

# Gépi ultrahangos rendszerek regisztrátumainak feldolgozási tapasztalatai a Paksi Atomerőműben

Palásti József\* – Dr. Pinczés János\* – Czibula Mihály\*\* – Doszpod Barna\*\*

## Bevezetés

A Paksi Atomerőmű reaktortartályait az elmúlt években folyamatosan ellenőrizték gépi ultrahangos eszközökkel [1, 2, 3]. A TriAs rendszer a külső és a belső vizsgálatokat látta el, és 1995-óta a Siemens cég végzi a négyévenkénti belső ellenőrzéseket. Kézenfekvő volt az a gondolat, hogy a külső és a belső vizsgálatok összehasonlíthatóságának javítása érdekében, ill. a belső vizsgálatok volumenének csökkentése érdekében, a két vizsgálórendszer elveit azonos alapokra kell helyezni. Ennek érdekében a TriAs ULISES adatgyűjtő és kiértékelő rendszerét a SAPHIR-DEA szoftverrel váltottuk ki. Ez utóbbi több ultrahangos információt képes felvenni (nagyobb számítógépi kapacitása révén), és a Siemens cég fázisvezérelt ultrahangos fejeinek (Phased Array, PA) használatát is lehetővé teszi.

1996-ban a terveknek megfelelően, a vizsgálatokat a TriAs rendszerrel (RTD hagyományos fejek + ULISES kiértékelő) kezdtük. A 2. reaktortartályon volt először lehetőségünk arra, hogy a TriAs (RTD hagyományos fejek + SAPHIR-DEA kiértékelő) új generációjával is ellenőrzéseket végezzünk. Az eredmények közötti összehasonlításokat is elvégeztük.

A leállások után a TR1-es etalon összehasonlító vizsgálatai nagymennyiségű információforrást jelentenek. A vizsgálatok és az eredmények értékelése jelenleg is folyamatban vannak.

## Fázisvezérelt (PA) ultrahangos fejek

A vizsgálófejek nevében is szerepelt, hogy az acélban terjedő ultrahanghullám irányát elektronikusan lehet változtatni. A Siemens cég Saphir nevű ultrahangos berendezése képes a PA fejek vezérlésére, és a visszaérkező hanghullámok kezelésére, megjelenítésére. A berendezésről pontos leírás található a [4] irodalomban.

A vizsgálófejek plexi előtétjének szögétől függően változik az acélban a terjedési szög. Változtatni lehet a hullám fajtáját, az erősítést és még egyéb más paramétert is. Az 1. ábrán példát mutatunk egy tipikus taktusprogramozásra. A transzverzális hullámot 35° és 65°, a longitudinális hullámot 0° és 70° között programozzuk.

A PA fejek alkalmazása új feladatokat állított elénk, többek között meg kellett oldani a fejek egymás közötti távolságának folyamatos állíthatóságát, és eközben az egyenes csatolás biztosítását is. Ez egy elvében és megoldásaiban is sok új elemet tartalmazó fejtartó kialakítását hozta magával.

\*Atomerőmű Rt.

\*\* Atomix Kft.

Nr	PKK	Funkcion	Sender Pk-Typ	Enpf. Pk-Typ	S Nr.1	E Nr.1	S Anz	E Anz	S.-W Grad	S.-W Art	S.-W U	E.-W Grad	E.-W Art	E.-W U	Versl	Versl dB	Filter MHz	TAK Nr.	Fokus mm
01	1	LRTNEN	LL12896	LL12896	1	1	18	18	40	A+	+	50	A+	+	lin	50	1	53	
02	2	RITNEN	92769	92769	37	38	1	1	70			70		log	40	3			
03	3	RITNEN	92768	92768	35	36	1	1	70			70		log	40	3			
04	4	RITNEN	92763	92763	33	34	1	1	0			0		log	30	3			
05	5	RITNEN	5-128-96	5-128-96	1	1	16	16	40	A+	+	40	A+	+	lin	42	1	55	
06	6	RITNEN	5-128-96	5-128-96	1	1	16	16	45	A+	+	45	A+	+	lin	45	1	55	
07	7	RITNEN	5-128-96	5-128-96	1	1	16	16	50	A+	+	50	A+	+	lin	47	1	56	
08	8	RITNEN	5-128-96	5-128-96	1	1	16	16	55	A+	+	55	A+	+	lin	45	1	57	
09	9	RITNEN	5-128-96	5-128-96	1	1	16	16	60	A+	+	60	A+	+	lin	45	1	58	
10	10	RITNEN	5-128-96	5-128-96	1	1	16	16	65	A+	+	65	A+	+	lin	46	1	58	
11	11	RITNEN	5-128-96	5-128-96	1	1	16	16	60	A+	+	60	A+	+	lin	52	1	55	
12	12	RITNEN	5-128-96	5-128-96	1	1	16	16	65	A+	+	65	A+	+	lin	40	1	55	
13	13	RITNEN	5-128-96	5-128-96	1	1	16	16	70	A+	+	70	A+	+	lin	45	1	55	
14	14	RITNEN	5-129-96	5-129-96	17	17	16	16	40	A+	+	40	A+	+	lin	62	1	61	
15	15	RITNEN	5-129-96	5-129-96	17	17	16	16	45	A+	+	45	A+	+	lin	54	1	61	
16	16	RITNEN	5-129-96	5-129-96	17	17	16	16	50	A+	+	50	A+	+	lin	61	1	61	
17	17	RITNEN	5-129-96	5-129-96	17	17	16	16	55	A+	+	55	A+	+	lin	62	1	61	
18	18	RITNEN	5-129-96	5-129-96	17	17	16	16	60	A+	+	60	A+	+	lin	65	1	61	
19	19	RITNEN	5-129-96	5-129-96	17	17	16	16	65	A+	+	65	A+	+	lin	65	1	61	
20	20	RITNEN	5-129-96	5-129-96	17	17	16	16	60	A+	+	60	A+	+	lin	55	1		
21	21	RITNEN	5-129-96	5-129-96	17	17	16	16	65	A+	+	65	A+	+	lin	55	1		

1. ábra. SAPHIR rendszer taktus programozása a reaktortartály vizsgálatához

Nr.	Pos. Maximum	U (mm)	V (mm)	T (mm)	Prüftechnik	ER	ER (dB)	ER (dB)	Reg.-Reflektor	Anfang	Ende	Anzahl	Benennung	PK-System / Codierung	PK-Beleg	Profil	RT	1398	Profilhöhe	5100	Wiederkehrende Prüflingen ZUSAMMENSTELLUNG DER MESSERGEBNISSE	Produzent	Safe	
1	7230	6223	93	RTNEN	-H	51	51		1	7235	7237	10	Handmade: Plattiroten Jel 130-nal van.	RT04/0000	2	0								
2	2800	6960	37	RTNEN	-H	43	43		11	2796	2807	8		RT04/0000	2	0								
3	10840	7310	130	RTNEN	-H	41	61		3	10843	10845	1	Handmade: Y kb. 2100, Z 140.	RT04/0000	3	0								
4	8040	7140	8	RTNEN	-H	41	41		7	7144	7150	7		RT04/0000	4	0								
5	8050	7150	8	RTNEN	-H	38	38		4	7153	7155	4		RT03/0000	4	0								
6	8480	6950	124	RTNEN	-H	35	35		10	6947	6957	42		RT04/0000	4	0								
7	8490	6950	124	RTNEN	-H	35	35		12	6951	6964	42		RT03/0000	4	0								
8	8690	6950	130	RTNEN	-H	33	33		3	6958	6961	1		RT04/0000	3	0								
9	8680	6950	120	RTNEN	-H	34	34		3	6979	6981	8		RT04/0000	6	0								
10	8670	6950	116	RTNEN	-H	33	33		3	6958	6958	3		RT03/0000	6	0								
11	2520	6895	84	RTNEN	-H	31	31		7	6891	6899	2		RT04/0000	6	0								
12	2490	6903	85	RTNEN	-H	30	30		4	6903	6908	4		RT03/0000	4	0								
13	2520	6900	86	RTNEN	-H	36	36		24	6900	2520	2548	13		RT04/0000	5	0							
14	2520	6900	81	RTNEN	-H	40	40		24	6900	2516	2540	23		RT04/0000	6	0							
15	2520	6900	77	RTNEN	-H	40	40		6	6900	2520	2536	13		RT04/0000	7	0							
16	2520	6900	82	RTNEN	-H	39	39		6	6900	2520	2524	12		RT04/0000	4	0							
17	2520	7000	74	RTNEN	-H	37	37		4	2524	2528	11	Handmade: Transzival van meg. Kb. 100-at ceol. Y 6900.	RT04/0000	13	0								
18	2510	7020	60	RTNEN	-H	44	44		1	2529	2531	13	Handmade: Transzival van meg. Y kb. 8900.	RT04/0000	13	0								
19	1710	6143	143	RTNEN	-H	51	51		22	6143	6585	36	PP	RT04/0000	4	0								
20	8004	6939	142	RTNEN	-H	47	47		7	6935	6943	3	PP	RT04/0000	4	0								
21	670	6925	78	RTNEN	-H	35	35		4	670	680	8		RT04/0000	5	0								
22	670	6940	75	RTNEN	-H	29	29		3	6941	6943	1		RT03/0000	5	0								
23	670	6940	70	RTNEN	-H	36	36		3	6941	6943	1		RT04/0000	6	0								
24	670	6940	72	RTNEN	-H	33	33		3	6942	6943	3		RT03/0000	4	0								
25	670	6940	68	RTNEN	-H	39	39		4	670	678	11		RT04/0000	7	0								

2. ábra. A SAPHIR rendszer tipikus regisztrátum listája

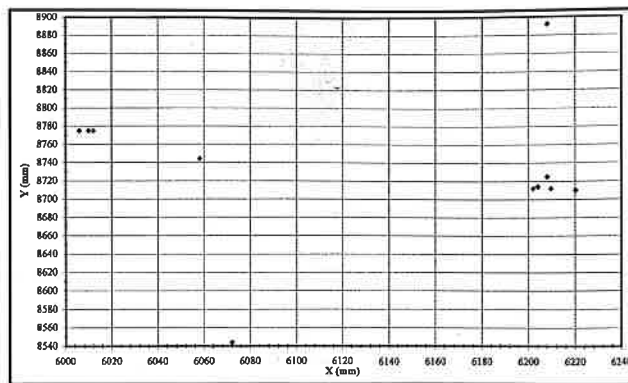
## A regisztrátumok feldolgozása

A SAPHIR rendszerben már a kiértékelés fázisában csoportosítjuk a regisztrátumokat (2. ábra), majd egyéb eredményeket hozzácsatolva, adatbázisba foglaljuk azokat. Jelenleg ez egy EXCEL file formájában keletkezik. A táblázatban az adatokat különféle elvek szerint rendezzük. A legfontosabb szempont a regisztrált pontok „közelállóságának” megállapítása. Ezt kétféleképpen is megtehetjük. Numerikus módon, az X, Y és Z koordináta távolság-különbségének vizsgálatával, ill. grafikusán ábrázolva az adatokat. Az előző az 1. táblázatban, az utóbbi a 3. ábrán látható.

1. táblázat. Reflektor azonosítása numerikusan

Reflektor sorszáma	Vizsgálófej besug. szög, °	Besugárzási irány	X, mm	Y, mm	Z, mm	D <sub>Xn-DXn-1</sub> , mm	D <sub>Yn-DYn-1</sub> , mm	D <sub>Zn-DZn-1</sub> , mm	D <sub>Xn-DXn1</sub> , mm	D <sub>Yn-DYn1</sub> , mm	D <sub>Zn-DZn1</sub> , mm	DKTRkr (körigály), mm	Vizsgáló	Vizsgálat éve
40	0	0	6202	8712	142,0							5,0	TriAs SA	1998
40	0	0	6204	8714	144,0	2	2	2,0	-2	-2	-2,0	5,0	TriAs SA	1998
40	0	180	6208	8725	142,2	4	11	-1,8	-6	-13	-0,2	3,9	TriAs	1995
40	0	270	6210	8712	137,0	2	-13	-5,2	-8	0	5,0	3,6	Siemens	1998
40	0°N		6220	8710	136,0	10	-2	-1,0	-18	2	6,0	6,0	Skoda	17-ápr-90
40	0°N		6220	8710	137,0	0	0	1,0	-18	2	5,0	5,0	Skín	1994

A táblázatban csak az egyik koordináta szerint lehet sorrendbe rendezni az adatokat, ezért nem minden esetben dönthető el azonnal, hogy melyik regisztrátum tartozik össze. Kisebb tartományként a másik koordináta szerint is rendezni kell. Ha már az összerendezés megtörtént, meg kell vizsgálni, hogy az adott reflektor a kezdő ponttól milyen hosszú. Két közeli reflektor esetén könnyen előfordulhat, hogy az X és Y koordináták egybeesését mutatnak, de „túl hosszú” lesz a reflek-



3. ábra. Reflektor azonosítása grafikusan

tor. Ilyenkor kell megvizsgálni az adatokat, hogy szét lehet-e válogatni két független reflektorra az adatokat. Mindez bonyolult és időigényes tevékenység, nemkevéssé figyelmet igényel, és jelentős mértékben tartalmazza a tévedés lehetőségét is.

A grafikus eljárás sokkal szemléletesebb, de sajnos legalább olyan hosszú ideig tart, mint a numerikus módszer. Ugyanis a vizsgálati területet, az előírásoknak megfelelően, olyan kicsi kockákra kell felbontani, hogy az egybeesést meg lehessen állapítani. Így egy vizsgálat kiértékelése 70–80 kép generálását teszi szükségessé.

Ezekkel a módszerekkel összeállított reflektorlista még mindig csak egy száraz adatsor, a vizsgált berendezésen való elhelyezkedése, ill. térbeli alakja, formája nehezen követhető.

### A Reflektor 3D-s megjelenítő program

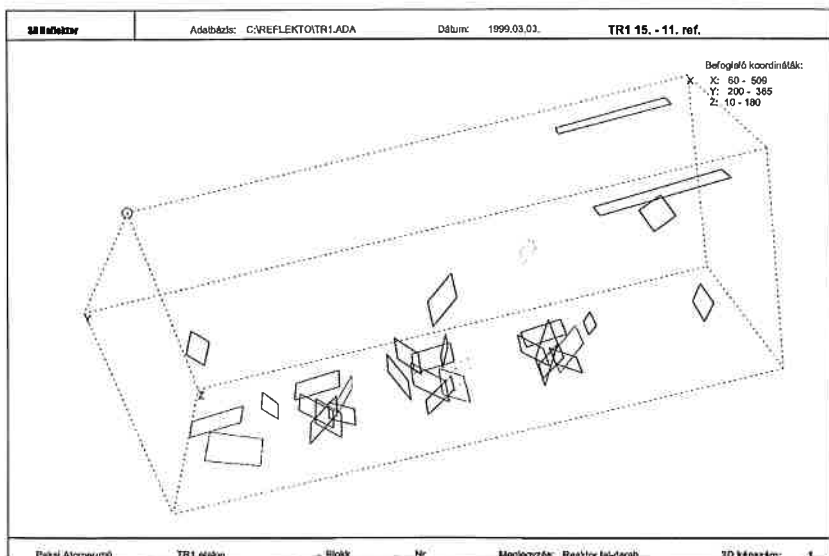
A reflektor adatbázis összeállítása után automatikusan kialakultak a megjelenítéssel kapcsolatos elvárások:

- az adatbázisból közvetlenül lehessen megjeleníteni a regisztrátumokat;
- az ábrázolással egy időben a reflektor összerendezést is el lehessen végezni;
- a 3D-s megjelenítés révén a reflektor elhelyezkedésére, formájára, orientációjára stb. vonatkozóan több információt kapjunk.

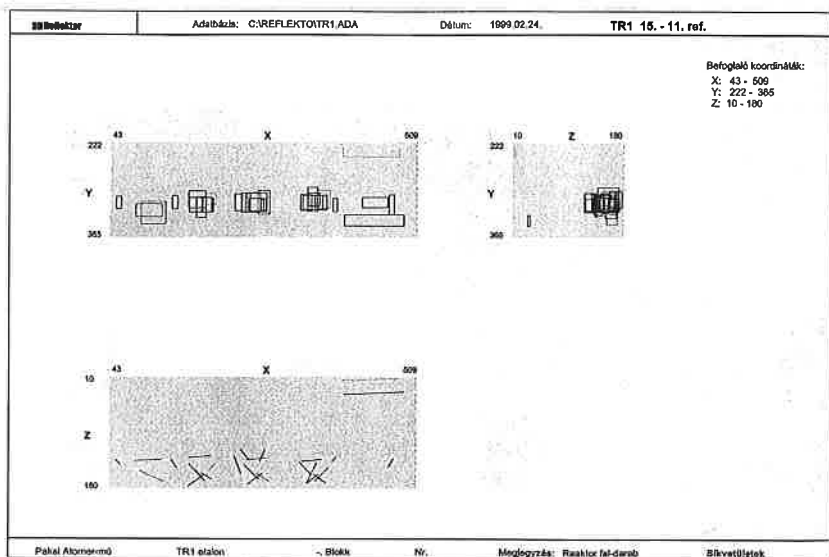
Ezen követelmények hatására született meg a Reflektor 3D-s anyaghiba megjelenítő program.

A TR1-es reaktoretalonon végzett vizsgálataink eredményeiből látható példa a 4/a és a 4/b. ábrán. Az etalon ezen tartományában balról jobbra az alábbi reflektorok találhatóak (5. ábra):

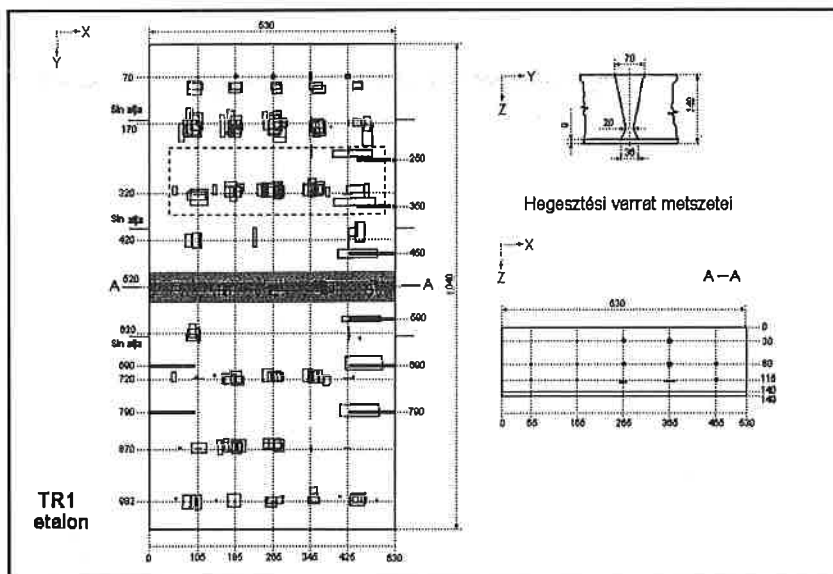
- 15. sz. reflektor, mérete 6 mm mély, 20 mm hosszú, 140 mm mélyen a plattírozás alatt, a varratra merőleges orientációval,
- 14. sz. reflektor, mérete 11 mm mély, 20 mm hosszú, 140 mm mélyen a plattírozás alatt, a varrattal párhuzamos orientációval,
- 13. sz. reflektor, mérete 8 mm mély, 20 mm hosszú, 140 mm mélyen a plattírozás alatt, a varrattal párhuzamos orientációval,
- 12. sz. reflektor, mérete 6 mm mély, 20 mm hosszú, 140 mm mélyen a plattírozás alatt, a varrattal párhuzamos orientációval,
- 11. sz. reflektor, mérete 6 mm mély, 20 mm



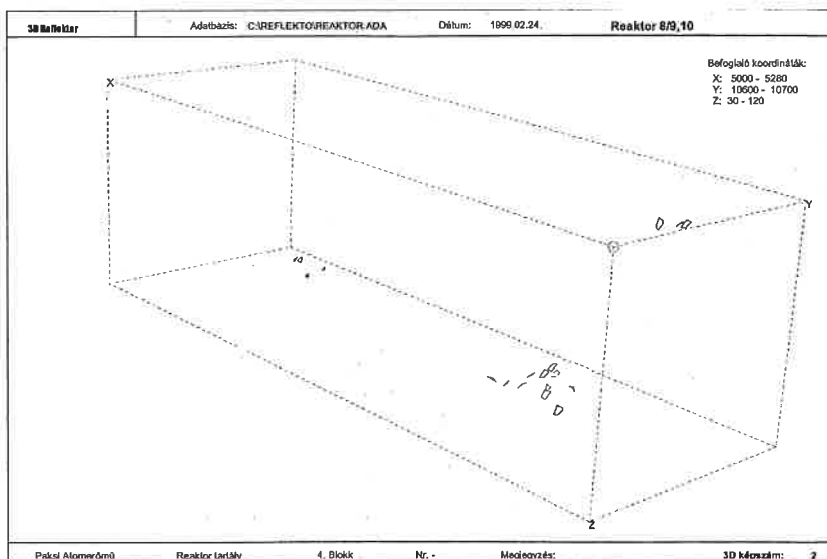
4/a. ábra. TR1-es etalon reflektorai



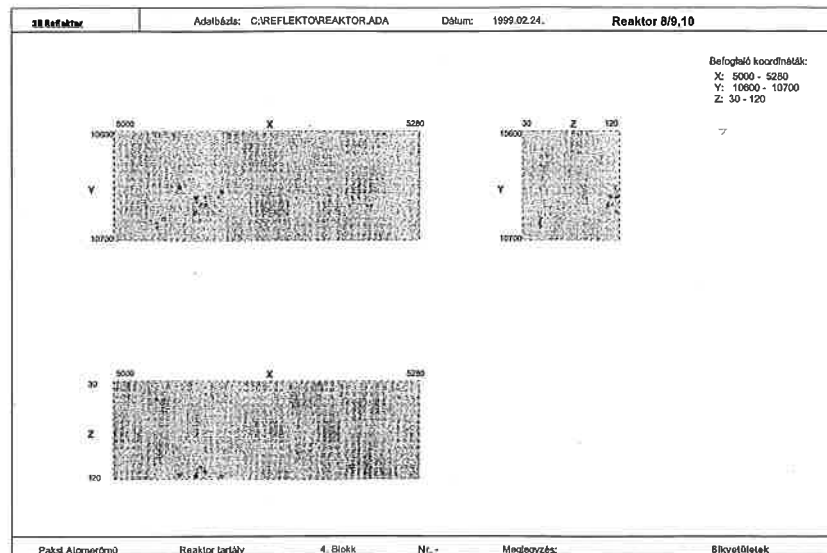
4/b. ábra. TR1-es etalon reflektorai



5. ábra. TR1-es etalon reflektorai és a kinagyított terület



6/a. ábra. TR1-es etalon reflektorai és a kinagyított terület



6/b. ábra. TR1-es etalon reflektorai és a kinagyított terület

hosszú, 140 mm mélyen a plattírozás alatt, a varratra merőleges orientációval,

– Ø 6,35 mm-es keresztirányú hengeres furat, 15 mm mélyen, a varrattal párhuzamos orientációval,

– Ø 6,35 mm-es keresztirányú hengeres furat, 30 mm mélyen, a varrattal párhuzamosan orientációval.

Az ábrából jól látható, hogy a térrész forgatásával meg lehet találni azt a legszemléletesebb helyzetet, ahol a regisztrátumok elhelyezkedését, egymáshoz való viszonyát, méretét, orientációját stb. megfelelően lehet tanulmányozni. Az ábrázolás változtatásával a reflektor alakjára, méretére vonatkozó információk is nyerhetők. Ez a példa a TR1-es etalon ismert méretű objektumait ábrázolja. A 6/a. és a 6/b. ábra természetes reflektorokat mutat be.

**A jövő feladatai, fejlesztések**

A fejlesztéseink fókuszába mostantól a regisztrált egyedi reflektorok vizsgálata fog kerülni. A már definiált koordinátán lévő reflektorról igyekszünk még több adatot begyűjteni. Gazdagítani az információ-bázist, ábrázolni azt. A megjelenítő program kisebb átalakítással alkalmassá tehető a reflektorok DVG-inek térbeli ábrázolására, ill. a térgörbék vizsgálatára is.

**Összefoglalás**

Az eddigi ellenőrzések bizonyították, hogy a reaktortartályokban található reflektorokat megfelelő pontossággal ismételtlen is regisztrálni tudjuk. A keletkezett adathalmazból ki kell szűrni a reflektorokat. Erre több módszer is rendelkezésünkre áll. Készítettünk egy olyan programot, mely képes ezt a válogató tevékenységet segíteni, ill. az adatbázist kezelni. A 3D-s ábrázolás eredményeként a reflektorok tulajdonságaira vonatkozóan több információ nyerhető. Az ultrahangos technológiánk fejlesztése következtében az egyre több információ biztosítja, hogy a reflektorok jellegéről és méretéről a valóságot jobban megközelítő képet tudunk adni.

**Irodalom**

1. Dr. Pinczés János: Reaktortartály-vizsgálatok eredményeinek értékelése. Anyagvizsgálók Lapja 1995/2. 59-61. old.
2. Szabó Dénes – Palásti József: A TriAs vizsgálóberendezés fejlesztése és felépítése. Anyagvizsgálók Lapja 1995/2. 53-54. old.
3. Dr. Pinczés János – Palásti József: A TriAs vizsgálatok első tapasztalatai. Anyagvizsgálók Lapja 1995/2. 55-56. old.
4. Dr. Pinczés János: Reaktortartály hengeres rész külső gépi ultrahangos vizsgálata SAPHIR rendszerrel. Szakdolgozat. Roncsolásmentes anyagvizsgálat 3. fokozat. MHE. 1997. 10. 13.
5. Dr. Pinczés János: A fázisvezérelt vizsgálófejek használata, különös tekintettel az LLT technika alkalmazási lehetőségére. Szakirodalmi feladat. Szakdolgozat. Roncsolásmentes anyagvizsgálat 3. fokozat. MHE. 1997. 10. 13.