

## ACÉL HEGESZTETT KÖTÉSEKRŐL KÉSZÜLT RADIOGRÁFIAI FILMEK ÉRTÉKELÉSÉNEK KÖRVIZSGÁLATA - EREDMÉNYEK ÉS TAPASZTALATOK

### RESULTS AND EXPERIENCES OF ROUND ROBIN TEST OF RADIOGRAPHS ABOUT STEEL WELDED JOINTS

FÜCSÖK FERENC<sup>1</sup> - HÁMORNIK BALÁZS<sup>2</sup>

**Kulcsszavak:** körvizsgálat, hegesztési varrat, radiológiai filmértékelés, POD, PFC  
**Keywords:** Round Robin Test, welded joints, evaluation of radiographs, , POD, PFC

#### ÖSSZEFOGLALÁS

A Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség második körvizsgálatának témája a hegesztési varratokról készült radiográfiai varratok értékelése volt. A szervezők fel kívánták mérni a laboratóriumokban dolgozó radiológusok észlelési megbízhatóságát és teljesítményét hegesztési varratokról készült felvételek értékelésében. E célkitűzés eredményét és tapasztalatait mutatjuk be.

A résztvevőknek 20 db acél hegesztett kötések-ről készített radiográfiai felvételt kellett értékelni az MSZ EN 12517-1:2006 jelzésű szabvány 1. átvételi szintjének követelményei szerint. Mindegyik film tartalmazott folytonossági hiányt. A körvizsgálaton 15 laboratórium és három személy vett részt. Ők már megkapták a körvizsgálat értékelését tartalmazó zárójelentést, melyben eredményeiket a kódszámuk alapján tudták azonosítani.

A körvizsgálat értékelését a „Statistikai értékelés észlelési feladatot tartalmazó körvizsgálathoz” című MAROVISZ dokumentum alapján SSPS Statistics 19 statisztikai programcsomag segítségével végeztük. Minden résztvevőnek meghatároztuk a ROC diagramját, (Reliability Operating Characteristic = megbízhatósági működési jelleg-görbe) melyben az x tengelyre a téves detektálás valószínűségét, az y tengelyre a helyes észlelés valószínűségét mértük fel.

Meghatároztuk a résztvevők észlelési valószínűségének görbét, (POD) is. Ez a görbe az egyén észlelésének valószínűségét mutatja be a hiány jellemzőjének függvényében. A jellemzőnek ebben az esetben a hiány és a környezetének feketedés különbségét vettük. A valószínűségi görbe alakja függvénye a vizsgálati módszernek, a vizsgáló személynek és az értékelés körülményeinek is. Legfontosabb jellemzője, hogy eléri-e, és melyik méretnél, a 0,95 (azaz a 95 %) értéket. E diagram alapján minden résztvevő meg tudta határozni észlelési érzékenységét.

<sup>1</sup> a körvizsgálat koordinátora, Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség

<sup>2</sup> PhD hallgató, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Ergonómia és Pszichológia Tanszék, A VII. RAKK-on (2011, Eger) elhangzott előadás nyomtatott változata

A cikkben javaslatot teszünk a radiológiai film-értékelés megbízhatóságának javítására is.

#### BEVEZETÉS

A Magyar Roncsolásmentes Vizsgálati Szövetség (MAROVISZ) Vezetősége 2008. évben elhatározta, hogy jártassági vizsgálatokat szervez tagjai és az érdeklődő laboratóriumok részére. A jártassági vizsgálatok fontos eszközök a mérési eredmények minőségének ellenőrzésében. Az MSZ EN ISO/IEC 17025:2005 szabványnak [1] megfelelően a laboratóriumoknak rendelkezniük kell minőségirányítási eljárásokkal a végzett vizsgálatok és kalibrálások érvényességének figyelemmel kísérésére. E feladat teljesítésének egyik módja, ha részt vesznek laboratóriumok közötti összehasonlításban vagy felkészültség vizsgáló programokban.

A Vezetőség a második körvizsgálat céljának a hegesztési varratokról készült radiográfiai filmek értékelésének laboratóriumok közötti összehasonlítását tűzte ki. Ezzel a MAROVISZ lehetőséget nyújtott a résztvevőknek az értékelés során nyújtott teljesítőképességük bizonyítására, és a laboratóriumok segítséget kaptak a szolgáltatások minőségének javítására, valamint az akkreditálási feltételek teljesítésére.

#### A KÖRVIZSGÁLAT BEMUTATÁSA

A Szövetség a feltételek megteremtése után a hegesztési varratokról készült radiográfiai filmek értékelése jártassági vizsgálatot 2010. június 18. -án hirdette meg. Az utolsó vizsgálat eredményének megérkezése után a körvizsgálatot 2011. február 14. -én fejeztük be.

A körvizsgálat célja hegesztési varratokról készült radiográfiai filmek szabvány szerinti értékelésének laboratóriumok közötti összehasonlítása volt.

A körvizsgálat tárgya acéllemezek hegesztési varratairól készült 20 darab radiográfiai film értékelése a MSZ EN 12517-1:2006 szabvány [2] 2. táblázat 1. átvételi szintjének megfelelően.

A körvizsgálatban való részvétel nem volt korlátozva, valamennyi érdeklődő, laboratórium, vagy a labor egy munkatársa, részt vehetett benne. A

részvevők egyéni kódot kaptak, így az elért eredményt csak a tulajdonosa tudta azonosítani.

A körvizsgálathoz három, egyenként 20 daraból álló, radiográfiai filmkészlet állt rendelkezésre. A filmek jó minőségű digitális másolatok, a nyomtatást csak kb. 10 X nagyítással lehet észlelni. A filmek a hegesztési varratokat és környéküket tartalmazzák, ezért azokat papír keretbe foglaltuk. A kereten ROC 11 –től ROC 30 –ig terjedő jelzések láthatók, ezekkel azonosítottuk a filmeket és az értékelés eredményeit.

A filmek döntő többsége 20 cm hosszú hegesztési varratszakaszt mutat be. Ettől eltérő hosszúságú varratot 4 film tartalmaz (3 db 11 cm, 1db 16 cm), így összesen 369 cm varrat volt az értékelés tárgya.

A körvizsgálat adatainak összehasonlíthatósága szempontjából fontos, hogy minden résztvevő azonos tulajdonságú (homogén) próbatestet vizsgáljon. Ezért kísértük figyelemmel a filmek homogenitását. A filmértékelés szempontjából a filmeket homogéneknek tekintjük, ha a körvizsgálat idején nem éri őket durva mechanikus- vagy hőhatás. Mivel a körvizsgálat befejezése után a filmek állapota azonos volt a kezdeti állapottal, a vizsgálat tárgyát homogénnek tekinthettük.

A körvizsgálatban 16 laboratórium vett részt, közülük 2 résztvevőtől még további 1 - 1 db, összesen 18 db mérési eredmény érkezett. Ez a 2 labor kihasználta azt a lehetőséget, hogy a szervezők egy helyről érkező több adat értékelését is vállalták. A résztvevő laboratóriumok neve és székhelye az 1. táblázatban olvasható.

Részvevő neve	Székhelye
AGMI ZRt.	1211 Budapest, Központi út 24-26.
Albera '97 Kft.	3532 Miskolc, Böngér u. 3/a.
BorsodChem ZRt.	3700 Kazincbarcika, Bolyai tér 1.
Csőszer Labor Kft.	1182 Budapest, Balogh Gábor út 15.
Debreceni Egyetem	Debrecen, Ótemető utca 2 – 4.
Gamma – Controll Kft.	6726 Szeged, Túzok út 8/a
Gázipari Gépgyár Kft.	8800 Nagykanizsa, Erdész út 28.
GIB Aktivitás Kft.	1213 Budapest, Borz utca. 7.
ISD-Dunaferr ZRt.	2400 Dunaújváros, Vasmű tér 1-3.
MINELL Kft.	1116 Budapest, Fehérvári út 130/a.
Paksi Atomerőmű ZRt.	7031 Paks, Pf. 71.
Powertest Kft.	1041 Budapest, Kassai u. 54.
Röntgen Kanizsa Kft.	8800 Nagykanizsa, Csengery út 43.
R.U.M. Testing Kft.	1163 Budapest, Batsányi János út 55.
Széchenyi István Egyetem	9026 Győr, Egyetem tér 1.
Tiszai Vegyi Kombinát NyRt.	3581 Tiszaújváros, Pf. 20.

1. táblázat. A résztvevők felsorolása

A szervezést a MAROVISZ Titkársága végezte, a Körvizsgálatok Szabályzatában előírt módon. Az adatforgalom a [korvizsgalat@marovisz.hu](mailto:korvizsgalat@marovisz.hu) elektronikus címen bonyolódott.

A résztvevők az értékelendő filmek mellé a mérési eredmények rögzítésére szolgáló üres, Mérési lapok nevű Excel fájlt kaptak. Ebben a fájlban a **hiányok lapja** nevű munkalapon a hibák szabványos rögzítését lehetett elvégezni, továbbá a hely-

**típus** nevű lapon az észlelt hibák típusonkénti bejelölésével, térképszerű ábrázolással kellett az értékelést segíteni.

Ugyancsak a mérés végrehajtását segítette az **Útmutató a körvizsgálati mérés elvégzéséhez** című mérési leírás, valamint a filmekben szereplő hegesztések adatait összefoglaló adatlap.

A részletes előkészítés, és a laboratóriumok gondos munkájának köszönhetően minden beküldött mérési eredmény értékelhető volt.

### A JÁRTASSÁGI VIZSGÁLAT ÉRTÉKELÉSE

A mérési adatok értékelését a MAROVISZ Körvizsgálatok Szabályzatának **KV-SZ-01 M 02** jelű melléklete alapján készítettük. Ennek megfelelően a helyes észlelés valószínűségének és a téves detektálás valószínűségének meghatározásával, valamint ezen adatokból a vizsgálat teljesítőképességének számításával végeztük az ROC értékelést. Mivel a filmek elegendő számú különböző méretű és tulajdonságú hiányt tartalmaztak, az észlelés valószínűségének görbéjét is meghatároztuk.

### A KONVENCIONÁLIS VALÓDI ÉRTÉK MEGHATÁROZÁSA

Minden körvizsgálat legfontosabb kérdése, hogy a vizsgált tulajdonságnak mit tekintünk a valós, más szóval helyes értékének. A metrológiai meghatározás szerint ezt az értéket nem is lehet meghatározni, csak az adott célnak megfelelő pontossággal megközelíteni. Ha a közelítő értékben megegyeztünk, akkor a konvencionális valódi értéket határoztuk meg. A roncsolásmentes vizsgálatoknál külön probléma, hogy csak körülményesen, más módszerekkel, esetleg roncsolással tudjuk meghatározni a hiányok valós értékét. A módszerek áttekintésével most nem foglalkozunk.

A körvizsgálatnál használt radiográfiai filmek digitalizálásának célja a jó minőségű másolatok készítése volt. Ezzel kívántuk elérni, hogy a körvizsgálat gyorsan lebonyolítható legyen, és az esetlegesen elvesző, vagy megsérült filmeket pótolni lehessen. A digitalizált képeken már egyszerű volt számítógépes támogatással elvégezni az értékelést, és meghatározni a valósnak tekintett adatokat. A képfeldolgozó szoftverek segítségével könnyű a kép fényességének és kontrasztjának megváltoztatása, ezzel a hiányok felismerhetőségének a napi gyakorlathoz képest jelentős mértékű javítása. Ugyancsak nagy segítség a kép pixelméretén alapuló hosszúsággal a hiányok helyének és méreteinek meghatározása (300 dpi felbontású képen egy pixel mérete 0,085 mm).

Megfelelő szoftverrel könnyű a digitális képeken megmérni, hogy egy hiba képe pontosan mekkora feketedéssel különbözik környezetétől. A radiográfiai

filmek értékelésénél a hibák legfontosabb jellemzője ez a feketedés különbség, mert ennek alapján észleli a hiányt az értékelő személy, szemének érzékenysége és állapota függvényében.

A számítógépes támogatással készített értékelést többször ellenőriztük és módosítottuk, mert például a kontraszt javításával észlelt kis feketedés különbségű hiányok felfedezésének elvárása irreálissá tehetné volna a körvizsgálat eredményét.

A valódi értékek utolsó ellenőrzését a körvizsgálat vége előtt, a beérkező eredmények összevetésével végeztük. Kiderült, hogy a rendelkezésre álló adatok alapján az összeolvadási hiány (401) és a hiányos átolvadás (402) [4] bizonytalanul különböztethető meg. Ezeket a hiányokat, a repedések mintájára, összevontuk és egy csoportnak tekintettük, a valódi értékek és a mérési eredmények táblázataiban is.

### A VALÓSZÍNŰSÉGEK MEGHATÁROZÁSA

A helyes észlelés valószínűségének és a téves detektálás valószínűségének meghatározásához a filmekben látható hegesztési varratokat 1 cm hosszú cellákra kellett osztani. A 20 darab filmen lévő 369 cellát a konvencionális valódi értékekkel való összehasonlítás alapján, az alább felsorolt csoportokba soroltuk:

- Pozitív Igaz cella (hiányt mutattak ki ott, ahol valóban volt hiány) jele: PI
- Negatív Igaz cella (nem mutattak ki hiányt ott, ahol valóban nem volt hiány) jele: NI
- Pozitív Hamis cella (hiányt mutattak ki ott, ahol a valóságban nem volt hiány) jele: PH
- Negatív Hamis cella (nem mutattak ki hiányt ott, ahol a valóságban volt hiány) jele: NH
- Az összes hiányt tartalmazó cella száma:  $N1 = PI + NH$
- Az összes hiányt nem tartalmazó cella száma:  $N2 = PH + NI$

A besorolás után elvégzett számítások:

Az észlelés valószínűségének (POD= Probability of detection) számítása:

$$POD = \frac{PI}{N1} = \frac{PI}{PI+NH}$$

A téves detektálás valószínűségének (PFC= Probability of False Call) számítása:

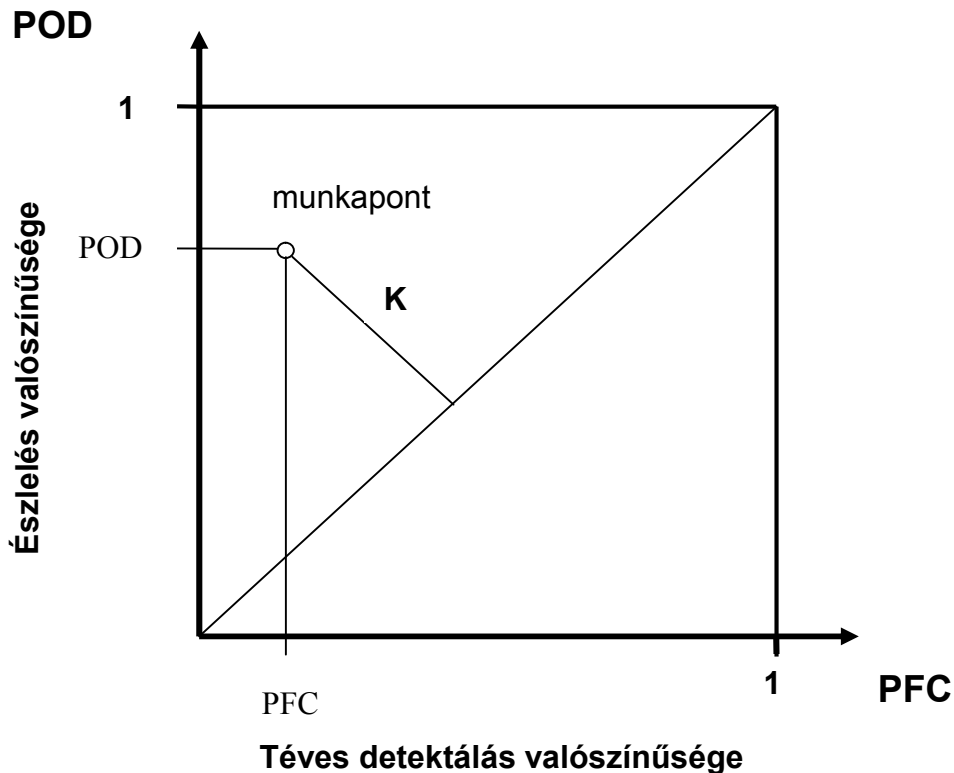
$$PFC = \frac{PH}{N2} = \frac{PH}{PH+NI}$$

A meghatározott valószínűségek a ROC diagramban az értékelés munkapontjának koordinátáit adták.

### A MUNKAPONT ÉRTELMEZÉSE AZ ROC DIAGRAMON

Az ROC diagram (ROC = Reliability Operating Characteristic = megbízhatósági működési jelleg-görbe) x tengelyére a téves detektálás valószínű-

ségét (PFC), az y tengelyére a helyes észlelés valószínűségét (POD) mértük fel. Az összes cellára meghatározott valószínűségi értékek az értékelést jellemző munkapont koordinátái. Az értékelő teljesítőképességét a ROC diagramon a munkapontnak az átlótól mért távolságával arányos K értékkel jellemezzük. Értelmezése az 1. számú ábrán látható.



1. ábra. A munkapont értelmezése az ROC diagramon.

### **A vizsgálat teljesítőképességének számítása**

A K értéket a következő módon számítjuk:

$$K = 1 - 2 \sqrt{(1 - \text{POD}) \times \text{PFC}}$$

ahol:

K: a vizsgáló teljesítőképessége

POD: észlelés valószínűsége

PFC: téves detektálás valószínűsége

A K értéke relatív szám, amely 0 (rossz teljesítmény) és 1 (jó teljesítmény) között változhat.

### AZ ÉSZLELÉS VALÓSZÍNŰSÉGÉNEK (POD) GÖRBÉJE

Az észlelés valószínűségének görbét akkor lehet meghatározni, ha elegendő mennyiségű, különböző értékű jellemzővel rendelkező hiány van a mérési feladatban. A görbe az értékelő egyén észlelésének valószínűségét mutatja be, a hiány jellemzőjének függvényében. A hiány jellemzője

lehet annak hossza, mélysége, átmérője, stb. A görbe alakja függvénye a vizsgálati módszernek, a vizsgáló személynek és egyéb körülménynek is.

Mint azt a konvencionális valódi érték meghatározásánál már említettük, a digitális képeken megmérhető, hogy egy hiba képe pontosan mekkora feketedéssel különbözik környezetétől. A radiográfiai filmek értékelésénél a hibák legfontosabb jellemzője ez a feketedés különbség, mert ennek alapján észlel az értékelő személy. Az észlelés valószínűségének görbét a digitálisan mért feketedés függvényében határoztuk meg.

### A VIZSGÁLAT EREDMÉNYEINEK MINŐSÍTÉSE

Az előzőekben felsorolt jellemzők megkövetelt értékeit a vizsgálat tárgya és körülményei alapján írhatjuk elő. Mivel a vizsgálat tárgyát a körvizsgálatban nem határoztuk meg, a közreműködők

eredményeit a gyakorlatban szokásos szigorú és közepes követelményekhez viszonyítottuk.

A megbízhatósági referencia értékek a [3] tanulmány 10.2 táblázata alapján:

Jellemző	Jel	Szigorú	Közepes
Az észlelés valószínűsége	POD	> 0,95	> 0,8
A téves detektálás valószínűsége	PFC	< 0,1	< 0,2
Az értékelő teljesítőképessége	K	> 0,86	> 0,6

1. táblázat. Megbízhatósági jellemzők referencia értékei

## A RÉSZTVEVŐ LABORATÓRIUMOK VIZSGÁLATI EREDMÉNYEI

### AZ ÉRTÉKELÉS FAJTÁI

Mint azt a konvencionális valódi érték meghatározásánál már említettük, a 401 és 402 típusú hibák összevetésénél felmerült az a gondolat, hogy a hibatípusok összekeverése más típusú hibáknál is előfordulhat. Ezért érdekes lehet az adatok olyan értékelése is, amikor csak azt vesszük figyelembe, hogy egy cellát hibásnak minősített-e az értékelő. E megfontolás alapján az adatokat kétféle módon értékeltük.

**Hibatípus függő értékelésnek** neveztük azt az értékelést, amikor a hibák fajtájának meghatározását figyelembe vettük. Ebben az esetben, például, ha valaki a gázzárványokat (201) nem olyan csoportba sorolta be, mint az a valódi értékeknél van, akkor azt téves riasztásnak minősítettük, és emiatt rosszabb eredményt ért el.

Az ilyen jellegű téves következtetések elkerülése érdekében végeztünk egy második értékelést is, amit **hibatípus független értékelésnek** nevezünk el. Ez annyiban különbözik az előző módszertől, hogy a hibák fajtájának meghatározását nem vettük figyelembe, csak azt, hogy az adott cellát hibásnak minősítette-e az értékelő.

A hibatípus független értékelés, nem veszi figyelembe, hogy az anyagvizsgáló a térképen (a **hely-típus** nevű munkalapon) melyik mezőbe, azaz milyen konkrét hibatípusba sorolta be a hibát.

Találatnak vettük, ha a cellában lévő hibát megjelölte, és nem vettük tévedésnek, ha nem a megfelelő típusba sorolta. Ez egy engedékenyebb elemzési kritérium, ami azonban nem befolyásolja a vizsgálat biztonságát, mert ha a cellában hibát észlelt, mindenképp beavatkozás szükséges, annak típusától függetlenül.

### AZ ROC ÉRTÉKELÉS EREDMÉNYEI

A résztvevők ROC értékelési eredményei a 2. és 3. táblázatban láthatóak. A táblázatok a résztvevők azonosítási kódjához rendelve mutatják a filmértékelésnél elért eredményeket. A táblázatok fejlécében használt rövidítések jelentése (az eddig használt jelzéseknek megfelelően):

PI = Pozitív igaz cellák száma (hiányt találtak ott, ahol valóban volt hiány)

PH = Pozitív hamis cellák száma (hiányt találtak ott, ahol a valóságban nem volt hiány)

PFC = A téves detektálás valószínűsége

POD = Az észlelés valószínűsége

K = A vizsgáló teljesítőképességének jelzőszáma

A táblázatok könnyebb értékelhetősége érdekében az 1. táblázatban feltüntetett követelményeknek megfelelő eredményt színekkel jelöltük. A **szigorú** követelményeknek megfelelő értékeket **zöld** színnel, a **közepes** követelményeknek megfelelőket **sárga** színnel, és a **gyenge** értékeket **piros** színnel jelöltük.

Hibatípus függő értékelés					
Vizsgáló kódja	PI	PH	PFC	POD	K érték
2010	54	75	0,0195	0,2523	0,7585
2020	134	71	0,0185	0,6262	0,8338
2030	154	23	0,0060	0,7196	0,9181
2040	135	81	0,0211	0,6308	0,8236
2050	119	37	0,0096	0,5561	0,8693
2060	151	24	0,0062	0,7056	0,9143
2061	143	31	0,0081	0,6682	0,8966
2070	120	50	0,0130	0,5607	0,8488
2080	154	77	0,0200	0,7196	0,8501
2090	137	62	0,0161	0,6402	0,8477
2100	98	47	0,0122	0,4579	0,8372
2110	176	23	0,0060	0,8224	0,9348
2111	115	100	0,0260	0,5374	0,7806
2120	131	91	0,0237	0,6121	0,8084
2130	138	83	0,0216	0,6449	0,8249
2140	168	61	0,0159	0,7850	0,8832
2150	104	21	0,0055	0,4860	0,8940
2160	102	104	0,0270	0,4766	0,7620

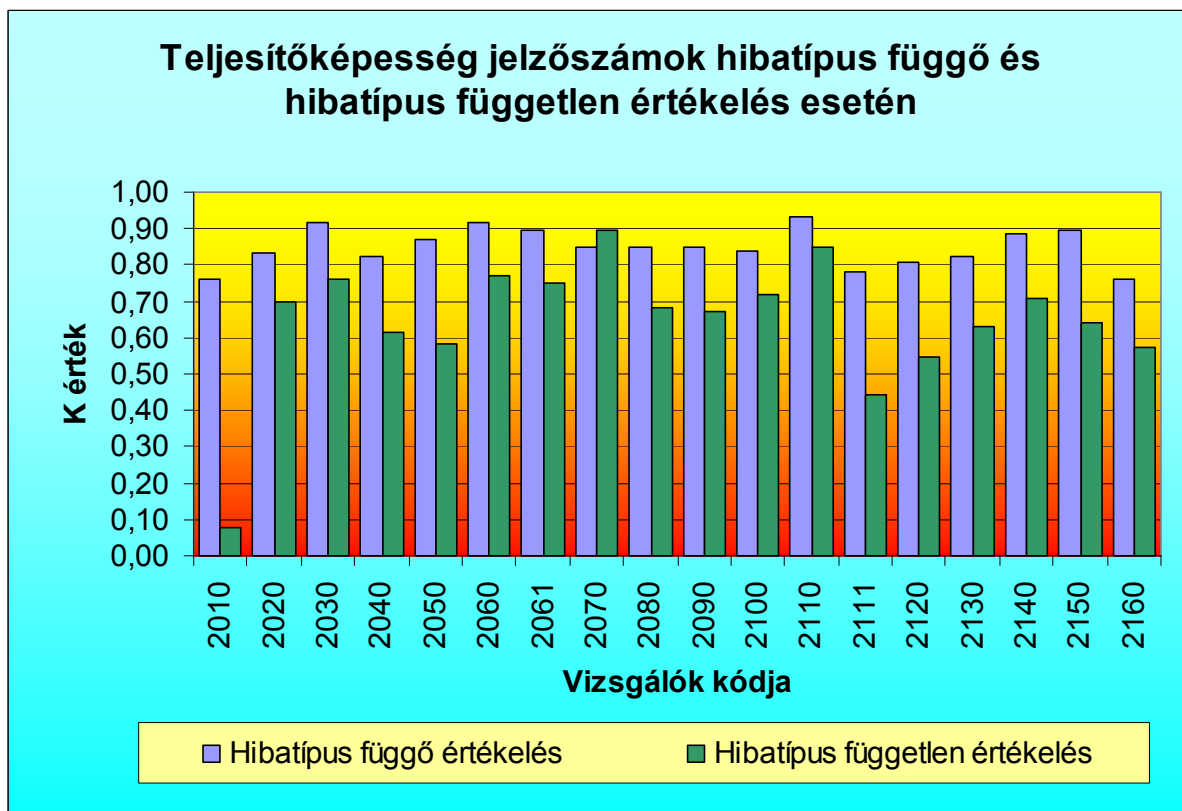
2. táblázat. Hibatípus függő értékelés eredményei a vizsgálók kódjai szerint

Hibatípus független értékelés					
Vizsgáló kódja	PI	PH	PFC	POD	K érték
2010	69	57	0,3276	0,3538	0,0798
2020	165	26	0,1494	0,8462	0,6968
2030	158	13	0,0747	0,8103	0,7619
2040	160	36	0,2069	0,8205	0,6146
2050	128	22	0,1264	0,6564	0,5831
2060	158	12	0,0690	0,8103	0,7712
2061	154	13	0,0747	0,7897	0,7493
2070	147	2	0,0115	0,7538	0,8936
2080	173	39	0,2241	0,8872	0,6820
2090	144	18	0,1034	0,7385	0,6710
2100	133	11	0,0632	0,6821	0,7164
2110	177	11	0,0632	0,9077	0,8472
2111	137	45	0,2586	0,7026	0,4453
2120	153	41	0,2356	0,7846	0,5494
2130	161	34	0,1954	0,8256	0,6308
2140	171	30	0,1724	0,8769	0,7087
2150	110	13	0,0747	0,5641	0,6391
2160	150	34	0,1954	0,7692	0,5753

3. táblázat. Hibatípus független értékelés eredményei a vizsgálók kódjai szerint

A 2. ábrán bemutatjuk a 2. és 3. táblázat adataiból a vizsgálók teljesítőképességének jelzőszámait a hibatípus függő és a hibatípus független értékelésnél. Az ábrán látható, hogy a vizsgálók K értékei a hibatípus figyelembe vétele nélkül készült értékelésben, egy kivételével, kisebbek a hibatípu-

sokra is figyelő értékelésnél. Ez meglepő eredmény, mivel a hibatípus meghatározásának követelménye nehezebb feladatot feltételez. Ezt a feladatot azonban a körvizsgálat résztvevői jól megoldották.



2. ábra. A vizsgálók K értékei a hibatípus függő és hibatípus független értékelés esetén

### A ROC EREDMÉNYEK ELEMZÉSE

A 4. táblázatban, az eddigi eredmények alapján, összesítettük a különböző jellemzők követelményeinek megfelelő vizsgálók számát. Megállapíthatjuk, hogy hibatípus függő értékelés esetén az értékelők teljesítményét jelző K érték szigorú követelményét heten, a közepes követelményét tizenegyen teljesítették. A résztvevők közül gyenge teljesítményt senki sem mutatott. Ez a megállapítás nem terjeszthető ki az észlelés valószínűségé-

re, mivel ebben a jellemzőben a résztvevők majdnem teljes létszáma csak gyenge eredményt ért el.

A táblázat adatainak további érdekessége, hogy az észlelés valószínűségének (POD) gyenge eredményét a téves detektálások (PFC) jó eredménye kijavította. Így lehetséges, hogy a kétféle valószínűségi eredmény a teljesítőképességet mutató K szám eredményeiben senkinél sem eredményez gyenge teljesítményt.

Jellemző	Jel	Szigorú	Közepes	Gyenge
Az észlelés valószínűsége	POD	0	1	17
A téves detektálás valószínűsége	PFC	6	6	6
Az értékelő teljesítőképessége	K	7	11	0

4. táblázat. A különféle szintű követelményeknek megfelelő vizsgálók száma a hibatípus függő értékelés esetén

Az 5. táblázatban látható összesítés a hibatípusokat figyelmen kívül hagyó értékelés eredményét mutatja. A táblázat a különböző jellemzők követelményeinek megfelelő vizsgálók számát mutatja be. Az értékelők teljesítményét mutató K szám a 4. táblázat adataihoz viszonyítva gyengébb eredmé-

nyeket mutat, annak ellenére, hogy a hibatípusokba való besorolás kényszerének elhagyása könnyítést feltételez. Ez az eredmény azt bizonyítja, hogy a résztvevők hibatípus meghatározó képessége kiváló.

Jellemző	Jel	Szigorú	Közepes	Gyenge
Az észlelés valószínűsége	POD	9	8	10
A téves detektálás valószínűsége	PFC	7	6	5
Az értékelő teljesítőképessége	K	1	12	5

**5.táblázat.** A különféle szintű követelményeknek megfelelő vizsgálók száma a hibatípus független értékelés esetén

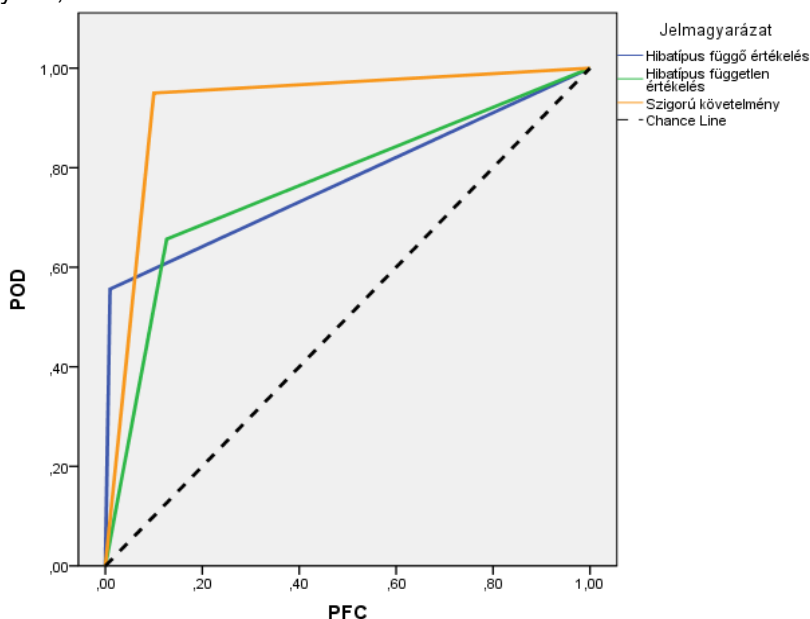
### A ROC DIAGRAMOK

A 2. és 3. táblázat adataiból közelítőleg megrajzolhatók a vizsgálók ROC diagramja (ROC = Reliability Operating Characteristic = megbízhatósági működési jelleggörbe). Az előzőekben ismertetett módon, az X tengelyen a téves riasztás valószínűségét (PFC), az y tengelyen a találat, a helyes detektálás valószínűségét (POD) ábrázoltuk. Az ábra (0;0) pontjából az (1;1) pontjába húzott szaggatotttal jelölt átló a véletlen valószínűség szintjét jelöli (Chance line), azaz amin a találat és a téves riasztás valószínűsége egyaránt 0,5 (50%). Tehát ez a véletlen találgatás szintje. Efölötti térrészben helyezkednek el a véletlennél jobb találati arányú értékelések, és alatta a véletlennél rosszabb arányúak, amire a résztvevők

között nincs példa. Egy jellemző diagramot mutat be a 3. ábra.

A három folytonos vonal közül a narancsszínű jelöli a szigorú megbízhatósági referencia értéket. Az 1. táblázat alapján a szigorú követelményt jelölő vonal a (0,1, 0,95) koordinátájú ponton megy át.

A diagramokon a kék színű görbe a hibatípus függő értékelés eredményét mutatja, míg a zöld színű a hibatípus független értékelés eredményét ábrázolja. Mind a referencia érték, mind a két értékelés görbéje valójában egy pont (a munkapont), és a két végpont összekötéséből jött létre, amelynek az oka, hogy a rendelkezésre álló adatokból pontosabb becslésre nem volt mód.



**3. ábra.** A 2050 kódszámú résztvevő ROC diagramja



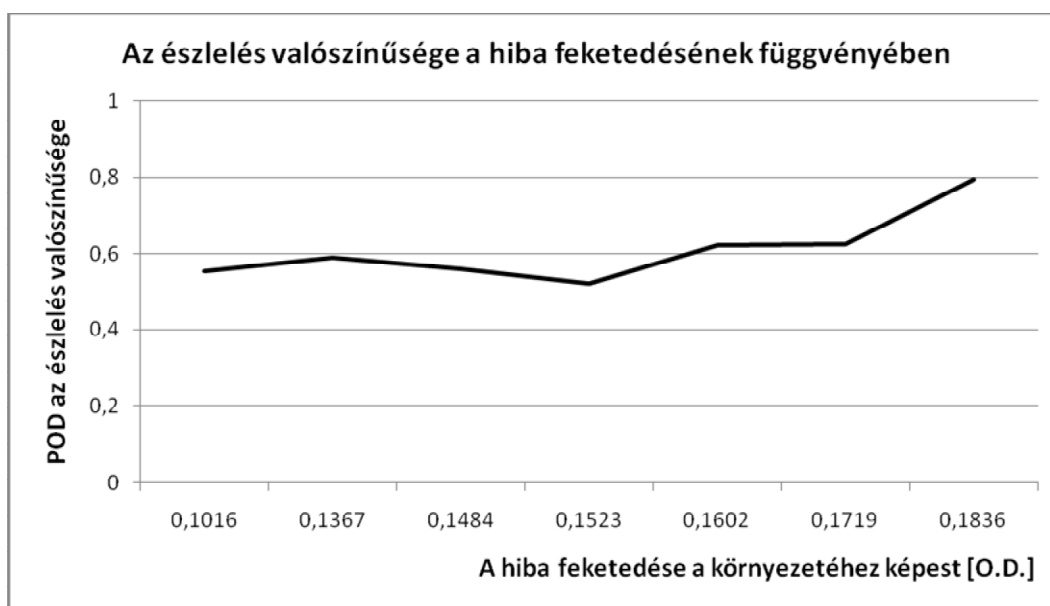
A hibatípus függő értékelés eredménye, a kék vonal, egy kivétellel, minden résztvevő esetén alacsonyabb észlelési valószínűség (POD) értéket jelöl, mint a zöld vonallal jelzett hibatípus független értékelés. Ugyanakkor a zöld vonalak mind nagyobb téves riasztás értékeket (PFC) jelképeznek, nagyobb észlelési valószínűséggel, szemléletesen mutatva, hogy a hibatípus független elemzés nem mutatott jobb eredményt.

## A POD ÉRTÉKELÉS EREDMÉNYEI

Az észlelés valószínűsége (POD) megmutatja, hogy a radiográfiai film értékelője a hibákat milyen arányban vette észre. Ez a jellemző sok külső és a vizsgálótól függő belső körülménytől függ. A körvizsgálatban ezt a jellemzőt csak a

hibák egy tulajdonságának függvényében értékeltük.

Mint azt már leírtuk, a digitális képeken mértük, hogy a hibák képe mekkora feketedéssel különbözik környezetétől. A feketedést az ismert optikai denzitás (O.D.) mértékében határoztuk meg. Az észlelés valószínűségének görbáját a digitálisan mért feketedés különbség függvényében rajzoltuk meg. Az O.D. különbség tartományát 7 részre osztottuk és ezt vittük fel a POD diagram x tengelyére, ami jellemzi a hiba feketedését a környezetéhez képest. Az y tengelyen pedig az adott feketedési tartományba eső hibák észlelési valószínűségeit ábrázoltuk. Egy jellemző diagramot mutat be a 4. ábra.



4. ábra. A 2050 kódszámú résztvevő POD diagramja

## A POD DIAGRAMOK ELEMZÉSE

Elméletileg elvárható lenne egy határozottan növekedő POD érték a növekvő feketedés különbség függvényében, mivel a környezettől jobban eltérő hibát könnyebb észrevenni a radiográfiai filmen. Azonban a 4. ábráról, és a többi résztvevő POD diagramjairól, elmondható, hogy némi ingadozással, egyenként más – más, de mindegyik közel azonos értéket mutat. Csak néhánynak van rövidebb tartományokban, mint a 2050 kódszámú résztvevőnek is, a nagyobb feketedésű tartományban enyhén változó jellege. Összefoglalóan kijelenthetjük, hogy a vizsgálók észlelési valószínűsége nem függ a hiba és környezete közti feketedés különbségtől.

Ugyanakkor a POD diagramok szemléletesen mutatják, amit a 2 táblázat POD oszlopában is észleltünk már. Megállapíthatjuk, hogy a szigorú

megbízhatósági referencia szinten elvárt minimum POD értéket, a 0,95 –öt (azaz hogy a hibák 95%-át észlelje az anyagvizsgáló), az összes övezetre együttesen, hibatípus függően nem érik el a vizsgált személyek.

Ha a körvizsgálat végrehajtásánál fennálló valós helyzetet vesszük figyelembe, az eredmények bemutatják, hogy a vizsgálók tudják, vizsgálat tárgyát képezik. Tehát kiegyenlített teljesítménnyel képesek észrevenni a kisebb és nagyobb feketedés különbségű hibákat a radiográfiai filmekben, de csak egy személy érte el a közepes megbízhatósági szintet.

## ÖSSZEFOGLALÁS

A meghirdetett radiográfiai filmek értékelése jártassági vizsgálatán 16 laboratórium vett részt. Két

részvevőtől még további 2 db, így összesen 18 db mérési eredmény érkezett értékelésre.

Az értékelés szerint sikeres volt a körvizsgálat, elsősorban azért, mert minden résztvevő értékelhető eredményt küldött be. Továbbá az összesített teljesítményt bemutató K érték szigorú követelményét a résztvevők több mint 1/3 -a (38 %) teljesítette, és a maradék 2/3 is elérte a közepes követelményt. Ezt a teljesítményt úgy érték el, hogy az észlelési valószínűség (POD) követelményét kevesen tudták jól teljesíteni, de ezt kompenzálta a jó, azaz a kis értékű tévesztési valószínűség (PFC). Az eredmények azt is bemutatják, hogy az értékelést végzők alaposan felkészültek körvizsgálati munkájukra, és tudatában voltak annak, hogy ellenőrzött munkát végeznek.

A szervezők véleménye szerint a radiográfiai értékelés megbízhatóságának növelése érdekében szükség lenne a filmértékelők részére néhány napos, kemény munkát igénylő, és több szempontból kiértékelt tréningek szervezésére.

## HIVATKOZÁSOK

- [1] MSZ EN ISO/IEC 17025:2005 Vizsgáló és kalibrálólaboratóriumok felkészültségének általános követelményei
  - [2] MSZ EN 12517-1:2006 Hegesztett kötések roncsolásmentes vizsgálata. 1. rész: Acél, nikkell, titán és ötvözetek hegesztett kötésein értékelése radiográfiával. Átvételi szintek
  - [3] Prof Tóth László – Dr Serge Crutzen: Roncsolásmentes vizsgálatok, azok megbízhatósága és következményei, Miskolci Egyetem 1999, TEMPUS S\_JEP\_11271 projekt
- Megtalálható: <http://mek.oszk.hu/01100/01189/> címen
- [4] MSZ EN ISO 6520-1:2008 Hegesztés és rokon eljárások. Fémek geometriai eltéréseinek besorolása. 1. rész: Ömlesztőhegesztés (ISO 6520-1:2007)