

Heidelberg'deki Ağır İyonlarla Işınlama Kliniğinin Özellikleri

Kliniğin 'kalbi' bir doğrusal (lineer) hızlandırıcıyla, bir dairesel (sinkrotron) hızlandırıcıdan oluşuyor. Dairesel hızlandırıcıda ağır iyonlar, ışınlama için gerekli olan enerjilere yükseltilene kadar hızlandırılıyorlar (50 ile 430 MeV arası). Bu enerjiler, iyonların vücudun 2 cm ile 30 cm içine kadar girmesini sağlıyor. Bu enerjideki ağır iyonlar üç ışınlama odasına yönlendirilip buralarda hastalar ışınlanıyor. Bu odalardan birindeki alet sistemi hastanın çevresinde döndürülebiliyor. Maliyeti 100 milyon avro'yu geçen Heidelberg'deki klinikte, yılda 1000 hastaya ışınlama uygulanabiliyor ve hasta başına alınan ücret 20.000 avro dolayındadır. Almanya'da yılda 10.000 hastanın ağır iyonlarla ışınlama gereksinimi olabiliyor.

Not: Yazar, Heidelberg'deki bu kliniğin planlanma ve yapımına başladığı 2004 yılında, tesisin radyasyonlara karşı zırhlama önlemlerinin ve radyasyon ölçüm sistemlerinin uygunluğu konusunda danışmanlık yapmıştır.

Kaynaklar (Bk. Şekiller)

1. Heidelberg Ion Beam Therapy Center (HIT), Tel. 0049 622156 5445 veya 7611 e-posta: strahlentherapie@med.uni-heidelberg.de informasyon broşürü için: <http://www.klinikum.uni-heidelberg.de/index.php?id=118199&L=1>
2. J.Debus, Geballte Strahlkraft, Uni Heidelberg, 2003
3. Y.Atakan'ın, HIT'in yapımı sırasındaki teknik özel raporu (2004)
4. E.Marion Dipl.Çalışmasından (Şekil 9.3: Jaeckel O.'dan), Fachhochschule, Giessen,2005

Uranyumlu Mermilerin Kullanılmasıyla Vücutta Oluşabilecek Radyasyon Dozları ve Kanser Riski? Körfez ve Balkan Savaşları Sendromları (Hastalık Görünümleri)

2001 yılı başlarında, eski Yugoslavya'da savaşlara katılan askerlerde kan kanseri hastalıklarının başgösterdiği haberleri gelmeye başladı. Bunun tartışılan nedeni ise Amerikan tanklarında kullanılan uranyum çekirdekli mermilerdi. 1991 ve 2003 yıllarında Kuveyt ve Irak'taki Körfez Savaşları sonrasında da aynı konu gündeme geldi.

Bu cins birkaç yüz gramlık 'uranyumlu mermilerin' kullanım nedeni, uranyumun yoğunluğunun çok büyük olması sonucu (19 g/cm^3)⁴, düşmanın

⁴ 1 litre suyla dolu şişe 1 kg gelirken, aynı şişe uranyumla doldurulursa 19 kg'lık bir bavalı ağırlığında! Uranyumun yoğunluğu kuşunun yoğunluğundan % 70 kadar daha fazla.

çok katlı çelik kılıflı tanklarını kolayca delmesiydi. Bu sırada ortaya çıkan ısıyla eriyen mermiden yayılan uranyum buharının çok yanıcı taneciklerinin tutuşmasıyla tankın cephane ve akaryakıtı yanarak tank artık işe yaramaz duruma getiriliyordu. İlk kez 1991 deki Kuveyt ve Irak'taki 'Çöl Fırtınası' savaşında kullanılan uranyumlu mermilerde toplam 330 ton kadar uranyum bulunmaktaydı. Bu savaşta 30 mm'lik GAU-8 silahlarıyla atılan 784.000 merminin büyük bölümü amerikan A-10 savaş uçaklarından ateşlendi ki bu toplam 230 ton uranyum demekti. Mermilerin atıldığı bölgenin, Irak'ın güney doğusundaki Kuveyt-Suudi Arabistan sınırı boyunca olduğu sanılıyor. 2003 Körfez Savaşlarında da bu cins mermilerden İngilizler ve Amerikalılar kullandılar.

Kosova savaşlarında uranyumlu mermilerden 31.000 adet kadar kullanılarak 10 ton kadar uranyum harcandı. 1994 /1995' de Bosna Hersek'te bunlardan 10.800 adet kullanıldı ki bu 3,3 ton uranyum demekti. 1999'daki Kosova Savaşında da uranyumlu mermiler kullanıldı.

Ayrıca, düşmanın uranyumsuz ve hatta uranyumlu mermilerini etkisiz bırakmak amacıyla, zırhları seyreltilmiş uranyumdan olan tanklar da yapıldı. 1991 deki 'Çöl Fırtınası' savaşında Amerikalıların kullandığı 2054 tankın yaklaşık üçtebiri (654 adedi) uranyum zırhlı tanklardı. 'Sandöviç' denilen tank zırhı, iki çelik kılıf arasına 'seyreltilmiş uranyumun' konulmasından oluşuyordu. Amerikalılar 2003 Körfez Savaşında bu cins seyreltilmiş uranyum zırhlı 'M1 Abrams' Tanklarını kullandılar.

Seyreltilmiş Uranyumlu Mermiler Nasıl Ortaya Çıktı?

Nükleer santraller ve atom bombaları için gereken 'U 235 ile zenginleştirilmiş uranyum', doğal uranyumdan elde edilirken, arta kalan büyük miktardaki uranyumda yoğun miktarda U 238 ve çok az miktarda da U 235 bulunuyor. U 235 miktarı doğal uranyumunkinden çok daha az olması nedeniyle 'Seyreltilmiş Uranyum' (DU)⁵ denilen bu artakalan madde önceleri pek bir işe yaramıyordu.

	U 238	U 235	U 234
Doğal Uranyum	99,28 %	0,72 %	0,0054 %
Seyreltilmiş Uranyum (DU)	99,8 %	0,2 %	≈ 0 %
Zenginleştirilmiş Uranyum	97 %	3 %	

Çizelge 9.1: Doğal, seyreltilmiş ve zenginleştirilmiş uranyumdaki izotoplar ve oranları

⁵ Seyreltilmiş Uranyum (DU): İngilizcedeki DU : Depleted Uranyum : Doğal uranyumda U235 oranı % 0,7 kadar olup U235'i bu oranın altına inmiş uranyuma seyreltilmiş uranyum deniyor (Seyreltilmiş uranyumda U 235 genellikle % 0,2'den de az).

Çizelge 9.1'den görüldüğü gibi hemen hemen saf U 238 ' den oluşan, çok büyük miktardaki seyreltilmiş uranyumun epey bir masrafla güvenli olarak depolanması gerekiyordu. 1 ton zenginleştirilmiş uranyum elde edilirken, 7 ton kadar 'Seyreltilmiş Uranyum' arta kalıyor. Uranyumun yoğunluğunun büyük olması ve ince toz tanecikleri halindeki çabucak yanıcılığı nedenleriyle, Seyreltilmiş Uranyumun mermilerin içine yerleştirilerek kalın zırhlı düşman tanklarına karşı etkin olarak kullanılması ve böylelikle dağ gibi biriken artakalan seyreltilmiş uranyuma da bir kullanım alanı yaratılması düşünüldü (Dünyada 1999'da toplam miktar 1,2 milyon ton olup bu, 100.000 adet, 12 tonluk kamyon yüküne eşdeğer – Bk. **Ek 10** Çizelge E 10.7). Bu çözüm, hem nükleer yakıt üretim endüstrisi ve hem de silah endüstrisi için çok elverişli oldu. Seyreltilmiş Uranyumun hiç değilse bir bölümü çok ucuz fiyatlarla ve hatta ücretsiz silah endüstrisine aktarılınca nükleer endüstrinin güvenli depolama giderlerine de gerek kalmıyordu. Mermilerde kullanılan uranyum, ya bu şekilde ortaya çıkan seyreltilmiş uranyumdu ya da nükleer yakıtların reaktörlerde kullanımından sonra içindeki U 235 izotopu 'özel arıtım tesislerinde' % 0,2 'e indirilerek seyreltilmiş 'kirli uranyum'du. Kirliliği ise reaktörlerde yan madde olarak oluşan Plütonyum izotoplarından kaynaklanıyordu. Mermilerde bu cins 'kirli uranyum'un da kullanıldığı, atılan mermilerin içinde, doğal uranyumda bulunmayan U 236 izotopunun ölçümlerle ortaya çıkarılmasıyla oldu. Mermilerin çarptığı hedeflerde ve çevresinde bu nedenle U 236 ve plütonyum izotoplarının bulunma olasılığı da vardı.

Uranyumlu mermiler çeşitli büyüklükte yapılmakta, 25 mm ve 30 mm çaplı olanları genellikle uçaklardan yerdeki hedeflere, 105 mm ve 120 mm çaplı olan büyükleri ise tanklardan ateşlenmekte (Şekillere bakınız).

Mermilerin, düşman tanklarına giriciliğini artırmak için Seyreltilmiş Uranyuma % 0,75 oranında Titan maddesi katılıyor ve alaşım ayrıca sertleştiriliyor (Uranyum metali aslında yumuşak bir metal). Mermilerin içindeki uranyumun patlayıcı bir özelliği yok. Uranyumlu mermilerin yıkıcı, yakıcı gücü, sadece hareket ya da kinetik enerjisinden kaynaklanıyor. Bir cismin kinetik (hareket) enerjisi, kütlesi ve hızı arttıkça büyüdüğünden, belirli çaplı bir silahtan atılan daha büyük kütleli bir merminin vurucu gücünün ya da etkinliğinin artacağı açık. 30 mm'lik ve 275 gramlık bir uranyum mermisi, saate 3.600 km'lik bir hızla fırlatıldığında bunun hareket enerjisi, saate 72 km hızla giden 700 kg'lık bir otomobilin hareket enerjisine eşdeğer bir enerjisi oluyor ama mermi bu yüksek eşdeğer enerjiyi sadece 1 cm² 'lik bir alana çarparak aktarırken, katmerli zırhları sorunsuz delip geçiyor. Uranyumlu mermilerin askeri yönden bir üstünlüğü de çarptığı yerde ucunun daha da sivrilip giriciliğinin artması. Halbuki diğer cins mermiler hedefe

çaptığında mantar şeklini aldıklarından bunların giriciliği ve dolayısıyla etkinliği fazla olmuyor.



Şekil 9.7: Mermilerin atıldığı yerler (Ölçümlerin yapıldığı, örneklerin alındığı yerler kırmızı kutucuklarla gösteriliyor)

Mermi hedefe çarptığında, aşırı hareket enerjisi (kinetik enerjisi) büyük oranda ısı enerjisine dönüşüyor, uranyumlu mermi yüksek sıcaklıkta erirken, oluşan uranyum buharındaki tanecikler çabucak yanıcı olduğundan tankta yangın çıkıyor, tankın cephane ve yakıtı tutuşup tank sonunda işe yaramaz duruma geliyor.



Şekil 9.8: Uranyumlu mermilerin çeşitli tipleri



Şekil 9.9: Uranyumlu merminin uçuş sırasında yan parçalarından ayrılarak ok gibi hedefe yönelmesi



Şekil 9.10: Amerikan A-10 Savaş Uçağı;



Şekil 9.11: M829A1 Uranyum Mermisinin kesiti

GAU-8, PGU-14/B Tipindeki Uranyum Mermisinin sonundaki ateşleyici bölümüyle birlikte toplam uzunluğu 29 cm ve toplam kütlesi 690 gram. Uranyum çekirdeği mermiğin ön bölümünde 14,5 cm uzunluğunda olup 270 gram. Mermiğin hızı saniyede 1 km kadar (saate 3640 km).



Uranyum Vücuda Nasıl Giriyor ve Etkileri?

Yukarda belirtildiği gibi mermi hedefe çarptıktan sonra oluşan uranyum buharı (uranyum oksitler halinde) çevreye yayılıyor, tankta çıkan yangın dumanı ve hava akımlarıyla uzaklara taşıyor. Amerika'da yapılan deneyler etkin rüzgâr yönünde uranyumlu parçacıkların 40 km'den daha uzaklara kadar taşınabildiğini göstermiş. Bunların en etkin olduğu bölge ise tankın içi, tankın yüzeyleri ve 50 metrelik çevre. Bu yakın çevrede uranyum tozuyla bulaşmış toprak da oradaki diğer etkilenebildiği gibi, buralarda dolaşanların ayakları ve araba tekerlekleriyle de uranyumlu toz parçacıkları daha uzaklara taşıyor. Toprağın 12 cm kalınlığındaki yüzeyinin uranyumlu tozlarla bulaştığı belirlenmiş. Amerikan ordusunda yapılan denemeler, Abrams tankından ateşlenen 120 mm çaplı tek bir merminin 900 ile 3400 gram arasında uranyumoksitli toz oluşturduğunu ve toz taneciklerinin kabaca yarısının vücuttan atılamayan türde olduklarını saptamış (çapları 5 mikrondan çok, 1 mikron: 1 metrenin milyonda biri).

İnce kum taneciklerinin yüzde biri kadar büyüklükte olan uranyumlu toz parçacıkları, tank yakınındaki askerlerin havayı solumaları yoluyla ya da yaralanma yerlerinden doğrudan vücuda giriyorlar. Yanma sıcaklığına bağlı olarak bu parçacıklar vücut sıvısında çözünerek zehirli olabildikleri gibi çözünmeden de seramik tanecikleri şeklinde vücutta kalabiliyorlar ve yıllarca vücutta içten ısınlatabiliyorlar. Bunlar çoğunlukla akciğerlerde, kemiklerde, böbreklerde ve karaciğerde kalıyor.

Uranyumun, radyoaktivitesinden çok kimyasal zehirliliği, vücuda etkili oluyor, çünkü radyoaktivitesi çok zayıf. Birçok kimyasal maddede olduğu gibi, bir maddenin vücut için tehlikeli olması, vücuda alınan miktarına bağlı. Doğal uranyumun böbreklerde hasara yol açtığı ise eskiden beri biliniyor.

Genellikle tehlike altında olanlar, bu cins mermilerin çarptığı tanklarda olanlar, bunların çarptığı dost ya da düşman tankalarına yaklaşanlar. Yanan tanklardan iç bölgelere doğru taşınan uranyum parçacıkları oradaki insanları da etkiledi. Körfez (Golf) Bölgesinde ve Kosova Çevresindeki toprak ve sularda bulunan kullanılmış mermiler, bunların parçaları halen kimyasal ve radyoaktivite etkisini göstermekte, bunlarla ilgili olarak Birleşmiş Milletler bilimsel araştırma grubu yıllarca süren ayrıntılı araştırmalar yaptı.¹ (Haritaya bk.).

Plütonyum

Mermilerde seyretilmiş uranyumun yanı sıra, daha önce reaktörlerde kullanılmış (yanmış) nükleer yakıt maddelerinden kazanılmış uranyumun ('kirli uranyum'un) da kullanılmış olabileceği, Birleşmiş Milletler ilgili Kurulunun raporuna göre 2001 yılından beri biliniyor. Eğer böyleyse, mermilerde az miktarda da olsa plütonyum 239 da var demekti. Nitekim mermilerde yapılan ölçümlerle bu kanıtlandı da (Çizelge 5 ve 6 bk.). Daha çok nükleer reaktörlerde ortaya çıkan Pu 239 transuran grubunda olup, özellikle 5 MeV'luk enerjide alfa ışınları salmakta (Yarılanma süresi 24110 yıl).

Solunumla vücuda giren plütonyum, akciğerlerde, kemik ve karaciğerde birikmekte. Mide ve barsaklarda tutunması akciğerlerden 10.000 kat daha az olduğundan buralarda çok daha az etkin doz oluşmakta (kalani dışarı atıldığından).

¹ Birleşmiş Milletlerin 2003'de yayımlanan 303 sayfalık raporuna bakılması : www.unep.org

Diğer yandan 1960'lı yıllarda yapılan atom bombası denemeleri nedeniyle 6.000 ile 8.000 kg Pu 239 yeryüzüne yayıldı. Bunun sonucu olarak, toprağın 20 cm'lik üst tabakasında ortalama olarak her metrekarede 40 Bq'lık bir Pu 239 aktivitesi bulunmakta.

Seyreltilmiş Uranyumun Sivil Alanda Kullanım Yerleri

Diğer yandan 'Seyreltilmiş Uranyum' sivil alanda, deniz yarış motorlarının dip bölümlerine denge sağlayan ağırlık ('safra') olarak, Boeing 747 gibi büyük uçaklarda dümen kapaklarını dengeleyen karşıağırlık olarak kullanılıyor. Ayrıca gama ışınlarını, kurşundan daha iyi zırlaması nedeniyle, nükleer santrallarda kullanılmış nükleer yakıt elemanlarının içine konduğu varillerde de zırh kılıfı olarak kullanılıyor.



Şekil 9.12 : Arazide ölçümler

Toz Dumana Karışmış Seyreltilmiş Uranyumun Solunum Yoluyla Vücuda Girmesi (UNEP 2000/ 2003):

Merminin çarptığı yerdeki 1000 m²'lik bir alandaki her mg tozda 6 µg (mikro gram) seyreltilmiş uranyum olabileceği hesaplanıyor. Havadaki toz yoğunluğuna bağlı olarak bu 0,3 µg/ m³ (normal hava) ve 30 µg/ m³ (çok tozlu hava) arasında değişiyor. Sürekli solunduğunda bu, yılda 0,3 ile 30 mSv arasında bir doz oluşturuyor.

Diğer yandan Kuveyt'te 1993 yazında yapılan ölçümlerde, Körfez Savaşından 2 yıl sonra bile havada seyreltilmiş uranyumun çok az da olsa bulunduğunu gösteriyor (0,34 ng/m³ : her metreküpde milyarda 0,34 gram). Bunun insan vücudunda solunumla oluşturabileceği doz ise yılda 0,3 µSv.

Seyreltilmiş Uranyumlu Sebzelerin Yenilmesi (UNEP 2000/ 2003)

Merminin çapmasının ardından geçen ilk haftada yapraklı sebzelerin yenilmesi sonucu birkaç yüz miligram seyreltilmiş uranyumun vücuda alınabileceği hesaplanıyor. Kimyasal zehirlilik riski kesin olan bu miktarın oluşturacağı radyasyon dozu 0,1 mSv kadar.

Seyreltilmiş Uranyumlu Yeraltısuyunun İçilmesi (UNEP 2000/ 2003)

Merminin çarptığı yer yakınlarındaki yeraltısuyunda litrede 1 mg'a varan seyreltilmiş uranyum olabileceği varsayılıyor. Bu derişimdeki su içildiğinde, bunun kimyasal zehirliliğe de neden olabileceği sanılıyor. Böyle bir su yıl boyunca içildiğinde vücutta oluşabilecek doz 1 mSv kadar.



Mermilerin Etkileriyle ilgili Tıpta Araştırmalar ve Kanseri Riski?

Tıpta önemli deneyimler, savaşlarda bu cins mermilerin çarptığı tanklarda bulunan ve kurtulan kişilerle hasar gören tanklarda çalışanların vücutlarının tıbbi kontrollerinden sağlanıyor. Arkadaşlarının mermilerin yanlışlıkla tanklarına ateşlenip çarpmasıyla ilk Körfez Savaşı'nda ağır yaralan 33 asker 1993 den beri ABD'de tıbbi gözetime altında. Bu askerlerin yarısının vücutlarında bu cins mermilerin parçaları bulunuyor ve idrarlarındaki uranyum miktarı normalin üstünde. Bunlar çeşitli testlerle denenmekte ve vücutlarındaki mermi parçalarının zamanla ne gibi bir etki göstereceği araştırılmakta. Vücutlarında mermi parçaları bulunmayanların ise idrarlarındaki uranyum miktarı normalin üstünde değil. 33 kişinin tümünün böbrekleri normal çalışmakta ve bunların 1991 ile 1997 yılları arasında doğan çocuklarında, doğumda herhangi bir hasar görülüyor.

Kan kanserinin radyasyonun etkisiyle ortaya çıkması, ışınlanmadan sonraki 5-7 yıl arasında en çok görülebiliyor ki bu, Balkan Savaşı tarihiyle, daha sonra kan kanseri olaylarının ortaya çıkma tarihi arasındaki süreyle kabaca çakıştığından, bir ilişki olabileceği düşünülüyor. Ancak, Uranyum Madenlerinde çalışan işçilerde, çok yüksek radon gazından kaynaklanan doz oluşmuş olmasına ve akciğer kanseri riskinin epey artmış olmasına karşın, kan kanseri hastalıklarının pek artmamış olması, böyle bir ilişkiyi desteklemiyor.

Diğer yandan doğadaki radon'un saldırdığı alfa ışınları nedeniyle, herbirimizin **akciğerleri yılda 10 mSv'e varabilen** bir organ dozu almaktadır ki bu da **'Tüm Vücut Etkin Dozu' olarak 1,2 mSv'e eşdeğer**.

Endüstri ülkelerinde, yaşları 20 ile 40 arasında olan her 100.000 kişide, ortalama olarak **yılda 8 – 11 kan kanseri** hastalığı görülmektedir. 3 yıllık Balkan Savaşı'na 100.000 askerin katıldığı gözönüne alındığında, bu sürede, başka hiçbir etkene bağlı olmaksızın 30 kadar askerin normal olarak kan kanserine yakalanabileceği beklenir ki bu da Balkan savaşı sonrası ileri sürülen kan kanseri savlarının, kullanılan uranyumlu mermilere bağlanmasının tutarlı bir dayanağı olmadığını gösteriyor.

Balkan savaşlarına katılmış askerlerde başgösterdiği ve uranyumlu mermilerin etkilerine bağlandığı ileri sürülen kan kanseri hastalıklarının radyolojik yönden incelenerek kanser riskinin hesaplanması ve sınanması gerekiyor. Kanser riski hesabıyla ilgili olarak elde daha iyi bir model bulunmadığından W.Jacobi'nin (GSF-Münih) 1995/1997 yıllarında yapmış olduğu ve Wismut Uranyum Madeninde çalışan işçilerin kansere yakalanma riski modeline başvurmak gerekiyor. Bu model doğadaki uranyum için geçerli olduğundan ve doğal uranyumun da özgül aktivitesi, seyreltilmiş uranyumunkinden % 50 kadar fazla olduğundan bu modelle elde edilen sonuçlar seyreltilmiş uranyum için olduğundan yüksek çıkıyor. Ayrıca bu model, uranyumun radyoaktif bozunumundan ortaya çıkan dizideki izotopların birbirleriyle radyoaktif denge hâlinde olduğunu öngörmekte ki bu seyreltilmiş uranyum için geçerli değil. Bu nedenlerle bu modelle hesaplanan kanser riski değerlerinin abartılı olacağı açık. Savaşta sağ kalan örneğin 25 yaşındaki bir asker için, merminin çarpmasının hemen ardından oradaki uranyumlu havayı soluması ve bunu aynı askerin aralarla 10 kez yaşadığı en kötü varsayım olarak düşünülmüş. Aslında bu varsayım, böyle bir olayı yaşayan bir askerin art arda görevlendirilmeyeceği için, pek gerçekçi değil. Buna rağmen bu kötümser varsayıma göre yapılan model hesabı, askerin kan kanserine yakalanmasının uranyumlu havadan ileri gelme riskinin % 1,7 olduğunu göstermiş. Bunun anlamı ise aynı durumu aynı koşullarda yaşayan askerlerden 58'inde kankanseri ortaya çıkarsa bunlardan sadece birindeki kankanserine seyreltilmiş uranyumlu havanın neden olduğu söylenebilir ($100/1,7=58$).

Asker, kemik kanserine yakalanmış ise bunun seyreltilmiş uranyuma bağlanma olasılığı (riski) bu modele göre % 6,9.

Öte yandan yapılan ayrıntılı doz hesapları, kan kanserine yakalanma riskinin doğal uranyumun radyoaktif bölünme ürünlerinden kaynaklandığını gösteriyor. Bu cins radyoaktif bölünme ürünleri ise seyreltilmiş uranyumda pek bulunmuyor (Seyreltilmiş Uranyumda U 235 çok daha az, U 234 neredeyse yok gibi, radyoaktif bozunma ürünleri ise radyoaktif dengede değil, Çizelge 9.1'e ve yukardaki ilgili Bölüme bkz).

Çizelge 9.2'de doğal ve seyreltilmiş uranyumun 1 gramının solunumla vücuda alınması sonucu bu modelle hesaplanan yaşamboyu riskleri (yüzde olarak) karşılaştırılmakta ve çeşitli organların yaşam boyu riskine olan katkıları gösteriliyor.

Çizelge 9.2: Doğal ve seyreltilmiş uranyumun 1 gram'ının solunumla vücuda alınması sonucu yapılan risk hesapları sonuçları

Solunumla vücuda giren		
	1 gram Doğal Uranyum (Bölünme ürünleriyle birlikte)	1 gram Seyreltilmiş Uranyum U (U 235 miktarı % 0,2)
Solunumla oluşan Etkin Doz*:	700 mSv	120 mSv
Yaşamboyu Riski:	% 3,5 (1: 29)	% 0,6 (1: 167)
Yukardaki Etkin Doza katkılar:		
Akciğerler	% 88	% 99,7
Kemik yüzeyi	% 6,2	% 0,057
Kırmızı Kemikiliği	% 3,4	% 0,072
Karaciğer	% 1,0	% 0,038
Kalıtım Organları	% 0,96	% 0,037

* ICRP 72'de verilen Solunum Dozları Genel Halk için

Sonuçlar

Yukardaki açıklama ve yaklaşımlardan görüldüğü gibi Seyreltilmiş Uranyumlu Mermilerin ve Tankların, Çevre ve İnsana Etkileri çok yönlü incelenmekte ve tartışılmakta. Tartışılması, mermilerin çarpma sonucu, orada bulunan askerlerin ne kadar süre ve hangi derişimde seyreltilmiş uranyumlu havayı soluduklarıyla ilgili elde tutarlı veri bulunmaması sonucu, yapılan hesaplama ve kestirimlerin bir dizi varsayım ve modellere dayanılarak yapılmasından kaynaklanmakta.

Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) çerçevesinde yapılan bilimsel araştırmalardan bugüne kadar alınan sonuçlar, Bosna'da çevrenin ve halkın doğrudan bir tehlike içinde olmadığını gösteriyor. Ancak gerek Bosna ve gerekse Irak için Seyreltilmiş Uranyumun savaş sırasında çevreye, havaya ne ölçüde yayıldığıyla ilgili ayrıntılı veri ve bilgiler yok. Yanan tanklardan yükselen seyreltilmiş uranyumlu havanın 40 km kadar uzaklara yayıldığı bulguları gözönüne alınarak, buralardaki korunmasız olarak uzun süre kalmış olanların (bahçelerde oynayan çocuklar gibi) vücutlarında radyoaktif maddelerin birikip, oldukça yüksek dozlar oluşturabileceği de gözardı edilmiyor.

UNEP çevrede kalmış olan uranyum mermi ve artıklarının toplatılmasını önermekte. Mermilerin çarptığı yerler çevresi dışındaki canlılar için ise herhangi bir tehlike bulunmuyor. Bunun nedeni uranyumun, 'toprak-bitki-hayvan-insan' biyolojik çevriminde kötü aktarılması.

Diğer yandan, uranyumlu mermilerin, askerlerin sağlığını etkileme olasılığının çok az olabileceği sonucuna rağmen hiç olmayacağı da, savaş sırasında ölçüm değerleri bulunamayacağından, bilimsel olarak kanıtlanamıyor.

Plütonyumun mermilerde bulunup bulunmadığına ve miktarına göre, plütonyumun sağlığa etkisi ve tehlikesi, uranyumunkinden çok daha olası. Eski Yugoslavyada kullanılmış uranyumlu mermilerden ve uranyumlu tank zırhlarından alınan örneklerin laboratuvar ölçümleri ise plütonyum katkısının çok düşük olduğunu gösteriyor.

Uluslararası halk direncinin, uranyumlu mermilerin ilerde kullanılmasını önleyeceği ise iyice şüpheli. Çünkü gerek uranyumlu mermiler ve gerekse uranyum zırhlı tanklar, daha önce kullanılan ve içinde uranyum olmayanlara karşı, savaşta büyük üstünlük gösteriyor. Örneğin Körfez Savaşında Irak Ordusunun T-72 tanklarını amerikalılar uranyumlu mermilerle 3 km uzaklıktan vurup delmelerine ve büyük hasar oluşturmalarına rağmen, Iraklılar, amerikalıların 'sandeviç kılıflı tanklarını' alışılmış mermilerle 400 m'den vurup etkili olamadılar.

Diğer yandan gerek nükleer santraller, gerekse nükleer yakıtla çalışan denizaltılar ve atom bombası yapımı nedeniyle doğal uranyum zenginleştirilirken, arta kalan seyreltilmiş uranyum çıg gibi birikmekte ve bunun büyük giderlerle güvenli olarak depolanması sorunu çözülememekte, askeri amaçlı kullanımı dahi biriken dağı belirgin bir ölçüde azaltamıyor (Ayrıntılar için bk. **Ek 10**).

Kaynaklar:

- Birleşmiş Milletlerin Çevre Programı(UNEP) 2003 raporu : www.unep.org
- Europient Parliement : Working paper Depleted Uranium, April 2001
- www.physik.uni.oldenburg.de, www.bfs.de, www.gsf.de, www.bundeswehr.de, www.gulflink.osd.mil/du

