

DÜNYAYI KORKUTAN STRONSIYUM-90 SERPİNTİSİ

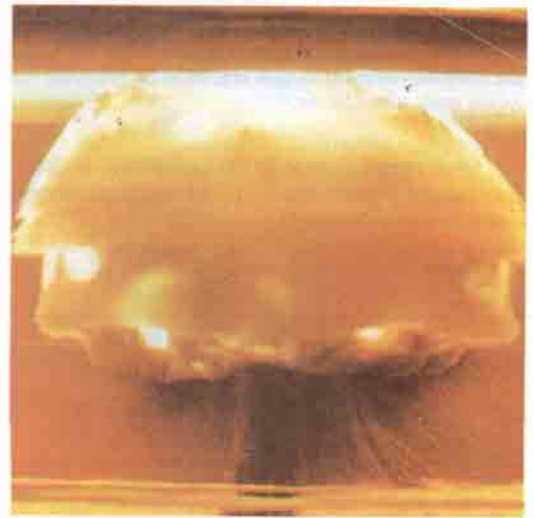
Güner GÖYMEN*, Hilmi GÜRSES**,
Meral HOŞCAN***

İlk atom bombasının patlatıldığı 1945 yılından sonraki yıllarda stratosferde, atmosferde, biyosferde ve litosferde radyoaktif parçacıkların neden olduğu aktiflik hızla artmaya başlamıştır. 1956 yılında stratosferde aktiflik 3 milyon Curie'ye yükselmiştir.

Stratosferden yer yüzüne düşen radyoaktif izotop serpintilerine dünya literatüründe "VORLWIDE-FALL-OUT", yani "DÜNYA ÇAPINDA SERPİNTİ" denir. Dünyanın her noktasını tehdit eden bu serpintilerin en zararlı ve yaygın radyoizotopları Sr-90 Y-90 ve Cs-137'dir. Çünkü bu izotopların yarılanma süreleri uzun olup, sırası ile 28 (Sr-90 ve Y-90'ın toplam yarılanma süresi) ve 33 yıldır. Biyosferdeki kirlenmeye bu izotoplar neden olur. Yarılanma süresi kısa olan radyoizotoplar yer yüzüne erişemezler.

Stratosferdeki Sr-90 miktarının % 10-20'si her yıl yağmurlarla yer yüzüne düşmektedir. Toprağa düşen Sr-90 izotopu buradan içme sularına, bitkilere, bitkilerden hayvanlara ve insanlara geçmektedir.

Atom bombası denemeleri ve çekirdek reaktörü kazalarında meydana gelen 1 MT TNT⁽¹⁾ şiddeti üstündeki patlamalar esnasında U-235 çekirdeğinin fizyon ürünleri, çok büyük bir kinetik enerji ile stratosfere kadar yükselirler; buradaki yüksek rüzgârların etkisiyle dünya çevresine dağılırlar ve meteorolojik faktörlerin kontrolü altında bir yol izleyerek yağmur suyu içinde yer yüzünün çeşitli yerlerine düşerler. Bir nükleer patlama sonucu olarak, yer yüzünün herhangi bir noktasına stratosferdeki radyoaktif parçacıkların erişebilmesi için aşağı yukarı on yıl gerekir. Bütün multidisipliner çalışmalara rağmen nükleer patlamanın olduğu noktaya göre, stratosfer serpintilerinin en fazla görüleceği lokalizasyon saptanması mümkün olmamıştır. Yalnız kesin olarak bilinen bir bulgu vardır ki, bu da radyoaktif parçacıkların düş-



Bikini'de 1946 yılında yapılan su üstü atom bombası patlamasında oluşan "mantar bulutu"nun yüksekliği aşağı yukarı 9 km dir. Bu yüksekliğe 9 dakikada erişmiştir.

tüğü yerin jeolojik, hidrojeolojik ve tektonik özellikleri bilhassa Sr-90 izotopunun canlılara geçme olasılığına etki etmektedir.

Sr elementinin kimyasal özellikleri, Ca elementinin kimyasal özelliklerine çok benzer. Bu benzerlik, iki element arasında diadohi ilişkilerinin görülmesine neden olur. Ca ve Sr elementlerinin bulunduğu bir kristalleşme ortamında, Ca ve Sr elementleri homojen bir katı çözültü meydana getirebilirler. Yani kristal fazda aynı değerlilikli örgü noktalarında biri veya diğeri yer alabilir. Aynı şekilde biyolojik sistemdeki kalsiyümü biyominerallerin içindeki Ca yerine, kristal kimyası prensiplerine göre, kısmen Sr geçebilir.

Sr-90 kirliliğinin ölçülmesinde kullanılan "Stronsiyum-Unit" birimi Ca ile Sr arasındaki diadohi ilişkileri dikkate alınarak oluşturulmuştur. Uluslararası bir birim olarak kabul edilen "Stronsiyum-Unit" in simgesi S.U.'dir. 1 S.U. 1 gram kalsiyumda ölçülen 1 mikro-mikro Curie'ye eşittir; 1 μ Ci/g. Ca şeklinde ifade edilir. Örneğin 1957 yılında Norveç'te sütte 15,5 S.U. ölçülmüştür. Yine 1957 yılında Japonya'da 1 aylık bebekte 4,6 S.U. bulunmuştur. Genel olarak kemikte ölçülen 1 S.U. insan sağlığı için tehlike sınırı olarak kabul edilir.

70 kg ağırlığındaki bir insanda 1 kg kadar kalsiyum vardır. Bu kilodaki bir insanda ölçülebilecek olan en yüksek S.U. değeri 1000 S.U. olabilir.

Stronsiyumun insanlar ve hayvanlar üzerindeki zararlı etkileri ve topraktan insana geçişi, çok sayıda araştırmacı tarafından incelenmiştir. Aynı süre ve zamanda Sr-90 serpintisi ile kirlenen farklı jeolojik fermasyonlarda yetişen bitkilerde ve bunlarla beslenen canlılarda yapılan ölçülerde S.U. değerleri fark-

* Prof. Dr., Gazi Üniversitesi, Müh.-Mim. Fak., Kimya Mühendisliği Bölümü.

** Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Tıp Fak., Göğüs Hastalıkları Anabilim Dalı.

*** Yrd. Doç. Dr., Gaziantep Üniversitesi, Müh. Fak., Fizik Mühendisliği Bölümü.

li bulunmuştur. Ca konsantrasyonunun yüksek olduğu topraklarda, bitkiler (bilhassa buğday) yeterince Ca bulduğundan Sr-90 toprakta kalır. Eğer toprakta Ca konsantrasyonu düşük ise, bitki Sr iyonunu Ca iyonu imiş gibi alabilir.

1964 yılında Comar Sr-90 izotopunun buğdaydan insana geçişini incelemiş ve aşağıdaki değerleri bulmuştur (Tablo 1).

Tablo 1: Sr-90 izotopunun bitkiden insana geçişinde yapılan ölçümler.

İnek yemi, 100 μ Ci/g. Ca	Süt 10 μ Ci/g. Ca
İnsan yiyeceği 10 μ Ci/g. Ca	İnsan kemiği 2,5 μ Ci/g. Ca

1957 yılında çeşitli ülkelerde çocuklarda yapılan ölçümlerde, insan sağlığı için tehlike sınırı olarak kabul edilen değerler çok aşıldığı saptanmıştır.

Sr-90 İZOTOPUNUN TOPRAĞA VE BİTKİYE GEÇİŞİ

Radyoaktif olmayan litofil Sr-87 izotopu, bazı ka-yaç oluşturan minerallerin içinde eser element olarak bulunabildiğinden, jeolojik formasyona bağlı olarak bazı toprakların bünyesine girer.

Stratosferden gelen radyoaktif Sr-90 izotopları yağmur suyunda Sr-90 (OH)₂ ve Sr-90 iyonu şeklinde bulunabilir. Bu iyonlar topraktaki (HCO₃)₂ iyonlarıyla birleşince Sr-90 (HCO₃)₂ bileşiğini oluşturur. Sr-90 (HCO₃)₂ ve Sr-90 (OH)₂ reaksiyona girer ve Sr-90 CO₃ meydana gelir. Toprakta biyolojik işlemlerle oluşan HCl, HNO₃ gibi asitlerin etkisiyle SrCO₃ çözülür; açığa çıkan Sr-90 iyonları Al₂O₃ ve SiO₂ jelinin ve kil taneciklerinin yüzeylerine adsorbe olur. Adsorbente çok zayıf bağlarla bağlanmış iyonlar, bitki kökleri ile kalsiyum alabilen bitkilere kalsiyum imiş gibi geçerler. Örneğin toprakta Sr-90 varsa, buğday bunu kolaylıkla alacaktır. Topraktaki kalsiyum konsantrasyonunun yüksek olması Sr-90'ın bitkiye geçme olasılığını azaltacaktır. Eğer toprak kalsiyumca fakirse, bitki ihtiyacı olan kalsiyumu almak isterken, onun yerine Sr-90'ı alacaktır.

İçme sularından Sr-90 izotopunun temizlenmesi, dünyada güncel bir konu olmuştur.

Yukarıdaki açıklamaların ışığı altında Sr-90'ın içme sularından temizlenmesi için bazı önlemler alınabilir. Sr-90 (HCO₃)₂ bileşiğinin sulara yaptığı geçici sertlik Ca(OH)₂ ile giderilebilir. Sr-90 iyonlarının (PO₄)⁻³ iyonları ile çöktürülmesi de mümkündür. Sentetik sodyum-alüminyum silikatları (permutit), suya Na iyonlarını verip, sudan Sr-90 iyonlarını alabilecekleri için, içme sularının temizlenmesinde bir çare olarak düşünülebilir.

"Miccoccus luterus" isimli bir bakterinin radyoaktif stronsiyum izotoplarından bazılarını bünyesine alabildiği tespit edilmiştir. Bu nedenle Sr-90 izotopunun içme sularından temizlenmesinde bu bakteri de kullanılabilir.

BİYOLOJİK ORTAMDA Sr-90

Biyolojik sisteme giren Sr-90 izotopunun sistemde meydana getirebileceği bozuklukların önemi, kimyasal olarak stronsiyuma çok benzeyen kalsiyum elementinin biyolojik ortamdaki işlevleri gözden geçirilirse, daha kapsamlı olarak değerlendirilebilir.

Günlük alınan kalsiyum miktarı, besinlerden bağırsaklar aracılığı ile karaciğere geçer. Böbrekler ve bağırsak sekresyonu ile bir kısmı atılır, bir kısmı kemiklerde toplanır, bir kısmı da kan serumuna geçer. Çok az bir kısmı da çok önemli vücut fonksiyonlarının destekleyicisi olarak hücre içi birimlerde yer alır.

Kalsiyum iyonunun biyolojik ortamdaki etkinliğini genel olarak gözden geçirirken, biyolojik ortamın temel olan hücre canlılığının korunmasında Ca iyonunun oynadığı rolden başlamak gerekir.

Hücre canlılığı, hücre membranındaki elektriksel aktiflik ile korunur. -85mV- -65mV arasında değişen bu aktiflik, tek ve çok hücreli bütün canlılar için geçerlidir. Hücre içinde ve hücre dışında bulunan elektrolitler hücre aktifliğinde, özellikle biyoelektrik potansiyellerin oluşmasında çok önemli rol oynarlar. Hücre içi ve hücre dışı sıvıda bulunan Na, K, Ca, Mg kanyonları, iyon dengesini sağlarlar. Na ve K iyonları aktif kanyonlardır (Na-K pompalanması). Na-K pompalanmasının oluş mekanizmasında hücre zarının Na iyonlarına karşı geçirgenliğinin artmasında, Ca iyonlarının etken olduğu düşünülmektedir.

Öte yandan genel fizyolojik denge için temel koşulları oluşturan sekresyon (salgı), kontraksiyon (kasılma) ve nörotransmisyon (iletim) fonksiyonları Ca iyonu aracılığı ile olabilmektedir.

Bağırsak epitel hücrelerinin ve böbrek tübülüs hücrelerinin Ca ilettikleri, ekzoplazmada myxomysin denen ve ATP ile Ca iyonu varlığında kasılan bir proteinin varlığı bilinmektedir.

Kalsiyum iyonunun izlediği yollarda (hücre dışı-hücre membranı-hücre içi) ve sinir-kas-salgı hücrelerinde kalsiyumla ilgili olarak meydana gelebilecek hastalıklar, kalsiyum fazlalığı (hiperkalsemi), kalsiyum azlığı (hipokalsemi) ve kalsiyum yerine geçen elementlerin nedeni ile ortaya çıkmaktadır.

Yapılan incelemelerle Sr-90'ın insanın kemik dokusuna girdiği saptanmıştır. Sr-90 kemik minerali olan Ca₅ [OH/(PO₄)₃] içinde bulunan Ca iyonunun yerine geçerse, kemik minerali (Ca, Sr-90)₅ [OH/CPO₄]₃ şeklinde bir katı çözelti halini alır. Bu durumda negatif beta ışınması yayan Sr-90 izotopu, kemik kristalinin örgüsündeki bağları koparabileceği gibi, canlı ortama fazla bir enerji de yükleyece-

ğinden daha şiddetli semptomların ortaya çıkmasına da neden olacaktır.

Yapılan çalışmalarla ağız yoluyla uzun süreli dozlarla verilen Ca'nın, Sr elementini dışı ile dışarı attığı saptanmıştır. Enjeksiyonla verilen Ca'nın da Sr'yi idrarla organizmadan uzaklaştırdığı bilinmektedir.

DÜNYADAKİ Sr-90 KİRLENMESİNDEN TÜRKİYE'NİN PAYI NEDİR?

Çağımızda teknoloji o kadar büyük bir hızla gelişmektedir ki, yeni teknolojik buluşların insanlık yararına ne getireceğini ve insanlıktan ne götüreceğini düşünmeye bile vakit kalmamaktadır.

Hiroşima ve Nagazaki'nin 1945'te bombalanmasından sonra bilim adamları sorumluluklarını hatırlayarak bir araya gelmiş ve "Dünya Barış Hareketi"ni başlatmışlardır. Böylelikle bilimin kötülüğe neden olmasını önlemeye çalışmışlardır.

Frédéric Joliot-Curie 1945'te II. Dünya Barış Konseyi'nde yayınladığı bir bildiriye şöyle demiştir: "...Eğer nükleer silah denemeleri hemen yasaklanmazsa, insanların ve özellikle çocukların gövdelerinde birikecek stronsiyum miktarı kesinlikle birçok kemik ve kan kanseri olayının ortaya çıkmasına yetecektir."

Süregelen bütün çabalara rağmen, nükleer patlama denemelerine devam edilmiş ve bunlara çok sayıdaki çekirdek reaktör kazaları da eklenmiştir. Sadece 1945-1984 arasında bilinen 1493 nükleer patlama denemesi yapılmıştır. Bu kısa açıklamadan anlaşılacağı gibi, stratosfere kadar yükselen nükleer parçacıklar, insan sağlığını gelecek nesiller de dahil olmak üzere tehlikeye sokmaya devam etmektedir.

Dünyanın gündeminde en son güncel bir konu olan 25 Nisan 1986'da Çernobil'de meydana gelen patlamanın civarındaki ölümlerden başka, bu patlamadan stratosfere çıkan Sr-90 ve Ca-137 ile ilgili zararlı etkilerinin ancak 1996 yılında ortaya çıkması beklenmektedir.

Çernobil patlamasından sonra birçok ülkede Sr-90 kirlenmesi ile ilgili olarak ölçümler yapılmış ve sonuçları kamu oyuna açıklanmıştır. 1977'de halk için m.p.d (maximum permissible dose) olarak 1 mSV² (yılıda) tespit edilmiştir. Bu doz, patalojik bozuklukların ortaya çıkması için sınır değeri olarak kabul edilmektedir. Burada, bu dozun genetik etkileri dikkate alınmamıştır.

Ülkemizde henüz konunun önemine ve güncelliğine katkı sağlayacak bir çalışma yapıldığına dair kamuoyuna yansıyan bir bilgi yoktur. Geçmişteki patlamalar gözardı edilse bile 1986'da komşu bir ülkede meydana gelen patlamalarla ilgili olarak, günümüzde ve gelecek yıllarda gündeme gelebilecek olan olası sağlık sorunları üzerinde önemle durulması gerekmektedir. Uluslararası kabul edilen Sr-90 kirlenmesi birimine (S.U.) göre, Türkiye'de insanlar üzerinde hiçbir ölçüm yapılmamıştır. Bunun sonucu ola-

rak ülkemizdeki insanları tehdit eden radyoaktif kirlenmenin boyutları hakkında rakamlarla ifade edilebilen verilere dayanan bir yorum da yapılamamaktadır. Dolayısıyla gerekli önlemler alınamamaktadır. Ülkemizde de zaman yitirmeden sistematik multidisipliner çalışmalarla bu açığın kapatılması gerekli görülmektedir.

ÇERNOBİL ÇOCUKLARI

Otuz üç kişiydiler,
Çernobil'den İstanbul'a geldiler,
Sekiz, on altı yaş arasydılar...

İnsanlığın yüz karası,
Bir nükleer yangın sonrası,
Çocuk yaşta bir ölüm öncesi,
Düzenlenmiş bir geziydi!

Gözlerinde soluk ışık,
Yüzlerinde buruk tebessüm,
Çamlıca tepesinden İstanbul havası,
Görülmeğe değer bir şeydi!

Bu çocukların suçu neydi?!.
Olay 1986'da korkunç bir şeydi...
Şimdi boş yere üzülmek neye yarar?!.
İnsanlık daha önce düşünseydi!..
Bu otuz üç çocuğu böyle görmeseydi!..

Hilmi GÜRSELE

- (1) 1 MT TNT = 1000000 Trinitrotoluol'un patlamasına eşdeğer enerji.
(2) 1 rem: 1 rad'lık bir enerji dozunun meydana getirdiği biyolojik etkiye 1 rem denir. 100 rem : 1 Sv.

KAYNAKLAR

ARLEY, N., SKOV, H.-Atomkraft. Springer Verlag, Berlin, 1988.
COMAR, C.L., WASSERMANN, R.H.-In mineral Metabolism. Vol 2A, Academic Press. New York, 1964.

