

Radiológiai rendszer összehasonlítása

írta:

Dr. Hegedűs György-Tamás



Műszercentrum Kft.

Cím: 1152 Budapest, Nagysándor József u. 39.

Műszercentrum raktár:

1141 Budapest, Szugló u. 89.

Elérhetőségek:

Dr. Hegedűs György-Tamás

ügyvezető igazgató (+36) 30 755 2945

E-mail: info@muszercentrum.hu

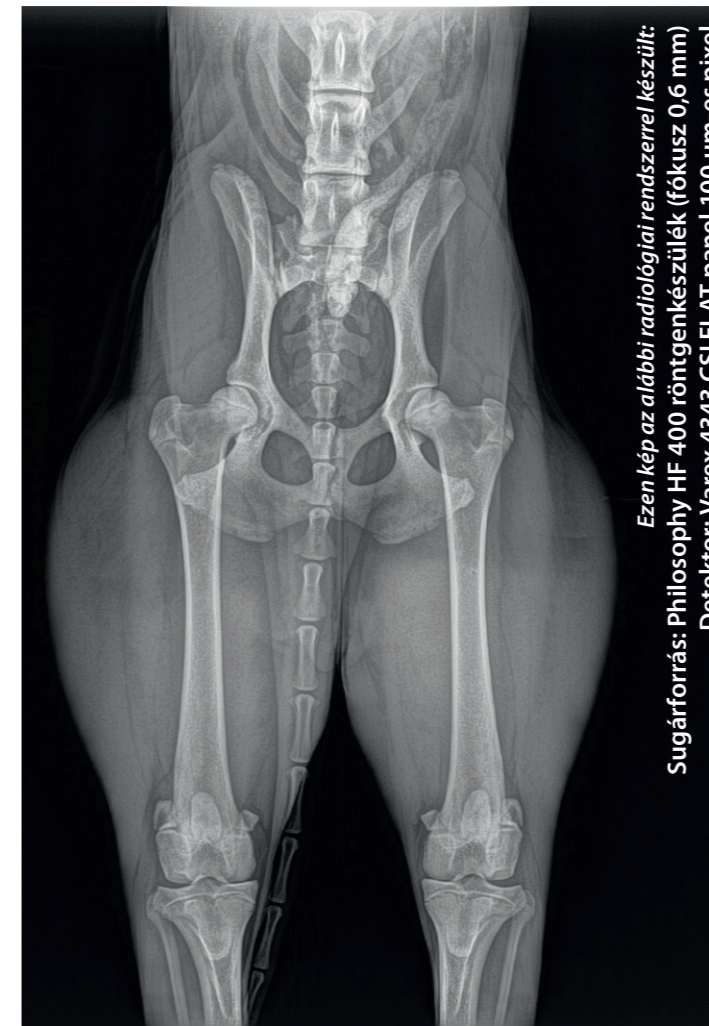
Honlap: www.muszercentrum.hu

Tartalom

1. Történelmi áttekintés	4
1.1. I. fejlesztési fázis: digitális vezérlés fejlesztése	6
1.2. II. fejlesztési fázis: teljesítmény növelése	8
1.3. III. fejlesztési fázis: computed radiography (CR) rendszerek	8
1.4. IV. fejlesztési fázis: direkt digitális radiológiai (DDR) rendszerek	10
2. A képminőséget befolyásoló tényezők fizikai alapjai	10
2.1. Jel-zaj arány (Signal to Noise Ratio, SNR)	12
2.2. Sugárforrás fókuszpontja, nagyítás és élettenség	12
2.3. Detektorok felbontóképessége, térbeli felbontóképesség	16
2.4. Modulation Transfer Function (MTF)	16
2.5. Detective Quantum Efficiency (DQE)	20
2.6. Expozíció karakterisztikája/Dinamikai tartomány	20
3. CR és DDR rendszerek összehasonlítása	20
3.1. Működési elv	22
3.2. CR és DDR rendszerek gyorsasága	22
3.3. CR és DDR rendszerek élettartama	24
3.4. CR és DDR rendszerek sugárigénye	24
3.5. CR és DDR rendszerek gazdasági vonatkozásai	26
3.5.1. CR és DDR rendszerek hasznos élettartama	26
3.5.2. CR és DDR rendszerek pénzáramlásai	26
3.5.2.1. Kezdő pénzáramlás	26
3.5.2.2. Működési pénzáram	28
3.6. CR és DDR rendszerek képminősége	30
4. Döntési kritériumok	32
5. Összegzés	38

Köszönetnyilvánítás

A kiadvány elkészítésében nyújtott segítségért, a rendelkezésemre bocsátott képanyagért szeretnék köszönetet mondani Dr. Almási Csabának, Dr. Csébi Péternek, Dr. Halas Máténak, Dr. Havas Ottónak, Dr. Szalay Ferencnek, Dr. Tóth Enikőnek, Dr. Török Viktornak és Pálos Ildikónak.



Radiológiai rendszerek összehasonlítása

minőségi és gazdasági szempontok alapján a hazai radiológiai fejlődés tükrében

Írta: **Dr. Hegedűs György-Tamás**

A hazai állatorvosi praxisokban többségében ma már működik radiológiai munkahely. Ezek kiválasztása, beszerzése azonban sokszor ötletszerű, ad hoc jellegű. Jelen tanulmánnyal azoknak kívánunk segítséget nyújtani, akik a radiológiai berendezés beszerzése előtt szeretnének alaposabban tájékozódni, és eligazodni a sokszor egymásnak ellentmondó információk sűrűjében.

1. Történelmi áttekintés

Az állatorvosi képalkotó diagnosztika elengedhetetlen része a radiológia. Ennek is köszönhető, hogy 1989 után, mikor sorra nyíltak az állatorvosi rendelők Magyarországon, a legfontosabb fejlesztések között szerepelt a radiológiai rendszerek beszerzése. Az induló praxisok többsége komoly tőkehiánnyal küzdött, így a legtöbb rendelő használt, kiöregedett humán röntgenkészüléket vásárolt, de ez még így is jelentős előrelépésnek számított a rendelők által nyújtott szolgáltatásban, és nagymértékben növelte a rendelők forgalmát. Az 1990-es években sok humán kórházban került selejtezésre a Mediroll-1-es és Mediroll-2 röntgenkészülék, ezek a készülékek az állatorvosi praxisok alapvető igényeit nagymértékben kielégítették.

A röntgenfelvételeket kezdetben többnyire hagyományos, manuális „mártogató” módszerrel hívták elő a rendelőkben. Ezen előhívási folyamat nem volt standardizálva, ami negatív

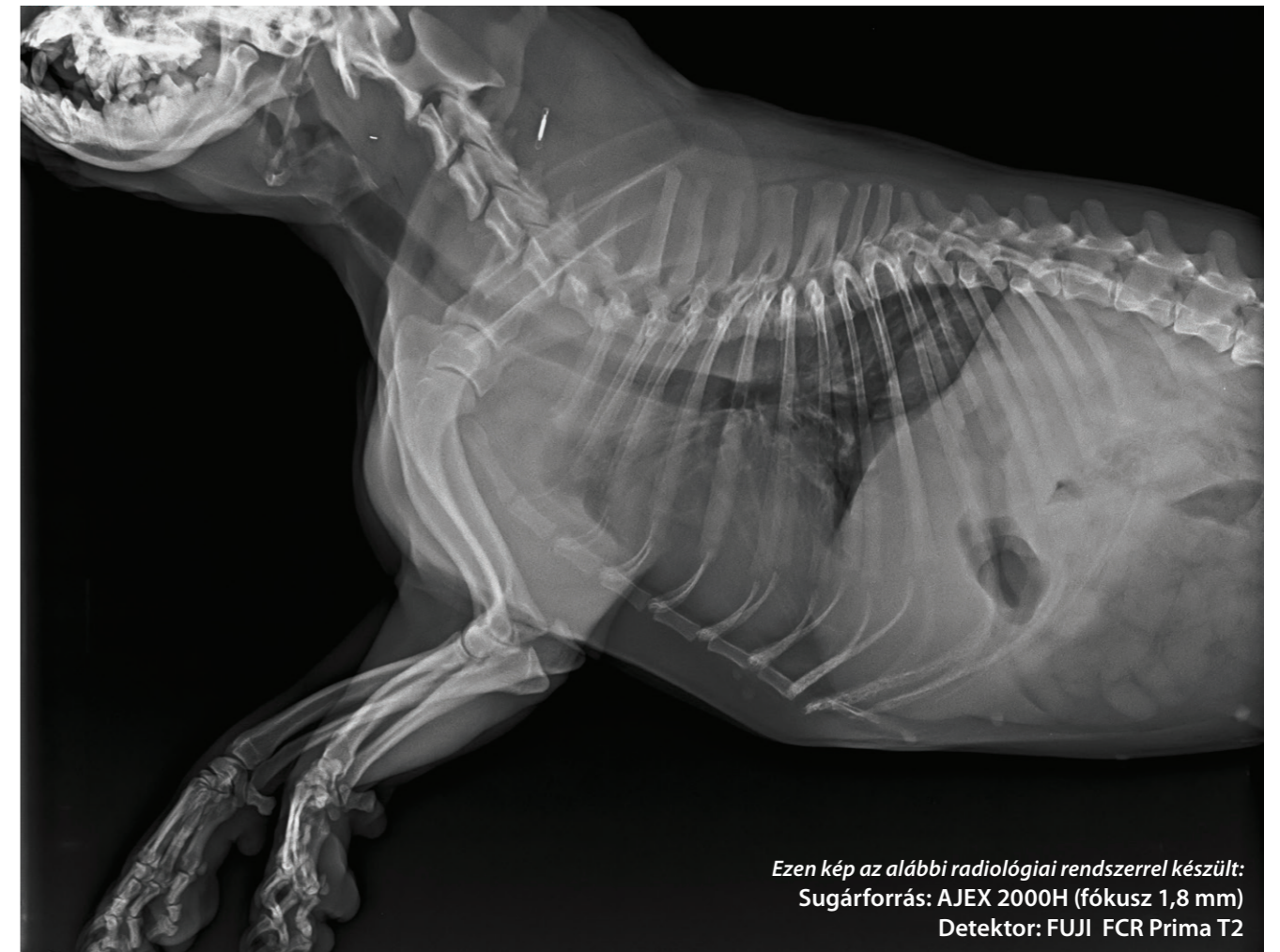
van hatott a képminőségre, így logikus fejlesztési lépés volt az automata előhívók beszerzése. Elsőként itt is a leselejtezett humán előhívók kerültek a praxisokba, de rövidesen megjelentek a hazai piacon a kisebb reagens tartályokkal rendelkező, így az állatorvosi rendelőkben sokkal gazdaságosabban használható automata filmelőhívó készülékek is.

Az automatizációnak köszönhetően jelentősen javult a röntgenképek minősége. Ennek ellenére az automata előhívók használata nem volt ideális megoldás a legtöbb praxis részére, mivel az állatorvosi praxisok alacsony radiológiai esetszáma miatt az előhívó folyadékok nem fogytak el a lejárati időn belül. Ez nem csak tetemes költséget jelentett a rendelők számára, de a lejárati idő környékén készített röntgenfelvételek rossz minőségét is eredményezte.

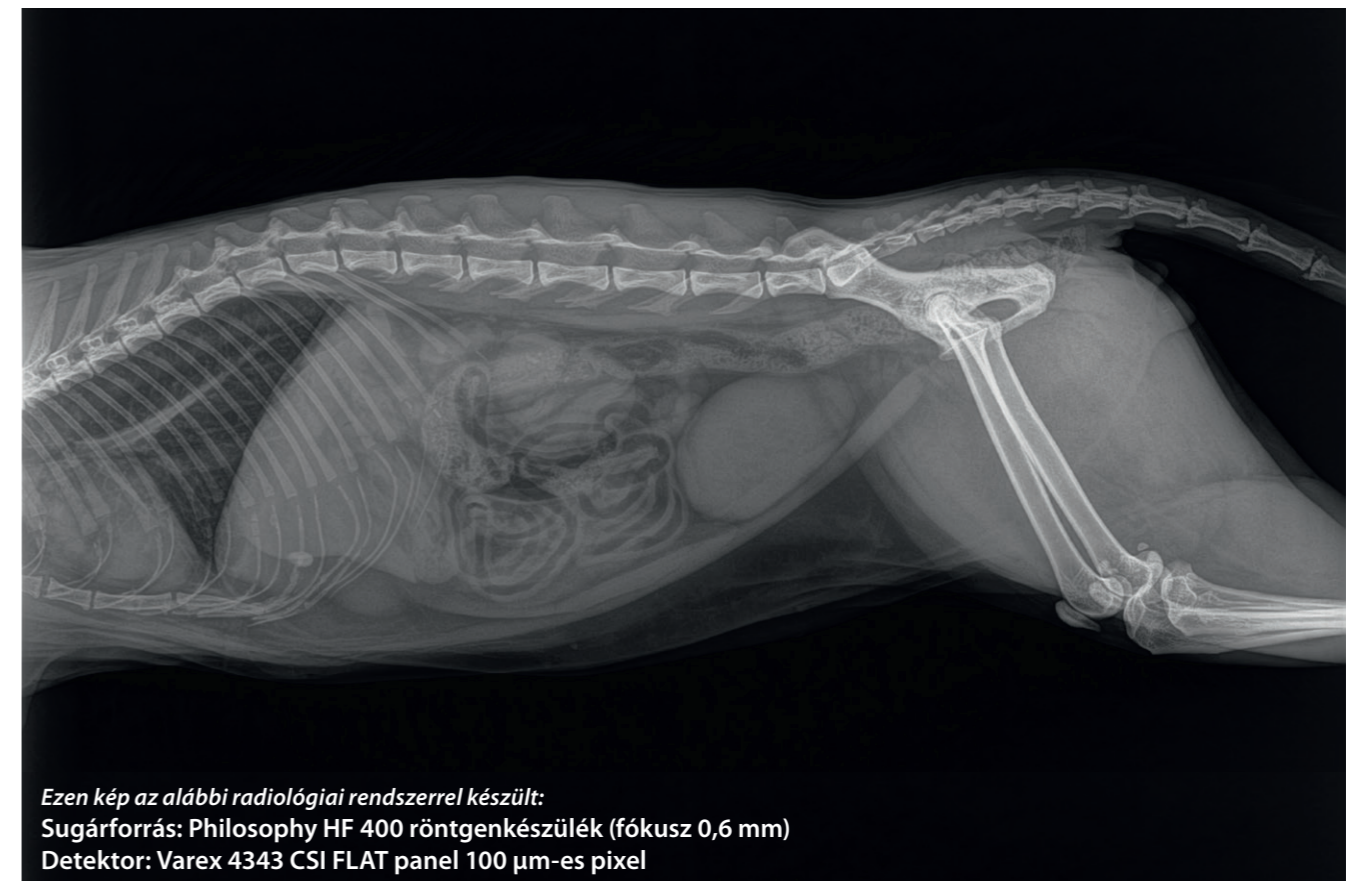
A minőséget tovább rontotta, hogy a rég leselejtezett analóg vezérlésű röntgenkészülékek igen nagy szórással adták le a beállított kV és mAs értékeket. A rosszabb állapotban lévő készülékek esetében ugyanolyan kV és mAs beál-



1. kép balra egy 100 éves álló anódú röntgenső, középen egy modern álló anódú röntgenső, jobbra pedig egy mai modern forgó anódú röntgen betétcső látható



Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: AJEX 2000H (fókusz 1,8 mm)
Detektor: FUJI FCR Prima T2



Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: Philosophy HF 400 röntgenkészülék (fókusz 0,6 mm)
Detektor: Varex 4343 CSI FLAT panel 100 µm-es pixel

lítás mellett gyakran akár 100-200%-os eltérést is mutathatott a leadott teljesítmény. Mivel az analóg rendszerek kis dinamikai tartománnyal rendelkeznek, így az optimálistól sugárdózistól lényegesen különböző értékek igen gyenge felvételeket eredményeztek.

1.1. I. fejlesztési fázis: digitális vezérlés fejlesztése

A képminőség fejlődésének a legnagyobb akadálya az elavult, nem megfelelően karbantartott és szervizelt analóg vezérlés volt. Ennek tudható be, hogy sokan cserélték öreg és/vagy kis teljesítményű röntgenkészüléküket digitális vezérlésű új sugárforrásra.

miatt azonban ezen sugárforrásokba csak álló anódú röntgensöveket lehet elhelyezni. Ez nem csak a teljesítményüket limitálja 3,2 -5,0 KW-ban, de a röntgenső fókuszpontját is negatívan érintette. Míg a Mediroll-2-es készülék 0,8mm-es fókuszponttal rendelkezett, addig ezek az új készülékek 1,8-2,0 mm-es fókuszponttal. Bár a megnövelt fókuszpont miatt rosszabb lett az elkészült képek részletgazdagsága, de ez mégsem okozott problémát, hiszen a vezérlés adta előnyök akkora előrelépést jelentettek, hogy az elkészült képek minősége még így is jobb lett a korábbinál. Az igazi hátrány inkább akkor jelentkezett, amikor 30-40 kg-os súlyú vagy nehezebb kutyákat kellett röntgenezni. Ilyen esetekben a kívánatos sugárdózist rövid expozíciós idővel

Hordozható, álló anódú készülékek				
	AJEX 160 H	AJEX 2000H	Ecoray 1060 HF	Gierth HF400A
Teljesítmény	3,3 KW	5,1 KW	3,2 KW	4,8 KW
kV tartomány	40-100kV	40-120kV	40-100kV	30-120 kV
mAs tartomány	0,4 - 135mAs	0,4 - 160mAs	0,32 - 100mAs	0,4 - 160mAs
Cső típusa:	álló anód	álló anód	álló anód	álló anód
Fókusz nagysága	2,0 mm	1,8 mm	2,0 mm	1,2 mm
Vezérlés típusa	Digitális	Digitális	Digitális	Digitális
Anatómiai programozhatóság	Nincs	Nincs	Nincs	Van
Súly	17,5 kg	18,0 kg	13,5 kg	21,8 kg

1. táblázat hordozható röntgenkészülékek összehasonlító táblázata

A 90-es évek közepétől a hazai piacon megjelenő kisméretű, kompakt felépítésű AJEX, ECORAY és GIERTH röntgenkészülékek nagyrészt kiszolgálták a praxisok fejlődési igényeit, és még napjainkban is igen népszerű termékek, annak ellenére, hogy kis teljesítményük és nagyméretű fókuszpontjuk nem teljes mértékben felel meg a jelen kor igényeinek a kisállat praxisban.

Ezek az új készülékek a digitális vezérlésének köszönhetően a beállított sugárdózisokat 2-3%-os pontossággal adják le. Ezért ezek használatával elkerülhető az alá- és túldozírozott felvételek készítése. Ez a változás olyan erőteljes pozitív hatással volt a korábbi radiológiai rendszerekhez képest a képminőségre, hogy kompenzálta a készülék hiányosságait. A kicsi, kompakt felépítés



2. kép digitális vezérlőegység felújított Mediroll-1 készülékhez

Ecoray Orange 1060 HF röntgenkészülék

Teljesítmény:	3,2 KW 60mA/100kV, 70 KHz 40–100kV, 1kV step 0,32 mAs–100mAs
Cső típusa:	Toshiba D-205, 2,0 mm-es fókus
Súly:	13,5 kg
Egyéb információ:	8 programozható memóriahely a dózisértékek tárolására, alumínium hordtáska

Opcionális kiegészítő: dual lézer

Nettó ár: 2 350 000 Ft



Ecoray Ultra 100 HF röntgenkészülék

Felhasználás:	állatorvosi
Teljesítmény:	5.0 KW
Hálózati feszültség:	AC, egyfázisú, 100–240V, 50/60Hz
Fókuszpont:	1.8 mm
KV tartomány:	40–100 kV
mA tartomány:	25–100 mA
mAs tartomány:	0.32–200 mAs
Expozíciós idő:	5 sec.
Anatómiai programozhatóság:	128 APR
Méret:	227 × 203 × 396 mm
Súly:	18 kg

Mobil állvány:	opcionális
Súly:	~ 27 kg
Méret:	1850 × 950 × 650 mm (nyitott) 1150 × 342 × 150 mm (zárt)

Nettó ár: 2 750 000 Ft



lenne célravezető leadni, de a röntgenkészülék kis teljesítménye ezt nem teszi lehetővé. A hosszú expozíciós idő viszont lehetőséget ad a bemozdulásra (légzés, szívverés), ami élelenséget okoz a képeken.

A Mediroll 1-es készülékek esetében sok helyen a készülék modernizálását választották fejlesztési irányulásként. Abban az esetben, ha megfelelő állapotban volt a készülék forgó anódja, akkor az elavult analóg vezérlés digitális vezérlőegységre történő fejlesztése jelentős minőségi előrelépést eredményezett. Korszerű, mikroprocesszoros vezérléssel, nagyfrekvenciás fűtésstabilizálással, új, digitális kijelzős kezelőfelülettel egy megbízható és pontos generátorra lehetett átalakítani a készüléket, amivel sokkal jobb minőségű felvételeket lehetett készíteni, mint a hordozható, álló anódú készülékek, mindezt úgy, hogy a fejlesztési költségek 1,0-1,5 M Ft + ÁFA környékén maradtak.

1.2. II. fejlesztési fázis: teljesítmény növelése

Az előző részben említett sugárforrási anomáliák kiküszöbölésére a megoldást a nagyobb teljesítményű forgó anódú készülékek beszerzése jelentette. Például a Control-X Medical által gyártott röntgenkészülékek (ZoomMax Gold, ZooMax White), továbbá az IPS Medical által gyártott Philosophy HF 400 is ilyen készülék.

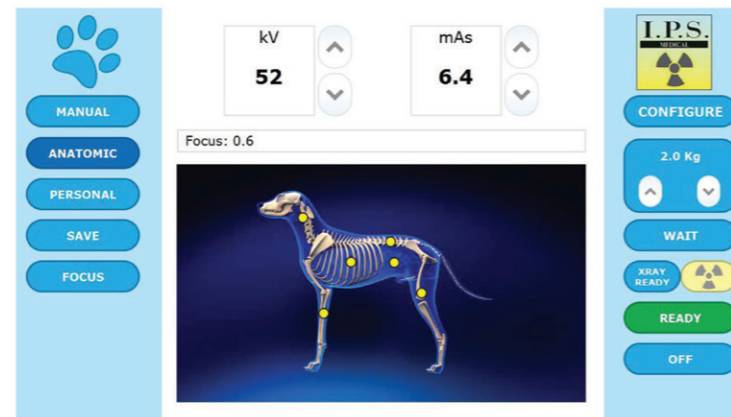
Ezen készülékek 20-30 KW-os teljesítménye bőven lehetőséget ad a legnagyobb testtömegű

Fix telepítésű, forgó anódú készülékek			
	Mediroll-II	ZoomMax Gold	Philosophy HF 400
Teljesítmény	6,5kW	30 KW	30 KW
kV tartomány	40-125 kV	40-125 kV	40-125 kV
mAs tartomány	25-100mAs	25- 400mAs	25- 400mAs
Cső típusa	forgó anód	forgó anód	forgó anód
Fókusz nagysága	0,8mm	1,0/2,0 mm	0,6/1,2 mm
Vezérlés típusa	Analóg	Digitális	Digitális
Anatómiai programozhatóság	Nincs	Nincs	VAN
Súly	80kg	95 kg	80 kg

2. táblázat forgó anódú röntgenkészülékek összehasonlító táblázata

állat röntgenezésére is úgy, hogy közben alacsonyan marad az expozíciós idő. A készülékek fókuszpontja – köszönhetően a forgó anódjuknak – igen kicsi. A duál fókusz biztosítja, hogy csak az igen nagy tömegű állatoknál kerüljön használatra a nagy fókusz.

Az analóg rendszerek szűk dinamikai tartományánál elengedhetetlen, hogy pontos kV és mAs értékek alapján kerüljön röntgenezésre az állat. Bár a digitális rendszerek tágabb dinamikai tartományának köszönhetően kicsit nagyobb mozgásterünk van, de szakirodalmi adatok alapján egyértelműen megállapítható, hogy jó minőségű, kontrasztos képeket csakis az optimális dózissal tudunk készíteni. Ebben nyújt segítséget az anatómiai programozhatóság, ahol az adott régió és a szöveti vastagság megadásával a készülék maga állítja be az optimális kV és mAs értékeket. Ezen funkció különösen nagy segítséget ad a radiológiában még járatlanabb, kezdő kollégáknak.



3. kép Philosophy HF 400 radiológiai munkaállomás 0,6/1,2 mm-es fókuszú forgó anódú csővel, és anatómiai programozhatósággal ellátott kezelőfelülettel

1.3. III. fejlesztési fázis: computed radiography (CR) rendszerek

Bár a sugárforrások az 1990 és 2000-es évek között igen jelentős fejlődésen mentek keresztül, az előhívási technikában semmi fejlődés nem volt tapasztalható. A legtöbb rendelésben az előhívó folyadékok körüli problémák erősen limitálták a fejlődést, és a radiológiai esetszámok emelkedését is gátolták. A 2000-es évek végén kezdtek megjelenni hazánkban az első digitális radio-

Philosophy HF400 állatorvosi radiológiai munkaállomás

Teljesítmény	30 kW (forgó anód) 300mA/100kV, 40 KHz 40-100kV, 1kV step 0,32 mAs- 300mAs
Cső típusa	0,6/ 1,3 mm-es dual fókusz
Súly	150 kg
Egyéb információk	dedikált magyar nyelvű állatorvosi szoftver, anatómiai programozhatóság, programozható memóriahely a dózisértékek tárolására



Nettó ár: 4 990 000 Ft

Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: Philosophy HF 400 röntgenkészülék (fókusz 0,6 mm)
Detektor: Varex 4343 CSI FLAT panel 100 µm-es pixel



lógiai rendszerek (Carestream CR, AGFA CR és FIRE CR). Ezen indirekt digitális rendszerek használatával a korábban 15-20 perces előhívási procedúra 1,5-2,5 percre csökkent. Az indirekt rendszerek alkalmazásával fix és megbízható radiológiai felvételeket lehetett készíteni, köszönhetően annak, hogy a minőség nem az előhívó-folyadék állapotától függött.

Az igazsághoz azonban az is hozzátartozik, hogy ezek a rendszerek sok esetben a jobb minőségű analóg radiológiai rendszerekhez képest képminőségben nem jelentettek semmi előrelépést. Ennek ellenére elterjedtek, hiszen alkalmazásuk segítségével gyorsan, fix minőségben lehetett felvételeket készíteni még akkor is, ha a praxisban csak kis forgalom volt. További előnye ezen rendszereknek, hogy képesek voltak tompítani a hibásan működő sugárforrások szélsőséges kV és mAs értékek miatti túl vagy alulexponálási problémákat, mivel igen széles dinamikai tartománnyal rendelkeznek. A túl- vagy alulexponált felvételeket pár kattintással értékelhető képpé lehet konvertálni, így az optimális dózis felét, vagy akár háromszorosát kapott felvételek is értékelhetőek maradtak.

A digitális radiológiai rendszerek ezen előnyös tulajdonsága miatt sok helyen még a sugárforrások fejlesztése is elmaradt, és a 20-30, de néha 50 éves röntgenkészülékekkel kezdtek üzemelni az új CR rendszerek. Az elkészült képek gyors manipulálása miatt így is javult a diagnosztikai munka, és a hazai visszajelzések alapján az analóg felvételekhez képest másfél-kétszeresére emelkedett a legtöbb helyen a radiológia esetszám. Az indirekt CR rendszereknél az igazi képminőségbeli előrelépést a DIVARIO és FUJI CR rendszer megjelenése hozta el. Ezen készülékekkel már a jobb minőségű analóg felvételek minőségét lehetett elérni, vagy kismértékben meghaladni.

1.4. IV. fejlesztési fázis: direkt digitális radiológiai (DDR) rendszerek

A direkt digitális rendszerek ára a 2000-es évek előtt olyan árkategóriába tartozott, ami nem tette rentábilissá a hazai állatorvosi praxisok számára ilyen készülék megvásárlását. A 2010-es években igen jelentős árzuhanás következett be,

köszönhetően annak, hogy a humán piacon - mely mindig is alakítja a radiológiában az árakat - már megtörtént az analóg-digitális átállás. Mivel így nem az analóg és a flat panel rendszerek között volt verseny, hanem a CR és DDR rendszerek között, ezért az új felállás jelentősen csökkentette a DDR flat panelek árát.

Az ár csökkenésének köszönhetően a 2010-es éveken az állatorvosi piacon is rentábilissá vált a flat panelek beszerzése, és egyre több klinikán kezdtek ezeket használni. Mivel az elkövetkező években a legtöbb klinikán a CR-DDR átállás le fog zajlani, így érdemes technikai, szakmai és pénzügyi oldalról is összehasonlítani ezen rendszerek előnyeit és hátrányait.

2. A képminőséget befolyásoló tényezők fizikai alapjai

A röntgenképek minőségét több összetevő együttes hatása határozza meg. A röntgensugár képzésétől a detektáláson keresztül szinte minden elem befolyással bír a képminőségre. Mivel a képalkotási láncban már egyetlen összetevő is képes jelentősen rontani a képminőséget, így érdemes áttekinteni a teljes láncolatot a sugár keletkezésétől az elkészült röntgenkép megjelenéséig.

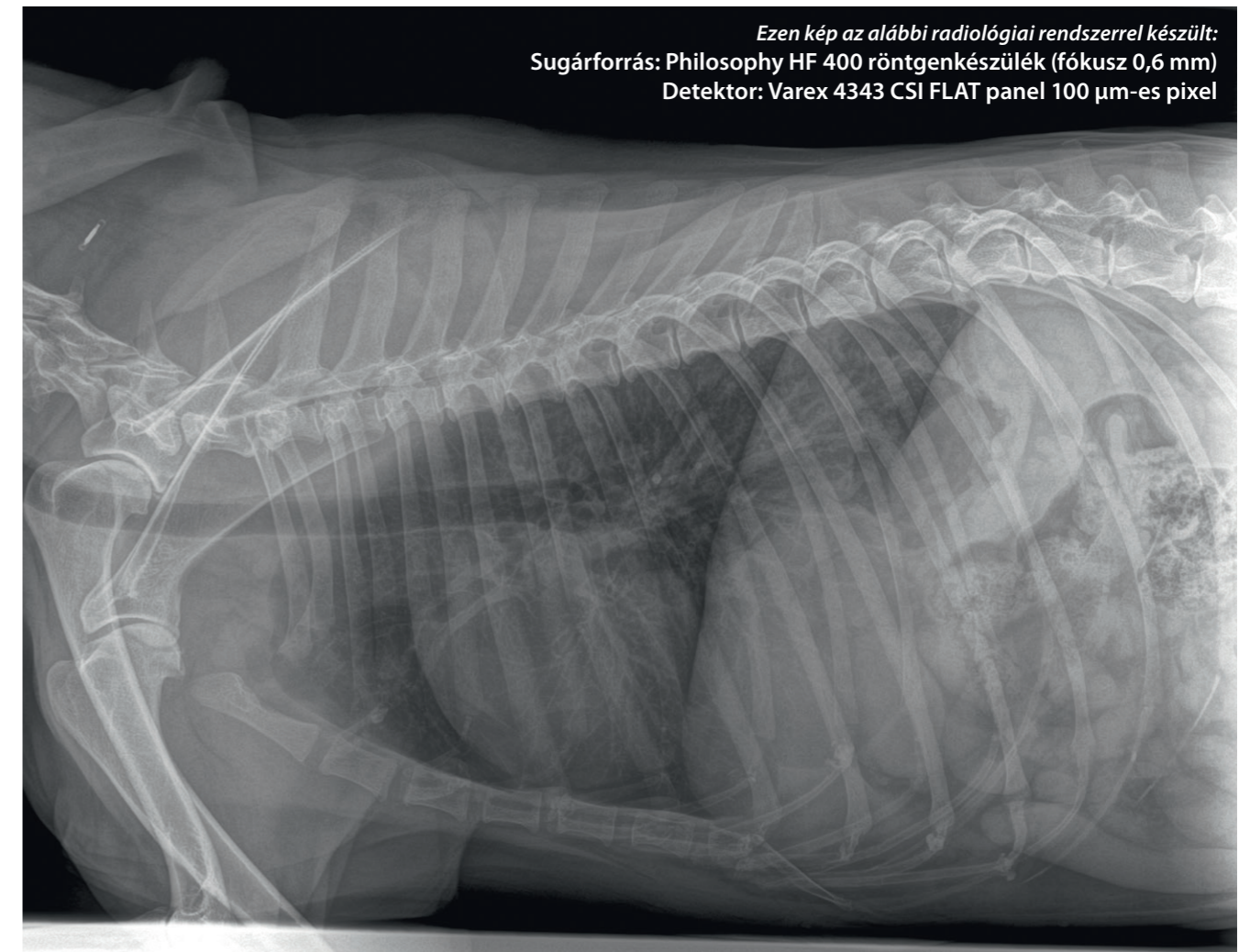
A képminőség kialakításában a következő elemek játszanak szerepet:

- 1) Sugárforrás tulajdonságai
 - a) sugárforrás teljesítménye
 - b) sugárforrás fókuszpontja
 - c) anód állapota
 - d) generátor vezérlése
 - e) generátor teljesítménye
 - f) sugárforrás távolsága a céltárgytól
- 2) Expozíció karakterisztikája
- 3) Asztallap sugáráteresztő tulajdonságai
- 4) Detektáló rendszer tulajdonságai
 - a) jel -zaj arány (SNR)
 - b) céltárgy távolsága a detektáló eszköztől
 - c) detektáló eszköz jelátalakító képessége (Detective Quantum Efficiency /DQE)
 - d) térbeli felbontóképesség (spatial frequency)

Felújított Mediroll 1 röntgenkészülék

Teljesítmény:	6,0 kW 40-125kV, 5kV léptetés max 100 mA nagyfrekvenciás fűtőegységgel, digitális vezérléssel
Cső típusa:	0,8 mm-es fókuszt felújított, 1 év garancia

Nettó ár: 2 200 000 Ft



Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: Philosophy HF 400 röntgenkészülék (fókuszt 0,6 mm)
Detektor: Varex 4343 CSI FLAT panel 100 µm-es pixel

- e) szcintillátor típusa
 - f) Modularis Transfer Function (MTF)
 - g) dinamika tartomány
 - h) kontraszt
 - i) zaj
 - j) wiener spectra (WS)
 - k) detektor felbontóképessége (Resolution)
 - l) élettartam
- 5) PC és monitor
- a) szoftver képminőség javító algoritmusai
 - b) monitor tulajdonságai

Minden egyes összetevő részletes elemzésére jelen közlemény nem vállalkozik a területi korlátok miatt, de a minőséget legjobban befolyásoló pár elemre, illetve az egyes pontok közötti összefüggésekre szeretnénk rávilágítani, mert ezen szempontok ismerete lényeges és elengedhetetlen a CR és DDR rendszerek összehasonításában.

2.1. Jel-zaj arány (Signal to Noise Ratio, SNR)

Minden képalkotási rendszerben alapvető cél, hogy a detektor azon részén keletkezzen csak jel, ahova az objektum vetül. Sajnálatos módon ez csak idealizált állapotban valósul meg, így minden jel valamilyen mértékben zaj keletkezésével jár. Természetesen a képminőség akkor lesz kiváló, ha a jel-zaj arány magas. Ennek érdekében próbáljuk a radiológiai rendszerünkkel a jelet erősíteni és a zajt keletkezését kiszűrni vagy eliminálni. Minden törekvés, mely ez irányba hat, javítani fogja a kép minőséget.

2.2. Sugárforrás fókuszpontja, nagyítás és élettartam

A sugárforrás fókuszpontja (f) igen jelentős mértékben befolyásolja a képminőséget. A 4-es

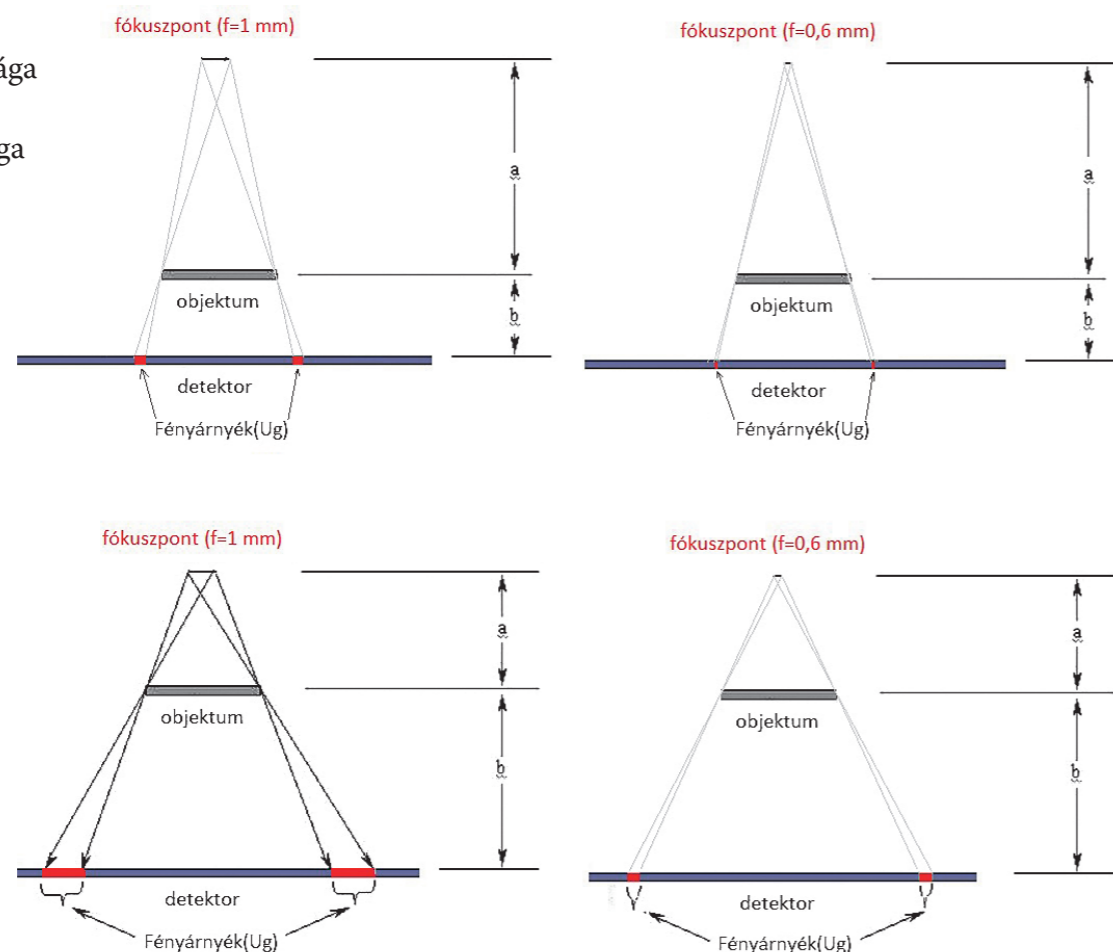
A nagyítást a következő képlettel tudjuk kiszámolni:

$$M = (a+b)/a$$

M= nagyítás

a= objektum távolsága a sugár forrástól

b= detektor távolsága az objektumtól



4. kép a sugárforrás mérete és a nagyítás hatása a fényárnyakra (piros terület), ami zajként értelmezhető a radiológiai rendszerben

Fire CR Spark Veterinary 70 CR szkennер

- kristálytisza képminőség
- gyorsaság, akár 70 teljes méretű lemezfeldolgozás óránként
- ultra-könnyű, kompakt és falra szerelhető
- új, erős, tartós kazetták
- meghajlásbiztos képalkotó lemez
- szabványos méretű (35 × 43 cm, 24 × 30 cm, 18 × 24 cm) kazetták befogadására alkalmas
- egyedi állatorvosi fogászati kazetta (opcionális tartozék)
- automatikus kazetta és lemezkezelés
- egy lépéses, integrált szkennelés és törlés
- masszív, torziós stabilizált optika
- csendes, stabil
- súly: 19,5 kg
- méret: 13,7 × 45,6 × 80,3 cm

Fire CR Spark Veterinary 70 CR szkennер
35 x 43, 24 x 30 cm lemezekkel, számítógéppel, monitorral

Nettó ár: 3 800 000 Ft



Fuji CR Prima T2 Image Reader

- részletgazdag képek
- 3,5 vonalpár / mm felbontóképesség
- gyors beolvasás
- 560 × 540 × 390 mm méret
- várható élettartam 6-8 év
- súly: 39,5 kg

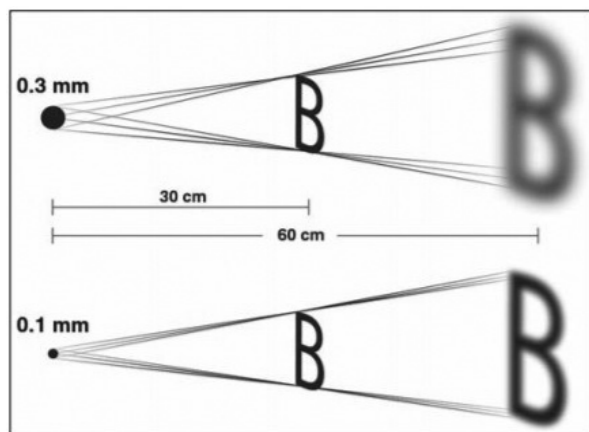
Tartozékok:

- kazetta 35 × 43 cm, beleértve az IP és a mozgó lemez
- kazetta 24 × 30 cm, beleértve az IP és a mozgó lemez
- kazetta 18 × 24 cm, beleértve az IP és a mozgó lemez

Fuji CR Prima T2 Image Reader
35 x 43, 24 x 30, 18 x 24 cm lemezekkel, számítógéppel, monitorral

Nettó ár: 5 350 000 Ft

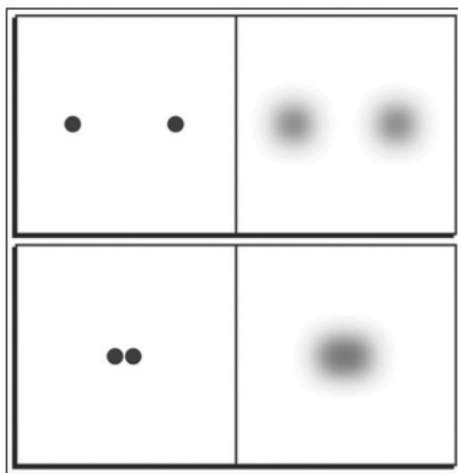




5. kép a sugárforrás növekedésével keletkező életlenség

és 5-ös képen jól megfigyelhető, hogy a nagyobb fókuszponttal ellátott sugárforrás miatt a céltárgy a detektoron nagyobb árnyékot/zajt, vagy más megfogalmazásban életlenséget eredményez. A zajt a 4. képen pirossal jelöltük. A 4. kép felső és az alsó sorában lévő ábrák között megfigyelhető, hogy a sugárforrás-céltárgy távolsága („a” szakasz), továbbá a céltárgy-detektor távolsága („b” szakasz) is jelentős befolyással bír a zaj mértékére. Minél nagyobb mértékben távolodik a céltárgy a detektortól, annál nagyobb mértékű lesz az így keletkező zaj. Az 5. képen szintén megfigyelhető, hogy a fókuszpont növelése milyen drasztikus mértékben képes növelni az életlenséget.

A távolság növelésével azonban nem csak a zaj mértéke növekszik, hanem a céltárgy detektorra való vetülésének a képe is. Minél távolabb rakjuk a detektálandó objektumot a detektor egységtől,



6. kép az éles képpontok közel kerülve is elkülönülnek, míg az életlenebbek egy ponttá olvadnak össze

annál nagyobb lesz az elkészült kép. A nagyobb kép részletgazdagabb megjelenítést tesz lehetővé, de a nagyítás (M) növekedésével egy bizonyos pont után sokkal nagyobb mértékben nő a zaj, mint a nagyításból nyerhető plusz információ. Ezen ok miatt igen óvatosan kell kezelni a nagyítás mértékét.

$$\text{Életlenség} = f \cdot (M - 1)$$

M = nagyítás

f = fókuszpont nagysága

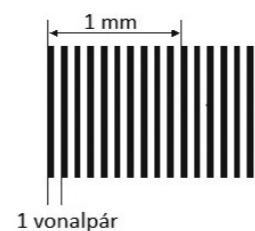
Az életlenség a felbontóképességre is komoly hatással bír. A 6. képen látható, hogy a bal oldali éles képpontok még akkor is elkülöníthetők, ha közel kerülnek egymáshoz, míg az életlen képpontok közel kerülve már egy ponttá olvadnak össze. A fenti ábrák alapján belátható, hogy a fókuszpont mérete egy rettentően fontos paraméter a radiológiai rendszerek megítélésében. Ennek alacsony szinten tartása feltétlenül szükséges a jó minőségű képek elkészítéséhez.

A felbontóképesség standardizálása érdekében bevezetésre került egy mérőszám, mely képes kifejezni egy rendszer érzékenységét, melynek a mértékegysége a vonalpár (lp/mm).

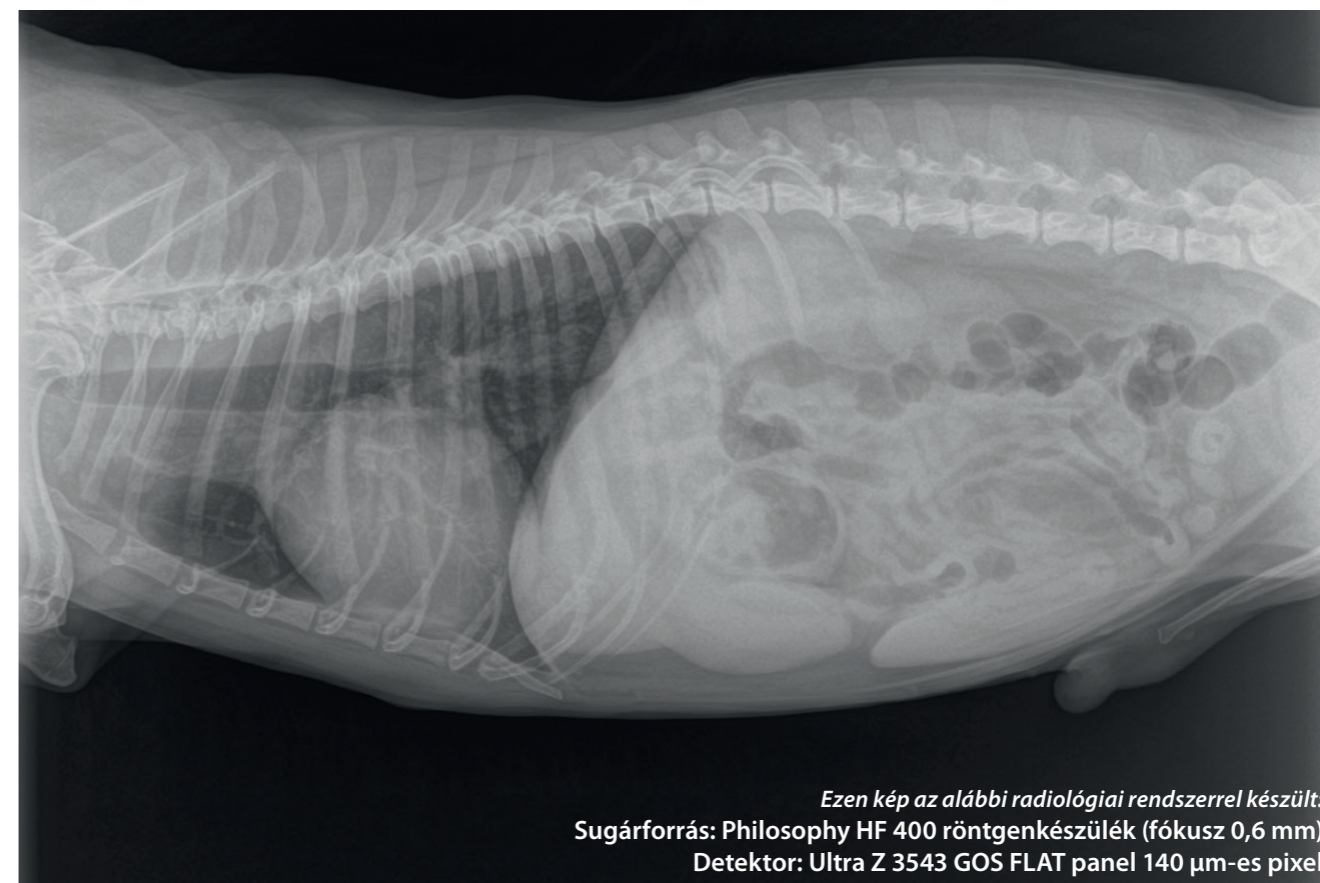
A felbontás definíciója

Egy vonalpár (angolul line-pair vagy lp) egy fekete és egy fehér vonalat jelent. Egysége a vonalpár/mm, azaz vp/mm (angolul lp/mm).

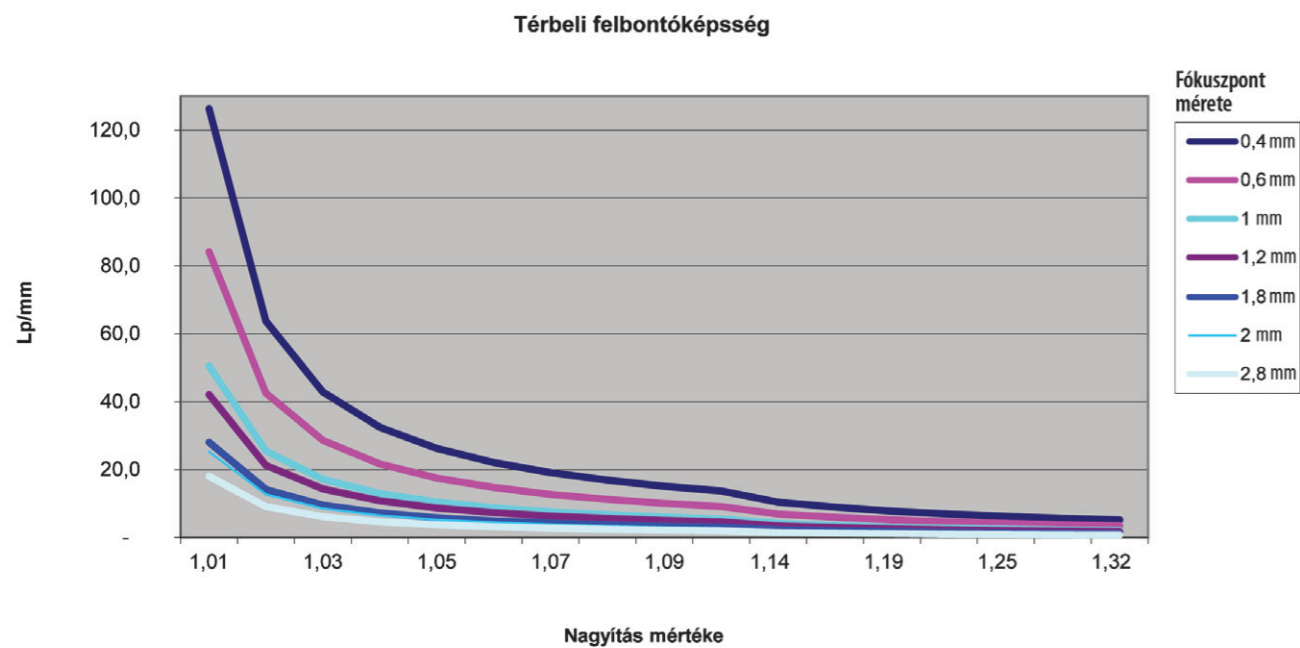
Azaz 10 lp/mm = 10 fekete + 10 fehér vonal milliméterenként, tehát 1 vonal vastagsága = 50 µm. A szakirodalomban a lp/mm kifejezést használják, így mi is ezt fogjuk tenni az elkövetkezőkben.



Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: Philosophy HF 400 röntgenkészülék (fókuszs 0,6 mm)
Detektor: Ultra Z 3543 GOS FLAT panel 140 µm-es pixel



Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: Philosophy HF 400 röntgenkészülék (fókuszs 0,6 mm)
Detektor: Ultra Z 3543 GOS FLAT panel 140 µm-es pixel



7. kép A nagyítás és a sugárforrás fókuszmérete alapján szóba jöhető felbontóképesség elméleti maximuma lp/mm-ben

2.3. Detektorok felbontóképessége, térbeli felbontóképesség

A radiológiai rendszerek felbontóképességét a következő képlet alapján tudjuk kiszámolni.

$$\text{Felbontóképesség (térbeli)} = M / (f * (M - 1))$$

M = nagyítás

f = fókuszpont nagysága

Jól látható, hogy a térbeli felbontóképességet alapjaiban határozza meg a sugárforrás fókuszpontja. Míg a detektor felbontóképességét a nagyítás növelésével kismértékben lehetséges csak javítani, addig a fókuszpont csökkentésével jelen-

tősen lehet növelni a felbontóképességet. Ezért a képminőség javítása céljából érdemes:

- a nagyítást minél kisebb szinten tartani, tehát a vizsgálandó területet a detektorhoz minél közelebb helyezni
- minél kisebb elemi pixeleket használó detektáló rendszert használni
- minél kisebb fókuszu sugárforrást használni

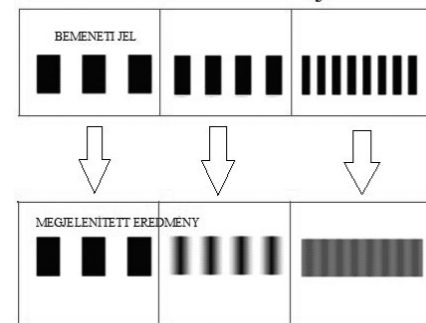
A 7. képen jól megfigyelhető, hogy a nagyítással rohamosan romlik a felbontóképesség.

2.4. Modulation Transfer Function (MTF)

Erre a kifejezésre a radiológiában nincs bevett magyar fordítás, ezért a továbbiakban mi is a magyar szakirodalomban is elterjedt MTF rövidítést fogjuk használni. Ez a tényező azt mutatja meg, hogy a bemeneti oldalon leképezendő jel és a kimeneti oldalon képződött jel milyen mértékben hasonlítanak egymáshoz. Az alábbi ábra tanulmányozásával könnyen meg lehet érteni az MTF funkcióját. Nézzük az alábbi jelsorozatot, melyet fel kell dolgozni a detektornak. Az egymás mellett álló különböző vastagságú/ sűrűségű fekete-fehér vonalakat kell a detektornak megjeleníteni.

Jól látható, hogy az egyre vékonyabb és egymáshoz közelebb álló vonalakat egyre nehezebben tudja különálló fekete-fehér vonalakként

Bemeneti oldal / Bemeneti jel



Kimeneti oldal / Detektálás eredménye

8. kép A detektálandó jel és a kimeneti oldalon látható detektált jel megjelenése az MTF érték függvényében



megjeleníteni a detektor. A kisméretű, egymáshoz közel álló fekete fehér vonalakat végül már szürke masszává olvasztja össze, ami alig hasonlít az eredeti jelünkhöz.

Ha a fenti ábrát számszakilag szeretnénk értelmezni, akkor a következő eljárást alkalmazhatjuk. Az egyes vonalakat alakítsuk számmá az alapján, hogy a fekete mennyire intenzíven fekete és a fehér mennyire intenzíven fehér. Ha a fekete teljesen fekete, akkor 1-es intenzitásúnak vesszük. Ha kicsit szürkébb zónába kezd hajlani a színe, akkor már csak 0,9-0,8-0,7 stb. intenzitásúnak vesszük, míg a teljesen fehérret 0 intenzitásúnak tekintjük.

Ha ilyen szemmel nézzük a vonalakat, akkor láthatjuk, hogy az ábra bal oldalán lévő vastag vonaloknál tökéletesen működik a rendszerünk, hiszen az 1-es intenzitású fekete vonal (bemeneti oldal) 1-es intenzitású fekete vonalként jelenik meg a kimeneti oldalon. A 0 intenzitású fehér esetében sincs ez másképpen, a kimeneti oldalon is 0 intenzitású fehér csík jelenik meg.

Ezek alapján kiszámolhatjuk a rendszer

MTF értékét:

$$MTF = \frac{(Intenzitás_{max} + Intenzitás_{min'})}{(Intenzitás_{max} + Intenzitás_{min})}$$

vagyis a mi példánk esetében

$$MTF = \frac{(fekete Intenzitás_{mért} - fehér Intenzitás_{mért})}{(fekete Intenzitás_{elméleti max} - fehér Intenzitás_{elméleti min})}$$

tehát az

$$MTF = \frac{(1-0)}{(1-0)}$$

vagyis MTF=1

Az 1-es MTF érték azt jelenti, hogy tökéletesen működik a radiológiai rendszerünk.

Ahogy csökken a vonalak mérete és nő a sűrűsége, ez az átalakítás nem tud tökéletesen végbemenni, így hiába van a bemeneti oldalon 1-es intenzitású fekete vonalunk, az a kimeneti oldalon csak 0,8-os intenzitású feketekén, vagyis inkább szürkéként fog megjelenni. A fehér vonalnál is hasonló történik. A 0 intenzitású fehér

enyhén szürkülni fog, tehát a bemeneti fehérünk a detektálási oldalon már csak 0,2-es intenzitást fog elérni. Itt a rendszer MTF értéke így alakul:

$$MTF = \frac{(fekete Intenzitás_{mért} - fehér Intenzitás_{mért})}{(fekete Intenzitás_{elméleti max} - fehér Intenzitás_{elméleti min})}$$

vagyis ebben az esetben

$$MTF = \frac{(0,8-0,2)}{(1-0)}$$

vagyis MTF=0,6

Még kisebb/sűrűbb vonalak esetében ez még jobban eltolódik a szürke irányába, vagyis a fekete még kevésbé lesz fekete a kimeneti oldalon, és a fehér vonal is egyre inkább szürkül. Ezt láthatjuk az 8. kép jobb oldalán. A MTF itt így alakul:

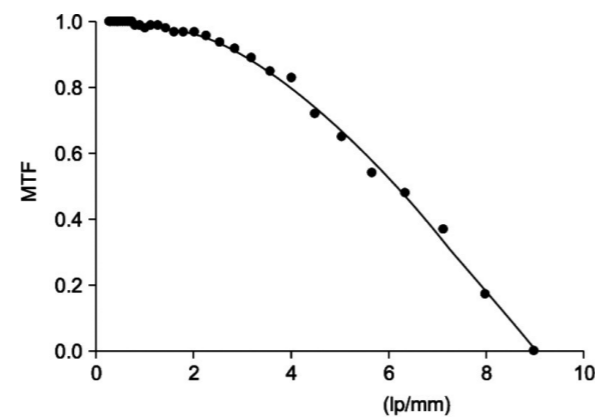
$$MTF = \frac{(fekete Intenzitás_{mért} - fehér Intenzitás_{mért})}{(fekete Intenzitás_{elméleti max} - fehér Intenzitás_{elméleti min})}$$

vagyis ebben az esetben

$$MTF = \frac{(0,6-0,4)}{(1-0)}$$

vagyis MTF=0,2

Ebből következik, hogy egy bizonyos pont után már csak egységes szürke masszát fogunk látni, vagyis az MTF eléri a 0-t.



9. kép Egyértelmű, hogy az a rendszer rendelkezik jobb diagnosztikai értékkel, mely nagyobb lp/mm felbontásnál éri el az x tengely nulla értékét. Másképpen fogalmazva minél nagyobb az MTF érték egy adott lp/mm felbontásnál, annál jobb/ kontrasztosabb képet kapunk a detektáló rendszerünkkel.



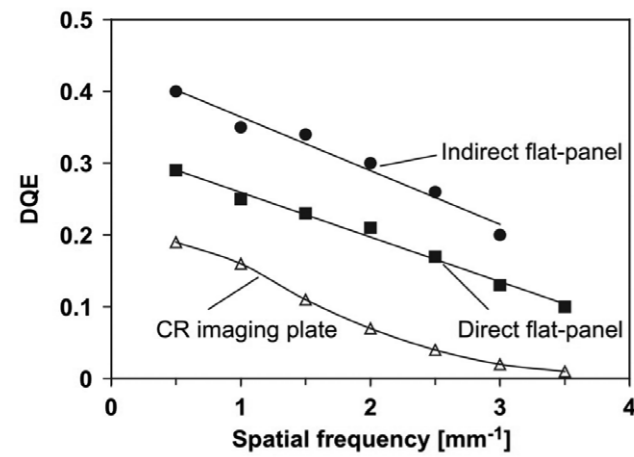
Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: Mediroll II röntgenkészülék (fókusz 0,8 mm)
Detektor: Divario CR-T2 CR detektor



Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: Mediroll II röntgenkészülék (fókusz 0,8 mm)
Detektor: Divario CR-T2 CR detektor

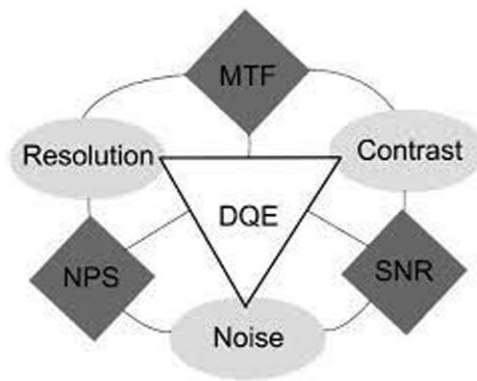
2.5. Detective Quantum Efficiency (DQE)

Ezen fizikai paraméter arról ad felvilágosítást, hogy az adott rendszer mennyire hatékonyan képes a bejövő energiát (kvantumot) jelle alakítani. Értelemszerűen az ideális radiológiai rendszer 100%-ban képes jelle alakítani a beérkező energiát. A jelsűrűség növekedésével, vagy más megközelítéssel a detektálni kívánt tárgy méretének csökkenésével egyre kisebb mértékben képesek a detektorok a bejövő energiát jelle alakítani, és ezzel párhuzamosan egyre több zaj képződik. Az a rendszer fog jobb képminőséget adni, mely a nagyobb jelsűrűség esetében nagyobb DQE értéket képes produkálni.



10. kép. CR és különböző DDR rendszerek DQE görbéje a felbontóképesség függvényében (lp/mm)

Erre vezethető vissza, hogy DDR rendszerek jobb képminőséggel rendelkeznek, mint a CR technológiák. A 10. képen is látható, hogy míg a CR rendszereknél 3,5 lp/mm-nél eléri a DQE érték a nullát, addig a DDR rendszereknél ez 5 lp/mm fölött történik csak meg.

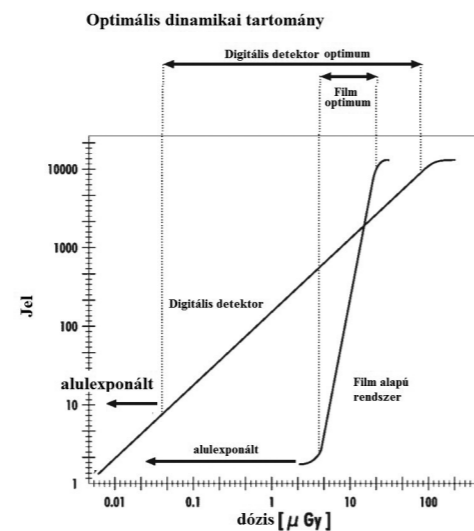


11. kép DQE értékét befolyásoló tényezők

Mivel a DQE érték több tényezőtől függ, úgy mint a sugárdózis, térbeli felbontóképesség, MTF és a detektor anyaga stb., így kiválóan használható egy rendszer minőségének jellemzésére.

2.6. Expozíció karakterisztikája/ Dinamikai tartomány

A dinamikai tartomány azt mutatja meg, hogy milyen tartományon belüli sugárdózisokkal képes az adott rendszer még értékelhető röntgenképeket készíteni. Ezen dinamikai tartomány a filmes rendszereknél igen szűk, míg a CR és DDR rendszereknél tág. A tág dinamikai tartomány nagy előnye, hogy a különböző szövetek más és más expozíciós karakterisztikáját 1 sugárdózisból is lehetséges teljesíteni, és nem kell a lágy szövet és a csont kritériumainak megfelelő karakterisztikával készíteni plusz röntgenfelvételt.

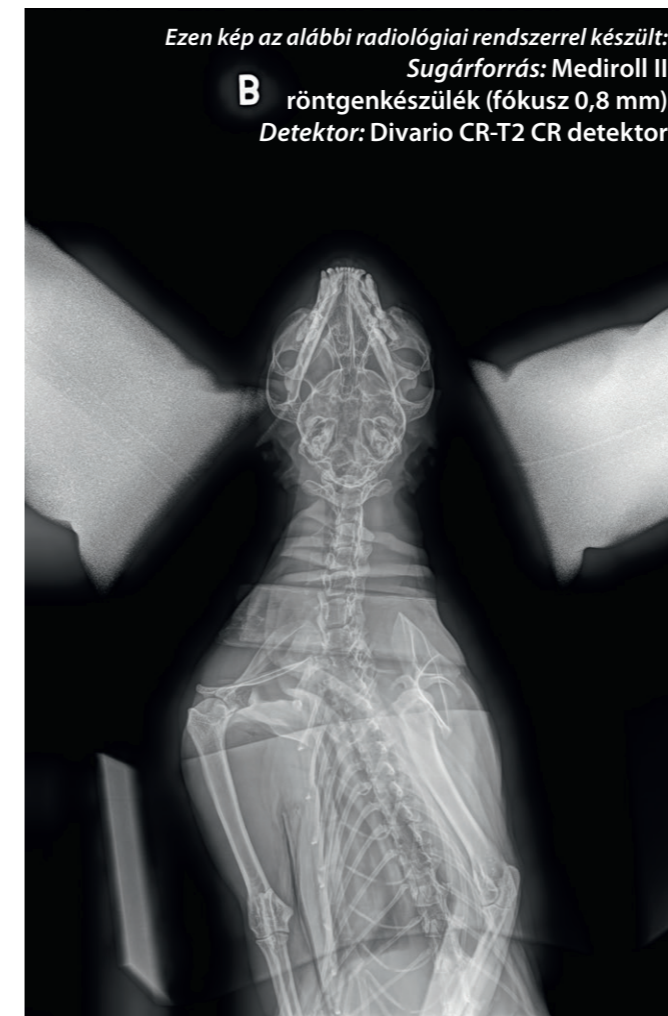


12. kép filmes és a digitális radiológiai rendszerek dinamika tartománya

3. CR és DDR rendszerek összehasonlítása

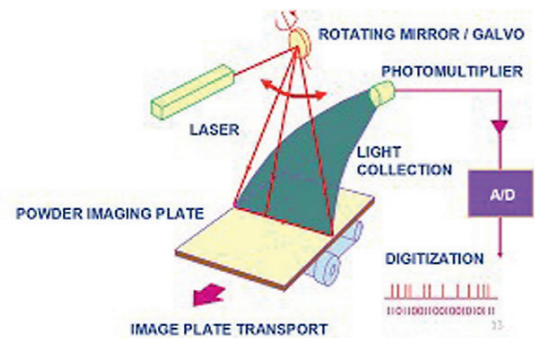
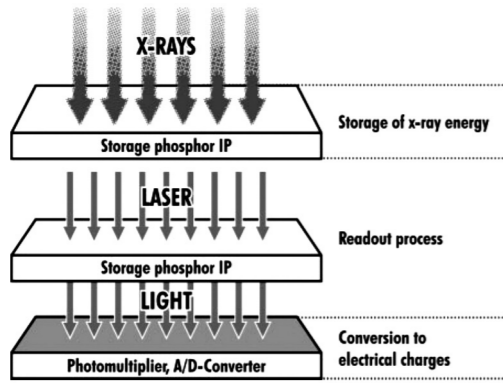
A következő szempontok alapján fogjuk összehasonlítani a CR és DDR rendszereket:

- 3.1. működési elv
- 3.2. gyorsaság
- 3.3. élettartam
- 3.4. sugárigény
- 3.5. gazdasági, pénzügyi szempontok
- 3.6. képminőség



3.1. Működési elv

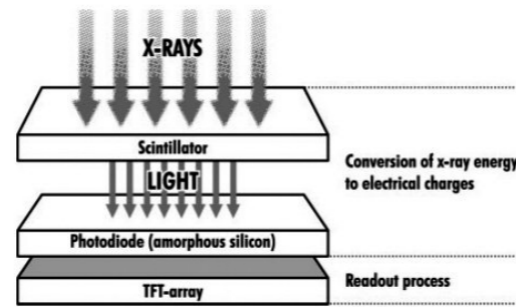
A CR rendszerek, melyeket indirekt digitális radiológiai rendszernek is hívnak, 2 részből állnak. Egy speciális vegülettel bevont lemezből, és a lemezek kiolvasását kivitelező kiolvasókból. A lemezek felületét speciális foszforvegyületekkel vonják be, ami lehetővé teszi, hogy a rájuk érkező röntgensugár energiáját átmenetileg tárolják. A röntgensugarak detektálását követően a foszforlemezeket a kiolvasóba kell helyezni, hogy ott nagy energiájú lézer stimulálja a foszforlemez felületét, mert a stimuláció hatására a felületen elhelyezkedő foszforvegyület fényt bocsát ki. A fénykibocsátást a kiolvasó egység detektora érzékeli és pixelről pixelre haladva leolvassa a foszforlemez teljes felületét. Ezen adatok összességéből készül a radiológiai kép.



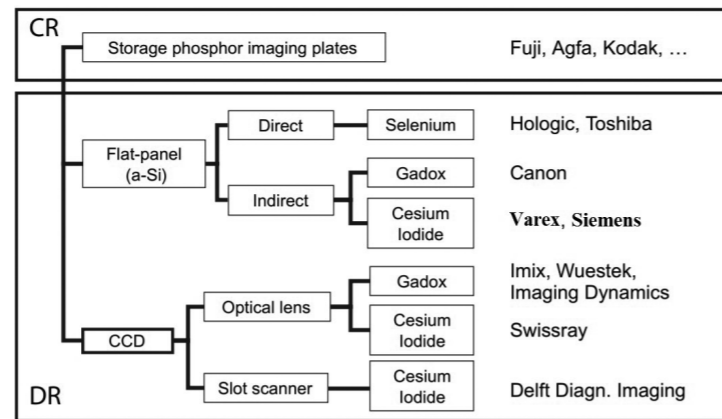
13. kép CR rendszer működési elvének sematikus ábrája

DDR rendszerek esetén a kép valós időben digitális jellé alakul, és másodpercek alatt megtekinthetővé válik. Ezen DDR rendszerekből is többféle működési elvű létezik. A közvetlen konverziós rendszereknél a panelben elhelyezkedő szcintillátor a röntgensugár energiáját elektromos töltéssé alakítja, mely töltést a szcintillátor alatt elhelyezett tranzisztorok detektálnak.

Közvetett konverziós rendszereknél a szcintillátor a röntgensugarak energiáját fotonokká konvertálja, és ezeket a fotonokat érzékeli a szcintillátor alatt elhelyezkedő tranzisztorok.



14. kép közvetett konverziós direkt digitális rendszer sematikus felépítése



15. kép különböző működési elvű digitális rendszerek ágrajza

3.2. CR és DDR rendszerek gyorsasága

Bármennyire is egyszerű a CR rendszerek alkalmazása, a flat panelek jóval gyorsabb munkát tesznek lehetővé. A CR rendszerek 35x43-as kazettájának előhívási ideje 60-90 másodperc. Ezen időre még rá kell számolni a kazetta hordozását az előhívó és a munkaalomás között. Egy felvétel elkészítése így körülbelül 2 percet vesz igénybe. A flat panelek használata esetén ezzel szemben az expozíciót követően 3 másodpercen belül elérhető az előnézeti kép, újabb 3 másodperc múlva pedig a végleges kép is megjelenik a monitoron. Ennek köszönhetően kb. 1,5 perc munkaidő nyerhető. Bár ez első hallásra nem tűnik túl nagy nyereségnek, érdemes kiszámolni, hogy éves szinten miről is van szó. Évi 500 felvétellel számolva 750 perc időt tudunk spórolni-elvesztegetni. Ez éves szinten lényegé-

4343 Pixxgen flat panel szoftverrel

Jellemzők	6 másodpercen belül kép 16 bit színmélység CSI szcintillátor 140 μm pixelek 3072 x 3072 (18,6 Mpixel) 3.5 vonalpár/mm felbontóképesség várható élettartam: 10 év
Súly	2,75 kg
Mérete	460 mm x 461 mm x 15 mm
Szoftver	Pixxgen szoftver



Vezetékes

4343 Pixxgen flat panel (GOS)+szoftver

Nettó ár: 4 250 000 Ft

4343 Pixxgen flat panel (CSI)+szoftver

Nettó ár: 4 750 000 Ft

WiFi-s

3543 Pixxgen flat panel (GOS)+szoftver

Nettó ár: 5 150 000 Ft

1212 Pixxgen flat panel (GOS)+szoftver

Nettó ár: 4 750 000 Ft



Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: Mediroll II röntgenkészülék (fókusz 0,8 mm)
Detektor: Divario CR-T2 CR detektor

ben 1,5 teljes munkanap, mely még alacsonyabb rendelői rezsióradijjal számolva is évi 150 000 Ft (750 perc * 12 500 Ft / óra rendelői rezsióradij= 150 000 Ft) kiesést eredményez.

A gyorsaságból eredő előny akkor válik igazán hasznossá, ha egy bemozdulás miatt rossz lesz a felvétel. Mivel a probléma 6 másodpercen belül kiderül, így még az állat pozíciójának megőrzésével lehet új felvételt készíteni.

3.3. CR es DDR rendszerek élettartama

A CR rendszerek élettartamát alapvetően meghatározza, hogy a digitális képalkotást egy mechanikai rendszer működteti. Mivel a készülék elektrosztatikusan feltöltődik, így a számítógéphez hasonlóan igen jelentős mennyiségű por és szőr képes pár hónap alatt is bekerülni a készülék belsejébe. Ez hamar komoly problémát tud okozni, ezért is lényeges a CR rendszerek évenkénti karbantartása. A gyártók évi 1 alkalmat minimum előírnak, de a körülmények függvényében ez akár 6 hónapra is csökkenhet a nagyobb koszterhelés miatt. Bármennyire is próbáljuk óvni ezen terheléstől a készüléket, a mozgó alkatrészek és mechanikai rendszerek kopása akkor is elkerülhetetlen. Statisztikai adatok alapján ezen kopások, avulások miatt a készülékek átlagos élettartama 6-8 évben határozható meg.

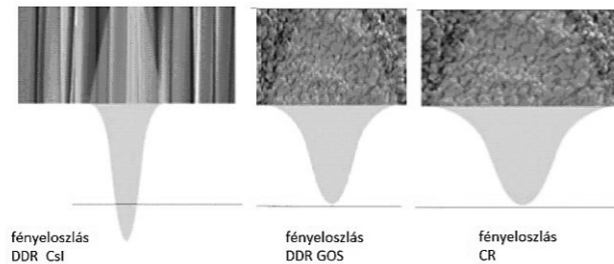
Ezzel szemben a flat panelek élettartamát a bennük található elektronika és szcintillátor határozza meg. A tervezés során ezeket 400 000 felvétel elkészítésére tervezik. Ez napi 50 felvétel (18 250 felvétel/év) elkészítése esetén 20 éves élettartamot biztosít.

3.4. CR és DDR rendszerek sugárigénye

Mint már a DQE érték tárgyalásakor említettük, a CR rendszerek DQE értéke alacsonyabb tartományokban mozog mint a DDR rendszereké, így a CR rendszerek magasabb sugárdózissal képesek csak a megfelelő jel/zaj arányt elérni.

Fontos megemlíteni, hogy a DDR rendszerek között is vannak különbségek. A direkt digitális rendszerekben a szcintillátor alakítja át a röntgensugarat a detektornak érzékelhető jellé. Ezen szcintillátoroknál elvárás, hogy az a rönt-

gensugár „átalakítása” közben minél kisebb szórás okozzon. A GOS (Gd₂O₂S) szcintillátorok anyagszerkezete lencsés felépítésű, így a jelátalakítás közben az anyagában jóval erőteljesebb szóródás tud létrejönni, mint a CSI (cezézium-jodid) szcintillátorokban. Ez annak köszönhető, hogy a CSI szcintillátorok anyagszerkezete tükristályos elrendezésű, így a benne megkezdett átalakítás végig ugyanabban a tükristályban megy végig, így a szomszédos tranzisztorok sokkal kevesebb zajjal terhelődnek.



16. ábra CSI, GOS szcintillátorok összehasonlítása a CR rendszerrel. A CSI szcintillátor tükristályai optika szálakhoz hasonlóan a kristályon belül tartják a fotonokat, így minimalizálják a jel szóródását és emelik a berendezés DQE értékét.

A CR rendszereknél a foszfor-lemezen elhelyezkedő kristályok tárolják az aktuális röntgenfelvétel során keletkezett sugárdózis „információkat”. Ezen tárolt információt olvassa ki a reader a foszforlemezről az előhívás során. Az előhívási folyamat során egy lézersugár gerjeszti a foszforlemez, és az így keletkezett fényt egy dióda detektálja. Mivel itt a kiolvasási folyamatnál optikai fény keletkezik, így a fényre jellemző szóródás miatt nagyobb a zajszint. Erre vezethető vissza, hogy a CR rendszerek kisebb DQE értékkel rendelkeznek.

A GOS rendszerű DDR panelek és a CR rendszerek sugárigénye közel azonos szintű, míg a CSI szcintillátorral ellátott flat panelek alacsonyabb sugárdózisokat igényelnek az adott felvétele elkészítéséhez, köszönhetően a magasabb DQE értéküknek.

Ultra Z flat panel Metron szoftverrel

Jellemzők	35 × 43 cm-es méret 3 másodpercen belül kép 16 bit színmélység GOS szcintillátor 140 μm pixelek 2560 × 3072 (7,86 Mpixel) 4,0 vonalpár/mm felbontóképesség várható élettartam: 20 év
Súly	4,5 kg
Méret	360 mm × 460 mm × 15 mm
Szoftver	METRON szoftver



1 db Ultra Z flat panel Metron szoftverrel számítógéppel és 24" nagyfelbontású monitorral

Nettó ár: 5 500 000 Ft



Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: Philosophy HF 400 röntgenkészülék (fókusz 0,6 mm)
Detektor: Varex 4343 CSI FLAT panel 100 μm -es pixel

3.5. CR es DDR rendszerek gazdasági vonatkozásai

Annak érdekében, hogy a praxis megfelelő döntést hozzon a radiológiai rendszer kiválasztásakor, elengedhetetlen, hogy ne csak szakmai, hanem pénzügyi oldalról is áttekintse a beszerzést, és kiszámítsa pénzügyi döntésének várható hatását.

Egy befektetés értékelése során a következő szempontokat kell elsősorban figyelembe venni:

- a beruházás hasznos élettartama
- beruházással kapcsolatos pénzáramlások (bevételek, kiadások)

3.5.1. CR és DDR rendszerek hasznos élettartama

A CR rendszerek élettartama szakirodalmi adatok alapján 6-8 év. Ez összhangban van a hazai humángyógyászati és állatorvosi tapasztalatokkal is. Ennél hosszabb időtartammal számolni pont annyira irreális, mint egy újszülött macska élettartamát 20-25 évben meghatározni. Tudjuk, hogy léteznek 20 év feletti macskák, de az átlagos élettartam inkább 10-16 év házi kedvenc esetében. A DDR rendszerek élettartamát a szcintillátor határozza meg, melyet 400 000 röntgenfelvételre terveznek. Napi 40-50 röntgenfelvétellel számolva ez akár 19-20 éves hasznos élettartamot jelent.

3.5.2. CR és DDR rendszerek pénzáramlásai

Annak érdekében, hogy korrekt számításokat tudjunk végezni, a hazai piacon 2019. januárjában elérhető pénzügyi adatok alapján fogunk kalkulálni.

A beruházás pénzáramlásának kiszámításához az alábbi szempontokat kell megvizsgálni:

3.5.2.1 Kezdő pénzáramlás

- az eszköz beszerzési ára
- tőkésíthető kiadások (szállítási, szerelési költség)
- régi eszközök értékesítéséből származó bevétel

3.5.2.2 Működési pénzáramlás

- költségek a várható élettartam alatt
- bevételek a várható élettartam alatt

3.5.2.1. Kezdő pénzáramlás

Eszközök beszerzési ára

A pénzügyi számítások jobb átláthatósága érdekében 4, hazánkban általánosan elterjedt radiológiai rendszer összehasonlítását fogjuk részletesen elvégezni, melyek mintájára aztán bármilyen más rendszer kalkulációja is elvégezhető.

Csoportok:

Az egyes készülékek képminősége alapján 4 csoportot hoztunk létre

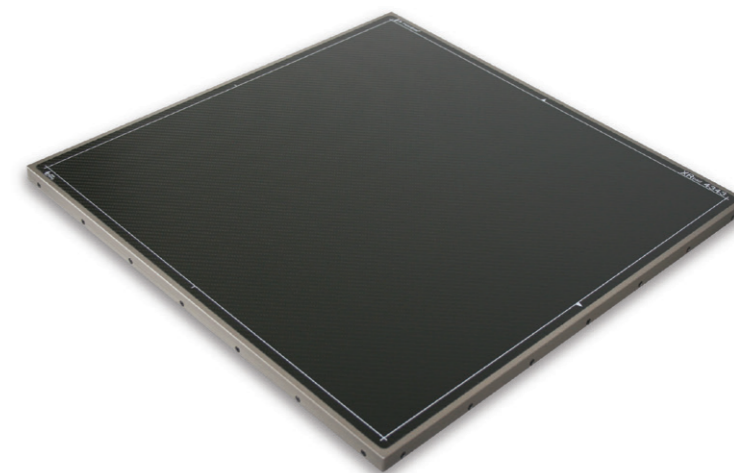
- CR I. csoport: Carestream CR, AGFA CR és FIRE CR
- CR II. csoport: FUJI T2 CR, DIVARIO CR-T2
- DDR I. csoport: 140 µm-es technológiával készült PZ Medical (GOS) panel,
- DDR II. csoport 100 µm-es technológiával készült Varex (CSI) panel

Az eszköz beszerzési ára

- CR I. csoport: Ezen csoportba tartozó készülékeket új állapotban átlagosan 3,5–3,8 M Ft + áfa árért lehet jelenleg beszerezni. A nagyszámú DDR-cserének köszönhetően a hazai piacon is megjelentek ezen készülékek használt változatai, melyeket 1,0–1,5M Ft-ért lehet megvásárolni.
- CR II. csoport: A magasabb árkategóriájú CR rendszerek ára a hazai piacon jelenleg 5,0–5,8 M Ft + áfa környékén alakul az új készülék esetén. Használt termékek is elérhető 2,0–3,0 M Ft + áfa összegért, bár ezek elég ritkák, mivel ezek a modellek a hazai piacra csak az utóbbi években kerültek bevezetésre.
- DDR I. csoport: Ezen csoportba tartozó készülékeket új állapotban átlagosan 4,8–5,9 M Ft + áfa összegért lehet jelenleg beszerezni. Használt termék ezen típusú rendszerből nem fordul elő a hazai piacon.

Ultramaxx flat panel METRON szoftverrel

Teljesítmény	43,2 × 43,2 cm-es méret 3 másodpercen belül kép 16 bit színmélység Amorf szelenium szcintillátor 100 µm pixelek 4318 × 4320 (18,6 Mpixel) 5.0 vonalpár/mm felbontóképesség wifi adattovábbítás (opcionális kiegészítő) várható élettartam: 20 év
Súly	4,5 kg
Mérete	460 mm × 460 mm × 15 mm
Softver	METRON szoftver



XRpad 4343 F (Csl)	DQE	MTF
0 Lp/mm	75%	
1 Lp/mm	60%	70%
2 Lp/mm		40%
3 Lp/mm	40%	
4 Lp/mm		15%

Ultramaxx flat panel (CSI) METRON szoftverrel, számítógéppel és nagyfelbontású monitorral:

Nettó ár: 8 300 000 Ft

Ultramaxx flat panel (CSI) E-com szoftverrel, számítógéppel és nagyfelbontású monitorral:

Nettó ár: 6 900 000 Ft



Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: Philosophy HF 400 röntgenkészülék (fókusz 0,6 mm)
Detektor: Varex 4343 CSI FLAT panel 100 µm-es pixel

- DDR II. csoport: A magasabb árkategóriába tartozó készülékeket 7,0–8,5 M Ft + áfa ellenértékért lehet beszerezni. Használt termék sem hazánkban sem a világpiacon nem fordul elő, és a közeljövőben számítani sem lehet megjelenésükre, hiszen jelenleg ez a rendszer képviseli a technológiai csúcst és igen magas a várható élettartama.

Tőkésíthető kiadások

Abban az esetben, ha már kiépített radiológiai rendszerünk van, akkor lényegében csak a detektáló egység ára képezi a várható költségeket. Ha viszont nulláról szeretnénk kiépíteni egy radiológiai munkaállomást, akkor a detektoron és a sugárforrás beszerzésén felül gondolni kell olyan költségekre is mint: ólomkötény, ólomkesztyű, ólomszemüveg, engedélyezési eljárás lefolytatása, helység sugárvédelme stb.

Tapasztalatok alapján az engedélyezési folyamat 0,3–0,5 M Ft + áfa költséggel szokta terhelni a fejlesztést. A radiológiai munka folytatásához szükséges felszerelés ára 0,2–0,4 M Ft + áfa környékén mozognak. A röntgenhelységek kialakításának költségei nagymértékben függenek attól, hogy a radiológiai munkára kialakított helység milyen sugárvédelemmel rendelkezik. A 12 cm vastag tömör téglafal már megfelelő sugárvédelmet biztosít. Ennél vékonyabb vagy ytong téglából épített fal esetében azonban plusz sugárvédelem kialakításával kell számolni mely 1–2 M Ft + áfa költséget is eredményezhet.

Mivel radiológiai munkát csak sugárvédelmi oktatásban részesülő személy végezheti, így ezen oktatással is számolni kell. Maga az oktatás díja kb. 50 000 Ft + áfa / fő költségből fedezhető, azonban figyelembe kell venni, hogy a jogszabályi változásoknak köszönhetően ez 5 munkanapot is igényelhet, így az oktatási időszakra jutó munkakiesés jóval nagyobb költséget eredményezhet.

Régi eszközök értékesítéséből származó bevétel

Abban az esetben számolhatunk csak a használt termék értékesítésével, ha már meglévő radiológiai rendszerünket kívánjuk fejleszteni. Analóg-digitális átállás esetén az analóg rendszer eladása kerülhet – elvileg – szóba. Az előhívó folyadé-

kok, kazetták, automata előhívók ára a jelképes ár közelébe került a hazai piacon. Ez annak köszönhető, hogy a kínálati oldalon már elérhetők a használt CR rendszerek is. Tapasztalatok alapján a jobb minőségű automata előhívókon is igen nehezen és csak nagyon alacsony áron lehet túladni. 50 000 Ft + áfa árbevétel elkönyvelése már igen jó üzletnek tekinthető.

CR – DDR átállás esetében a meglévő CR rendszerek értékesítése jelentősebb bevételt eredményezhet. A használt CR termékekre az újonnan nyíló rendelők, továbbá a jelenleg még analóg rendszert használó klinikák jönnek szóba, mint potenciális vásárlók. A CR I. csoportba tartozó termékek ára 1,0–1,5 M Ft + áfa érték között szokott mozogni, míg a CR II. csoportba tartozó készülékek 2,5–3,0 M Ft + áfa értékben szoktak gazdát cserélni.

Kezdő (beruházási) pénzáramlás főbb elemei

- + Eszköz(ök) beszerzési ára
 - + Tőkésíthető kiadások (szállítás, szerelési költségek stb.)
 - Régi eszközök értékesítéséből származó bevételek
- Fenti tételek összesen = Kezdő pénzáramlás

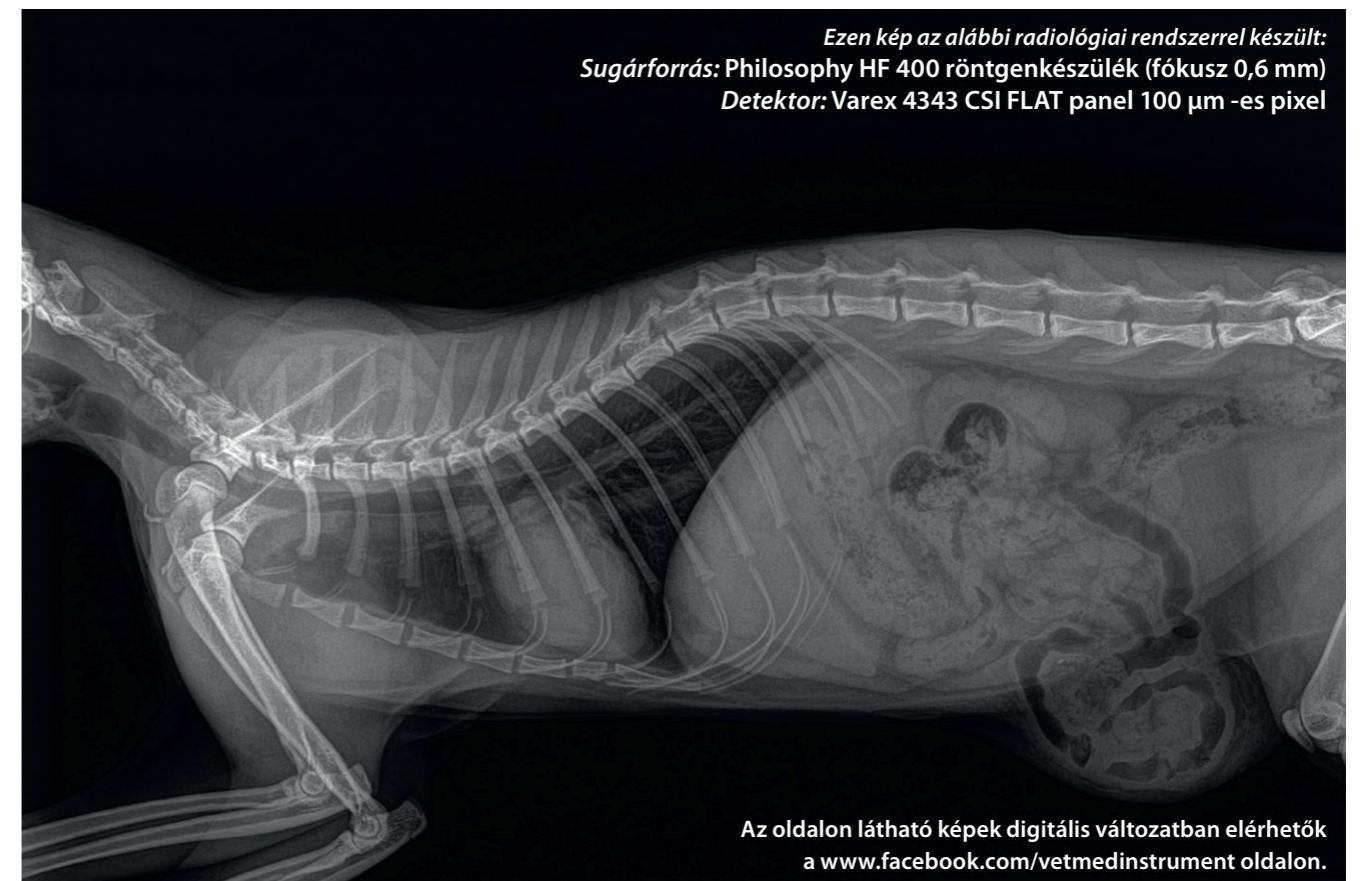
17. ábra A kezdő pénzáramlás elemei

3.5.2.2. Működési pénzáram

Költségek a várható élettartam alatt

A CR rendszerek élettartama alatt, főleg ha hosszú élettartamot szeretnénk a készüléknek biztosítani, akkor évenkénti tisztítási és karbantartási költségekkel kell számolni. Ez átlagosan évi 30 e–50 e Ft + áfa költséget jelenthet.

Mind a CR, mind a DDR technológia esetében számolni kell azzal a lehetőséggel, hogy az idő előre haladtával új szoftververziók jelennek meg, melyek nem csak új funkciókkal, hanem jobb algoritmusokkal, esetleg mesterséges intelligenciával kerülnek forgalomba. Ezen új szoftverek 0,1–0,9 M + áfa összeggel terhelhetik a működési költségeket attól függően, hogy milyen gyakran szeretnénk szoftvert frissíteni.



Bevételek a várható élettartam alatt

A beruházás és/vagy fejlesztések esetében a kezdő kiadásokat az esetek többségében szinte félre pontosan meg lehet határozni, hiszen az összes várható költséget könnyen és előre tervezhető módon ki lehet kalkulálni. A működés során keletkező és várható árbevétel kalkulációja már jóval nehezebb munka. Ezen számításokhoz figyelembe kell venni olyan tényezőket, mint a praxis típusa (sebészi és/vagy belgyógyászati), praxis forgalma, praxisban megforduló kuncsafatok fizetőképessége stb. Az esetek többségében ezen adatok még ha rendelkezésre is állnak, akkor sem tudunk pontos számításokat végezni, mivel az ez irányú hazai gazdasági szakirodalom teljes mértékben hiányzik. Ezért érdemesebb az adott fejlesztésen már átesett praxisok adatait elemezni, és ezen adatok átlagos értékeit használni saját praxisunkra. Az adatok összevetésében meglepően jó és pontos bázist jelent a klinika analóg rendszerrel készített röntgenfelvételek esetszáma. Tapasztalat alapján a kisebb klinikák analóg rendszerrel évi 80-150 felvételt készítenek. Közepes és nagyobb forgalmú klinikákon analóg rendszerrel 200-1000 felvétel készül.

A digitális radiológia bevezetésével ezen számok jelentősen megemelkednek. A hazai tapasztalatok alapján egyértelműen kijelenthető, hogy ez az emelkedés nem egyöntetű. A CR I. kategóriába tartozó készüléket használó praxisoknál átlagosan 1,5-2,0-szeres radiológiai esetszám növekedést lehet tapasztalni. A jobb képminőséggel rendelkező CR II. kategóriába tartozó készüléket használó rendelőknel ezen szám 1,8-2,3x már növekedést eredményez. A DDR I. és DDR II. csoportba tartozó paneleket használó klinikáknál átlagosan 2,7-3,2-szeres esetszám növekedést lehet megfigyelni. Jól látható, hogy a jobb képminőséget eredményező rendszerek mindig nagyobb növekedést eredményeznek, ami arra vezethető vissza, hogy a jobb képminőség nagyobb mértékben növeli a diagnosztikai munka pontosságát.

Itt kell megemlíteni, hogy az analóg rendszer esetében elfogadott és életszerű volt az elkészült képek alapján számolni a radiológiai munka díjazását. A digitális technológia esetében azonban sokkal célravezetőbb, ha az egyes régiókhoz tar-

tozó radiológiai vizsgálatot árazzuk be, és nem az első, majd a többedig röntgenfelvétel díját határozzuk meg. Ezen módszer azzal magyarázható, hogy míg az analóg felvétel esetében a képek száma és a költségek között szoros korreláció volt megfigyelhető, addig a digitális technológia esetében 1-2 plusz felvétel elkészítése minimális költségvonzattal rendelkezik.

A digitális rendszer élettartamára számított bevételét a készülék átlagos élettartamából és az 1 évre vetített bevételből tudjuk kikalkulálni.

Élettartamra számított árbevétel=várható élettartam (év) * 1 évre vetített várható bevétel

Fontos azonban szem előtt tartani, hogy a lecserélésre váró radiológiai rendszer is pénzt termel/ termelt a praxisnak. Ezért a várható bevételt, illetve az ebből kalkulált várható hasznót nem a nulla bevételhez kell viszonyítani, hanem a lecserélésre szánt radiológiai rendszer árbevételeihez és hasznához. Természetesen ha a beruházásunk előtt nem működöttünk radiológiai munkaállomást, akkor a nulla a viszonyítási alap az ez irányú bevételek tekintetében.

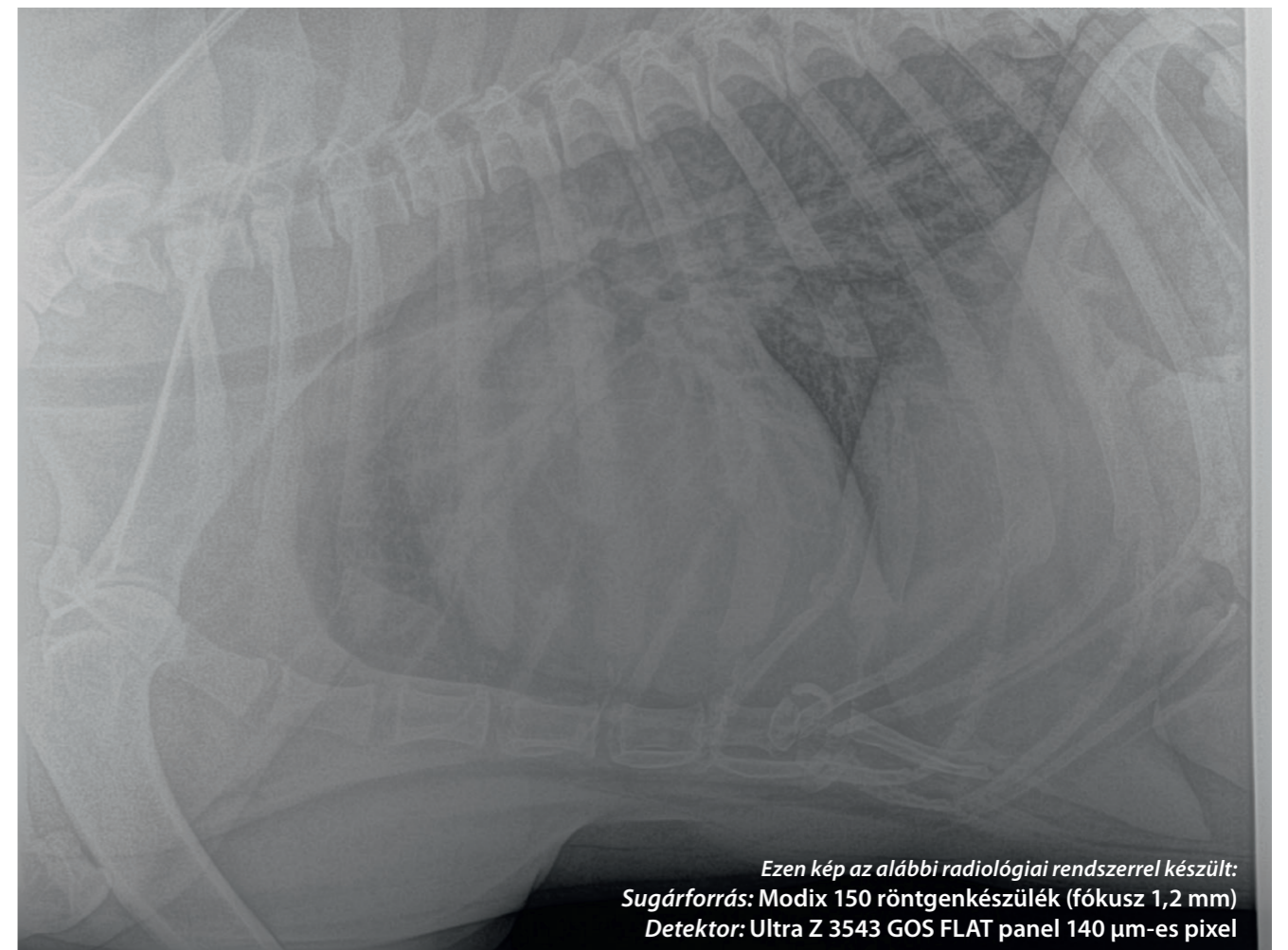
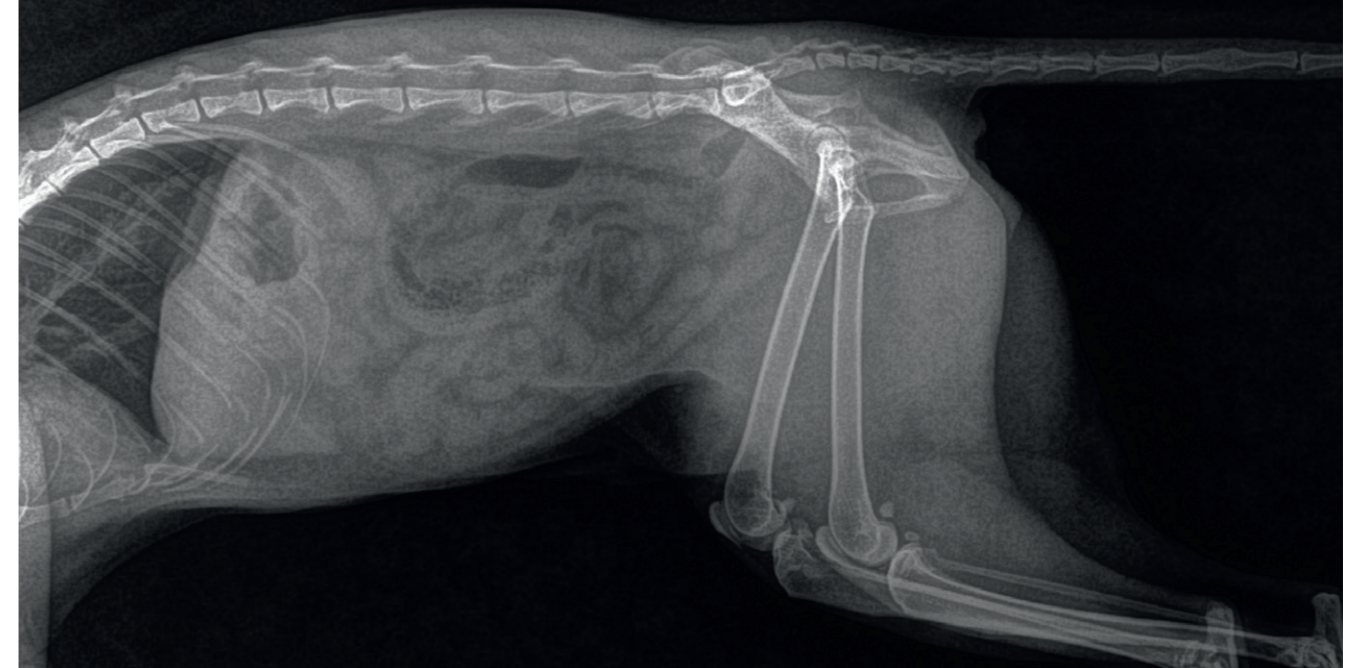
Ennek fényében megállapítható, hogy akkor éri meg a beruházást végrehajtani, ha az új készülékekkel a meglévő rendszerhez viszonyítva több bevételt tudunk termelni, és ebből a többlet bevételből több hasznót tudunk realizálni. Ezen „többlet bevételből” vagy más megfogalmazás szerint „plusz bevételből” és „plusz haszonból” érdemes kalkulálni a megtérülési és egyéb mutatókat, hiszen ha a beruházást követően pont ugyanannyi bevételünk és hasznunk fog termelődni, akkor garantáltan nem éri meg a beruházást megvalósítani.

3.6. CR es DDR rendszerek képminősége

Ha fizikai paraméterek alapján hasonlítjuk össze a CR és DDR rendszereket, akkor egyértelműen megállapítható, hogy a DDR rendszerek jobb fizikai mutatókkal rendelkeznek. A DDR rendszerek magasabb MTF és DQE értékeinek köszönhetően a használatukkal készített képek kontrasztosabbak, kevesebb zajjal terheltek, részletgazdagabbak és élesebbek.

Az MTF és DQE értékek vizsgálatával meg tudhatjuk, hogy az adott detektáló rendszer

Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: Modix 150 röntgenkészülék (fókusz 1,2 mm)
Detektor: Ultra Z 3543 GOS FLAT panel 140 µm-es pixel



Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: Modix 150 röntgenkészülék (fókusz 1,2 mm)
Detektor: Ultra Z 3543 GOS FLAT panel 140 µm-es pixel

	CR I.	CR II.	DDR II. 140 µm (GOS)	DDR II. 100 µm (CSI)
MTF (gyártói adat)	a gyártó nem közli	0 lp/mm 49% 1 lp/mm 19% 3 lp/mm 3%	0 lp/mm 54% 1 lp/mm 23% 3 lp/mm 6%	0 lp/mm 70% 1 lp/mm 40% 3 lp/mm 15%
MTF pontérték	1	2	3	4
DQE (gyártói adat)	a gyártó nem közli	0 lp/mm 40% 1 lp/mm 20% 3 lp/mm 5%	0 lp/mm 38% 1 lp/mm 27% 3 lp/mm 7%	0 lp/mm 75% 1 lp/mm 60% 3 lp/mm 40%
DQE pontérték	1	3	3	4
DQE és MTF összesített pontérték	2	5	6	8

	CR I.	CR II.	DDR II. 140 µm (GOS)	DDR II. 100 µm (CSI)
Tüdő rajzolatának megjelenítése	1	3	3	4
Hasi szervek megjelenítése	1	2	3	4
Csont trabekuláris rendszerének megjelenítése	1	2	3	4
Fej csontjainak elkülöníthetősége	1	3	3	4
Összpontszám:	4	10	12	20

A táblázat pontértékeiből jól látható, hogy jelentős minőségbeli ugrás a CR I. és CR II. továbbá a CR II. és DDR II. rendszerek között mutatkozik, ami teljesen korrelál az MTF és DQE értékek alapján várható eredménnyel.

milyen képminőség elérésére ad lehetőséget. Az átlag felhasználó azonban – egyenlőre - nem rendelkezik annyi tapasztalattal, hogy el tudja dönteni, hogy a pár százalékkal kisebb vagy nagyobb MTF és DQE értékek mögött milyen képminőségbeli különbségek húzódnak. Ezért a tanulmányban egymás mellé helyeztünk különböző CR és DDR detektorokkal készített röntgenfelvételeket, feltüntetve a rendszerben résztvevő sugárforrásokat is, hogy a különbség az átlagfelhasználó számára is jól látható legyen.

1-4 között pontozzuk az egyes tulajdonságokat, ahol az 1 a legrosszabb, míg a 4 a legjobb tulajdonságot jelenti.

4. Döntési kritériumok

Annak érdekében, hogy közgazdasági értelemben is jó döntést hozzunk a következő kérdéseket kell fontolóra venni:

1. Érdemes-e pénzügyi szempontból megvalósítani a fejlesztést?
2. A választható fejlesztési lehetőségek közül melyik projekt termel több profitot?

Természetesen az állatorvosi, szakmai kritériumok is fontos szerepet játszanak a döntéshozatalban. Egyértelmű, hogy állatorvos-szakmai szempontból az a beruházás támogatandó, amelyik a legmagasabb szakmai előrelépést teszi lehetővé. Ez a radiológiai digitalizáció esetében a legjobb minőségű (magas MTF és magas DQE értékkel rendelkező) direkt digitális rendszert jelenti. Ennek fényében úgy is megközelíthetjük a kérdést, hogy melyik az a legjobb digitális rendszer, amelyik a legmagasabb bevételt eredményezi.

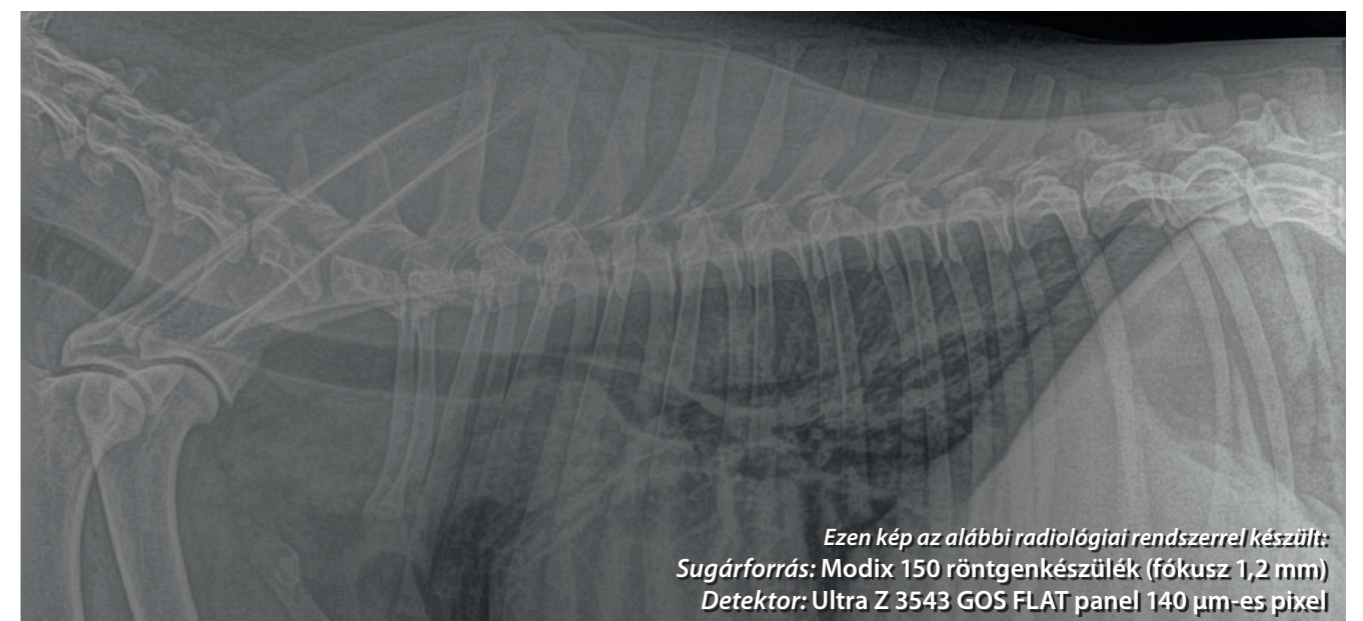
A kérdések pontos megválaszolása csak az adott praxis pénzügyi, forgalmi adatai ismeretében lehetséges, azonban az elmúlt évek rengeteg radiológiai átállása lehetőséget biztosít arra, hogy a statisztikai adatokat felhasználva konkrét számokkal bemutassuk a döntéshozatalhoz szükséges számításokat.

1. PÉLDA: ANALÓG munkaállomás fejlesztése

Magyarországon közepes forgalommal rendelkező állatklinika szeretné meglévő radiológiai munkaállomását fejleszteni. Ennek keretén belül ana-

1. PÉLDA: ANALÓG munkaállomás fejlesztése

Radiológiai esetszám (jelenlegi) felvétel/év	200	200	200	200
	CR I. csoport	CR II. csoport	DDR I. csoport	DDR II. csoport
	Pl.: Carestream CR, Fire Plus CR	FUJI T2 CR, DIVARIO CR	140 µm (GOS) DDR Panel	100 µm Varex DDR Panel
Várható növekedés mértéke	1,50x	2,10x	2,50x	3,00x
Várható radiológiai esetszám az új digitális rendszerrel felvétel/év	300	420	500	600
Kezdő pénzáramlás				
az eszköz nettó beszerzési ára (Ft)	3 500 000	5 000 000	5 800 000	7 000 000
tőkésíthető kiadások (szállítási, szerelési költség)	20 000	20 000	20 000	20 000
régi eszközök értékesítéséből származó bevétel	0	0	0	0
Működési pénzáramlás		-	-	-
radiológiai felvételek átlagos nettó ára (Ft)	7 000	7 000	7 000	7 000
várható élettartam (év)	7	7	19	19
1 évre vetített bevételek	2 100 000	2 940 000	3 500 000	4 200 000
1 évre vetített költségek	500 000	714 286	305 263	368 421
Várható élettartamra számított bevétel	14 700 000	20 580 000	66 500 000	79 800 000
Nettó jelenérték	11 200 000	15 580 000	60 700 000	72 800 000
Nettó jelenérték 1 működési évre vetítve	1 600 000	2 225 714	3 194 737	3 831 579
Megtérülési idő	1,67	1,70	1,66	1,67
„Plusz” haszonból kalkulált adatok				
„plusz” haszonból kalkulált megtérülési idő	5,00	3,25	2,76	2,50
„plusz” haszonból számolt megtérülési időt követő várható élettartam	2,00	3,75	16,24	16,50
megtérülési időt követő várható élettartam alatti „plusz” bevétel	1 400 000	5 780 000	34 100 000	46 200 000
teljes élettartam 1 évre vetített átlagos „plusz” bevétel	200 000	825 714	1 794 737	2 431 579



Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: Modix 150 röntgenkészülék (fókusz 1,2 mm)
Detektor: Ultra Z 3543 GOS FLAT panel 140 µm-es pixel

lóg filmes előhívási rendszerét digitális rendszerre szeretné fejleszteni úgy, hogy közben a sugárforrás nem kerül lecserélésre. Az optimális döntés meghozatalához a következő közgazdasági alapokkal rendelkező számításokat végezzük el.

A rendelő 200 felvétel / év analóg esetszámát tekintettük kiindulási alapnak. A várható növekedéseket a hazai statisztikai adatok alapján számoltuk ki figyelembe véve a digitális rendszerek különböző forgalomnövelő hatását. A táblázatból azonnal kitűnik, hogy bármelyik digitális rendszerre való átállás pénzügyileg pozitívummal kecsegtet. A jobb képminőséggel rendelkező rendszerek beszerzési ára magától értetődően magasabb.

Általános hazai tapasztalatként elmondható, hogy a döntéshozatali mechanizmusban itt sokan meg is állnak. A beruházás kezdeti tőkeigénye alapján hozzák meg a döntést, mely közgazdasági értelemben pont akkora hiba, mint a pseudoonasos aerugiosa okozta otitis externát ráolvasással gyógyítani. Mivel az egyes rendszerek várható élettartama között jelentős eltérések vannak (CR 7 év, DDR 19 év), így érthetően a hosszabb élettartammal rendelkező rendszerek több bevételt eredményeznek a teljes élettartamuk alatt. A korrekt összehasonlítás érdekében ezért az adatokat 1 működési évre kell vetíteni.

A táblázatban látható számításokból meglepő módon az is kiderül, hogy a magasabb minőséget és jobb képminőséget eredményező rendszereknek annak ellenére gyorsabb a megtérülési idejük, hogy a kezdő beruházási összegük magasabb. A megtérülési időt követő időszakban, ami lényegében a haszonszerzés ideje, is jelentős különbség látható. Míg a CR rendszereknél 5,3 éves haszonszerzési periódussal számolhatunk, addig a DDR rendszerek esetében ez 17,5 év. Ez több mint háromszoros különbség. Mivel a megtérülési időt követően lehetséges a befektetés hasznát realizálni, így az ezen időszak alatt kitermelt jövedelmet érdemes összehasonlítani. CR I. rendszer esetében csak 1,4 M összeget kapunk, ami az egész befektetés létjogosultságát megkérdőjelezi. CR II. rendszer esetében már tisztességesebb haszonra számíthatunk, hiszen itt 5,78 M bevétellel kalkulálhatunk. A DDR rendszerek hosszabb élettartamának következtében ezen összegek 34

M és 46 M bevétellel kecsegtetnek, tehát közel hasonló megtérülési mutató mellett 5-7x akkora bevételre számíthatunk.

Itt is érdemes az adatokat 1 működési évre is levetíteni, hiszen eltérő élettartam esetében csak így korrekt az összehasonlítás. Jól látható, hogy míg a CR I. és CR II. rendszereknél 0,2-0,8 M haszon realizálása várható, addig a DDR rendszereknél két-háromszoros vagyis 1,79-2,43 M nettó adózás előtti haszonra számíthatunk.

Összességében elmondható, hogy a legmagasabb minőséget képviselő DDR II. csoportba tartozó rendszer fejlesztése javasolható a klinika részére.

2. PÉLDA: CR I. kategória fejlesztése

Magyarországon működő praxisban egy 3 éves CR I. kategóriába tartozó radiológiai rendszert szeretne tulajdonosa a számra legnagyobb várható nyereséget termelő rendszerre fejleszteni. A klinika a jelenlegi rendszerrel 500 felvételt készít évente.

A táblázat adataiból látható, hogy egy CR I. kategóriájú rendszerről történő átállás esetén is van különbség a várható radiológiai esetszámok növekedésében az új radiológiai rendszerek képminőségének függvényében. CR II. típusra való átállás esetén 125 plusz radiológiai eset várható, de ez a szám DDR II. esetében már 250 plusz felvételt eredményez (táblázat 3. és 1. sora közötti különbség). Ezen radiológiai esetszám növekedések fogják a pénzügyi alapot képezni a beruházás értékének a kitermelésére.

Fontos szem előtt tartani, hogy a CR-DDR átállás esetében az előhívási idő is csökken, így a gyorsabb előhívási idő csökkenti a munkaidő ráfordítást a radiológiai munka esetében. Ez a DDR rendszerek esetében évi 150 000 Ft-os plusz bevételt eredményez (táblázat 18. sora).

A pénzügyi számításoknál 2 külön időszakot kell elkülöníteni. „Átfedési időszak” alatt az időszakot értjük, mikor a lecserélendő készülék még nem érte el a várható élettartamának a végét, és így képes lenne bevételt termelni a praxisnak. Ebben az időszakban csak azt pénzügyi bevételt tekinthetjük plusz bevételnek, melyet az új rendszer a régi rendszer bevételén felül képes megtermelni. A lecserélendő készülék az életidejének a

2. PÉLDA: CR I. típusú rendszer fejlesztése

1	Radiológa esetszám felvétel/év CR I. (Cerastream) rendszerben	500	500	500
		CR II. csoport	DDR I. csoport	DDR II. csoport
		(FUJI CR, DIVARIO CR)	(pl.: Ultra Z 140 µm)	(Varex 100 µm)
2	Várható növekedés mértéke	1,25	1,40	1,50
3	Várható radiológiai esetszám az új digitális rendszerrel felvétel/év	625	700	750
4	Kezdő pénzáramlás			
5	az eszköz nettó beszerzési ára (Ft)	5 000 000	5 800 000	7 000 000
6	tőkésíthető kiadások (szállítási, szerelési költség) (Ft)	20 000	20 000	20 000
7	régi eszközök értékesítéséből származó bevétel (Ft)	- 1 000 000	- 1 000 000	- 1 000 000
8	kezdő pénzáramlás összesen: (Ft)	4 020 000	4 820 000	6 020 000
9	Működési pénzáramlás			
10	radiológiai felvételek nettó ára (Ft)	7 000	7 000	7 000
11	új rendszer várható élettartam (év)	7	19	19
12	Fejlesztendő rendszer			
13	Fejlesztendő rendszer várható élettartama (ha nem kerülne cserére) (év)	4	4	4
14	Fejlesztendő rendszer pénztermelő képessége, ha nem kerülne cserére (Ft)	14 000 000	14 000 000	14 000 000
15	„Átfedési” időszak			
16	új radiológia rendszer pénztermelő képessége az átfedési időszakban (Ft)	17 500 000	19 600 000	21 000 000
17	átfedési időszak „plusz” bevétele	3 500 000	5 600 000	7 000 000
18	az előhívási idő gyorsulásából (munkaidő-nyereség) származtatható haszon (Ft/év)	-	150 000	150 000
19	átfedési időszakban megtérülhet-e a beruházás?	NEM	IGEN	IGEN
20	nettó jelenérték az átfedési időszak végéig	- 520 000	1 380 000	1 580 000
21	„Önálló” időszak			
22	„önálló” időszak és a várható élettartam közötti idő (év)	3	15	15
23	új radiológia rendszer pénztermelő képessége az „önálló” időszakban (Ft)	13 125 000	73 500 000	78 750 000
24	„önálló” időszak „plusz” bevétele	13 125 000	73 500 000	78 750 000
25	„Átfedési” és „önálló” időszak mutatói			
26	„plusz” bevétel a készülék teljes élettartama alatt (Ft)	12 605 000	74 880 000	80 330 000
27	„plusz” haszonból kalkulált megtérülési idő	4,59	3,44	3,44
28	„plusz” bevételek a várható élettartam 1 évére vetítve(Ft)	1 800 714	3 941 053	4 227 895
29	„plusz” bevételek a várható teljes élettartam alatt (Ft)	12 605 000	74 880 000	80 330 000

végén mindenféleképpen kiesik a termelésből, és ha a radiológiai munkát fenn akarjuk tartani, akkor mindenféleképpen új rendszert kell üzembe állítani. Ezen időszakokra mint „önálló” időszakokra kell tekintenünk, hiszen itt a régi rendszerünkkel semmiféleképpen nem tudunk bevételt termelni.

Az „átfedési” időszakban csak azt a pénzt tekinthetjük plusz bevételnek, melyet fejlesztésünk által termelt új készülékkel tudunk megtermelni. Ez ugyebár a plusz radiológiai esetszám és az esetekért elkért pénz szorzata. Mivel a cserélni kívánt radiológiai rendszer az élettartama végén ígyis-úgyis cseréire szorul, így annak élettartamát követő időszakban minden radiológiai eset már „plusz” bevételként kerül elkönyvelésre. Ennek fényében különösen fontos, hogy a megtérülést követően mennyi pénzt termel a beruházás. Ebben a CR II. és a DDR csoportban lévő rendszerek között több mint 6-szoros különbség van. (12,6 M kontra 74,8 és 80,3 M)

Érdeemes itt is az adatokat a várható élettartam 1 évére vetíteni. (28. sor) Itt is a DDR rendszerek kétszer-háromszor akkora várható adózás előtti nyereséggel kecsegtetnek. (1,8 M kontra 3,9 M és 4,2 M)

Talán ennél is meglepőbb, hogy bár a DDR beruházások kezdő tőkeigénye magasabb, ennek ellenére a gyorsabb megtérülési mutatókkal kecsegtetnek ahogy ez látható a 27. sorban is. (CR II. csoport esetében 4,5 év, míg DDR csoport esetében 3,4 év). Ez egyértelműen arra vezethető vissza, hogy nagyobb radiológiai esetszámot generálnak a jobb minőségüknek köszönhetően, továbbá a radiológiai munka gyorsulásából következően munkaidőt és ezen keresztül pénzt spórolnak a praxisnak.

Pénzügyi szempontból rövid és hosszútávon is a DDR II.-es panel javasolható, mely szerencsésen egybeesik a szakmai követelményekkel, hiszen a legjobb minőséget a DDR II. kategória készülékei adják.

3. PÉLDA: CR II. típusú rendszer fejlesztése

Egy 1100 radiológiai eset / év forgalommal ellátott rendelő szeretné kiszámolni, hogy mikor éri meg közgazdasági szempontból CR II. rendszerét magasabb nyereséget termelő DDR rendszerre cserélni.

A táblázatból jól kitűnik, hogy a két DDR beruházás ára között 1,2 M különbség van. A statisztikai adatok alapján a két direkt digitális rendszer várható növekedési rátája között igen kismértékű a különbség, ami a táblázat 2. sorában is látható (DDR I. esetében 1,12-szeres, míg DDR esetében 1,2-szeres). Ezen két adatból gyorsan gondolhatnánk, hogy szinte nincs is különbség a két beruházás pénzügyi mutatói között. Azonban az évek alatt e kis különbség is jelentős eltéréseket eredményez, sőt a teljes élettartamra vetítve már több mint 10M Ft bevétel-különbséget jelent, ahogy a táblázat 29. sorában is látható.

Figyelembe kell azonban venni, hogy a „plusz” bevételekre alapozott megtérülési idő igen hosszú a DDR I. esetében (5,22 év). Egy ilyen jelentős pénzügyi beruházásnál 5 évnél hosszabb megtérülési idő nem tekinthető pénzügyi szempontból egy jó befektetésnek. DDR II.-es kategóriánál 3,9 év a megtérülési idő, mely pénzügyileg elfogadható, és szakmailag is jobban támogatható mint a DDR I.-es fejlesztés, hiszen ezzel minőségibb szakmai munkát tudunk biztosítani.

Érdeemes elvégezni a kalkulációt nem csak 1100 felvétellel, hanem annál kisebb és nagyobb számokkal is. Az alábbi táblázatból látható, hogy egy 3 éves CR II. rendszert 900 felvételnél kisebb esetszámnál nem éri meg DDR rendszerre cserélni, mivel a megtérülési mutatók 5 év fölé kúsznak. A radiológiai esetszámok növekedésével azonban egyértelműen javulnak a pénzügyi mutatók és egyre jobban javasolhatóvá válik a befektetés.

Radiológiai esetszám db/év	DDR I.	DDR II.
	„plusz” haszonból kalkulált megtérülési idő (év)	
900	6,38 év	4,78 év
1000	5,70 év	4,30 év
1100	5,22 év	3,90 év
1200	4,78 év	3,58 év
1300	4,41 év	3,31 év
1400	4,10 év	3,07 év
1500	3,83 év	2,87 év
2000	2,87 év	2,15 év
2500	2,30 év	1,72 év
3000	1,91 év	1,41 év

3. PÉLDA: CR II. típusú rendszer fejlesztése

1	Radiológa esetszám db/év CR II. (Cerastream) rendszerben	1 100	1 100
		DDR I. csoport (pl.: Ultra Z 140 µm)	DDR II. csoport (Varex 100 µm)
2	Várható növekedés mértéke	1,12	1,20
3	Várható radiológiai esetszám az új digitális rendszerrel felvétel/év	1 232	1 320
4	Kezdő pénzáramlás		
5	az eszköz nettó beszerzési ára (Ft)	5 800 000	7 000 000
6	tőkésíthető kiadások (szállítási, szerelési költség) (Ft)	20 000	20 000
7	régi eszközök értékesítéséből származó bevétel (Ft)	- 1 000 000	- 1 000 000
8	kezdő pénzáramlás összesen: (Ft)	4 820 000	6 020 000
9	Működési pénzáramlás		
10	radiológiai felvételek nettó ára (Ft)	7 000	7 000
11	új rendszer Várható élettartam (év)	19	19
12	Fejlesztendő rendszer		
13	Fejlesztendő rendszer várható élettartama (ha nem kerülne cserére) (év)	4	4
14	Fejlesztendő rendszer pénztermelő képessége, ha nem kerülne cserére (Ft)	30 800 000	30 800 000
15	„Átfedési” időszak		
16	új radiológia rendszer pénztermelő képessége az átfedési időszakban (Ft)	34 496 000	36 960 000
17	átfedési időszak „Plusz” bevétele	3 696 000	6 160 000
18	az előhívási idő gyorsulásából (munkaidő-nyereség) származtatható haszon (Ft/év)	150 000	150 000
19	átfedési időszakban megtérülhet-e a beruházás?	NEM	IGEN
20	nettó jelenérték az átfedési időszak végéig	- 524 000	740 000
21	„Önálló” időszak		
22	„önálló” időszak és a várható élettartam közötti idő (év)	15	15
23	új radiológia rendszer pénztermelő képessége az „önálló” időszakban (Ft)	129 360 000	138 600 000
24	„önálló” időszak „Plusz” bevétele	129 360 000	138 600 000
25	„Átfedési” és „önálló” időszak mutatói		
26	„plusz” bevétel a készülék teljes élettartama alatt (Ft)	128 836 000	139 340 000
27	„plusz” haszonból kalkulált megtérülési idő	5,22	3,91
28	„Plusz” bevételek a várható élettartam 1 évére vetítve(Ft)	6 780 842	7 333 684
29	„Plusz” bevételek a várható teljes élettartam alatt (Ft)	128 836 000	139 340 000

900 felvétel alatti csak akkor éri meg a CR II. készüléket cserélni, ha annak várható élettartama 3 év vagy annál rövidebb. Minél idősebb a CR II. készülék, és ebből kifolyólag minél kisebb a várható élettartamából hátralévő idő, annál kisebb radiológiai esetszámnál is rentábilissá válik a csere.

5. Összegzés

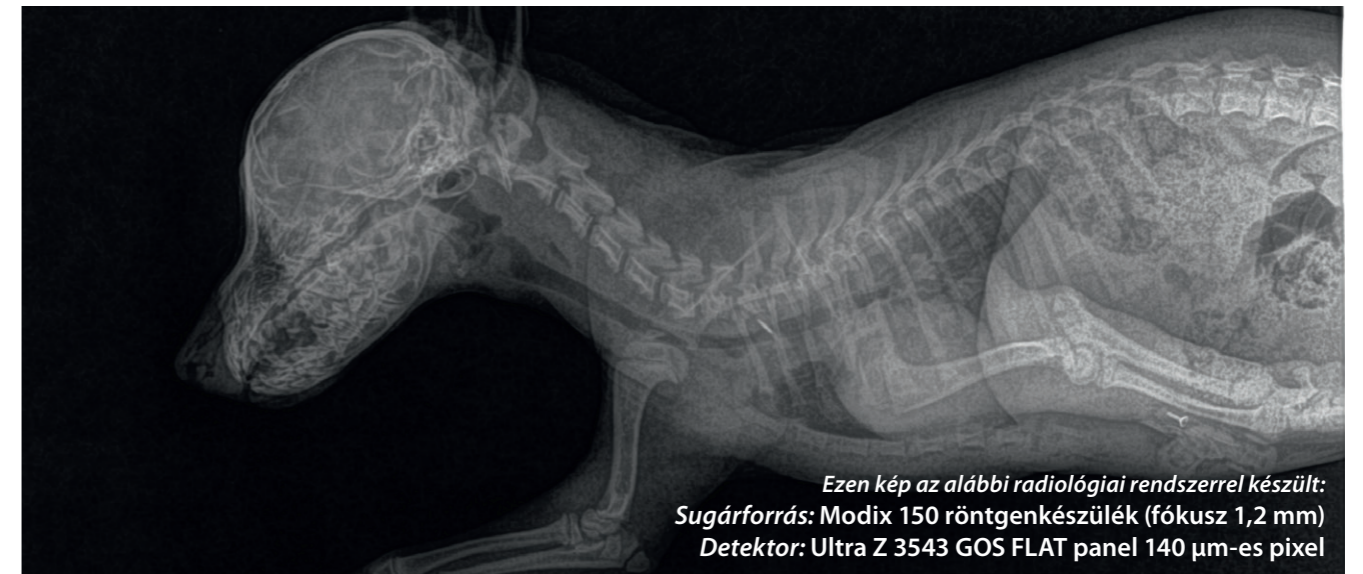
A hazai piacon elérhető radiológiai rendszerek ára és minősége alapján megállapítható, hogy a DDR rendszerek nem csak képminőségben és szakmai fejlődésben biztosítanak jelentős előrelépést a praxis életében, hanem gazdasági szempontból is sokkal jövedelmezőbb beruházást jelentenek.

A CR rendszerre történő fejlesztések gazdasági baklövésnek tekinthetők főleg azóta, hogy a DDR rendszerek ára már a CR rendszerek árával vetekszik, sőt egyes gyártók már a CR rendszerek-

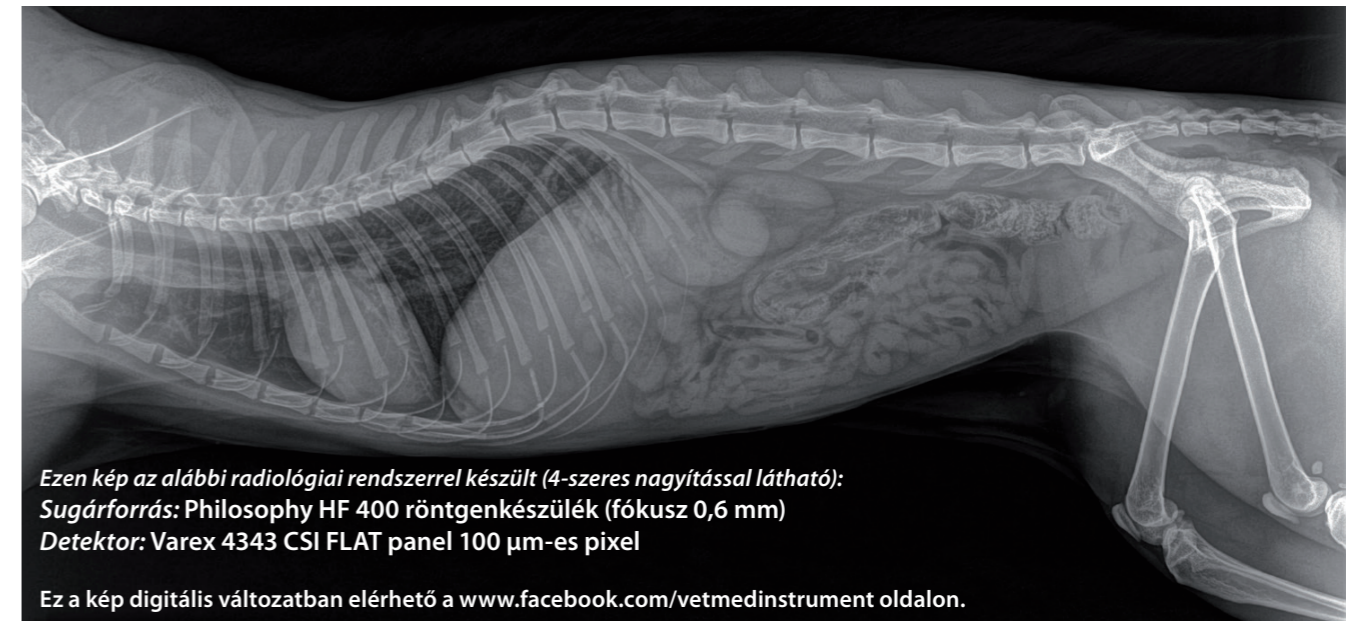
nél olcsóbb DDR rendszereket bocsátanak a piacra. Az analóg rendszerrel történő munkavégzés még abban az esetben sem javasolható, ha 0 Ft-os beruházással sikerül üzembe állítani a radiológiai rendszert. Bár a beruházási költségek alacsonyak, de a várható bevételek és élettartamra vetített mutatók oly rosszak, hogy közgazdasági baklövésnek kell értékelni ennek rendszerben tartását.

A CR rendszerek lecserélése friss 1-2 éves beruházás esetén a radiológiai esetszámtól függően támogatandó. 3 évnél idősebb rendszereknél viszont szinte biztosan megéri a DDR rendszerre történő fejlesztés főként akkor, ha azt is figyelembe vesszük, hogy a hazai állatorvosi praxisok 80% már átállt digitális rendszerre. Előrejelzések szerint az analóg-digitális váltás 1-2 éven belül be fog fejeződni hazánkban, és akkor – előreláthatólag – a CR rendszerek értékesítése pont ugyanolyan helyzetbe fog kerülni, mint most az analóg rendszereké, vagyis közel eladhatatlanná válnak.

Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: Modix 150 röntgenkészülék (fókusz 1,2 mm)
Detektor: Ultra Z 3543 GOS FLAT panel 140 µm-es pixel



Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült:
Sugárforrás: Modix 150 röntgenkészülék (fókusz 1,2 mm)
Detektor: Ultra Z 3543 GOS FLAT panel 140 µm-es pixel



Ezen kép az alábbi radiológiai rendszerrel készült (4-szeres nagyítással látható):
Sugárforrás: Philosophy HF 400 röntgenkészülék (fókusz 0,6 mm)
Detektor: Varex 4343 CSI FLAT panel 100 µm-es pixel

Ez a kép digitális változatban elérhető a www.facebook.com/vetmedinstrument oldalon.

Felhasználó irodalom:

- 1, <https://www.vareximaging.com/computed-radiography-cr-and-digital-radiography-dr-which-should-you-choose>
- 2, http://www.who.int/medical_devices/innovation/hospt equip_10.pdf
- 3, The effect of focal spot size on the spatial resolution of variable resolution X-ray CT scanner , H. Arabi, A.R. Kamali Asl* , S.M. Aghamiri, Iran. J. Radiat. Res., 2010; 8 (1): 37-43
- 4, 18th World Conference on Nondestructive Testing, 16-20 April 2012, Durban, South Africa, New Measurement Methods of Focal Spot Size and Shape of X-ray Tubes in Digital Radiological Applications in Comparison to Current Standards, Klaus BAVENDIEK1 , Uwe EWERT2 , Adrian RIEDO3 , Uwe HEIKE1 , Uwe ZSCHERPEL2
- 5, https://www.nde-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Radiography/AdvancedTechniques/Real_Time_Radiography/RTRTableofContents.htm
- 6, Br J Radiol. 2012 Jul; 85(1015): 910–916., Diagnostic quality of 50 and 100 µm computed radiography compared with screen–film mammography in operative breast specimens
- 7, https://www.nde-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Radiography/AdvancedTechniques/Real_Time_Radiography/ImageResolution.htm
- 8, <https://www.ajronline.org/doi/pdf/10.2214/AJR.14.13126>
- 9, Tapiovaara, LATIONSHIPS BETWEEN PHYSICAL MEASUREMENTS AND USER EVALUATION OF IMAGE QUALITY IN MEDICAL RADIOLOGY – A REVIEW M. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.120.9408&rep=rep1&type=pdf>
- 10, Pascoal A, Lawinsky CP, Mackenzie A, Tabakov S, Lewis CA, Chest radiography: a coparsion of image quality and effective dose using four digital system. Radial Prot Dosimetry 2005, 114:273-7

Szaktanácsadóink



Dr. Vízi Zsuzsanna
Leletértelmezés,
gyógykezelés (kutya, macska)
+36 30 755 2944
Vizi.zsuzsanna@vetmedlabor.hu



Dr. Tóth Enikő
Teleradiológia
+36 30 650 6994
uh@vetmedlabor.hu



Dr. Csébi Péter PhD
Teleradiológia
+36 30 650 6994
uh@vetmedlabor.hu

