

## Kompost Standartları Üzerine Bir Derleme

E. Işıl ARSLAN TOPAL\*, Murat TOPAL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ*

### Özet

Bu çalışmada Türkiye ve Dünyadaki kompostun toprakta kullanım standartları mukayese edilmiştir. Türkiye’ de hem Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik hem de Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik kompostun toprakta kullanımı için herhangi bir sınırlamaya sahip değildir. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’ ndeki kompost kullanım sınırlamaları ise yüzeysel şekilde tanımlanmıştır. Dünya genelinde Avrupa bu konudaki yasal düzenlemeler açısından ABD’ den daha ileridedir. Kanada ise bu sınırlamalar bakımından oldukça ileridedir. Avusturya ve Almanya bu konuda iyi organize olmuş ülkeler olarak Avrupa’ da ileri çıkmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yönetmelik, katı atık, kompost, standart, Türkiye, Dünya

## A Review On Compost Standarts

### Abstract

In this study standards of compost usage in soil in Turkey and world were compared. In Turkey both the Soil Pollution Control and Concerning Point Source Contaminated Sites Regulation and the Concerning Usage of Domestic and Municipal Treatment Sludges in Soil Regulation do not have any limitation for the usage of compost in soil. The compost usage limitations in the Control of Solid Wastes Regulation however, are defined cursory. Throughout the world, Europe is ahead from USA in terms of legal regulations about this subject. Canada however, is relatively ahead in terms of these limitations. Austria and Germany loom large in Europe as the well organized countries.

**Keywords:** Regulation, solid waste, compost, standard, Turkey, World

---

\* e-mail: eiarşlan@firat.edu.tr

## 1. Giriş

Meydana gelen organik atık miktarı giderek artmaktadır. Bu artış hem çevre kirliliğini arttırmakta hem de uzaklaştırma problemlerini de beraberinde getirmektedir. Bu nedenle, ekonomik olarak geçerli, sosyal olarak kabul edilir ve çevreye dost bir teknolojinin geliştirilmesine ve organik atıkların geri dönüşümüne acil olarak ihtiyaç duyulmaktadır [1]. Organik atıkların geri dönüşümü sağlandığında, kaynakların korunmasının yanısıra düzenli deponilere gidecek atık miktarı da azalacaktır [2, 3].

Kompostlaştırma, kontrollü şartlar altında biyolojik olarak bozunabilir maddelerin parçalanması olup, biyolojik olarak bozunabilir atıkların düzenli deponilere gönderilmesi yerine kullanılan en popüler yollardan biri haline gelmiştir [4]. Kompostlaştırma, her yerde kabul edilen bir uygulama olup, organik atıkları tarımsal kullanım için geri dönüştürmede en etkili araçlardan birisidir [1]. Kompostlaştırma prosesi esnasında bakteri, fungi ve diğer mikroorganizmalar organik maddeleri kompost adı verilen kararlı, kullanılabilir organik maddelere parçalarlar. Kompostlaştırma, atıkların hacminin azaltılmasını, yabancı ot tohumlarının ve patojenik mikroorganizmaların tahribini de sağlar [5]. Atık uzaklaştırmanın bu değerli prosesi, doğal döngüyü tamamlayıp servetleri boşa harcamazken bu proses aynı zamanda organik atıkları stabilize etmek ve azaltmak ve değerli besi maddelerini toprağa geri döndürmek açısından ele alınabilir [6, 7].

Atıklar içerisindeki önemli miktardaki humus, toprak sağlığını sürdürmede büyük öneme sahip olabilir [1]. Üretilen düşük-maliyetli kompost [8], tarım arazilerinde toprak düzenleyici [1, 8] ve organik madde kaynağı olarak kullanılabilen değerli ürünler olup [1], aynı esnada, değerli bileşenlerini (organik madde, N, P ve diğer bitki besin maddeleri) geri döndürebilir [8-10]. Kentsel katı atık kompostunun tarım topraklarına uygulanmasının, mikronutrientlerin bitkilerce alımını arttıran mikronutrient-kompleks oluşumunu teşvik ettiği, faydalı toprak organizmalarının varlığını arttırdığı, bitki patojenlerini azalttığı tespit edilmiştir. Ayrıca, su tutma kapasitesini, toprak tamponlama ve katyon değiştirme kapasitesini arttırdığı ve toprak porozitesini geliştirdiği görülmüştür [8, 11-14].

Faydalı etkilerine rağmen, kompostta yüksek metal konsantrasyonları (kentsel atıklar nedeniyle) tespit edilmiştir [8]. Atıklar içerisindeki organik kısım, kaynağında ayrı toplanmayıp daha sonra kompost tesislerinde mekanik olarak ayıklanabilir. Bu durumdaki organik atık kompost üretimi için kullanılırsa, yüksek konsantrasyonlarda toksik iz elementler içerebilir [15-17]. Bu yüksek değerler, kompostun tarım topraklarında kullanımını, aşırı kirletici yüklerinin toprak verimliliğini olumsuz etkilemesi nedeniyle, sınırlandırır. Ayrıca, metallerin varlığı, metallerin topraktaki uzun bekleme süreleri nedeniyle, uzun-dönem bir çevresel tehlike meydana getirebilir. Bitki kökleriyle absorpsiyon, ağır metallerin besin zincirine girişinin temel yollarından birisi olduğundan, toksik metallerin insan besin zincirine taşınımı meydana gelebilir [8, 13, 18, 19].

Kompostlaştırmada kullanılan kanalizasyon tasfiye çamuru ve sebzeler gibi bazı malzemeler patojenleri içerirler [20]. Organik atık ürünlerinin tarım arazisine hijyenik güvenilirliklerinin kontrolü yapılmadan uygulanması, patojenlerin insan besin zincirine girebileceği potansiyel bir yoldur [21, 22].

Kompostlaştırmadaki yaygın kullanılan materyallerden biri olan kanalizasyon çamuru, polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH) ve poliklorlu bifeniller (PCB) gibi organik kirleticileri içerir [23-27].

Stabil olmayan veya olgun olmayan kompost, organik maddenin uygun olmayan biyolojik bozunmasına bağlı olarak, oksijen için rekabet ederek zayıf bitki büyümesine neden olabilir ve ürünleri tahrip edebilir veya bitkilere fitotoksik olabilir [28, 29]. Ayrıca olgun olmayan kompost, azotu, tipik olarak bitki büyümesi için salıvermek yerine hareketsiz hale getirir [29, 30]. Bunun nedeni, olgun olmayan kompostların toprağa uygulandıktan sonra bile bozunmaya devam etmesi olup, bu durumda toprak mikroorganizmaları, bitkilere kullanılacak besin maddelerini alırlar [29]. Bu nedenle, kompostlar etkili şekilde olgunlaşmadıkça toprağa uygulanmamalıdır [1]. Stabilize olmamış organik maddelerin toprağa uygulanması, fitotoksik bileşiklerin varlığı nedeniyle hem ürünleri hem de çevreyi etkileyebilir [29, 31-35].

## 2. Çeşitli Standartlar

Kompostların toprağa uygulanabilmesi için belirli standartlara sahip olması gerekmektedir. Bu standartlar Kompost kalite değerlendirilmesi, politik ve endüstriyel gelişmeler oldukça, dünyanın farklı yerlerinde giderek farklı şekilde gelişmektedir. Bazı alanlarda, ülkeler arasında hayret verici şekilde yakın uyum görülmektedir. Farklı alanlar bulunması ise şaşırtıcı değildir. Uygulanabilir standart seçmenin bir yolu, kolay olan yolu seçmektir. Bu yol; genel kabulün belirgin olduğu alanı yansıtan bir dizi ölçütü açık ve kesin ifade etmek, sonra, uygulamada hemfikir olunulmayan veya zaafların açık olduğu alanları belirlemektir. Genel bir uzlaşıya varmak için önemli kademelerin yumuşatılmasına ihtiyaç duyulduğunda, beklemede olan daha sonraki araştırmalar yerine istenilen standartların kullanımına izin vermek en iyisidir [36]. Bazı ülkelerde uygulanan kompost standartları Tablo 1’de verilmiştir.

Almanya’ da ki düzenlemeler ile tamamen ispatlanmış kalite teminat sistemi işlemekte olup [36], Biyoatık Düzenlemesinde Tip I ve Tip II kompostları, RAL Standardında taze ve olgun kompost, saman ya da kuru yaprak örtüsü ve substrat kompostu, sıvı ve katı çürütme kalıntıları olarak ayrılmıştır [39]. ABD’ de kompostlar, Biyokatılar veya Gübreler Yönetmeliği ile yönetilmektedir [36]. ABD’ de ayrıca çeşitli eyaletlerin uyguladığı standartlar bulunmaktadır. Örneğin Teksas TNR CC, New York DEC, Washington Ekoloji Dairesi Standartları vardır. Çeşitli eyaletler kompost kalitesi talimatnamelerini veya kurallarını benimsemiştir. Bu kurallar EPA Biyokatı Kurallarından ayrılmaktadır [36]. Avustralya Standardı; kompostlar, toprak şartlandırıcıları ve saman, yaprak örtüsü ile ilgilidir [3]. Biyokatılar için ARMCANZ sınırları bulunmaktadır [39]. Avustralya Standardı, organik atıklardan, kompostlaştırılabilir organik maddelerden ve biyokatılardan kaynaklanan ürünlerden kirlenme eşiklerini benimsemektedir. Standart, ayrılmış yeşil atıktan üretilen kompostun kalitesini değerlendirmek için ve evsel ve yerleşim yerlerinde kullanımlar gibi sınırsız kullanım için geliştirilmiştir. Avustralya’ da kompostlaştırma ve ilgili organik işleme tesisleri için çevre yönetmelikleri şunları kapsamaktadır: kompostlaştırma ve ilgili organik işleme tesislerinin yönetimini etkileyen çevresel konuları açık şekilde tarifleme, hukuki çerçeveyi çizme, her bir konuyla ilgilenmek için amaçları, tasarım ihtiyaçlarını, performans ihtiyaçlarını ve performans ölçümlerini tespit etme, performansı izlemek ve ölçmek için kullanılan göstergeleri tespit etme, kompostlaştırma ve ilgili organik işleme tesisleri planlanırken dikkate alınması gereken konu tiplerini çerçeveleme, mümkün çevre yönetim tekniklerini tarifleme, kompostlaştırma ve ilgili organik işleme tesisleri için bir çevre yönetim planına dahil unsurları listeleme, kompostlaştırma ve ilgili organik işleme tesisleri için bir su değerlendirme planına dahil unsurları listeleme [3]. Avusturya’ da, üç sınıf kompost

tanımlanmıştır. Organik tarım için A<sup>+</sup> sınıfı kompost, tarım ve bahçecilik için A sınıfı kompost, gıda bulunmayan alanlar, peyzaj düzenlemesi için B sınıfı kompost tanımlanmıştır. Belçika’ da, Tarım Dairesi iki sınıf kompost tanımlamış olup, Flanders’ de ispatlanmış kalite teminat sistemi izlenmektedir. Brüksel ve diğer bölgelerde de Flanders örneği izlenebilmektedir. Danimarka’ daki düzenlemede, standartlaştırılmış ürün tarifi ve analiz metotları bulunmaktadır [36].

**Tablo 1.** Bazı ülkelere ait kompost standartları

Ülkeler	Standartlar
Almanya [37, 38]	Federal Biyoatık Kararnamesi (BioAbfallV) Federal Çamur Kararnamesi (KlarschlammV) Özel Kompost Birliği (RAL) Standartları
ABD [39]	EPA CFR 40/503 Çamur Yönetmeliği
Avustralya	AS4454-2003
Avusturya [39]	Kompost Kanunu FLG II Nr. 292/2001
Belçika	Kraliyet Kararnamesi, Tarım Dairesi Standartları
Danimarka	EPA 1/06/2000
Finlandiya	Tarım ve Ormancılık Bakanlığı Kararları (46/94)
Fransa	NFU 44-095 ve NFU 44-051
Hollanda	Atık Kanunu
İngiltere	PAS100:2005
İspanya	Tarım Bakanlığı Standartları
İsveç	QAS
İsviçre	Federal Standartlar
İtalya	Gübre Kanunu ve Özel Kompost Birliği tarafından belirlenen standartlar
Kanada	Ulusal Kanada Standardı (BNQ) Tarım ve Tarımsal-Gıda Kanada Kriterleri (AAFC) Kanada Çevre Bakanlıkları Konseyi (CCME)
Lüksemburg	RAL
Norveç	EPA
Türkiye	Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (KAKY)
Yunanistan	Temel Katı Atık Talimatnamesi

Finlandiya’ da Tarım ve Ormancılık Bakanlığı kararları bulunmaktadır [39]. Hollanda tamamen ispatlanmış kalite teminat ve sertifika sistemine sahip olup Kanunda temiz ve çok temiz olmak üzere iki sınıf kompost bulunmaktadır. İngiltere, Özel Kompost Birliği tarafından önerilmiş Çamur Kanunu bulunmaktadır [36]. Organik tarımda kullanılacak kompostlaştırılmış evsel atık için (UKROFS) ve kompostlaştırma birliği kalite etiketi için sınırlandırmalar bulunmaktadır [39]. İngiltere’ de aleni olarak kullanılır şartname PAS100:2005 [40], kullanılacak maddelerin, kompostlaştırma işleminin, kompostlaştırılmış maddelerin minimum kalitesinin seçiminin ve kompost ürünlerinin depolanması, etiketlenmesi ve izlenebilirliği şartlarının ana çizgilerini çizmektedir. Şartname, 2002 yılında, Atık ve

Kaynak Hareketi Programı [39] ve İngiliz Standartlar Enstitüsü ile birlikte Kompostlaştırma Birliği tarafından geliştirilmiş olup kaynağında ayrılan biyolojik olarak bozunabilir hammaddelerden kompost üretimi için bir dayanaktır. Şartname, kompostların üretimi için bir kalite yönetim sisteminin kurallarını, kompostların kullanım amacına daima uyacaklarını garantiye almak için, kesin olarak tayin etmektedir. Kalite yönetim sistemi, tehlike analizi ve kritik kontrol noktası planlamasını (HACCP) gerektirmektedir. PAS100' e katılma, kompostların kalitesinde bir emniyet derecesinin verildiğine addedilir. Bu da onları, akredite bir sistemin çerçevesinin dışında üretilen kompostlardan ayırır [41]. İspanya' da, kompostlar A, B ve C sınıfı olarak ayrılmıştır [42]. İsveç, QAS sınır değerlerini kullanmaktadır [39]. İsviçre' de ispatlanmış en düşük kalite standartları kullanılmaktadır [36]. İtalya' da Gübre Kanunu ve Özel Kompost Birliği uygulamaları vardır [37, 38]. Kanada' da gelişmiş standartlar bulunmakta olup, ticaret birliği kalite teminat sistemi bulunmaktadır [36]. Kanada' da birçok kurum, standart ve yönetmeliğin geliştirilmesiyle uğraşmaktadır. Kompost ve kompostlaştırma alanında, AAFC (Bitki Ürünleri Bölümü aracılığıyla), yerel ve milli hükümetler (CCME aracılığıyla) ve Kanada Standartlar Kurulu (BNQ aracılığıyla) kalite kriterlerinin geliştirilmesiyle alakadardır. BNQ' ya göre, yüksek kalitedeki kompostlar (AA ve A tipi kompostlar) ve iyi bir kompost için gereken en düşük gereksinimleri içeren B tipi kompostlar bulunmaktadır. CCME' ye göre ise, tüm tip uygulamalar için kullanılabilen A kategorisindeki kompostlar ve sınırlı kullanılabilen B kategorisindeki kompostlar vardır. BNQ; çevresel, sağlık, güvenlik, yapı ve bayındırlık hizmetleri konularıyla ilgilenmektedir. Ayrıca, Kanada Standartlar Kurulu tarafından resmen tanınan, standartları tanzim eden bir kurul olarak BNQ' nun, temel sorumluluğu; toprak düzenleyicileri, organik gübreleyiciler (kimyasal gübreler hariç), ağaç dikimi, gübreleme, sera ürünleri, kentsel kanalizasyonun arıtımı ve kentsel içme suyunun arıtımı ve kalitesi üzerinedir. CCME, kompostun üretimi ve kullanımı için ulusal yönergeler geliştirmiştir. Bu yönergelerin spesifik amaçları şunlardır: ülkede halk sağlığını ve çevreyi korumak; yüksek kaliteli kompost üretmek için kentsel katı atıkların kaynağında ayrılmasını özendirmek; çeşitli grupları ve birçok ilgiyi düzenleyecek uyum sağlanmış, ülke çapında kompost standartlarını geliştirmek; kompost için ulusal kalite kriterlerini meydana getirerek tüketici güvenini temin etmek; kompostlaştırmanın bir atık/kaynak yönetim çözümü olarak ve organik atığı düzenli deponilerden ve yakıcılardan başka yöne çeviren çevresel olarak bilinçli bir endüstri olarak geliştirilmesine müsaade edilmesini temin etmek. AAFC' nin Bitki Ürünleri Bölümü, Gübreler Kanunu ve Yönetmeliklerini yönetmekte dolayısıyla Kanada' da satılan gübreleri ve ilaveleri düzenlemektedir. Toprak düzenleyici veya gübre olarak satılan tüm kompostlar, Gübreler Kanunu altında kontrol edilmekte ve düzenlenmektedir. Kanun, Kanada' da satılan gübrelerin ve toprak düzenleyicilerinin güvenli, etkili ve uygun olarak etiketlenmiş olmasını istemektedir. Bunlar, talimatlara göre kullanıldığında insanlara, bitkilere, hayvanlara veya çevreye önemli bir risk oluşturmamalı ve istenilen amaca yönelik olarak kullanıldıklarında etkili olmalıdırlar. Ayrıca, bu ürünlerin rastgele numunelenmeleri ve analizlenmeleri yürütüldüğünde bunlar mevcut kriteri sağlamalıdır [43]. Lüksemburg' da Alman RAL' dan alınmış Federal Taslak düzenlemesi vardır. Norveç EPA' yı esas almaktadır. Yunanistan' da resmi kompost standardı yoktur [36].

Türkiye' de ise hem Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik [44] hem de Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik [45], toprakta kullanılan kompostlar için herhangi bir sınırlamaya sahip değildir. KAKY' ne

[46] göre ise kompostun tarımda kullanılabilmesi için; kompostun, hijyenik yönden kusursuz olması, insan ve tüm canlı sağlığını tehdit etmemesi, C/N oranının 35' den daha büyük olması halinde kompost reaksiyonunun optimum şartlarda cereyan edebilmesi için reaktördeki kompostta azot beslemesinin yapılması, toprak ıslahı için kullanılacak kompostta, organik maddenin en az % 35' i oranında olması, piyasaya sürülen kompostun su muhteva oranının % 50' yi geçmemesi, üretilen kompostun dane büyüklüğü itibariyle sınıflandırılması, piyasaya sürülen kompost içinde cam, cüruf, metal, plastik, lastik, deri, gibi seçilebilir maddelerin toplam ağırlığın % 2' sini geçmemesi, gerekir. Görülebileceği gibi yönetmelikte kompostun tarımda kullanılabilmesi için istenen kısıtlamalar, yüzeysel şekilde tanımlanmıştır.

### 3. Parametreler

Kompost kalite standardı olarak pH, hijyen, iz element, toksik elementler, nem içeriği, C/N oranı, organik madde, tuz, yabancı madde, oksijen alım hızı, çimlenme, nitrat ve amonyum gibi parametreler dikkate alınmakta ve takip edilmektedir.

#### 3.1. pH

Kompostların yüksek pH değeri, tarımsal kullanımları için problem olabilir. Örneğin Akdeniz toprakları tipik olarak yüksek alkaliniteye sahiptir [47, 48].

ABD Kompostlaştırma Konseyi Kompost Kullanımı Tarla Yönetmeliği kapsamında, kompostun uygulanabilmesi için pH değerinin 5 ila 8 arasında olması gerektiğini bildirmiştir. ABD'de bulunan Doğal Kaynak, Tarım ve Mühendislik Servisi (NRAS) tarafından ise kompost için pH değerlerinin 5,5 ila 8 arasında bir değer alması gerektiği belirlenmiştir [7, 49]. Avrupa Birliği'nde uygulanacak olan kompost ürününde eko-etiketleme sistemi kullanılmaktadır. Bu sisteme göre; ürün üzerinde pH bilgisi bulunması istenmekte ancak herhangi bir sınırlama yapılmamaktadır [50]. Avustralya'da uygulanan standartlar incelendiğinde kompostun pH değerinin 5 ila 7.5 arasında olması gerektiği belirtilmektedir [7, 51]. Avusturya tarafından belirlenen standartlarda ise kompostun pH değeri 5,5 ila 7,0 arasında olması gerekmektedir [7, 36]. Kanada' da, BNQ, AAFC ve CCME'ye göre herhangi bir pH sınırı bildirilmemiştir [7, 43]. İtalya ve Belçika' da çoğu bitki ile uygunluğu sağlamak için, kompostun pH sınırı 6-8,5 olarak verilmiştir [39, 50]. Yunanistan' da kentsel katı atık ve çamurdan elde edilen kompostlar için verilen standartlarda, pH sınırı 6-8 olarak verilmiştir [50, 52]. Türkiye' de ise kompostların tarımda kullanımı için herhangi bir pH sınırı değeri bildirilmemiştir.

#### 3.2. Hijyen

Kompost bileşimine giren ham maddeler bazen patojenik organizma içerebilirler. Dolayısıyla elde edilen kompost da patojenik organizmaları içerebilir. Bu durum, sonraki muhtemel sağlık riskleri nedeniyle dikkate alınmalıdır. Fekal koliformlar ve *Salmonella* komposttaki patojenik organizmaların potansiyel varlığı ile ilgili olarak kompost güvenlik göstergesi olarak kullanılan indikatör mikroorganizmalardır [43].

Patojen giderimi için, ABD' de, kapalı kompostlaştırmada kompostun 5 gün 55 °C' de kalması istenmektedir [39]. Dünya genelinde kişi başına en fazla kompostlaştırma yapılan ülke olan Almanya,

insan/ hayvan hijyenini ve bitki hijyenini ayıran gelişmiş hijyen standartlarına sahiptir [36]. Belçika' da sıhhileşme için 4 gün 60 °C sıcaklık istenmektedir [39]. Fransa' da kompostun sıhhileşmesi için 4 gün 60 °C' de kalması istenmektedir [39]. Fransa' da kanalizasyon çamuru içeren kompostla ilgili olan NFU 44-095 standardı ile diğer kompostlar ve çiftlik gübresiyle ilgili olan NFU 44-051 standardı, son komposttaki mikroorganizma içeriğini sınırlandırmaktadır. NFU 44-051 standardında *E.coli* ve *Enterococcus* için bildirilen değerler tavsiye edilen değerlerdir. Her iki standartta bildirilen ağırlıklar, yaş ağırlık değerleridir [22]. Hollanda' da kompostun sıhhileşmesi için 4 gün 55 °C' de kalması istenilmektedir [39]. İngiltere' de Kompost Birliği tarafından geliştirilen kompost için sağlık standartlarında [35, 53], kompostlaştırma prosesine (karıştırmalı uzunluğuna serilmiş yığın, kapalı sistem, statik havalandırılmalı yığınlar) dayalı olarak, kompost sıcaklıkları 3-14 günlük sürelerde 55–65 °C olarak bildirilmektedir [35]. İsveç' te sıhhileşme için istenen sıcaklık, kompost/çürütme sahası ve malzemenin risk potansiyeline dayalı olarak 55-70 °C' dir [39]. İtalya' da istenen sıhhileşme sıcaklığı 55 °C olup bu sıcaklığın 3 gün sürdürülmesi istenmektedir [39]. Kanada' da, CCME' ye göre; eğer kompost insan patojenince zengin bir atık içermiyorsa, kap içerisindeki kompostlaştırmada katı atık  $\geq 55$  °C' de en az 3 gün kalmalı, uzunlamasına serilmiş yığın kompostlaştırmada katı atık  $\geq 55$  °C' de en az 15 gün kalmalı ve yığın bu süre içerisinde en az 5 kez karıştırılmalı, havalandırılmış statik yığın kompostlaştırmada ise katı atık  $\geq 55$  °C' de en az 3 gün kalmalıdır. Eğer kompost insan patojenince zengin bir atık içeriyorsa, belirlenmiş bir tasfiye prosesi uygulanmalı [43]. Yeni Zellanda' da sıhhileşme için istenen sıcaklık değeri 55 °C olup 3 gün sürdürülmesi istenmektedir [39]. Türkiye'de ise KAKY'ne [46] göre kompostun hijyen açısından kusursuz olması, insan ve tüm canlı sağlığını tehdit etmemesi gerektiği belirtilmekte ancak bu durum yeterince açıklanmamakta ve herhangi bir sınır değeri verilmemektedir.

Almanya, Avustralya, Avusturya, Danimarka ve Fransa'ya ait yönetmeliklerde belirtilen hijyen standartları Şekil 1'de, İngiltere, İsviçre, Kanada, Türkiye ve Yunanistan'a ait hijyen standartları Şekil 2'de özetlenmiştir.

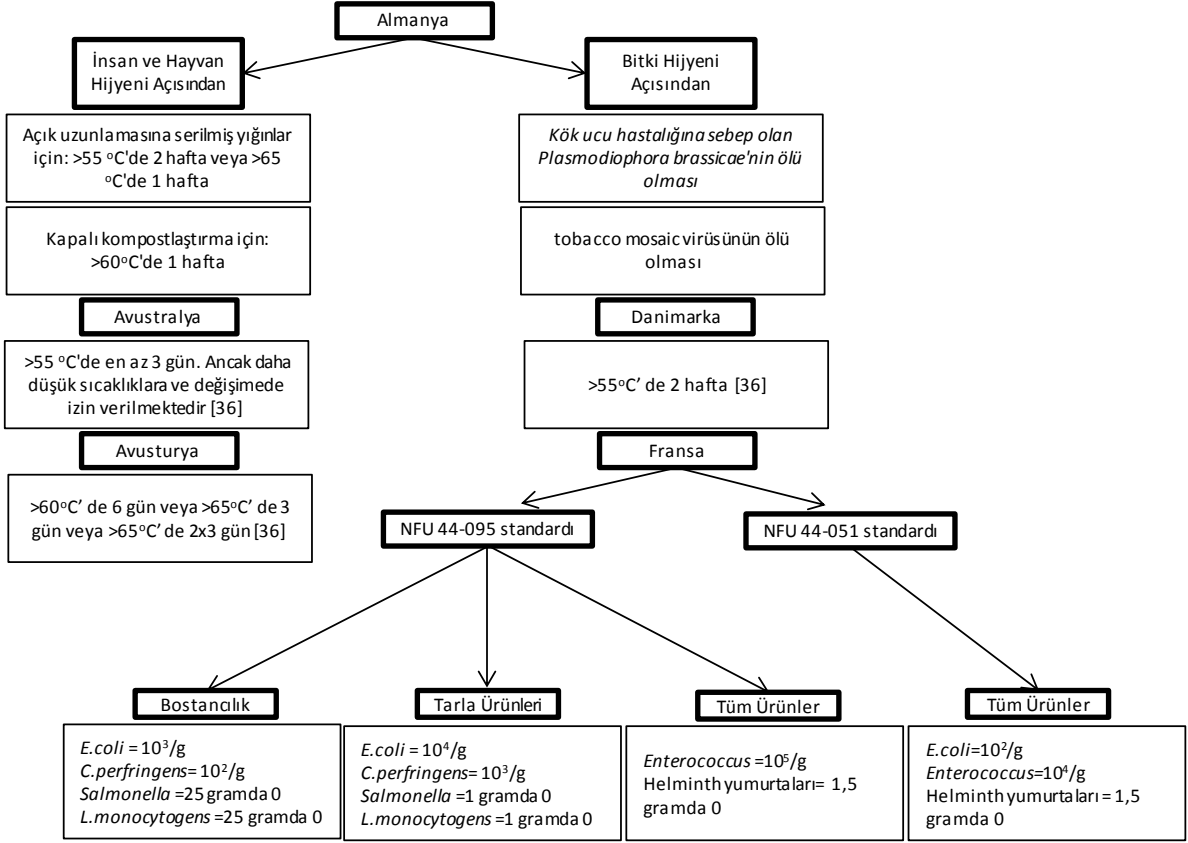
### 3.3. İz element

Ağır metaller, yoğunluğu  $5 \text{ gr/cm}^3$ ' den fazla olan metallerdir. İz elementler (Zn, Fe, Cu, Ca, Co gibi) ise, insan ve hayvan beslenmesinde [54], bitki büyümesinde gerekli olan elementlerdir [43]. İz elementler, temel olarak, katı toprak bileşenleriyle ilişkilendirilir ve çeşitli fiziko-kimyasal formlarda bulunur [8]. Bazı ağır metaller, iz elementlerden sayılırlar ve topraktaki konsantrasyonlarına bağlı olarak insan hayatı ve çevre için zararlı olabilirler [43].

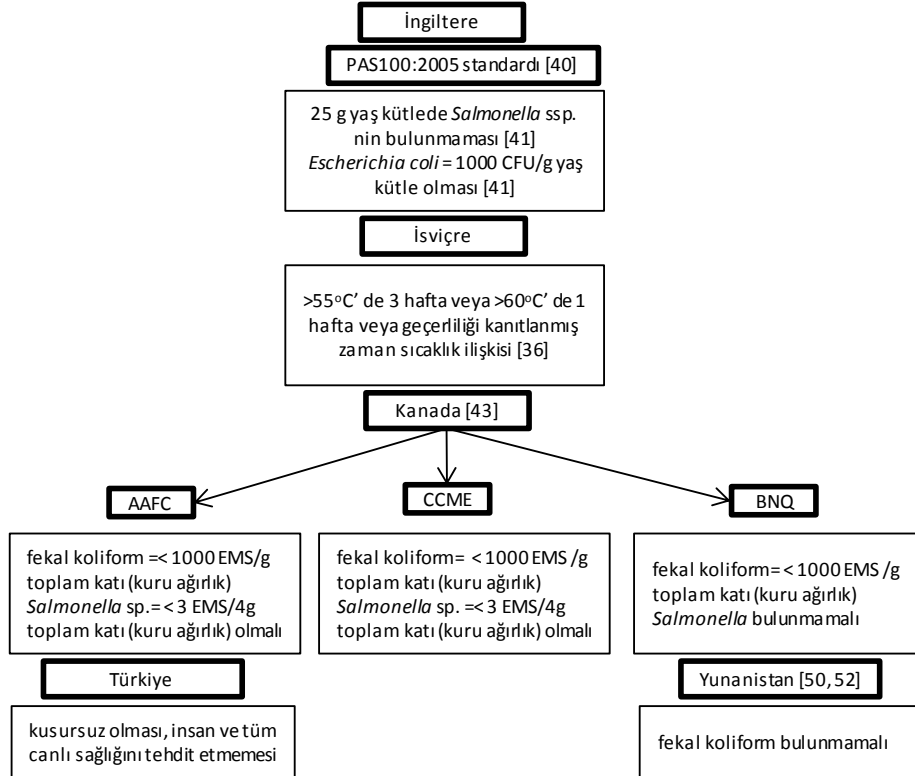
İz elementler ile toksik metaller (Cd, Pb gibi) arasında önemli bir ilişki vardır. Örneğin çiftlik hayvanlarında, toksik metallerin yüksek sınırlarına veya gerekli iz elementlerin düşük seviyelerine maruz kalmak, üreme bozukluklarına, fiziksel anormalliklere, davranış değişikliklerine hatta ölümlere yol açabilmektedir [54].

Kompostta bazı potansiyel olarak toksik elementlerin varlığı (Cu, Pb veya Zn gibi), kompostun toprağa eklenmesi nedeniyle ortaya çıkan olumsuz çevre etkisi hakkındaki ilgiyi artırmaktadır. Bu elementler toprakta aşırı arttığında, bunlar bitkilerin büyümesi ve gelişmesi üzerinde olumsuz etkilerle sebep olabilirler ve besin zincirine de girerek insan ve hayvan sağlığını etkileyebilirler [42, 55]. Bu risk özellikle kentsel atıklardan hazırlanan bazı kompost tipleri için önemli olabilir. Cu, Pb ve Zn, sebzelerde

ve diğer insan gıdalarındaki varlıklarından dolayı veya kanalizasyon çamuru kullanımı durumunda kanalların korozyonundan dolayı [42, 56] en yüksek konsantrasyonda olan kirleticilerdir [15, 19, 42].



Şekil 1. Almanya, Avustralya, Avusturya, Danimarka ve Fransa'ya ait hijyen standartları



Şekil 2. İngiltere, İsviçre, Kanada, Türkiye ve Yunistan'a ait hijyen standartları



Cu, bitkiler tarafından kolaylıkla absorplanamayan bir çeşit ağır metaldir. Cr, güçlü biyoaktivite ve biyotoksidite ile ciddi bir toksik ağır metaldir. Zn, taşınımı kolay olan ve ürünlerdeki taşınım davranışı karmaşık bir çeşit ağır metaldir [57, 58].

ABD standartları, hem izin verilebilir metal konsantrasyonları hem de toprağa yapılacak yıllık ve/veya en yüksek yükleme oranları göz önünde tutulduğunda, diğer ulusal standartlarla herhangi bir ilişki taşımamaktadır [36].

Avrupa ağır metal sınırları açısından ABD' den daha sıkı değerlere sahiptir. Özellikle bazı metaller (Cd, Hg, Ni) için ABD'de izin verilen değerler, Avrupa' da izin verilenlerden önemli ölçüde uzaklaşmaktadır [36]. Cd, Cu, Hg, Ni ve Zn için ABD' nin istediği limit değerler, genel olarak Avrupa' nın istediği limit değerlerden oldukça yüksektir.

Hollanda ağır metal sınırları açısından diğer Avrupa ülkelerinden daha sıkı düzenlemelere sahiptir. Avusturya, İngiltere ve Almanya' da da sıkı ağır metal sınırları bildirmektedirler. Almanya kompostun uygulanacağı toprağın tipine göre kompostun içerebileceği ağır metal değerlerini ayırmaktadır [36]. İspanya Tarım Bakanlığı iz element konsantrasyonlarına göre kompostları A, B ve C olmak üzere 3 sınıfa ayırmıştır. A ve B sınıfı kompostların araziye uygulanmasında kompost miktar sınırlaması bulunmazken, C sınıfı kompostun uygulanmasında 5 t/ha (kuru ağırlık) ile sınırlama getirilmiştir [42, 59].

Türkiye' de Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik [44], Eysel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik [45] ve Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği [46] toprakta kullanılan kompostlar için herhangi bir ağır metal sınırlamasına sahip değildir. Eysel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelikte yalnızca toprakta kullanılan stabilize arıtma çamurları için ağır metal sınırlamaları bildirilmiştir. Bazı ülkelere ait kompost uygulamalarında kullanılan ağır metal standartları Tablo 2'de özetlenmiştir.

### 3.4. Potansiyel toksik bileşikler

Potansiyel toksik bileşikler şunlardır [36]; organik bileşenlerin çeşitli grupları, özellikle ftalatlar (di-ethyl-hexyl ftalat (DEHP) ve DBP) ve yüzey aktif maddeler (linear alkilbenzen sulfonatlar (LAS)) gibi yumuşatıcılar ve tüm standart EPA 10 ağır metali (As, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Mo, Ni, Se, Zn) [60].

Kompostlarda xenobiotik (insan yapımı organik kimyasallar) bileşiklerin varlığı, bu bileşikler kalıcı olduğundan ve tarım toprağını geri dönülemez şekilde kirlendiğinden özel önemdedir [61, 62]. Kompostta 140 mg/kg kuru madde LAS konsantrasyonu bildirilmiştir [62-64]. Nonylphenol ethoxylatlar (NPEO) çoğu uygulamada hala kullanılan, yaygın, iyonik olmayan yüzey aktif maddelerdir. Kompostta 1.5-7.8 mg/kg kuru madde aralığında konsantrasyonlarda bulunabilirler [62, 65, 66]. Metabolik ürünler NP1EO ve NP2EO, belirgin lipofilik karaktere sahiptir ve bu sebeple topraklara kolaylıkla absorbe olabilir. Ayrıca, kara organizmalarına toksiditeleri, özellikle nonylphenol (NP)' ün toksiditesi, çok yüksektir [62, 67, 68]. Ftalik asit esterleri (PAE) arasında DEHP biyolojik olarak bozunmaya dayanıklıdır [62, 69]. Kompostta tipik DEHP konsantrasyonu 44-160 mg/kg kuru madde arasında bulunabilir [62, 63, 66, 70].

Birkaç ülkede kompostlardaki en yüksek konsantrasyon eşikleri, PAH, PCB veya poliklorlu dibenzo-p-dioksinler/furanlar (PCCD/F) gibi organik kirleticilerin bazıları için tanımlanmıştır [39, 73].

LAS veya NP gibi diğerk organik kirleticiler için sınırlamalar içeren yeni düzenlemeler müzakere halindedir [71-73].

Avrupa Komisyonu tarafından, kompostun araziye uygulanmasında istenen sınır değerler, AOX, LAS, DEHP, DBP, NPE, PAH, PCB ve PCDD/F bileşikleri için sırasıyla 500; 2600; 100; -; 50-100; 6; 0;8; 100 mg/kg olarak bildirilmiştir [36]. Avusturya' da yalnızca karışık kentsel katı atık kompostu için PCB, Dioksinler, PAH, AOX ve hidrokarbonların sınır değerleri sırasıyla 1 mg/kg kuru madde, 50 ng ITEQ/kg kuru madde, 6 mg/kg kuru madde, 500 mg/kg kuru madde ve 3000 mg/kg kuru madde olarak verilmiştir. Belçika' da biyoatık kompostu için PAH, LAS, NPE ve DEHP sınır değerleri 3, 1300, 30 ve 50 mg/kg kuru maddedir. Lüksemburg' da PCB, PCDD/F ve PAH için sınır değerler sırasıyla 0.1 mg/kg kuru madde, 20 ng/kg kuru madde ve 10 mg/kg kuru madde olarak bildirilmiştir [39]. Türkiye' de kompostların tarımda kullanımı için herhangi bir organik kirletici sınırı bildirilmemiştir.

**Tablo 2.** Bazı ülkelere ait kompost uygulamalarında kullanılan ağır metal sınırlamaları (mg/kg)

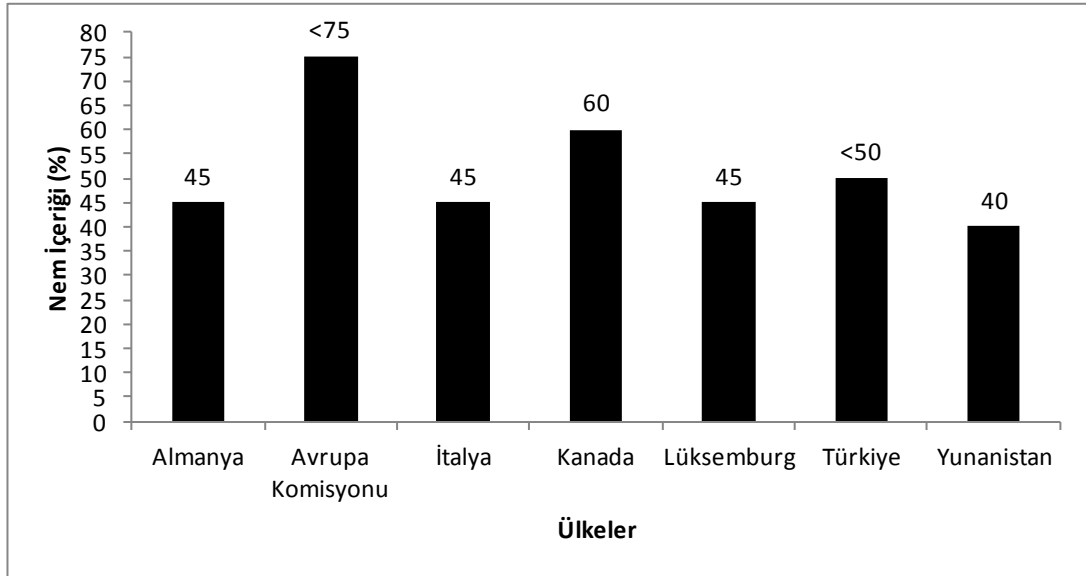
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo	Ni	Pb	Se	Zn
<b>ABD<sup>a</sup></b>	<41	<39	–	–	<1500	<17	–	<420	<300	<100	<2800
<b>Almanya<sup>b</sup></b>	–	1-1,5	–	70-100	70-100	0,7-1	–	35-50	100-150	–	300-400
<b>Avustralya<sup>c</sup></b>	20	3	–	400	200	1	–	60	200	–	250
<b>Avusturya<sup>d1,d2</sup></b>	–	0,7-1-3 <sup>d2</sup>	–	70-170-250 <sup>d2</sup>	70-150-500 <sup>d2</sup> -400 <sup>d1</sup>	0,4-0,7-3 <sup>d2</sup>	–	25-60-100 <sup>d2</sup>	45-120-200 <sup>d2</sup>	–	200-500-1800 <sup>d2</sup> -1200 <sup>d1</sup>
<b>Belçika<sup>e</sup></b>	–	1,5	–	70	90	1	–	20	120	–	300
<b>Danimarka<sup>f</sup></b>	25	0,4	–	–	1000	0,8	–	30	120/60	–	4000
<b>Finlandiya<sup>g1,g2</sup></b>	50 <sup>g1</sup>	1,5 <sup>g2</sup>	–	300 <sup>g2</sup>	600 <sup>g2</sup>	2 <sup>g1</sup>	–	100 <sup>g2</sup>	100 <sup>g2</sup>	–	1500 <sup>g2</sup>
<b>Fransa<sup>h</sup></b>	–	3	–	–	–	8	–	200	800	–	–
<b>Hollanda<sup>i</sup></b>	5-15	0,7-1	–	50-50	25-60	0,2-0,3	–	10-20	65-100	–	75-200
<b>İngiltere<sup>j1,j2</sup></b>	–	0,7 <sup>j1</sup> -1,5 <sup>j2</sup>	–	70 <sup>j1</sup> -100 <sup>j2</sup>	70 <sup>j1</sup> -200 <sup>j2</sup>	0,4 <sup>j1</sup> -1 <sup>j2</sup>	–	25 <sup>j1</sup> -50 <sup>j2</sup>	45 <sup>j1</sup> -200 <sup>j2</sup>	–	200 <sup>j1</sup> -400 <sup>j2</sup>
<b>İrlanda<sup>k</sup></b>	15	1,5	–	100	100	1	–	50	150	–	350
<b>İspanya<sup>l</sup></b>	–	0,7-2-3	–	70-250-300	70-300-400	0,4-1,5-2,5	–	25-90-100	45-150-200	–	200-500-1000
<b>İsveç<sup>m</sup></b>	–	1	–	100	100	1	–	50	100	–	300
<b>İsviçre<sup>n</sup></b>	–	3	25	150	150	3	–	50	150	–	500
<b>İtalya<sup>o</sup></b>	–	1,5	–	0,5	150	1,5	–	50	140	–	500
<b>Kanada<sup>p</sup></b>	13-75	3-20	34-150	210-1060	100-757	0,8-5	5-20	62-180	150-500	2-14	500-1850
<b>Kanada<sup>r</sup></b>	13-75	3-20	34-150	210- <sub>–</sub>	100- <sub>–</sub>	0,8-5	5-20	62-180	150-500	2-14	500-1850
<b>Kanada<sup>s</sup></b>	75	20	150	–	–	5	20	180	500	14	1850
<b>Lüksemburg<sup>t</sup></b>	–	1,5	–	100	100	1	–	50	150	–	400
<b>Portekiz<sup>y</sup></b>	–	20	–	1000	1000	16	–	300	750	–	2500
<b>Yeni</b>	–	15	–	1000	1000	10	–	200	600	–	2000
<b>Zellanda<sup>u</sup></b>											
<b>Yunanistan<sup>v</sup></b>	15	10	–	510	500	5	–	200	500	–	2000
<b>EC<sup>y</sup></b>	–10	0,7-1	–	70-100	70-100	0,4-1	–	25-50	45-100	–	200-300
<b>Türkiye<sup>z</sup></b>	–	10	–	1000	1000	10	–	300	750	–	2500

a ABD, EPA CFR40/503 Çamur Kuralı [39] b Almanya, sırasıyla, Tip I ve Tip II kompostları için [39] c Avustralya, Biokatalar için ARMCANZ limitleri [39] d1Avusturya, sırasıyla organik tarım için A+ sınıfı kompost, tarım ve bahçecilik için A sınıfı kompost, gıda bulunmayan alanlar, peyzaj düzenlemesi için B sınıfı kompostta sınır değeri ve peyzaj düzenlemesi için B sınıfı kompostta aşıldığında etiketlemede belirtilecek rehber değeri [39] d2Avusturya Kompost Kanunu (2002) [74] e Belçika, Tarım Bakanlığı, [39] f Danimarka [39] gFinlandiya g1[39], g2656/01/2007. [75] hFransa [39] i Hollanda, çok temiz kompost ve kompost için, sırasıyla,

[39]j İngiltere, sırasıyla, j1organik tarım için kompostlaştırılmış evsel atık için (UKROF) [39] ve j2kompostlaştırma birliği kalite etiketi için (PAS100) [39] k İrlanda [39] lİspanya Tarım Bakanlığı' na göre, sırasıyla, A, B ve C sınıfı kompostlar için. [42] A ve B tipi kompostlar için araziye uygulamada herhangi bir sınırlama istenmezken C sınıfı kompostun tarım topraklarına uygulanması 5 t/ha (kuru ağırlık) ile sınırlanmıştır mİsveç, QAS limit değerleri [39] nİsviçre [36] o İtalya [39].PBNQ' ya göre, sırasıyla, yüksek kalitedeki kompostlar (AA ve A tipi kompostlar) için ve iyi bir kompost için gereken en düşük gereksinimleri içeren B tipi kompostlar için. [43] rCCME' ye göre, sırasıyla, tüm tip uygulamalar için kullanılabilen A kategorisindeki kompostlar ve sınırlı kullanılabilen B kategorisindeki kompostlar için. [43] sAAFC' ye göre. [43] t Lüksemburg [39] vPortekiz [39] uYeni Zelanda, DoH değerleri [39] wYunanistan [39] yEC, sırasıyla, ekotarım (2092/91 EC-1488/98 EC) ve ekoetiket için (2001/688/EC) [39] zToprakta kullanılacak stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal muhtevaları (Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik)

### 3.5. Nem içeriği

Bazı ülkelerde kompost uygulamalarında belirlenen nem içeriği yüzdeleri Şekil 3’de verilmiştir.

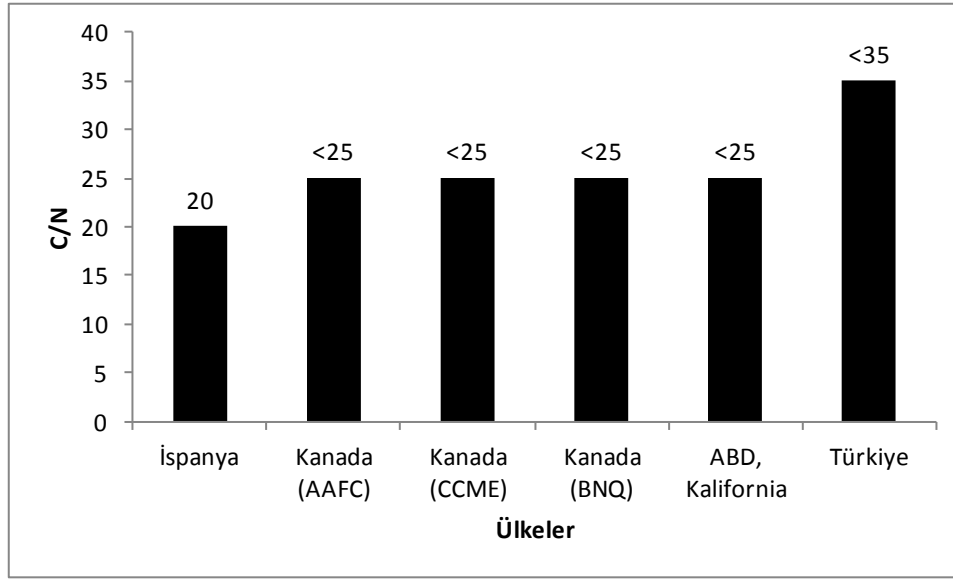


Şekil 3. Bazı ülkelerde kompost uygulamalarında belirlenen nem içeriği yüzdeleri

Şekil 3’e göre; Avrupa Komisyonu’ nun toprak geliştiricileri ve yetiştirme ortamları için olan Eko-Etiket Standartları’ nda nem içeriğinin % 75’ den küçük olması gerektiği belirtilmektedir [7, 50, 72]. İtalya, Lüksemburg ve Almanya’ nın ticari kompostta istediği nem sınır değeri % 45’ dir. Kanada’ da, BNQ, AAFC ve CCME’ ye göre kompostun içerebileceği en yüksek nem yüzdesi % 60 olmalıdır [7, 43]. Yunanistan’ da ticari kompostun nem içeriği sınırı % 40 olarak bildirilmiştir [50]. Türkiye’de ise KAKY’ne [46] göre kompostun nem içeriğinin % 50’ den küçük olması gerektiği belirtilmektedir.

### 3.6. C/N oranı

Kompost uygulamalarında C/N oranının belirlenmesi gerekmekte olup bazı ülkelerde belirlenen sınır değerler Şekil 4’de verilmiştir. C/N oranı kompostlaştırma prosesi sonucu elde edilen kompostların kararlılığının bir göstergesidir. Toprağa gübreleme amacıyla yapılacak olan atık uygulamalarında, uygulanacak atıkların kararlı halde olması toprakta ve bozunmaya devam etmemesi istenmektedir.

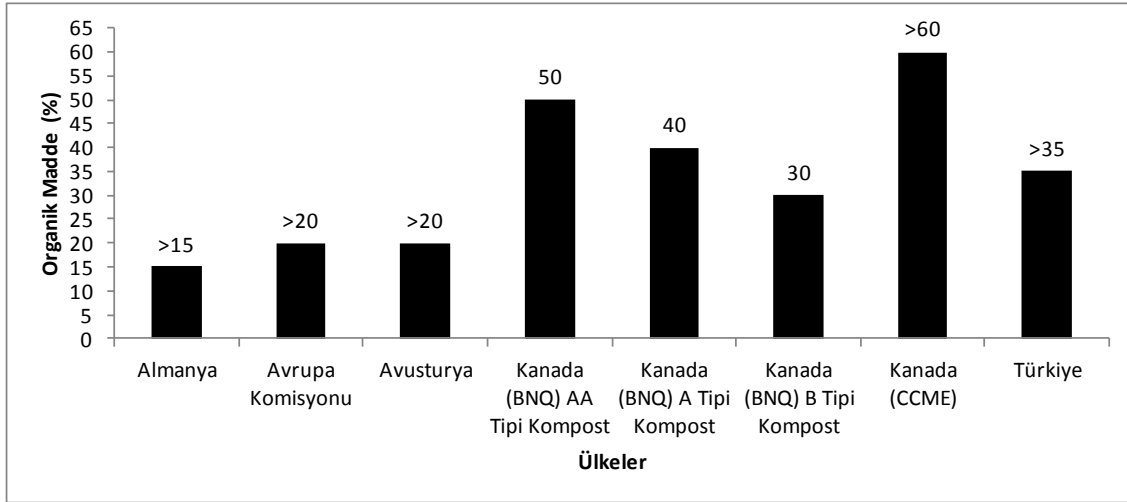


Şekil 4. Bazı ülkelere ait standartlarda tanımlanan C/N oranları

Şekil 4'e göre; Kanada' da, C/N oranının, AAFC' ye, CCME ' ye ve BNQ' ya göre 25' den küçük olması gerekmektedir [7, 43]. ABD eyaleti olan Kaliforniya' da Kompost Kalite Kurulu (CCQC)' na göre C/N oranının Kanada' da olduğu gibi 25' den küçük olması gerektiği bildirilmiştir [36]. İspanya' da uygulanan Tarım Bakanlığı Yönetmeliği' ne göre sınır C/N oranı 20' dir [7, 42, 59]. Türkiye' de ise KAKY' ne [46] göre kompostun tarımda kullanılabilmesi için şart şu şekilde belirtilmiştir; C/N oranının 35' den daha büyük olması halinde kompost reaksiyonunun optimum şartlarda cereyan edebilmesi için reaktördeki kompostta azot beslemesinin yapılması gerekmektedir. Bu durumda C/N oranının, yalnızca kompostlaştırma prosesi işleyişi esnasında dikkat edilecek bir parametre olarak değerlendirildiği açıkça görülmektedir. Son kullanım ile ilgili herhangi bir sınır C/N oranı değeri verilmemiştir.

### 3.7. Organik madde

Komposttaki organik madde içeriği, ürün kalitesini değerlendirmek için önemli bir karakteristiktir [43]. Çünkü toprak verimini arttırmak amacıyla toprağa uygulanan organik eklemelerin toprakta yetiştirilecek herhangi bir ürüne fayda sağlaması için yüksek organik madde içeriğine sahip olması istenir. Bu nedenle, kompost içerisinde bulunan organik madde içeriğinin bilinmesi gerekmektedir. Bazı ülkelerde, kompostun içermesi gereken organik madde yüzdeleri standartlarla belirlenmiştir. Bu değerler Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Bazı ülkelere ait standartlarda tanımlanan organik madde yüzdeleri

Şekil 5'e göre; Almanya kompostun son kullanımı için organik madde içeriğinin % 15' den büyük bir değer olması gerektiğini tavsiye etmektedir [36]. Avrupa Komisyonu' nun toprak geliştiricileri ve yetiştirme ortamları için olan Eko-etiket Standartları' na göre organik madde % 20 değerinden az olmamalıdır [50, 72]. Avusturya, kompostun son kullanımı için >% 20 değerini tavsiye etmektedir [36]. Kanada' da, BNQ' ya göre kompostun içerebileceği en düşük organik madde yüzdesi, yüksek kalitedeki kompostlar (AA ve A tipi kompostlar) için sırasıyla % 50 ve 40, iyi bir kompost için gereken en düşük gereksinimleri içeren B tipi kompostlar için ise % 30' dur. CCME' ye göre organik madde >% 60 (ağırlıkça) olmalıdır [43]. Türkiye' de ise organik madde yüzdesinin 35' den büyük olması gerekmektedir.

### 3.8. Tuz

Mineral iyonlar formundaki tuzlar, tüm kompostlarda doğal olarak mevcuttur. Tuzlar, normal olarak kompostlaştırma esnasında bir dereceye kadar yoğunlaşırlar. Bitkiler tuza karşı değişen duyarlılıklara sahiptirler. Bu nedenle, komposttaki tuz, kompostun toprak uygulaması için sınırlamalara tabi olabilir [36]. Tuzların yüksek konsantrasyonu, bitki kökleri ve büyüme substratı arasındaki ozmotik basıncı azaltarak bitkinin su kullanabilmesini etkiler. Yüksek elektriksel iletkenlik kompost fitotoksitesine neden olabilir [75, 76].

Bazı ülkelerde kompost uygulamalarında belirlenen tuz standartları Tablo 3' de verilmiştir.

**Tablo 3.** Bazı ülkelerde kompost uygulamalarında belirlenen tuz standartları

<b>Ülkeler</b>	<b>Tuz/ elektriksel iletkenlik (Eİ) standartları</b>
Almanya	<2,5 g/L
Avrupa Birliği	1,5 dS/m
Avusturya	<2 g/L
İsviçre	<2,5 mS/cm
Kanada	-
Yunanistan	4 dS/m
Türkiye	-

Tablo 3' e göre; Almanya kompostun son kullanımı için <2,5 g/L tuz değerini tavsiye etmektedir [36]. Avrupa Birliği eko-etiket hükümlerinde, yalnızca, bitkilerin büyüdüğü toprak haricindeki yetiştirme ortamı için 1,5 dS/m elektriksel iletkenlik (Eİ) sınırı bildirilmiştir [50]. Avustralya' da kompostun içerdiği Eİ değerlerine göre uygulanabileceği en yüksek değerler bildirilmiştir. Belirtilen sınırlamalar, tuza duyarlı ve tuza toleranslı bitkiler için farklıdır. Kompostun toprağın en üst 5 cm' lik kısmına karıştırılması durumu için, Eİ değerleri sırasıyla, 0-1, 1-2, 2-4, 4-8, 8-12 ve >12 dS/m olduğunda, duyarlı bitkiler için uygulanabilecek miktar sırasıyla, sınırsız, <15, <8, <4, <2,5 ve <2 L/m<sup>2</sup>'dir. Toleranslı bitkiler için ise sırasıyla sınırsız, <60, <32, <16, <10 ve <8 L/m<sup>2</sup> olarak verilmiştir [36, 39]. Avusturya tuz bakımından kompost için <2 g/L değerini son kullanım için tavsiye etmektedir [36]. İsviçre' de ASCP Talimatnamesinde kompost uygulamasında, bitki büyümesi için güvenli sınır olarak <2,5 mS/cm değeri verilmektedir [75, 82]. Kanada' da, BNQ, AAFC ve CCME Eİ sınırı bildirmemiştir [43]. Yunanistan standartlarında, orta duyarlılıktaki bitkiler için tolere edilebilir olduğu düşünülen, Eİ sınırı 4 dS/m olarak verilmiştir [50]. Türkiye' de ise KAKY [46] Eİ için sınır bildirilmemiştir.

### 3.9. Yabancı madde

Kompostta yabancı maddenin varlığı, kullanıcılar tarafından kabul edilebilirliği ve kompostlaştırma endüstrisi genelinde olumsuz etkiye sebep olmaktadır [43]. Bazı ülkelere ait insan yapımı yabancı madde için (İYYM) ve taş için belirlenen sınır değerler Tablo 4'de özetlenmiştir.

**Tablo 4.** Bazı ülkelere ait yabancı madde ve taş için belirlenen sınır değerler

<b>Ülkeler</b>	<b>İnsan Yapımı Yabancı Madde İçin</b>		<b>Taş İçin</b>		<b>Kaynak</b>
	<b>Boyut (mm)</b>	<b>Kuru Ağırlık Yüzde (%)</b>	<b>Boyut (mm)</b>	<b>Kuru Ağırlık Yüzde (%)</b>	
Almanya	> 2	<0,5	>5	<5	[36]
Avustralya	>2	<0,5	>5	<5	[36]
Avusturya	>2	<2	>11	<3	[36]
Belçika	>2	0,5	>2	<2	[36]
Fransa	>5	<6	-	-	[36]
Hollanda	>2	<0,5	>5	<3	[36]



İngiltere	>2	0,5	>4	8-16	[40, 41]
İsviçre	>2	<0,5	>5	<5	[36]
İspanya	-	-	-	-	[38]
İtalya	-	<3	-	-	[36]
Türkiye	-	<2	-	-	[46]

Kanada’ da, BNQ’ ya göre, tüm kompost tipleri kullanımları esnasında veya sonucunda insan ve hayvanlarda tahribata veya yaralanmaya yol açabilecek 3 mm boyutundan büyük bir yabancı madde içermemeli, yabancı maddenin en büyük boyutu yüksek kalitedeki kompostlar (AA ve A tipi kompostlar) için 12.5 mm, iyi bir kompost için gereken en düşük gereksinimleri içeren B tipi kompostlar için ise 25 mm ile sınırlı olmalı, yüksek kalitedeki kompostlar (AA ve A tipi kompostlar) için yabancı madde kuru kütleli yüzdesi olarak <0.01 ve <0.5, B tipi kompostlar için ise <1.5 ile sınırlı olmalıdır. CCME’ye göre, tüm tip uygulamalar için kullanılabilen A kategorisindeki kompostlar ile sınırlı kullanılabilen B kategorisindeki kompostlar kullanımları esnasında veya sonucunda insan, bitki veya hayvanlarda tahribata veya yaralanmaya yol açabilecek yabancı madde bulundurmamalı, 3 mm boyutundan büyük keskin herhangi bir yabancı madde içermemeli, yabancı maddenin en büyük boyutu 25 mm ile sınırlı olmalıdır. AAFC’ ye göre, kompost kullanımı esnasında veya sonucunda insan, bitki veya hayvanlarda zarara veya yaralanmaya yol açabilecek zararlı yabancı madde bulundurmamalı, 3 mm boyutundan büyük keskin herhangi bir yabancı madde içermemelidir [43].

Türkiye’ de KAKY’ ne [46] göre ise, piyasaya sürülen kompost içinde cam, cüruf, metal, plastik, lastik, deri, gibi seçilebilir maddelerin toplam ağırlığın % 2’ sini geçmemesi gerekmektedir. Dünya genelinde, kompostlarda bulunabilecek yabancı madde miktarları genel olarak birbirine benzerdir [36].

### 3.10. Oksijen alım hızı

Solunum hızı, biyolojik aktivitenin, başka bir ifade ile stabilitenin iyi bir göstergesidir. Bu sebeple kompostlaştırma prosesi oksijen alım hızının devamlı ölçülmesiyle izlenir [83]. Dolayısıyla elde edilen kompostun oksijen alım hızının değeri, biyolojik aktivitenin devam edip etmediğinin de bir göstergesidir.

ABD’ de CCQC kompostu olgunluğuna göre değerlendirmek için Grup A ve B parametreleri belirlemiştir. Grup A parametrelerinden birisi olan oksijen alımı çok olgun, olgun ve olgun olmayan kompostlar için sırasıyla <0,5; 0,5-1,5 ve >1,5 O<sub>2</sub>/uçucu katı/saat olarak bildirilmiştir [36]. Kanada’ da kompostlar için, BNQ’ ya göre < 150 mgO<sub>2</sub>/kg uçucu katı.saat, CCME’ ye göre < 150 mgO<sub>2</sub>/kg uçucu katı.saat, AAFC’ ye göre < 150 mgO<sub>2</sub>/kg uçucu katı.saat sınırlamaları vardır [43]. Türkiye’ de kompost için oksijen alım hızıyla ilgili bir sınırlama yoktur.

### 3.11. Çimlenme

Her ne kadar kompost olgunluğunu değerlendirmek için birçok metot olsa da, çimlenme indeksi, kompostun meydana geldiği atıklara bakılmaksızın, kompostun olgunluğunu daha fazla yansıtan kriterlerdendir [84-86]. Kompostun herhangi bir fitotoksik bileşen içermediğini güvence altına almak için, kompostun olgunluğunu değerlendirmede, çimlenme indeksi testi kullanılır. Bu indeksin, hem kök büyümesini etkileyen düşük toksiditeyi

hem de çimlenmeyi etkileyen yüksek toksiditeyi açıklayan duyarlı parametrelerden birisi olduğu ispatlanmıştır [85, 86].

Kanada’ da, BNQ, CCME, AAFC’ ye göre tere (*Lepidium sativum*) ve turp (*Raphanus sativus*) tohumlarının kompostta çimlenmesi, kontrol numunesinin çimlenme oranının % 90’ ından fazla olmalıdır. Ayrıca kompost ve toprak karışımında büyüyen bitkilerin büyüme hızı, kontrol numunesindekiyle kıyaslandığında % 50’ den fazla farklı olmamalıdır [43]. Türkiye’ de çimlenme ile ilgili bir sınırlama yoktur.

### 3.12. Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) ve Amonyum ( $\text{NH}_4^+$ )

Nitrat-azotu ( $\text{NO}_3^-$ -N)’ nun belirgin miktarlarda bulunması, kompostun olgunluğunun göstergelerindedir. Olgun kompostlarda  $\text{NO}_3^-$ -N seviyesi, amonyum-azotu ( $\text{NH}_4^+$ -N) seviyesini normal olarak aşar. Bu nedenle  $\text{NH}_4^+$ -N /  $\text{NO}_3^-$ -N oranı, olgunluğun derecesini belirlemede yararlı bir parametredir [36]. Yüksek  $\text{NO}_3^-$ /  $\text{NH}_4^+$  oranı kompostun olgunluğunu gösterir [75, 87].

ABD’ de, CCQC’nin kompostu olgunluğuna göre değerlendirmedeki Grup B parametrelerinden birisi olan  $\text{NH}_4^+$ -N/  $\text{NO}_3^-$ -N oranı; çok olgun, olgun ve olgun olmayan kompostlar için sırasıyla <0,5; 0,5-3 ve >3 olarak bildirilmiştir [36]. Finlandiya’ da ise Tarım ve Ormanlık Bakanlığı’ nın gübrelerle ilgili hükümlerine (656/01/2007) göre kompostun toprak düzenleyici olarak kullanılabilmesi için  $\text{NO}_3^-$ -N/ $\text{NH}_4^+$ -N oranı >1 olmalıdır [78, 87]. Türkiye’ de komposttaki  $\text{NH}_4^+$ -N/  $\text{NO}_3^-$ -N oranı ile ilgili bir sınırlama bulunmamaktadır.

## 4. Sonuçlar

Kompost uygulamalarında belirlenen standart değerler, bazı parametreler açısından ülkelerden ülkelere farklılık göstermekle birlikte bazen birbirine yakın veya aynı değerlerde de olabilmektedir.

Kompost için verilen pH standartları karşılaştırıldığında pH değerlerinin 5 ila 8 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Kompostun nem içeriği sınırlamalarının standartlara göre karşılaştırılması yapıldığında, Yunanistan < Almanya = İtalya = Lüksemburg < Türkiye < Kanada < Avrupa Komisyonu şeklinde bir sıralama yapmak mümkündür. C/N oranı açısından İspanya < Kanada (AAFC) = Kanada (CCME) = Kanada (BNQ) = ABD < CCQC. Organik madde açısından ise Almanya < Avrupa Komisyonu = Avusturya < Kanada (BNQ) B tipi kompost < Türkiye < Kanada (BNQ) A tipi kompost < Kanada (BNQ) AA tipi kompost < Kanada (CCME)’dir. ABD, ağır metal sınırlamaları bakımından oldukça yüksek sınır değerler bildirmektedir. Avrupa ise bu sınırlandırmalar açısından ABD’ den daha sıkı değerlere sahiptir. Avusturya, İngiltere, Almanya ve Hollanda bu konuda iyi organize olmuş ülkeler olarak öne çıkmaktadır. Hollanda ağır metal limitleri açısından diğer Avrupa ülkelerinden daha sıkı düzenlemelere sahiptir. Türkiye’ deki yönetmelikler herhangi bir ağır metal sınırlamasına sahip değildir. Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelikte [45] yalnızca toprakta kullanılan stabilize arıtma çamurları için ağır metal sınırlamaları bildirilmiştir. Tesis ve çalışanlarının hijyeni ile ilgili standartlar dünyada oldukça zayıftır. Potansiyel memeli patojenleri (*Salmonella* ve koliform) açısından dünyada iyi bir uyum vardır. Almanya gelişmiş hijyen standartlarına sahiptir. Dünyada bitki hijyeniyle ilgili standart veren tek ülkedir. Fransa hijyen standartlarını oldukça ayrıntılı olarak vermiştir. Kanada’ da hijyen standartlarını ayrıntılı olarak bildirmiştir. Dünya genelinde yabancı madde sınırlandırmaları açısından genellikle iyi bir uyum bulunmaktadır.

Kompost için istenilen standartlara genel olarak bakıldığında, bazı ülkelerin diğerlerinden daha yüksek kalitede kompost ürünü istediği görülmektedir.

Türkiye’ de ise hem Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik [44] hem de Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik [45], toprakta kullanılan kompostlar için herhangi bir sınırlamaya sahip değildir. KAKY’ ne [46] göre ise kompostun tarımda kullanılabilmesi için istenen kısıtlamalar, yüzeysel şekilde tanımlanmış olup, AB ve ABD ile kıyaslandığında yetersizdir. Bu durumun muhtemel nedenleri, Türkiye’ nin çevre konusuna günümüze kadar yeterli önemi vermemiş olması, dolayısıyla, ülkede kompostlaştırma ve kompost konusunun hak ettiği önemi kazanamamış olması ve Türkiye’ de kompostlaştırmanın ve kompost kullanımının yaygın olmamasıdır.

## 5. Kaynaklar

- [1] Raj D., Antil R.S., “Evaluation of maturity and stability parameters of composts prepared from agro-industrial wastes” *Bioresource Technology* , 102,3 ,2868-2873, 2011.
- [2] Lechner P., Seiss-Ziegler C., Humer M.H., “How composting and compost can optimize landfilling” *Biocycle* September, 31-36 ,2002.
- [3] NSW Department of Environment and Conservation Composting and Related Organics Processing Facilities Environmental Guidelines Sydney [http://www.environment.nsw.gov.au/resources/waste/envguidlns/composting\\_guidelines.pdf](http://www.environment.nsw.gov.au/resources/waste/envguidlns/composting_guidelines.pdf) 2004.
- [4] Pankhurst L.J., Akeel U., Hewson C., Maduka I., Pham P., Saragossi J., Taylor J., Lai K.M., “Understanding and mitigating the challenge of bioaerosol emissions from urban community composting” *Atmospheric Environment* ,t 45 ,1, 85-93, 2011.
- [5] Bernal M.P., Alburquerque J.A., Moral R., “Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review.” *Bioresource Technology* ,100 ,22, 5444-5453, 2009.
- [6] Rose J., “Highlights: I. Pollution of aquifers; II. Composting and waste disposal; III. Population growth and a sustainable world” *Env. Management and Health* Cilt 3 3-5 1992.
- [7] Arslan E.I., Ünlü A., Topal M., “Determination of the effect of aeration rate on composting of vegetable-fruit wastes” *Clean-Soil Air Water* , 39, 11, 1014-1021, 2011.
- [8] Jedidi N., “Minéralisation et humification des amendements organiques dans un sol limono-argileux Tunisien” T.D. en Sciences Biologiques Appliquées Université de Gand Belgique ,180, 1998.
- [9] Cherif H., Ayari F., Ouzari H., Marzorati M., Brusetti L., Jedidi N., Hassen A. and Daffonchio D., “Effects of municipal solid waste compost farmyard manure and chemical fertilizers on wheat growth soil composition and soil bacterial characteristics under Tunisian arid climate” *Eur. J. Soil Biol.*, 2009.
- [10] Achiba W.B., Lakhdar A., Gabteni N., Laing G.D., Verloo M., Boeckx P., Cleemput O.V., Jedidi N., Gallali T., “Accumulation and fractionation of trace metals in a Tunisian calcareous soil amended with farmyard manure and municipal solid waste compost” *Journal of Hazardous Materials* ,176 ,1-3 99-108 2010.

- [11] Celik I., Ortas I. and Kilic S., “Effects of compost mycorrhiza manure and fertilizer on some physical properties of a Chromoxerert soil” *Soil Till. Res.*, 78, 59–67, 2004.
- [12] N’Dayegamiye A., Drapeau A. and Laverdière R. “Effets des apports de composts de résidus ménagers sur les rendements des cultures et certaines propriétés du sol.” *Agrisol* ,16, 135–144,2005.
- [13] Jordao C.P., Nascentes C.C., Cecon P.R., Fontes R.L. and Pereira J.L., “Heavy metals availability in soil amended with composted urban solid wastes” *Environ. Monit. Assess.*, Cilt 112 309–326 2006.
- [14] Hargreaves J.C., Adl M.S. and Warman P.R., “A review of the use of composted municipal solid waste in agriculture” *Agric. Ecosyst. Environ.*, 123, 1–14, 2008.
- [15] Tittarelli T., Petruzzelli G., Pezzarossa B., Civilini M., Benedetti A., Sequi P., Quality and agronomic use of compost L.F. Díaz M. de Bertoldi W. Bidlingmaier E. Stentiford Editors *Compost Science and Technology* Elsevier Ltd., Amsterdam pp. 119–157 2007.
- [16] De Araújo A.S.F., de Melo W.J. and Singh R.P., “Municipal solid waste compost amendment in agricultural soil: changes in soil microbial biomass” *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.*, Cilt 9 41–49 2010.
- [17] Paradelo R., Villada A., Barral M.T., “Reduction of the short-term availability of copper lead and zinc in a contaminated soil amended with municipal solid waste compost” *Journal of Hazardous Materials* ,188 , 1-3, 98-104, 2011.
- [18] Pérez D.V., Alcantra S., Ribeiro C.C., Pereira R.E., Fontes G.C., Wasserman M.A., Venezuela T.C., Meneguelli N.A. and Parradas C.A.A., “Composted municipal waste effects on chemical properties of Brazilian soil” *Bioresour. Technol.*, 98, 525–533, 2007.
- [19] Smith S.R., “A critical review of the bioavailability and impacts of heavy metals in municipal solid waste composts compared to sewage sludge” *Environ. Int.*, 35, 142–156, 2009.
- [20] Arslan E.I., Ünlü A., Topal M., “Effect of Aeration Rate on Elimination of Coliforms During Composting”
- [21] Nicholson F.A., Groves S.J. and Chambers B.J., “Pathogen survival during livestock manure storage and following land application” *Bioresource Technology* , 96 135–143, 2005.
- [22] Brochier V., Gourland P., Kallassy M., Poitrenaud M., Houot S., “Occurrence of pathogens in soils and plants in a long-term field study regularly amended with different composts and manure” *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2011
- [23] Katsoyiannis A., Samara C., “Persistent organic pollutants (POPs) in the conventional activated sludge treatment process: fate and mass balance” *Environ. Res.*, 97, 245–257, 2005.
- [24] Harrison E.Z., Oakes S.R., Hysell M., Hay A., “Organic chemicals in sewage sludges” *Sci. Total Environ.*, 367, 481–497, 2006.
- [25] Cai Q.Y., Mo C.H., Lü H., Zeng Q.Y., Wu Q.T., Li Y.W., “Effect of composting on the removal of semivolatile organic chemicals (SVOCs) from sewage sludge” *Bioresource Technology* In Press.
- [26] Khadhar S., Higashi T., Hamdi H., Matsuyama S., Charef A., “Distribution of 16 EPA-priority polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in sludge collected from nine Tunisian wastewater treatment plants” *J. Hazard. Mater.*, 183, 98–102, 2010.

- [27] Cai Q.Y., Mo C.H., Wu Q.T., Zeng Q.Y., “Occurrence of organic contaminants in sewage sludges from eleven wastewater treatment plants” China. *Chemosphere* 68, 1751–1762, 2007.
- [28] Alidadi H., Parvaresh A.R., Shahmansouri M.R., Pourmoghadas H., “Evaluation of the biosolids compost maturity in South Isfahan wastewater treatment plant”. Iran *J. Environ Health Sci. Eng.*, 5, 2, 137–140, 2008.
- [29] Ofosu-Budu G.K., Hogarth J.N., Fobil J.N., Quaye A., Danso S.K.A., Carboo D., “Harmonizing procedures for the evaluation of compost maturity in two compost types in Ghana” *Resources Conservation and Recycling*, 54, 3, 205-209, 2010.
- [30] Blanco M.J., “Evaluation of parameters related to chemical and agrobiological qualities of wheat-straw composts including different additives” *Bioresour Technol.*, Cilt 51 125–134 1996.
- [31] Butler T.A. Sikora L.J., Steinhilber P.M., Douglass L.W., “Compost age and sample storage effects on maturity indicators of biosolids compost” *J Environ Qual*, 30, 6, 2141–2148, 2001.
- [32] Albuquerque J.A., González J., García D., Cegarra J., “Measuring detoxification and maturity in compost made from “alperujo” the solid by-product of extracting olive oil by the two-phase centrifugation system” *Chemosphere*, 64, 3, 470–477 2006.
- [33] Chen K.S., Lin Y.S. and Yang S.S., “Application of thermotolerant microorganisms for biofertilizer preparation” *J Microbiol Immunol Infect*, 40, 6, 462–473, 2007.
- [34] Fernandez J.M., Hernández D., Plaza C., Polo A., “Organic matter in degraded agricultural soils amended with composted and thermally-dried sewage sludges” *Sci Total Environ*, 378, 1–2, 75–80, 2007.
- [35] Moore J.E., Watabe M., Stewart A., Millar B. C., Rao J.R., “A novel challenge test incorporating irradiation ((60)Co) of compost sub-samples to validate thermal lethality towards pathogenic bacteria” *Ecotoxicol Environ Saf*, 72, 144-153, 2009.
- [36] Brinton W.F., “Compost Quality Standards & Guidelines” Final Report *Woods End Research Laboratory* 2000.
- [37] Brinton W.F., “An international look at compost standards *Biocycle* (April) 74–76 2001.
- [38] Barreira L.P., Philippi Junior A., Rodrigues M.S., Tenório J.A.S., “Physical analyses of compost from composting plants in Brazil” *Waste Management*, 28, 8, 1417-1422, 2008.
- [39] Hogg D., Barth J., Favoino E., Centemero M., Caimi V., Amlinger F., Decliegher W., Brinton W., Antler S., “Comparison of compost standards within the EU North America and Australasia” The Waste and Resources Action Programme [http://www.compostingvermont.org/pdf/wrap.\\_Comparison\\_of\\_Compost\\_Standards\\_2002.pdf](http://www.compostingvermont.org/pdf/wrap._Comparison_of_Compost_Standards_2002.pdf) (Wrap) Oxon. ISBN 1-84405-004-1., 2002.
- [40] BSI (British Standards Institute) PAS 100:2005. Specification for composted materials. BSI 31st March 2005. [http://www.Hogvedig.org.uk/recycling\\_industry/information\\_by\\_material/organics/production.html](http://www.Hogvedig.org.uk/recycling_industry/information_by_material/organics/production.html) . 2005.

- [41] Hough R. L., Booth P., Avery L. M., Rhind S., Crews C., Bacon J., Campbell C. D., Tompkins D., “Risk assessment of the use of PAS100 green composts in sheep and cattle production in Scotland” *Waste Management* , 32 , 1, 117-130, 2012.
- [42] Barral M.T., Paradelo R.. “Trace elements in compost regulation: The case of Spain” *Waste Management* 31, 407-410, 2011.
- [43] SDCQC Support Document for Compost Quality Criteria Agriculture and Agri-Food Canada Criteria (AAFC) Canadian Council of Ministers of the Environment Industry Guidelines (CCME) National Canadian Standard (BNQ) <http://compost.org/compostqualitydoc.pdf>
- [44] TKK (Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik) 08.06.2010 Tarih ve 27605 Sayılı Resmi Gazete.
- [45] EKAÇ (Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik) 03.08.2010 Tarih ve 27661 Sayılı Resmi Gazete.
- [46] KAKY (Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği) 14.03.1991 Tarih ve 20814 Sayılı Resmi Gazete.
- [47] Roig A., Cayuela M.L., Sánchez-Monedero M.A., “The use of elemental sulphur as organic alternative to control pH during composting of olive mill wastes” *Chemosphere* , 57, 1099–1105 ,2004.
- [48] Canet R., Pomares F., Cabot B., Chaves C., Ferrer E., Ribó M., Albiach M.R., “Composting olive mill pomace and other residues from rural southeastern Spain” *Waste Management* , 28 , 12 ,2585-2592, 2008.
- [49] NRAS (Natural Resource Agriculture and Engineering Service) <http://compost.css.cornell.edu/marketlabel/guidelines>
- [50] Lasaridi K., Protopapa I., Kotsou M., Pilidis G., Manios T., Kyriacou A., “Quality assessment of composts in the Greek market: The need for standards and quality assurance” *Journal of Environmental Management* ,80, 1, 58-65, 2006.
- [51] AL On-farm Composting of Municipal and Commercial Organics as an Environmentally and Socially Sustainable Resource Recovery Scheme for Rural Communities Environment Australia <http://www.environment.gov.au/archive/settlements/publications/waste/composting/quality.html> June 2003.
- [52] Anon “Framework of Specifications and General Programs for Solid Waste Management” **Common Ministerial Decision 114218** 1016/B/17-11-97 1997.
- [53] Anon “The Composting Association Standards for Composts Working Document” UK., [www.Hogg ve digg.org.uk](http://www.hoggve digg.org.uk) 2000.
- [54] Arslan H.H., Aksu D.S., Özdemir S., Yavuz O., Or M.E., Barutçu Ü.B., 2011 Evaluation of the Relationship of Blood Heavy Metal Trace Element Levels and Antioxidative Metabolism in Cattle Which Are Living Near The Trunk Roads Kafkas Univ. Vet. Fak. Derg., 17(A) 77-82.
- [55] Kabata-Pendias A., Pendias H., “*Trace Elements in Soils and Plants*” CRC Press Boca Raton (1984) 315pp.
- [56] Chaney R.L., Ryan J.A., Kukier U., Brown S.L., Siebielec G., Malik M., Angle J.S., “Problemática de los metales pesados en la utilización de compost (Problematics of heavy metals in compost utilization)” P.J.

- Stofella B.A. Kahn Editors *Utilización de Compost en los Sistemas de Cultivohortícolas* Mundi-Prensa Madrid 323–358 2004.
- [57] Xu J.L. and Yang J.R., ‘‘Heavy Metals in Land Ecological System’’ China *Environmental Science Press* Beijing 6–21 1995.
- [58] Zhou S.Q., Lu W.D., Zhou X., ‘‘Effects of heavy metals on planting *watercress* in kailyard soil amended by adding compost of sewage sludge’’ *Process Safety and Environmental Protection* Cilt 88 No 4 263-268 2010.
- [59] MA (Ministry of Agriculture) ‘‘Real Decreto 824/2005 de 18 de junio sobrefertilizantes (Royal Decree on fertilizers)’’ *Spanish Official Bull.* 2005 171 25592–25669 2005.
- [60] Biosolids Management vol 3 chapter 8 <http://www.guamwaterworks.org/Adobe%20Files/Volume%203/3-8%20Biosolids%20Management%20040706.pdf>
- [61] Mungray A.K., Kumar P., ‘‘Anionic surfactants in treated sewage and sludges: risk assessment to aquatic and terrestrial environments’’ *Biores. Technol.*, 99, 2919-2929, 2008.
- [62] Pakou C., Kornaros M., Stamatelatos K., Lyberatos G., ‘‘On the fate of LAS NPEOs and DEHP in municipal sewage sludge during composting’’ *Bioresour. Technol.*, 100, 1634–1642, 2009.
- [63] Schnaak W., K uchler Th., Kujawa M., Henschel K.P., S u benbach D., Donau R., ‘‘Organic contaminants in sewage sludge and their ecotoxicological significance in the agricultural utilization of sewage sludge’’ *Chemosphere*, 35 ,5-11, 1997.
- [64] Moeller J., Reeh U., ‘‘Degradation of DEHP PAHs and LAS in source separated MSW and sewage sludge during composting’’ *Compost Sci. Util.*, 11, 370-378, 2003a.
- [65] Moeller J., Reeh U., ‘‘Degradation of nonylphenol ethoxylates (NPE) in sewage sludge and source separated municipal solid waste under bench-scale composting conditions *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 70, 248-254, 2003b.
- [66] Tarantini M., Buttol P., Maiorino L., ‘‘An environmental LCA of alternative scenarios of urban sewage sludge treatment and disposal’’ *Thermal Sci.*, 11, 153-164, 2007.
- [67] Gejlsbjerg B., Klinge C., Sams e-Petersen L., Madsen T., ‘‘Toxicity of linear alkylbenzene sulfonates and nonylphenol in sludge-amended soil’’ *Environ Toxicol. Chem.*, 20, 2709-2716, 2001.
- [68] Ying G.G., ‘‘Fate behavior and effects of surfactants and their degradation products in the environment’’ *Environ. Int.*, 32, 417-431, 2006.
- [69] Feng Z., Kunyan C., Jiamo F., Gyoying S., Huifang Y., ‘‘Biodegradability of di(2-ethylhexyl)phthalate by *Pseudomonas fluorescens* FS1’’ *Water Air Soil Pollut.*, 140, 297-305, 2002.
- [70] Bag o B., Mart ın Y., Mej ıa G., Broto-Puig F., D ıaz-Ferrero J., Agut M., Comellas L., ‘‘Di-(2-ethylhexyl) phthalate in sewage sludge and post-treated sludge: quantitative determination by HRGC-MS and mass spectral characterization’’ *Chemosphere*, 59, 1191-1195, 2005.
- [71] EC (European Commission) ‘‘*Working Document - Organic Contaminants in Sewage Sludge for Agricultural Use*’’ 3rd Draft pp. 73, 2000.

- [72] EC (European Commission) Commission Decision 2001/688/EC Establishing Ecological Criteria for the Award of the Community Eco-label to Soil Improvers and Growing Media 2001.
- [73] Lashermes G., Barriuso E., Houot S., “Dissipation pathways of organic pollutants during the composting of organic wastes” *Chemosphere* In press.
- [74] Kuba T., Tschöll A., Partl C., Meyer K., Insam H., “Wood ash admixture to organic wastes improves compost and its performance” *Agriculture Ecosystems & Environment* 127, 1–2, 43-49, 2008.
- [75] Himanen M., Hänninen K., “Composting of bio-waste aerobic and anaerobic sludges – Effect of feedstock on the process and quality of compost” *Bioresource Technology* ,102 ,3, 2842-2852, 2011.
- [76] Bewley J.D., Black M., 1994. Seeds Physiology of Development and Germination second ed. Plenum Press New York USA. pp. 445.
- [77] Iglesias-Jiménez E., Pérez-García V., “Determination of maturity indices for city refuse composts” *Agric. Ecosyst. Environ.*, 38, 331-343, 1992.
- [78] Bernal M.P., Paredes C., Sanchez-Monedero M.A., Cegarra J., “Maturity and stability parameters of composts prepared with a wide range of organic wastes” *Bioresour. Technol.*, 63, 91–99, 1998.
- [79] Benito M., Masaguer A., Moliner A., Arrigo N., Palma R.M., “Chemical and microbiological parameters for the characterization of the stability and maturity of pruning waste compost” *Biol. Fertil. Soils* ,37, 184-189, 2003.
- [80] Golueke C.K., “Principles of biological resource recovery *BioCycle* ,22, 36-40, 1981.
- [81] Bustamante M.A., Paredes C., Marhuenda-Egea F.C., Pérez-Espinosa A., Bernal M.P., Moral R., “Co-composting of distillery wastes with animal manures: Carbon and nitrogen transformations in the evaluation of compost stability” *Chemosphere* ,72 , 4, 551-557, 2008.
- [82] ASCP Guidelines “Quality Criteria for Composts and Digestates from Biodegradable Waste Management. Association of Swiss Compost Plants (ASCP) in Collaboration with Swiss Biogas Forum” 2001
- [83] Puyuelo B., Gea T., Sánchez A., “A new control strategy for the composting process based on the oxygen uptake rate” *Chemical Engineering Journal* Cilt 165 No 1 161-169 2010.
- [84] V Chanyasak H Kubota Carbon/organic nitrogen ratio in water extract as measure of composting degradation *Journal of Fermentation Technology* 59 215–219. 1981.
- [85] Zucconi F., Pera A., Forte M., De Bertoldi M., Evaluating toxicity of immature compost *BioCycle* 22 54–57. 1981.
- [86] Fang M., Wong J.W.C., Effects of lime amendment on availability of heavy metals and maturation in sewage sludge composting *Environmental Pollution* , 106 , 1 83-89,1999.
- [87] Aviani I., Laor Y., Medina Sh., Krassnovsky A., Raviv M., “Co-composting of solid and liquid olive mill wastes: Management aspects and the horticultural value of the resulting composts” *Bioresource Technology* ,101 , 17 ,6699-6706, 2010.
- [88] DF (Decree on Fertilizers) 656/01/2007 “**Ministry of Agriculture and Forestry of Finland**” 2007.