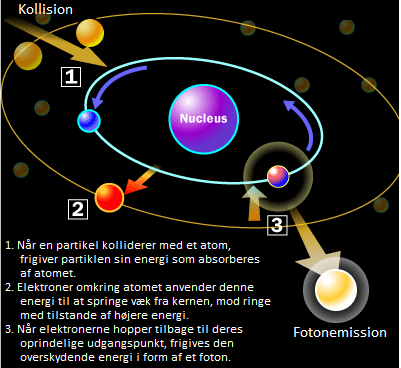
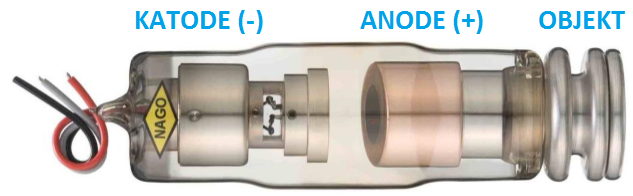
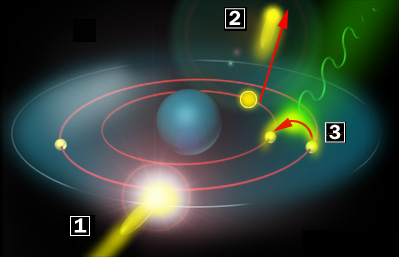
**OBS SE NEDERST I DOKUMENT FOR MANGLER  
Hvad er røntgenstråling?**Røntgenstråling kan ligesom synligt lys defineres som *elektromagnetisk energi båret af fotoner.*   
Den eneste forskel mellem røntgenstråler og synligt lys findes i strålernes respektive bølgelængder.  
Den elektromagnetiske energi i røntgenstråler er relativt høj og har en bølgelængde på ca. 10 nanometer - røntgenstråling er *ikke* *synligt* for det blotte øje.   
Den elektromagnetiske energi i synligt lys er relativt lav og har en bølgelængde på ca. 50 nanometer – synligt lys er som navnet afslører *synligt* for det blotte øje.   
Forskellen i bølgelængder mellem synligt lys og røntgenstråler beror altså på energiniveauet i de respektive fotoner der fremkalder de to strålingstyper.   
Hvordan denne energiniveaumæssige forskel i fotonerne opstår, ser vi på i følgende.

1. Introduktion*”Hvad er røntgen og hvordan fungerer det i praksis?”*

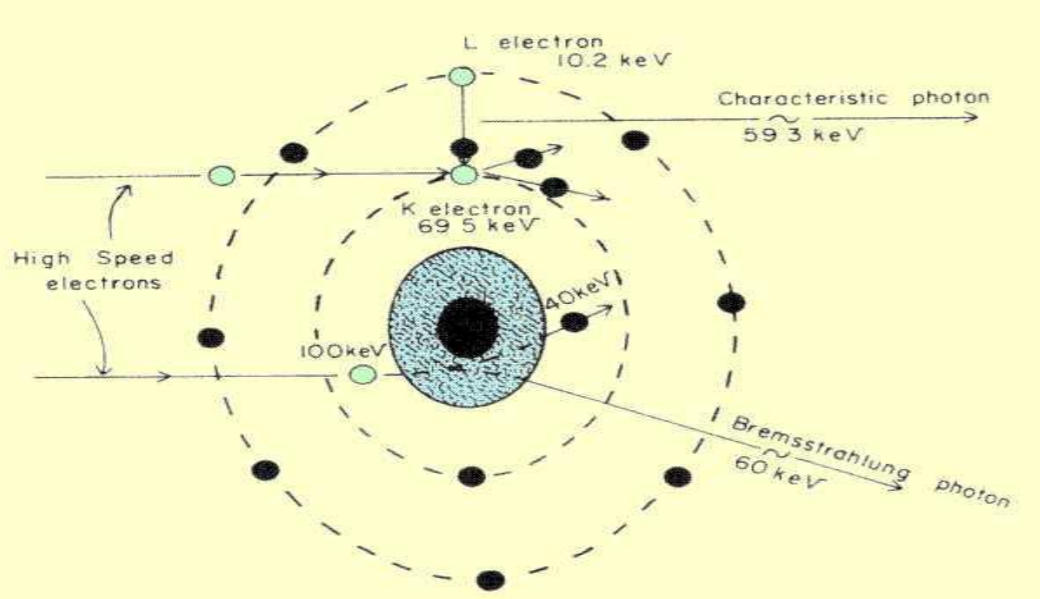
**Hv**

**Hvordan opstår røntgenstråler?**Røntgenstrålefotoner opstår, ligesom synligt lys, som følge af elektroners bevægelse mellem et atoms skaller.  
Et atom består af en kerne, omgivet af skaller eller ringe. Disse ringe bebos af elektroner med forskellige energiniveauer. Jo længere væk ringen er fra kernen, jo højere energi findes der i ringens elektroner. Elektroner i én ring har tilnærmelsesvist samme energiniveau sv.t. den ring de befinder sig i.   
  
Hvis en elektron bevæger sig fra én ring til anden, som vel at mærke befinder sig *tættere* på kernen (og dermed til en tilstand af et lavere energiniveau), frigiver elektronen sin overskydende energi i form af en foton! Energiniveauet i fotonen er således bestemt af, hvor *langt* elektronen har bevæget sig i retning mod kernen. Det er (som sagt) dette energiniveau som afgør fotonens bølgelængde, og derfor hvorvidt der er tale om eksempelvis synligt lys eller røntgenstråler.   
 *Hvis elektronen kun har rykket sig en enkelt ring tættere på kernen kan man således forestille sig at energiniveauet i den frigivne foton svarer til synligt lys, mens en elektron der bevæger sig to ringe tættere på kernen måske frigiver en foton med et energiniveau svarende til røntgenstråler.*   
Dette er kun et eksempel der tjener til forståelsen – ikke nødvendigvis en nøjagtig afspejling af virkeligheden!  
  
**Hvordan absorberes røntgenstråler?**Når en foton frigivet fra ét atom (x) kolliderer med et andet atom (y), kan fotonens energi blive absorberet i sidstnævnte. Det sker ved, at elektroner omkring atomet (y), udnytter den tilførte energi til at bevæge sig til ringe *længere* væk fra kernen end den de inden energiabsorptionen bebor. For at en elektron skal være i stand til at skifte ring ifm. absorption af en fotons energi, skal den tilførte energi dog svare ret nøjagtigt til den energiforskel der findes, mellem de ringe som elektronen ønsker at bevæge sig. Hvis den tilførte energi fra fotonen er enten lavere eller højereend energiforskellen ringene imellem, sker der altså ikke et ringplaceringsskift. Hvis energien er *lavere,* er den utilstrækkelig og elektronen bliver på sin plads – energien absorberes ikke, hvorfor fotonen ’beholder den’ og ’lever videre’. Hvis energien omvendt er *højere* bliver elektronen enten siddende (på samme vis som før) eller slået ud af sit kredsløb om atomet. Dette sidstnævnte sker dog kun, hvis energien kun *akkurat* er højere end den energimæssige forskel der findes mellem de ringe, som elektronen forsøger at bevæge sig mellem. Man kan populært sagt sige, at elektronen i sit forsøg på at skifte ring, med den akkurat for høje energi, kommer til at ”hoppe” for langt, og i stedet for at lande på en ring længere væk fra kernen, kommer til at ryge ud i ”ingenting”. I begge tilfælde, altså ved både for høj og for lav energi, sker der altså ikke et ringplaceringsskift. Der kan dog ske en særlig form for absorption hvis energien i fotonen kun *akkurat* er for høj til at tillade et ringplaceringsskift. I så fald absorberes energien, ikke til et ringskift, men til at slå elektronen helt ud af sit kredsløb – og fotonen har således ’afleveret’ sin energi på bekostning af sit eget ’liv’ (og elektronens liv i kredsløbet).   
  
**Hvordan absorberes røntgenstråler i menneskekroppen?**  
Atomerne der udgør menneskekroppen er typisk gode til at absorbere fotoner forbundet med synligt lys på konventionel vis (dvs. ved ringplaceringsskift) – energiniveauet i disse synlige lysfotoner svarer nemlig typisk til de energiforskelle, der findes mellem disse atomers ringe.   
Radiobølgefotoner absorberes *ikke* da deres energiniveau er for lavt til at tillade ringplaceringsskift, mens røntgenstrålefotoner absorberes ved at slå elektroner helt ud af deres kredsløb om deres atomer. Røntgenstrålefotoner må altså have en energi der typisk er *lidt* *højere* end den energiforskel der findes mellem ”menneskeatomringene” (se ovenstående afsnit).   
  
Når en røntgenstrålefoton slår en elektron ud af sit kredsløb om et atom, omdannes atomet til en ion under frigivelsen af den negative ladning (e-). Det er af denne årsag, at røntgenstråling kendes som en form for **ioniserende stråling**. Røntgenstråling danner altså ioner. Af samme årsag udtrykkes røntgenstråling i *coulomb pr. kg* (den af ioniseringen fremkaldte ladning pr. masseenhed luft).   
  
Et stort atom er mere tilbøjeligt til at absorbere røntgenstråler på denne særlige vis, da de flere ringe (og dermed større energiniveaumæssige forskelle) i højere grad matcher røntgenstråle-fotonens energiniveau. Små atomer, med færre ringe, og dermed lavere energiforskelle er derimod mindre tilbøjelige til at ”absorbere” røntgenstråler på denne vis, da energiforskellene i ringere grad matcher røntgenstråle-fotonens energiniveau.   
Blødtvæv i kroppen udgøres for *mestendels* af små atomer, hvorfor blødtvæv altså dårligt absorberer røntgenstråling, mens hårdtvæv, såsom knogle, for mestendels består af større atomer (såsom calcium), og derfor bedre absorberer røntgenstråling. Røntgenstråling absorberes *aldrig* på konventionel vis, dvs. ved ringplaceringsskift, i de atomer der udgør menneskekroppen.

**Er røntgenstråling en form for radioaktiv stråling?**Nej. Radioaktiv stråling findes ikke - det gør derimod *ioniserende stråling*.   
Ioniserende stråling kan opstå,enten som følge af elektroners bevægelse mellem atomskaller (den proces der bl.a. frigiver røntgenstråler) eller som følge af radioaktivitet (ustabile atomkerner) under frigivelse af alfa-, beta- eller gammastråler. Røntgenstråler er altså ligesom de radioaktivitet udledte alfa-, beta- og gammastråler *ioniserende stråling* – og har ikke noget med radioaktivitet at gøre.  
  
  
**Hvordan virker røntgenapparatet?**Røntgenapparatets hjerte består af et elektrodepar kendt som katoden og anoden, pakket i et (lufttomt) glasvakuum. Katoden (-) er negativ og består af et strømgennemløbet metalfilament.  
Anoden (+) er positiv og består af Wolfram (tungsten); et stof som er opbygget af store atomer med mange ringe.   
  
   
Når strøm løber igennem katoden, varmes metalfilamentet op og der frigives elektroner fra dets atomer. Den tilførte termiske energi er således stor nok til at løsrive elektronerne fra deres ringe og sende dem ud af deres kredsløb om atomet. Disse frigivne elektroner (e-) tiltrækkes af den positivt ladede anode. På grund af den store spændingsforskel mellem katode og anode, flyver elektronerne med stor kraft komponenterne imellem.   
  
Når en elektron fra katoden kolliderer med et tungstensatom i anodens **fokus** – et lille 0,7 x 0,7 mm område på anoden bestående af en wolframplade indlejret i en kobberstang – dannes der to typer røntgenstråling.   
  
Disse to typer røntgenstråling benævnes **karakteristisk stråling** og **bremsestråling**.   
  
Karakteristisk stråling opstår, når en elektron fra katoden kolliderer med en *ring* i en af anodens tungstensatomer. Når dette sker, bliver en elektron fra ramte ring slået ud af sit kredsløb om tungstensatomet.   
En elektron placeret i en mere yderlig ring end den ramte, erstatter den bortløbne elektron. Da denne elektron bevæger sig mod en tilstand af lavere energi, bliver den overskydende energi frigivet i form af en foton. Således opstår **karakteristisk røntgenstråling**.   
**Karakteristisk røntgenstråling**

1. *Elektron, frigivet fra katoden, kolliderer med ring i et af anodens tungstensatomer*
2. *En elektron i ramte ring slås løs*
3. *En elektron i en af de ydre ringe kompenserer ved at erstatte det bortløbne elektron – den frigivne energi danner en ”røntgen-foton” (grøn)*

Foruden ovenstående mekanisme, kan også *frie* elektroner i røntgenapparatet danne fotoner på ”egen hånd” – med frie forstås her elektroner som altså *ikke* kolliderer med tungstensatomer i anoden! Disse elektroner farer derimod *forbi* tungstensatomerne, men afbøjes i deres bane, da atomkernerne de flyver forbi, så at sige ”trækker i dem” pga. deres tiltrækningskraft (protoner og neutroner giver atomkernerne en samlet positiv ladning). Hermed ændrer elektronerne retning og **taber fart** – og frigiver energi som omdannes til røntgenfotoner. Det at elektronerne taber fart, eller bremses, idet de giver ophav til røntgenstrålefotoner, har givet ophav til betegnelsen **bremsestråling**!   
  
Det er derfor korrekt at sige, at *røntgenrøret* eller *fokus* afgiver røntgenstråling – både i form af bremsestråling og karakteristisk stråling! Uanset hvilken type røntgenstrålingen er af, gælder der, at røntgenstrålingens *intensitet* aftager (eller er omvendt proportional med) kvadratet på afstanden.



Fokus i røntgenapparatet er stedet hvorfra røntgenstråling afgives fra anoden.   
Når fokus afgiver røntgenstråling siges fokus at være positivt – dette skyldes, at tungstensatomerne under dannelsen af karakteristisk stråling *mister* elektroner (e-) og derfor opnår en positiv ladning.   
  
Dét at fokus har et areal – i dentalrøntgenapparatet 0,7 x 0,7 mm – betyder, at røntgenstrålerne ikke udgår fra ét punkt. Røntgenstrålerne der afgives har derfor forskellige retninger og rammer det bestrålede objekt fra forskellige vinkler. Da der er afstand mellem objekt og røntgenreceptor, resulterer dette i uskarp gengivelse af objektet på det færdige billede, da distancen mellem røntgenstrålerne øges jo længere de rejser. Jo større afstanden er mellem objekt og røntgenreceptor, jo større uskarphed bliver objektet således afbilledet med.   
Af samme kan det udledes at fokus’ effektive areal er bestemmende for skarpheden i billedet – jo større areal, jo større ”spredning” af strålerne, jo større uskarphed. BEMÆRK, at denne ”spredning” *ej* må forveksles med *fagtermen* ”spredt stråling” som omfatter kohærent spredning og Compton spredning.

**Hvorfor er røntgenstråling farligt?**Røntgenstråling er farligt på grund af fotonernes evne til at danne ioner, af de atomer der udgør menneskekroppen (se ovenfor). Når en elektron slås ud af sit kredsløb om et atom opstår der en ion – samtidig kan den frigivne elektron støde ind i andre atomer, slå deres elektroner ud af kredsløb, og dermed danne flere ioner hvormed der altså bliver tale om en ioniserende kædereaktion.   
  
Når atomer i menneskekroppen undergår ionisering forekommer dels direkte, dels indirekte cellekomponentskader.  
  
Direkte  
Direkte cellekomponentskader forekommer, når eksempelvis atomerne i et DNA-molekyle eller i et protein ioniseres. Der kan bl.a. være tale om:

1. DNA-brud
2. DNA-mutationer
3. Protein- og enzymbeskadigelse

Både punkt a, b og c kan medvirke til udvikling af cancer.  
Typisk vil celler der rammes hårdt af punkt c undergå apoptose – selvinduceret celledød.   
Hvis tilstrækkeligt mange celler i et væv undergår apoptose, kan der i kølvandet opstå adskillige følgesygdomme. Apoptotisk inducerede følgesygdomme er karakteristisk for såkaldte deterministiske stråleskader, som berøres under næste overskrift.

Indirekte  
Indirekte cellekomponentskader forekommer under ionisering af cellernes vandmolekyler.   
Hermed opstår frie radikaler som angriber cellestrukturernes biomolekyler (herunder bl.a. DNA og proteiner) og forårsager oxidativt stress. Oxidativt stress betegner en akkumuleret skadestilstand af cellens molekyler som i visse tilfælde er så tilstrækkeligt udtalt, at cellen undergår apoptose. Både punkt a, b og c (berørt under direkte cellekomponentskader) vil således også være at finde blandt de indirekte cellekomponentskader. Langt de fleste stråleskader er et resultat af indirekte cellekomponentskader.   
  
**Stråleskader**Stråleskader inddeles i to på baggrund af hvilke celler der beskadiges; somatiske stråleskader omhandler således stråleskader i alle humane celler på nær kønscellerne, mens genetiske stråleskader, som navnet antyder, omhandler netop disse sidstnævnte. Somatiske stråleskader inddeles på ny i to, hhv. deterministiske og stokastiske. Mere herom følger.

* **Somatiske stråleskader**Omhandler stråleskader i alle humane celler på nær kønsceller og inddeles i yderligere 2 typer
  + Deterministiske (bestembare) stråleskader  
    Stråleskader som med stor nøjagtighed kan forudsiges. Karakteriseres ved:
    - Kort latenstid (alt mellem timer og uger) - dvs. kort tid mellem stråleeksponering og målbar skade
    - Påviselig og forudsigelig sammenhæng mellem stråledosis og skadeomfang
    - Kendte tærskeldoser (dvs. hvor meget stråling kan man give, før der opstår deterministiske stråleskader?)

Deterministiske stråleskader ifm. helkropsbestråling  
Ifm. helkropsbestråling kan der opstå såkaldt akut strålesyge – før man kan tale herom, må eventuelle symptomer være til stede senest 24 timer efter eksponering for relativt store mængder ioniserende stråling.   
Akut strålesyge opstår som følge af *apoptotisk celledød* og symptomerne omfatter alt fra kvalme og svimmelhed ved relativt ”små” doser, til hjerteanfald og døden ved relativt større doser.   
  
LD50/60 = 3000-5000 mSv; betydende, at 50 % af en given gruppe mennesker ville dø indenfor 60 dage under givne eksponering.   
Før døden kan indtræffe må dosis som minimum være over 1000 mSv.   
  
Deterministiske stråleskader ifm. lokalbestråling  
Ifm. lokale bestrålingsskader er symptomerne som regel knyttet udelukkende til det ramte væv. De mest sårbare væv er de som har en høj celledelingsfrekvens. Ved bestråling af følgende områder:

* + - **Kæbeknogle**
    - **Spytkirtler**
    - **Tænder**

Kan der opstå hhv.

* + - **Osteoradionekrose**, hvor knoglevævet nekrotiserer (dør) – skyldes strålingsinduceret nedsat resistens overfor infektioner (ifm. nedsat vaskularisering og heling), hvorfor relativt små infektioner, som normalt ej forårsager skade, pludselig kan føre til omfattende nekrose af knoglevævet.   
      *Det er derfor vigtigt at sanere tandsættet hos cancerpatienter - dvs. bekæmpe allerede tilstedeværende infektioner i orale kavitet samt forbedre mundhygiejne således infektionsrisiko nedsættes - inden man strålebehandler hoved/halsregionen hos denne gruppe patienter. Gælder også patienter der skal i behandling med kemo.*
    - **Hyposalivation** eller xerostomi (subjektiv følelse af mundtørhed)
    - **Tanddannelsesforstyrrelser** ved bestråling i børnealderen
  + Stokastiske stråleskader  
    Statistisk tilfældige stråleskader, typisk cancer, karakteriseret ved:
    - Lang latenstid
    - Ingen (tilsyneladende) sammenhæng mellem stråledosis og skadesomfang
    - Ingen (tilsyneladende) tærskeldoser
      * Ifølge den lineære ingen-tærskel hypotese antages det, at der består en lineær sammenhæng mellem bestråling og sandsynlighed for skadelig effekt (dosisrespons). Der findes således ikke en nedre tærskel for opståen af stokastiske skader efter bestråling.

Stokastiske stråleskader rammer hyppigst børn.   
 Efter 80-års-alderen kan man se bort fra stokastiske stråleskader sfa. den lange latenstid.

**Genetiske stråleskader**  
Genetiske stråleskader er stråleskader som rammer kønscellerne. Dette kan give ophav til adskillige medfødte genetiske defekter af forskellig karakter.

**Spredt stråling**Compton spredning  
Når en røntgenfoton slår en elektron i et atom løs, ioniseres atomet:  
  
  
Hvis røntgenfotonens energi *ikke* absorberes totalt under ioniseringen af atomet opstår der *spredning* – dvs., at fotonen, der nu er delvist drænet for energi, *fortsætter* sin færd *efter* at have slået elektronen ud af sit kredsløb – nu med en ny retning efter elektronkollisionen. Røntgenfotonen eller røntgenstrålingen ”spredes” altså i en ny retning:   
  
Som tidligere nævnt, vil den frigivne elektron give anledning til nye ioniseringer i patientens krop. Den frigivne elektron har altså evnen til at slå *andre* elektroner ud af deres kredsløb.  
Den ”nye” foton kan, afhængig af dens ”nye” retning, absorberes i enten patient, behandler eller på filmreceptoren. Compton spredning nedsætter derfor billedkvaliteten ved at nedsætte billedkontrasten.   
  
Disse faktorer spiller en rolle for mængden af Compton spredning og billedkvaliteten:

* Patientens kropsfigur (more matter, more scatter)
* Filmreceptorens areal (jo større receptoren er, jo flere spredte stråler absorberes der herpå)
* Øget spænding mellem katode og anode (jo højere spændingsforskel, jo højere energi i fotonerne, jo større sandsynlighed for Compton spredning)

Kohærent spredning  
Kohærent spredning opstår, når en foton (typisk med et energiniveau *lavere* end en røntgenfotons) kolliderer med en elektron, hvis bindingsenergi er *højere* en fotonens. Hermed bliver elektronen *siddende* på sin ring (og der forekommer altså *ikke* ionisering). I stedet fortsætter fotonen sin videre færd i en ny retning som følge af kollisionen med elektronen. Kohærent spredning kan derfor klassificeres som ufarlig.

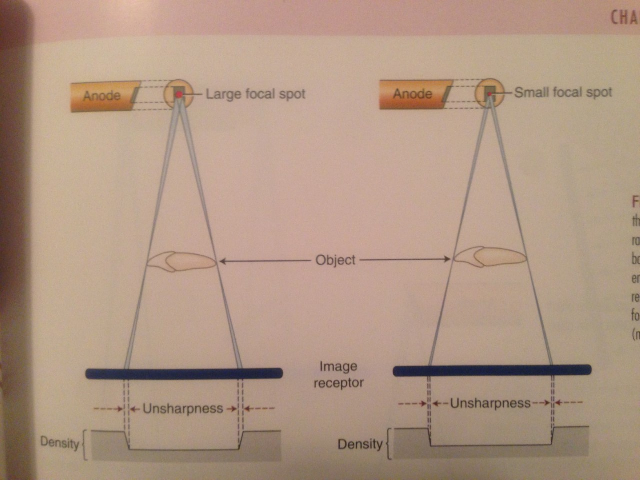
**Røntgenfilter**Røntgenfilteret i et dentalrøntgenapparat består af aluminium (AI) og har til opgave at frafiltrere lav-energi-fotoner (altså de røntgenstråler der i strålingsspektret har den laveste energi). Dette er hensigtsmæssigt, da disse fotoner har så lav en energi, at de absorberes i blødtvævets små atomer og derfor ikke bidrager i særlig grad til billedet (høj-energi-fotonerne passerer stadig blødtvævsatomerne og rammer filmen), men derimod kun til den stråledosis patienten udsættes for.   
  
Røntgenfilteret bidrager samtidig til reduktion i filmens sværtning. Dette kan forekomme kontraintuitivt, da sværtning oftest sættes i forbindelse til høj-energi-fotoner, hvis energi er så høj, at de også passerer hårdtvæv. Når dette alligevel er tilfældet, skyldes det, at visse lav-energi-fotoner (hvis ikke disse frafiltreres) alligevel vil finde vej gennem blødtvævet og give anledning til yderligere sværtning.   
  
Filteret har derfor to overordnede funktioner:

1. Dosisreduktion
2. Sværtningsreduktion

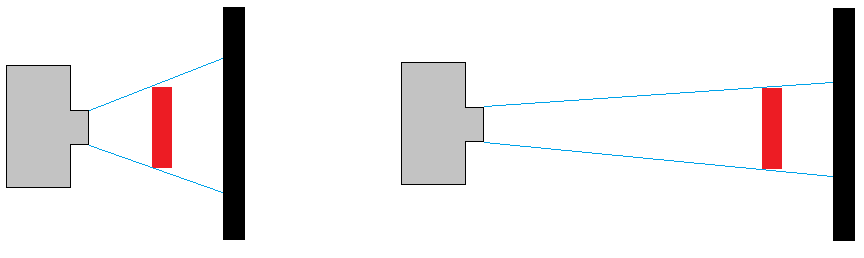
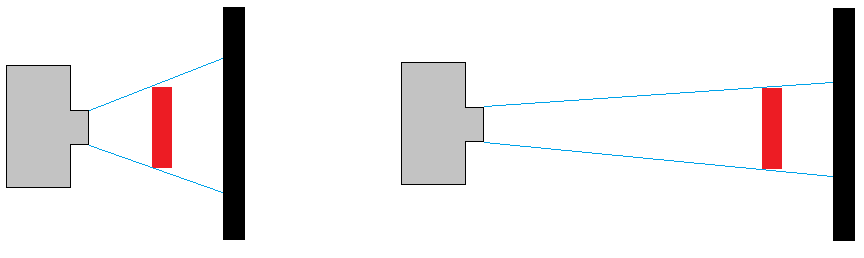
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **↑ Fokusareal** | **↑ Fokus-film-afstand** | **↑ Fokus-objekt-afstand** | **↑ Objekt-film-afstand** | **↑ kV (spænding)** | **↑ mA (strøm)** | **↑ Eksponerings-tid** |
| **Forstørrelse** |  | ↓ | ↓ | ↑ |  |  |  |
| **Skarphed** | ↓ | ↑ | ↑ | ↓ |  |  |  |
| **Sværtning** |  | ↓ |  |  | ↑ | ↑ | ↑ |
| **Kontrast** |  |  |  |  | ↓ |  |  |
| **Dosis** |  |  | ↓ |  | ↓ | ↑ | ↑ |

**Billedteknik**  
**Øget fokusareal**

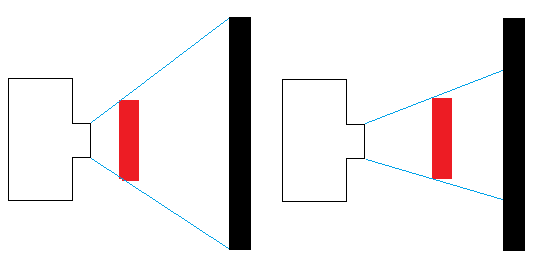
* Nedsat skarphed

Dette skyldes, at der med et større effektivt fokusareal afgives flere røntgenstråler med forskellige vinkler. Se billede:  


**Øget fokus-film-afstand**

* Reducerer forstørrelse  
  Se billede:  
  ****
* Øger skarphed  
  Forstørrelse og skarphed er omvendt proportionale. Stor forstørrelse = lav skarphed. Og omvendt:   
  ****
* Reducerer sværtning  
  Dette skyldes, at færre røntgenstråler når frem til filmen, når afstanden øges.

**Øget fokus-objekt-afstand**

* Reducerer forstørrelse  
  
* Øges skarphed  
  Skarphed og forstørrelse omvendt proportionale

*Desuden: sværtning påvirkes ikke, da afstanden røntgenstrålerne skal rejse ej ændres.*

**Øget objekt-film-afstand**

* Øget forstørrelse
* Reduceret skarphed  
    
  Om man øger objekt-film-afstand eller øger fokus-objekt-afstand er to sider af samme sag – men med omvendt fortegn! Derfor hhv. øges og reduceres forstørrelse og skarphed i dette tilfælde.

**Øget spænding (kV)**

* Øget sværtning  
  Når man øger spændingsforskellen mellem katode og anode øger man elektronernes fart og dermed energi – dette giver anledning til fotoner med højere energi (lavere bølgelængder), som har sværere ved at blive absorberet i patientens væv. Derfor når flere stråler igennem patienten til filmen, hvormed sværtningen (den mørke nuance) i billedet øges.
* Reduceret kontrast  
  Høj-energi-fotoner bliver bremset dårligere af hårdtvæv end lav-energi-fotoner, hvorfor færre fotoner ved øget spænding absorberes. Kontrasten mellem blødt og hårdt væv reduceres.
* Reduceret dosis  
  Færre absorberede fotoner = dosisreduktion

**Øget strømforsyning (mA)**

* Øget sværtning  
  Når man øger strømforsyningen øger man *antallet* af elektroner der frigives fra katoden – til forskel fra øget spændingsforskel hvor man ændrer elektronernes fart og dermed fotonernes energiniveau. Det betyder rent kvantitativt, at der dannes tilsvarende flere røntgenstråler. Hermed rammes filmen af flere fotoner, hvormed sværtningen øges.
* Øget dosis  
  Flere fotoner (uændret energiniveau) = øget absorption.

**Relevante eksamensopgaver**Januar 2017

1. Dentalrøntgenapparatets fokus

a. er afgørende for strålefeltets areal

b. er lavet af kobber

c. er skråtstillet for at opnå størst muligt fokus-areal

d. er punktformet, og det sted røntgenstrålerne dannes

e. er positiv, når der udsendes røntgenstråler

*Korrekt svar: e*

1. Stokastiske stråleskader   
   a. kan bl.a. manifestere sig som cancer i gl. thyroidea og strålesyge   
   b. kan inddeles i akutte og kroniske skader   
   c. opstår efter overskridelse af kendte tærskeldoser   
   d. kan ud fra en teoretisk betragtning opstå pga. naturlig baggrundsstråling   
   e. opstår ikke nødvendigvis hos de individer, der har modtaget den kraftigste bestråling  
     
   *Korrekt svar: d, e*
2. Ifølge ”afstandskvadratloven” gælder teoretisk set følgende:

a. Eksponeringstiden skal halveres, hvis projektionsafstanden fordobles

b. Intensiteten af røntgenstrålingen er omvendt proportional med kvadratet på afstanden fra fokus c. Hvis der 2 meter fra fokus måles en dosis på 1Gy, vil dosis 4 meter fra fokus være reduceret til 0,5 Gy

d. Hvis der 2 meter fra fokus måles en dosis på 1Gy, vil dosis 4 meter fra fokus være reduceret til 0,25 Gy

e. Der opnås en øget dosis til patienten, såfremt afstanden fra fokus øges

*Korrekt svar: b, d*

1. Ioniserende stråling

a. omfatter al form for elektromagnetisk stråling

b. omfatter bl.a. elektromagnetisk stråling med kort bølgelængde

c. består udelukkende af partikelstråling

d. har både en direkte og indirekte virkning

e. består af flere strålingstyper, der alle har lige stor skadevirkning på levende celler  
  
*Korrekt svar: b, d*

Februar 2017

1. Ved en ionisering

a. fjernes en elektron fra et atom

b. bliver en elektron positivt ladet

c. vil der altid frigives energi i form af røntgenstråling

d. er atomet i elektrisk ligevægt

e. bevæger en proton sig fra en ydre til en indre skal i atomet

*Korrekt svar: a*

1. Røntgenrøret i et dentalrøntgenapparat

a. er fyldt med gas

b. er lufttomt

c. udsender røntgenstråling, når fokus er negativ

d. udsender skiftevis røntgenstråling fra anoden og katoden

e. udsender karakteristisk stråling

*Korrekt svar: b, e*

Januar 2016

1. Fokus i et dentalrøntgenapparat

a. udsender røntgenstråler, når fokus fungerer som katode   
b. er punktformet og det sted i røntgenrøret, hvor røntgenstrålerne opstår   
c. er skråtstillet for at gøre strålefeltet så lille som muligt   
d. har et effektivt areal, der er større end det aktuelle areal   
e. har et effektivt areal, som er bestemmende for skarpheden i billedet

*Korrekt svar: e*

1. Stokastiske stråleskader

a. kan ikke opstå efter udsættelse for lave stråledoser ved dentalundersøgelser   
b. kan bl.a. omfatte strålesyge   
c. opstår efter overskridelse af kendte tærskeldoser   
d. er statistisk tilfældige og har ingen nedre tærskeldoser   
e. opstår typisk lang tid efter udsættelse for stråling

*Korrekt svar: d, e*

1. Røntgenstråler   
   a. absorberes i henhold til kvadratloven, når de rammer objektet   
   b. udtrykkes i coulomb pr. kg (den ved ioniseringen fremkaldte ladning pr. masse-enhed luft)

c. opstår, når bremsestråling rammer anoden   
d. har en bølgelængde, der maksimalt kan andrage 0,01 nm   
e. er en form for radioaktiv stråling

*Korrekt svar: b*

1. Kortsvarsopgave  
   a) Redegør kort for den lineære ingen-tærskel hypotese (linear non-threshold hypothesis)  
    *Korrekt svar:  
   Ifølge den lineære ingen-tærskel hypotese antages det, at der består en lineær sammenhæng mellem bestråling og sandsynlighed for skadelig effekt (dosisrespons). Der findes således ikke en nedre tærskel for opståen af stokastiske skader efter bestråling.*  
   b) Hvad kendetegner en deterministisk stråleskade?  
     
   *Korrekt svar:   
   - En umiddelbart påviselig sammenhæng mellem bestråling og skade  
   - Kort latenstid (timer/dage/uger)   
   - Kendte tærskeldoser*

Februar 2016

1. Deterministiske stråleskader

a. er karakteriseret ved, at der ikke findes sikkert påviselige tærskeldoser

b. er statistisk tilfældige og uforudsigelige

c. er en følge af direkte celledød

d. har kort latenstid og kan derfor konstateres kort tid efter bestrålingen

e. kan være genetiske, men ikke somatiske

*Korrekt svar: c, d*

1. Ved eksponering gælder følgende for et røntgenrør:

a. der udsendes bremsestråler fra fokus

b. der udsendes elektroner fra fokus

c. der udsendes spredt stråling fra glaskolben

d. der udsendes karakteristisk stråling fra anoden

e. der dannes røntgenstråling, når fotoner fra glødetråden rammer anoden

*Korrekt svar: a, c*

1. Røntgenstråler

a. har en intensitet der aftager med kvadratet på afstanden fra fokus

b. penetrerer alle stoffer i samme grad

c. består af elektroner og er en form for korpuskular stråling

d. er biologisk mere skadelig end ioniserende stråling

e. har en højere energi og gennemtrængningsevne end radiobølger

*Korrekt svar: a, e*

Århus Universitet, juni 2010

1. Udvikling af cancer som en stokastisk stråleskade

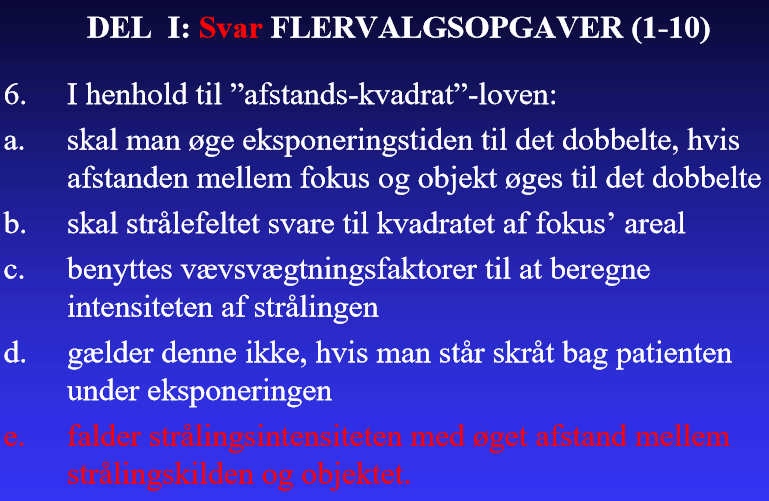
a. vil være afhængig af individets alder  
b. har en sandsynlighed, der er proportional med den afsatte dosis  
c. vil sandsynligvis ske hos 50 % af individer, der har modtaget en ”per-caput” dosis på 1 Sv  
d. vil sandsynligvis først ses i hud og dernæst i andre organer  
e. har en kort latenstid

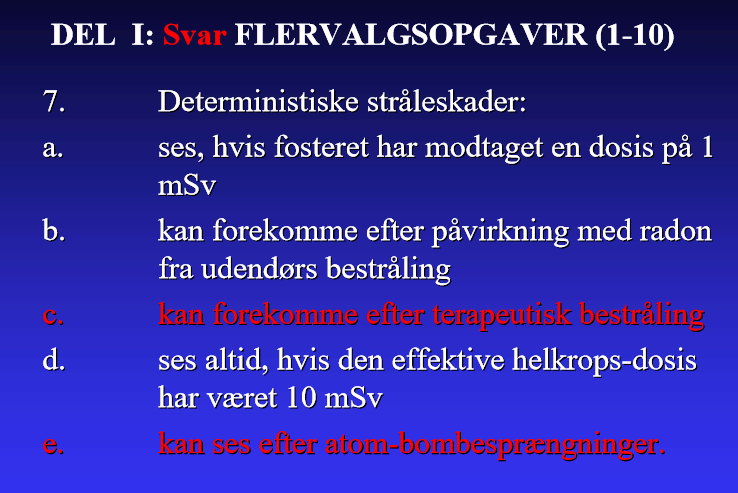
*Korrekt svar: a, b*

Århus Universitet, juni 2009

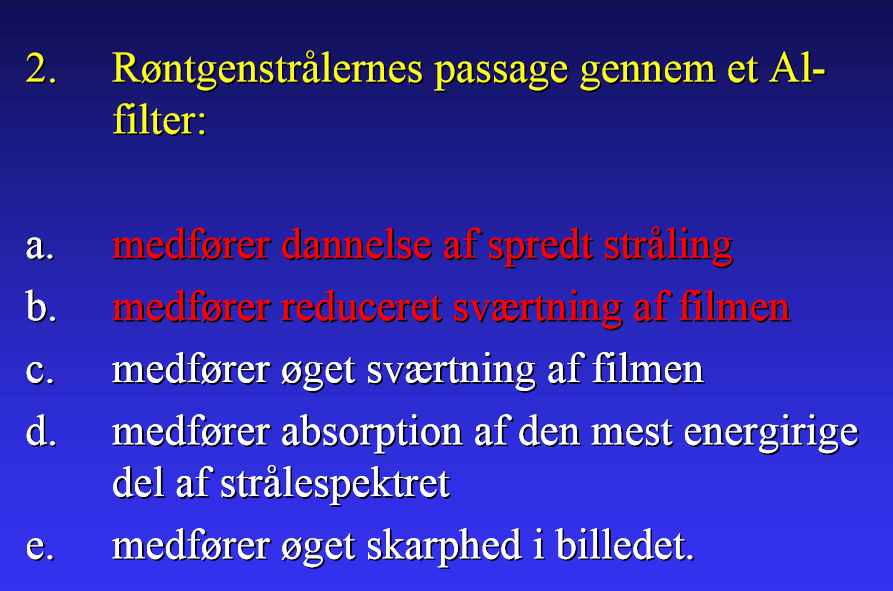
1. Elektromagnetiske bølger:

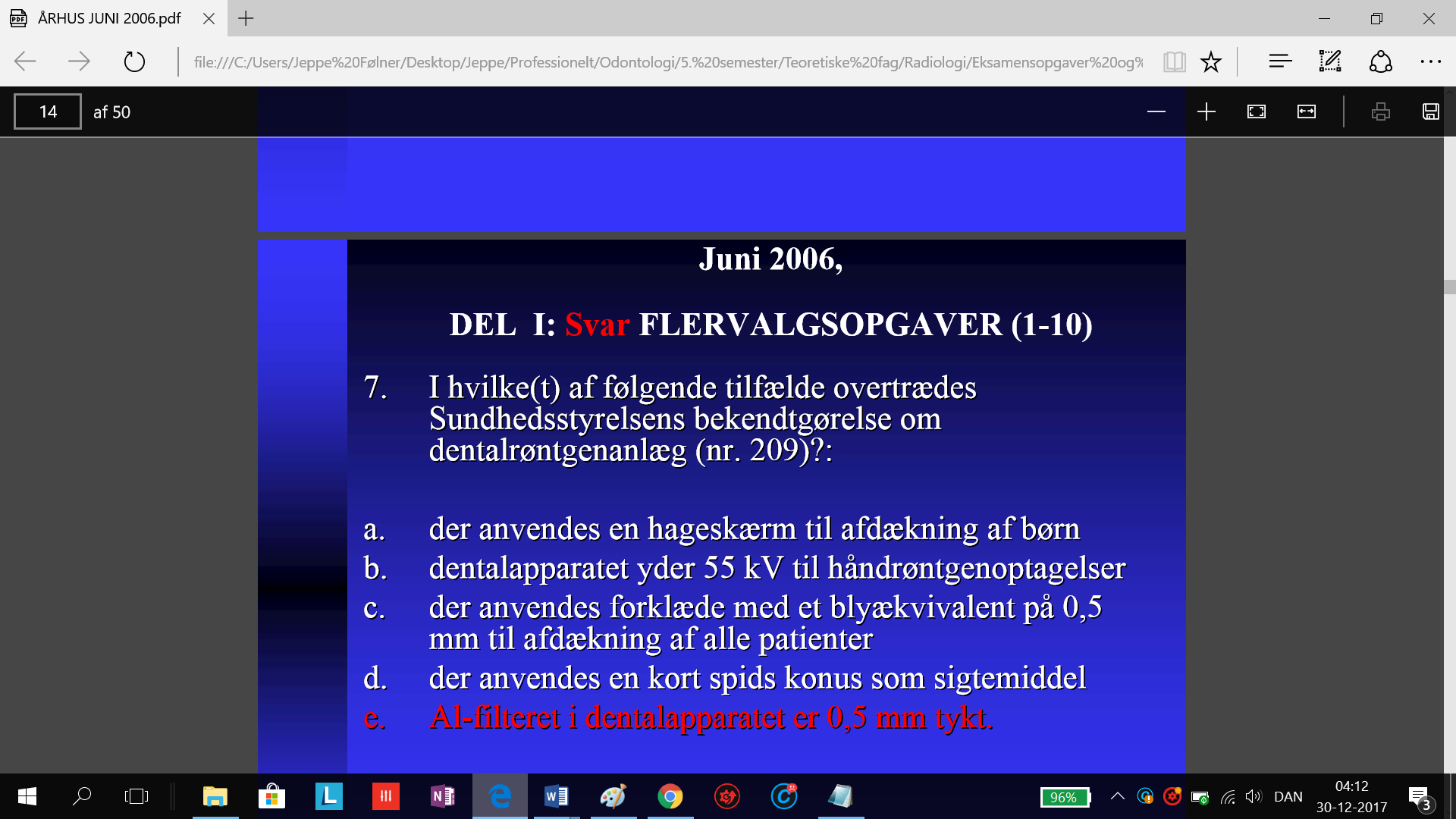
a. udbredes med forskellig hastighed alt efter typen  
b. indeholder såvel røntgenstråling som synligt lys  
c. transporterer energien i kvanter  
d. opstår efter partikelstråling  
e. udtrykkes i antallet af kerneomdannelser pr. tidsenhed  
  
*Korrekt svar: b, c*

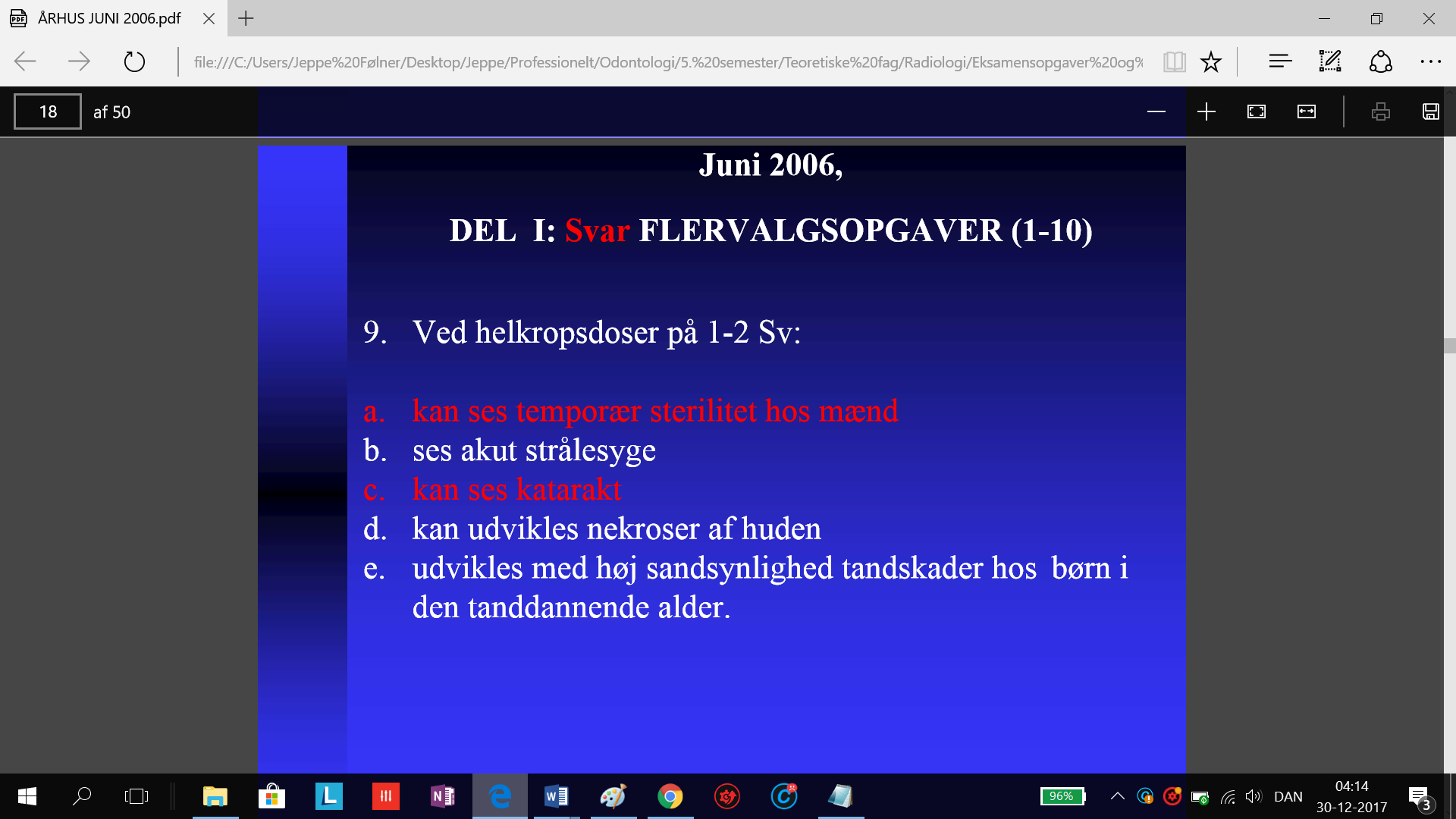
****

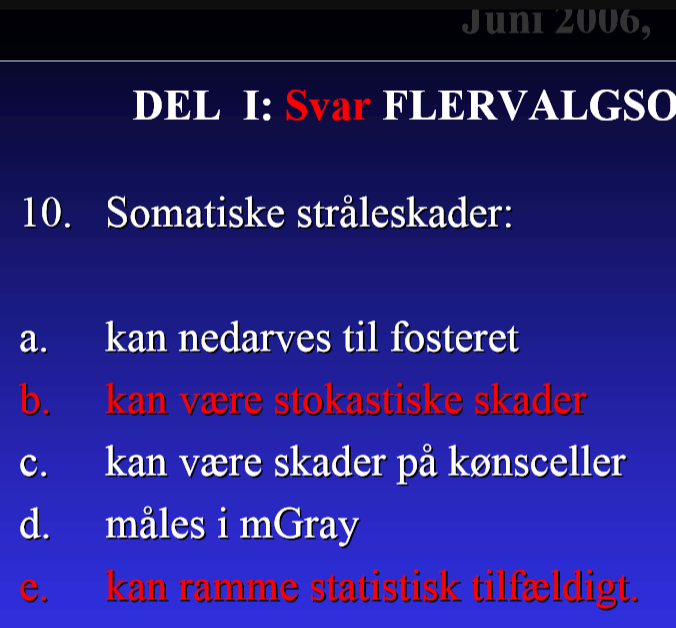
****

AI/aluminiumsfilter  
Se opgave 5 i ÅRHUS JUNI 2010  
Se opgave 2 i ÅRHUS JUNI 2007









NEDENSTÅENDE SKAL KASTES IND I ”TEKNIK DOKUMENT”

