



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AKDENİZ BÖLGESİ KOZMİK RADYASYON
DOZUNUN SİMÜLASYON PROGRAMLARI İLE
HESAPLANMASI**

MADİ BÜLBÜL

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
FİZİK ANABİLİM DALI**

KAHRAMANMARAŞ 2023

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

AKDENİZ BÖLGESİ KOZMİK RADYASYON
DOZUNUN SİMÜLASYON PROGRAMLARI İLE
HESAPLANMASI

MADİ BÜLBÜL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Fizik Anabilim Dalı

KAHRAMANMARAŞ 2023

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

MADİ BÜLBÜL

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bilgilerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.



**AKDENİZ BÖLGESİ KOZMİK RADYASYON DOZUNUN SİMÜLASYON
PROGRAMLARI İLE HESAPLANMASI
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

MADİ BÜLBÜL

ÖZET

Bu tezde, Türkiye'nin Akdeniz Bölgesinde bulunan Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin ve Osmaniye illerinin yıllık ortalama kozmik radyasyon doz eşdeğerleri Expacs, Cari 7a ve Fluka / Flair programları ile yapılmıştır. Öncelikle programlar hakkında genel bilgiler verilmiştir. Daha sonra ise bölgeyi oluşturan şehirlerden alınan veriler analiz edilmiştir. Kozmik radyasyon doz eşdeğeri en fazla Cari 7a programında $483,6 \pm 1,98 \mu\text{S/y}$ ile Isparta ilinde görülürken en az ise yine Cari 7a programında $245,82 \pm 1,03 \mu\text{S/y}$ ile Mersin ilinde görülmüştür. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde kozmik radyasyon doz eşdeğerlerinin, bölgede yer alan şehirlerin rakımları ile doğru orantılı bir şekilde değiştiği tespit edilmiştir. Ancak sonuçların enleme bağlı olarak değiştiği ve aynı enlem üzerinde boylamın etkisinin olmadığı anlaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kozmik radyasyon, Akdeniz bölgesi, Expacs, Cari 7a, Fluka/Flair

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Fen Bilimler Enstitüsü
Fizik Anabilim Dalı, Şubat/2023

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Hanifi ÇAM

Sayfa Sayısı: 54

**ESTIMATION OF COSMIC RADIATION DOSES AT GROUND LEVEL IN
MEDITERRANEAN REGION BY SIMULATION PROGRAMS
(M.Sc. THESIS)**

MADI BÜLBÜL

ABSTRACT

In this thesis, the annual average cosmic radiation dose equivalents of Adana, Antalya, Burdur, Hatay, Isparta, Kahramanmaraş, Mersin and Osmaniye provinces in the Mediterranean Region of Turkey were made with Expacs, Current 7a and Fluka / Flair programs. First of all, general information about the programs is given. Then, the data taken from the cities that make up the region were analyzed. While the cosmic radiation dose equivalent was highest in Isparta with $483.6 \pm 1.98 \mu\text{S/y}$ in the cari 7a program, it was seen the least in Mersin with $245.82 \pm 1.03 \mu\text{S/y}$ in the cari 7a program. When the results obtained were evaluated, it was determined that the cosmic radiation dose equivalents changed in direct proportion to the altitudes of the cities in the region. However, it has been understood that the results vary depending on latitude and longitude has no effect on the same latitude.

Keywords: Cosmic radiation, Mediterranean region, expacs, cari 7a, fluka/flair

Kahramanmaraş Sütçü Imam University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Physics, February/2023

Supervisor: Dr.Öğr. Üyesi Hanifi ÇAM

Page number: 54

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve birikimlerinden faydalandığım, tez çalışmamın tüm safhalarında bilimsel desteğinin yanı sıra anlayış ve sabrını esirgemeyen, çalışmanın etkin bir şekilde ilerleyiői için fedakârlıklardan kaçınmayan, kendisiyle çalışmaktan onur duyduğum tez danışmanım sayın hocam **Dr. Öğr. Üyesi Hanifi ÇAM**'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans eğitimim boyunca bilgi ve birikimlerini bana aktaran **KSÜ Fizik Bölümü hocalarıma** saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen her koşulda yanımda olan çok değerli **aileme** ve **dostlarıma** sonsuz teşekkür ederim.

Madi BÜLBÜL

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
ÇİZELGELER DİZİNİ	XI
1.GİRİŞ	1
1.1. Kozmik Işınlr ve Kapsamlı Hava Duşları	2
1.1.1. Birincil Kozmik Işınlr	2
1.1.2. İkincil Kozmik Işınlr	3
1.2. Van Allen Radyasyon Kuşığı ve Atmosferin Katmanları	6
1.2.1. Van Allen Radyasyon Kuşığı	6
1.2.2. Atmosferin Katmanları	8
1.2.2.1 Troposfer	8
1.2.2.2. Stratosfer	9
1.2.2.3. Mezosfer	9
1.2.2.4. Termosfer	10
1.2.2.5. İyonosfer	10
1.2.2.6. Ekzosfer	10
1.2.2.7. Manyosfer	10
1.3. Radyasyon Birimleri	12
1.4. Akdeniz Bölgesi	14
2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	16
3.MATERYAL VE METOD	17
3.1. EXPACS Programı	17
3.2. CARI 7A Programı	19
3.3. FLUKA/FLAİR Programı	22
3.3.1. FLUKA/FLAİR’de Problemin Belirlenmesi	23
3.3.2. FLUKA/FLAİR’de Kozmik Radyasyon Hesabı	25

4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1. Expacs verileri.....	27
4.2. Cari 7A verileri.....	31
4.3. Fluka/Flair verileri	35
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	39
5.1. Programlar Arası Kıyaslama.....	39
5.1.1 Toplam Kozmik Radyasyon Maruziyeti Kıyaslaması	39
5.1.2 Proton Maruziyeti Kıyaslaması	42
5.1.3 Nötron Maruziyeti Kıyaslaması.....	44
5.1.4 Mu – Maruziyeti Kıyaslaması	46
5.1.5 Mu + Maruziyeti Kıyaslaması	48
5.2 Öneriler	50
KAYNAKLAR.....	51
ÖZGEÇMİŞ	54

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

α	: Alfa
Ar	: Argon
β	: Beta
Bq	: Becquerel
C	: Karbon
$^{\circ}\text{C}$: Celsius
Ca	: Kalsiyum
Ci	: Curie
cm^2	: Santimetrekare
CO_2	: Karbondioksit
C/kg	: Coulomb per kilogram
e^-	: Elektron
E	: East (Batı)
Erg/g	: Erg per gram
eV	: Elektronvolt
Fe	: Demir
g	: Gram
Gev	: Gigaelektronvolt
Gy	: Gray
H	: Hidrojen
He	: Helyum
keV	: Kiloelektronvolt
km	: Kilometre
K^{\pm}	: Kaonlar
m	: Metre

MeV	: Megaelektronvolt
Mg	: Magnezyum
mSv	: Milisievert
Mu-	: Negatif Müonlar
Mu+	: Pozitif Müonlar
N	: North (Kuzey)
N₂	: Moleküler Azot
n	: Nötron
Ne	: Neon
Ni	: Nikel
nm	: Nanometre
O	: Oksijen
O₂	: Moleküler oksijen
p	: Proton
PBq	: Petabecquerel
R	: Röntgen
Rad	: Radyasyon absorbe doz birimi
Rd	: Rutherford
R_E	: Dünyanın Yarıçapı
Rem	: Biyolojik doku için absorbe edilen doz birimi
s	: Saniye
S	: Kükürt
Si	: Silisyum
Sv	: Sievert
UV	: Ultraviyole
W_R	: Dozlar İçin Ağırlık Faktörü
y	: Year (Yıl)

γ	: Gama
μSv	: Mikrosievert
π^{\pm}	: Pionlar

Kısaltmalar

Açıklamalar

CERN	: European Council for Nuclear Research
DNA	: Deoksiribo Nükleik Asit
DMS	: Degree – Minute – Second
EXPACS	: EXcel-based Program for calculating Atmospheric Cosmic-ray Spectrum
GCR	: Galactic Cosmic Rays
RGY	: Radyasyon Güvenlik Yönetmeliği
JAEA	: Japan Atomic Energy Agency

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Birincil Kozmik Işınlar.....	3
Şekil 1.2. İkincil Kozmik Işınlar	4
Şekil 1.3. Nükleon başına düşen kinetik enerji	5
Şekil 1.4. Radyasyon kuşakları ve Güneş rüzgârları.....	7
Şekil 1.5. Van allen kuşakları.....	8
Şekil 1.6. Atmosferin katmanları.....	9
Şekil 1.7. Manyetosfer.....	11
Şekil 1.8. Akdeniz bölgesi haritası	14
Şekil 3.1. EXPACS programı kullanım talimatı	18
Şekil 3.2. CARI 7A ana menüsü	19
Şekil 3.3 CARI 7A konum menüsü.....	20
Şekil 3.4 CARI 7A zaman menüsü.....	20
Şekil 3.5 CARI 7A radyasyon tipi menüsü	21
Şekil 3.6 CARI 7A doz tipi menüsü.....	22
Şekil 3.7 CARI 7A kozmik ışın modeli ve yaklaşık süperpozisyon seçeneği.....	22
Şekil 3.8. Fluka atmosferik derinlik	24
Şekil 3.9. Fluka arayüzü	25
Şekil 4.1. 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon eşdeğeri çizgi grafiği (Expacs)	27
Şekil 4.2. 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon eşdeğeri sütun grafiği (Expacs).....	28
Şekil 4.3. 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğeri çizgi grafiği (Expacs).....	28
Şekil 4.4. 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğeri sütun grafiği (Expacs).....	29
Şekil 4.5. 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon yüzde çizgi grafiği (Expacs)	30
Şekil 4.6. 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon yüzde sütun grafiği (Expacs)	30
Şekil 4.7. 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon eşdeğeri çizgi grafiği (CARI 7A)...	31
Şekil 4.8. 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon eşdeğeri sütun grafiği (CARI 7A)..	32

Şekil 4.9. 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğeri çizgi grafiği (CARI 7A).....	32
Şekil 4.10. 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğeri sütun grafiği (CARI 7A) ..	33
Şekil 4.11. 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon yüzde çizgi grafiği (CARI 7A)	33
Şekil 4.12. 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon yüzde sütun grafiği (CARI 7A) ...	34
Şekil 4.13. 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon eşdeğeri çizgi grafiği (Fluka).....	35
Şekil 4.14. 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon eşdeğeri sütun grafiği (Fluka).....	36
Şekil 4.15. 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğeri çizgi grafiği (Fluka)	36
Şekil 4.16. 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğeri sütun grafiği (Fluka)	37
Şekil 4.17. 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon yüzde çizgi grafiği (Fluka).....	37
Şekil 4.18. 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon yüzde sütun grafiği (Fluka).....	38
Şekil 5.1. İllerin toplam kozmik radyasyon etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması	40
Şekil 5.2. İllerin toplam kozmik radyasyon etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması	40
Şekil 5.3. İllerin proton etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması	42
Şekil 5.4. İllerin proton etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması	43
Şekil 5.5. İllerin nötron etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması	44
Şekil 5.6. İllerin nötron etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması	45
Şekil 5.7. İllerin mu- etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması	46
Şekil 5.8. İllerin mu- etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması	47
Şekil 5.9. İllerin mu+ etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması	48
Şekil 5.10. İllerin mu+ etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması	49

ÇİZELGELER DİZİNİ3

Çizelge 1.1. Radyasyon terimlerinin birimleri ve sembolleri.....	13
Çizelge 1.2. Akdeniz bölgesine ait illerin coğrafi verileri.....	15
Çizelge 4.1. 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğeri çizelgesi(Expacs)	27
Çizelge 4.2. 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğeri yüzde çizelgesi(Expacs)..	29
Çizelge 4.3. 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğeri çizelgesi(Cari 7A)	31
Çizelge 4.4. 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğeri yüzde çizelgesi(Cari 7A)	33
Çizelge 4.5. 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğeri çizelgesi(Fluka).....	35
Çizelge 4.6. İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğeri yüzde çizelgesi(Fluka)	37
Çizelge 5.1. İllerin toplam etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması.....	39
Çizelge 5.2. İllerin proton etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması	42
Çizelge 5.3. İllerin nötron etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması	44
Çizelge 5.4. İllerin mu- etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması	46
Çizelge 5.5. İllerin mu+ etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması	48

1. GİRİŞ

Kozmik ışınlar Güneş'ten, Güneş sistemi dışında kalan kendi galaksimizden ve uzak galaksilerden gelen, neredeyse ışık hızında hareket eden yüksek enerjili protonlar ve atom çekirdekleridir (Sharma, 2008).

Kozmik ışınlar, dünya atmosferine çarpmasıyla beraber manyetosfer ve heliosfer tarafından dünya yüzeyine ulaşan ikincil parçacıkları üretirler. Bu parçacıkların dağılmasına ise hava duşu denir. Kozmik ışınlar, 1912'de Victor HESS tarafından balon deneylerinde keşfedildi. Bu yüzden 1936 yılında nobel fizik ödülüne layık görüldü (Pleijel, 1936).

Kozmik ışınlar, düşük enerji seviyelerinde doğrudan ölçümü 1950'lerin sonlarında ilk uyduların piyasaya sürülmesi ile mümkün olmuştur. Nükleer ve yüksek enerjili fizikte kullanılan parçacık dedektörleri ise kozmik ışınları araştırmak için uydularda ve uzay sondalarında kullanılmaktadır (Cılek, 2009).

Fermi uzay teleskobundan elde edilen veriler, birincil kozmik ışınların önemli bir bölümünün yıldızların süpernova patlamalarından kaynaklandığının kanıtı olarak yorumlanmıştır (Pinholster, 2013).

2018'de Blazar TXS 0506+056'dan nötrinolar ve gama ışınlarının gözlemlerine dayanarak aktif galaktik çekirdeklerin de kozmik ışınlar ürettiği görülmüştür (Ice Cube Collaboration, 2018).

Dünya atmosferinin dışından kaynaklanan birincil kozmik ışınların, yaklaşık %99'u iyi bilinen atomların (elektron kabuklarından sıyrılmış) çıplak çekirdeklerini ve yaklaşık %1'i ise soliter elektronlarını oluşturur (yani bir tür beta parçacığı). Çekirdeklerin yaklaşık %90'ı basit protonlar, %9'u alfa parçacıkları ve %1'i ise HZE iyonları adı verilen daha ağır elementlerin çekirdeğidir (NASA, 2012).

Bu fraksiyonlar, kozmik ışınların enerji aralığı üzerinde oldukça değişkendir (Dembinski, 2018).

1.1. Kozmik Işınlr ve Kapsamlı Hava Duşları

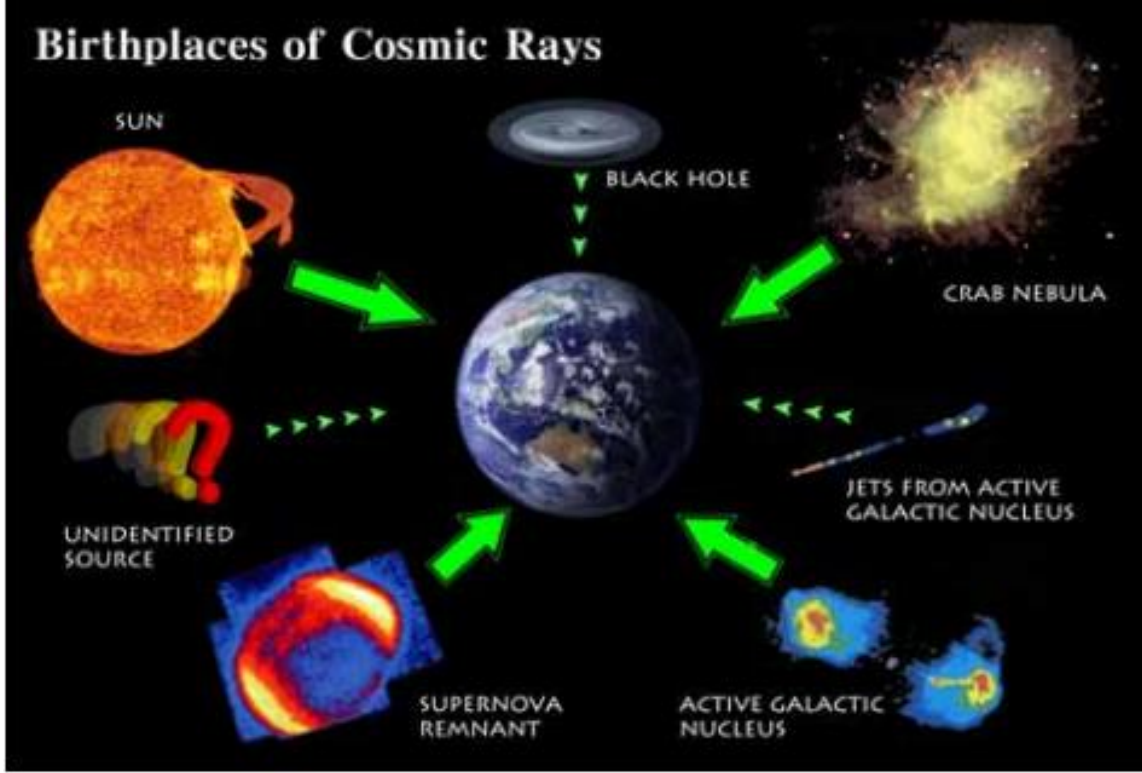
Kozmik ışınlar başlangıçta yanlış bir şekilde çoğunlukla elektromanyetik radyasyon olduğuna inanıldığından, ışın terimi yanlış bir adlandırmadır. Yaygın bilimsel kullanımda içsel kütleyle sahip yüksek enerjili parçacıklar kozmik ışınlar olarak bilinirken, elektromanyetik radyasyonun kuantası olan (ve dolayısıyla içsel kütlesi olmayan) fotonlar, gama gibi ortak adlarıyla bilinirler (Christian ,2000).

Kozmik ışınlar iki türe ayrılabilir: Galaktik kozmik ışınlar (GCR) yani güneş sistemi dışından kaynaklanan yüksek enerjili parçacıklar ve güneş enerjili yani güneş patlamaları ile yayılan parçacıklardır. Bununla birlikte kozmik ışın terimi genellikle yalnızca güneş dışı akıyı belirtmek için kullanılır. Kozmik ışınlar, çeşitli astrofiziksel süreçlerle üretilen birincil kozmik ışınlar olarak ortaya çıkarlar. Birincil kozmik ışınlar temel olarak protonlardan ve alfa parçacıklarından (%99), az miktarda daha ağır çekirdeklerden (~%1) ve son derece küçük bir oranda pozitron ve antiprotonlardan oluşur (NASA, 2012).

Birincil kozmik ışınların atmosfere girip bozunması ile ikincil kozmik ışınlar oluşur. Bunlar; fotonlar, leptonlar, elektronlar, pozitronlar, müonlar ve pionlar gibi hadronlardır. İlk tespit edilen kozmik ışınlar ise pozitronlar, müonlar ve pionlardır.

1.1.1. Birincil Kozmik Işınlr

Birincil kozmik ışınlar çoğunlukla Güneş sistemi'nin dışından ve hatta Samanyolu galaksisinden kaynaklanır. Dünya atmosferiyle etkileşime girdiklerinde ikincil parçacıklara dönüşürler. Bu parçacıklardan helyumun, hidrojen çekirdeğine oranı %28 ve bu elementlerin element bolluğuna oranı %24'tür(Mewaldt, 1996). Kalan kısım ise başlıca lityum, berilyum ve bor olmak üzere tipik nükleosentaz son ürünleri olan diğer ağır çekirdeklerden oluşur.



Şekil 1.1 Birincil Kozmik Işınlr (Hayanon, 2006)

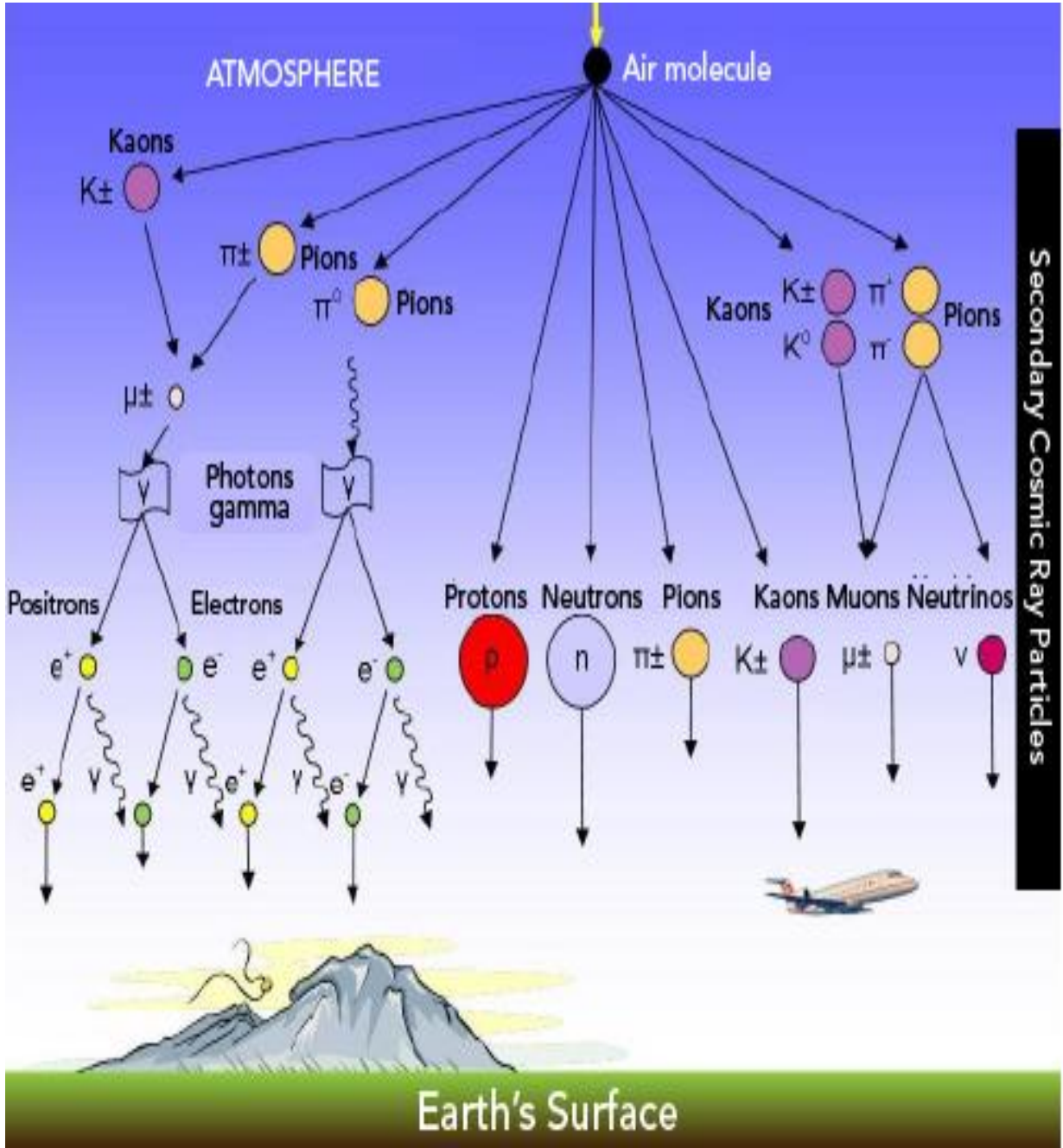
1.1.2. İkincil Kozmik Işınlr

Kozmik ışınlar dünya atmosferine girdiğinde başta oksijen ve nitrojen olmak üzere atom ve moleküllerle çarpışırlar. Etkileşim ile birlikte X-ışınları, protonlar, alfa parçacıkları, pionlar, müonlar, elektronlar, nötrinolar ve nötronlar dâhil olmak üzere yağmur gibi oluşan ve daha hafif parçacıklar oluşmasını sağlayan hava duşu başlar (Morison ,2008).

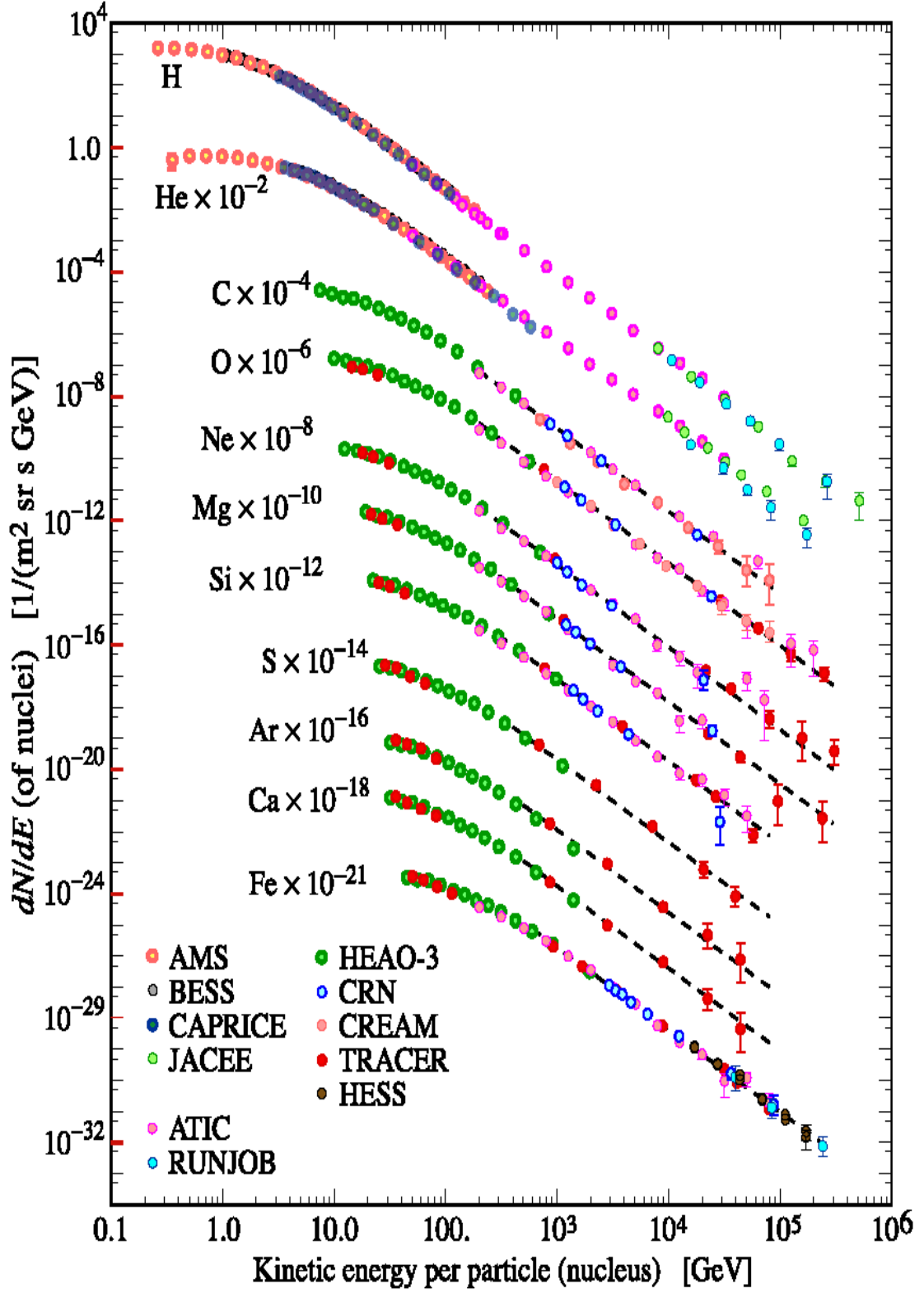
Çarpışma tarafından üretilen ikincil parçacıkların tümü birincil parçacığın orijinal yolunun yaklaşık bir derece içindeki yollarda ilerlemeye devam eder. Bu tür çarpışmalarda üretilen tipik parçacıklar, nötronlar, pozitif veya negatif pionlar ve kaonlar gibi yüklü mezonlardır. Bunlardan bazıları daha sonra dünya yüzeyine ulaşabilen müonlara ve nötrinolara bozunurlar.

Bazı yüksek enerjili müonlar, sıg madenlere belirli bir mesafe boyunca nüfus eder ve çoğu nötrino etkileşim olmadan Dünya'ya ulaşır. Diğerleri fotonlara bozunur ve elektromanyetik kaskadlar üretir. Bu nedenle hava duşlarında genellikle fotonların yanında elektronlar ve pozitronlar hâkimdir.

Güneş Sistemindeki diğer gezegen cisimlerini etkileyen kozmik ışınlar, gama ışını teleskopu ile yüksek enerjili gama ışını emisyonları gözlemlenerek dolaylı olarak tespit edilir. Bunlar, yaklaşık 10 MeV üzerindeki yüksek enerjileriyle radyoaktif bozunma süreçlerinden ayrılırlar.



Şekil 1.2 İkincil Kozmik Işınlar



Şekil 1.3 Nükleon başına düşen kinetik enerji (Karagöz, 2022)

1.2 Van Allen Radyasyon Kuşığı Ve Atmosferin Katmanları

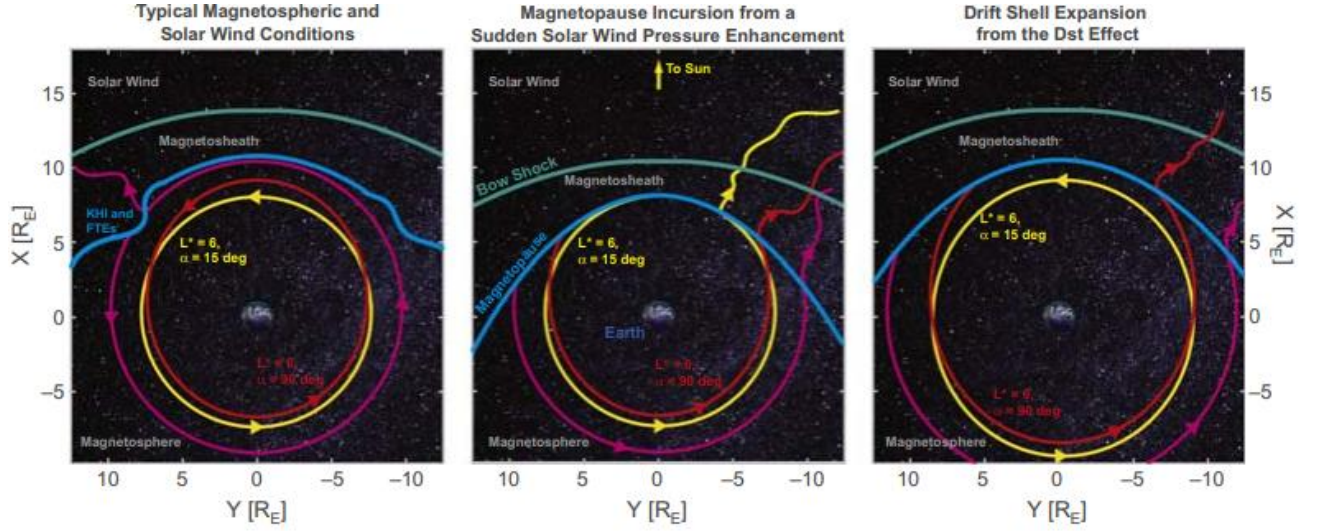
1.2.1 Van Allen Radyasyon Kuşığı

Dünya'nın elektron radyasyon kuşakları, Dünya'ya yakın uzayda yarı kararlı bir şekilde kapana kısılmış çok yüksek yoğunluktaki göreceli elektronlarla karakterize edilen jeomanyetik alan iki toroidal bölgeden oluşur (Selesnick, 2015; Fennell, 2016; Li ve ark., 2017).

Dünya'nın $2.R_E$ (R_E = yarıçap) bölümü içinde yer alan iç radyasyon kuşağındaki elektronlar günler ile aylar arasında değişen zaman ölçekleri boyunca stabil olup sadece ani olarak değişen jeomanyetik aktif dönemlerde değişim gözlenir (Blake ve ark., 1992; Su ve ark., 2016; Turner ve ark., 2016; Zhao ve ark., 2017).

İç ve dış elektron radyasyon kuşakları genellikle yüksek elektron yoğunluklarından yoksun olan L kabuklarında (veya herhangi bir manyetik eş potansiyel alan çizgisinin manyetik ekvator düzlemi ile yeniden kesiştiği yerlerde) bulunan bir yuva bölgesi ile ayrılır. $2.R_E$ ve $4.R_E$ arasında yuva bölgesinin konumu ve genişliği enerjiye bağlıdır (Reeves ve ark., 2016)

Dünyanın dış radyasyon kuşağı $3 < L < 7$ arasında ve 100 KeV ile 5MeV enerji aralığında bulunurlar. Bu dış kuşak elektronlarının yoğunluğu mesafeye göre büyük ölçüde değişir (Friedel ve ark., 2002). Bu değişkenlik, dış kemer kaynağı ve kayıp mekanizmalarının birleşik etkilerinden kaynaklanır; her mekanizmanın verimliliği, herhangi bir olay sırasında güneş rüzgârı ve jeomanyetik koşulların karmaşık ürünüdür.



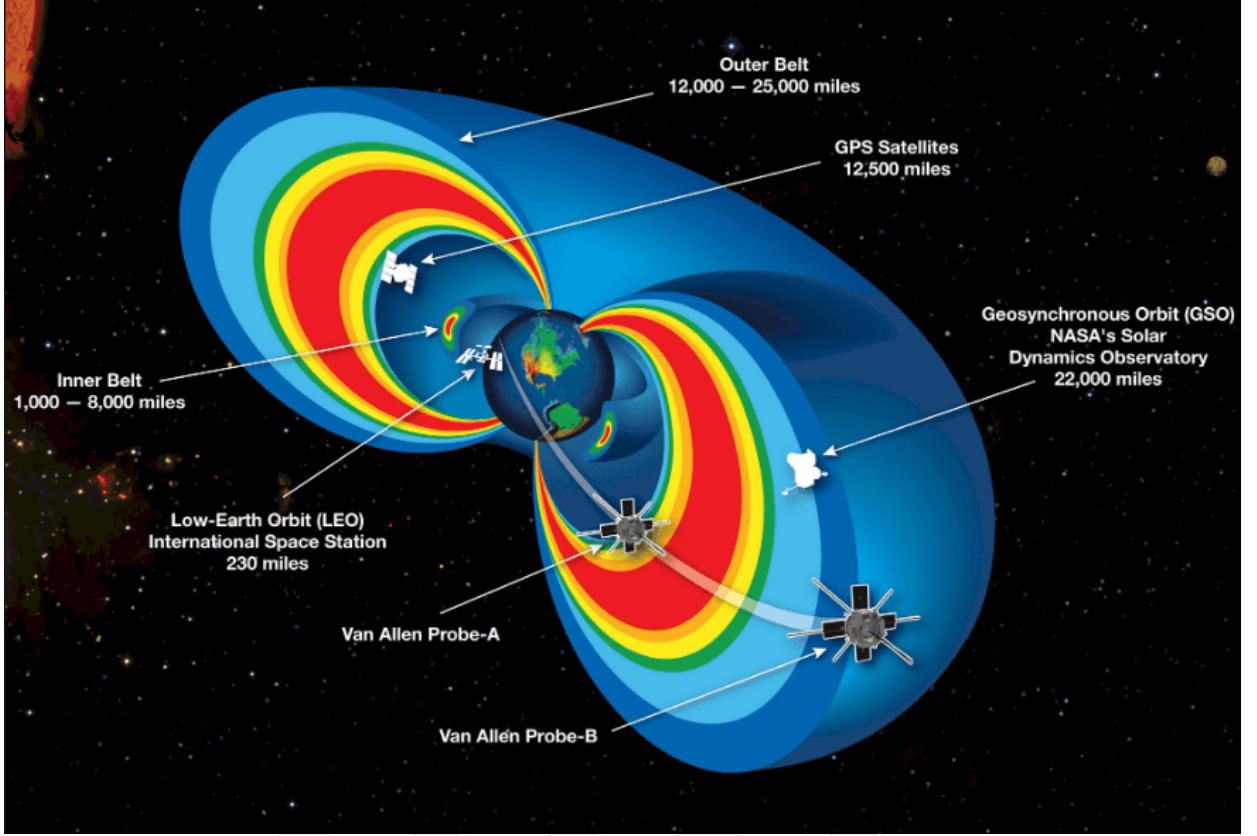
Şekil 1.4 Radyasyon kuşakları ve Güneş rüzgarları (Allison ve ark., 2020)

Şekil 4.1. Dış radyasyon kuşağı sürüklenme kabuklarını ve manyetopozdaki kayıpları gösteren basitleştirilmiş şemalardır.

Soldaki panelde üç sürüklenme yörüngesi macenta, kırmızı ve sarı olarak gösterilir. Sarı ve kırmızı kabuklar kapalı stabil manyetosfer içinde kalmış olan elektronları temsil eder. Eflatun eğri ise bazı elektronların dalgaları [örneğin, Kelvin Helmholtz kararsızlığı (KHİ)] ve geçici olaylar [örneğin, akı transfer olayları (FTE'LER)] yoluyla manyetopozda kaybolabileceği yakalama bölgesinin manyetopaz kenarında bir elektron sürüklenme yörüngesini gösterir (Kavosi ve ark., 2018).

Merkez panel, manyetopoz istilasının, sıkıştırılmış manyetopozun kesiştiği sürüklenme yörüngelerinde ani kayıplara nasıl yol açabileceğini göstermektedir.

Sağdaki panel, bozulma fırtınası zamanı (Dst) etkisinden kaynaklanan sürüklenme kabuğunun genişlemesinin, manyetopoz boyunca genişleyen herhangi bir sürüklenme kabuğunda elektron kayıplarına nasıl yol açabileceğini göstermektedir.



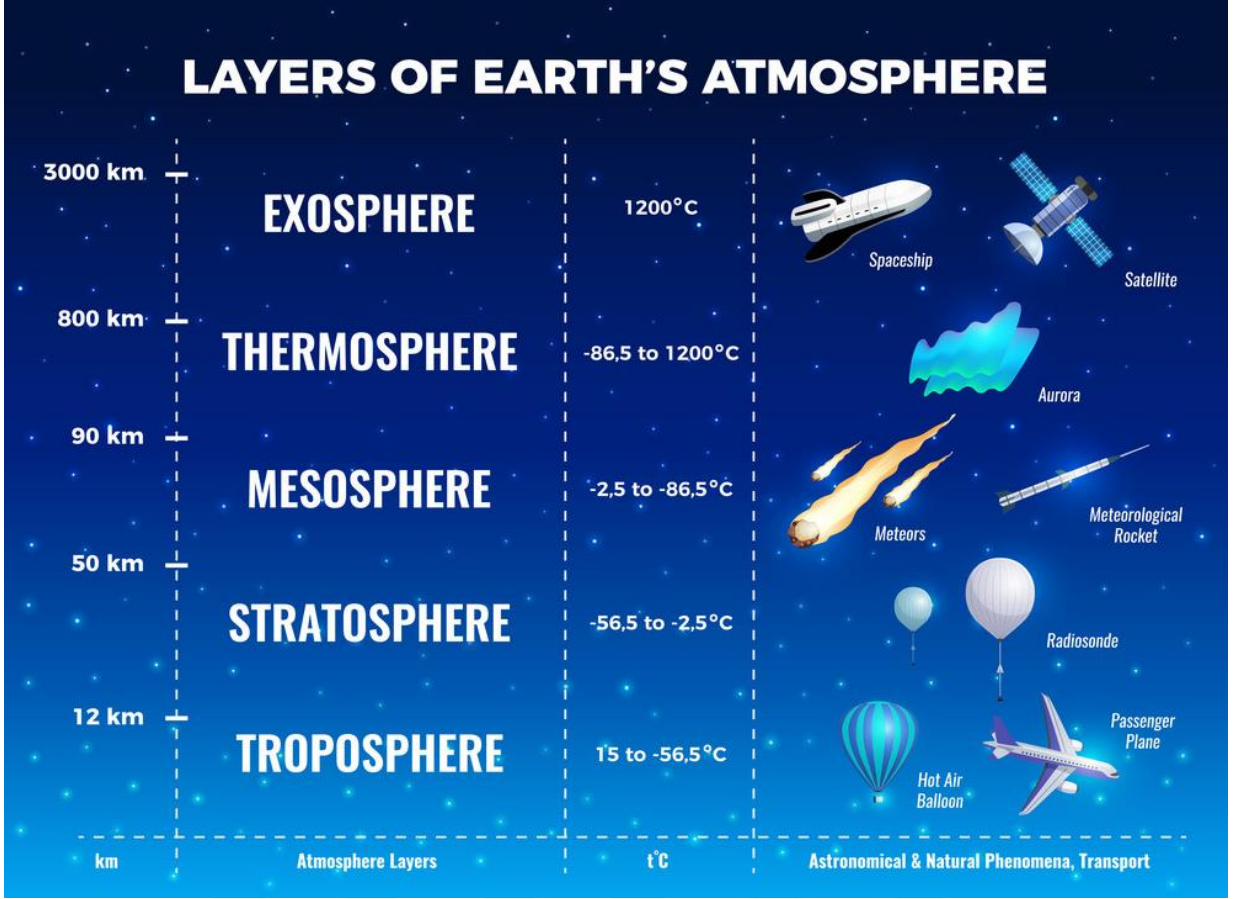
Şekil 1.5 Van allen kuşakları

1.2.2. Atmosferin Katmanları

Dünya atmosferi katmanlı bir yapıya sahiptir ve yaygın olarak sıcaklık profili ile temsil edilir. Temsili bir sıcaklık profili atmosferin troposfer, stratosfer, mezosfer, termosfer, iyonosfer, ekzosfer ve manyetosfer bölgelerinden oluşmaktadır (Kelley ,1989).

1.2.2.1. Troposfer

İçinde yaşadığımız Dünya atmosferinin en alt kısmı troposferdir. Dünya yüzeyinden kutuplarda yaklaşık 7km, ekvatorunda yaklaşık 20km yüksekliğe kadar ulaşır. Atmosferin kütesinin yaklaşık %75'ini içerir. Bu bölgedeki gazlar ağırlıklı olarak moleküler oksijen (O_2) ve moleküler azottur (N_2). Yağmur, siklon, toz fırtınası vb. tüm hava olayları troposferde gerçekleşir çünkü çoğu bulut ve su buharı bu tabakada bulunur. Troposferin tepesine tropopoz denir. Bu tabakadan enerjinin salınması nedeniyle sıcaklık azalır, çünkü hava yükseldikçe düşük iletkenlik nedeniyle ısı değişimi olmaz.



Şekil 1.6 Atmosferin katmanları

1.2.2.2. Stratosfer

Stratosfer, tropopozdan yukarı doğru yaklaşık 50 km'ye kadar uzanan Dünya atmosferinin ikinci ana tabakasıdır. Atmosferdeki ozonun çoğunu içerir. Stratosfere 240 nm'nin altındaki dalga boyu ile gelen güneş radyasyonu, moleküler oksijeni (O_2) her biri ozon oluşturmak için oksijen molekülü ile birleşebilen ayrı ayrı oksijen atomlarına ayırabilir. Ozon tabakası Güneş'ten gelen ultraviyole (UV) radyasyonu emerek stratosferde sıcaklık artışına neden olur. Ozon tabakası bizi cilt kanserinden ve diğer sağlık hasarlarından korur.

1.2.2.3. Mezosfer

Stratosferin üzerindeki bölgeye mezosfer denir. Mezosfer, Dünya yüzeyinin yaklaşık 48 km yukarısından başlar ve yaklaşık 80 km'ye kadar uzar. Bu tabakanın tepesi, 80 ile 88 km yükseklikte olan menopoz olarak bilinir. Mezosferin sıcaklığı yükseklikle azalır ve mezopozda en az $-90^\circ C$ 'ye ulaşır. Böylece menopoz tüm atmosferin en soğuk seviyesine

ulaşır. Bu soğukluk, mezopozda CO₂'nin kendiliğinden foton emisyonu sağlayarak soğuyan karbondioksit moleküllerinden kaynaklanmaktadır.

1.2.2.4. Termosfer

Termosfer, Dünya atmosferinde mezopozun hemen üstündeki ve ekzosferin altındaki tabakasıdır. 90 km ile yaklaşık 500 km arasında değişmektedir. Bu tabaka içinde aşırı Ultraviyole (EUV) ve X radyasyonu, iyonlaşmaya neden olur. Gaz, atmosferin daha yüksek irtifalarında giderek daha nadir hale gelir. "Termo" ısı anlamına gelir ve sıcaklıkların yükseklik ile tekrar arttığı bir bölgedir. Bu sıcaklık artışı, halen mevcut olan az miktarda artık oksijen tarafından yüksek enerjili ultraviyole ve X-Işını radyasyonunun emiliminden kaynaklanır. Sıcaklıklar güneş aktivitesine büyük ölçüde bağlıdır ve 2000 ° C'ye kadar çıkabilir (yüksek güneş aktivitesi sırasında). Radyasyon, bu katmandaki atmosfer parçacıklarının elektrik yüklü hale gelmesine neden olarak, ufkun ötesinde sürekli kırılma sonrasında yer tabanlı vericilerden gelen radyo dalgalarının alınmasını sağlar.

1.2.2.5. İyonosfer

İyonosfer, iyonize gaz ve plazma adı verilen elektronları içeren atmosferin en üst kısmıdır. Mezosfer, termosfer ve ekzosferin bir parçasıdır. İyonosfer yaklaşık 55 km'den 1000 km'ye kadar uzanır. İyonosfer atmosferik elektrikte önemli bir rol oynar ve manyetosferin iç kenarını oluşturur.

1.2.2.6. Ekzosfer

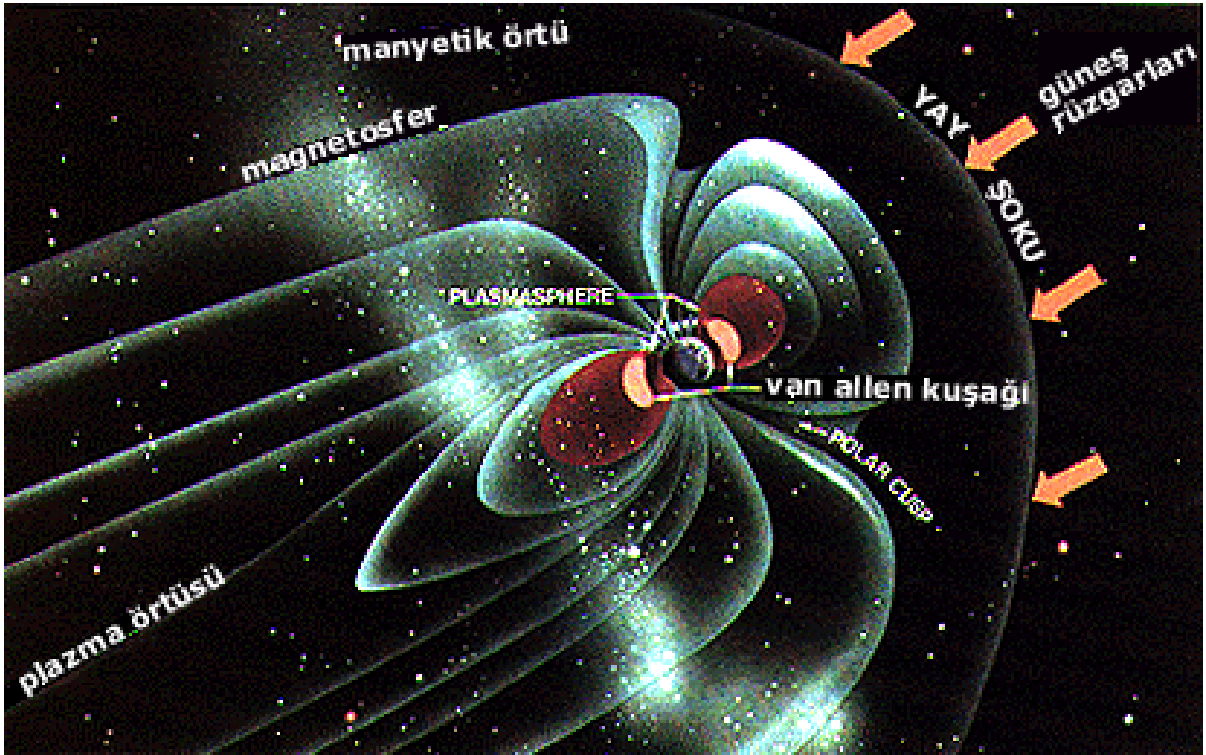
Yaklaşık 500 km'nin üzerindeki bölgeye ekzosfer denir. Ekzosfer, Dünya atmosferinin en üst bölgesidir ve yavaş yavaş uzay boşluğuna kaybolur. Ekzosferin hemen altındaki tabaka termosferdir; ikisi arasındaki sınır termopoz olarak adlandırılır. Ekzosferin dibi bazen ekzobaz olarak da adlandırılır. Sadece ekzosferden atmosferik gazlar, atomlar ve moleküller kayda değer ölçüde uzaya kaçabilirler.

1.2.2.7. Manyetosfer

Dünya, manyetik çizgilerin Güney Kutbu'ndan çıktığı ve Kuzey Kutbu'na gittiği devasa bir manyetik alanı oluşturur. Güneş rüzgârı plazması dünya manyetik alanıyla etkileşime girdiğinde, dünya'nın büyük içsel manyetik alanı güneş rüzgârı plazmasını durdurur ve

manyetosfer olarak bilinen bir boşluk oluşturur. Plazma basıncı ve manyetik basınç nedeniyle manyetosfer gündüz tarafında sıkıştırılmakta ve gece tarafında uzamaktadır.

Elektronları ve pozitif iyonlarını hapseder, onları dünyanın yaklaşık 3.000 ve 16.000 km yukarısındaki iki bantta yoğunlaştırır ve buna Van Allen "radyasyon" kuşakları denir. Yüklü parçacıkların manyetik alan çizgileri boyunca sarmallaştığı dünya'yı çevreleyen bu dış bölgeye manyetotail bölgesi adı verilir (Holly, 2015).



Şekil 1.7 Manyetosfer

1.3. Radyasyon Birimleri

Radyasyon, iyonlaştırıcı ve iyonlaştırıcı olmayan tipte sınıflandırılan hareketli bir enerji şeklidir. İyonlaştırıcı radyasyon ayrıca elektromanyetik radyasyon (maddesiz) ve partikül radyasyon (maddeli) olarak sınıflandırılır. Elektromanyetik radyasyon, enerji paketleri olarak düşünülebilecek, dalga şeklinde hareket eden fotonlardan oluşur. Elektromanyetik radyasyon örnekleri arasında X-ışınları ve gama ışınları bulunur. Bu tür radyasyonlar yüksek enerji nedeniyle insan vücuduna kolayca nüfuz edebilir (Chowdhury,2022).

Radyasyona maruz kalma iyonlaştırıcı radyasyon nedeniyle havanın iyonlaşmasının bir ölçüsüdür. Fotonlar belirli bir hava hacminde bir tür radyasyon tarafından serbest bırakılan elektrik yükünün bu havanın kütesine bölümü olarak tanımlanır (Hubbell,2001).

Absorbe edilen doz, radyasyonun bir malzemede ne kadar enerji biriktirdiğini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Absorbe edilen doz için yaygın ölçümler arasında rad ve Gray yer alır. Doz eşdeğeri radyasyonun insan dokusu üzerindeki etkisini hesaplar. Bu, vücuttaki her dokunun radyasyona karşı nasıl bir hassasiyete sahip olduğunu hesaba katan doku ağırlık faktörü kullanılarak yapılır. Etkili doz ise radyasyonun tüm vücuda yayılma riskidir.

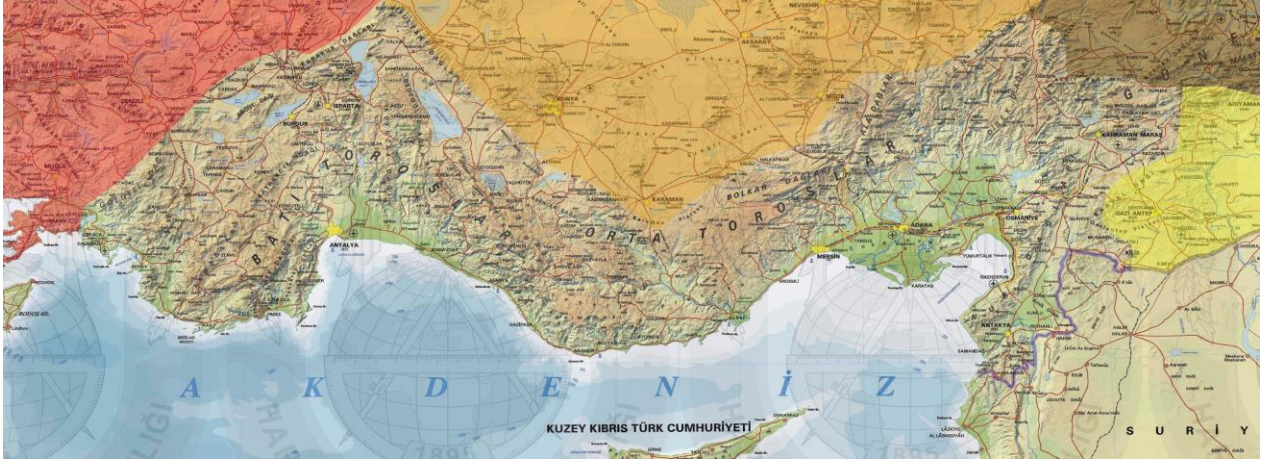
Soğurulan doz, iyonlaştırıcı radyasyonun bir malzemede ne kadar enerji biriktirdiğini söyler. Soğurulan doz, radyasyonu soğuran maddenin türüne bağlı olarak değişir. 1 MeV enerjili gama ışınlarıyla 1 röntgen maruziyeti için, havadaki doz 0.877 rad, sudaki doz 0.975 rad, silikondaki doz 0.877 rad ve insan dokusu içindeki doz ortalama 1 rad olacaktır. Rad, radyasyon tarafından emilen doz anlamına gelir. Bu radyasyona maruz kalan dozu değerlendirmek için kullanılan özel bir dozimetredir (Chowdhury,2022).

Terim	Birim	Sembol	Türetme	SI birimi
Aktivite(A)	Becquerel	Bq	s^{-1}	SI birimi
	Curie	Ci	$3.7 \times 10^{10} s^{-1}$	3.7×10^{10} Bq
	Rutherford	Rd	$10^6 s^{-1}$	1,000,000 Bq
Exposure(X)	Coulomb per kilogram	C/kg	$C \cdot kg^{-1}$	SI unit
	Röntgen	R	$esu / 0.001293 g$	$2.58 \times 10^{-4} C/kg$
Absorbe Doz(D)	Gray	Gy	$J \cdot kg^{-1}$	SI unit
	Erg per gram	erg/g	$erg \cdot g^{-1}$	$1.0 \times 10^{-4} Gy$
	Rad	rad	$100 erg \cdot g^{-1}$	0.010 Gy
Eş Doz(H)	Sievert	Sv	$J \cdot kg^{-1} \times W_R$	SI unit
	Röntgen equivalent man	rem	$100 erg \cdot g^{-1} \times W_R$	0.010 Sv
Efektif Doz(E)	Sievert	Sv	$J \cdot kg^{-1} \times W_R \times W_T$	SI unit
	Röntgen equivalent man	rem	$100 erg \cdot g^{-1} \times W_R \times W_T$	0.010 Sv

Çizelge 1.1 Radyasyon terimlerinin birimleri ve sembolleri

Radyasyon güvenlik yönetmeliğine göre toplum üyesi insanlar için etkin doz yıllık 1 mSv'i geçemez. Özel koşullarda; ard arda beş yılın ortalaması 1 mSv olacak şekilde yılda 5mSv'e kadar izin verilir. Cilt için ise yıllık eşdeğer doz limiti 50mSv, gözmerceğinde ise 15mSv'dir (RGY,2000).

1.4. Akdeniz Bölgesi



Şekil 1.8 Akdeniz Bölgesi Haritası

Akdeniz bölgesi doğal bitki örtüsü, tarihi dokusu ve jeopolitik konumu ile ülkemizin ilgi odağı bölgeleri arasındadır. Akdeniz Bölgesi adını komşu olan Akdeniz'den almakta olup Türkiye yüzölçümünün %14,2'sini kaplamaktadır. Akdeniz Bölgesi, Ege, Orta Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri ile de komşudur. Akdeniz bölgesinde rakımın en az olduğu yerler kıyı şeritleri ile 0 metre olup rakımın en yüksek olduğu şehir ise Isparta'dır. Doğal bitki örtüsünü maki çalılıkları oluşturmakla birlikte rakımın 900 metreyi geçmediği yerlerde bölgenin iklim özellikleri görülmektedir. Bölgenin kendi yüzölçümü içinde tarım bölgesi ise %32 civarındadır (Özçağlar,2012).

Çalışmada Akdeniz Bölgesine ait 8 ilin seçilme nedeni yıllık oranda en fazla güneşlenme yaşayan bölgemiz olması ile birlikte tatil bölgesi olması nedeniyle insanların yaz ayların yoğunlukta olduğu bir yerleşim bölgesi olmasıdır. Bu nedenler göz önünde bulundurulduğunda çalışmanın amacı insanların uğradığı kozmik radyasyon doz değerinin tespit edilerek onlara gerekli önlemleri aldirmek veya almak üzerine belirlenmiştir.

Seçilen programlar ile hem programların uyumu araştırılmış hem de daha doğru sonuçlara ulaşmak hedeflenmiştir. Ayrıca seçilen programlardan Expacs ve CARI 7A sadece kozmik radyasyon değerlerini hesaplamak üzere programlanmışken Fluka/Flair programının ana amacı parçacık çarpışmaları sonucu oluşan alt parçacıkları tespit ve oluşan enerjiyi hesaplamakla birlikte radyasyon zırhlaması yapmaktır. Sonradan eklenen atmosfer modülü ile kozmik radyasyon hesabı da yapabilmektedir.

Akdeniz bölgesine ait 8 ilin enlem, boylam ve rakım değerleri çizelge 1.2 de verilmiştir.

İL	ENLEM (DECİMAL)	BOYLAM (DECİMAL)	ENLEM (DMS)	BOYLAM (DMS)	RAKIM (m)
ADANA	37 N	35,321333 E	37°0'0''N	35°19'16.7988''E	23
ANTALYA	36,88414 N	30,70563 E	36°53'2.904''N	30°42'20.2674''E	39
BURDUR	37,718416 N	30,282007 E	37°43'6.297''N	30°16'55.2252''E	950
HATAY	36,202216 N	36,161948 E	36°12'7.977''N	36°9'43.0128''E	100
ISPARTA	37,764771 N	30,556561 E	37°45'53.1756''N	30°33'23.619''E	1049
K. MARAŞ	37,574957 N	36,924115 E	37°34'29.8446''N	36°55'26.814''E	568
MERSİN	36,8 N	34,633333 E	36°47'60''N	34°37'60''E	10
OSMANİYE	37,074478 N	36,246295 E	37°4'28.1202''N	36°14'46.662''E	129

Çizelge 1.2 Akdeniz bölgesine ait illerin coğrafi verileri

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Gazi Üniversitesinden Hüseyin Tolga ADA, Doğu Karadeniz Bölgesinin kozmik radyasyon dozunu EXPACS, CARI 7A ve FLUKA yöntemleriyle belirlemiştir. (ADA, 2019)

Gazi Üniversitesinden Caner SEÇKİN, İç Anadolu Bölgesi yer seviyesi kozmik radyasyon dozunu EXPACS, CARI6 ve FLUKA yöntemleriyle belirlemiştir. (SEÇKİN, 2018)

Yine Gazi Üniversitesinden Merve PEHLİVAN ise Orta Karadeniz Bölgesi yer seviyesi kozmik radyasyon dozunu EXPACS, CARI 7A ve FLUKA yöntemleriyle belirlemiştir. (PEHLİVAN, 2019)

Japonya'da Tatsuhito SATO tarafından yapılan karasal kozmik ışın akılarının Zenith açısı bağımlılığını tahmin etmek için analitik model adlı çalışması EXPACS programı aracılığıyla yapılmıştır. (SATO, 2016)

Yine Japonya'da Tatsuhito SATO ve Koji NİİTA tarafından yapılan atmosferdeki kozmik ışın nötron spektrumlarını tahmin etmek için analitik işlevler adlı çalışma EXPACS programı aracılığıyla yapılmıştır. (SATO ve ark., 2006)

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Expacs Programı

EXPACS (EXcel-based Program for calculating Atmospheric Cosmic-ray Spectrum) metodu atmosferik kozmik ışın spektrumlarını hesaplamak için sunulmuş bir programdır. Dünya atmosferinde her zaman ve her yerde PHITS (Particle and Heavy Ion Transport Code System) tabanlı analitik kullanan PARMA (Atmosferdeki Radyasyon Modeli) nötronların, protonların, 28'e (Ni) kadar yüklü iyonların, müonların, elektronların, pozitronların ve fotonların karasal kozmik ışın akışlarını neredeyse anında hesaplayabilmektedir.

Hesaplanan akılara dayalı olarak ayrıca EXPACS etkin dozu, ortam doz eşdeğerini ve havada soğurulan dozu da tahmin edebilmektedir. EXPACS metodunun en önemli dezavantajı ise hata sonuçlarını vermemesidir. Program, 4.0 sürümünden sonra karasal kozmik ışınlar da hesaplanabilmektedir (Sato, 2015).

Programda;

B7: Deniz seviyesinden yüksekliği (km) veya (ft) veya atmosferik derinlik(g/cm^2) olarak girilmektedir. PARMA'nın uygulanabilir atmosferik derinlik aralığı 0.15 ile $1095g/cm^2$, irtifa ise -0,5 ile 63 km arasında değişmektedir. Bu dış aralıklarda hesaplanan kozmik ışın akıları özellikle ikincil parçacıklar için güvenilir değildir.

B8,9: Ölçüm yapacağımız bölgenin koordinatlarını girmemiz gereken kısımdır. Coğrafi koordinat düzlemine göre 180° Doğu ile 180° Batı boyları, 90° Kuzey ile 90° Güney enlemleri arasındaki herhangi bir bölge girilebilir.

B10,11,12: Ölçüm için belirlediğimiz zamanın sırasıyla yıl, ay ve gün olarak girilmesi gerekmektedir.

B13: Surrounding Environment (Çevreleyen Ortam)'ı belirlememiz gereken yerdir. Buradan yer seviyesi, pilot konumu, kabin konumu ve ideal atmosfer durumunu seçip hesaplama işlemini ona göre devam ettirmemiz gerekmektedir. Bu çalışmada yer seviyesi yüksekliği kullanılmıştır.

B14: Local Effect Parameter (Bölgesel Etki Parametresi) kullanılmaktadır. Bu parametre sadece nötron spektrumunu etkilemektedir. Yer seviyesindeki nötron için spektrum yerdeki suyun girdi oranıdır. Uçaktaki nötron spektrumları için ise uçağın giriş kütlesi kabul edilmektedir.

B15: Definition of dose (Doz tanımı): İstenilen ölçüm sonucunu efektif doz, H_{10} dozu veya absorbe doz cinsinden hesaplamada kullanılmaktadır.

B16: Çıkış akısının birimini seçmektedir. ($/\text{cm}^2/\text{s}/(\text{MeV}/\text{n})$) birimi, çekirdek akıları hariç diğer parçacıklar için $n = 1$ olup ($/\text{cm}^2/\text{s}/\text{MeV}$) dir.

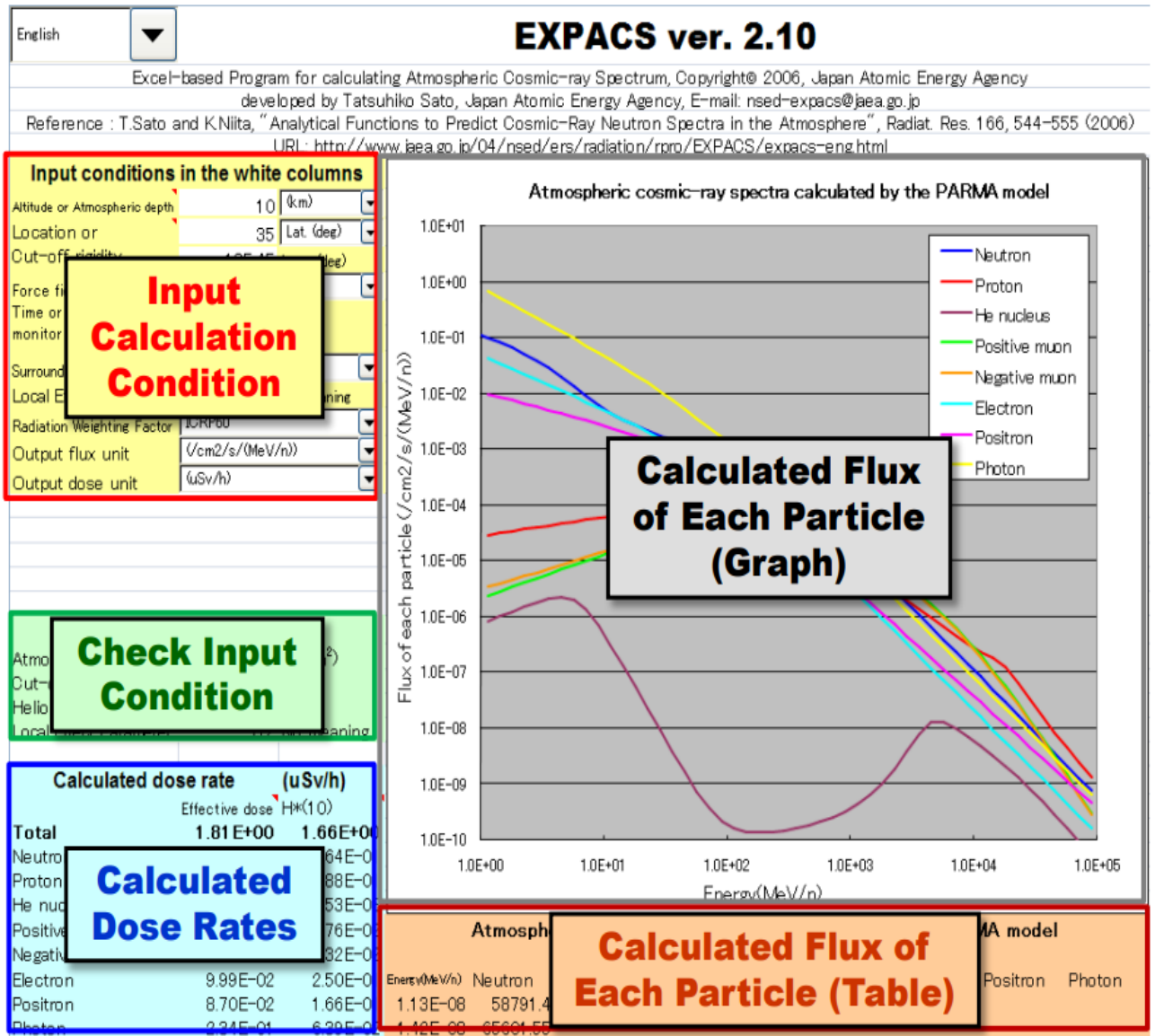
B17: Çıkış dozu birimini seçer. Bunlar; (mSv/year), (nSv/h) ve ($\mu\text{Sv}/\text{h}$) cinsinden seçilebilmektedir.

Bu Programda;

B30-39: Kozmik ışın maruziyeti nedeniyle hesaplanan doz oranlarını gösterirken doz tipi ve birimini ise sırasıyla B15 ve B17 hücrelerinde göstermektedir.

B30 hücresi, aynı zamanda toplam doz oranlarını, B31 ile B39 hücreleri arasındaki her parçacık ise kendi katkısını belirtmektedir.

D35-AL174: Giriş koşulu için hesaplanmış kozmik ışın akışlarıdır (SATO, 2018).



Şekil 3.1 EXPACS programı kullanım talimatı

3.2.Cari 7A Programı

Dünyanın çoğu yerinde hava mürettebatı üyeleri, genel nüfus üyelerinden daha yüksek yıllık dozlarda doğal iyonlaştırıcı radyasyona maruz kalmaktadırlar. Maruz kaldıkları başlıca iyonlaştırıcı radyasyon ise galaktik kozmik radyasyondur (GCR). Birincil spektrumda bulunan parçacıklar arasında ağır iyonlar bulunmakta olup, bunlar göreceli lityum çekirdekleri ve daha ağır elementlerdir. Bu iyonlar çok yüksek radyasyon ağırlık faktörlerine sahiptir.

CARI-7A ABD Federal Havacılık İdaresi'nin GCR uçuş dozu hesaplama yazılımıdır. Kendinden önceki CARI-6'dan farklı olarak, CARI-7A, MCNPX 2.7.0 ile önceden hesaplanmış olarak gelen GCR iyonları tarafından oluşturulan atmosferik parçacık spektrumlarının bir veri tabanını kullanarak doğrudan ağır iyon taşınmasını içermektedir. Sonuçlar, ticari yolcu uçaklarında, yüksek irtifa araştırma uçaklarında ve diğerleri tarafından yapılan benzer hesaplamalarda yapılan ölçümlerle karşılaştırılmaktadır (Copeland, 2014).

CARI-7A, CARI-6'nın çeşitli sınırlamalarının üstesinden gelmek için geliştirilerek hesaplamalar için irtifa sınırı 27 km'den 100 km'ye kadar uzatılmıştır. Süper Pozisyon Yaklaşımı artık bir gereklilik değil, bir seçenek olarak sunulmaya başlanmış ve Disk İşletim Sistemi (DOS) emülatörü gerekliliği ortadan kaldırılmıştır (O'Brien, 2003).

CARI 7A programı Windows işletim sisteminde DOS ortamında çalışmaktadır ve ana menü Şekil 3.2'de gösterilmiştir;

```
CARI-7A (ACADEMIC USE)          Civil Aerospace Medical Institute
October 18, 2021 (4.2.0)         Federal Aviation Administration

                                MAIN MENU

<1>  HELP file (Read me).
<2>  Galactic radiation received on flights.
<3>  View, add, or change airport information.
<4>  Radiation level at user-specified
      altitude and geographic coordinates.
<5>  Update heliocentric potential, ISO sunspot
      number, or Forbush effect data.
<6>  Change output settings. View old results.
<7>  Exit program.

Type 1, 2, 3, 4, 5, 6, or 7 and press <ENTER> .
```

Şekil 3.2 CARI 7A ana menü

Bu çalışmada menünün 4. komutu olan coğrafi koordinat ve spesifik rakım ile birlikte radyasyon hesap seçeği kullanılmıştır.

Şekil 3.3’de CARI 7A konum menüsü gösterilmektedir.

```
CARI-7A (ACADEMIC USE)          Civil Aerospace Medical Institute
October 18, 2021 (4.2.0)        Federal Aviation Administration

                                LOCATION MENU

<1> Calculate the dose rate at a single location.
<2> Calculate dose rates for locations in a
    locations file (*.LOC).
<3> Open/Edit a location file (*.LOC).
    (uses the default text editor)
<4> Open a dose rate archive file (*.ANS).
<5> Open the HELP file.
<6> Return to Main Menu.
<7> Exit program.

Type 1, 2, 3, 4, 5, 6, or 7 and press <ENTER> .
```

Şekil 3.3 CARI 7A konum menüsü

Ayrıca bu çalışmada 1. komut olan tek konuma bağlı doz hesaplama seçeneği kullanılmıştır. Bu seçenektan sonra sırasıyla yıl, ay ve gün değerleri girildikten sonra istediğimiz doz cinsinin ortalamasını belirlememiz için bir seçenek sunulmaktadır.

Şekil 3.4’de CARI 7A zaman menüsü gösterilmektedir.

```
What year?
(If entering more than a word, enclose answer in quotes)
2020
What month (ENTER 0 FOR YEARLY AVERAGE)?
(If entering more than a word, enclose answer in quotes)
1
What day (ENTER 0 FOR MONTHLY AVERAGE)?
(If entering more than a word, enclose answer in quotes)
1
What hour (e.g. 14) in UT?
(ENTER 0 FOR DAILY AVERAGE)
(ENTER 1 FOR 0000-0059 UT, etc.)
(If entering more than a word, enclose answer in quotes)
```

Şekil 3.4 CARI 7A zaman menüsü

Çalışmada günlük fark yöntemi kullanılarak ortalama değer bulunmuştur.

CARI 7A bu noktadan sonra konumu bizden derece-dakida-saniye (DMS) türünden, N-S (Kuzey-Güney) ve E-W(Doğu-Batı) ekseninden alarak hesaplamaktadır. Daha sonra rakım değerlerini feet ya da km cinsinden girmemiz istenmektedir. Bu komutlardan sonra konum belirlenerek istenilen radyasyon tipi ve doz türü sorgulaması yapılmaktadır.

Şekil 3.5’de CARI 7A radyasyon tipi menüsü gösterilmektedir.

```
SELECT RADIATION.  
<0> TOTAL          <10> DEUTERONS     <20>F             <30>K  
<1> NEUTRONS       <11> TRITONS       <21>Ne           <31>Ca  
<2> PHOTONS        <12> HELIONS      <22>Na           <32>Sc  
<3> ELECTRONS      <13> ALPHAS        <23>Mg           <33>Ti  
<4> POSITRONS      <14> Li            <24>Al           <34>V  
<5> NEG. MUONS     <15> Be            <25>Si           <35>Cr  
<6> POS. MUONS     <16> B              <26>P            <36>Mn  
<7> PROTONS        <17> C              <27>S            <37>Fe  
<8> POS. PIONS     <18> N              <28>Cl  
<9> NEG. PIONS     <19> O              <29>Ar  
Enter 0-37 and press <enter>.
```

Şekil 3.5 CARI 7A radyasyon tipi menüsü

Şekil 3.6’de CARI 7A doz tipi menüsü gösterilmektedir.

```
SELECT DOSE TYPE  
<1> Secondary Particle Flux (Any rad but TOTAL)  
<2> ICRP PUB 103 EFFECTIVE DOSE  
<3> ICRP PUB 60 EFFECTIVE DOSE  
<4> ICRU H*(10) AMBIENT DOSE EQUIVALENT  
<5> WHOLE BODY ABSORBED DOSE  
<6> ABSORBED DOSE IN 0.5 mm Si  
<7> ABSORBED DOSE IN 0.3 mm Si  
<8> NM-64 COUNTS
```

Şekil 3.6 CARI 7A doz tipi menüsü

Yapılan çalışmada bütün programların uyumlu olmasını sağlamak için 3. komut olan efektif doz seçeneği kullanılmıştır. Kozmik radyasyon modellerinden ise Galaktik Kozmik Radyason (GCR) kullanılmıştır. Ayrıca Süper Pozisyon Yaklaşımı program dâhilinde kullanılmıştır.

Şekil 3.7’de CARI 7A Programında kozmik ışın modeli ve Süper Pozisyon Yaklaşıklığı gösterilmektedir.

```
SELECT COSMIC RAY MODEL
<1> GCR: ISO TS15390:2004-MSU-NYMMIK
<2> GCR: BADHWAR-ONEILL 2011
<3> GCR: BADHWAR-ONEILL 2014*
    * ONLY WINDOWS TESTED
<4> GCR: HP MODULATED ISO
<5> SPE: LaRC FEB 1956 EVENT TOTAL
<6> SPE: LaRC SEP 1989 EVENT TOTAL
<7> USER PROVIDED: GCR_MODELS\MY_MODEL.OUT

USE THE SUPERPOSITION APPROXIMATION <Y,N> ?
(PRIMARY NUCLEI ARE TREATED AS COLLECTIONS
OF N-Z FREE NEUTRONS AND Z FREE PROTONS.)
(DEFAULT IS N)
```

Şekil 3.7 CARI 7A kozmik ışın modeli ve Süper Pozisyon Yaklaşıklığı

3.3.Fluka/Flair Programı

FLUKA, proton ve elektron hızlandırıcı kalkanlamadan hedef tasarım, kalorimetri, aktivasyon, dozimetri, dedektör tasarımı, hızlandırıcı tahrikli sistemler, kozmik ışınlar, nötrinoya kadar geniş bir uygulama yelpazesini kapsayan, parçacık taşınımı ve madde ile etkileşim hesaplamaları için genel amaçlı bir araçtır. Aynı zamanda fluka Linux işletim sisteminde çalışmaktadır.

FLUKA'nın tasarımında ve geliştirilmesinde en yüksek öncelik her zaman sağlam ve modern fiziksel modellerin uygulanması ve iyileştirilmesi olmuştur. Mümkün olduğunda mikroskobik modeller benimsenmiş, tüm reaksiyon adımları ve reaksiyon türleri arasında tutarlılık sağlanmıştır, Program her adımda koruma yasalarını uygulayarak sonuçları tek etkileşim düzeyinde deneysel verilerle kontrol etmektedir. Sonuç olarak, tüm enerji/hedef/mermi kombinasyonları için sabitlenmiş minimum bir serbest parametre seti ile nihai tahminler elde edilmektedir. Bu nedenle, karmaşık durumların yanı sıra özellikler ve ölçekleme yasaları, temeldeki fiziksel modellerden doğal olarak ortaya çıkmaktadır. Hiçbir deneysel verinin doğrudan mevcut olmadığı durumlarda öngörü sağlanarak etkileşimler ve duş bileşenleri arasındaki korelasyonlar korunmaktadır.

FLUKA, 1 keV'den binlerce TeV'e kadar fotonlar ve elektronlar, nötrinolar, herhangi bir enerjinin müonları, 20 TeV'e kadar enerjilerin hadronları dahil olmak üzere yaklaşık 60

farklı parçacığın etkileşimini ve yayılmasını yüksek doğrulukla simüle edebilmektedir. Program ayrıca polarize fotonları (örneğin, senkrotron radyasyonu) ve optik fotonları da taşıyabilmektedir. Kararsız kalıntı çekirdeklerden yayılan radyasyonun zaman gelişimi ve takibi çevrimiçi olarak da gerçekleştirilebilmektedir.

FLUKA, iyi bilinen Kombinatorial Geometri (CG) paketinin geliştirilmiş bir versiyonunu kullanarak çok karmaşık geometrileri bile işleyebilmektedir. FLUKA CG, yüklü parçacıkları da (manyetik veya elektrik alanların varlığında bile) takip edecek şekilde tasarlanmıştır. Buna ilaveten çeşitli görselleştirme ve hata ayıklama araçları da mevcuttur.

FLUKA'nın başka hiçbir Monte Carlo programında bulunmayan bir başka özelliği de, tam analog kodun yanı sıra, yanlı modda kullanılabilmesi için çift yeteneğinin olmasıdır. Bu, dalgalanmaları, sinyal çakışmalarını ve diğer ilişkili olayları tahmin etmek için kullanılabilse de birçok büyüklük sırasına göre zayıflamalarla bağlantılı olarak delme veya diğer nadir olayları araştırmak için geniş bir istatistiksel teknik seçiminin mevcut olduğu anlamına gelmektedir (fluka.org).

3.3.1. Fluka/Flair'de Problemin Belirlenmesi

- Planlanan projenin ismi girilir.
- Parçacık tanımlamaları yapılır.
- Dünya geometrisi belirlenir.
- Materyaller (Örneğin oksijen, argon, vb.) geometriye atanır.
- Dedektör tanımlaması yapıldıktan sonra birincil parçacıkların adedi girilir.
- Simülasyon başlatılır.

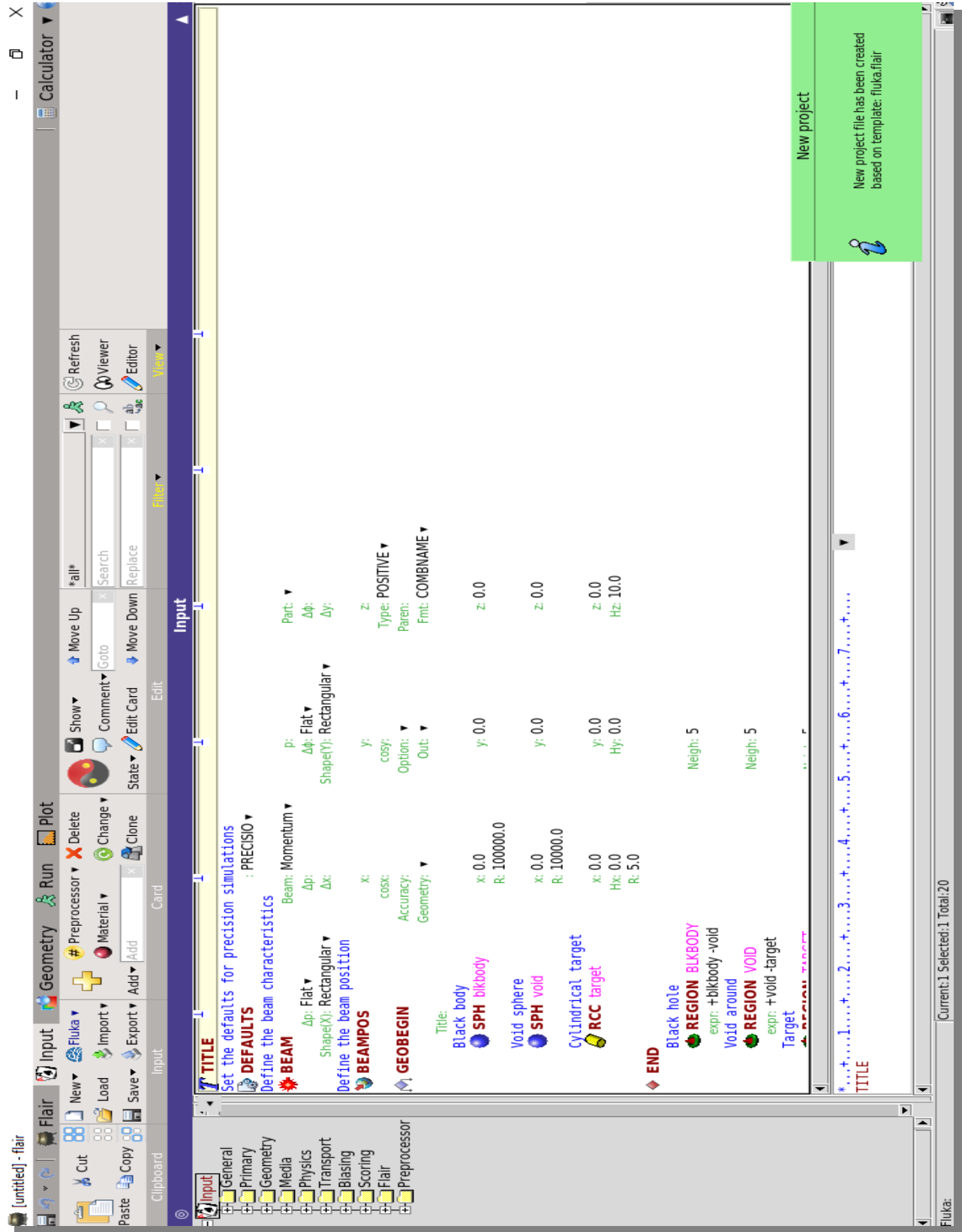
Aşağıda gösterilen Şekil 3.8, ABD Standart Atmosfer derinliğinin, irtifa ve FLUKA atmosferik katmanına karşılık geldiği yerler belirtilmektedir.

FLUKA region	km from s.l.	US St. Atm. Depth (g/cm2)	FLUKA region	km from s.l.	US St. Atm. Depth (g/cm2)	FLUKA region	km from s.l.	US St. Atm. Depth (g/cm2)
1.0	70.0	0.092	35.0	31.6	9.367	69.0	10.7	242.777
2.0	68.5	0.108	36.0	30.8	10.540	70.0	10.2	260.107
3.0	67.1	0.126	37.0	30.0	11.849	71.0	9.8	278.093
4.0	65.6	0.146	38.0	29.2	13.309	72.0	9.4	296.729
5.0	64.2	0.170	39.0	28.4	14.937	73.0	8.9	316.007
6.0	62.8	0.198	40.0	27.7	16.748	74.0	8.5	335.921
7.0	61.5	0.230	41.0	26.9	18.763	75.0	8.1	356.460
8.0	60.1	0.266	42.0	26.2	21.004	76.0	7.7	377.615
9.0	58.8	0.308	43.0	25.5	23.492	77.0	7.3	399.374
10.0	57.5	0.356	44.0	24.8	26.255	78.0	6.9	421.727
11.0	56.2	0.411	45.0	24.1	29.290	79.0	6.6	444.661
12.0	55.0	0.474	46.0	23.4	32.613	80.0	6.2	468.163
13.0	53.8	0.546	47.0	22.7	36.244	81.0	5.8	492.219
14.0	52.5	0.628	48.0	22.1	40.205	82.0	5.5	516.815
15.0	51.4	0.722	49.0	21.4	44.516	83.0	5.1	541.936
16.0	50.2	0.828	50.0	20.8	49.201	84.0	4.8	567.566
17.0	49.1	0.950	51.0	20.2	54.283	85.0	4.4	593.691
18.0	47.9	1.088	52.0	19.6	59.785	86.0	4.1	620.295
19.0	46.8	1.245	53.0	19.0	65.733	87.0	3.8	647.359
20.0	45.7	1.423	54.0	18.4	72.152	88.0	3.4	674.869
21.0	44.7	1.625	55.0	17.8	79.068	89.0	3.1	702.807
22.0	43.6	1.854	56.0	17.2	86.506	90.0	2.8	731.155
23.0	42.6	2.112	57.0	16.7	94.493	91.0	2.5	759.898
24.0	41.6	2.404	58.0	16.1	103.057	92.0	2.2	789.016
25.0	40.6	2.734	59.0	15.6	112.224	93.0	1.9	818.493
26.0	39.6	3.106	60.0	15.0	122.023	94.0	1.6	848.311
27.0	38.7	3.525	61.0	14.5	132.482	95.0	1.3	878.453
28.0	37.7	3.996	62.0	14.0	143.628	96.0	1.1	908.900
29.0	36.8	4.526	63.0	13.5	155.489	97.0	0.8	939.636
30.0	35.9	5.121	64.0	13.0	168.094	98.0	0.5	970.643
31.0	35.0	5.789	65.0	12.5	181.471	99.0	0.3	1001.903
32.0	34.1	6.538	66.0	12.0	195.646	100.0	0.0	1033.400
33.0	33.3	7.378	67.0	11.6	210.649			
34.0	32.4	8.317	68.0	11.1	226.507			

Şekil 3.8 Fluka atmosferik derinlik

3.3.2. Fluka/Flair'de Kozmik Radyasyon Hesabı

Şekil 3.9'da Fluka Programının arayüzü görülmektedir.



Şekil 3.9 Fluka arayüzü

Kozmik ışın hesaplamaları, GCR - SPE (başlatma amacıyla) ve SPECSOU giriş komutları kullanılarak FLUKA ile yapılabilmektedir. Ayrıca, girdi dosyasına eklenecek geometri ve malzeme kartlarını hazırlamak için birkaç yardımcı bağımsız program kullanılmalıdır.

Atmosferdeki parçacık akışlarını belirleyebilmek için ise aşağıda belirlenen işlemleri yapmak gerekir.

- Yerel yıldızlararası ortamda kozmik ışınların tayfı ve bileşiminin belirlenmesi,
- Güneş rüzgârlarının manyetik alanındaki değişen koşulların tespiti ve yerel yıldızlararası ortamdan galaktik kozmik ışınların içe akışı ile ortaya çıkan etkileşimin belirlenmesi,
- Dünyanın jeomanyetik alanı boyunca kozmik ışınların yörüngelerinin belirlenmesi,
- Hayatta kalan kozmik ışınların Dünya atmosferinden çeşitli derinliklere taşınması.

FLUKA paketi, atmosferin yoğunluk-yükseklik profilini kullanır. Bu profile işlevsel bir uyum içeren harici bir program, aynı zamanda malzeme tanımlaması için veri kartlarıyla birlikte bir giriş geometri dosyası oluşturmak için kullanılmıştır. Atmgeo.cards adıyla üretilen ve dağıtılan geometri, tüm Dünya atmosferinin küresel bir temsilidir. Atmomat.cards dosyasında yer alan malzeme tanımları ve ataması, ABD Standart atmosferinin yoğunluk profiline karşılık gelmektedir. atmomat.kartlarında bulunan kartlar, kullanıcı tarafından giriş dosyasına dahil edilecektir. Ek olarak, kullanıcı atmloc_2011.f yardımcı programı yardımıyla bu geometriyi belirli bir jeomanyetik enlem ve boylam için özelleştirebilir. Bu şekilde, geometri, verilen konumda ortalanmış atmosferin yalnızca bir dilimini içerecektir.

Atmosferik model, deniz seviyesinden yaklaşık 1000 km yüksekliğe kadar nötr gazların tespit edilebildiği bölge olarak tanımlanabilir. 50 km'nin altında atmosferin homojen olarak karıştığı varsayılabilir ve mükemmel bir gaz olarak kabul edilebilir. 80 km'nin üzerinde, difüzyon ve dikey taşıma önem kazandıkça hidrostatik denge ise yavaş yavaş bozulacaktır (fluka.org).

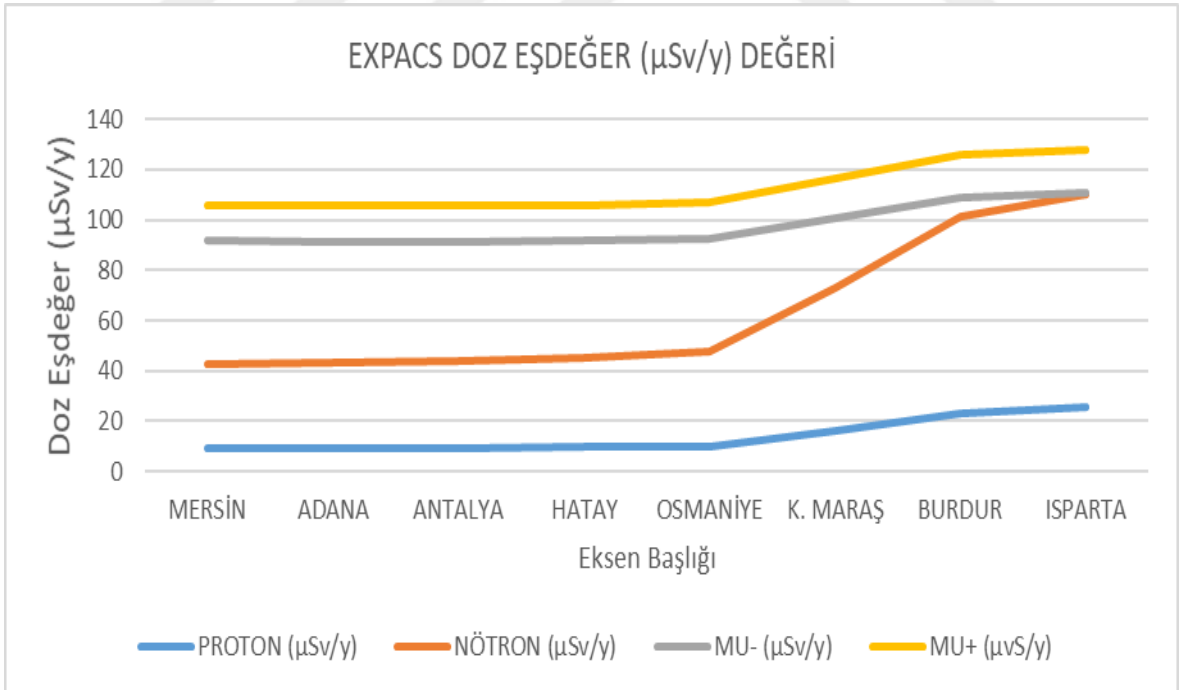
4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1.Expacs Verileri

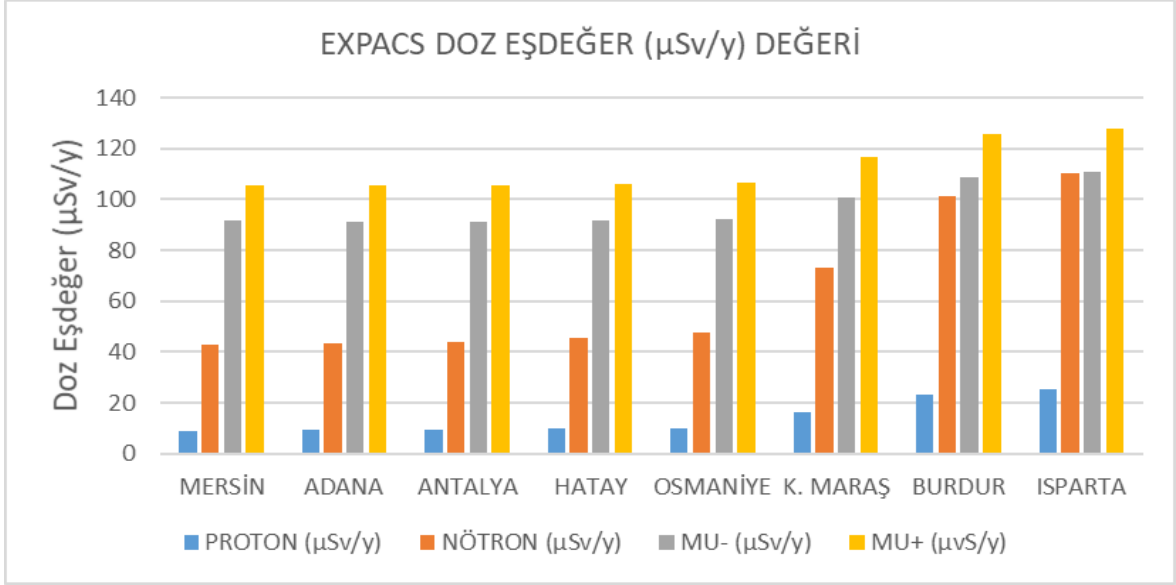
Akdeniz bölgesinde bulunan 8 ilin EXPACS programı ile hesaplanan ortalama toplam kozmik eşdeğer doz miktarları çizelge 4.1, şekil 4.1 ve 4.2’de verilmiştir.

İL	TOPLAM ($\mu\text{Sv/y}$)	PROTON ($\mu\text{Sv/y}$)	NÖTRON ($\mu\text{Sv/y}$)	MU- ($\mu\text{Sv/y}$)	MU+ ($\mu\text{Sv/y}$)	RAKIM (m)
MERSİN	290,18	8,98	42,6	91,64	105,7	10
ADANA	291,66	9,12	43,3	91,38	105,76	23
ANTALYA	293,2	9,26	44	91,4	105,78	39
HATAY	297,7	9,67	45,48	91,64	105,98	100
OSMANİYE	303,44	10,04	47,79	92,33	106,8	129
K. MARAŞ	369,06	16,069	73,073	100,58	116,56	568
BURDUR	436,3	23,04	101,29	108,68	125,61	950
ISPARTA	456,65	25,39	110,27	111,06	128,12	1049

Çizelge 4.1 8 İlin ortalama kozmik radyasyon eşdeğer çizelgesi



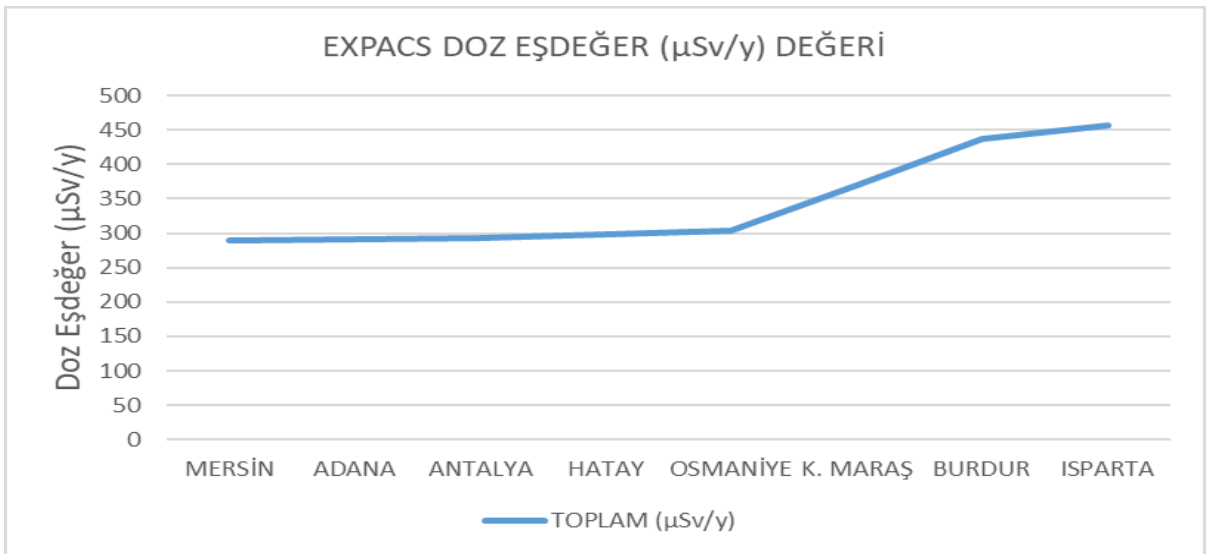
Şekil 4.1 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon eşdeğer çizgi grafiği



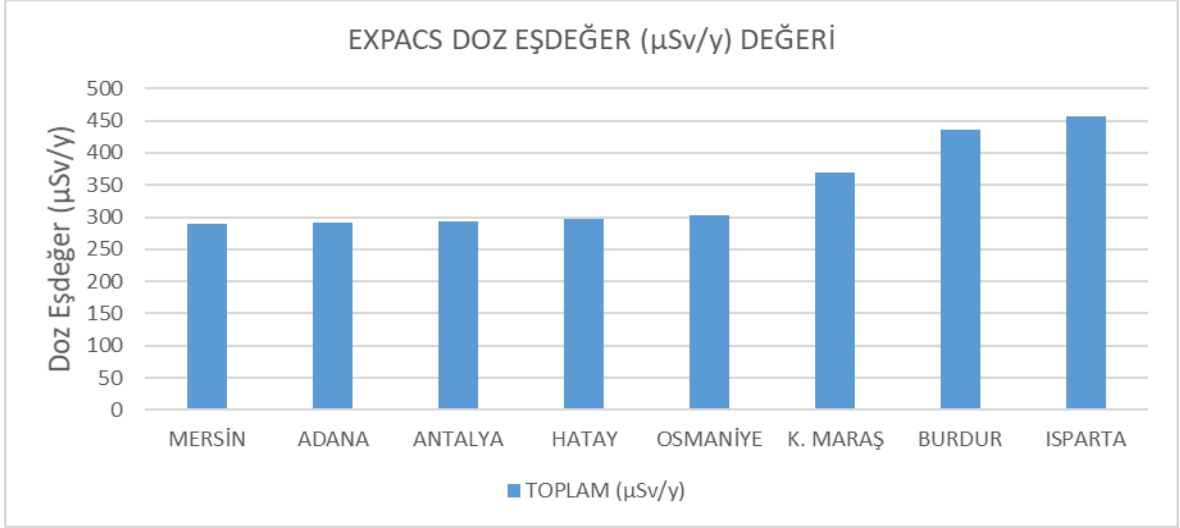
Şekil 4.2 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon eşdeğer sütün grafiği

Expacs programına göre izelge 4.1 ve Şekil 4.2 incelendiğinde Mu+ ve Mu- parçacıkları kozmik ışınlarda en fazla radyasyon değerine sahip parçacıklardır. Bu durumun oluŐmasının sebebi hava duşlarında oluşan son parçacıklar arasında yer almaları ve yeryüzüne ulaŐabilmeleridir. Nötron ise hava duşlarında birincil parçacıklar arasında yer alması sebebiyle rakım değerinin yüksek olduğu yerlerde daha fazla radyasyon maruziyetine sebep olmaktadır.

Ayrıca Expacs programına göre toplam ve parçacık ortalama kozmik radyasyon eşdeğer verileri Şekil 4.2 ve 4.4'te sütün grafik olarak da verilmiştir.



Şekil 4.3 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğer çizgi grafiği

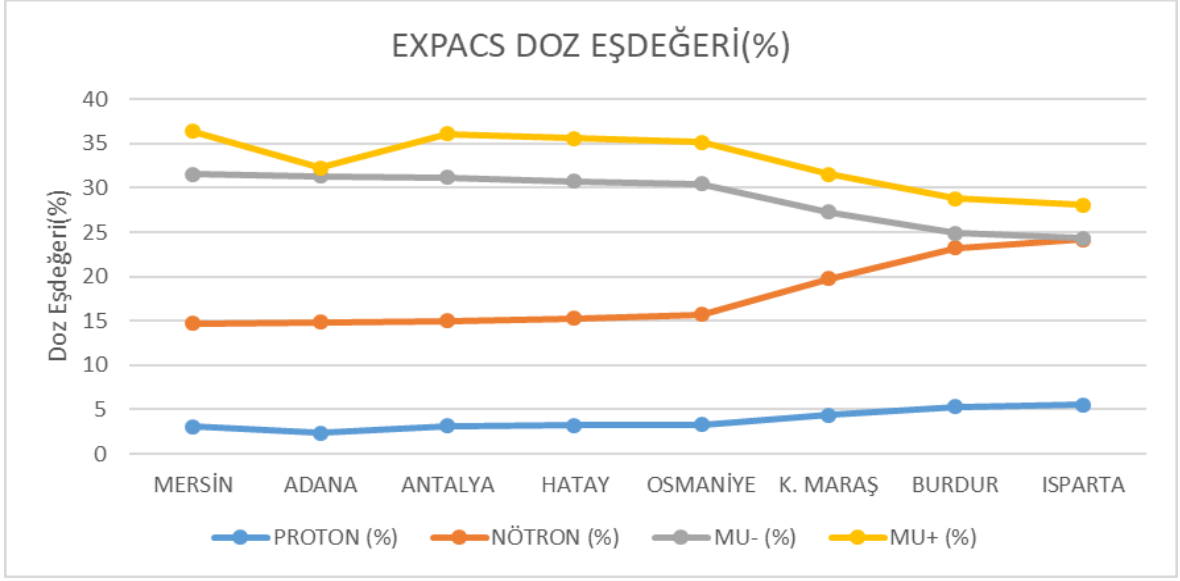


Şekil 4.4 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğer sütun grafiği

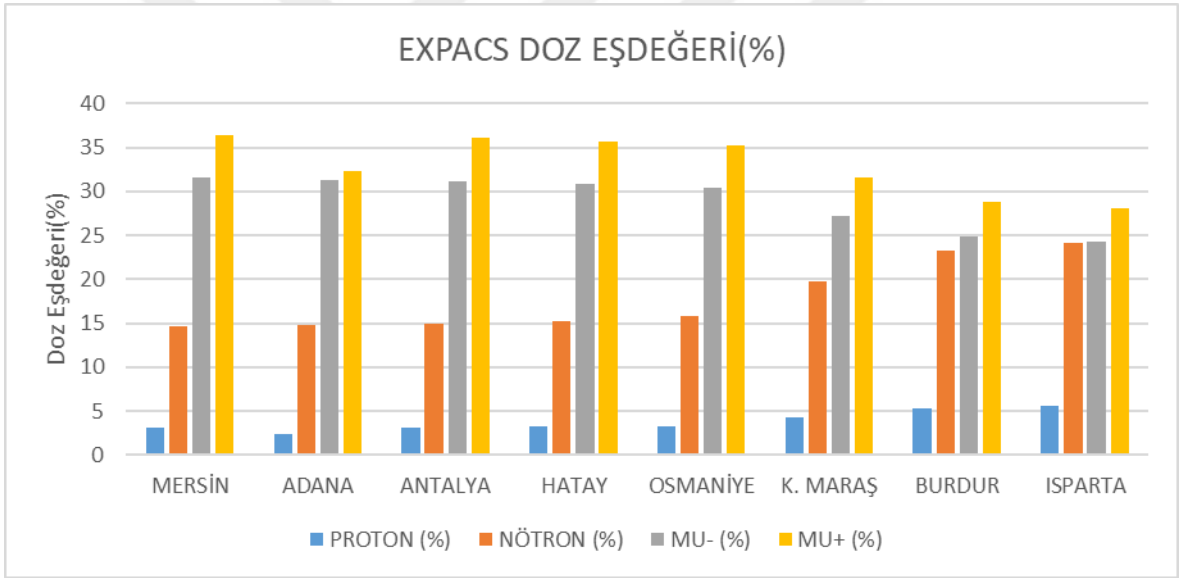
Çizelge 4.2’de görüldüğü üzere muonlar radyasyon maruziyetine en fazla sebep olan parçacıklardır. Bunu sırası ile nötron ve proton izlemektedir. İller kıyaslandığında, en yüksek maruziyete uğrayan il ise rakımı en yüksek olan Isparta ili olduğu bulunmuştur. Yüzde oranları toplandığında ise yüzde 15 - 20 arası bir veri kaybı olduğu görülmektedir. Bu durumun nedeni He iyonu, elektron, pozitron, foton ile birlikte lityum, berilyum, bor, karbon, azot, oksijen, flor, neon, sodyum, magnezyum, alüminyum, silisyum, fosfor, kükürt, klor, argon, potasyum, skandiyum, titanyum, vanadyum, krom, manganez, demir, kobalt ve nikel iyonundan oluşan 29 farklı parçacığın kozmik radyasyonun kuvvetini arttırmasından kaynaklı olup yüzde 15 - 20 arasındaki fark bu parçacıkların toplam etkisini oluşturmaktadır. Çizelge 4.2’de parçacıkların toplam maruziyetteki yüzde oranları verilmekte ve şekil 4.5 ve 4.6’da çizgi ve sütun grafikleri verilmektedir.

İL	PROTON (%)	NÖTRON (%)	MU- (%)	MU+ (%)
MERSİN	3,09	14,68	31,58	36,42
ADANA	2,32	14,84	31,33	32,26
ANTALYA	3,15	15	31,17	36,07
HATAY	3,25	15,27	30,78	35,6
OSMANİYE	3,3	15,75	30,43	35,19
K. MARAŞ	4,35	19,8	27,25	31,58
BURDUR	5,28	23,21	24,9	28,79
ISPARTA	5,56	24,15	24,32	28,05

Çizelge 4.2 8 ilin ortalama parçacık kozmik radyasyon eşdeğer yüzde çizelgesi



Şekil 4.5 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon yüzde çizgi grafiği



Şekil 4.6 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon yüzde sütun grafiği

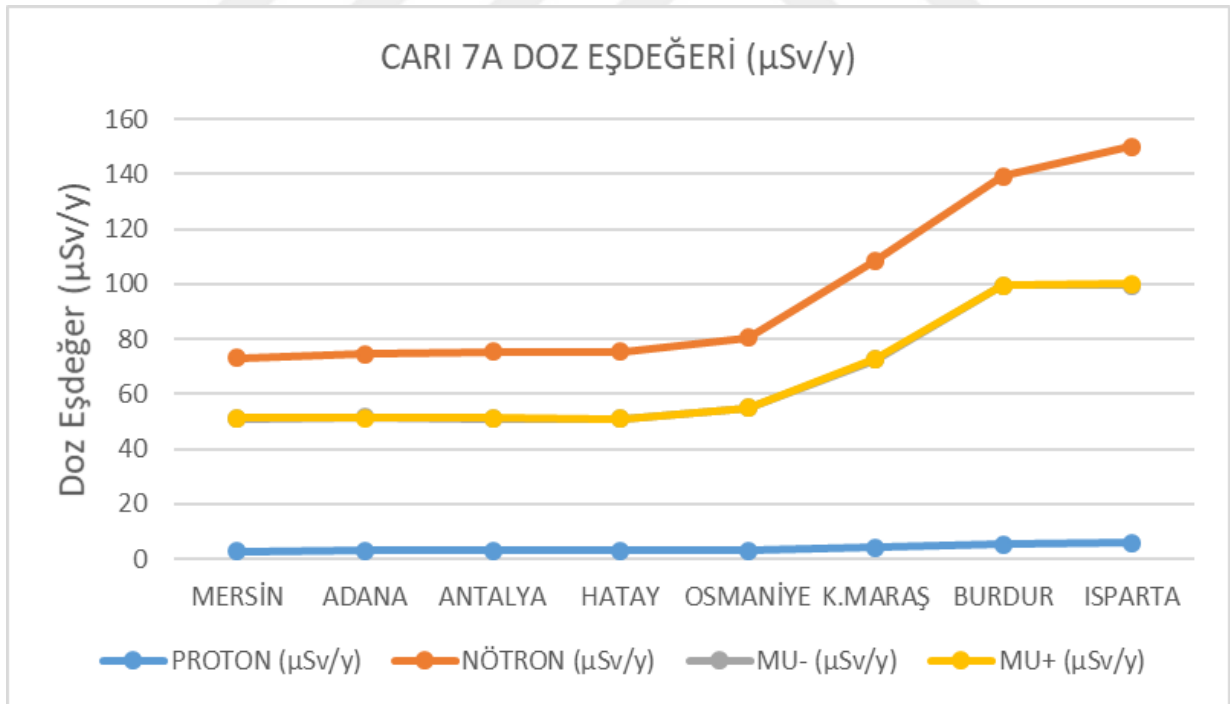
Şekil 4.5 ve 4.6'da da görüldüğü üzere rakım arttıkça proton ve nötronun toplam yüzde içinde oranları artarken, muon oranlarında düşüş gözlemlenmektedir.

4.2.Cari 7A Verileri

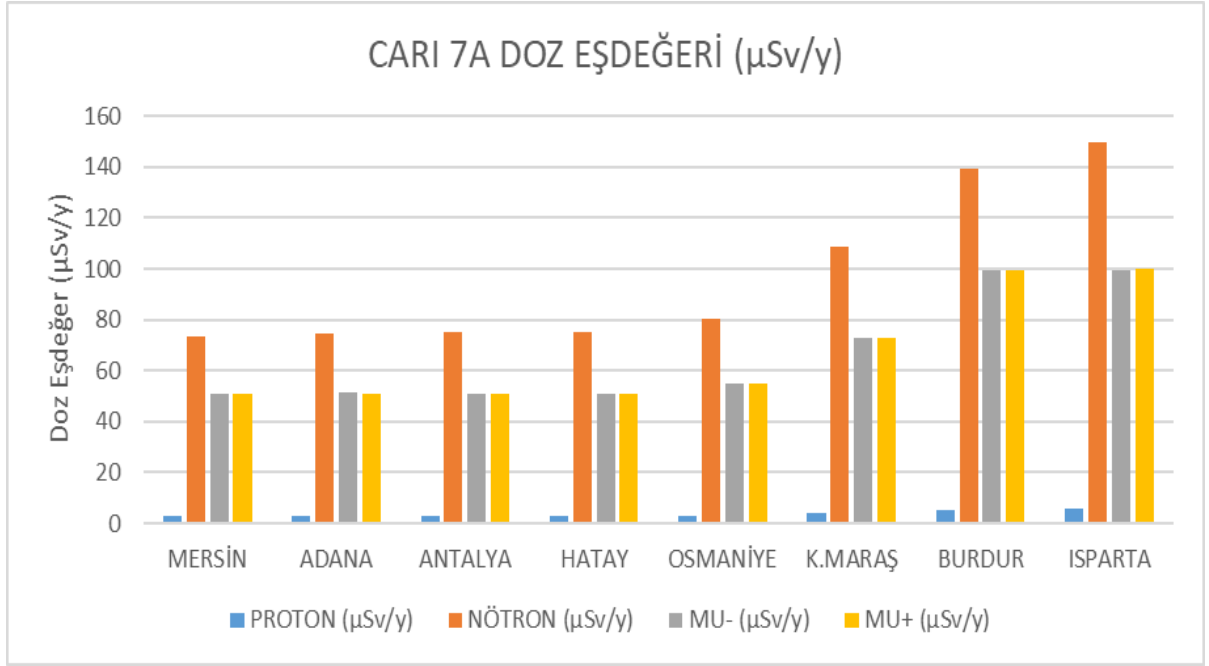
Akdeniz bölgesinde bulunan 8 ilin CARI 7A programı ile elde edilen sonuçlara göre ortalama toplam kozmik eşdeğer doz miktarları çizelge 4.3, şekil 4.5 ve 4.6'da verilmiştir.

İL	TOPLAM ($\mu\text{Sv/y}$)	PROTON ($\mu\text{Sv/y}$)	NÖTRON ($\mu\text{Sv/y}$)	MU- ($\mu\text{Sv/y}$)	MU+ ($\mu\text{Sv/y}$)
MERSİN	245,82 \pm 1,03	2,84 \pm 0,14	73,24 \pm 3,72	51,03 \pm 0,21	51,11 \pm 0,21
ADANA	247,18 \pm 1,03	2,89 \pm 0,14	74,66 \pm 3,79	51,47 \pm 0,21	51,17 \pm 0,21
ANTALYA	246,75 \pm 1,03	2,92 \pm 0,14	75,4 \pm 3,83	51,08 \pm 0,21	51,16 \pm 0,21
HATAY	250,03 \pm 1,05	2,95 \pm 0,15	75,35 \pm 3,89	50,84 \pm 0,21	50,84 \pm 0,21
OSMANİYE	265,66 \pm 1,11	3,11 \pm 0,15	80,44 \pm 4,08	54,96 \pm 0,22	55,04 \pm 0,22
K. MARAŞ	350,65 \pm 1,45	4,19 \pm 0,21	108,67 \pm 5,57	72,64 \pm 0,29	72,75 \pm 0,29
BURDUR	483,16 \pm 1,99	5,35 \pm 0,26	139,2 \pm 7,12	99,38 \pm 0,39	99,54 \pm 0,39
ISPARTA	483,6 \pm 1,98	5,79 \pm 0,29	149,94 \pm 7,65	99,4 \pm 0,39	99,55 \pm 0,39

Çizelge 4.3 8 İlin ortalama kozmik radyasyon eşdeğer çizelgesi

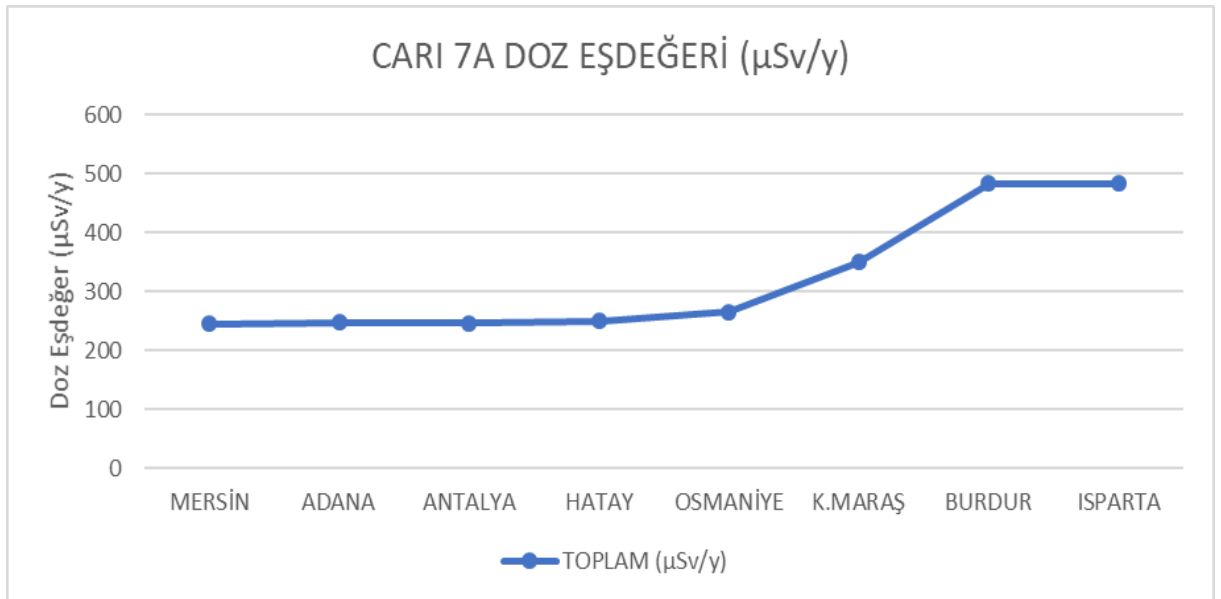


Şekil 4.7 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon eşdeğer çizgi grafiği

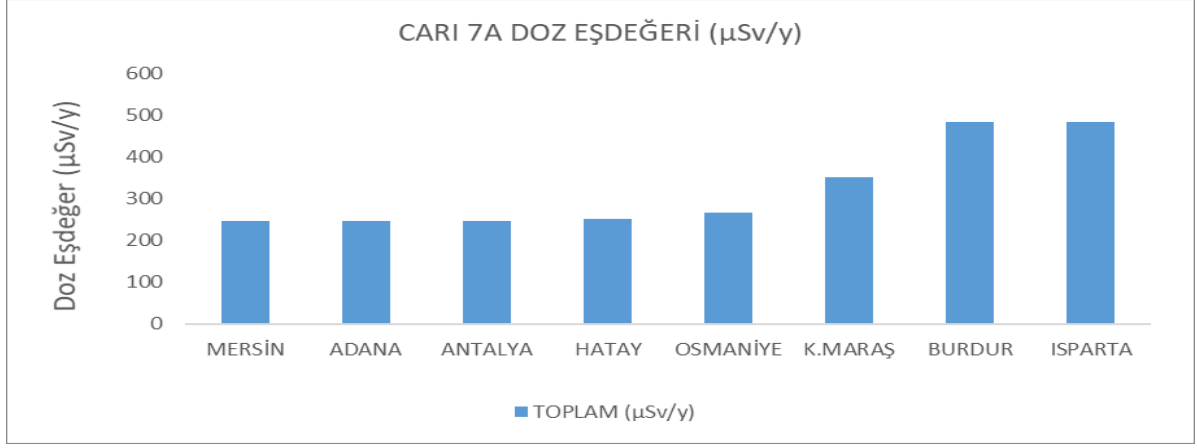


Şekil 4.8 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon eşdeğer sütun grafiği

Çizelge 4.3 ve şekil 4.7 incelendiğinde Mu- ve Mu+ parçacıklarının CARI 7A programına göre karasal kozmik radyasyon değeri neredeyse iki eşit parçaya bölünmüş halde bulunduğundan veri çizgileri üst üste bir seyir izlemektedir. CARI 7A programına göre toplam ve parçacık ortalama kozmik radyasyon eşdeğer verileri şekil 4.8 ve 4.10'da sütun grafik olarak verilmiştir.



Şekil 4.9 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğer çizgi grafiği

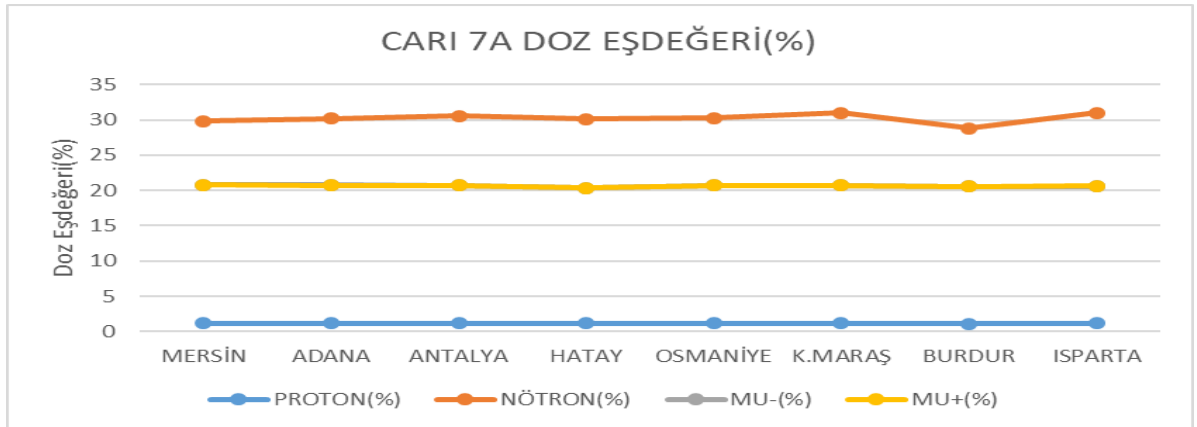


Şekil 4.10 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğer sütun grafiği

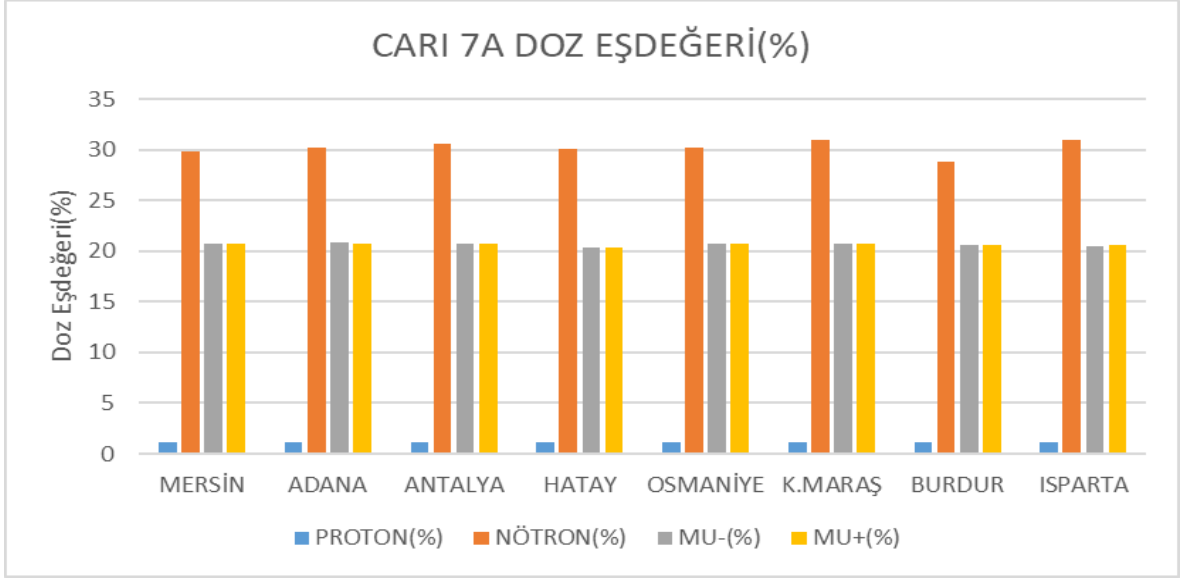
Çizelge 4.4, şekil 4.11 ve 4.12’de ise Akdeniz Bölgesini oluşturan 8 ilin ortalama parçacık kozmik radyasyon yüzde oranları verilmektedir.

İL	PROTON(%)	NÖTRON(%)	MU-(%)	MU+(%)
MERSİN	1,15%	29,81%	20,77%	20,80%
ADANA	1,17%	30,20%	20,82%	20,70%
ANTALYA	1,18%	30,55%	20,70%	20,70%
HATAY	1,18%	30,13%	20,33%	20,33%
OSMANİYE	1,17%	30,28%	20,68%	20,72%
K.MARAŞ	1,19%	30,99%	20,71%	20,74%
BURDUR	1,10%	28,81%	20,56%	20,60%
ISPARTA	1,19%	31%	20,55%	20,66%

Çizelge 4.4 8 ilin ortalama parçacık kozmik radyasyon yüzde çizelgesi



Şekil 4.11 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon yüzde çizgi grafiği



Şekil 4.12 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon yüzde sütun grafiği

Çizelge 4.4’de gösterilen yüzde verilerini incelediğimizde CARI 7A programına göre kozmik ışının en çok nötron kaynaklı olduğu tespit edilmektedir. İller arası rakım farkları göz önüne alındığında rakım arttıkça proton ve nötron etkisinin azaldığı negatif müon ve pozitif müon etkisinin arttığı tespit edilmiştir. Bu çıkarımı, rakımı en yüksek olan Isparta iline bakıldığında nötron maruziyet oranının diğer illere oranla fazla olduğu, muon oranlarının ise daha düşük olduğu sonucu ile yapabiliriz. Parçacıkların dağılımının nedenleri arasında ise enlemin bir etkisinin olmadığı yalnızca toplam maruziyet üzerinde etki gösterdiği bulunmuştur. Protonun kütlesi $938,272029 \text{ Mev}/c^2$, nötronun kütlesi $939,565378 \text{ Mev}/c^2$ ve müonun kütlesi $105,66 \text{ Mev}/c^2$ olduğu bilindiğinden yüzdesel dağılımda kütlelerinin farklı olmalarından kaynaklı bir sonuç gözlemlenememiştir.

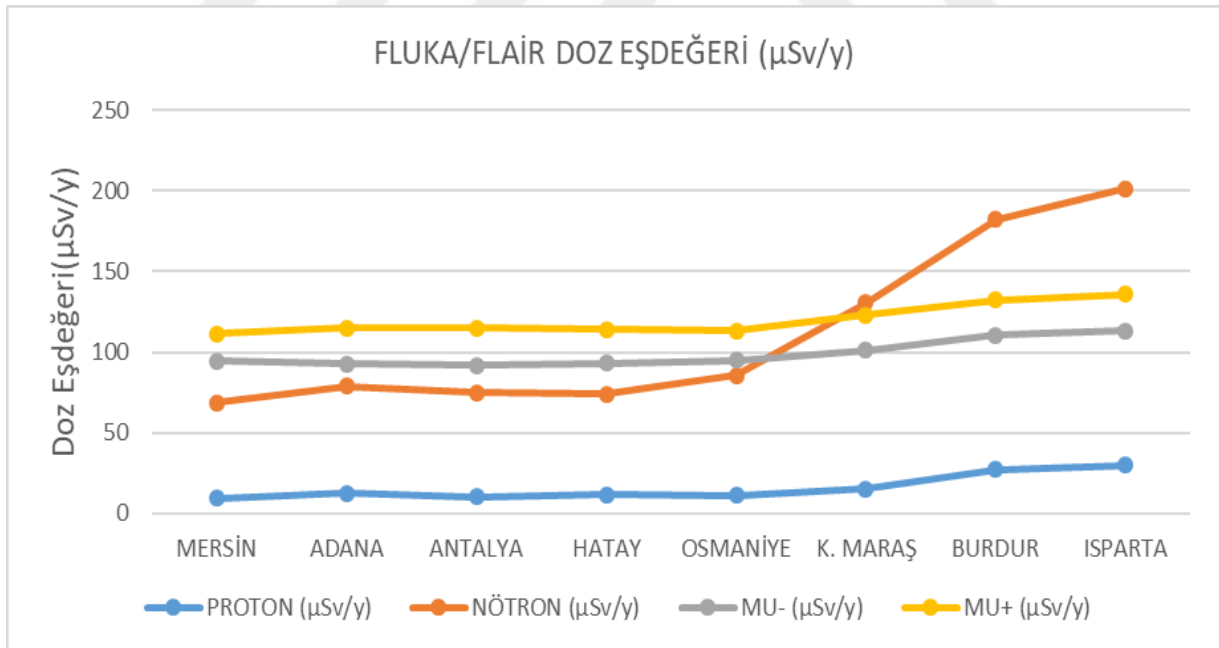
Kozmik bir ışının protonu üst atmosferdeki atom çekirdeklerini etkilediğinde, pionlar yaratılır. Bunlar nispeten kısa bir mesafede müonlara ve müon nötrinolarına bozunur. Bu yüksek enerjili kozmik ışınlardan gelen müonlar, genellikle ışık hızına yakın bir hızda, orijinal protonla yaklaşık aynı yönde devam eder. Görelî etkiler olmaksızın ömürleri en fazla 456 metrelik yarı hayatta kalma mesafesine izin verse de özel göreliliğin zaman uzama etkisi (bakış açısından Dünya çerçevesinde), kozmik ışın ikincil müonlarının Dünya'nın yüzeyine uçuşta hayatta kalmasını sağlar, çünkü Dünya çerçevesinde müonlar hızlarından dolayı daha uzun bir yarı ömre sahiptir (Fermilab,2017).

4.3.Fluka/Flair Verileri

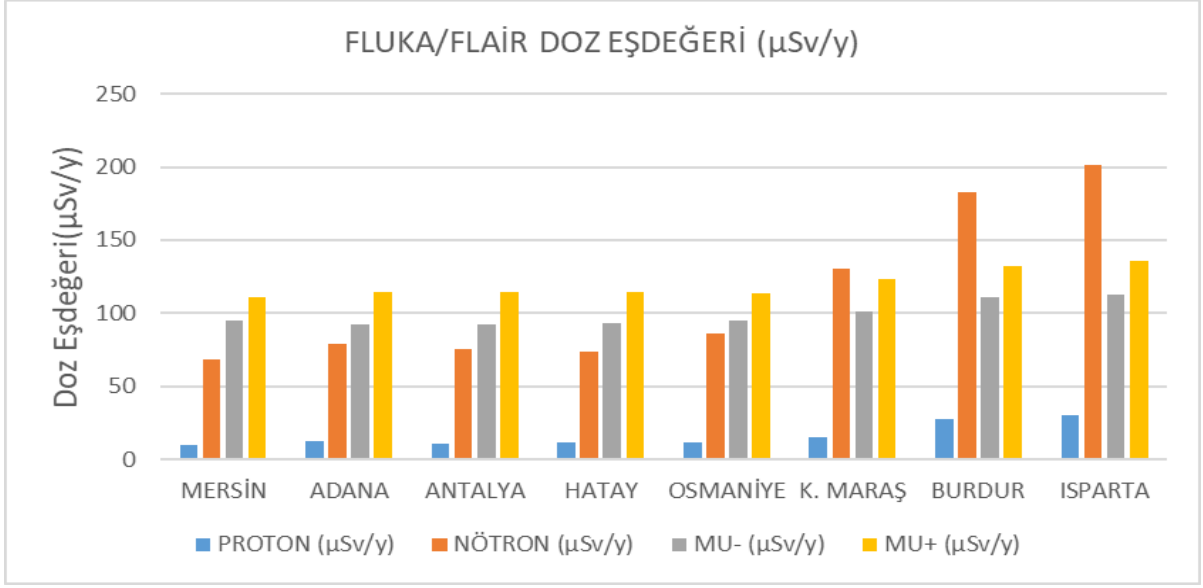
Akdeniz bölgesinde bulunan 8 ilin FLUKA/FLAIR programı ile ulaşılan sonuçlarına göre ortalama toplam kozmik eşdeğer doz miktarı çizelge 4.5, şekil 4.9 ve 4.10’da verilmiştir.

İL	TOPLAM ($\mu\text{Sv/y}$)	PROTON ($\mu\text{Sv/y}$)	NÖTRON ($\mu\text{Sv/y}$)	MU- ($\mu\text{Sv/y}$)	MU+ ($\mu\text{Sv/y}$)
MERSİN	285,4 \pm 0,87	9,4 \pm 0,33	68,7 \pm 0,68	94,5 \pm 0,74	111,3 \pm 0,7
ADANA	305,3 \pm 0,89	12,3 \pm 0,4	78,7 \pm 1,06	92,5 \pm 0,65	114,8 \pm 0,65
ANTALYA	300,6 \pm 0,92	10,4 \pm 0,34	75 \pm 1,24	92 \pm 0,68	114,5 \pm 0,64
HATAY	305,6 \pm 0,97	11,8 \pm 0,37	73,9 \pm 1,02	93 \pm 0,71	114,2 \pm 0,84
OSMANİYE	308,4 \pm 0,98	11,2 \pm 0,35	85,7 \pm 1,12	95,1 \pm 0,72	113,2 \pm 0,69
K. MARAŞ	375 \pm 2,46	15 \pm 0,43	130,4 \pm 1,86	101,2 \pm 0,88	122,9 \pm 0,68
BURDUR	441,3 \pm 5,04	27,4 \pm 0,62	182,4 \pm 2,04	110,7 \pm 0,71	132,5 \pm 0,72
ISPARTA	467,6 \pm 5,14	29,8 \pm 0,71	201,4 \pm 3,02	113 \pm 0,9	135,7 \pm 0,76

Çizelge 4.5 8 İlin ortalama kozmik radyasyon eşdeğer çizelgesi

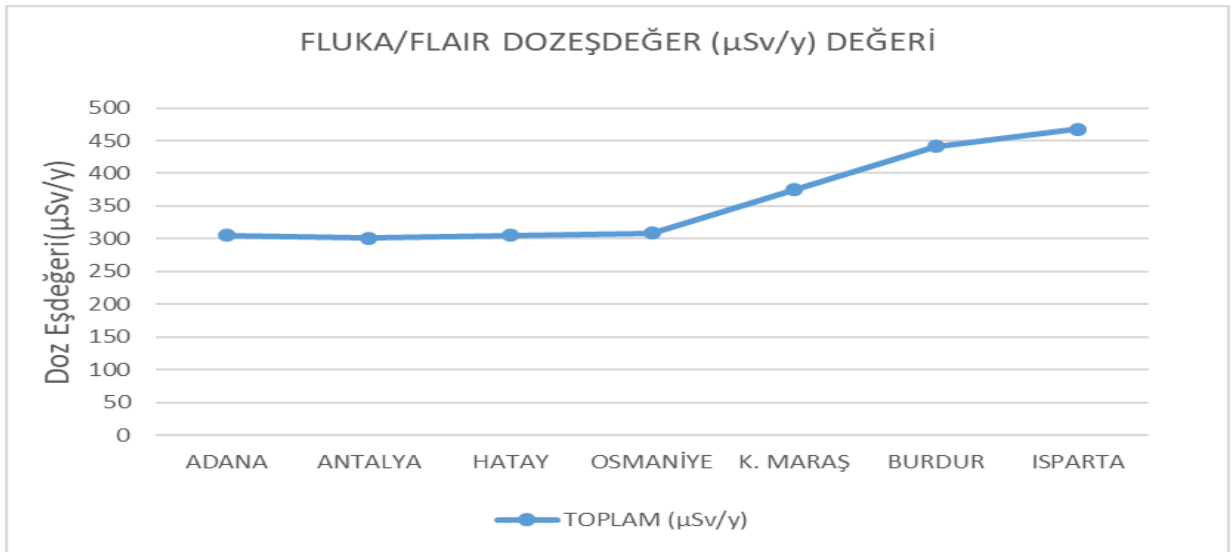


Şekil 4.13 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon eşdeğeri çizgi grafiği

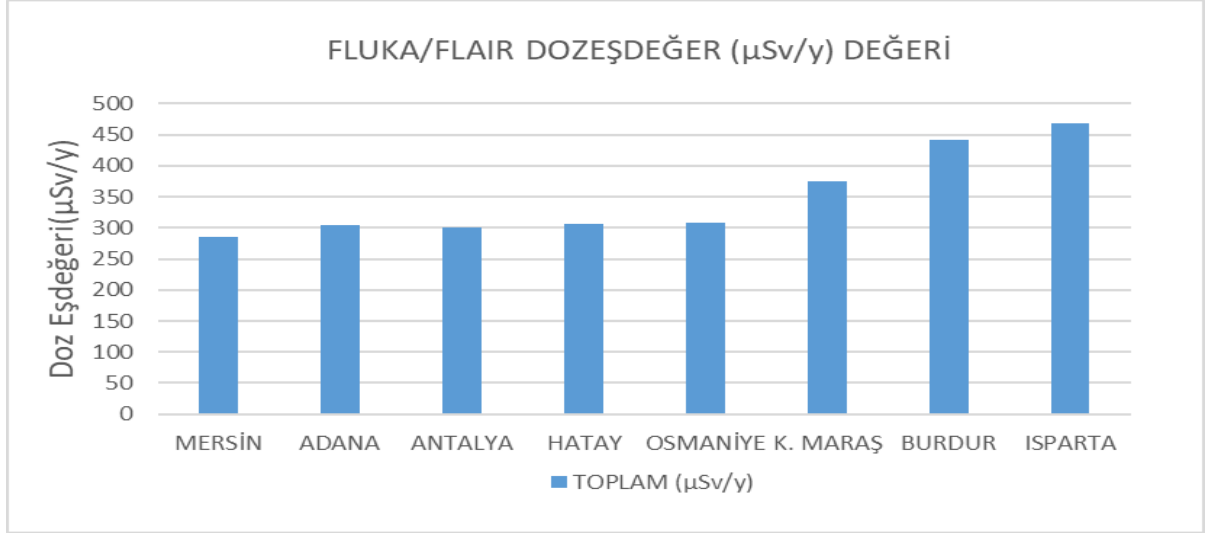


Şekil 4.14 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon eşdeğer sütun grafiği

Fluka/flair programına göre kozmik ışın parçacıklarını incelediğimizde Expacs ve Cari 7A'dan aldığımız veriler ile bir benzerlik görülmektedir.. Bu benzerliğe göre proton oranı en az olmakla birlikte rakımın yüksek olduğu yerlerde nötron oranında bir artış gözlemlenmekte olup, mu- ve mu+ oranları birbirleri ile uyum içerisinde olduğu görülmüştür. Fluka/flair programına göre Akdeniz Bölgesini oluşturan illerin toplam kozmik radyasyon eşdeğer verileri şekil 4.11'de ve ortalama parçacık kozmik radyasyon eşdeğerleri ise şekil 4.12'de sütun grafik olarak verilmiştir. Ayrıca çizelge 4.6'da ise parçacıkların toplam maruziyetteki yüzde oranları belirtilmiştir.



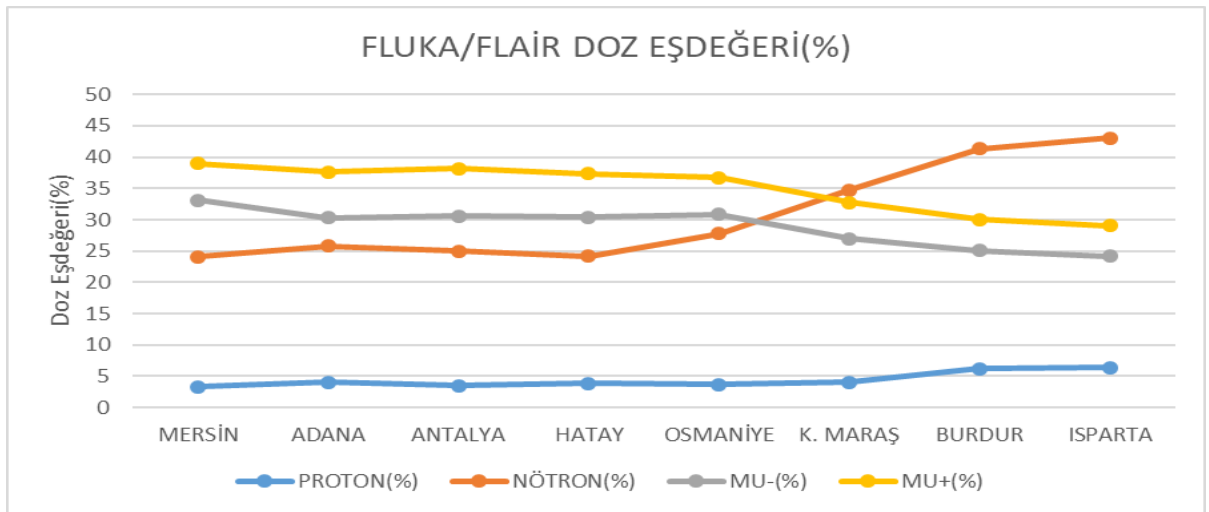
Şekil 4.15 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğer çizgi grafiği



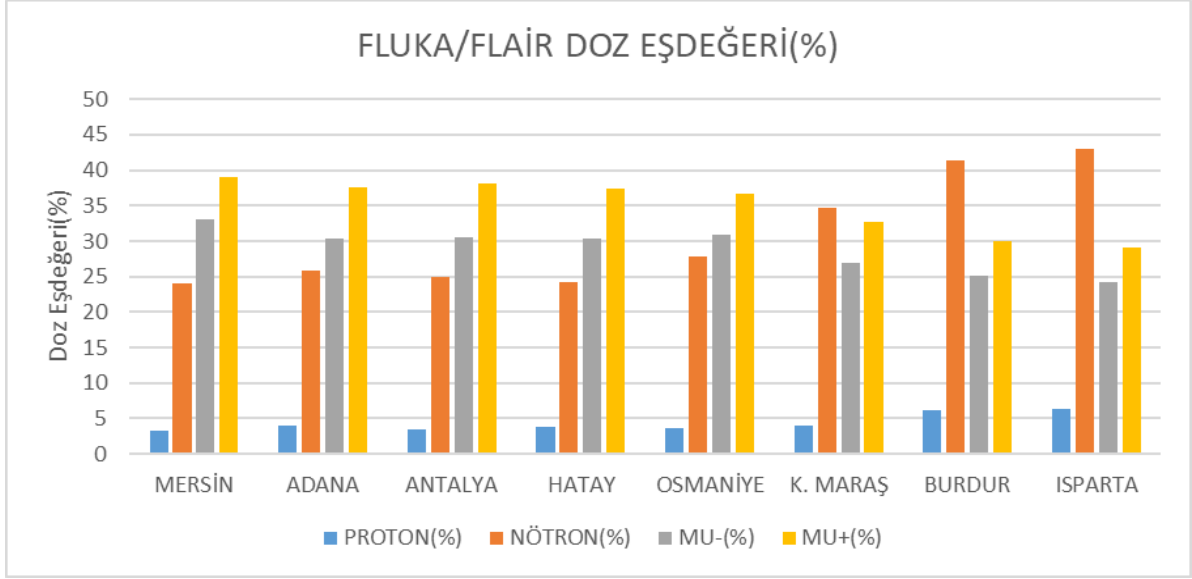
Şekil 4.16 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon eşdeğer sütun grafiği

İL	PROTON(%)	NÖTRON(%)	MU-(%)	MU+(%)
MERSİN	3,29	24,07	33,11	38,99
ADANA	4,02	25,77	30,3	37,6
ANTALYA	3,5	24,95	30,6	38,2
HATAY	3,86	24,18	30,43	37,37
OSMANİYE	3,63	27,78	30,83	36,7
K. MARAŞ	4	34,77	26,98	32,77
BURDUR	6,2	41,33	25,08	30,02
ISPARTA	6,37	43,07	24,16	29,02

Çizelge 4.6 8 ilin ortalama parçacık kozmik radyasyon yüzde çizelgesi



Şekil 4.17 8 İlin ortalama parçacık kozmik radyasyon yüzde çizgi grafiği



Şekil 4.18 8 İlin ortalama toplam kozmik radyasyon yüzde sütun grafiği

Fluka/flair programının çizelge 4.6'da yer alan yüzdesel sonuçları incelendiğinde rakımın arttığı yerlerde birincil parçacıkların oranında artma; rakımın azaldığı yerlerde ise ikincil parçacıklarda artış gözlemlenmektedir. Yine çizelge 4.6'da iller arasındaki oran farklarına bakıldığında nötron ve proton oranındaki en büyük yüzde, rakımı en yüksek il olan Isparta'da fazla, muon oranının ise az olduğu bulunmuştur. Rakımın en düşük olduğu Mersin ilinde ise nötron ve proton oranının düşük, muon oranının fazla olduğu bulunmuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

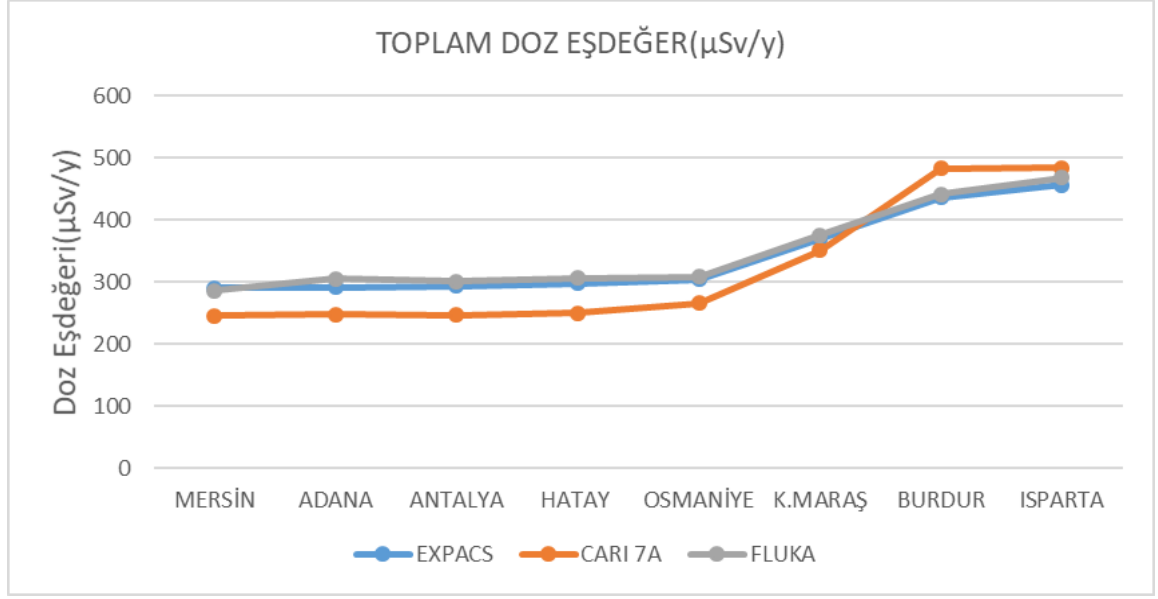
5.1 Programlar Arası Kıyalamalar

5.1.1 Toplam Kozmik Radyasyon Maruziyeti Kıyaslaması

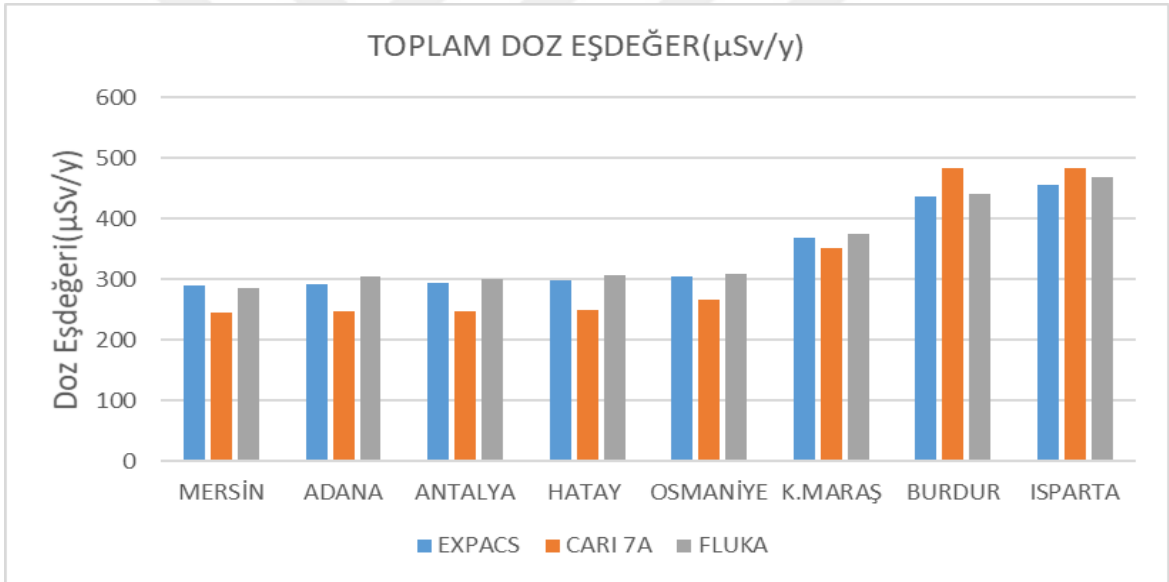
Akdeniz bölgesinde bulunan iller 36. ve 37. enlemler arasında yer aldığından birbirleri arasında toplam kozmik radyasyon farkının oluşmasını sağlayan en temel etken rakım olmuştur. Rakım ne kadar artarsa ve Kuzey yarım kürede ne kadar yukarı doğru gidilirse yani enlem artarsa kozmik ışın maruziyetinin arttığı tespit edilmiştir. Bu artışın rakım durumlu nedenlerinin en temeli Dünya'nın dış katmanlarına doğru gidildikçe koruma katmanlarının azalması ve ışınların doğrudan beden tarafından absorbe edilmesinden kaynaklı olmaktadır. Enlem durumlu nedenleri ise Dünya'nın manyetik alanının (Van Allen Kuşağı) Kuzey ve Güney yarım kürelerin 90. enlemlerine doğru gidildikçe incelmelerinden kaynaklıdır. Çizelge 5.1'de ve şekil 5.1'de illerin rakımsal olarak her üç programda da karşılaştırması verilmiştir.

İL	RAKIM (m)	EXPACS ($\mu\text{Sv/y}$)	CARI 7A ($\mu\text{Sv/y}$)	FLUKA ($\mu\text{Sv/y}$)
MERSİN	10	290,18	245,82 \pm 1,03	285,4 \pm 0,87
ADANA	23	291,66	247,18 \pm 1,03	305,3 \pm 0,89
ANTALYA	39	293,2	246,75 \pm 1,03	300,6 \pm 0,92
HATAY	100	297,7	250,03 \pm 1,05	305,6 \pm 0,97
OSMANİYE	129	303,44	265,66 \pm 1,11	308,4 \pm 0,98
K. MARAŞ	568	369,06	350,65 \pm 1,45	375 \pm 2,46
BURDUR	950	436,3	483,16 \pm 1,99	441,3 \pm 5,04
ISPARTA	1049	456,65	483,6 \pm 1,98	467,6 \pm 5,14

Çizelge 5.1 İllerin toplam etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması



Şekil 5.1 İllerin toplam kozmik radyasyon etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması



Şekil 5.2 İllerin toplam kozmik radyasyon etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması

Çizelge 5.1, şekil 5.1 ve 5.2’ de görüldüğü gibi toplam kozmik radyasyon etkisinin illere göre değişiklik göstermesinin temel nedeni rakım’dır. Programların rakım faktörüne bağlı olarak belirli bir uyum gösterdiği görülmekle birlikte Cari 7A programı yüksek irtifalarda kullanılmak amacıyla kodlandığından yer seviyesinde kullanıldığında daha düşük bir sonuç verirken rakımın yükselmesiyle çıktılarında artış gözlemlenmektedir. Bu nedenle Cari 7A yüksek irtifa ölçümlerinde kullanılması daha uygun olmakla birlikte Expacs programı karasal kozmik radyasyon ölçümlerinde kullanılması daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

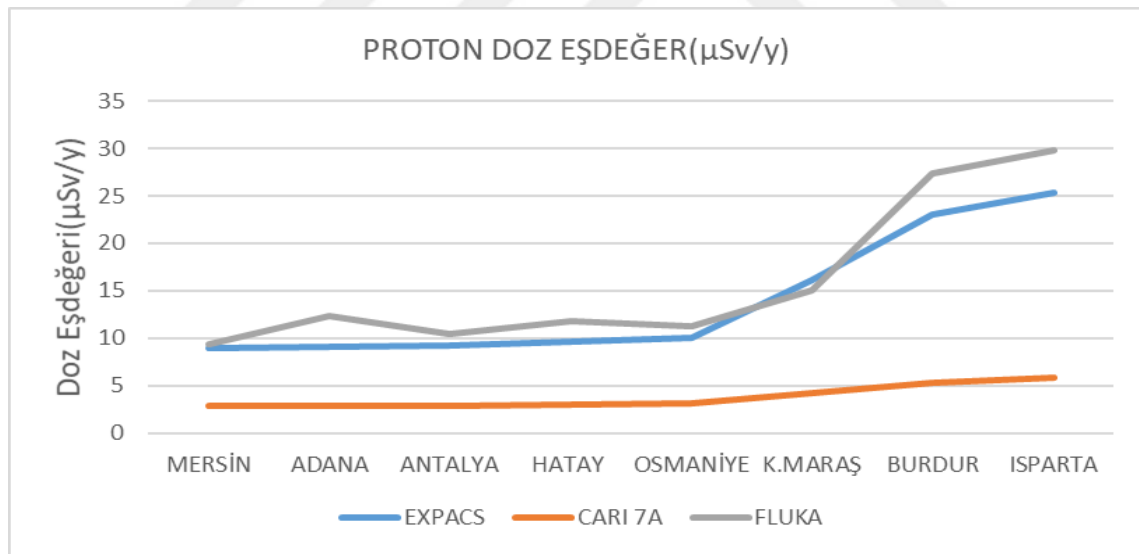
2690 sayılı Türkiye Atom Enerjisi Kurumu Kanunu'nun dördüncü maddesinin (d) bendine göre düzenlenmiş olan radyasyon güvenlik yönetmeliğine göre yıllık doz sınırları radyasyon görevlilerinde etkin doz ardışık beş yılın ortalaması 20 mSv'i, bir yılda ise 50 mSv'i geçemez. El ve ayak veya cilt için yıllık eşdeğer doz sınırı 500 mSv ve göz merceği için ise 150 mSv'dir. Cilt için en yüksek radyasyon dozuna maruz kalan 1 cm²'lik alanın eşdeğer dozu, diğer alanların aldığı doza bakılmaksızın ortalama cilt eşdeğer dozu olarak kabul edilmektedir. Toplum üyesi kişiler için ise etkin doz yılda 1 mSv'i geçemez. Özel durumlarda; ardışık beş yılın ortalaması 1 mSv olmak üzere yılda 5 mSv'e kadar izin verilir. Cilt için yıllık eşdeğer doz sınırı 50 mSv, göz merceği için 15 mSv'dir(RGY, 2000). Bu kanun gereğince ölçülen değerlerin önemsiz düzeyde kaldığı görülmektedir.

5.1.2 Proton Maruziyeti Kıyaslaması

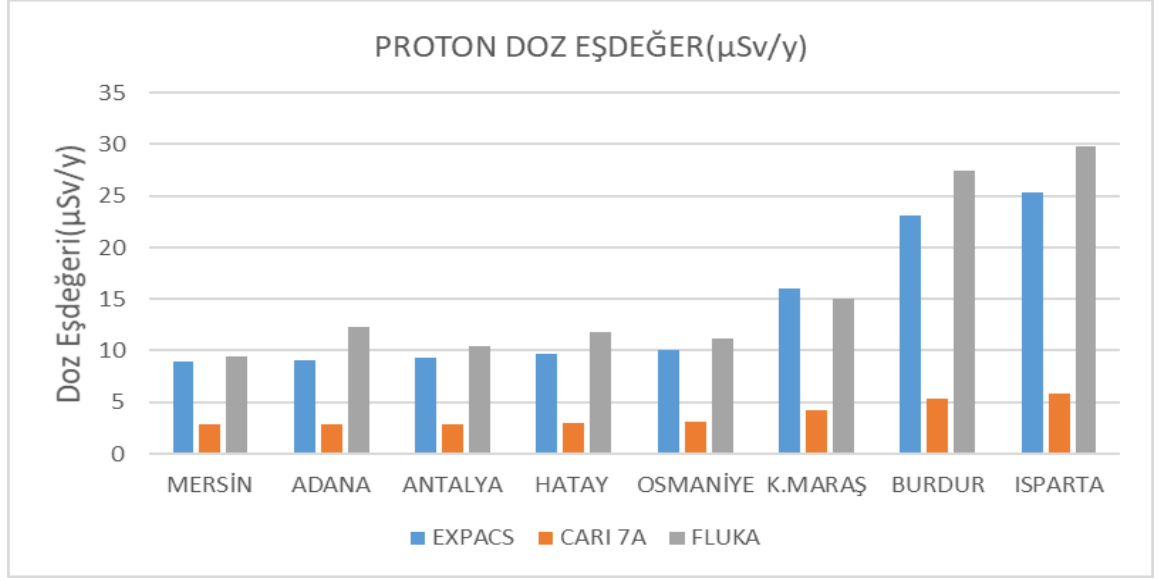
Çizelge 5.2, şekil 5.3 ve 5.4’de görüldüğü gibi bölgede yer alan şehirlerin rakıma bağlı proton etkisine bakıldığında programların uyum içerisinde değerlerinin arttığı görülmüştür.

İL	RAKIM (m)	EXPACS ($\mu\text{Sv/y}$)	CARI 7A ($\mu\text{Sv/y}$)	FLUKA ($\mu\text{Sv/y}$)
MERSİN	10	8,98	2,84±0,14	9,4±0,33
ADANA	23	9,12	2,89±0,14	12,3±0,4
ANTALYA	39	9,26	2,92±0,14	10,4±0,34
HATAY	100	9,67	2,95±0,15	11,8±0,37
OSMANİYE	129	10,04	3,11±0,15	11,2±0,35
K. MARAŞ	568	16,069	4,19±0,21	15±0,43
BURDUR	950	23,04	5,35±0,26	27,4±0,62
ISPARTA	1049	25,39	5,79±0,29	29,8±0,71

Çizelge 5.2 İllerin proton etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması



Şekil 5.3 İllerin proton etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması



Şekil 5.4 İllerin proton etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması

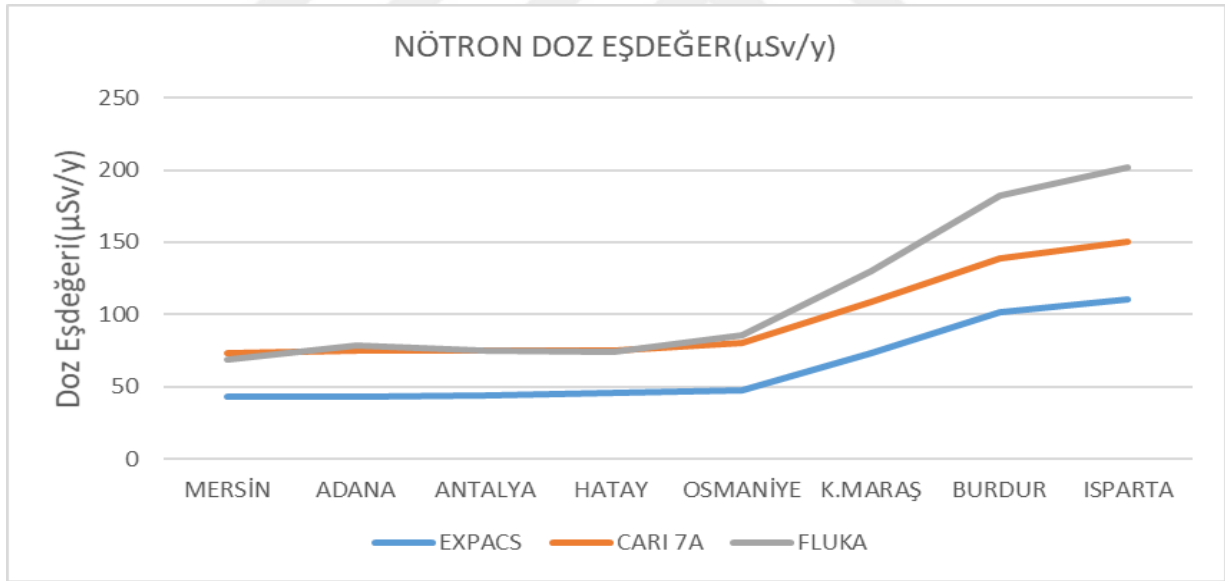
Diğer yandan Expacs ve Fluka arasında daha iyi bir uyum görülürken Cari 7A ise düşük seviyede kalmaktadır. Esas itibariyle bu değer $7\mu\text{Sv} - 20\mu\text{Sv}$ arasında olduğu için önemsiz olarak görülebilir ama bunun sebebi Cari 7A programının yüksek irtifalar için tasarlanmıŐ olması ve protonun birincil parçacıklarda oranının daha fazla olması sebebiyle düşük irtifa ölçümlerinde daha düşük bir değerde ölçülmektedir.

5.1.3 Nötron Maruziyeti Kıyaslaması

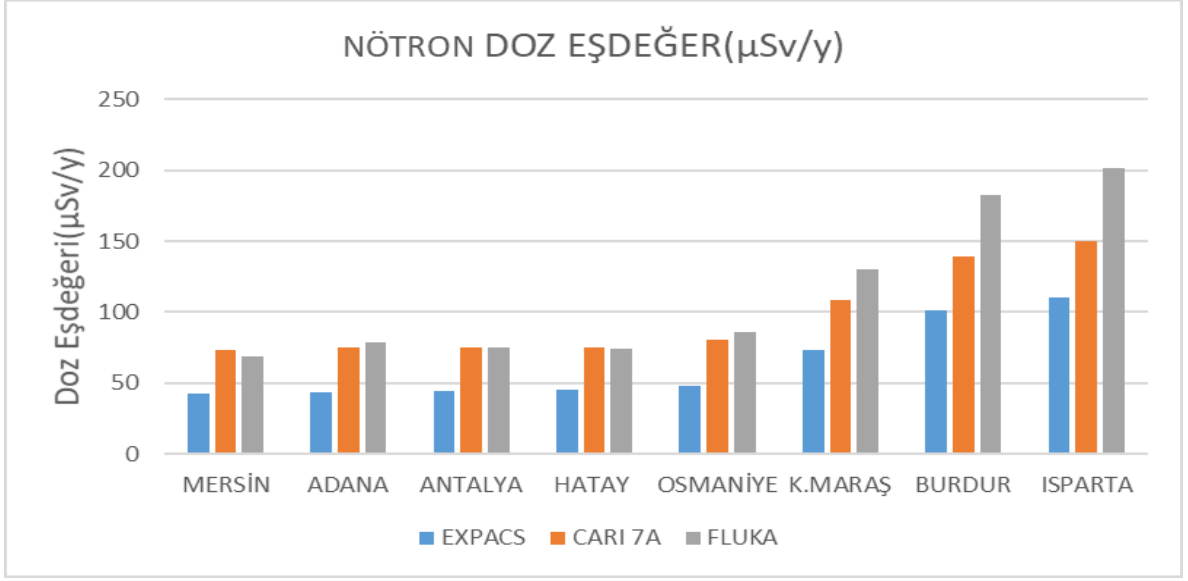
Yine çizelge 5.3 ve şekil 5.5 ve 5.6’da birlikte değerlendirildiğinde, programlarda rakıma göre uyumlu bir artış ve azalma görülmektedir.

İL	RAKIM (m)	EXPACS ($\mu\text{Sv/y}$)	CARI 7A ($\mu\text{Sv/y}$)	FLUKA ($\mu\text{Sv/y}$)
MERSİN	10	42,6	73,24 \pm 3,72	68,7 \pm 0,68
ADANA	23	43,3	74,66 \pm 3,79	78,7 \pm 1,06
ANTALYA	39	44	75,4 \pm 3,83	75 \pm 1,24
HATAY	100	45,48	75,35 \pm 3,89	73,9 \pm 1,02
OSMANİYE	129	47,79	80,44 \pm 4,08	85,7 \pm 1,12
K. MARAŞ	568	73,073	108,67 \pm 5,57	130,4 \pm 1,86
BURDUR	950	101,29	139,2 \pm 7,12	182,4 \pm 2,04
ISPARTA	1049	110,27	149,94 \pm 7,65	201,4 \pm 3,02

Çizelge 5.3 İllerin nötron etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması



Şekil 5.5 İllerin nötron etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması



Şekil 5.6 İllerin nötron etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması

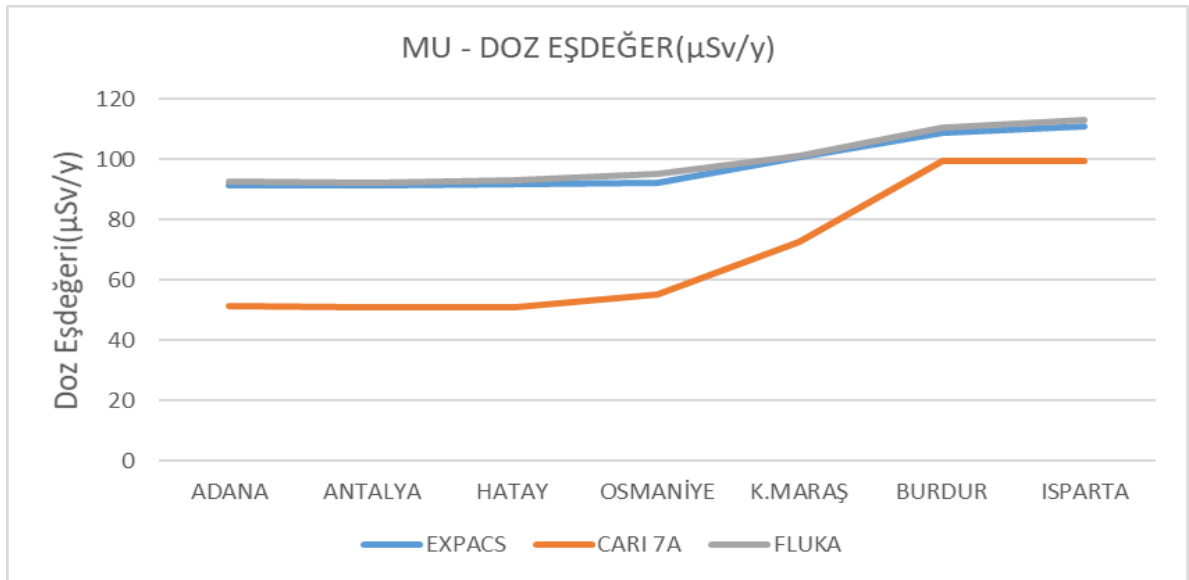
Diğer yandan programlar arası sonuçlar kıyaslandığında Cari 7A ve Fluka arasında daha doğrusal bir benzerlik olmakla birlikte Expacs ölçümleri düşük seviyede kalmaktadır. İller arasındaki ölçümler incelendiğinde rakımın artışı ile birlikte alınan nötron maruziyetinin de arttığı görülmüştür.

5.1.4 Mu- Maruziyeti Kıyaslaması

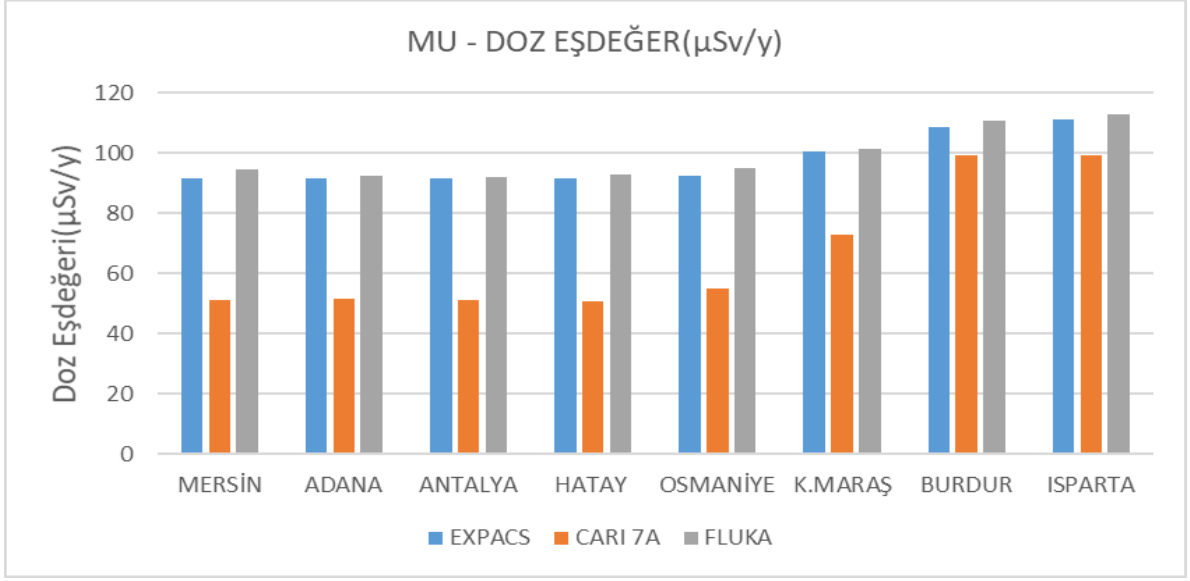
Çizelge 5.4 ve şekil 5.6 ve 5.7’de ise üç programın birlikte mu- maruziyet etkisini incelediğimizde expacs ve fluka programları arasında kesin bir uyum gözlemlenmekte iken Cari 7A’nın sonuçları alt düzeyle kalmakla beraber rakım arttıkça eşit düzeye çıkmaktadır. Bu durumun nedeni olarak Cari 7A’nın ölçüm önceleği yüksek irtifalar olduğu ve mu- parçacığı ikincil parçacık olduğundan dolayı muon sayımlarını eksik değerde yapmakta olduğu düşünülmektedir.

İL	RAKIM (m)	EXPACS ($\mu\text{Sv/y}$)	CARI 7A ($\mu\text{Sv/y}$)	FLUKA ($\mu\text{Sv/y}$)
MERSİN	10	91,64	51,03±0,21	94,5±0,74
ADANA	23	91,38	51,47±0,21	92,5±0,65
ANTALYA	39	91,4	51,08±0,21	92±0,68
HATAY	100	91,64	50,84±0,21	93±0,71
OSMANİYE	129	92,33	54,96±0,22	95,1±0,72
K. MARAŞ	568	100,58	72,64±0,29	101,2±0,88
BURDUR	950	108,68	99,38±0,39	110,7±0,71
ISPARTA	1049	111,06	99,4±0,39	113±0,9

Çizelge 5.4 İllerin mu- etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması



Şekil 5.7 İllerin mu- etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması



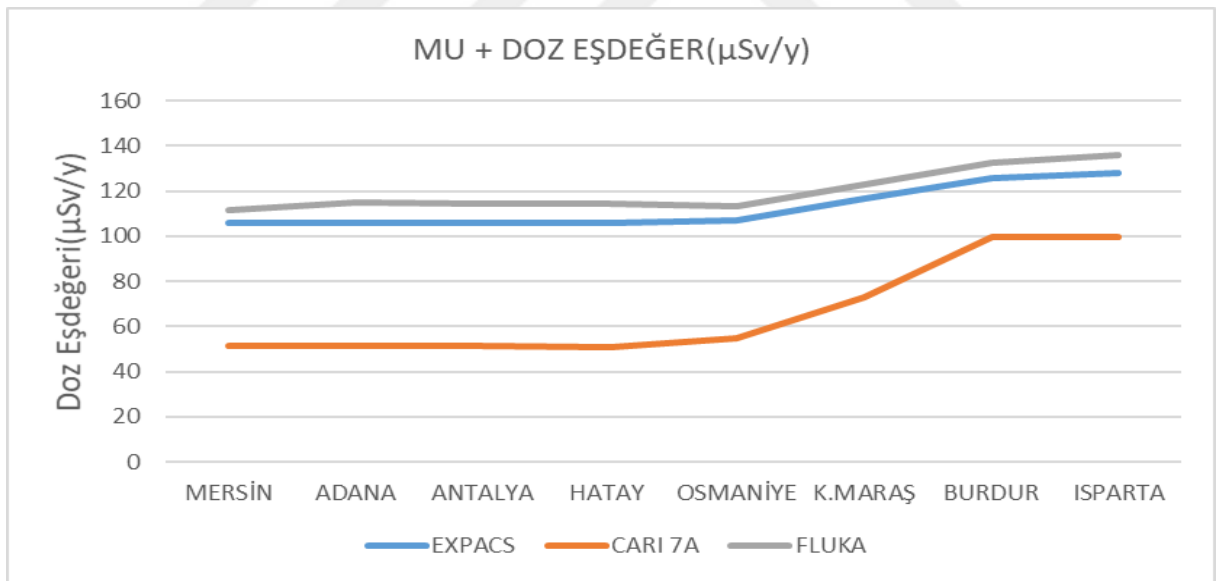
Şekil 5.8 İllerin mu- etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması

5.1.5 Mu+ Maruziyeti Kıyaslaması

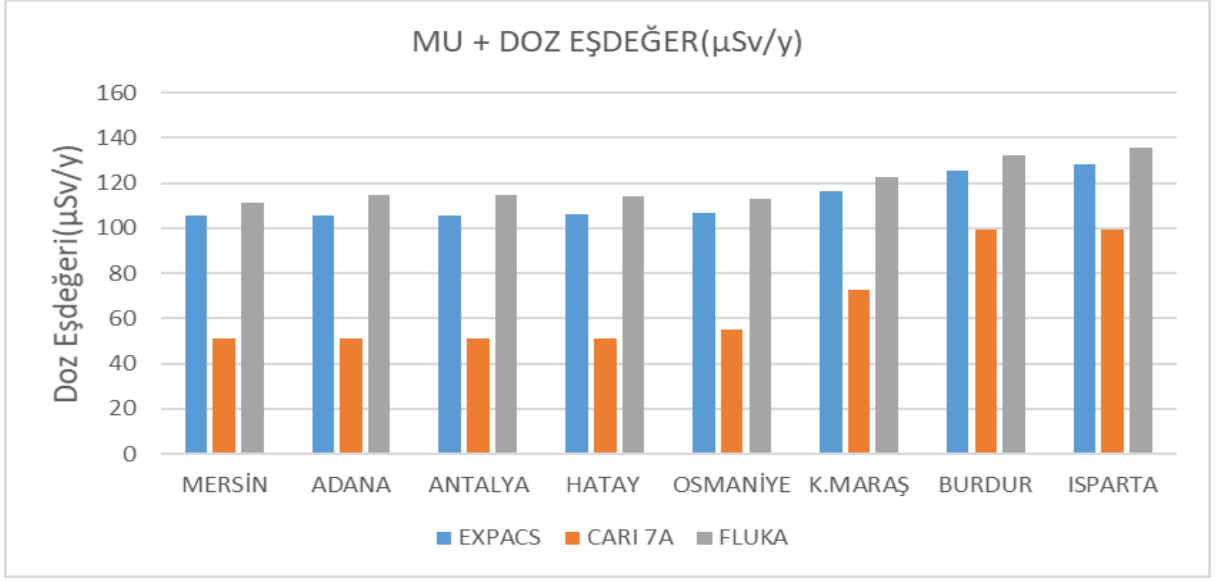
Son olarak çizelge 5.5, şekil 5.9 ve 5.10'da mu+ maruziyet etkisini her üç programda birlikte değerlendirdiğimizde yüksekliğe baağlı olarak bir artış ve azalmanın olduğu görölmektedir.

İL	RAKIM (m)	EXPACS ($\mu\text{Sv/y}$)	CARI 7A ($\mu\text{Sv/y}$)	FLUKA ($\mu\text{Sv/y}$)
MERSİN	10	105,7	51,11 \pm 0,21	111,3 \pm 0,7
ADANA	23	105,76	51,17 \pm 0,21	114,8 \pm 0,65
ANTALYA	39	105,78	51,16 \pm 0,21	114,5 \pm 0,64
HATAY	100	105,98	50,84 \pm 0,21	114,2 \pm 0,84
OSMANİYE	129	106,8	55,04 \pm 0,22	113,2 \pm 0,69
K. MARAŞ	568	116,56	72,75 \pm 0,29	122,9 \pm 0,68
BURDUR	950	125,61	99,54 \pm 0,39	132,5 \pm 0,72
ISPARTA	1049	128,12	99,55 \pm 0,39	135,7 \pm 0,76

Çizelge 5.5 İllerin mu+ etkisinin rakıma bağı karşılaştırılması



Şekil 5.9 İllerin mu+ etkisinin rakıma bağı karşılaştırılması



Şekil 5.10 İllerin mu+ etkisinin rakıma bağlı karşılaştırılması

Ayrıca Expacs ve Fluka arasında bir uyum gözlemlenmekte iken Cari 7A'nın verileri aŐađı düzeyde kalmaktadır. Bunun nedeni ise Cari 7A'nın yüksek irtifalar için tasarlanmasından kaynaklı olup muon parçacıklarının ikincil parçacıklar olmasından olduğu düşünölmektedir.

5.2 Öneriler

Yapmış olduğumuz bu tez ile Akdeniz Bölgesine ait illerin kozmik radyasyon dozeşdeğerlerinin hesabı yapılarak Türkiye'nin kozmik radyasyon haritasının oluşturulmasına katkı sağlanmış olup, sivil insanların hangi oranda kozmik radyasyona maruz kaldıkları gösterilmiştir. Aynı zamanda bu tez ile hangi programların hangi rakım değerlerinde kullanılması gerektiğide vurgulanmıştır.

İleride Türkiye'nin veya Dünya'nın çeşitli bölgelerinde ve yükseltilerinde bu programlar kullanılarak farklı çalışmalar yapılabilir. Expacs programının deniz seviyesinin altında 500m'ye kadar çalışma olanağı kullanılarak kıyı şeritlerimizin kozmik radyasyon hesapları yapılabilir. Yine bu programlar sayesinde Türkiye'nin uçak trafiğinin yoğun olduğu yerlerde pilotların maruz kaldıkları kozmik radyasyon miktarı bulunabilir.

KAYNAKLAR

- Allison, N., Jaynes U., Maria U.,(2020) The dynamic loss of earth's radiation belts. Elsevier, ISBN 978-0-12-813371-2. India, 3s.
- Blake, J.B., Kolasinski, W.A., Fillius, R.W., Mullen, E.G., (1992). Injection of electrons and protons with energies of tens of MeV into L , 3 on 24 March 1991. Geophys. Res. Lett. 19, 821-824s.
- Christian, E. (2000). Are cosmic rays electromagnetic radiation?". https://web.archive.org/web/20000531200225/http://helios.gsfc.nasa.gov/qa_cr.html#em
- Chowdhury, Y. S. (2022). "Radiation Exposure Of Medical Imaging",StatPearls, Treasure Island (FL): StatPearls Publishing,PMID 33351446.
- Cilek V., (2009) Cosmic influences on the earth. ISBN 978-1-84826-104-4. USA, 165s.
- Copeland, K. (2014) Cosmic ray particle fluences in the atmosphere resulting from primary cosmic ray heavy ions and their resulting effects on dose rates to aircraft occupants as calculated with MCNPX 2.7.0. Doctoral Thesis, Royal Military College of Canada, Kingston, Ontario, Canada
- Dembinski, H. (2018). Data-driven model of the cosmic-ray flux and mass composition from 10 GeV to 10^{11} GeV. Proceedings of science, 301(35), 1-8.
- Fermilab. (2017) "Muon g-2 Experiment". Muon g-2 Experiment. April 26. <https://lss.fnal.gov/archive/2017/conf/fermilab-conf-17-601-ppd.pdf> (Son erişim: 26.04.2023)
- Fennell, J.F., et al., (2016). Microinjections observed by MMS FEEPS in the dusk to midnight region. Geophys. Res. Lett. 43s.
- Friedel, R.H.W., Reeves, G.D., Obara, T., (2002). Relativistic electron dynamics in the inner Magnetosphere a review. J. Atmos. Sol.-Terr. Phys. 64, 265-282s.
- Hayanon, (2006). What are cosmic rays?. <https://www.arvindguptatoys.com/arvindgupta/scostep-cosmicrays.pdf> (Son erişim: 26.04.2023)
- Holly, Z. (2015). Van Allen Probes Spot an Impenetrable Barrier in Space.
- Hubbell, John H. (2001). "Radiation detection and measurement, 3rd Edition, Glenn F. Knoll; Wiley, New York, 2000, pp. xiv+802; cloth: alk. Paper, ISBN 0-471-07338-5". Radiation Physics and Chemistry. 60 (1-2): 33-34.
- Ice Cube Collaboration. (2018). Neutrino emission from the direction of the blazar TXS 0506+056 prior to the IceCube-170922A alert. ISSN 0036-8075. P147-151.
- Karagöz, G., (2022). Measurement Of Helium Flux And Variability In Low Earth Orbit

With The Alpha Magnetic Spectrometer. Yüksek Lisans Tezi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi. Ankara. 11s.

- Kavosi, S., Spence, H.E., Fennell, J.F., Turner, D.L., Connor, H.K., Raeder, J., (2018). MMS/FEEPS observations of electron microinjections due to Kelvin-Helmholtz waves and Flux Transfer Events: A case study. *JGR: Space Physics* 123s.
- Kelley, M.C. (1989) *The Earth's Ionosphere, Plasma Physics and Electrodynamics*. Academic Press, Inc., San Diego, California.
- Li, X., Selesnick, R., Schiller, Q., Zhang, K., Zhao, H., Baker, D.N., et al., (2017). Measurement of electrons from albedo neutron decay and neutron density in near-Earth space.
- Mewaldt, R. A. (1996). Cosmic rays. California institute of technology. <https://authors.library.caltech.edu/52359/1/1997-57.pdf> (Son erişim: 26.04.2023)
- Morison, I. (2008). *Introduction to Astronomy and Cosmology*. John Wiley & Sons. ISBN 978-0-470-03333-3. USA, 198s.
- NASA. (2012). "What are cosmic rays?". Goddard Space Flight Center. NASA. (Son erişim: 15.06.2022)
- O'Brien, K. (2003) et al. World-wide radiation dosage calculations for air crew members. *Adv. Space Res.* 31(4), 835–840.
- Özçağlar, A. (2012) Akdeniz Bölgesi. <http://geography.humanity.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/277/2015/08/ADANA-B%C3%96LGES%C4%B0-1.pdf>. (Son erişim: 13.03.2023)
- Pleijel H. (1936). <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1936/ceremony-speech/>(Son erişim:15.06.2022)
- Pinholster, G. (2013). "Evidence shows that cosmic rays come from exploding stars". <https://www.aaas.org/news/science-evidence-shows-cosmic-rays-come-exploding-stars> (Son erişim: 15.06.2022)
- Reeves, G.D., et al., (2016). Energy- dependent dynamics of keV to MeV electrons in the inner zone, outer zone, and slot regions. *J. Geophys. Res. Space Phys.* 121, 397-412s.
- RGY, (2000). Radyasyon güvenlik yönetmeliği. Sayı:23999, Turkey. 1-3sf.
- Sato, T., (2018) "EXPACS: Excel-based Program for calculating Atmospheric Cosmic-ray Spectrum User's Manual".
- Sato, T., (2016) "Analytical Model for Estimating the Zenith Angle Dependence of Terrestrial Cosmic Ray Fluxes, *PLOS ONE*, 11(8): e0160390. Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160390>

- Sato, T., (2015) “Analytical Model for Estimating Terrestrial Cosmic Ray Fluxes Nearly Anytime and Anywhere in the World: Extension of PARMA/EXPACS”, PLOS ONE, 10(12): e0144679.
- Sato, T., Niita, K., (2006) “Analytical functions to predict cosmic-ray neutron spectra in the atmosphere”. *Radiat. Res.* 166, 544-555.
- Selesnick, R.S., (2015). High-energy radiation belt electrons from CRAND. *J. Geophys. Res. Space Phys.* 120s.
- Sharma, S., (2008) Atomic and nuclear physics. Person Education, ISBN 978-81-317-1924-4. India, 478s.
- Su, Z., et al., (2016). Nonstorm time dropout of radiation belt electron fluxes on 24 September 2013. *J. Geophys. Res. Space Phys.* 121(7), 1-17.
- Turner, D.L., Angelopoulos, V., (2016). Extreme variability of relativistic electrons in Earth’s outer radiation belt: an overview and recent revelations. In: Balasis, G., Daglis, I.A., Mann, I.R. (Eds.), *Waves, Particles, and Storms in Geospace*, First ed. Oxford University Press, 2016. Published in 2016 by Oxford University Press.
- Zhao, H., Baker, D.N., Califf, S., Li, X., Jaynes, A.N., Leonard, T., et al., (2017). Van Allen probes measurements of energetic particle deep penetration into the low L region (L , 4) during the storm on 8 April 2016. *J. Geophys. Res.: Space Phys.* 122s.