



# MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi

<https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri/>



## Sürdürülebilir agrega üretiminde döngüsel ekonomi yaklaşımı

Nuray KARAPINAR<sup>a\*</sup> 

<sup>a</sup>Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Çevre Araştırmaları Dairesi, Ankara

Araştırma Makalesi

Anahtar Kelimeler:  
Agrega, İkincil Kaynaklar,  
Döngüsel Ekonomi,  
Sürdürülebilirlik

### ÖZ

Agrega, dünyada sudan sonra en çok kullanılan ikinci doğal hammaddedir. Yenilenemez bir doğal kaynak olmakla birlikte tükenme potansiyeli en düşük hammaddedir. Ancak uygun kalitede agrega hammaddesi içeren jeolojik oluşumlar mekansal olarak eşit dağılmış olmadığı gibi yoğun yerleşimler, diğer alt yapı gelişmeleri, farklı alan kullanımları ve çevresel baskılar nedeniyle agregaya erişim kısıtlanabilmektedir. Oysa nüfus artışı, şehirleşme ve kalkınma ile birlikte dünya agrega talebi aşırı hızlı biçimde artmaktadır. Bu durumda sorumlu üretim, doğal kaynakların korunması ve atık oluşumunun azaltılması prensibine dayanan döngüsel ekonomi modeli sürdürülebilir agrega üretimi için fırsatlar sunar. Kum, çakıl ve kırmataş gibi doğal agrega kaynaklarının yanı sıra inşaat ve yıkıntı atıkları ile madencilik faaliyetleri ve metalürji sektörü gibi bazı endüstriyel prosesler sonucu oluşan atıklardan agrega üretim potansiyeli vardır. Bu atıkların agrega olarak geri dönüşümü yeni doğal kaynak talebini azaltırken aynı zamanda depolanması gereken atık miktarını da azaltarak ekonomik, çevresel ve de toplumsal fayda sağlar. Geri dönüşüm aynı zamanda yerel iş ve iş imkânları yaratır. Bu çalışmada döngüsel ekonomi yaklaşımıyla agrega üretiminin sürdürülebilirliği ikincil agrega kaynakları ve özellikle de inşaat ve yıkıntı atıklarının geri kazanımı temelinde incelenmiş, Avrupa Birliği ve Türkiye'deki mevcut durum üzerinden bir değerlendirme yapılmıştır.

Gönderim Tarihi: 02.02.2023  
Kabul Tarihi: 15.05.2023

Keywords:  
Aggregates, Secondary  
Resources, Circular  
Economy, Sustainability

### ABSTRACT

Aggregate is the second most used natural raw material after water globally. Although a nonrenewable natural resource, it is the raw material with the lowest depletion potential. However, geological units containing aggregate raw materials with the required quality are not spatially evenly distributed, and access to aggregates might be restricted due to dense settlements, other infrastructure developments, different land use purposes, and environmental constraints. But global aggregate demand is exponentially increasing with population growth, urbanization, and development. In this regard, the circular economy model based on the principle of responsible production, protection of natural resources, and the reduction of waste generation offers opportunities for sustainable aggregate production. In addition to natural aggregate resources such as sand, gravel, and crushed stone, construction and demolition wastes, as well as wastes from some industrial processes such as mining activities and metallurgical processes have the potential to be used as aggregates. The recycling of these wastes as aggregate provides both economic, environmental, and social benefits while reducing the use of natural resources, it reduces the amount of waste that needs to be stored as well. Recycling also creates local jobs and business opportunities. In this study, the circular economy approach to sustainable aggregate production has been evaluated on the basis of secondary resources, especially on the recycling of construction and demolition waste, and the issue is assessed on the current situation in the EU and Türkiye.

Received Date: 02.02.2023  
Accepted Date: 15.05.2023

Atf Bilgisi: Karapınar, N. 2023. Sürdürülebilir agrega üretiminde döngüsel ekonomi yaklaşımı. MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi 3, 25-41.

\*Başvurulacak Yazar: Nuray KARAPINAR, [nuray.karapinar@mta.gov.tr](mailto:nuray.karapinar@mta.gov.tr)

## 1. Giriş

Doğal kaynaklara olan talep insan nüfusu, zenginlik ve refah artışı ile sürekli artarken doğal kaynak tüketimi ile çevre ve ekosistem üzerinde artan baskı da hükümetleri kaynak-etkin ekonomilere geçişe yönlendirmiş ve “Sürdürülebilir Kalkınma Modeli” ekonomik kalkınma için alternatif bir yaklaşım olarak gündeme getirilmiştir. “Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu”nun (Bruntland Komisyonu) 1987 yılında yayımladığı “Ortak Geleceğimiz” konulu raporu ile birlikte küresel ölçekte geniş bir uygulama alanı bulan sürdürülebilir kalkınma modeli, “gelecek kuşakların ihtiyaçlarını karşılayabilme imkanından ödün vermeksizin günümüz kuşaklarının ihtiyaçlarının karşılanmasını” öngören ve insanlığın karşı karşıya kaldığı “kontROLSÜZ ÜRETİM” ve “SORUMSUZ TÜKETİM” sorunu için çözümler sunan bir kalkınma modelidir. Sürdürülebilir kalkınma modelinin benimsenmesi ile birlikte doğal kaynak tüketimini azaltmak ve oluşan atıkların geri dönüşümünü artırmaya yönelik hem yasal düzenlemeler hem de bilimsel ve teknolojik çalışmalar hız kazanmıştır. Özellikle son 20 yılda gelişmiş ekonomilere sahip ülkelerde ekonomide başarının ölçütü olarak ekonomi ve refah seviyesindeki hızlı büyümenin değil, çevreye duyarlı ve makul bir büyümenin esas olması gerektiği kabul edilir olmuştur.

Doğal kaynaklara olan talebi azaltma yönünde Avrupa Birliği (AB) de 2008 yılında yayımladığı Atık Çerçeve Direktifi (WFD-2008/98/EC) ile birlikte inşaat sektörü de dâhil tüm ekonomik sektörlerde malzeme verimliliğini artırmayı hedefleyen atık hiyerarşisini gündeme getirmiştir. Daha yakın zamanda ise temiz ve dögüsel bir ekonomiye geçerek kaynakların verimli kullanımını artırmayı, azalan biyoçeşitliliği eski haline getirmeyi ve çevre kirliliğini azaltmayı hedefleyen Avrupa Yeşil Mutabakatı (EC, 2019) ile iklim değişikliği ve çevre kirliliği ile ilgili sorunlarla mücadele konusunda kararlılığını ortaya koymuştur.

Gerek Sürdürülebilir Kalkınma Modeli gerekse Avrupa Yeşil Mutabakatı stratejisi al-kullan-at prensibine dayalı olan lineer ekonomi modelinden, tüm kaynakların (hammadde, enerji, su, vb.) uzun

süre kullanımını öngören dögüsel ekonomi modeline geçişi öngörmektedir (Balbay vd., 2021). Dögüsel ekonomi modelinde israfın en aza indirilmesi, kullanım sırasında ve de yaşam dögüsünün bitiminden sonra ürünlere, bileşenlere ve malzemelere uygun stratejiler uygulanarak kaynakların dögüde tutulması ve bu şekilde yeni doğal kaynak ihtiyacının azaltıldığı bir ekonomik büyüme sağlanması amaçlanmaktadır. Günümüzde sürdürülebilir bir kalkınma için ülke ekonomilerinin doğal kaynak verimliliğini artıracak sürdürülebilir bir ekonomik modele yani dögüsel ekonomi modeline dönüştürülmesi kaçınılmazdır.

İnsanın en temel ihtiyacı olan barınma ve korunma ihtiyacını karşılayan ve yoğun doğal kaynak kullanımını içeren inşaat sektörü de bu ekonomik dönüşüm kapsamı içerisindedir. İnsanlık tarihi kadar eski olan bu sektör yerkabuğundan kazılan mineral hammaddenin yaklaşık %40’ını kullanır (Shooshtarian, 2020). Binalar insan kaynaklı emisyonların %38’inden enerji tüketiminin ise %35’inden sorumludur. Binaların inşasından kaynaklı emisyon ve enerji tüketimi ise bu oranlar içerisinde sırasıyla %10 ve %5 paya sahiptir (THBB, 2021a). Doğal agrega ile karşılaştırıldığında geri kazanılmış agrega sera gazı emisyonlarında %65’e kadar ve enerji tüketiminde %58’e kadar tasarruf sağlar (Hossain vd., 2016). Sera gazı emisyonlarının azaltılması zorunluluğunun yanı sıra küresel ölçekte yaşanan kaynak kıtlığı ve de atık depolama alanları ile ilgili kısıtlar inşaat sektöründe bina/yapı elemanlarının yaşam dögüsü aşamalarının tamamında (yapı/inşaat ürünlerinin üretimi, bina/yapı inşası, bunların yenilenmesi ve inşaat ve yıkıntı atıklarının yönetimi gibi) kaynakların etkin kullanımını sağlayacak uygulama ve tekniklerin kullanımını zorunlu kılmaktadır.

Agregalar, konut, ticari işyeri, hastane, yol ve otoyol, demiryolu, köprü, havaalanı vb. inşaat projelerinin temel hammaddesidir. Son yıllarda ülkemizde artan kentleşmeye bağlı olarak artan konut ve ulaştırma alt yapı ihtiyacı agrega talebini artırmıştır (Kılıç vd., 2015). Ayrıca, eskiyen ve/veya depreme dayanıklı olmayan binaların kentsel dönüşümle yenilenmesi ve altyapı iyileştirme çabaları da agregaya olan talebi artırmaktadır. Oldukça büyük

hacimlerde agrega kullanımını gerektiren inşaat sektörünün ülkemizde de sürdürülebilir malzeme kullanımı ve doğa temelli çözümlerin entegrasyonu ile birlikte döngüsel çözümlere dayalı bir dönüşüme uğraması artık bir zorunluluktur.

Bu çalışmada döngüsel ekonomi temelinde agrega üretiminin sürdürülebilirliği ikincil agrega kaynakları ve özellikle de inşaat ve yıkıntı atıklarının geri kazanımı özelinde incelenmiş, AB ve ülkemizdeki mevcut durum üzerinden bir değerlendirme yapılmıştır.

## 2. Agrega ve Üretimi

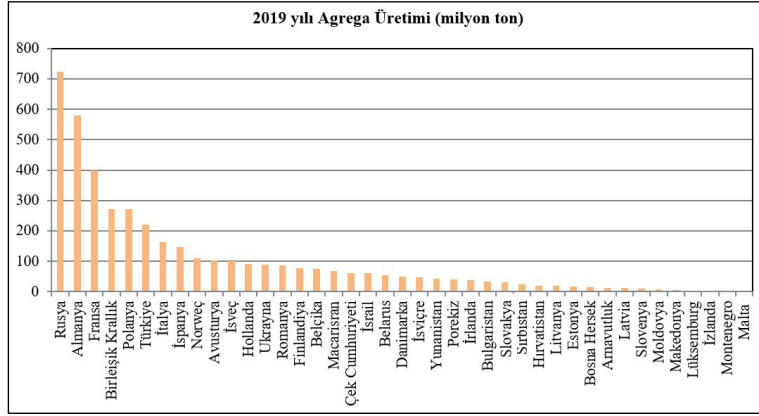
Agrega kum, çakıl, kırmataş gibi granül malzemelerin genel adıdır; tane büyüklüğüne göre ince (kum, kırma kum) ve kaba (çakıl, kırmataş) agrega olarak ikiye ayrılır (Agrega Bülteni, 2018). İnşaat sektörü için vazgeçilmez bir hammadde olan agrega hem bağlı hem de bağlanmamış durumda bir araya getirilerek yapı/inşaat işlerinde kullanılır. Önemli bir yapı malzemesi hammaddesi olan agrega; beton ve asfalt üretiminde, yol dolgusu ve kaplamasında, drenaj kanallarının yapımında, inşaat dolgusunda ve demir yolu balastı olarak kullanılır. Beton içinde hacimsel olarak %70-80 (Kahraman ve Kılıç, 2016), asfalt içinde ise %95 civarında (İMİB, 2020) agrega kullanımı söz konusudur. Agrega en fazla beton üretiminde kullanılmakta olup, Dünya genelinde üretilen agregaların yaklaşık % 65'i hazır beton üretiminde tüketilmektedir (O'Neal ve Guis, 2018). Agrega talebi dolayısıyla inşaat sektörü talebine bağlıdır. Agrega talebi aynı zamanda ülke ekonomik büyüklüğüne bağlıdır. Agrega tüketimi ülkelerin makroekonomik, demografik ve sosyal gelişimine bağlı olarak değişir (Konuk vd., 2021). Ülkelerin agrega tüketimi ayrıca yerel iklimsel şartlar ve inşaat geleneği ile de ilişkilidir. Son 20 yılda dünya agrega tüketimi 3 kat artmıştır ve yıllık üretimin 50 tona ulaştığı tahmin edilmektedir (UEPG, 2022b). Dünyada sudan sonra en çok kullanılan ikinci doğal hammadde olan agrega (Arioğlu, 2003) modern ve endüstrileşmiş toplumların temel yapı taşıdır. Bu nedenle agregaya erişim ekonomik büyüme ve kalkınma için önemlidir ve diğer mineral hammadde kaynaklarında olduğu gibi agrega tüketimi ekonomik kalkınmanın bir göstergesidir. Agrega tüketimindeki

artış gayri safi yurtiçi hasıla (GDP) büyümesi ile ilişkilidir.

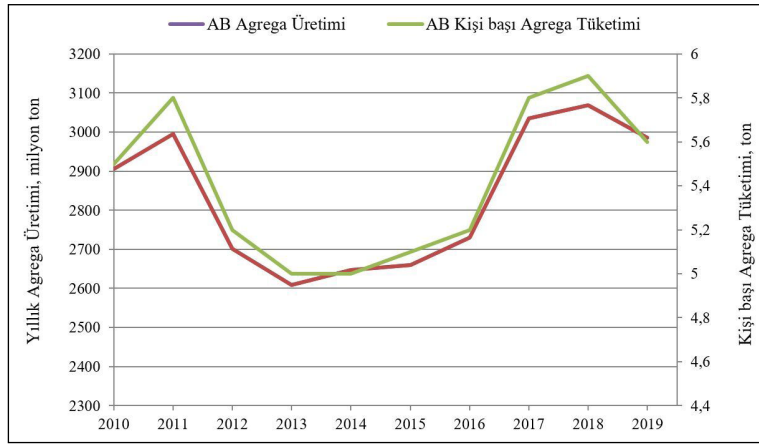
Avrupa ülkeleri 2019 yılı agrega üretimi yaklaşık 4,20 milyar ton'dur (Şekil 1). Bu miktar 45 milyar ton olan dünya agrega üretiminin yaklaşık %9,3'üne karşılık gelmektedir. AB (AB28+EFTA) ülkeleri 2019 yılı agrega üretimi ise 2,99 milyar tondur. Türkiye 220 milyon ton üretimi ile Rusya, Almanya, Fransa, İngiltere ve Polonya'dan sonra 41 Avrupa ülkesi arasında 6. en büyük agrega üreticisi konumundadır. Avrupa ülkeleri 2019 yılı üretim miktarına göre kişi başı agrega üretiminde Norveç 23 ton ile ilk sırayı alırken bunu 13,9 ton ve 13,4 ton ile Finlandiya ve Estonya takip etmektedir. Türkiye'de 2019 yılı kişi başı agrega tüketimi ise 3 tondan azdır. Avrupa ülkeleri ortalama kişi başı agrega tüketimi ise 5,6 tondur (UEPG, 2020). 2006 finansal krizi öncesi AB ülkeleri kişi başı agrega tüketimi 7,2 ton iken 2013 yılında toplamda yaklaşık %30 azalma ile 5 tona kadar düşmüştür (Şekil 2). Daha sonra artan talep ile devam eden agrega üretiminin 2019 yılında ise bir önceki yıla göre %2,7 azaldığı görülmektedir. Bu durum ekonomideki küçülmenin Covid 19 salgını öncesi başladığı şeklinde değerlendirilmektedir. 2011 yılında gerçekleşen agrega üretimindeki artışın ise Almanya ve Polonya'daki ekonomik büyüme ile ilişkili olduğu belirtilmektedir. Ülkemiz agrega üretimi ise AB ülkeleri genelinden farklı bir eğilim göstermektedir (Şekil 3). 2010-2016 yılları arasında Türkiye agrega üretimi sürekli artış göstermiş ve 2016 yılında ise 2010 yılına göre yaklaşık %65'lik bir artış ile 522 milyon tona ulaşarak Türkiye Rusya ve Almanya'dan sonra en fazla agrega üreten 3. ülke konumuna gelmiştir. 2017 yılı ile birlikte ülkemiz agrega üretimi düşüş trendine girmiştir. AB ülkelerinden farklılaşan bu durum, toplam agrega kullanımında önemli bir paya sahip olan hazır beton sektörü verileri ile ilişkilendirildiğinde Türkiye hazır beton üretim miktarı ile paralel bir eğilim gösterdiği görülmektedir (Şekil 4).

## 3. Kaynağına Göre Agrega Sınıfı; Birincil ve İkincil Agrega

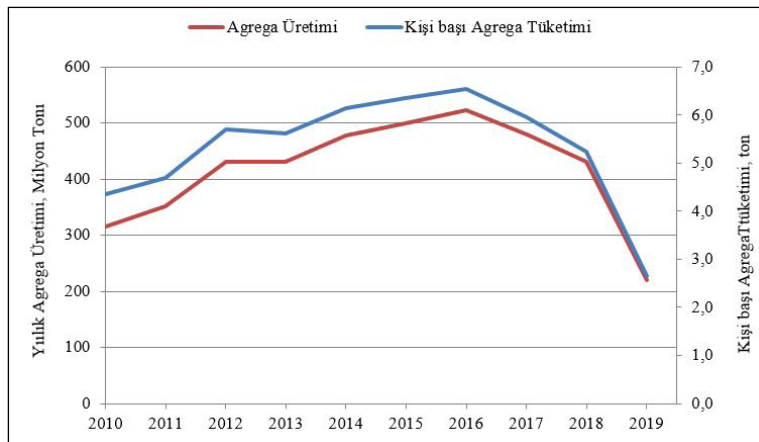
En genel anlamda inşaat işlerinde kullanılan granül malzeme olarak tanımlanan agrega kaynağına göre birincil (doğal) ve ikincil agrega (geri kazanılmış ve imal edilmiş) olarak sınıflandırılır (Şekil 5). Doğal mineral kaynaklarından (taş ocakları, kum ve çakıl



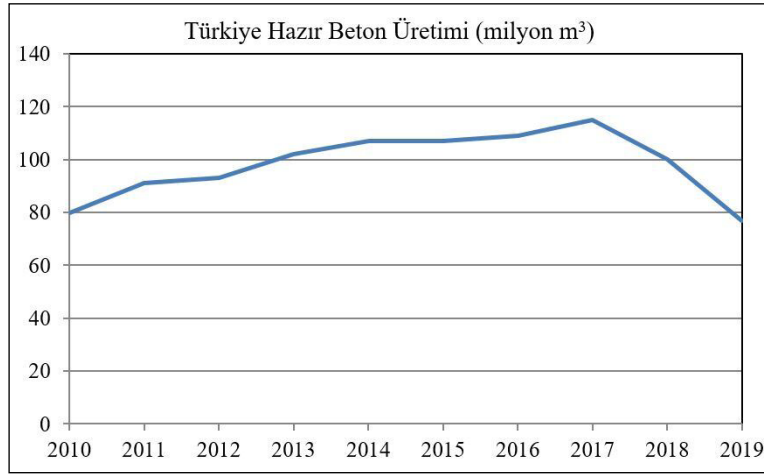
Şekil 1- 2019 yılı Avrupa ülkeleri agrega üretimi (birincil ve ikincil agrega).



Şekil 2- AB ülkeleri (AB28+EFTA) agrega üretimi (birincil ve ikincil agrega) (UEPG, 2022a).



Şekil 3- Türkiye agrega üretimi (kum ve çakıl, kırmataş ve deniz tarama agregası) (UEPG, 2022a).



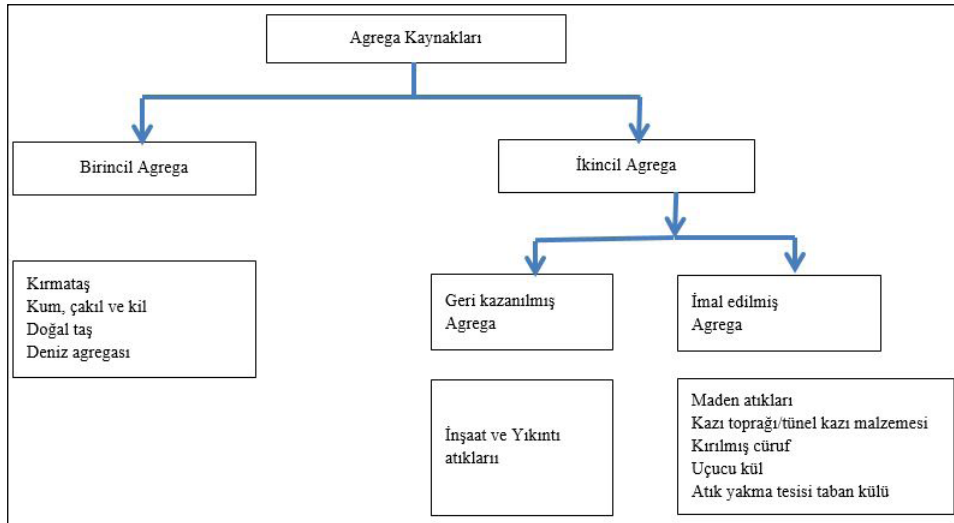
Şekil 4- Türkiye hazır beton üretimi (THBB, 2021b).

üretim sahaları ve bazı ülkelerde deniz tarama alanları) elde edilen agrega birincil ya da doğal agrega olarak tanımlanır. Birincil agrega kayaların doğal aşınma ve erozyonu sonucu oluşabileceği gibi ayrıca kayaların kırılarak arzu edilen boyuta indirilmesi ile de üretilir (Şekil 5).

İkincil agrega ise geri kazanılmış agrega (recycled aggregate) ve imal edilmiş agrega (manufactured aggregate) olarak sınıflandırılır. Geri kazanılmış agrega inşaat işlerinde daha önce kullanılmış yapı malzemelerinin geri dönüştürülmesi ile elde edilen geri kazanılmış (recycled) ve yeniden kullanılan (re-used) agregalardır. İmal edilmiş agrega ise termal

veya diğer modifikasyonları içeren endüstriyel bir prosesten kaynaklanan mineral bazlı atıkların geri dönüştürülmesi ile elde edilen agrega sınıfıdır. Maden atıkları, cüruf, uçucu kül, atık yakma tesisleri taban külü ve tünel kazı malzemesi ikincil agrega kaynaklarını oluşturur (UEPG, 2022a).

Kaynağına göre agrega üretim oranları karşılaştırıldığında; AB ülkeleri (AB 28) toplam agreganın %86'sını hemen hemen eşit oranlarda kum-çakıl (%40,55) ve taş ocaklarından (%45,98) karşılamaktadır (Şekil 6). Yaklaşık %2'si ise deniz tarama alanlarından üretilmektedir. İkincil agrega oranı ise toplam agrega üretimi içerisinde %10'a



Şekil 5- Agregası sınıflandırması ve kaynakları (UEPG, 2022a).

karşılık gelmektedir. Ülkemiz için ise agrega üretiminin %90'ından fazlasının taş ocaklarından (kırmataş) sağlandığı, ikincil agrega üretiminin ise olmadığı görülmektedir (UEPG, 2010-2020).

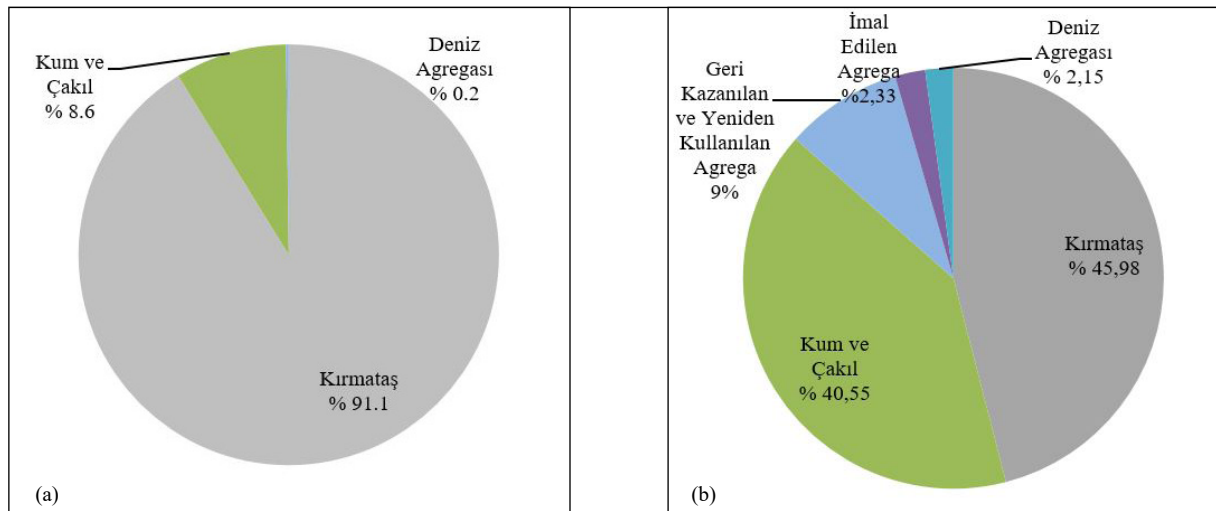
### 3.1. İkincil Agrega

Agrega yenilenemez bir doğal kaynak olup, dünyada tüketilen mineral hammadde kaynakları içerisinde en büyük tüketim hacmine sahip olmakla birlikte, tükenme potansiyeli en düşük hammaddedir (Konuk vd., 2021). Agregası ağır ve büyük hacimlidir ve buna bağlı transferi maliyetlidir. Dolayısıyla yerel pazarda erişimi önemlidir. Ayrıca, uygun kalitede agrega hammaddesi içeren jeolojik oluşumlar mekânsal olarak eşit dağılmış olmadığı gibi yoğun yerleşimler, diğer alt yapı gelişmeleri, farklı alan kullanımları ve çevresel baskılar nedeniyle agregaya erişim kısıtlanabilmektedir. Bu nedenle, ekonomik kalkınma, refah ve konfordan ödün vermeden Avrupa Yeşil Mutabakatı Stratejisi ile de uyumlu sürdürülebilir bir kalkınmayı desteklemek için agrega temininde tedarik çeşitliliğine ihtiyaç vardır. İkincil agrega kaynakları, bu durumda, inşaat sektörünün agregaya erişimini garanti altına almak için uygun bir seçenek oluşturur. İnşaat ve yıkıntı atıkları (İYA), yol yapımı atıkları, kazı toprağı (hafriyat toprağı), başta kömür yıkama atıkları ve doğal taş atıkları olmak üzere madencilik faaliyetleri sonucu oluşan maden atıkları ve diğer endüstriyel prosesler sonucu

oluşan bazı atıklar ikincil agrega kaynakları olarak değerlendirilebilir (Şekil 5).

Katı atıkların karakteristiğine göre toplam katı atık içerisinde ikincil agrega kaynağı olabilecek mineral ve katılaşmış (solidified) (beton, duvar, tuğla, seramik, vb.) atık oranı yaklaşık %76'dır (dos Reis vd., 2021). Bu potansiyel ağırlıklı olarak İYA'dan oluşan atıklardır. İYA AB toplam katı atık oluşumu içerisinde miktarca en fazla olan atık grubunu oluşturmaktadır (Şekil 7). Avrupa ülkeleri 2020 yılı toplam katı atık oluşumu 2,15 milyar ton (4808 kg/kişi) olup bunun %37,1'i (yaklaşık 800 milyon ton) İYA'dan oluşmaktadır. Bu nedenle İYA gerek büyük miktarlarda oluşması gerekse yüksek geri kazanım ve yeniden kullanma potansiyeli nedeniyle geri dönüşümü öncelikli atık grubu olarak belirlenmiştir.

Maden atıkları katı atıklar içerisindeki %27,1 oranı ile AB'de ikinci sırada yer alan atık grubudur. Madencilikte değerli mineraller genelde kazılan malzemenin çok az bir kısmını oluşturur. Dolayısıyla milyar tonlarca kazılan malzeme her yıl atık olarak elden çıkarılır. Maden atıklarının tehlikeli veya tehlikesiz olma karakterine göre geleneksel atık yönetimine (depolama) alternatif olabilecek yeniden kullanım ve geri dönüşüm fırsatları mevcuttur. Aslında maden atıkları alternatif yapı inşaat malzemesi olarak çoğunlukla madencilik faaliyetleri içerisinde yol temel malzemesi, duvar ve



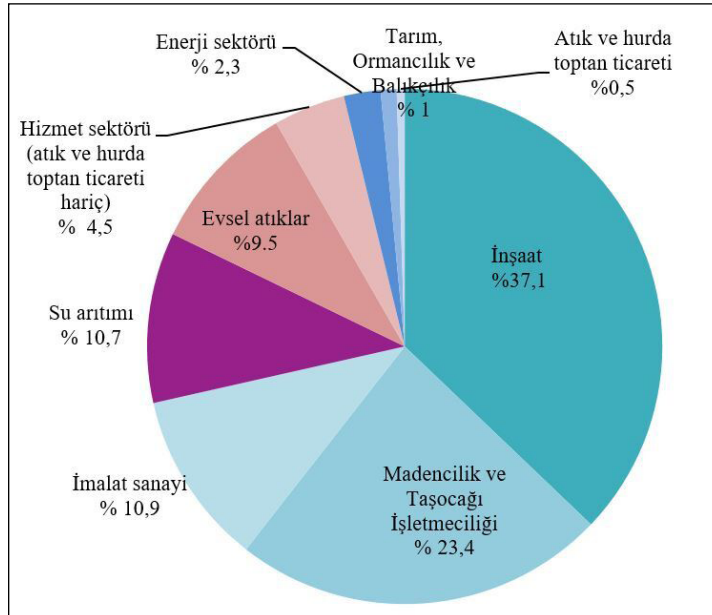
Şekil 6- 2010-2019 yılları kaynağına göre agrega üretim oranları a) Türkiye b) AB(28) (UEPG, 2010-2020)

setlerin yapımı, yeraltı ve açık ocak boşluklarının doldurulması, rehabilitasyon ve alan düzenlemesi gibi bir çok uygulamada kullanılmaktadır. Bununla birlikte, maden atıkları madencilik faaliyetleri dışında farklı amaçlar için, örneğin agrega gibi, ikincil hammadde olarak da kullanılır. Bu atıklar çimento, tuğla, fayans, seramik üretiminde hammadde olarak, beton üretimi, yol yapımı ve diğer inşaat işlerinde agrega olarak, gübre, pH kontrolü ve toprak ıslahı gibi tarım uygulamalarında ve pigment ve sülfürik asit üretimi gibi kimya sektöründe hammadde olarak kullanılır (UEPG, 2022a). Maden atıklarının alternatif yapı malzemesi olarak uzun süredir bilinen uygulamalarının çoğu atıkların çakıl ve kırmataş alternatifi olarak genellikle yol inşasında kullanımına dayanmaktadır. “Cevher kumu” olarak adlandırılan zenginleştirme atıklarının yapı inşaat malzemesi olarak kum yerine kullanımı, bazı soru ve zorlukları barındırması sebebiyle, şimdiye kadar çok az ilgi görmüştür. Benzer şekilde tünel kazı malzemesinin de agrega olarak kullanımına dair günümüze kadar yeterince ilginin olmadığı belirtilmektedir (UEPG, 2022a). Doğal agregaya erişimde artan zorluklara bağlı olarak hem tünel kazı malzemesi hem de maden atıklarının özellikle de inert zenginleştirme atıklarının cevher kumu olarak yapı inşaat işlerinde kullanımının gelecekte artacağı tahmin edilmektedir.

2020 yılı TÜİK verilerine göre 27 milyon tonu cevher zenginleştirme atığı ve 868 milyon tonu dekapaj malzemesi (pasa) olmak üzere 896 milyon ton maden atığı oluşumu söz konusudur. Geri dönüşüm oranı ise, çoğu ocak içi döküm ve maden sahasının rehabilitasyonu faaliyetlerinde kullanımı olmak üzere, %27'dir (TÜİK, 2020). Atık miktarı ve özellikle de 870 milyon tonunun tehlikesiz atık sınıfında olduğu dikkate alındığında ikincil agrega kaynağı olarak maden atıklarının ülkemiz için önemi daha iyi anlaşılacaktır.

Endüstriyel atıklar ise çok farklı endüstriyel prosesler sonucu oluşabilir. Cüruf en genel endüstriyel atık olup hem agrega hem de çimento üretiminde kullanılır. Cüruf ve uçucu küller uzun süredir kullanılan iki potansiyel ikincil agrega kaynağıdır. 2020 yılında ülkemizde yaklaşık 19,36 milyon ton oluşan uçucu kül ve cürufun ise sadece %14'ü geri dönüştürülmüştür (TÜİK, 2020)

İkincil agrega potansiyel kaynakları içerisinde maden atıkları hariç diğer katı atıkların yönetimi (inşaat atıkları ve endüstriyel atıklar) katı atıkların yönetimi mevzuatına tabidir ve atık hiyerarşisi prensipleri geçerlidir. Atık oluşumunun önlenmesi, atığın kaynağında azaltılması, yeniden kullanım, geri dönüşüm, enerji geri kazanımı ve geri kalan kısmının



Şekil 7- 2020 yılı Avrupa Birliği katı atık oluşumu [Eurostat (online data code:env\_wasgen)].

depolama alanlarında düzenli depolanması şeklinde değerlendirilir. Özel atık sınıfında değerlendirilen ve kendine özgü ayrı bir mevzuatı olan maden atıklarının yönetiminde de katı atıklarda olduğu gibi atık hiyerarşisi prensipleri geçerlidir. Her türlü katı atık yönetiminde atık oluşumunu önleme ve atık miktarının azaltılması seçeneğinden sonra kaçınılmaz olarak oluşan atıklar için birinci tercih; atığın olduğu gibi tekrar kullanımı veya asıl kullanım amacı ya da diğer amaçlar doğrultusunda ürünlere dönüştürülerek geri kazanımıdır.

Katı atıkların kontrolü yönetmeliği atık listesine göre ikincil agrega kaynağı olarak kabul edilebilecek inert atık listesi Çizelge 1'de verilmiştir. 6 farklı atık grubundan kaynaklanan inert karakterdeki 18 atık türünün potansiyel ikincil agrega kaynağı olduğu görülmektedir. İkincil agrega geri kazanım faaliyetleri ise kaynağına göre 4 tipte sınıflandırılmaktadır (Çizelge 2) (Agioutantis vd., 2014). Bu 4 tip geri kazanım faaliyeti ile ikincil agrega üretimine dair Avrupa'daki geri kazanım tesislerinden bazı örnekler Çizelge 3'te listelenmiştir. Doğal agregada olduğu gibi ikincil agreganın kalitesi de uygulama alanını belirler (Çizelge 4). İkincil agregaların kaynağına göre potansiyel uygulama alanları Çizelge 5'te verilmiştir. Birçok atık türü için çevresel ve teknik şartların atığın agrega olarak kullanımını sınırlandırdığı görülmektedir. İkincil kaynakların agrega olarak veya çimento hammaddesi olarak geri kazanımı ürün şartlarının yanı sıra çevre ve halk sağlığı açısından istenilen şartlar sağlandığında söz konusudur.

#### 4. İkincil Agregaya Kaynağı Olarak İnşaat ve Yıkıntı Atıkları (İYA)

İnşaat ve yıkıntı atıkları (İYA), konut, okul, hastane ve endüstriyel tesisler gibi yapıların yapımı ve yıkım, tadilat, tamirat, güçlendirilme, bakım ve geliştirme faaliyetleri ile karayolları, demir yolları ve hava alanı pistlerinin yapımı, yıkımı, tadilatı ve tamiratı faaliyetleri sonucunda oluşan atıklar olarak tanımlanır (HTİYAKY, 2004). Bunların dışında; yangınlar ve doğal afetler sonucunda da İYA oluşur (dos Reis vd., 2021). Yapılan her türlü inşaat faaliyeti sonucunda ortaya çıkan atıklar genel olarak 4 kategoriye ayrılır (Çizelge 6). Uygulanan inşaat sistemine ve kullanılan

malzemelerin türüne ve kalitesine bağlı olarak İYA bileşimi değişmekle birlikte beton, kum, çakıl, tuğla, seramik, doğal kayalar, moloz, asfalt, tahta, çeşitli metaller, cam, flüoresan lamba, plastik, halı parçaları, yalıtım malzemeleri vb. ile insan sağlığına zararlı bazı maddeleri (asbest, kurşun vb.) içerebilmektedir.

İnşaat atıkları hem miktar hem de özellikleri bakımından yıkıntı atıklarından farklıdır. Genellikle az karışmış ve az kirlenmiş ve geri kazanım potansiyeli yıkıntı atıkları ile karşılaştırıldığında daha yüksektir, ancak İYA içerisinde oranı düşüktür. Yıkıntı atıkları ise istenmeyen bileşenlerce ve/veya toksik maddelerce kirlenmiş durumdadır. Yapı malzemesinin fiziksel ve kimyasal özellikleri bazı durumlarda bakım ve onarım çalışmaları ile değişmiş olabilir. Yıkım işlemi el ile dikkatli ve planlı bir şekilde yapılırsa bile farklı tipte karışık malzeme oluşumu mümkündür ve böyle bir durumda birbirinden farklı malzemelerin ayrılması için işlem yapılması gerekir. İYA'nın en büyük oranını oluşturan yıkıntı atıklarının geri kazanımı dolayısıyla daha zordur (Dolan vd., 1999).

İYA'da agregaya dönüştürülebilecek potansiyel atık türü, başta beton olmak üzere kazı toprağı, tuğla, kiremit ve seramik gibi mineral temelli atıklardır. İYA'ları içerisinde miktarca en büyük oranı oluşturan atık türü betondur (Oikonomou, 2005). Avrupa ülkeleri İYA bileşimi beton miktarı ortalamasının %60-70 oranında olduğu belirtilmektedir. Beton ile birlikte diğer potansiyel kaynaklar da dikkate alındığında İYA'nın agregaya dönüştürülme potansiyeli oldukça yüksektir (Lauritzen, 2019).

İYA'nın geri kazanımına ait ilk çalışmaların II. Dünya Savaşı sonrası yıllara kadar uzandığı görülmektedir (Demir, 2010). Son yıllarda doğal kaynaklara erişimde yaşanan sıkıntılar, çevrenin korunmasına olan ilginin artması, atık depolama alanlarının yetersiz kalması vb. sebepler ile İYA'nın yeniden kullanımı veya geri dönüşümü konusunda dünya genelinde artan bir ilgi olmuştur (İsmail vd., 2013; Kien vd., 2013, Grace vd., 2020, Agrela vd., 2020, Liu vd., 2020, Yu vd., 2021).

AB Atık Çerçeve Direktifi (WFD-2008/98/EC) ile birlikte İYA'nın geri dönüşüm (yeniden kullanım ve



Çizelge 1- İkincil Agraga kaynağı olarak kabul edilebilecek inert atık listesi (UEPG, 2022b)

Atık Sınıfı				Atık Kodu	
01	Madenlerin aranması, çıkarılması, işletilmesi, fiziki ve kimyasal işleme tabii tutulması sırasında ortaya çıkan atıklar	01 04	Metalik olmayan minerallerin fiziki ve kimyasal işlemlerinden kaynaklanan atıklar	<b>01 04 07 dışındaki atık kaya ve çakıl taşı atıkları</b> <i>Maden kazılarını içerebilir</i>	<b>01 04 08</b>
				<b>Atık kum ve killer</b> <i>Sadece atık kum</i> <i>Kirlenmiş kum içermemelidir</i>	<b>01 04 09</b>
10	Isıl işlemlerden kaynaklanan atıklar	10 11	Cam ve cam ürünleri üretim atıkları	<b>Cam elyaf atıkları</b> <i>Organik bağlayıcı içermemesi durumunda kullanılabilir</i>	<b>10 11 03</b>
15	Atık ambalajlar ile başka bir şekilde belirtilmemiş emiciler, silme bezleri, filtre malzemeleri ve koruyucu giysiler	15 01	Ambalaj (Belediyenin ayrı toplanmış ambalaj atıkları dahil)	<b>Cam ambalaj</b>	<b>15 01 07</b>
17	İnşaat ve yıkıntı atıkları (Kirlenmiş alanlardan çıkartılan dahil)	17 01	Beton, tuğla, kiremit ve seramik	<b>Beton</b>	<b>17 01 01</b>
				<b>Tuğla</b>	<b>17 01 02</b>
				<b>Kiremit ve seramikler</b>	<b>17 02 03</b>
				<b>17 01 06 dışındaki beton, tuğla kiremit ve seramik karışımları ya da ayrılmış grupları</b>	<b>17 02 07</b>
		17 02	Ahşap, cam ve plastik	<b>Cam</b> <i>Fiber cam veya cam yünü içermemelidir.</i>	<b>17 02 02</b>
17 03	Bitümlü karışımlar, kömür katranı ve katranlı ürünler	<b>17 03 01 dışındaki bitümlü karışımlar</b> Aşağıdaki durumlarda izin verilir: <i>Yolların ve diğer kaplamalı alanların asfalt tabakalarının onarımı ve yenilenmesinden elde edilen bitümlü karışımlar (kömür katranı ve 17 03 01 atık kodu ile tanımlanan atıkları içeren karışımlar hariç) Kömür katranı veya katran ürünleri içermemelidir. Taze karıştırılmış bitümlü karışımlar içermemelidir.</i>	<b>17 03 02</b>		
17	İnşaat ve yıkıntı atıkları (Kirlenmiş alanlardan çıkartılan dahil)	17 05	Toprak (Kirlenmiş yerlerde yapılan hafriyat dahil), taşlar ve dip tarama çamurları	<b>17 05 03 dışındaki toprak ve taşlar</b> <i>Kirlenmiş alanlardan toprak ve taş içermemelidir.</i>	<b>17 05 04</b>
				<b>17 05 05 dışındaki dip tarama çamuru</b> Aşağıdaki durumlarda izin verilir <i>Taramadan gelen inert agrega olması.</i> <i>Kirlenmiş tarama malzemesi içermemelidir. İnce fraksiyon içermemelidir.</i>	<b>17 05 06</b>
				<b>17 05 07 dışındaki demiryolu çakılı</b> Aşağıdaki durumda izin verilir <i>Kirlenmiş alanlardan toprak ve taş içermemelidir</i>	<b>17 05 08</b>
		17 09	Diğer inşaat ve yıkıntı atıkları	<b>17 09 01, 17 09 02 ve 17 09 03 dışındaki karışık inşaat ve yıkıntı atıkları</b> Aşağıdaki durumda izin verilir; <i>Kamu hizmeti kazılarında oluşan atıklar. Alt taban agregalarından oluşan atıklar. Karıştırılmamış ise sadece 17 01 01, 17 03 02 ve 17 05 04 kodlu malzemeleri içeren atıklar</i>	<b>17 09 04</b>
19	Atık yönetim tesislerinden, tesis dışı atık su arıtma tesislerinden ve insan tüketimi ve endüstriyel kullanım için su hazırlama tesislerinden kaynaklanan atıklar	19 12	Başka bir şekilde tanımlanmamış atıkların mekanik arıtımından (Örneğin ayrıştırılması, ezilmesi, sıkıştırılması, toprak haline getirilmesi) kaynaklanan atıklar	<b>Cam</b> <i>Katot ışın tüpü camı içermemelidir.</i>	<b>19 12 05</b>
				<b>Mineraller</b> (örnek kum ve taş) <i>Beton, tuğla, kiremit, taş veya kartonpiyerden kazanılmış jips içermemelidir. katot ışın tüpü camı içermemelidir.</i>	<b>19 12 09</b>
20	Ayrı toplanmış fraksiyonlar dahil belediye atıkları (Evlerden kaynaklanan ve benzer ticari, endüstriyel ve kurumsal atıklar	20 01	Ayrı toplanan fraksiyonlar	<b>Cam</b> <i>Fiber cam içermemelidir.</i>	<b>20 01 02</b>
		20 02	Bahçe ve park atıkları (Mezarlık atıkları dahil)	<b>Toprak ve taşlar</b> <i>Bahçe ve park atıklarında kirlenmiş taşlar içermemelidir</i>	<b>20 02 02</b>

Çizelge 2- Kaynağına göre ikincil agrega geri kazanım faaliyetleri (RER, 2011).

R1	Madencilik faaliyetleri sonucu oluşan maden atıklarının (yan-ürün) geri kazanımı
R2	İnşaat ve yıkıntı atıklarının geri kazanımı
R3	İnşaat faaliyetleri sırasında kazılan toprak/kayaçların geri kazanımı
R4	Endüstriyel atıkların geri kazanımı (demir metali üretimi cürüfları, belediye katı atık yakma tesislerinin taban külü, kömürün yanması sonucu oluşan küller gibi)

Çizelge 3- İkincil agrega geri kazanım tesislerine Avrupa'dan örnekler (RER, 2011).

	Geri kazanım türü	İlişkili madencilik faaliyeti	İlişkili madencilik faaliyetinin durumu	
Bulgiza/ Arnavutluk	R1	Krom madenci	Aktif	Atık tesisindeki düşük tenörlü zenginleştirme atıkları tekrar zenginleştirilerek kimya endüstrisi ve metalürjide kullanılabilir satılabilir krom konsantresi üretilirken, arta kalan kumun ( %6-7 Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) beton ve altyapı inşaat işlemleri için uygun olan yüksek kalite agrega olarak değerlendirilmesi.
Gerakini/ Yunanistan	R1	Manyezit	Aktif	Manyezit, kostik kalsine manyezit ve sinter manyezit üretilen bir madenin pasa ve zenginleştirme tesisi ayıklama atığından ikinci kalite agrega üretimi (genellikle yol yapımında kullanılıyor).
Madregollo- Collecchio/İtalya	R2	Kum ve Çakıl	Terkedilmiş	Hem doğal agrega hem de geri kazanılmış agrega üreten entegre bir tesis. Yol asfalt kaplamalarından sıcak ve soğuk proses olmak üzere iki geri kazanım yöntemi uygulanarak geri kazanılmış agrega üretilmekte. Geri kazanılmış agrega birincisinde %20 oranında ikincisinde ise %50 oranında doğal agregaya katılarak orta kalite geri kazanılmış agrega üretilmektedir. Ayrıca, geri kazanılmış asfalt betonunda üretilmektedir.
Castellarano/ İtalya	R1+R2+R3+R4	Kum ve Çakıl	Terkedilmiş	Firma patentli bir geri kazanım teknolojisi (R.O.S.E teknoloji) kullanmakta. Geri kazanım tesisi doğal agrega üretim tesisi yanında ve aynı zamanda İtalya'nın önemli seramik sanayi bölgesi (Sassuolo-Scandiano) yakınındadır ve seramik endüstrisi atıklarını işlemekte. Aynı teknolojiyi kullanan diğer bir tesis ise inşaat ve yıkıntı atıkları ile kazı toprağını (toprak/kayaç) geri dönüştürmektedir. Bu tesiste CE belgelendirme gereklerine uygun yüksek (Tip A; beton ve yol temeli ), orta (Tip B; yol, havalimanı ve liman inşaatı) ve düşük kalite (Tip C; çevre dolgusu) agrega üretilmektedir.
DevaRuschita/ Romanya	R1	Mermer ocağı	Aktif/ Terkedilmiş	Firma 190 000t/y satılabilir doğal taş üretiliyor (kazdığının %50'si). Oldukça kırık ve çatlaklı olan kayalar yakında yer alan Omya tesisine (madene 20 km mesafede) gönderiliyor. Ayrıca, düşük renk indeksine sahip mermer işleme tesisi atıkları da kırma işlemine tabii tutulup Omya tesisine gönderiliyor. Bu şekilde uygun boyutta olmayan mermer bloklarının %50'si geri kazanılıyor. Omya tesisinde kalsiyum karbonat içeriği %96'dan yüksek olan mermer artıkları mikron boyuta öğütülerek, boya, inşaat malzemesi üretimi endüstrisi ve kâğıt endüstrisinde kullanılabilir malzeme üretiliyor.
Velica Presica/ Slovenya	R2+R3	Dolomit	Aktif/ Terkedilmiş	Aktif dolomit sahasının kapatılmış maden sahasında bulunmakta. Tesiste, inşaat ve yıkıntı atıkları ile inşaat faaliyetlerinde kazılan toprak ve kaya kullanılarak geri kazanılmış yüksek ve orta kaliteli agrega üretilmekte ve yol ve demir yolu yapımında kullanılmaktadır.
Sezana/Slovenya	R2+R3	Kireçtaşı	Aktif/ Terkedilmiş	Aktif kireçtaşı ocağının kapatılmış maden sahasında bulunmakta. İnşaat ve yıkıntı atıkları ile inşaat faaliyetlerinde kazılan toprak ve kaya kullanılarak geri kazanılmış yüksek, orta ve düşük kalite agrega üretilmektedir.
Dogose/Slovenya	R2+R3	Kum ve Çakıl	Aktif/ Terkedilmiş	Tesis Drava nehri yakınında, tam olarak rehabilite edilmeden terk edilmiş bir kum-çakıl ocağında yer almakta. Yakınında doğal agrega ve beton karıştırma tesisi de var. Bu geri kazanım tesisinde, inşaat ve yıkıntı atıkları ile inşaat faaliyetlerinde kazılan toprak ve kaya kullanılarak geri kazanılmış orta kalite (yol yapımında kullanılan) ve düşük kalite (dolgu malzemesi olarak kullanılan) agrega üretimi var. Geri kazanılmış agregalar beton, bitümlü karışımlar ve karışık malzeme üretiminde kullanılıyor.

Çizelge 4- İkincil agrega Kalite Sınıfı (RER, 2011).

Agrega Kalite sınıfı	Özelliği ve kullanımı
Tip A	Yüksek kalite geri kazanılmış agrega-beton ve yol yapımında.
Tip B	Orta kalite geri kazanılmış agrega - hava limanı ve liman inşaatında.
Tip C	Düşük kalite geri kazanılmış agrega- taş ocakları ve atık depolama alanlarında dolgu ve rehabilitasyon amaçlı kullanılır.

Çizelge 5- İkincil agrega kaynakları ve potansiyel kullanım alanları (MNRO, 2010).

Uygulama	İkincil kaynak	
<b>Beton Asfalt kaplama</b>		
Mineral dolgu	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Asfalt tesisi tozu</li> <li>■ Çimento fırını tozu</li> <li>■ Evsel atık su arıtma çamuru külü</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kireç fırını tozu</li> <li>■ Kömür uçucu külü</li> </ul>
Sıcak-Karışım Agregası	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Geri kazanılan asfalt kaplama</li> <li>■ Kömür taban külü</li> <li>■ Döküm kumu</li> <li>■ Cevher zenginleştirme atıkları</li> <li>■ Atık cam</li> <li>■ Çelik çürüf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Yüksek fırın çürüf</li> <li>■ Kömür kazanı çürüf</li> <li>■ Çatı saçı hurdası</li> <li>■ Hurda lastik</li> <li>■ Evsel katı atık külü</li> <li>■ Demir içermeyen çürüf</li> </ul>
Yüzey İşleme/ seal coat agrega	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Yüksek fırın çürüf</li> <li>■ Kömür kazanı çürüf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Çelik çürüf</li> </ul>
<b>Portland Çimento Beton Kaplama</b>		
Mineral katkı/çimento katkısı	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kömür uçucu külü</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Yüksek fırın çürüf</li> </ul>
Portland çimento beton agregası	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Geri kazanılmış beton malzemesi</li> </ul>	
<b>Granül Zemin/ Alt Zemin</b>		
Granül Zemin/Alt Zemin Malzemesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Geri kazanılmış asfalt kaplama</li> <li>■ Yüksek fırın çürüf</li> <li>■ Demir dışı metal çürüf</li> <li>■ Kömür kazanı çürüf</li> <li>■ Atık cam</li> <li>■ Dökümhane çürüf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Geri kazanılmış beton malzeme</li> <li>■ Çelik çürüf</li> <li>■ Kömür taban külü</li> <li>■ Belediye katı atıkları</li> <li>■ Atık seramikler</li> <li>■ Cevher zenginleştirme atıkları</li> </ul>
<b>Stabilize Zemin/Alt Zemin</b>		
Stabilize Zemin veya Alt Zemin Agregası	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kömür taban külü</li> <li>■ Kömür kazan külü</li> <li>■ Geri kazanılmış asfalt kaplama</li> </ul>	
<b>Akışkan Dolgu (kontrollü düşük dayanımlı malzeme)</b>		
Akışkan Dolgu Agregası	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kömür uçucu külü</li> <li>■ Dökümhane çürüf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Taş ocağı artıkları</li> </ul>
<b>Set ve Dolgu</b>		
Set veya Dolgu Malzemesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ İnşaat ve yıkıntı atıkları</li> <li>■ Geri kazanılmış asfalt kaplama</li> <li>■ Demir dışı meal çürüf</li> <li>■ Odun talaşı</li> <li>■ Cevher zenginleştirme atıkları</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Kömür uçucu külü</li> <li>■ Geri kazanılmış beton malzemesi</li> <li>■ Yüksek fırın çürüf</li> <li>■ İnşaat ve yıkıntı atıkları odun atıkları</li> <li>■ Hurda lastik</li> </ul>

■ Yeşil

Söz konusu uygulamada agrega olarak kullanımı hem teknik hemde çevresel açıdan uygun olan yan ürün.

■ Sarı

Söz konusu uygulamada agrega olarak kullanım potansiyeli olan yan ürün, ancak, teknik, çevresel veya ekonomik bazı şartların dikkate alınması gerekir.

■ Kırmızı

Söz konusu uygulamada geçmişte agrega olarak bazı kullanım potansiyeli olan yan ürün, ancak önemli teknik ve çevresel konular mevcut kullanımını engellemektedir.

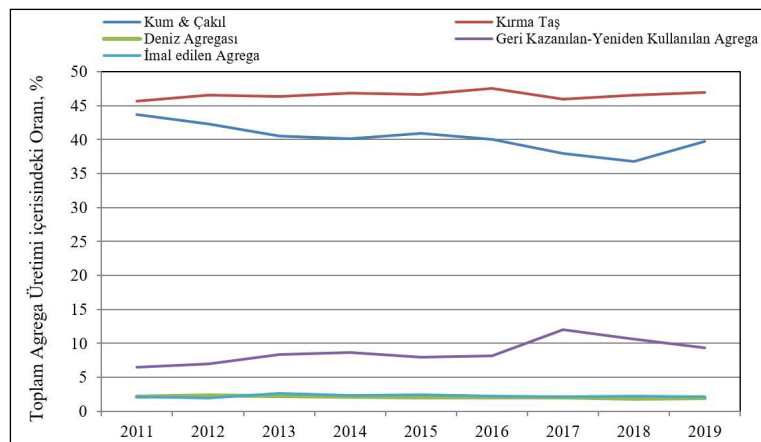
Çizelge 6- İnşaat faaliyeti sonucu oluşan olası atık türleri (HTİYAKY, 2004)

Atık kategorisi	
Hafriyat Toprağı	İnşaat öncesinde arazinin hazırlanması aşamasında yapılan kazı ve benzeri faaliyetler sonucunda oluşan toprak.
İnşaat Atıkları	Konut, bina, köprü, yol ve benzeri alt ve üst yapıların yapımı esnasında ortaya çıkan atıklar.
Yıkıntı Atıkları	Konut, bina, köprü, yol ve benzeri alt ve üst yapıların tamirata, tadilatı, yenilenmesi, yıkımı veya doğal bir afet sonucunda ortaya çıkan atıklar.
Yol Yıkıntı Atıkları	Yol, havaalanı pisti ve benzeri yapıların tamirata, tadilatı, yenilenmesi ve yıkımı sırasında ortaya çıkan ve bünyesinde asfalt, zift, doğal polimer ve benzeri malzeme bulunan atıklar.

geri kazanım) oranını 2020 yılında %70'e çıkarmayı hedeflemiştir (EC, 2011a). 2010 yılında kabul edilen ve 2010-2020 dönemi için 10 yıllık kalkınma vizyonunu ortaya koyan "Avrupa 2020 Akıllı, Sürdürülebilir ve Kapsayıcı Büyüme Stratejisi" (EC, 2010) çerçevesinde 2011 yılında yayımlanan "Kaynak Etkin bir Avrupa'ya giden Yol Haritası" (EC, 2011b) girişiminde inşaat sektörü öncelik verilen 3 temel sektör arasında yer almıştır ancak, yüksek potansiyeline rağmen geri dönüşüm oranlarının inşaat geleneği türü ve ülkenin ekonomik faaliyetleri arasındaki farklılıklar nedeniyle Avrupa genelinde oldukça değişkenlik gösterdiği; bazı ülkelerde %10'dan az iken bazı ülkelerde %90'nın üzerinde olduğu ve AB ortalamasının %50'nin altında kaldığı belirlenmiştir (EC, 2014). Geçen süre zarfında Avrupa genelinde çok azı geri dönüştürülen bu atıklar için 2016 yılında, 2020 İnşaat Stratejisi (EC, 2012) ve İnşaat Sektöründe Kaynak Verimliliği Fırsatları Tebliği (EC, 2014) ile uyumlu, AB Atık Çerçeve Direktifi hedefine katkı koyacak "İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Yönetimi Protokolü" (EC, 2016) yayımlanmıştır. Bu protokol ile birlikte ülkeler bazında İYA'nın geri

dönüşüm oranlarının tespitinin yanı sıra geri dönüşüm oranlarını artırmak için teknik, idari ve politika seviyelerinde birçok girişim başlatılmıştır. Tüm bu çabaların bir sonucu olarak AB(27) İYA geri dönüşüm oranı 2020 yılında %89'a ulaşmıştır [Eurostat (online data code: CEI\_WM040)]. Ayrıca, 2010-2019 yılı AB agrega üretiminde ikincil agrega oranının 2017 yılında önceki 6 yıl ortalamasının toplamda %61 oranında artarak yaklaşık %12,5'e ulaştığı görülmektedir (Şekil 8). Bu durumun 2016 yılında yayımlanan "İnşaat ve Yıkıntı Atıkları Yönetimi Protokolü" ile artan geri kazanım çabalarının bir sonucu olduğu değerlendirilebilir.

Ülkemizde ise, "Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (HTİYAKY)", 2004 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu Yönetmelik ile söz konusu atıkların çevreye zarar vermeyecek şekilde öncelikle kaynaktan azaltılması, toplanması, geçici biriktirilmesi, taşınması, geri kazanılması, değerlendirilmesi ve bertaraf edilmesine ilişkin teknik ve idari hususlar ile uyulması gereken genel



Şekil 8- Kaynaklarına göre AB 28 Agregası üretimi.

kurallar belirlenmiştir. Yönetmelik, hafriyat toprağı ile inşaat/yıkıntı atıklarının karıştırılmaması ve öncelikle geri kazanılarak özellikle yapı malzemesi olarak değerlendirilmesi ve bunu gerçekleştirmek için atıkların kaynağında ayrılması ve seçici yıkım yapılmasını öngörmektedir. Aksi durumda ise Atıkların Düzenli Depolanmasına dair Yönetmelik hükümleri geçerlidir. AB strateji ve politikaları ile müktesebatına paralel olarak ülkemizde de kaynakların etkin kullanımı ve geri dönüşüm uygulamalarının artırılması için politika, strateji ve mevzuat temelinde girişimler gerçekleştirilmiştir. T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından 2014 yılında “Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2014-2017” yayımlanmıştır. Bu belgede ülkemizde her yıl 125 milyon ton hafriyat toprağının yeniden kazanım çalışmaları kapsamında değerlendirildiği belirtilirken; mevcutta 4-5 milyon ton İYA olduğu ve gelecek 3 yıl çerisinde bunun 10 milyon tona ulaşacağı ve geri kazanma potansiyeli olan miktarın 6 milyon ton/yıl olacağının tahmin edildiği belirtilmektedir. Daha sonra yayımlanan “Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 2016/2023”de ise 2014 yılında 100 milyon ton’un üzerinde hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıkları olduğu (geri kazanılmış veya bertaraf edilmiş) belirtilerek, İYA ve hafriyat toprağı yönetiminin ülke genelinde yaygınlaşmasının hedeflendiği ifade edilmektedir. Her iki belgede de İYA’nın geri kazanım oranı ve gelecekte hedeflenen orana dair bir veri ve bilgiye yer verilmemiştir.

Oldukça fazla miktarda oluşan ve yüksek geri dönüşüm potansiyeli olan İYA’nın geri dönüşüm oranlarının düşük olmasının temel sebebi atıklardan dönüştürülen ürünlerin kullanımını sınırlayan teknik, idari, yasal seviyede değişen birçok faktörün varlığıdır (EC, 2011a; İsmail vd., 2013; Rakhshan vd., 2020; Shoostarian vd., 2020; Badraddin vd., 2021; Yu vd., 2021). Bunlar içerisinde en önemlileri, ürünlerin kalitesi hakkındaki belirsizlik, bilgi eksikliği, maliyet karmaşası ve engelleyici düzenlemeler olarak belirtilmektedir. Geri dönüştürülüş ürünlerin teknik özellikleri, çevresel etkileri, kalite standartları, hükümet destekleri ve uygun geri dönüşüm tesisleri mevcudiyeti hakkında bilgi eksikliği, ayrıca geri dönüştürülmüş ürünlerin atık imajı ve ucuz bir

seçenek olarak düzenli atık depolama alanlarının mevcudiyeti geri dönüştürülmüş ürünlerin kullanımını engellemektedir. Geri dönüştürülmüş agreganın birincil agregadan daha pahalı olması durumunda müşterinin daha pahalı bir ürün için ödeme yapmaya istekli olması olası değildir. Tüm bu etkenler arasında özellikle özel yasa ve düzenlemeler diğerlerini de etkileyecek olan en önemli etkidir (Liu vd., 2020). Dolayısıyla, ikincil agrega pazarının oluşturulmasında devletin desteği şarttır.

İnşaat ve yıkıntı atıklarından geri dönüştürülen ürünlerin kullanımını sınırlayan önemli etkenlerden biri hiç şüphesiz ürünün kalite standart ve özellikleri hakkındaki belirsizliktir. Dolayısıyla ikincil agrega kullanımının yaygınlaştırılması öncelikle,

- ✓ Agreganın satın alıcısına alacakları bu agreganın uygun bir agrega standardına göre tanımlanan ve onaylanmış bir endüstri spesifikasyonuna uygun olduğuna.
- ✓ Agreganın kullanıcılarına agreganın endüstri standardına uygun olarak belirlenmiş bir pazar sektöründe kullanımına uygun olduğuna.
- ✓ Çevre ve insan sağlığına zararı olmadığına dair güvenin sağlanmasını gerektirir.

Bu amaçla, “AB Agregası Üreticileri Birliği Geri Kazanım Çalışma Grubu” bu konudaki bilgi eksikliğini gidermek için bir kılavuz doküman yayımlamıştır (UEPG, 2022b). Yayımlanan bu kılavuz atıkların agrega ürününe dönüştürülmesinde öncelikle belirlenmesi gereken atık kapsamından çıkış kriterlerini ortaya koymaktadır. Rehber dokümanda belirtilen kriterler sağlandığında elde edilen malzeme tamamen geri dönüştürülmüş ve atık olmaktan çıkmış ve ürün olarak kabul edilecektir.

Kılavuza göre bu kriterler,

- Sadece inert inşaat ve yıkıntı atıkları potansiyel ikincil agrega kaynağı olabilir (Çizelge 6).
- İkincil agrega üreticisi ürün standardında belirlenen fabrika üretim kontrol gereklerini sağlamalıdır (Çizelge 7-9).

- İkincil agrega üreticileri ve kullanıcıları çevre mevzuatı çerçevesinde faaliyetlerini yürütmelidir.
- Üretilen ikincil agrega hedeflenen kullanımı ile ilgili boyut küçültme dahil başka bir işlem içermemelidir.

Dolayısıyla ikincil agrega uygulamalarında hedeflenen ürün standartları ve spesifikasyonlarını (Çizelge 7) ve de bu standartlarda belirtilen Fabrika Üretim Kontrol (ürünün sürekli olarak ürün standardı gerekliliklerini karşılmasını ve aynı kalite düzeyinde olmasını sağlamak amacıyla oluşturulan üretim süreci yönetim sistemi) gerekleri sağlanmalıdır. İkincil agrega üreticisi, üretilen ikincil agreganın hedeflenen kullanıma uygun olarak agrega ürün standardında belirtilen Fabrika Üretim Kontrolü'ne uygun üretildiğini belgelemelidir. Söz konusu kılavuzda minimum fabrika üretim kontrol şartları da tanımlanmıştır.

Her bir ürün tanımlaması ve kullanımı için teknik şartların yanı sıra çevresel şartlara uygunluk şartı da aranmaktadır. Dolayısıyla, geri kazanılmış agrega kalitesini belirlemek için agrega standartlarında belirtilen parametrelerin yanı sıra aşağıdaki bilgilerin de sağlanması gerekir (Blengini ve Garbarino, 2011).

- Eko- uygunluk (liç testi).
- Teknik mükemmelliğe ulaşmak için uygulama kodlarının mevcudiyeti.
- CE marka mevcudiyeti.

## 5. Tartışma ve Genel Değerlendirme

Artan dünya nüfusu ve yükselen yaşam standartları doğal kaynaklara olan talebi artırırken aynı zamanda hem doğal kaynakların üretimi sırasında oluşan hem de ömrünü tamamlamış ürünlerden oluşan atıkların miktarını da artırmaktadır. Bu durum özellikle katı atıkların kontrol ve yönetimini günümüz toplumlarının en önemli sorunu haline getirmiştir. Gerek doğal kaynakların korunması gerekse yönetilmesi gereken atık miktarının azaltılması için kaynakların uzun süre kullanımını (döngüde tutulması) öngören döngüsel ekonomi modeli her sektörde birçok fırsat

sunmaktadır. İnşaat sektörünün temel yapı malzemesi hammaddesi ve de yenilenemez bir kaynak olan agrega üretiminde de döngüsel ekonomi fırsatlarını görmek ve uygulamak kaçınılmazdır.

Katı atıklar içerisinde miktarca en fazla iki grubu oluşturan İYA ile maden atıklarının potansiyel ikinci agrega kaynağı olarak değerlendirilmesi hem yeni kaynak ihtiyacını azaltma hem de çevresel, sosyal ve ekonomik birçok kazanç sağlama potansiyeline sahiptir. İnert karakterdeki atıkların potansiyel agrega kaynağı olarak değerlendirilebildiği dikkate alındığında hem atık karakteristiği hem de miktarı ile İYA ikincil agrega üretimi için katı atıklar içerisinde en büyük potansiyel olarak yer almaktadır. Deprem kuşağında yer alan ve yaygın bir kentsel dönüşüm geçiren ve de büyük alt yapı projeleri gerçekleştiren ülkemiz için İYA'nın agrega olarak geri dönüşümü sektörün agregaya erişimini garanti altına alacak sürdürülebilir agrega üretimi için önemli bir fırsat olarak görülmelidir.

Hafriyat toprağı ile İYA'larının çevreye zarar vermeyecek şekilde öncelikle kaynaktan azaltılması ve geri kazanılmasını önceliklendiren Yönetmelik (HTİYAKY), 2004 yılında yürürlüğe girmiş olmasına rağmen geçen süre zarfında bu atıkların geri dönüştürülmesine dair önemli bir yol kat edilmediği anlaşılmaktadır. Agregaya üretim verilerine göre ülkemizde ikincil agrega üretiminin olmadığı anlaşılmaktadır. Ülkemizde oluşan hafriyat toprağı ve İYA'nın ne kadarının geri dönüştürüldüğü ne kadarının depolandığı, dönüştürülen agregaların kalitesi ve bu agregaların nerelerde kullanıldığı noktasında ciddi bir bilgi eksikliği bulunmaktadır (İMİB, 2020). T.C. Çevre ve Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından yılda 100 milyon ton üzerinde hafriyat toprağının geri dönüştürülerek değerlendirildiği belirtilirken, Türkiye Agregaya Üreticileri Birliği (AGÜB) çeşitli kazılar sırasında oluşan hafriyat toprağının yıllardır kontrolsüz olarak piyasaya sunulduğunu ve herhangi bir denetime tabi olmadığını vurgulamaktadır. Seyyar tesislerden üretilen bu malzemelerin düşük fiyatlara piyasaya satıldığı ve bu durumun o bölgede yıllardır çalışan, büyük yatırımlar yapan, devlet hakkı ve vergisini ödeyen agrega sektörüne büyük zarar verdiği belirtilmektedir. Ayrıca, 2016-2023 yıllarını kapsayan

Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı'nda da (atık yönetimine ilişkin 81 ildeki atık yönetimi durumunun analiz edildiği ve sonuçlarının yayınlandığı rapor) hafriyat toprağı, inşaat ve yıkıntı atıkları için sınırlı veri olduğu ve bunun da hafriyat toprağı yönetimi ile sınırlı olduğu ifade edilmektedir. Oysa isabetli politika ve stratejiler geliştirmek ve etkin bir planlama yapabilmek için karar vericilerin doğru ve güvenilir veri ve bilgi ile desteklenmesi gerekir. Hiç şüphe yok ki, sürdürülebilir bir agrega kaynakları yönetimi planının hazırlanmasında da öncelikle birincil ve ikincil kaynaklardan agrega temininde kazan kazan ilkesini geçerli kılmak için dikkate alınacak geniş bir aralıkta değişen destekleyici veri ve bilgiye ihtiyaç vardır. Önceki çalışmalar (Arioğlu, 2003; Güllü, 2022) ve kurumsal dokümanlarda belirtildiği üzere gerek ikincil agrega üretimi gerekse İYA'nın geri kazanımına dair ülkemizde sağlıklı istatistikler olmadığı görülmektedir. Dolayısıyla her şeyden önce ülkemiz için bu veri ve bilgi eksikliğinin giderilmesi gerekir.

Yerel seviyede yapılacak bir agrega planlamasının yerel seviyedeki ikincil agrega kaynaklarını da içerecek şekilde planlanması gerekir ancak, her şeyden önce geri dönüştürülmüş agrega kullanımını teşvik edecek idari ve yasal düzenlemelere ihtiyaç olacaktır. Atık depolama alanı kabul ücretlerinin ve birincil agrega ücretlerinin artırılması (çevresel maliyetin hem deponu alanı kabul ücretlerine hem de birincil agrega maliyetine yansıtılması) geri dönüştürülmüş agrega maliyetini cazip hale getirecektir. Ayrıca, inşaat işlerinde belli oranda geri dönüştürülmüş agrega kullanımını öngören düzenlemelere de ihtiyaç olacaktır. İYA'nın ayrılması ve geri kazanımı mevcut teknolojilerin kullanımını içermekle birlikte agrega geri dönüşüm tesisi altyapısının oluşturulmasının teknik, idari ve mali teşvikler ile desteklenmesi gerekecektir.

İYA'nın geri dönüşüm oranının artırılmasında özel yasa ve düzenleme ihtiyacından sonra en önemli etmen olan geri dönüştürülmüş malzemelerin kalitesi hakkındaki belirsizlik ve genel kabulüne yönelik tereddütleri ortadan kaldıracak, geri dönüştürülmüş ürünün kalite standart ve özelliklerinin belirlenmesi ve kalite sertifikasyonunun sağlanması ve uygun Türk standartlarına tabi olması gerekir.

Ülkemizde İYA'nın agregaya geri dönüşümü oranlarının artırılması için gerekli olan ikincil agrega pazarının oluşturulabilmesi ve devam ettirilebilmesi için yukarıda bahsedilen ve benzeri zorluk ve bariyerleri ortadan kaldıracak girişimlerin gerçekleştirilmesi gerekir. Bunun için bu alanda başarılı uygulamaları olan AB ülkelerinin uygulamalarını iyi analiz ederek ülkemiz sürdürülebilir agrega üretiminin birincil ve ikincil agrega kaynaklarını içerecek şekilde planlamasının yapılması gerekir. Ülkemizde hem agregaya olan talep hem de inşaat ve yıkıntı atıkları oluşma potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda, İYA'nın geri dönüşümünün önemi çok daha iyi anlaşılacaktır.

### Değınilen Belgeler

Agrega Bülteni 2018. Sayı:9. [www.agub.org.tr](http://www.agub.org.tr).

Agıoutantis, Z., Komnitsas, K., Steiakakis, M., Mavriagiannakis, S., Stathogianni, F., Chalkiopoulou, F., Hatzilazaridou, K., Molter, A., Valbusa, M., Bobba, S., Blengini, G. 2014. Data and Analysis Methodologies for Aggregates Planning: In support of best practices in Sustainable Aggregates Planning, SNAP-SEE Project.

Agrela, F., Gallardo, F. G., Rosales, J., Tavira, J. Ayuso, J., Cabrera, M. 2020. Complete real - scale application of recycled aggregates in a port loading platform in Huelva, Spain. *Materials* 13, 2651, 1-21.

Arioğlu, E. 2003. Agregaya Sektörüne Genel bakış; Değerlendirme - Öneriler. 3. Ulusal Kırmataş Sempozyumu Agregaya (beton, asfalt) çimento hammaddeleri Madenciligi, İstanbul, 239-247.

Badraddin, A. K., Rahman, R.A., Almutairi, S., Esa, M. 2021. Main Challenges to Concrete Recycling in Practice. 2021. *Sustainability*, 13, 11077.

Balbay, Ş., Sarıhan, A., Avşar E. 2021. Dünya'da ve Türkiye'de Döngüsel Ekonomi/Endüstriyel Sürdürülebilirlik yaklaşımı Avrupa Bilim ve Teknoloji dergisi, 27, 557-569.

Blengini, G.A., Garbarino, E. 2011. Regione Emilia-Romagna Teknik Raporu. Synthesis report of baseline study reports (BSR-R) of Sarma model sites Activity 3.3. Recycling 138.

- Demir, İ. 2010. İnşaat ve yıkıntı atıklarının beton üretiminde kullanımı ve beton özelliklerine etkisi, AKÜ Fen Bilimleri Dergisi, 2, 105-114.
- Dolan, P. J., Lampo, R. G., Dearborn, J. C. 1999. Concept for Reuse and Recycling of Construction and Demolition Waste the report of USACERL Technical report 99/58. US Army Corps of Engineers Construction Engineering Research Laboratories.
- European Commission, 2011a. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, The European economic and social Committee and the Committee of the Regions –A Resource efficient Europe- Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy. COM 2011, 21.
- European Commission (DG ENV), 2011b. Service contact on management of construction and demolition waste-SR1 Final report Task 2.
- European Commission, 2012. Communication from the Commission to the European Parliament and the Council– Strategy for the Sustainable Competitiveness of the Construction sector and its Enterprises. com 2012, 433 final.
- European Commission, 2014. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, The European economic and social Committee and the Committee of the Regions – Resource Efficiency Opportunities in the Building Sector. COM 2014, 445 final.
- European Commission, 2014. Resource efficiency opportunities in the building sector. Communication of the Commission COM 2014, 445 final, Brussels.
- European Commission, 2016. EU Construction and Demolition Waste Management Protocol.
- European Commission, 2019. The European Green Deal. COM 2019, 640 final.
- EU Waste Framework Directive (2008/98/EC)
- Eurostat waste statistics. [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste\\_statistics#Total\\_waste\\_generation](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Total_waste_generation).
- Eurostat (online data code: CEI\_WM040) . [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei\\_wm040/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en) (Erişim tarihi: 24.04.2022).
- Grâce, M. M., Ally, A. N., Abdias, M. W. M., Patient, K. B., Trésor, M., Blanche, M. M., Francois, N. 2020. Concrete based on recycled aggregates for their use in construction: case of Goma (DRC). Open journal of Civil Engineering 10, 226-238.
- Güllü, G. 2022. İstanbul'daki Kentsel dönüşüm, İnşaat ve Yıkıntı atıkları, Cihannüma Teknolojisi Fen ve Mühendislik Bilimleri Akademi Dergisi 1,1, 39-72.
- HTİYAKY, 2004. Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği. 18/3/2004 tarih ve 25406 sayılı Resmi Gazete.
- Hossain, U., Poon, C. S., Lo, I. M., Cheng, J. C. 2016. Comparative environmental evaluation of aggregate production from recycled waste materials and virgin sources by LCA. Resources, Conservation and Recycling 109, 67–77.
- İMİB (İstanbul Maden İhracatçıları Birliği), 2020. Türkiye’de ve Dünyada çimento hammaddeleri ve yapı malzemeleri-Rezervleri, işletmeciliği ve Geleceği. Bölüm: Türkiye’de agrega madenciliğinin durumu, işletmeciliği ve geleceği, 54-83. <https://www.imib.org.tr/links/29maden/CIMENTO.pdf>.
- İsmail, S., Hoe, H. W., Ramli, M. 2013. Sustainable aggregates: the potential and challenge for natural resource conservation. Procedia –Social and Behavioral Sciences 101, 100 – 109.
- Kahraman, E., Kılıç, A. M. 2016. Agrega Madenciliğinin Hazır Beton Üretimindeki Yeri. 8. Uluslararası Kırmataş Sempozyumu, 324-329.
- Kılıç, A. M., Sakatoğlu, S., Kahraman, E., Yılmaz, M. 2015. Adana İli Taş (Kalker) İşletmelerinde Üretilen Agreganın İl Açısından Önemi. TMMOB, Adana Kent Sorunları Sempozyumu-III, Adana, Türkiye 22 (23), 561-574.
- Konuk, A., Alsoy, M., Ak, H. 2021. Çoklu bağlantı durumunda kentleşme göstergelerinden agrega üretim miktarının tahmini. Bilimsel Madencilik Dergisi, 60 (2), 97-106.
- Kien, T. T. 2013. Recycling construction demolition waste in the World and in Vietnam. The international conference on sustainable Built Environment for Now and The Future. Hanoi, 247-256.
- Lauritzen, E. K. 2019. Sustainable recycling of concrete-challenges and opportunities. Conference paper. Cementos Argos S.A. FORO ARGOS 360 0 EN Concreto, Bogoto, Colombia.
- Liu, H., Long, H., Li, X. 2020. Identification of critical factors in construction and demolition waste



- recycling by the grey-DEMATEL approach: A Chinese perspective. *Environmental Science and Pollution Research* 27, 8507–8525.
- MNRO, 2010. Ministry of Natural Resources Ontario Teknik Rapor. State of the Aggregate Resource in Ontario Study (SAROS)-Paper 4 RFP OSS-077392.
- O’Neal, M. D., Gius, F. W. 2018. Mineral land classification: concrete aggregate in the greater sacramento area production-consumption region, Special Report 245.
- Oikonomou, N. D. 2005. Recycled concrete aggregates. *Cement and Concrete Composites* 27, 315–8.
- Rakhshan, K., Morel, J. C., Charef, H. A. R. 2020. Components reuse in the building sector- A systematic review. *Waste management and research* 38(4) 347-370.
- RER, 2011. Regione Emilia-Romagna Teknik Raporu. Synthesis report of baseline study reports (BSR-R) of Sarma model sites Activity 3.3. (Recycling)
- dos Reis, G. S., Quattrone, M., Ambrós, W. M, Cazacliu, B. G., Sampaio, C. H. 2021. Current applications of recycled aggregates from construction and demolition: A Review. *Materials* 14,1700-1723.
- Shooshtarian, S., Calderai, S., Maqsood, T., Ryley, T. 2020. Using recycled construction and demolition waste products: A review of stakeholder Perception, Decision and Motivations. *Recycling* 5, 31.
- THBB, 2021a. Türkiye Hazır Beton Birliği. Hazır beton Yaşam Döngüsü Rehberi 52s.
- THBB, 2021b. Türkiye Hazır beton Birliği. Hazır Beton Sektörü raporu 2021.
- TÜİK, 2020. TÜİK Atık istatistikleri. (Erişim tarihi: 01.05.2023).
- UEPG, 2010-2020. European Aggregates Association (UEPG) Annual Reviews, <https://uepg.eu/mediatheque/index/3/20#>. (Erişim tarihi: 01.05.2023)
- UEPG, 2020. European Aggregates Association (UEPG) Annual Reviews, <https://uepg.eu/mediatheque/index/3/20#>. (Erişim tarihi: 01.05.2023)
- UEPG, 2022a. Sustainable supply of aggregates in Europe. An assessment of “non-critical” but essential raw materials with focus on policy and permitting elements. Final Report 12/2022. Commissioned by Aggregates Europe-UEPG, Leoben September 2022.
- UEPG, 2022b. EUPG Guidance. End of waste criteria for recycled aggregates from construction and demolition waste. Brussels, 2022.
- Yu, A. T. W., Wong, I., Wu, Z., Poon, C.S. 2021. Strategies for Effective Waste Reduction and Management of Building Construction Projects in Highly Urbanized Cities-A Case Study of Hong Kong. *Buildings*, 11, 214.
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2014. Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2014-2017, 113s. (30 Aralık 2014 Tarihli ve 29221 sayılı RG).
- T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2016. Ulusal Atık Yönetimi ve Eylem Planı 119s.

