovat co největší vzdáleností ohnisko – objekt a co nejmenší vzdáleností objekt – film a dále zmenšením ohniska a zúžením svazku záření. Ostrost je také závislá na kvalitě použitého filmu v kombinaci se zesilovací folií.

Jasem snímku je udávána relativní světlost nebo tmavost odstínu šedé.



Temná komora

Požadavky - 10 m² s mokrým pracovištěm; 6 m² s vyvolávacím automatem; 2 - 4 m² zubní temná komora; kazetový vhoz.

Vybavení - manipulační stůl se světlotěsným zásobníkem filmů a omyvatelným povrchem desky; kazetový vhoz; vyvolávací automat; mokré pracoviště vybaveno zásuvkami a spotřebiči na 24V.

Osvětlení – červené nebo žluté světlo pro vyvolávání modrocitlivých filmů, červené pro vyvolávání zelenocitlivých filmů.



Světlá komora

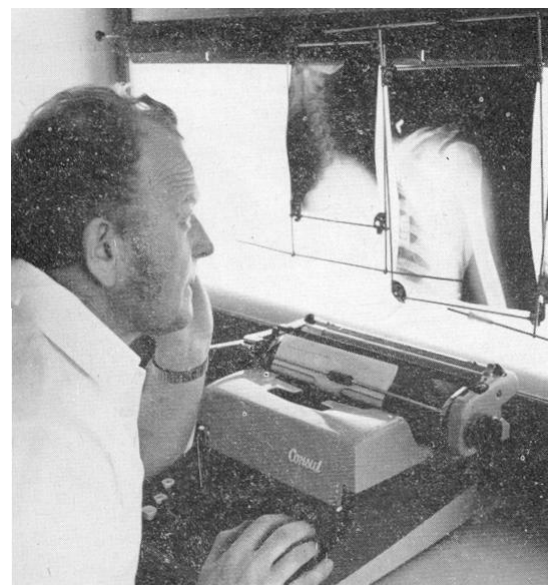
Požadavky - 10 m² s mokrým pracovištěm; u vyvolávacího automatu světlá komora být nemusí.

Vybavení – ID kamera (signofoto); negatoskop; sběrné barely na vyčerpané chemikálie; oddělené skříně s filmovým materiálem a chemikáliemi.



Čtení rentgenogramů

- proces vyhodnocování snímků zobrazení
- místnost a světlo okolí
 - požadavky na osvětlení místnosti:
osvětlení místnosti ≤ 100 lux
- negatoskop a správné nastavení svítivosti negatoskopu
 - požadavky:
jas negatoskopu ≥ 2000 cd.m⁻²
homogenita jasu ≤ 30 %
- metodika vyhodnocení
 - dvojitý čtení



Archivace rtg snímků

Prostory vymezené k archivaci snímků. Suché, bez přístupu slunečního svitu, temperované. Velikost dle provozu a velikosti pracoviště.

Archivační systém obálek s možností dohledání a přístupu.

Archivační kartotéka.

Skartace – likvidace k vytěžení stříbra.

Archivace standardních snímků 3 roky, plicní choroby až 30 let



Artefakty

Typy artefaktů:

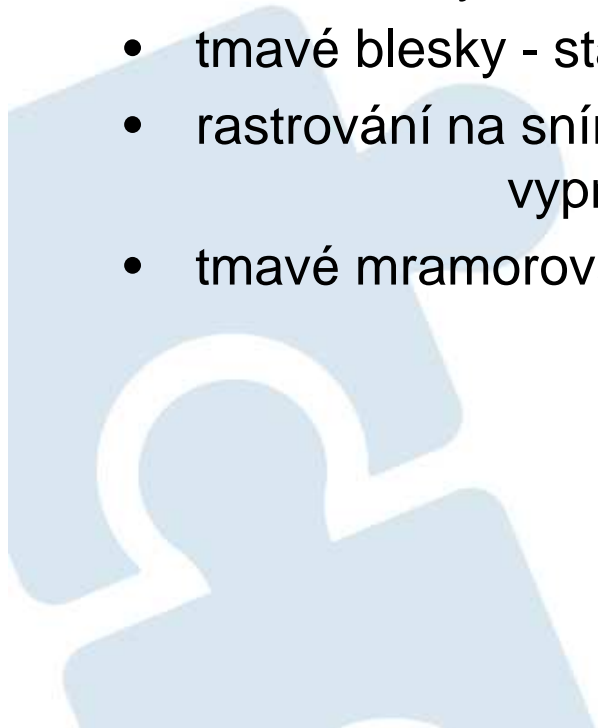
Během expozice: jsou způsobeny pacientem, radiologickým asistentem, nebo přístrojem během provádění vyšetření (špatný kontakt film/folie, nevhodné použití, nebo pozice sekundární mřížky, dvojitá expozice, pohyb pacienta, špatná příprava pacienta, oblečení, šperky, brýle, náramky atd.)

Při zpracování: Jsou způsobeny nebo nastanou během vyvolávacího procesu (skvrny způsobené znečištěnými válečky, špatně vyvolané, nebo ustálené, mohou vytvářet různé zbarvení na filmu, vysoký závoj atd.)

Při manipulaci: jsou způsobeny manipulací s filmem před expozicí a po expozici a skladování. (otisky prstů, nehtů, tlakem na film, statická elektřina, poškrábání atd.)

Technické vady rentgenogramů – tmavé body

- černé body - prach, kovové piliny, bakterie, postříkání filmu vývojkou
- černé skvrny - nepravidelné fleky při okrajích, pronikání světla do kazety nebo krabice
- tmavé pŕlměsíčky - tlak nehtů na film
- tmavé čárky - zlomení filmu
- tmavé blesky - statický výboj
- rastrování na snímku - špatný pohyb sekundární clony, nebo vypnutá sekundární mřížka
- tmavé mramorování - skladování ve vlhku



Technické vady radiogramů světlé body

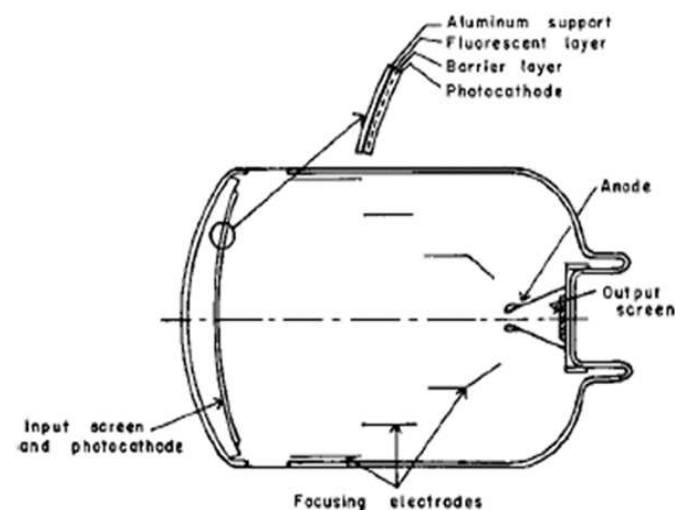
- bílé body - cizí těleso mezi folií a filmem, bakterie
- bílé skvrny - skvrny na fóliích, potřísnění nemocného nebo náradí kontrastní látkou, otisky mastných prstů na fólii, potřísnění filmu ustalovačem, slepení filmů
- šedý závoj - prošlé filmy, ozáření mírným světlem či rtg zářením
- dichroitický závoj - znečištěná vývojka či ustalovač vzájemně, vyčerpaný ustalovač



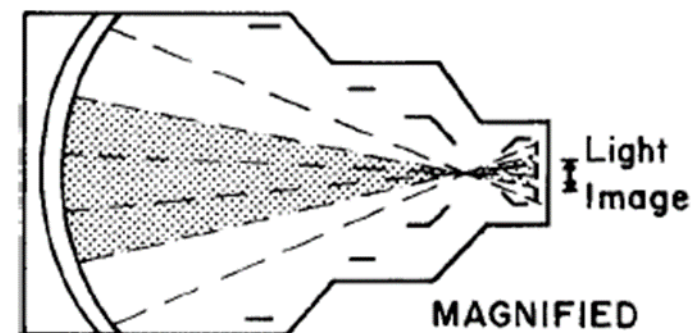
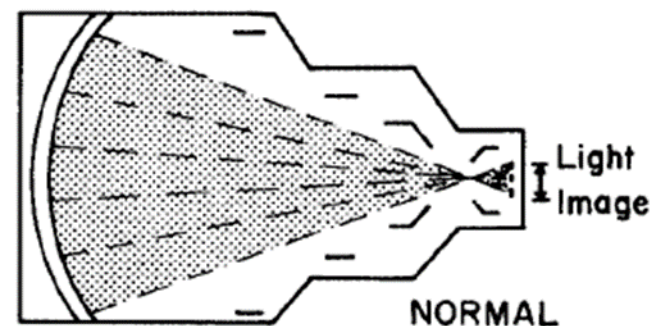
Obrazový rtg zesilovač

Zesilovač rtg jasu je zařízení, které konvertuje latentní rtg obraz na odpovídající světelný obraz za použití dodatečné energie k jeho zesílení (zvýšení jasu). Většinou se jedná o elektrooptický vakuový prvek se vstupním fluorescenčním stínítkem v optickém kontaktu s fotokatodou, ve kterém se tvoří latentní elektronový meziobraz, který se s použitím další energie (využívá se k zesílení signálu) mění na výstupním fluorescenčním stínítku na světelný obraz s vyšším jasnem.

- zmenšení výstupní plochy a zesílení intenzity světla akcelerací elektronů s vyšší produkcí světla
- vstupní fluorescenční vrstva (CsI)
- fotokatoda (SbCsO) odrazová Al vrstva
- 25 – 40kV mezi anodou a katodou
- skleněné a metalické pouzdro
- vzniká magnetické pole a zkreslení
- snížení dávky záření (závisí na době skiaskopie)



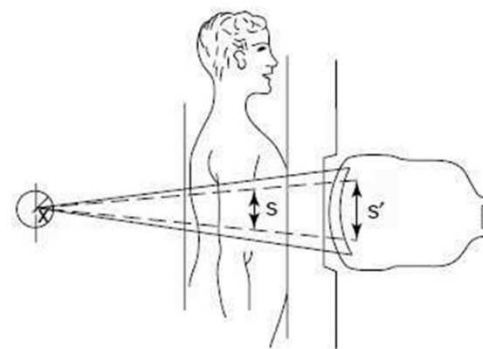
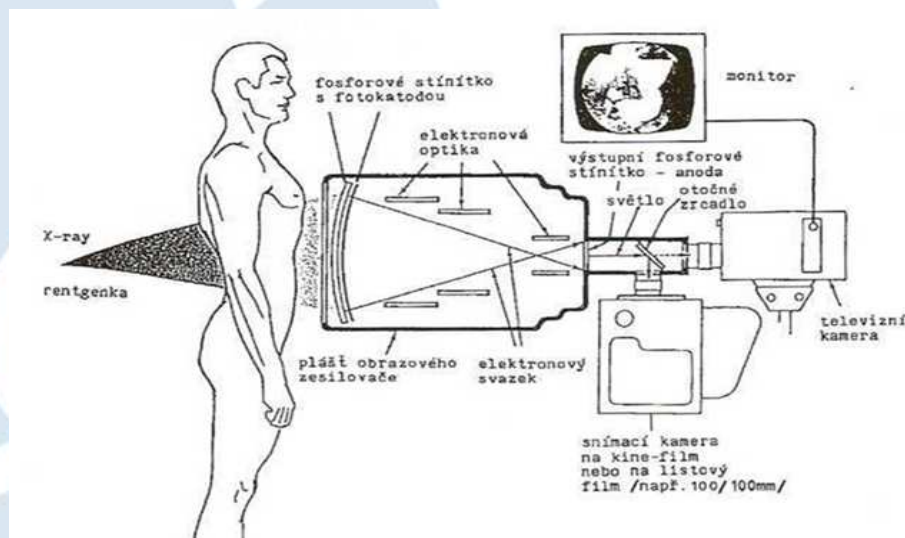
- zoom (dual- and triple-field) změnou napětí usměrňovacích katod
- 40 cm – 22,5 cm – 15 cm – 11 cm
- skiaskopie, angiografie, C-ramena



Skiaskopie

Používáme pro potřeby sledování dynamických procesů jako GIT, angiografie, kardiografie a jiné invazivní výkony.

Zesilovač rtg obrazu se používá v kombinaci s TV kamerou, jednotkou pro zpracování videa – TV monitor (TV řetězec). TV kamera se používá k převodu již viditelného obrazu z výstupního stínítka zesilovače obrazu na elektrický video signál. V současné době se používají dva typy kamer: vakuová elektronka a monolitický snímač CCD, nebo CMOS. TV řetězec se používá pro dynamické zobrazování ve skiaskopickém režimu. (Skiaskopicko skiagrafické sklopné stěny, dálkově ovládané sklopné stěny, C – ramena, angio a cathlab systémy)



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



OPERAČNÍ PROGRAM
LIDSKÉ ZDROJE
A ZAMĚSTNANOST

PODPORUJEME
VAŠI BUDOUCNOST
www.esfcr.cz

Závěr

Ve skiografii využíváme luminiscenční a fotochemický efekt.

Biologický efekt ve skiografii se snažíme eliminovat a minimalizovat vypracováním a uplatňováním standardizace práce a průběžnými kontrolami celého zobrazovacího řetězce.

Naproti tomu biologického efektu cíleně využíváme v radioterapii k léčbě nádorových onemocnění.

Analogový systém jako takový stále existuje a bude dlouho existovat vedle plně digitálních modalit DR. Jeho stávající využití je jak pro použití u stacionárních rtg přístrojů, tak hlavně u mobilních rtg přístrojů, kdy jsou systémy používány buď s CR technologií a nebo pomocí tzv. retrokitů “digitalizovány” (přenosné flat panely).