

İntraoperatif Radyoterapi Doz Hesaplama Sisteminde Kullanılan Transfer Katsayılarının Monte Carlo Simülasyonu ile Doğrulanması

Medikal Fizik Uzmanı
Öğr. Gör. Mustafa ÇAĞLAR

Mustafa Çağlar^{1,2}, Dursun Eşitmez¹, Mehmet Siddık Cebe¹, Orhan İçelli², Hilal Acar Demir¹

¹ İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Sağlık Fiziği Anabilim Dalı, 34810, İstanbul, Türkiye

² Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Anabilim Dalı, 34220, İstanbul, Türkiye



- **Giriş ve Amaç**

İntraoperatif Radyoterapi Doz Hesaplama Sisteminde Kullanılan Transfer Katsayılarının Monte Carlo Simülasyonu ile Doğrulanması

- **Yöntem ve Gereçler**

Monte Carlo Simülasyonu

İntra-Operatif Radyoterapi Cihaz Ölçümü

- **Sonuçlar**

Simülasyon sonuçları

Sistem dataları ile karşılaştırmalar

- **Değerlendirme**

- Giriş
- IORT (Intra-Operatif Radyoterapi) cerrahi prosedür sırasında tümör yatağına direkt olarak elektron ya da foton ışınları kullanılarak radyasyon verilmesi işlemidir.
- Tek seferde yapılan IORT tedavisinde;
 - Tümör yatağına yüksek radyasyon dozu verilirken normal dokularda korunur.
 - Sağlıklı doku (Cilt vs) dozunun eksternal radyoterapiye göre düşük olması IORT'yi eksternal radyoterapiye alternatif bir teknik yapmaktadır.

- **IORT uygulama alanları**

- Meme Kanseri
- Vertebra Metastazları
- Yumuşak Doku Sarkomu
- Kolorektal Kanseri
- Jinekolojik Kanserler
- Spinal Metastazlar
- Beyin Tümörleri
- Derin yerleşimli tümörlerde
- Eksternal RT'ye ek olarak
- Baş Boyun tümörleri
- Deri kanserleri
- Pankreas Kanseri
- Gastrointestinal tümörler

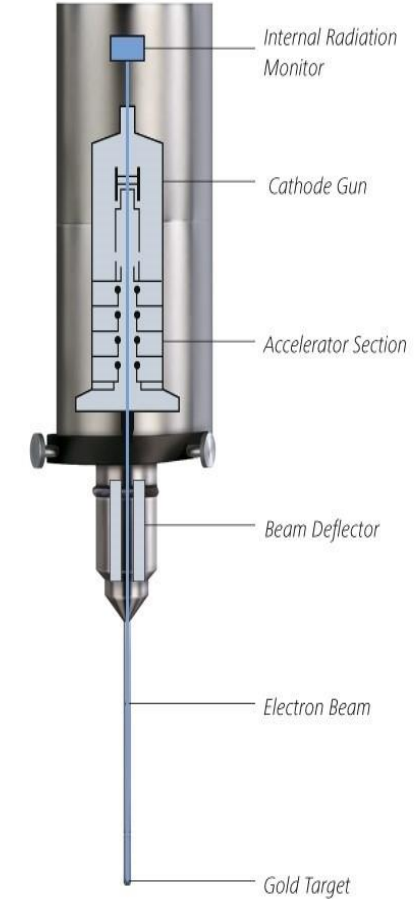
- **IORT Cihazları**

- Novac7 (New Radiant Technology SpA, Italy)
- Mobetron (IntraOp Medical Corporation, California, USA)
- Intrabeam (Carl Zeiss Medical Company, Germany)



- **Intrabeam - Carl Zeiss Medical Company**
 - 50 kV/40mA X-ray üretici
 - 100 mm uzunluğunda 3.2 mm çaplı Probe
 - Çok ince Gold target (0.5 mikrometre)
 - XRS 6 ekseninde yerleştirilebilir
 - Farklı aplikatör tipleri
 - Tek fraksiyonda tedavi
 - Cerrahi operasyon sırasında kullanım
 - Cilt Dozu düşük
 - Tek seferde yüksek doz

-   **Spherical Aplikatör:** 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50 mm
-   **Flat Aplikatör:** 10, 20, 30, 40, 50, 60 mm
-   **Surface Aplikatör:** 10, 20, 30, 40 mm
-   **Needle Aplikatör:** 4.4 mm



• Intrabeam – Doz Hesaplaması

```

APPCALH68179IB_00001.cal
Header: Applicator Calibration File
Date <yyyymmdd>: 20131008
Time: 13:41
Applicator S/N: H68179
Applicator Type: Spherical
Bare Probe #1 Data File: W:\cza11245.PRN
Bare Probe #2 Data File: W:\cza11257.PRN
XRS S/N (Bare Probe): 347
XRS Test Voltage kV: 50.0
XRS Test Current uA: 40
Applicator Data File: W:\cza11256.PRN
Applicator Size cm: 5.00
Institution: Carl Zeiss Meditec AG
Notes:none
Coef D(0): 0.000000
Coef b1: 0.000000
Coef u1: 0.000000
Coef a1: -0.119535
Coef u2: 0.000000
Coef a2: 0.027569
Coef u3: 0.000000
Coef a3: 52.360918
Radius (mm) Xfer Ratio = Appl D(r)/XRS D(r)
26.5 1.49481
27.0 1.48859
27.5 1.46695
28.0 1.46957
28.5 1.45676
29.0 1.43826
29.5 1.43336
30.0 1.41637
30.5 1.40301
31.0 1.40340
31.5 1.39664
32.0 1.39299
32.5 1.38333
33.0 1.37156
33.5 1.36373
34.0 1.35851
34.5 1.34388
35.0 1.34039
35.5 1.33986
36.0 1.33512

```

sfer

(z)A =

$\left[\frac{K}{K} \right] \cdot \frac{P}{P}$

```

APPCALF67001IB_00000.cal
Header: Applicator Calibration File
Date <yyyymmdd>: 20131127
Time: 11:41
Applicator S/N: F67001
Applicator Type: Spherical
Bare Probe #1 Data File: W:\cza11556.PRN
Bare Probe #2 Data File: W:\cza11568.PRN
XRS S/N (Bare Probe): 347
XRS Test Voltage kV: 50.0
XRS Test Current uA: 40
Applicator Data File: W:\cza11563.PRN
Applicator Size cm: 4.00
Institution: Carl Zeiss Meditec AG
Notes:none
Coef D(0): 0.000000
Coef b1: 0.000000
Coef u1: 0.000000
Coef a1: -0.029737
Coef u2: 0.000000
Coef a2: 0.014651
Coef u3: 0.000000
Coef a3: 37.947187
Radius (mm) Xfer Ratio = Appl D(r)/XRS D(r)
21.5 1.52331
22.0 1.50788
22.5 1.48657
23.0 1.46741
23.5 1.44749
24.0 1.43929
24.5 1.42379
25.0 1.40779
25.5 1.40685
26.0 1.39304
26.5 1.38288
27.0 1.38388
27.5 1.36425
28.0 1.35304
28.5 1.34816
29.0 1.33754
29.5 1.32843
30.0 1.32124
30.5 1.30832
31.0 1.30472
31.5 1.29490

```

- Amaç

- *Transfer Katsayısı (T_k), INTRABEAM® X-Ray Source (XRS, Carl Zeiss Surgical, Oberkochen, Germany) sistemi için doz hesaplamasında kullanılan ve aplikatörlerin doz geçirgenliğini ifade eden bir parametredir.*
- T_k değeri, Intrabeam sistemine ilgili firma tarafından yüklenmektedir ve kullanıcı tarafından değişikliğine izin verilmemektedir.
- Bu çalışmada, Monte Carlo (MC) simülasyon yöntemiyle elde edilen T_k sonuçları ile sistem datalarının (SD) karşılaştırılarak doğruluğunun tayini amaçlanmıştır.

- Gereçler

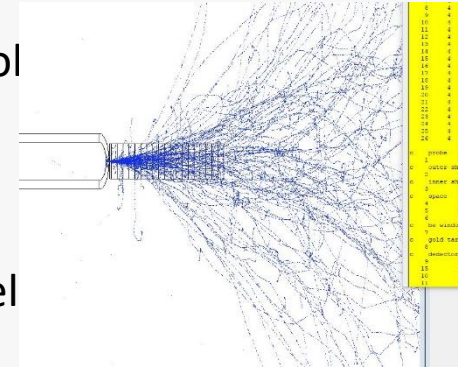
- Intrabeam cart

- Ameliyathaneye giriş çıkış için kolay bir tasarım
- Arabaya yerleştirilen dokunmatik ekranlı Workstation
- Tüm dozimetrik datalara ulaşım



- Monte Carlo benzetim yöntemi;

- Deterministik hesaplamaların aksine, stokastik bir çözüm sunar
- Rastgele üretilen sayılar sayesinde gerçeğe en uygun sonuçlar verebilir
- Radyasyonun doğası ile uyuşan bir yöntem
- Doz hesaplamalarında Dünya genelinde altın standart olmaktadır.



- MCNP (Monte Carlo N Particle Transport Code)

- MCNP V5 Los Alamos National Laboratory tarafından gel
- Enerji Aralığı :
 - Elektron : 1 keV – 1 GeV
 - Foton: 1 keV – 100 GeV
 - Nötron: 0.01 MeV – 20 MeV

Gereçler ve Yöntem

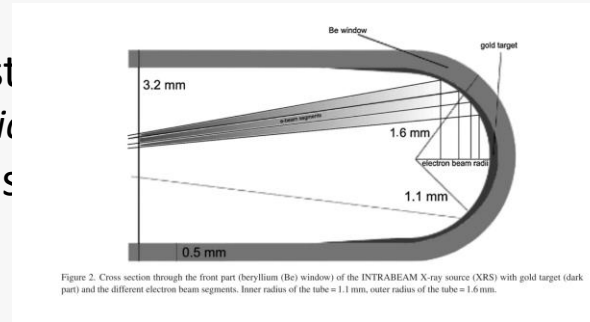
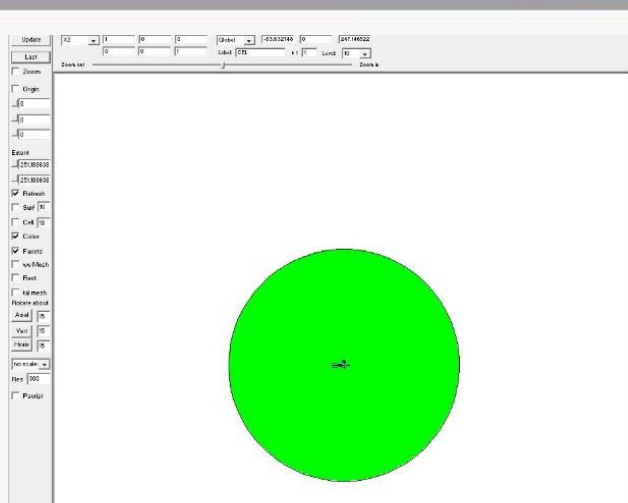
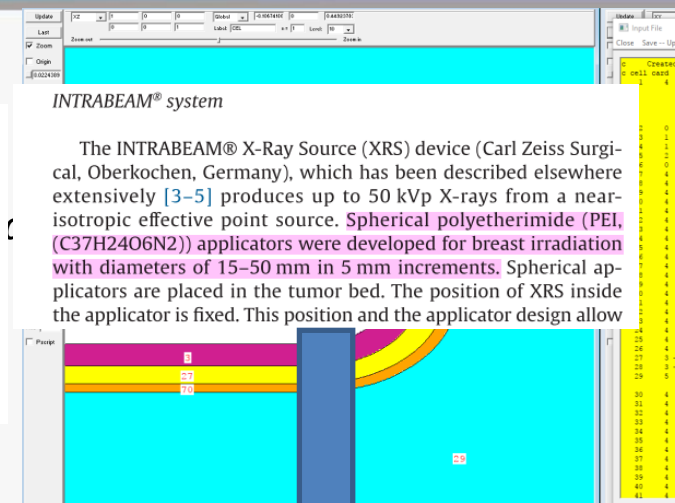
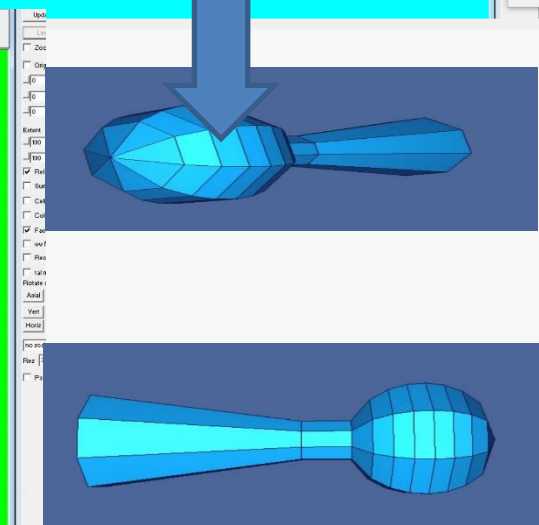
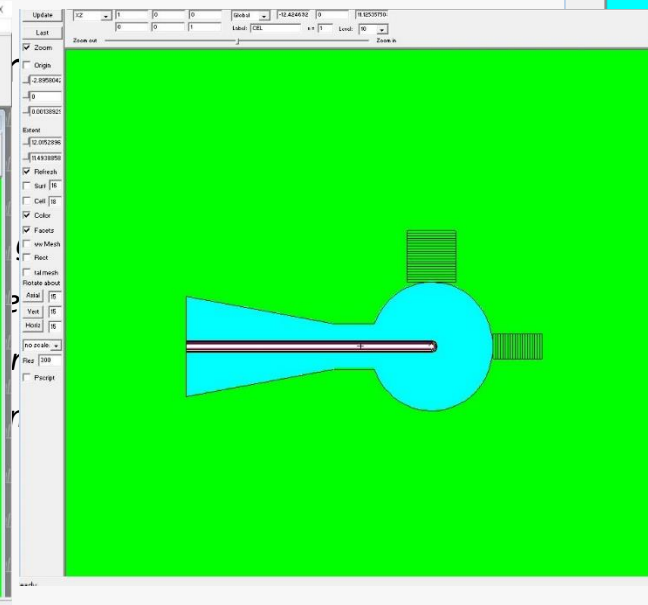
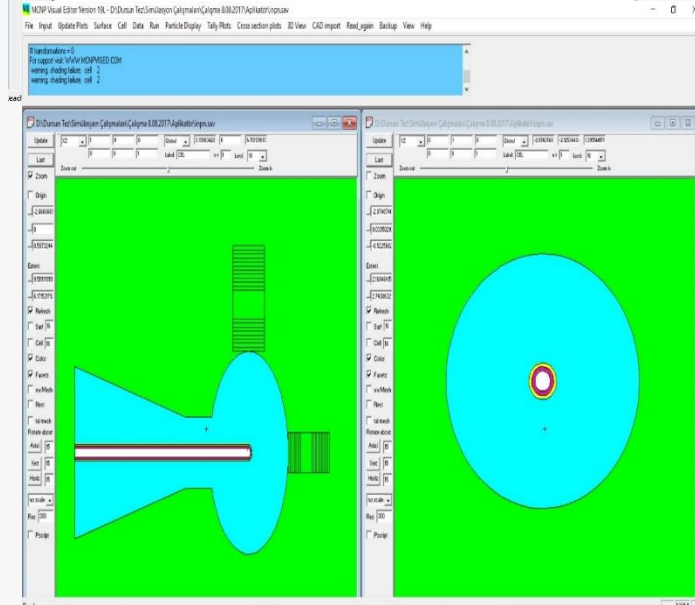


Figure 2. Cross section through the front part (beryllium (Be) window) of the INTRABEAM X-ray source (XRS) with gold target (dark part) and the different electron beam segments. Inner radius of the tube = 1.1 mm, outer radius of the tube = 1.6 mm.

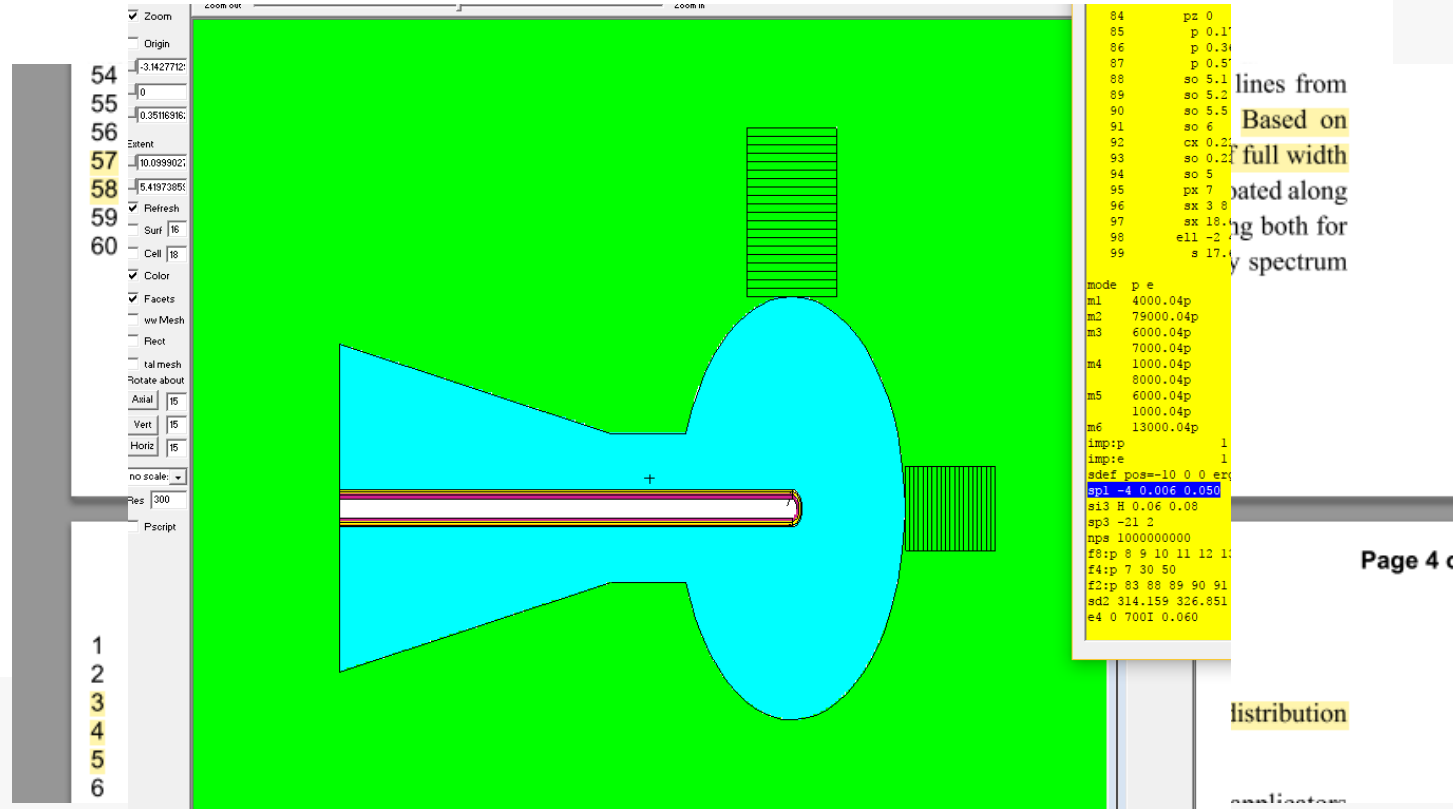


INTRABEAM® system

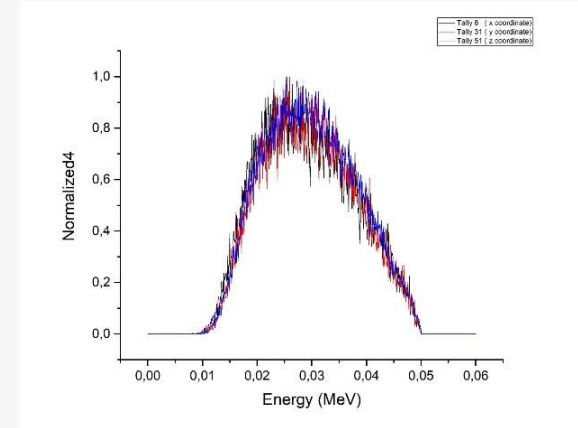
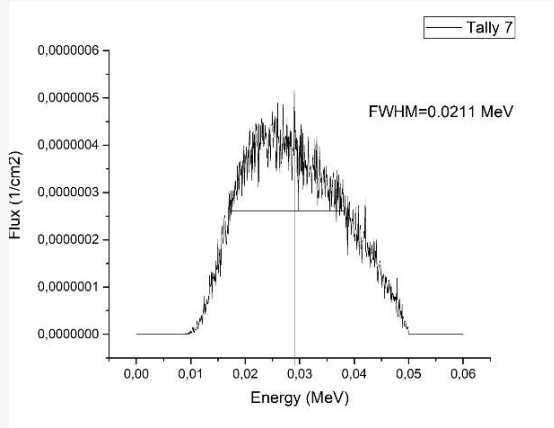
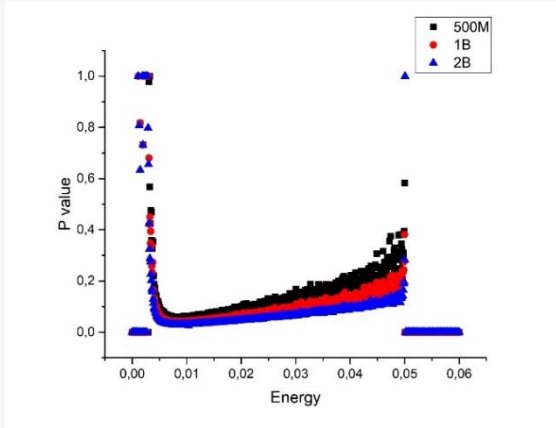
The INTRABEAM® X-Ray Source (XRS) device (Carl Zeiss Surgical, Oberkochen, Germany), which has been described elsewhere extensively [3–5] produces up to 50 kVp X-rays from a near-isotropic effective point source. Spherical polyetherimide (PEI, C37H24O6N2) applicators were developed for breast irradiation with diameters of 15–50 mm in 5 mm increments. Spherical applicators are placed in the tumor bed. The position of XRS inside the applicator is fixed. This position and the applicator design allow







- Simülasyon Sonuçları

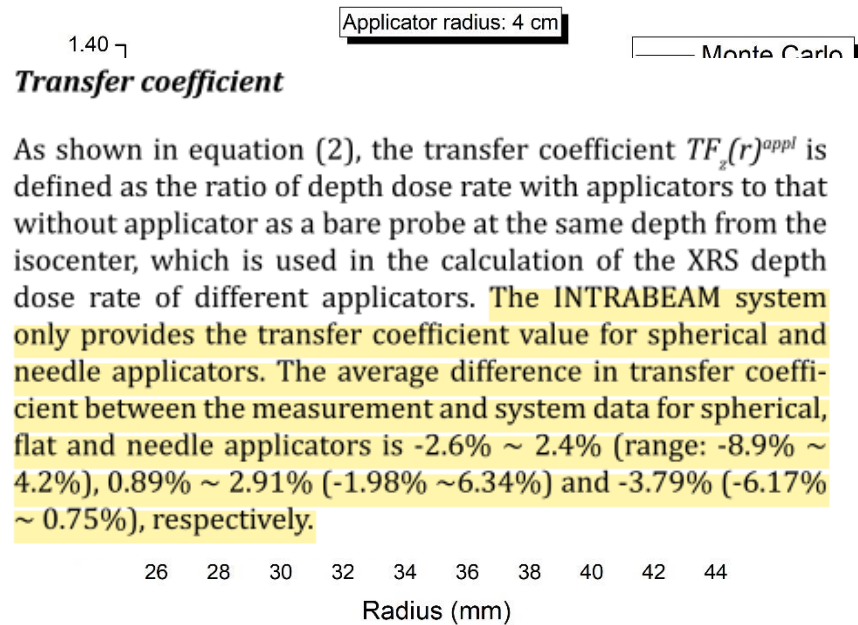


$$\text{Transfer Coefficient } (z)_A = \frac{\dot{D}(z)_{XRS/A}}{\dot{D}(z)_{XRS}}$$

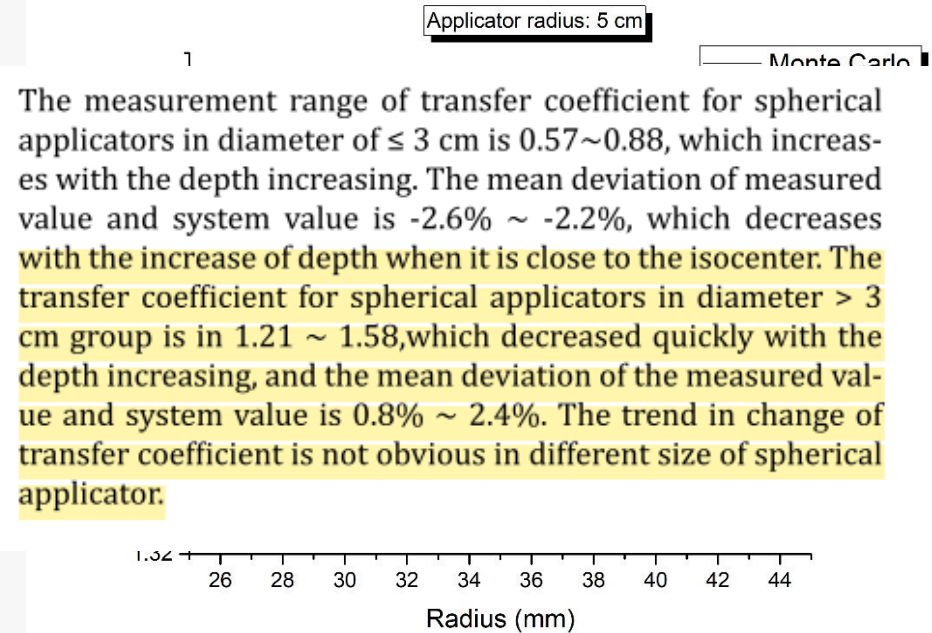
- Simülasyon Sonuçları

					Monte Carlo	Sistem Dataları	Fark
	Derenlik (mm)	Yarıçap (mm)	Probe	App 5	Transfer Coefficient (5 cm)	Transfer Coefficient (5 cm)	
	1.5	26.5	1.21E-05	1.44E-05	1.423E+00	1.495E+00	5.08%
	2.5	27.5	1.09E-05	1.30E-05	1.422E+00	1.489E+00	4.67%
	3.5	28.5	9.98E-06	1.17E-05	1.411E+00	1.467E+00	3.95%
	4.5	29.5	9.13E-06	1.06E-05	1.394E+00	1.470E+00	5.43%
	5.5	30.5	8.33E-06	9.60E-06	1.382E+00	1.457E+00	5.41%
	6.5	31.5	7.58E-06	8.74E-06	1.384E+00	1.438E+00	3.93%
	7.5	32.5	6.93E-06	7.96E-06	1.379E+00	1.433E+00	3.96%
	8.5	33.5	6.36E-06	7.23E-06	1.365E+00	1.416E+00	3.76%
	9.5	34.5	5.82E-06	6.56E-06	1.353E+00	1.403E+00	3.68%
	10.5	35.5	5.38E-06	6.10E-06	1.361E+00	1.403E+00	3.14%
	11.5	36.5	4.99E-06	5.64E-06	1.357E+00	1.397E+00	2.95%
	12.5	37.5	4.63E-06	5.22E-06	1.351E+00	1.393E+00	3.11%
	13.5	38.5	4.28E-06	4.82E-06	1.350E+00	1.383E+00	2.43%
	14.5	39.5	3.96E-06	4.49E-06	1.361E+00	1.372E+00	0.75%
	15.5	40.5	3.67E-06	4.16E-06	1.359E+00	1.364E+00	0.32%
	16.5	41.5	3.40E-06	3.82E-06	1.348E+00	1.359E+00	0.79%
	17.5	42.5	3.21E-06	3.58E-06	1.338E+00	1.344E+00	0.45%
	18.5	43.5	2.98E-06	3.34E-06	1.345E+00	1.340E+00	0.31%

• Simülasyon Sonuçları



ORTALAMA	2.38%
STANDART SAPMA	1.62%



ORTALAMA	3.01%
STANDART SAPMA	1.73%

- Intrabeam sisteminde doz hesabında oldukça önemli bir yere sahip olan transfer katsayıları, ilgili firma tarafından sisteme girilmiş olsa bile, kullanıcılar tarafından ayrı ayrı ölçülmesi ve doğrulanması gerekmektedir.

Teşekkürler