

ARAŞTIRMA MAKALESİ /RESEARCH ARTICLE

MARMARA DENİZİ ÖRNEKLERİNİN EŞDEĞER DOZ TAYİNİ

Güneş TANIR¹, M.Hicabi BÖLÜKDEMİR²

ÖZ

Bu çalışmanın amacı sedimentlerin tarihlendirilmesinde kullanılan lüminesansla ilgili tüm çalışmalar için önemli bir nicelik olan eşdeğer dozu elde etmektir. Lüminesans tarihlendirmedeki son gelişmeler çevre örneklerinden elde edilen sedimentler için teknik uygulamaların artmasına yol açmaktadır. Bu çalışmada kullanılan örnekler Marmara denizinden toplanan aktif ana fay örnekleridir. Eşdeğer doz hem *çok tablet* hem de *tek tablet* teknikleri kullanılarak ölçüldü. Aynı zamanda bu çalışmada *tek tablet yeniden oluşturma ilave doz* (SARA) yöntemi kullanıldı. Elde edilen sonuçlar çok tablet yönteminden elde edilen sonuçlarla uyum sağlamadı. Bu yüzden SARA yöntemine basit bir modifiye uygulandı. Modifiye ettiğimiz yöntemden hesaplanan doz (D) değerleri yeniden oluşturma yöntemi yerine ilave doz yöntemi kullanılarak elde edildi.

Anahtar Kelimeler : Fay örnekleri, Tek tablet, IRSL, Eşdeğer doz.

EQUIVALENT DOSE DETERMINATION FOR MARMARA SEA

ABSTRACT

The aim of this study is to obtain the equivalent dose, which is the important quantity for all the studies related to luminescence. Recent advances in luminescence dating have led to increasing application of the technique to sediment from the depositional environmental samples. The sample used in this study is the active main fault sample that collected from the Sea of Marmara in NW Turkey. Equivalent dose was measured using both the multiple-aliquots and single-aliquot technique. Single aliquot regeneration on additive dose (SARA) procedure was used in this study, but it couldn't give the agreement with the results that from the multiple aliquots procedure. So a simple modification was suggested to SARA procedure. In the applied modification the calculated doses (D) values were obtained as that the additive dose protocol not that the regeneration protocol. That is, the modification proposed here is the different version of SARA procedure.

Keywords: Fault sample, Single aliquot, IRSL, Equivalent dose

¹ Gazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 06500, Teknikokullar-Ankara.

Fax: +90 (312) 212 22 79; **E-posta**: gunes@gazi.edu.tr

² Gazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, 06500, Teknikokullar-Ankara.

1. GİRİŞ

Lüminesans tarihlendirme uygulamalarında, lüminesans sinyalleri örneğin gömüldüğü andan itibaren maruz kaldığı toplam nükleer radyasyon miktarını tahmin etmede kullanılır (Aitken, 1998). Bu nicelik eşdeğer doz (ED) veya toplam doz (paleodoz-P) olarak bilinir ve son zamanlarda farklı yöntemler kullanarak bu niceliğin tanımını genişletme çabaları vardır (Wintle, 1997; Jain vd., 2003; Clarke vd., 1999; Duller vd., 1999; Fattahi ve Stokes, 2004; Roberts ve Wintle, 2003; Murray ve Wintle, 2000; Stokes vd., 2000; Bulur vd., 2000; Tanır vd., 2000).

ED'yi belirlemek için kullanılan çok tablet ve tek tablet yöntemleri iki potansiyel yaklaşımdır. İnfrared uyarmalı lüminesans (IRSL) çalışmalarında ED'yi tayin eden geleneksel metot olarak çok tablet yaygın olarak kullanılmaktadır. Burada ilk olarak örnekten gelen doğal lüminesans ölçülür ve sonra diğer tabletlere bilinen laboratuvar dozları ilave edilir. ED, doz-cevap eğrisinin doz eksenine ekstrapolasyonundan elde edilir. ED'nin ölçülmesinde tek tablet işlemi ilk kez Duller (1991; 1994) tarafından tanımlanmıştır. Mejdahl ve Bøtter-Jensen (1994, 1997); Galloway (1996); Duller (1995); Bailey, (2003); Banerjee vd., (2001) bu yöntemi kullanarak çalışmalar yapmışlardır.

ED ölçümlerinde kullanılan tek tablet metodu üç kategoriye bölünebilir: (1) ilave doz, (2) yeniden oluşturma, ve (3) tek tablet yeniden oluşturma ilave dozu (SARA). İlave doz metodu laboratuvarında ilave edilen radyasyonun bir fonksiyonu olarak lüminesans sinyalinin gelişimini karakterize etmeyi içerir. İlk ölçüm herhangi bir laboratuvar dozuna maruz kalmadan tablettan gelen lüminesans sinyalinden oluşur, bu doğal lüminesans sinyalidir. Daha sonra tablet, bilinen radyasyon (β 1) dozlarına maruz bırakılır ve lüminesans sinyali ölçülür. Bu işlem lüminesans sinyalinin cevabını karakterize etmek için birkaç kez tekrarlanır. Bu metodun adımlarında örnek; sıfırlanır, radyasyonlanır, ön-ısıtma yapılır ve tekrar ölçülür (Duller, 1995). Tekrar oluşturma işleminde ED'yi elde etmek için, çizilen grafik üzerine doğal lüminesans sinyali ekstrapole edilir.

Tek tablet yeniden oluşturma ilave doz (SARA) metodu Mejdahl ve Bøtter-Jensen (1994) tarafından tek tablet yeniden oluşturma işleminde hassasiyet değişim etkilerinin üstesinden gelmek için ileri sürüldü. Bu metodun uygulamasında örnekten elde edilen 3-4 tablete laboratuvarında farklı beta dozları verilir. Her tablet için yeniden oluşturma işlemi uygulanarak hesaplanan dozlar (D) verilen laboratuvar dozlarına karşı çizilir.

Lüminesans tarihlendirmedeki son gelişmeler daha çok depolanma yoluyla oluşan sedimentler için uygulama tekniklerine dayanır. Bu sediment örnekler için doğru tarihlendirme, kronolojik çalışmalarda önemlidir. Bundan dolayı farklı depolanan çevrelerde ED doğru olarak belirlemelidir. Bu sebeple çalışmamızda, Marmara denizinden toplanan örnekte hem çok tablet

hem de tek tablet işlemleri kullanarak ED'nin elde edilmesi amaçlandı. Aynı zamanda SARA yaklaşımı bu çalışmada kullanılan örneğe uygulandı, fakat bulunan sonuç çok tablet analizinden elde edilenle uyumlu değildi. Bu yüzden doğru toplam dozu belirlemek için SARA işlemine dayanan yeni basit bir modifikasyon uygulandı.

2. DENEYSEL İŞLEMLER

2.1 Ölçme Sistemi Ve Örnek Hazırlama

Deneyde kullanılan ölçme sistemi (Optical Dating System 9010), Spooner, Aitken, Smith, Franks ve McElroy (1990) tarafından geliştirilmiştir. Temel lüminesans okuyucu, infrared ışık yayınlayan diyot (LED) modülüne bağlıdır. Tüm veriler, 9010 otomatik okuyucu tarafından toplanır ve bu sistem, 40mA de örnek üzerine 30 mW/cm² güç veren TEMT 484 IR diyotu kullanır. Lüminesans, Thorn EMI 9235 QA foto çoğaltıcı tüp ile dedekte edilir.

Bu çalışmada kullanılan örnek Marmara denizinden alındı. Marmara denizinde içinde bulunduğu Kuzey Anadolu fay hattı oluşumuna 2×10^5 yıl önce başlamıştır (Pichon vd., 2001).

Örneğin karbonat ve organik maddelerden ayrılması için HCl (%10) ve H₂O₂'den (%40) geçirilmiştir. Sonra örnek kurutuldu ve elendi, daha sonra da ince tanecikli parçacıkları (<20 μ m) seçmek için sedimentasyon kullanıldı: saf suda yıkandıktan sonra asetonla yıkandı ve taneciklerin süspansiyonu elde edildi. Sonra tanecikler asetonla tekrar bekletildi ve 100mm çaplı ve 0.5mm kalınlığındaki alüminyum disklerin üzerine biriktirildi.

Örnekteki potasyum içeriği %2.287'dir.

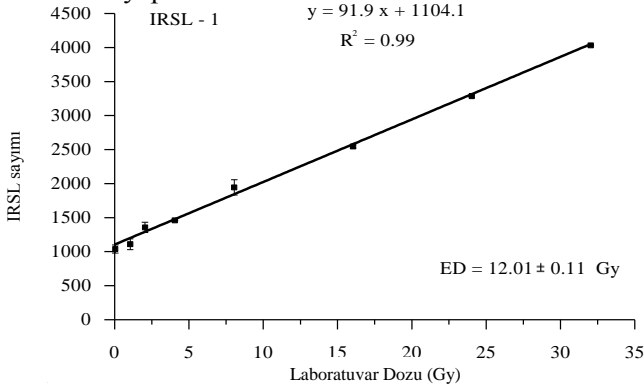
2.2 Metot

Çok tablet işlemini kullanarak eşdeğer dozu belirlemek için, iki deney yapıldı: ilk deneyde, sekiz tablet seti (tipik olarak her sette 4 tablet vardır) hazırlandı ve 0, 1, 2, 4, 8, 16, 24 ve 32 Gy beta dozuna maruz bırakıldı. IRSL-1 eğrisi çizildi ve doz eksenine ekstrapolasyon yoluyla ED hesaplandı. Altı ay sonra, 2. deneyde 4 tablet hazırlandı ve 0, 4, 8 ve 16 Gy beta dozuna maruz bırakıldı. IRSL-2 eğrisi çizildi ve ED tekrar belirlendi. Ayrıca 3 tablete 0, 4, 8 Gy beta dozu verildi ve SARA işlemi D'nin hesabı için uygulandı.

Bu çalışmada kullanılan tek tablet metodu SARA işlemine benzemesine rağmen, D'nin hesabı SARA'ninkinden farklıdır. Bizim metodumuzda aşağıda verilen adımlar izlendi;

1. İlk tablete ön-ısıtma yapıldı ve ilk sinyal seviyesini L(N) belirlemek için toplam IRSL sinyali (0-50s) ölçüldü.

2. Aynı tablete β_1 (4 Gy) radyasyonu verildi ve ön-ısıtma yapıldı.



Şekil 1. Çok tablet (36 tablet) yöntemiyle ED'nin belirlenmesi $ED = 12.01 \pm 0.11$ Gy

3. İlk tekrar oluşturma sinyal seviyesini L (β_1) belirlemek için toplam IRSL sinyali (0-50s) ölçüldü.

4. Aynı tablete β_2 (8 Gy) radyasyonu verildi ve ön-ısıtma yapıldı.

5. İkinci tekrar oluşturma sinyal seviyesini L (β_2) belirlemek için toplam IRSL sinyali ölçüldü.

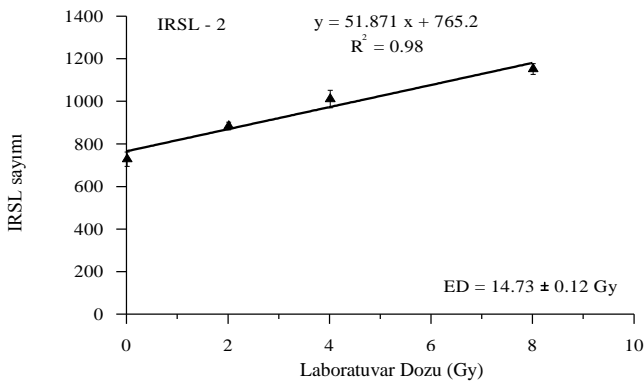
6. Bu tabletin laboratuvar dozunun- lüminesans sinyaline karşı grafiği çizildi ve daha sonra doğrunun ilave doz eksenini kestiği nokta hesaplanan dozu (D) verdi (Şekil 3a).

7. İkinci tablete 4 Gy verildi ve ön-ısıtma yapıldı. Ön-ısıtma / ölçüm döngüsü 10 Gy ve 18 Gy belirlenmiş radyasyon miktarları için yapıldı (Şekil 3b).

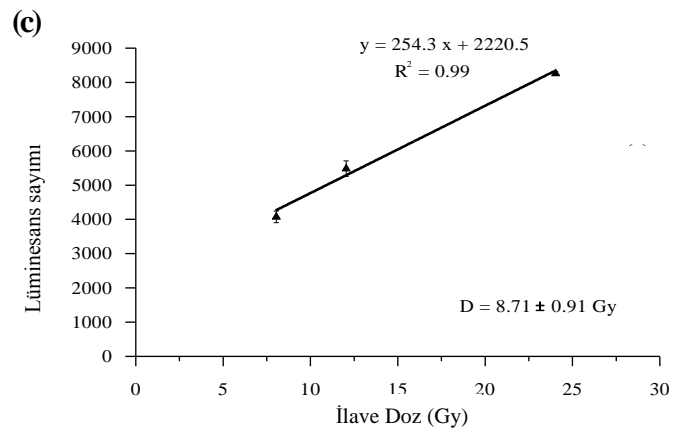
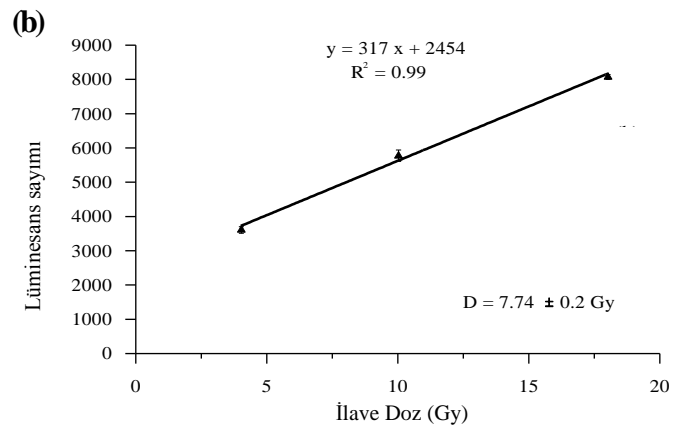
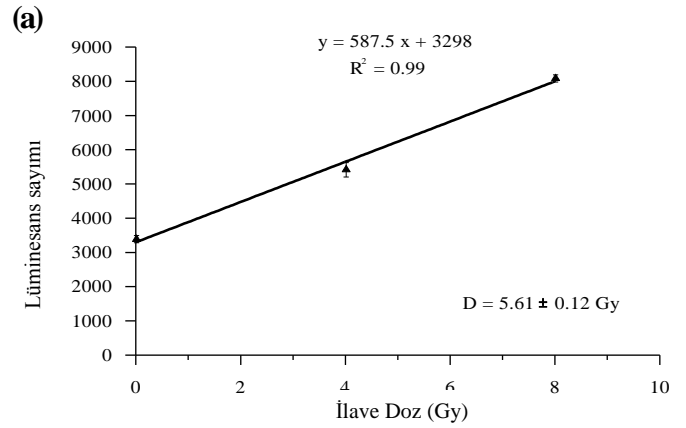
8. Üçüncü tablete 8 Gy verildi ve ön-ısıtma / ölçüm döngüsü 12 ve 24 Gy belirlenmiş radyasyon miktarları için yapıldı (Şekil 3c).

9. Daha sonra *doğru toplam doz*, "ilave laboratuvar beta dozları"nın "hesaplanmış dozlara"(D) karşı değişimi çizilerek hesaplandı (Şekil 4).

Ön ısıtma sıcaklığı her adımda 220 °C'de 2 dakika yapıldı.



Şekil 2. Çok tablet (Sadece 4 tablet) yöntemiyle ED'nin belirlenmesi $ED = 14.73 \pm 0.12$ Gy.



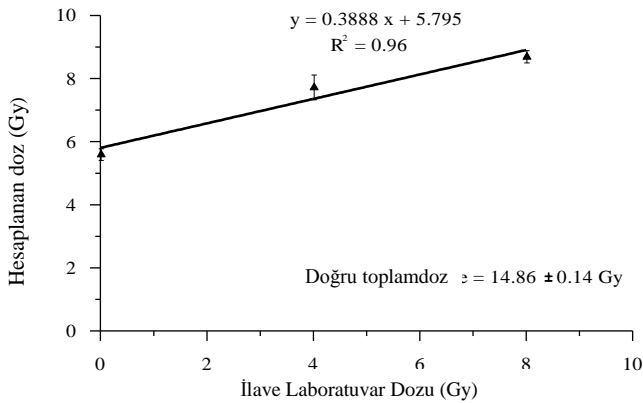
Şekil 3. Hesaplanan dozların (D) belirlenmesi (a) 1. tablet (b) 2. tablet (c) 3. tablet, için.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Tek tablet tekniğinde, ED'yi belirlemek için iki yaklaşım uygulandı; ilave doz ve tekrar oluşturma doz yaklaşımı. Özgün SARA işleminde, her tablet için hesaplanan dozlar (D) tekrar oluşturma metodu kullanılarak ölçüldü. Tekrar oluşturma metodunda doğal lüminesans sinyali doz eksenine ekstrapole edilir. Çok tablet yöntemi uygulanarak bulunan ED değerleri 12.01 ± 0.11 Gy (Şekil 1) ve 14.73 ± 0.12 Gy (Şekil 2) bulundu. Modifiye-SARA yönteminde: ED, laboratuvar dozlarına karşı çizilen hesaplanan doz gra-

fiğinden elde edilir. Bulunan değer 14.86 ± 0.14 Gy (Şekil 4)'dir. Elde edilen sonuçların yeterince uyduğu açıktır. Fakat Özgün-SARA ile bulunan sonuç 7.54 ± 1.63 Gy'dir. İki yöntem arasındaki fark açıktır. Bunun için Özgün-SARA'ya modifikasyon uygulandı. Bu modifikasyonda D'lerin hesabı Özgün-SARA'dan farklıdır. Çok tablet yöntemindeki gibi uygulanır. D değerleri yeniden oluşturma yerine ilave doz ekstrapolasyonundan hesaplanmalıdır.

Beta dozuna karşı çizilen hesaplanmış doz (D) grafiği lineer fit edilerek, ilave doz eksenine kesişen nokta belirlenir, böylelikle doğru toplam doz hesaplanır (Şekil 4). Özgün SARA ile karşılaştırıldığında bu modifiye tek tablet işleminden elde edilen sonuçlardan hem yeterince iyi sonuç verir hem de güvenilirdir.



Şekil 4. Şekil 3 den elde edilen D değerlerinin, tabletlere lüminesans sayımından önce verilen ilave doza karşı gelişiminden yararlanarak ED'nin belirlenmesi. $ED = 14.86 \pm 0.14$ Gy.

4. YORUM

Özgün-SARA metodu bazı tutarsızlıklara sahiptir. Lüminesans sinyalinin şişmesi (Anomalous fading) bu tutarsızlıkların sebebi olabilir. Bu çalışmada toplam dozu belirlemek için farklı işlemler kullanıldı. Deney-1 ve Deney-2 arasında 6 ay olmasına rağmen, her iki deneyden bulunan ED değerleri yeterince uyumludur. Özgün-SARA işlemi ED değerlerini belirlemek için pek çok kez uygulandı, fakat bulunan sonuçlar daima çok tablet metodundan farklı oldu. Bu yüzden tekrar oluşturma ekstrapolasyonu yerine ilave doz ekstrapolasyonu kullanıldı.

SARA işlemi feldspatlarda tarihlendirme için başarılı bir metottur, fakat daha çok test etmek gereklidir. Bu çalışmada kullanılan işlem Özgün-SARA'ya karşı avantajlara sahiptir. Örneğin doyuma yaklaşmış yaklaşmadığı dikkate alınmaz ve bu modifikasyonda D'nin belirlenmesi için hiçbir şarta ihtiyaç yoktur. Aynı zamanda bu işlem basittir, uygundur ve bütün sediment örnekleri için kullanılabilir.

OSL üzerine daha ileri çalışmalar tarihlendirilecek olan eski sediment örnekleri üzerine yürütülmektedir. Jeolojik örneklerin tarihlendirme çalışmalarının sayısını arttırmak gerekmektedir. Bunun bir sonucu olarak

yeni metotlar OSL tekniği kullanılan yaş limitini arttırmak için geliştirilmelidir.

KAYNAKLAR

- Aitken, M.J., (1998). An Introduction to Optical Dating. Oxford University Press, Oxford.
- Bailey, R.M., (2003). Paper I: The use of measurement-time dependent single-aliquot equivalent-dose estimates from quartz in the identification of incomplete signal resetting. *Radiation Measurements* 37, 673-683.
- Banerjee, D., Murray, A.S., Bøtter-Jensen, L., Lang, A., (2001). Equivalent dose determination using a single aliquot of polymineral fine grains. *Radiation Measurements* 33, 73-93.
- Bulur, E., Bøtter-Jensen L., Murray A. S., (2000). Optically stimulated luminescence from quartz measured using the linear modulation technique. *Radiation Measurements* 32, 407-411.
- Clarke, M.L., Rendell, H.M., Wintle, A.G., (1999). Quality assurance in luminescence dating. *Geomorphology* 29, 173-185.
- Duller, G.A.T., (1991). Equivalent dose determination using single aliquots. *Nuclear Tracks Radiation Measurements* 18, 371-378.
- Duller, G.A.T., (1994a). Luminescence dating using single aliquots: new procedures. *Quaternary Geochronology (QSR)* 13, 149-156.
- Duller, G.A.T., (1995). Luminescence dating using single aliquots: methods and applications. *Radiation Measurements* 24, 217-226.
- Duller, G.A.T., Bøtter-Jensen, L., Mejdahl, V., (1999). An automated iterative procedure for determining palaeodose using the SARA method. *Quaternary Geochronology* 18, 293-301.
- Fattahi, M., Stokes, S., (2004). Absorbed dose evaluation in feldspar using a single-aliquot regenerative-dose (SAR) infrared-stimulated red luminescence protocol. *Radiation Measurements* 38, 127-134.
- Galloway, R.B., (1996). Equivalent dose determination using only one sample: Alternative analysis of data obtained from infrared stimulation of feldspars. *Radiation Measurements* 26(1), 103-106.
- Jain, M., Bøtter-Jensen, L., Singhvi, A.K., (2003). Dose evaluation using multiple-aliquot quartz OSL: test of methods and a new protocol for improved accuracy and precision. *Radiation Measurements* 37, 67-80.

Mejdahl, V. and Bøtter-Jensen, L., (1994). Luminescence dating of archaeological materials using a new technique based on single aliquot measurements. *Quaternary Geochronology (QSR)* 13, 551-554.

Mejdahl, V. and Bøtter-Jensen, L., (1997). Experience with the SARA OSL method. *Radiation Measurements* 27, 291-294.

Murray, A.S., Wintle, A.G., (2000). Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements* 32, 57-73.

Pichon, X.L., Şengör, A.M.C., Demirbağ, E., Rangin, C., İmren, C., Armijo, R., Görür, N., Çağatay, N., Mercier de Lepinay, B., Meyer, B., Saatçiler, R., Tok, B., (2001). The active main Marmara fault. *Earth and Planetary Sciences Letters* 192, 595-616.

Roberts, H.M., Wintle, A.G., (2003). Luminescence sensitivity changes of polymineral fine grains during IRSL and [post-IR] OSL measurements. *Radiation Measurements* 37, 661-671.

Spooner, N.A., Aitken, M.J., Smith, B.W., Franks, M., and McElroy, C., (1990). Archaeological dating by infrared-stimulated luminescence using a diode array. *Radiation Protection Dosimetry* 34, 83-86.

Stokes, S., Colls, A.E.L., Fattahi, M., Rich, J., (2000). Investigations of the performance of quartz single aliquot De determination procedures. *Radiation Measurements* 32(5-6), 585-594.

Tanır, G., Arıkan, N., Şarer, B., Tel, E., (2000). The application of the IRSL dating technique to feldspars from Kayseri-Turkey. *Journal of Environmental Radioactivity* 51, 363-370.

Wintle, A.G., (1997). Luminescence dating: Laboratory procedures and protocols. *Radiation Measurements* 27, 769-817.



M. Hicabi Bölükdemir, 1979 yılında Amasya'da doğdu. 2001 yılında Gazi-osmanpaşa Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü'nden mezun oldu. 2004 yılında Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik ABD'de Yüksek Lisansı bitirdi. Doktora öğrencisi olduğu Gazi Üniversitesi Fizik Bölümü'nde 2005 yılından beri Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktadır.



Güneş Tanır, 1952 yılında Balıkesir'de doğdu. 1975 yılında Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Yüksek Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Doktorasını Ankara Üniversitesi Dicle Üniversitesi ve Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezinde Nükleer Fizik Dalında tamamladı. 1982'de Yardımcı Doçent; 1992'de Doçent, 1999'da da Profesör oldu. 39 yurt içi ve dışı yayını, 3 tane kitabı bulunan Tanır, evli ve 2 çocuk annesi. 26.10.2005 tarihinden itibaren Gazi Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Dekan Yardımcılığı görevini sürdürmektedir.