

TÜRKİYE'NİN AGREGASI 2025

TMMOB

Maden Mühendisleri Odası

Agrega Çalışma Grubu

2025

SUNUŐ

TMMOB Maden Mühendisleri Odası olarak, 49. Dönem Agregâ Komisyonumuz tarafından hazırlanan “Türkiye’nin Agregâsı” raporunu kamuoyunun ve ilgili tüm paydaşların bilgisine sunmaktayız. Agregâ; başta inşaat, altyapı ve ulaşım olmak üzere ülkemizin kalkınma hedefleri açısından stratejik öneme sahip temel bir girdidir. Özellikle deprem gerçeğiyle yüzleştığımız bu süreçte, güvenli yapılaşma ve dayanıklı kentlerin oluşturulmasında agregânın nitelikli, sürdürülebilir ve planlı biçimde temini hayati bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışma; agregâ sektörünün ülke genelindeki mevcut durumunu ortaya koyarken, Ankara–İstanbul–İzmir özelinde kaynak potansiyeli, tüketim düzeyleri ve geleceğe dönük ihtiyaç projeksiyonlarına ilişkin değerlendirmeler sunarak önemli bir boşluğu doldurmaktadır. Odamız, bilimsel veriye dayalı planlama anlayışının güçlendirilmesini, çevreyle uyumlu üretim yaklaşımlarının yaygınlaştırılmasını ve toplum yararını gözeten politikaların geliştirilmesini önemsemektedir. Bu raporun hazırlanmasında emeği geçen 49. Dönem Agregâ Komisyonu üyelerimize teşekkür ediyor; çalışmanın meslektaşlarımıza, karar vericilere ve kamuoyuna katkı sunmasını diliyoruz.

TMMOB Maden Mühendisleri Odası

Yönetim Kurulu

ÖNSÖZ

Bu rapor, agrega endüstrisinin Türkiye genelinde ve ülkemizin üç büyük şehri olan Ankara, İstanbul ve İzmir özelinde yapısal özelliklerini, kullanım alanlarını ve ekonomik değerini analiz etmek amacıyla hazırlanmıştır. Çalışmanın temel hedefi; Ankara, İstanbul ve İzmir illeri ölçeğinde agrega kaynaklarının potansiyelini ortaya koymak, bu illerin agrega tüketim düzeylerini ve geleceğe yönelik ihtiyaç projeksiyonlarını belirleyerek sektörün sürdürülebilir gelişimine katkı sağlamaktır. Bunun yanı sıra, dünyada agrega sektörüne ilişkin genel bir çerçeve sunulacak; sektörün gelecekte karşılaşılabileceği olası sorunlar ile bu sorunlara yönelik çözüm önerileri değerlendirilecektir.

Agrega; özellikle inşaat, altyapı ve ulaşım sektörlerinde vazgeçilmez bir girdi olup, kentleşme, sanayileşme ve altyapı yatırımlarının yoğun olduğu ülkelerde stratejik bir öneme sahiptir. Bu doğrultuda, agrega kaynaklarının sürdürülebilir biçimde yönetilmesi ve etkin kullanımı yalnızca yerel ekonomi açısından değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirlik ve doğal kaynakların korunması açısından da kritik bir rol üstlenmektedir. Raporda; agrega sektörünün mevcut üretim yöntemleri, bu yöntemlerin çevresel etkileri ile sektörün karşılaştığı teknik, yasal ve ekonomik zorluklar da ele alınmıştır.

Rapor kapsamında, akademik ve sektörel çalışmalardan elde edilen veriler ışığında agrega endüstrisinin teknik ve ekonomik boyutları değerlendirilmiş; çevresel etkiler de dikkate alınarak bütüncül bir analiz yapılmıştır. Bu çalışmanın, agrega sektöründe faaliyet gösteren akademisyenler, mühendisler, sektör profesyonelleri ve karar vericiler için yol gösterici nitelikte bir kaynak oluşturması amaçlanmaktadır.

TMMOB

Maden Mühendisleri Odası

Agrega Çalışma Grubu

GİRİŞ

Agrega; madencilik sektöründe geniş kullanım alanına sahip, inşaat, yol yapımı, demiryolu ve diğer altyapı projelerinde yoğun olarak tüketilen mineral kökenli bir malzeme olarak tanımlanmaktadır. Farklı tane büyüklüklerine ve fiziksel özelliklere sahip olan agregaya, söz konusu projelerde dayanıklılık, hacim kazandırma ve mekanik stabilite sağlama amacıyla kullanılmaktadır. Türkiye’de agregaya endüstrisi, madencilik sektörünün en önemli bileşenlerinden biri olup; başta stratejik öneme sahip Ankara, İstanbul ve İzmir illeri olmak üzere, ülkenin kalkınma hedefleri doğrultusunda kritik bir role sahiptir.

Avrupa Agregaya Üreticileri Birliği (UEPG) Başkanı Antonis Antoniou Latouros (2023), agregayı sudan sonra dünyada en çok tüketilen ikinci doğal kaynak olarak tanımlamıştır. Latouros ayrıca, dünyada yıllık agregaya üretiminin 40 milyar tona ulaştığını ve bu miktarın, ekvator çevresinde 27 metre genişliğinde ve 27 metre yüksekliğinde bir duvar inşa etmeye yetecek büyüklükte olduğunu ifade etmiştir.

Agregaya, özellikle gelişmekte olan ülkelerde sanayi, teknoloji ve ulaşım gibi lokomotif sektörlerin ihtiyaç duyduğu temel hammaddelerin başında gelmektedir. Ülkemizde son yıllarda meydana gelen depremler ve olası deprem riski taşıyan bölgelerdeki dayanıksız yapı stokunun kentsel dönüşüm uygulamalarıyla yenilenmesi, agregaya olan ihtiyacı önemli ölçüde artırmıştır. Bununla birlikte, agregaya yenilenebilir bir kaynak olmadığından, şehirlerimizde bulunan kaynakların verimli ve sürdürülebilir biçimde kullanılması ekonomik açıdan büyük önem taşımaktadır.

1.1 Agregaya Nedir?

Agregaya, genellikle doğal kaynaklardan (kum, çakıl, kırmataş) veya endüstriyel yan ürünlerden (cüruf, geri dönüştürülmüş beton) elde edilen, tane boyutu, şekli ve özgül ağırlık gibi fiziksel ve kimyasal özelliklere göre sınıflandırılan mineral malzemelerdir.

Bir ülkenin kalkınması, gelişmesi ve ilerlemesinde önemli rol üstlenen sanayi, ulaşım, barınma gibi ihtiyaçların karşılanması için gerekli olan mühendislik yapılarının inşaat hammaddesi agregaya ile karşılanmaktadır. Avrupa Agregaya Üreticileri Birliği (UEPG) verilerine göre kişi başı saatte 1 kg agregaya tüketilmektedir. Avrupa’da ortalama agregaya ihtiyacı 6 ton/yıl, ülkemizde ise yaklaşık 5.7 ton/yıldır (AGÜB).



Şekil.1.1 Agrega ve kullanım alanları <https://www.mekaglobal.com/tr/cozumler/agregalar-ve-kullanim-yerleri>

1.2 Agregaya Neden İhtiyaç Duyarız?

İnsanlık tarihiyle birlikte başlayan agrega serüveni günümüz teknoloji çağında da en çok ihtiyaç duyulan hammaddedir. İlk insanlar, İletişim için taş tabletleri kullanmışlardı. Tekerleğin icadı, savaş aletleri yapımı ve avlanma gibi ihtiyaçlarını karşılamak için taş ve taştan yapma aletleri kullanmışlardır.

Sonraki dönemlerde barınma ve yol ihtiyacı ortaya çıkmış, insanlar ulaşım ve barınma için evler ve yollar inşa etmişlerdir. Günümüzde, agrega hayatın her alanında ihtiyaç duyduğumuz kritik bir hammadde olarak karşımıza çıkmaktadır. Devasa binalar, ülkeleri birbirine bağlayan tren yolları ve otoyollar, havalimanı pistleri, içilebilir suyun en büyük kaynağı olan barajlar, limanlar gibi her alanda agregaya ihtiyaç duymaktayız.

Ülkemizde hızla artan nüfus ve coğrafi olarak bulunduğumuz konum gereği deprem kuşağında olmamız, son zamanlarda yaşanan depremler ve buna bağlı olarak ihtiyaç

duyulan konut ve yeni açılan yollar ile hızlı tren projelerinde yine agrega en çok ihtiyaç duyduğumuz malzeme olarak karşımıza çıkmaktadır.



Şekil.1.2 Değişik zamanlarda agrega kullanım biçimleri

Agrega'nın kullanım alanları

- Çevre ve transit ulaşım yapıları (boğaz köprüleri, otoyollar, tüneller, bağlantı yolları ve kavşakları, demiryolları, drenaj ve yüzey suyu denetim yapıları)
- Kent içi ulaşım yapıları (yol, tünel, köprü, alt ve üst geçitler, metro, tramvay, metrobüs)
- Deniz yapıları (liman, iskele, dalgakıran, sahil tahkimatı)
- Havalimanı, servis yapıları
- Altyapı (temiz su, atık su kolektörleri, arıtma tesisleri, elektrik ve iletişim hatları)
- Uydu yerleşke yapılaşmaları
- Organize sanayi ve ticaret bölgeleri
- Yönetim ve kamu hizmet binaları
- Konutlar
- Eğitim ve öğretim binaları
- Sağlık binaları (hastaneler, kür ve rehabilitasyon merkezleri)
- Turizm ve konaklama yapıları
- İnanç ve kültür-sanat yapıları (cami, kongre-konser binaları, anıtsal yapılar)
- Spor tesisleri (stadyum, kapalı spor salonu, yüzme havuzları, tenis kortları, yarış pistleri, jimnastik-koşu parkurları)
- Çevre koruma ve düzenleme (parklar, korular, seyir yerleri, piknik alanları)

1.3 Dünyada Agregası

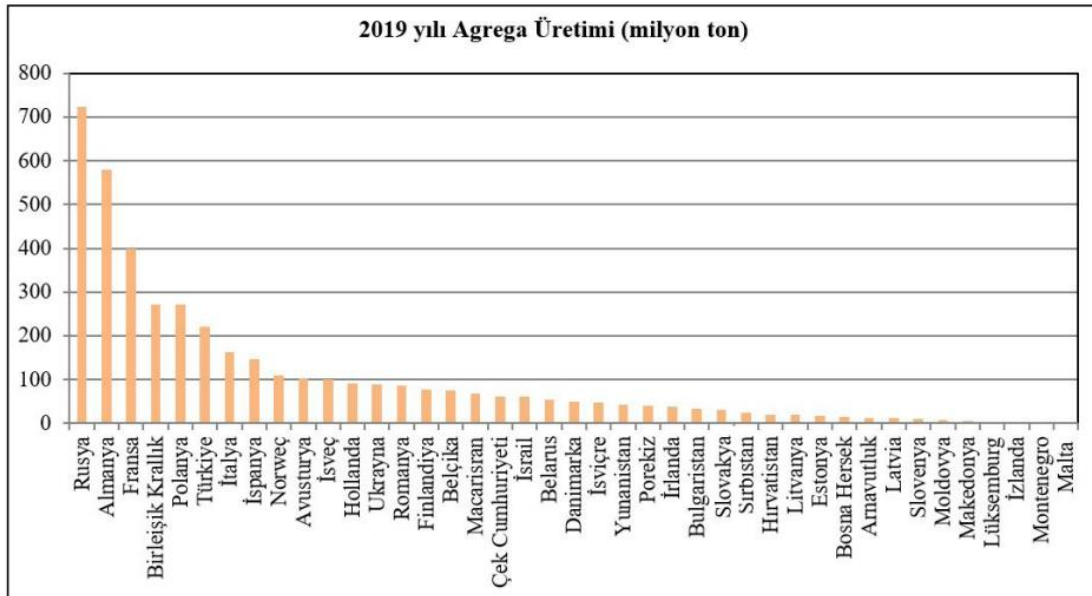
Küresel ölçekte agrega, inşaat malzemeleri endüstrisinde en yüksek tüketim hacmine sahip mineral grubudur. 2020 yılı itibarıyla dünya genelinde yıllık agrega üretimi yaklaşık 40 milyar tona ulaşmıştır ve bu miktarın %75'ten fazlası beton ve asfalt üretiminde kullanılmaktadır (World Aggregates Market, 2020).

Dünyada agregaların çoğu, agrega ocakları ile kum ve çakıl yataklarında üretilmektedir. Kalan %10'luk kısım endüstriyel atıkların geri dönüşümünden, cüruf ve küller ile yıkım atıklarından (%8), geri kalanlar ise denizlerden ve endüstriyel olarak üretilen agregalardan (%4) oluşmaktadır (UEPG).

Küresel pazarda inşaat hammaddelerinin %80'nini agregalar oluşturmaktadır. Küresel yıllık agrega tüketimi 2022 yılında yaklaşık 40,5 milyar ton'dan fazladır. Kişi başı yıllık ortalama 5-6 ton agrega tüketilmektedir (Çin, Hindistan, Kanada vb. bazı ülkeler hariç). Agregada endüstrisi, dünyada enerji açığa çıkarmayan endüstriler içinde üretim miktarı, saha ve çalışan sayısına göre en büyük endüstridir. Dünyadaki agrega sahası sayısı 300 binden fazla olup, çalışan sayısı ise 2 milyonun üzerindedir (Küresel Agregada Endüstrisi ve Türkiye, Madencilik Türkiye Dergisi 15.10.2023 Atiye TUĞRUL).

Avrupa ülkeleri 2019 yılı agrega üretimi yaklaşık 4,20 milyar ton'dur (Şekil 3). 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 270 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)

MTA Yer. Mad. (2023) 3: 25-41



Şekil.1.3 2019 yılı Avrupa ülkeleri agrega üretimi (birincil ve ikincil agrega).

1.4 Türkiye’de Agregata

Türkiye Madencilik Sektörü Gelişim Raporu (2020)'ye göre; Türkiye'deki madencilik üretiminin %67'si çimento ve inşaat hammaddelerinden oluşmaktadır. Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) verilerine göre son 5 yılda (2018-2023) çimento ve inşaat hammaddeleri üretimine bakıldığında 6.575.660.640 Ton olarak üretilmiştir. Yine MAPEG verilerine bakıldığında yıllara göre işletme döneminde olan II.grup maden sahalarının 2024 yılı için 4460 adet işletme ruhsatlı saha olduğu görülmüştür. Detayları aşağıdaki tabloda görüleceği üzere ülkemizde ruhsatlandırılan alan sayısı her geçen gün artmaktadır. Bu veriler ışığında agregaya olan ihtiyacın doğru orantılı olarak arttığı söylenebilir.

Türkiye’de son yıllarda kentsel dönüşüm, artan nüfus, sığınmacıların sayısı ve benzeri sebeplerden ötürü inşaat sektöründeki artış ulaşımında ihtiyaç duyulan otoyollar hızlı tren projeleri, temiz su kaynağına ulaşımında yaşanan sıkıntılardan ötürü barajlara duyulan ihtiyaçların ruhsat sayılarındaki artışta doğrudan etkisi olduğu söylenebilir. Yakın gelecekte agregaya olan talep ve ruhsatlı sahalarına duyulan ihtiyacın artacağı düşünülmektedir.

Türkiye, jeolojik özellikleri nedeniyle agregata kaynak potansiyeli açısından zengin bir ülkedir. Bu nedenle yaklaşık on yıl öncesine kadar inşaat-yıkıntı veya taş ocağı atıkları ile ikincil ve mamul agregata üretimine ihtiyaç duyulmamıştır. Öte yandan, birçok araştırmaya rağmen, inşaat yıkıntı atıklarının üretimi ve kullanımı ile ilgili mevzuat eksiklikleri bulunmaktadır. Bugün, özellikle büyükşehirlerde veya bu bölgelere yakın yerlerde üretim yapan Türk agregata sektörü, sadece beklenen kalitede hammadde sıkıntısı ile değil, aynı zamanda izin ve uzun vadeli planlama sıkıntısı ile de karşı karşıyadır. İşletmeler, tüm bürokratik gerekliliklerini yönetmek için her zamankinden daha fazla zorlukla karşılaşmaktadır. İzin süreçleri çok karmaşık olmakla birlikte, uzun sürmektedir. Bu nedenle mevcut kaynaklara sınırlı erişim her geçen gün daha da zorlaşmaktadır (Küresel Agregata Endüstrisi ve Türkiye, Madencilik Türkiye Dergisi 15.10.2023).

Özellikle 6 Şubat 2023 tarihinde yaşadığımız ve 11 ili etkileyen deprem sonrası da kentlerin yeniden inşası çalışmalarında (Yeni konutların yapıların yeni yolların açımı alt yapı projeleri) agreganın ne kadar kritik bir öneme sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Siyasi politikalar işleyişteki zorluklar, izin süreçlerinde yaşanan yoğun prosedürlerin olması madenciliği zorlaştırdığı gibi bu tarz afetler sonrasında hızlı müdahale şansını da azaltmaktadır. Agregata üretiminde yaşanan zorluklar daha sonraki başlıklarda detaylı olarak sunulacaktır. Aşağıda Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğünden elde edilen istatistiksel veriler gösterilmiştir;

Maden Adı	2023	2022	2021	2020	2019	2018
Kalker	491.323.687,06	454.462.331,86	453.916.779,11	384.649.122,17	342.111.703,00	557.028.858,61
Kumtaşı	17.166.212,72	16.610.536,48	15.590.523,98	13.584.393,97	14.770.103,00	33.613.027,15
Dolomit	16.386.834,86	13.467.165,13	16.627.978,15	13.473.782,49	13.593.324,00	26.197.906,77
Marn	12.166.374,85	14.475.394,30	15.849.463,87	13.368.365,36	11.879.258,00	13.914.610,27
Pirofillit	220.356,66	0,00	187.231,54	129.290,63	88.335,00	266.111,35
Tras	1.828.022,83	1.610.107,63	405.226,24	1.309.796,67	1.377.789,00	1.705.267,76
Şist	523.218,85	494.722,00	455.547,40	523.705,35	521.360,00	682.812,80
Diğer Çimento Ham maddeleri	2.730.884,91	2.135.217,17	3.254.718,03	3.886.299,80	2.265.229,00	2.964.427,29
Bazalt (mıçır)	18.019.996,32	19.293.889,84	25.332.056,00	22.532.826,01	17.040.720,00	24.944.744,60
Andezit (mıçır)	1.990.543,31	2.036.493,42	1.758.798,61	1.866.293,36	1.572.261,00	3.117.668,86
Breş + Gnays + Konglomera vb. Amfibolit Diğer İnşaat Dolgu Maddeleri	3.621.921,69	2.770.105,41	3.382.707,97	3.647.829,02	1.234.124,00	1.479.195,05
Tuğla Kiremit Kili	5.867.596,99	6.087.379,51	6.622.871,59	5.684.305,52	5.049.640,00	9.124.370,08
Diğer Killer	16.307.130,31	13.112.604,28	17.113.681,23	14.990.664,15	11.250.156,00	15.184.330,42

Şekil.1.4 2023-2018 arası Çimento ve İnşaat Hammaddeleri Üretimi (MAPEG) (Ton)

Ruhsat Aşaması	I(b) Grup	II(a) Grup	II(b) Grup	II(c) Grup	III. Grup	IV. Grup	V. Grup	Toplam
İşletme (Haziran 2024)	562	2811	3145	82	66	3493	9	10168
Arama (Haziran 2024)	0	17	1215	0	2	3700	2	4936
Genel Toplam (Haziran 2024)	562	2828	4360	82	68	7193	11	15104
İşletme izinli Ruhsat Sayısı (Haziran 2024)	482	2274	2115	71	60	2688	7	7697
2023'de Faaliyette Olanlar	313	1208	1562	27	57	1149	1	4317
2022'de Faaliyette Olanlar	283	1036	1515	27	53	1188	1	4103
2021'de Faaliyette Olanlar	297	1433	1113	31	47	1111	1	4033
2020'da Faaliyette Olanlar	278	1438	1084	30	50	1178	2	4060
2019'da Faaliyette Olanlar	282	1431	1187	34	52	1283	2	4271
2018'da Faaliyette Olanlar	332	1575	1249	3"5	48	1339	1	4579

Şekil 1.5. (Maden Grubuna Göre Türkiye Geneli Ruhsat Sayıları MAPEG)

Türkiye’de agregayı en yoğun kullanan kurumlar arasında belediyeler, Karayolları Genel Müdürlüğü, Devlet Su İşleri (DSİ) ve benzeri kamu kurumları yer almaktadır. Bu kurumların agrega üretebilmesi için ilgili mevzuat kapsamında Hammadde Üretim İzin Belgesi almaları zorunludur. Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) tarafından Haziran 2024 itibarıyla kurumlara verilen Hammadde Üretim Belgesi sayılarına ilişkin bilgiler Şekil 1.6’da sunulmuştur.

2024 yılı itibarıyla İstanbul’da 281 adet işletme iznine sahip ruhsat bulunmaktadır. Bu ruhsatların 162’si 1A grubu, 2’si 1B grubu, 52’si 2A grubu, 1’i 2C grubu, 50’si 4. grup ve 14’ü jeotermal kaynaklar ve mineralli sular grubu kapsamındadır.

İstanbul’da arama iznine sahip ruhsat sayısı 66 olup, bu ruhsatların tamamı jeotermal kaynaklar ve mineralli sular grubundadır. Detay arama iznine sahip ruhsat sayısı ise 14 olup, bu ruhsatların tamamı 4. grup kapsamında yer almaktadır.

Faaliyeti durdurulan maden ruhsatları incelendiğinde; 1B grubunda 4, 2A grubunda 36, 2B grubunda 1, 4. grupta 33 ve jeotermal kaynaklar ve mineralli sular grubunda 1 ruhsatın faaliyetinin durdurulduğu görülmektedir.

Grup (Adet)	Belediye	Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı	D.S.İ.	Eti Maden İşletmeleri G.M.	İl Özel İdare	K.G.M.	Köy Hiz. G.M	T.C.D.D .	Diğer	Toplam
I-B Grubu	10	-	1343	2	7	4	-	-	2	1368
II-A Grup	418	127	1725	3	75	1263	1	38	58	3708
II-B Grup	16	-	1	-	-	-	-	-	-	17
IV. Grup	1	-	4	-	1	3	-	-	-	9
Genel Toplam	445	127	3073	5	83	1270	1	38	60	5102

Şekil 1.6. Türkiye Hammadde Üretim İzinleri (MAPEG) Haziran 2024

1.5 Ankara–İstanbul–İzmir Özelinde Agregası

Türkiye'nin en büyük illeri olan Ankara, İstanbul ve İzmir, nüfus yoğunluğu, sanayileşme ve kentleşme bakımından ülkenin en önde gelen merkezleri arasında yer almaktadır. Türkiye'nin deprem kuşağında bulunması, yakın geçmişte yaşanan büyük depremler ve gelecekte beklenen olası depremler, kentsel dönüşüm ve yeniden inşası süreçlerini kaçınılmaz hale getirmektedir. Özellikle beklenen büyük İstanbul depremi, bu kentlerin yapı stokunun yenilenmesini ve altyapıların güçlendirilmesini gündemin ön sıralarına taşımaktadır.

2023 yılı 6 Şubat depremleri sonrasında, agreganın yapı güvenliği açısından taşıdığı kritik önem bir kez daha ortaya çıkmıştır. Dayanıklı ve depreme dirençli konutların inşasında agrega, vazgeçilmez bir yapı malzemesi olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, yalnızca agreganın varlığı değil; üretilen agreganın kalitesi, üretimin gerçekleştirildiği sahaların teknik yeterliliği ve işletme süreçlerinin mevzuata uygunluğu da olası risklerin azaltılması açısından büyük önem taşımaktadır.

6 Şubat depremlerinin ardından yıkılan kentlerin yeniden inşası sürecinde, agrega ihtiyacının sürekliliği yeniden belirginleşmiştir. Yeni konutların hızlı bir şekilde inşa edilebilmesi için mevcut üretim sahalarının yeterli kapasitede olması veya kısa sürede üretime geçebilecek yeni sahaların devreye alınabilmesi hayati önem taşımaktadır. Ancak depremden etkilenen illerde ve İstanbul ile İzmir gibi ormanlık alanların yoğun olduğu bölgelerde, resmi prosedürler izlenmesine rağmen sahalara yönelik izin süreçlerinin giderek zorlaştığı görülmektedir.

Depremler, mevcut eksiklikleri ve gelecekte yaşanması muhtemel sorunları daha görünür hale getirmiştir. Nitekim 2024 yılı itibarıyla İstanbul'da II. A grubu başvuruların kısıtlandığı bilinmektedir (23.09.2021 tarih ve 75 sayılı Bakan Oluru, 26.09.2022 tarih ve 82 sayılı Bakan Oluru). Bu durum, İstanbul ve çevresinde meydana gelebilecek olası bir deprem sonrası bozulan yolların onarımı, yeni yol açımı ve yeniden inşa sürecinde ihtiyaç duyulacak agrega temininde ciddi sıkıntılar yaşanmasına neden olabilecek bir risk unsuru olarak değerlendirilmektedir.

2. AGREGA TEMEL ÖZELLİKLERİ VE SINIFLANDIRILMASI

Agrega, inşaat ve altyapı projelerinde yaygın olarak kullanılan temel bir malzemedir. Farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahip agregalar; dayanıklılık, mukavemet ve ekonomik verimlilik sağlamak amacıyla çeşitli projelerde tercih edilmektedir. Bu bölümde agregaların sınıflandırılması, temel özellikleri ve kullanım alanları ele alınacaktır.

Agrega, yol yapımında kullanılan ana malzemelerden biridir. Üstyapının ağırlıkça ve hacimce önemli bir kısmını oluşturan agrega, yola etkiyen yüklerin oluşturduğu gerilmelerin karşılanmasında kritik rol oynamaktadır. Bu nedenle agregaların özellikleri yol mühendisliği açısından büyük önem taşımakta; farklı agrega tiplerinin karakteristiklerinin bilinmesi yol projelendirme sürecinde gereklilik arz etmektedir (İsfalt, 2001).

2.1 Agregaların Tiplerine Göre Sınıflandırılması

Yol agregaları, oluşum ve üretim yöntemlerine göre doğal agregalar ve yapay (sanayi ürünü) agregalar olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır.

Doğal agregalar, doğal olarak oluşmuş kayalardan fiziksel yöntemlerle doğrudan elde edilir. Doğal agreganın hammaddesi kayalardır ve farklı tipte kayalar agrega üretiminde kullanılabilir. Kayalar, çeşitli minerallerin bir araya gelmesiyle oluşur. Mineral; doğada inorganik ve katı halde bulunan, belirli bir kristal yapıya sahip element veya bileşikler olarak tanımlanır. Mineraller, kayaların yapı taşı oluşturur ve kayanın özellikleri üzerinde belirleyicidir. Bir kayanın tanımlanabilmesi için, içerdiği minerallerin türü ve bu minerallerin diziliş biçimi (doku) bilinmelidir. Kayaların özellikleri; mineral bileşimi, mineraller arası bağlanma türü, doku, dolgu yapısı, kristal yapı, dayanım ve kimyasal içerik gibi birçok parametreye bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

Yapay agregalar ise “sanayi ürünü agregalar” olarak da adlandırılmaktadır. Bu agregalar, belirli işlemlerden geçirilerek beton ve yol yapımında kullanılabilir hale getirilmektedir. Yüksek fırın cürufu, uçucu kül veya yüksek fırın cüruf kumu gibi sanayi ürünleri; kırılmış veya kırılmamış, yoğun yapıda agrega formunda kullanılabilir. Yapay agregalar yapısal, fiziksel ve şekilsel açıdan farklılıklar gösterebilmekte olup, genellikle özel amaçlara yönelik üretildiklerinden kullanım alanları sınırlıdır (Uzun ve Perçin, 1999).

2.2 Jeolojik Özelliklerine Göre Sınıflandırılması

Agregalar jeolojik kökenlerine göre magmatik, tortul (sedimanter) ve metamorfik olmak üzere üç ana grupta sınıflandırılmaktadır.

Magmatik kayalar, yeryüzünün derinliklerinden yüzeye çıkan magmanın soğuyup kristalleşmesi sonucu oluşur. Bu kayaların bünyesinde silikatlar, oksitler, sülfürler ve uçucu bileşenler gibi çeşitli mineraller bulunur. Magmanın yer kabuğu içinde farklı derinliklerde yerleşmesi ve soğuma hızına bağlı olarak magmatik kayalar üç alt grupta incelenmektedir:

- Plütonik (derinlik) kayalar: Magmanın derinlerde yerleşerek yavaş soğuması ile oluşur.
- Volkanik (yüzey) kayalar: Magmanın yüzeye ulaşım hızla soğuması ile meydana gelir.
- Damar (yarı derinlik) kayalar: Magmanın iki ortam arasında yerleşerek katılaşması ile oluşur.

Magmatik kayaların kökeni, bileşimi ve oluşum süreçleri magmatik petrografi/petroloji bilim dalları tarafından incelenmektedir.

Tortul (sedimanter) kayalar, farklı kayaların parçalanması ve aşınması sonucunda ortaya çıkan malzemelerin rüzgâr ve su gibi etkenlerle taşınarak göl veya deniz gibi sedimantasyon havzalarında birikmesi ve zamanla katılaşması sonucu oluşur. Oluşum şekillerine göre tortul kayalar;

- Klastik tortul kayalar,
- Kimyasal tortul kayalar,
- Organik tortul kayalar olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır.

Metamorfik kayalar ise magmatik veya tortul kayaların; yüksek sıcaklık, yüksek basınç, su buharı ve çeşitli gazların etkisi altında ya da mekanik yer değiştirme süreçleriyle farklı bir yapı, doku ve mineralojik bileşim kazanması sonucu oluşmaktadır.

Yol yapımında kullanılan doğal kayalarla ilgili olarak, petrografik sınıflandırmaya bağlı şekilde çok sayıda kayaç adı kullanılmaktadır. Ancak yol mühendisleri açısından bu isimlerin tamamının bilinmesi zorunlu değildir. Çünkü birçok kayaç, agrega olarak kullanıldığında benzer performans gösterebilmektedir. Kayaç bilimi kapsamında tanımlanan yüzlerce kaya türü, yol yapımı açısından benzer özelliklerine göre (bileşim, tane büyüklüğü, doku vb.) 10 ana grupta sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmaya ait başlıca özellikler Çizelge 2.1’te verilmiştir (İsfalt, 2001).

Çizelge 2.1.Yol agrega grupları İsfalt (2001)

BAZALT GRUBU			KUMTAŞI GRUBU		
Andezit	Mag	Nöt F	Aglomera	To	
Bazalt	Mag	Baz F	Arkoz	To	Si
Bazalt Porfirit	Mag	Nöt M	Bres	To	
Diyabaz	Mag	Baz M	Konglomera	To	
Dolerit	Mag	Baz M	Grovak	To	Si
Epidiyorit	To	B	İnce Çakıl	To	Si
Hornblendsist	To	B	Kumtaşı	To	Si
Lamprofir	Mag	Baz	Tüf	To	
Kuvars-dolerit	Mag	Baz	HORNFELS GRUBU		
			Mermer hariç bütün basınç sonucu		
Silipit	Mag	Baz		Met	Ter
Teserit	Mag	Baz	değişmiş kayalar		
Teralit	Mag	Baz	KİREÇTAŞI GRUBU		
ÇAKMAKTAŞI GRUBU			Dolomit	To	Kal
Silistaşı	To	Si	Kireçtaşı	To	Kal
Çakmaktaşı	To	Si	Mermer	Met	Ter
GABRO GRUBU			PORFİR GRUBU		
Diyorit	Mag	Or C	Aplit	Mag	
Grayn	Met	B	Dasit	Mag	As F
Gabro	Mag	Baz	Felsit	Mag	As M
Norit	Mag	Baz C	Granofir	Mag	As M
Peridorit	Mag	U	Keratofir	Mag	Or F
Pikrit	Mag	Ü	Mikrogranit	Mag	As M
Serpantin			Porfir	Mag	Or M
GRANİT GRUBU			Kuvars-porfirit	Mag	Or M
Gnays	Met		Riyolit	Mag	As F
Granit	Mag	As C	Trakit	Mag	Or F
Granodiyorit	Mag	As C	KUVARŞİT GRUBU		
Granülir	Met	B	Garisten		
Pegmatit			Kuvarsit kumtaşı	To	Si
Kuvars-diyorit	Mag	Or C	Yeniden kristallenmiş kuvarsit	Met	Ter
Siyerit	Mag	Or C	ŞİST GRUBU		
			Filit	Met	B
			Şist	Met	B
			Kaynak ardovaz	Met	B
Mag = Magmatik		Baz=Bazik	M=orta dokulu		
To=Tortul		U=Ultamafik	F=ince dokulu		
Met=Metamorfik		Kal=Kalkerli	Ter=Termik		
As= Asit		Si=Silisli	B=Bölgesel		
Or=Orta		C=iri dokulu			

2.3. Boyutsal sınıflamalar

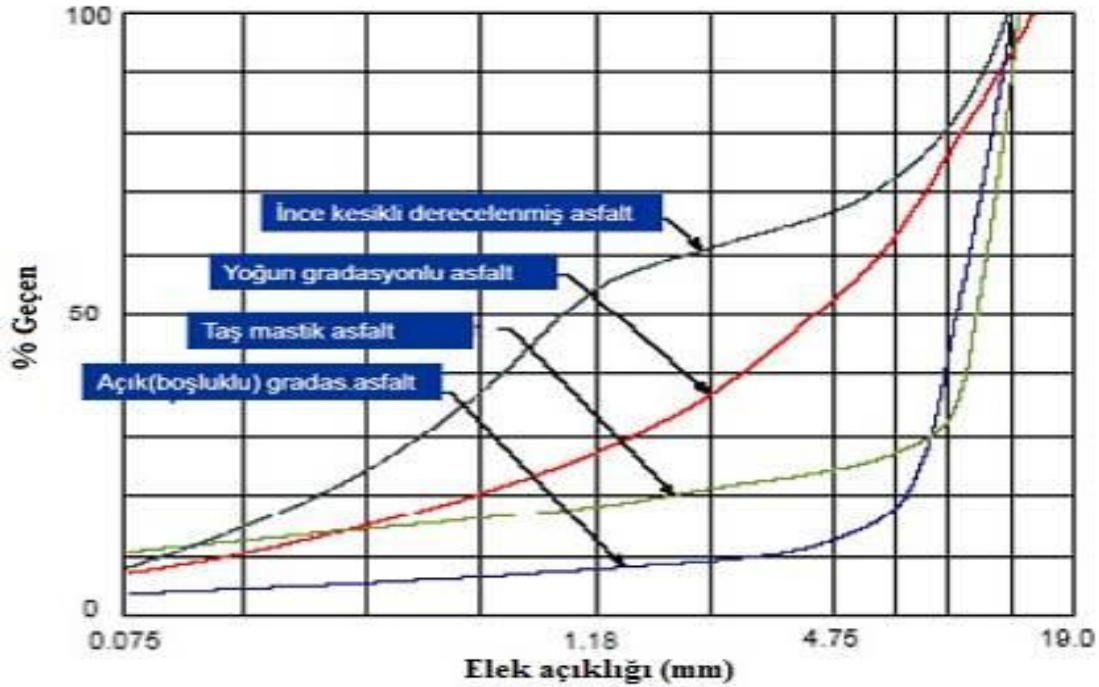
Agregalar, boyutsal özelliklerine göre üç grupta sınıflandırılır:

- Kaba agrega: Agrega karışımının No.4 (4,75 mm) eleği üzerinde kalan kısmıdır.
- İnce agrega: Agrega karışımının No.4–No.200 (4,75–0,075 mm) elekleri arasında kalan kısmıdır.
- Mineral filler: Agreganın en az %65'inin No.200 (0,075 mm) eleğinden geçtiği malzemeye mineral filler denir (Karayolları Teknik Şartnamesi, 2013).

2.4. Gradasyon sınıflamalar

Farklı boyutlardaki agrega tanelerinin oluşturduğu gradasyon, bitümlü sıcak karışımların performansını doğrudan etkilemektedir. Bitümlü sıcak karışımların gradasyonları, Şekil 2.2'de görüldüğü üzere farklılık gösterebilmektedir. Yoğun gradasyonlu bitümlü sıcak karışımlarda, mineral agregalar arasında yeterli boşluk oluşturacak uygun bir gradasyonun sağlanması; yapım aşamasında meydana gelebilecek ayrışmaya karşı direnci artırmakta, ayrıca ince bitümlü sıcak karışımlarda trafik yükleri altında oluşabilecek yorulma çatlaklarına karşı dayanımı geliştirmektedir.

Açık gradasyonlu karışımlarda ise kaba agregaların kendi aralarında temasını sağlayacak bir gradasyonun oluşturulması hedeflenmektedir. Bu kapsamda maksimum agrega tane boyutu, gradasyon açısından önemli bir parametredir. Maksimum tane boyutu daha büyük olan karışımların, tane boyutu daha küçük olan karışımlara kıyasla kalıcı deformasyonlara karşı daha yüksek direnç gösterdiği belirtilmektedir (Kandhal ve Parker, 1998).

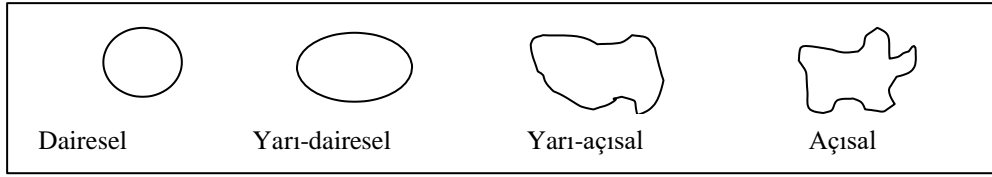


Şekil 2.2. Agrega gradasyonu dağılımı

2.5. Biçimsel sınıflamalar

Agrega taneleri, şekil özelliklerine göre iki boyutlu ve üç boyutlu olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Yol üstyapılarında kullanılan agregalar, karışımların birçok özelliğini doğrudan etkilemektedir. Agregataneleri iki boyutlu şekil özellikleri bakımından; yarı açısallı (yarı köşeli), açısallı (köşeli), yarı dairesel ve dairesel olarak sınıflandırılmaktadır (Tunç, 2007).

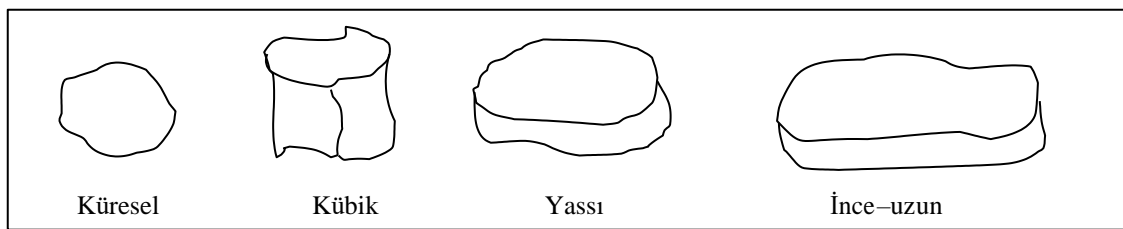
Agregaların iki boyutlu tane biçimi sınıflandırması, Şekil 2.3'te karşılaştırmalı olarak gösterilmiştir.



Şekil 2.3. Agregaların 2 boyutlu tane biçim sınıflandırması

Dairesel biçimli agregaların işlenebilirlik özellikleri, köşeli agregalara göre daha yüksektir. Buna karşılık, köşeli agregalar basınç ve yük etkilerine karşı gösterdikleri direnç bakımından dairesel biçimli agregalara kıyasla daha üstündür. Bu nedenle, yuvarlak biçimli agregalar yüksek işlenebilirlik ve kolay sıkışabilme özellikleri sayesinde genellikle beton yapımında tercih edilirken; köşeli agregalar sıkıştırma sonrasında daha yüksek stabilite sağladığından yol yapımında ve bitümlü sıcak karışım (BSK) malzemesi olarak daha yaygın kullanılmaktadır.

Agregalar, üç boyutlu dane biçimi sınıflandırmasına göre yassı, küresel, kübik ve ince-uzun olarak adlandırılmaktadır. Ancak yassı ve ince-uzun özellikli agregalar, karışımların işlenebilirlik ve stabilite özelliklerini olumsuz etkilediğinden beton ve yol yapımında malzeme olarak tercih edilmemektedir (Tunç, 2007). Şekil 2.4'de agregaların üç boyutlu dane biçimi sınıflandırması gösterilmiştir.



Şekil 2.4. Agregaların 3 boyutlu dane biçim sınıflandırması

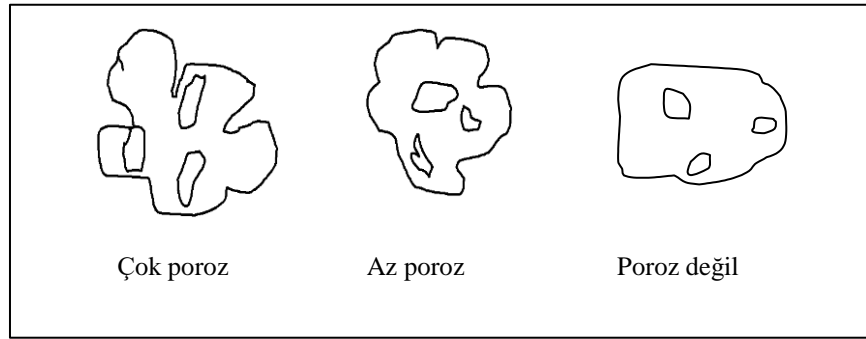
2.6. Yüzey yapısı sınıflamaları

Agrega taneleri, yüzey yapılarına göre pürüzlülük ve cilalılık özellikleri bakımından sınıflandırılmaktadır. Yüzey pürüzlülüğü yüksek olan agregalarla üretilen karışımlarda içsel sürtünme açısı daha yüksek olmakta, karışımın rijitliği artmakta, buna karşılık sıkışabilirlik ve işlenebilirlik azalmaktadır. Ancak tane dağılım eğrilerinin yasak bölgenin üst kısmında kaldığı gradasyonlarda, 4,75 mm üzerindeki agreganın kırmataş veya dere agregası olması, işlenebilirlik üzerinde belirgin bir etki oluşturmamıştır (Gudimettla ve ark., 2003).

2.7. Porozite sınıflamaları

Porozite, agrega danelerinin sahip olduğu toplam boşluk hacminin, dane hacmine oranı olup absorpsiyon oranını doğrudan etkilemektedir. Sıcak asfalt karışımlarda agrega tanelerinin su emmeye açık boşluk miktarının %0,5–1,5 aralığında olması istenmektedir. Agregatanelerinin standartlara uygun poroziteye sahip olması, bitüm emilimini artırarak agrega ile bağlayıcı arasındaki adezyonun gelişmesine ve su etkisiyle oluşabilecek soyulmaya karşı direncin artmasına katkı sağlamaktadır.

Buna karşın, aşırı poroz yapıya sahip agregalarda özgül ağırlığın düşük olması ve boşluk oranının yüksek olması nedeniyle daha fazla bitüm kullanımına ihtiyaç duyulmakta; bu durum ise sıcak havalarda terleme ve kasma problemlerine yol açabilmektedir (Karakaş, 2014). Agregaların porozluklarına göre sınıflandırılması Şekil 2.5'te verilmiştir.



Şekil 2.5. Poroz sınıflandırması Karakaş (2014)

2.8. Özgül ağırlık sınıflamaları

Agregalar, özgül ağırlık bakımından doygun yüzey kuru özgül ağırlık (yaş hacim), hacim özgül ağırlık ve zahiri (görünür) özgül ağırlık olmak üzere üç farklı şekilde tanımlanmaktadır. Agregaların özgül ağırlıkları laboratuvar deneyleri ile belirlenmekte ve karışım hesaplamalarında bu değişkenlerden yararlanılmaktadır.

3. ÜRETİM YÖNTEMLERİ

Agrega üretimi, hammadde kaynağının yapısına ve kullanım amacına bağlı olarak farklı yöntemlerle gerçekleştirilmektedir. Türkiye, zengin doğal kaynakları ve taş ocakları sayesinde agrega üretiminde geniş bir kapasiteye sahiptir. Agregatürütümü; birbirine bağlı birçok prosesi içeren ve birden fazla aşamadan oluşan bir süreçtir.

Agrega, kaynağına bağlı olarak farklı yöntemlerle üretilebilmekle birlikte, en yaygın yöntem metamorfik kayaların açık ocak işletmeciliği ile üretilmesidir.

3.1. Taş ocaklarından üretim

Taş ocaklarından agrega üretimi; doğal kayaların çıkarılması, kırılması, boyutlandırılması ve eleme işlemlerini kapsayan karmaşık bir süreci içermektedir. Taş ocakları, genellikle granit,

bazalt, kalker ve dolomit gibi dayanıklı kayalardan agrega üretimi amacıyla tercih edilmektedir.

Kaliteli agrega üretiminin ilk aşaması, üretim yapılması planlanan sahadaki nebati toprağın yüzeyden sıyırılması ile başlamaktadır. Önceden belirlenen ocak geometrisine uygun olarak gerçekleştirilen patlatma işlemi ile büyük kaya kütleleri parçalanmaktadır. Kullanılacak patlayıcı miktarı, ocak işletme projesinde belirtilen üretim miktarına göre belirlenmekte olup, sahanın jeolojik yapısı da patlatma verimini doğrudan etkileyen faktörler arasında yer almaktadır.

Patlatma veya iş makineleri ile çıkarılan büyük kaya parçaları, kırma makineleri yardımıyla daha küçük boyutlara indirgenmektedir. Türkiye’de yaygın olarak kullanılan kırma makineleri çeneli kırıcılar ve konik kırıcılar olup, bu makinelerle genellikle 30–60 mm boyutlarında agrega elde edilmektedir (Maden Mühendisliği Derneği Raporu, 2020).

Kırılan malzeme, tane büyüklüğüne göre elekler aracılığıyla sınıflandırılmakta; eleme işlemi sonucunda iri ve ince agregalar ayrılarak beton üretimi veya yol yapım projelerinde kullanılmak üzere depolanmaktadır.

İstanbul’daki Cebeci Agrega Havzası, yıllık 25–30 milyon ton üretim kapasitesi ile Türkiye’nin en büyük taş ocağı üretim sahalarından biri olup, Avrupa Yakası’nın agrega ihtiyacının yaklaşık %50’sini karşılamaktadır. Ayrıca bölgedeki rezervlerin yaklaşık 50 yıllık üretim kapasitesine sahip olduğu öngörülmektedir (Hazır Beton Sektöründe Agrega Temini: İstanbul Örneği, Yengin).

3.2 Kum Ocaklarından Üretim

Kum ocakları, nehir yatakları, dere kenarları gibi doğal jeolojik oluşumlar içerisinde su ve rüzgâr kuvvetleriyle sürüklenen kaya parçalarının tamburlaşması sonucu oluşur. Türkiye’de birçok bölgede kum ocakları işletmeciliği yapılmaktadır. Özellikle sıva kumu, kırsal bölgelerde yol dolgusu, beton agregası olarak kum ocaklarından üretilen agregalar kullanılmaktadır.

Nehir ve dere yatakları gibi alanlarda, kazıcı yükleyici iş makineleri yardımıyla çıkartılan agregalar kullanım alanlarına göre yıkama, eleme ve kırma gibi işlemlere tabi tutulur. Taş ocaklarındaki üretime nazaran işletmeye geçirilme süresi daha kısa sürmektedir. Bunun yanında, arama ruhsatı verilmeksizin direk olarak işletme ruhsatı verilmektedir. Büyükşehir Belediyesi olan yerlerde Valilik Yatırım İzleme ve Koordinasyon Başkanlığı, diğer illerde İl Özel İdareleri tarafından Bakanlığın uygun görüşü alınarak ruhsatlandırılır.

Türkiye’de toplam agrega üretiminin büyük bir kısmı sert kaya ocaklarından elde edilmektedir. Agrega Üreticileri Birliği (AGÜB) verilerine göre, toplam üretimin 270 milyon tonu kırmataş, kum ve çakıl olarak kullanılmaktadır. Bu üretimin yaklaşık 250 milyon tonu sert kaya ocaklarından, 19,9 milyon tonu kum ve çakıl yataklarından, 0,1 milyon tonu ise deniz agregalarından sağlanmaktadır. (Madencilik Türkiye 2023)

Bu verilere göre, kum ve çakıl yataklarından elde edilen üretim, toplam agrega üretiminin yaklaşık %7,4’ünü oluşturmaktadır.

3.3 Geri Dönüşüm Yolu ile Agregada Üretimi

Geri dönüşüm agregaları, yıkılmış beton, asfalt ve diğer yapı malzemelerinin tekrar işlenmesi ile elde edilir. Geri dönüşüm agregası üretimi, doğal kaynakların korunması ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir katkı sağlar. Geri dönüşüm yöntemi, özellikle inşaat atıklarının büyük hacimlere ulaştığı büyük şehirlerde yaygın olarak tercih edilmektedir. İstanbul ve Ankara gibi metropollerde, yıkım projelerinden elde edilen atıklar geri dönüştürülerek agrega olarak kullanılmaktadır. Bu işlemler için üretilen paletli mobil konkasörler bulunmaktadır.

Geri dönüşüm yoluyla agrega üretimine en güzel örneklerden biri, geçtiğimiz yıllarda yaşanan Kahramanmaraş depremi sonrası Ankara Büyükşehir Belediyesi ekiplerince gerçekleştirilmiştir. Deprem bölgelerinden Malatya İline gönderilen darbeli mobil konkasör ile inşaat atıklarının kırılması ve elde edilen agregalar, yağışlar ve deprem etkisiyle bozulan yolların ve çadır kentlerin etrafındaki alan düzeltmelerinde kullanılmıştır.

Geri dönüşüm agregaları, genellikle yol yapımında ve dolgu projelerinde tercih edilmektedir. Geri dönüşüm agregalarının toplam üretim maliyeti, doğal kaynaklardan elde edilen agregalara kıyasla %20-30 daha düşük olabilmektedir (Türkiye Madenciler Derneği Raporu, 2020).

4. AGREGA ÜRETİMİNDE YAŞANAN SORUNLAR VE İYİ UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Madenler yenilenebilir kaynaklar değildir. Oluşumu milyonlarca yıl süren bu kaynakların bilinçsizce tüketilmesi ya da insanların kullanımına sunulmaması, kaynak kaybına yol açacağı gibi hem ilgili şehrin hem de ülkenin ekonomisine ciddi zararlar verecektir.

Agregalar, birçok farklı sektörün ihtiyaç duyduğu temel bir yapı hammaddesi olması nedeniyle en çok talep gören doğal kaynaklarımız arasında yer almaktadır. Bu nedenle agrega sektöründe hem özel sektörün hem de kamu kurumlarının önemli bir payı bulunmaktadır. Belediyeler, İl Özel İdareleri, Karayolları ve Demiryolları gibi birçok kurumun en önemli iş kalemlerinden birini oluşturan agrega ocakçılığı; diğer doğal kaynakların işletilmesinde olduğu gibi çeşitli sorunlarla karşı karşıyadır.

Özellikle büyükşehirlerde imar planları hazırlanırken agrega kaynaklarının dikkate alınmaması nedeniyle birçok taş ocağı zamanla yerleşim alanları içerisinde kalmıştır. Yerleşim alanı dışında bulunan sahalarda dahi alınması gereken izin süreçlerinde önemli problemler yaşanırken, şehir merkezlerinde bu izinlerin alınması neredeyse imkânsız hale gelmiş ve bu durum ciddi kaynak kayıplarına neden olmuştur.

Agrega üretim maliyetleri incelendiğinde, maliyeti artıran en önemli kalemlerden birinin nakliye olduğu görülmektedir. Bu nedenle çalışma alanına en yakın bölgelerden agrega temin edilmesi gerekmektedir. Ayrıca özellikle belediyelerde, hangi bölgede ne tür bir yatırım yapılacağından önceden kestirilememesi ve bazı projelerin ani kararlarla başlatılması; ihtiyaç duyulan agreganın nereden karşılanacağından planlanmaması durumunda, proje alanında veya yakınında yeni bir agrega sahası açılmasını gündeme getirmektedir. Ancak yasal prosedürlerin

ve karmaşık izin süreçlerinin varlığı, projelerin zamanında tamamlanamamasına hatta iptal edilmesine kadar uzanan sorunlara yol açabilmektedir.

Ankara'daki agrega üretimi büyük ölçüde doğal taş ve kum-çakıl kaynaklarına dayanmaktadır. Ancak kaynakların sınırlılığı ve kontrolsüz tüketimi, uzun vadede tükenme riskini artırmaktadır (Turner ve ark., 2016). Özellikle şehir merkezine yakın bölgelerdeki taş ocaklarının yoğun kullanımı, bu alanlardaki rezervlerin hızla azalmasına neden olmuştur. Mevcut sahaların yetersiz kalması ve yeni üretim alanlarının şehir merkezine uzak bölgelerde bulunması ise önemli ekonomik zorlukları beraberinde getirmiştir.

Ankara'nın jeolojik yapısı, agrega malzemelerinde kalite açısından heterojenliğe neden olmaktadır. Bu durum, beton üretiminde homojen bir ürün elde etmeyi zorlaştırmakta ve üretim maliyetlerini artırmaktadır (Duran ve Kaya, 2018). Kaynak kalitesindeki bu dalgalanmalar, ürünlerin standartlara uygunluğunu da etkileyerek sektörel verimliliği azaltmaktadır.

Kaliteli yapıların ve yolların inşasında en temel gereksinimlerin başında kaliteli agrega üretimi gelmektedir. 2019 yılında yapılan bir yüksek lisans çalışmasında "Ankara ilinde bitümlü sıcak karışım kaplamalı yollarda kullanılan agregaların uygunluklarının belirlenmesi ve çok kriterli karar verme yöntemleri ile sınıflandırılması" (Güneş, 2019) başlıklı araştırmada, Ankara bölgesindeki taş ocakları incelenmiş ve asfalt üretimine en uygun sahaların belirlenmesi amacıyla TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda Kutludüğün Bölgesi (Mamak) ve Polatlı Bölgesi taş ocaklarının uygunluk açısından üst sıralarda yer aldığı tespit edilmiştir.

Buna karşın, Mamak Belediyesi'nin aldığı meclis kararı ile 10/09/2020 tarih ve 72 sayılı Bakan Oluru doğrultusunda Kutludüğün Bölgesi kısıtlı alan ilan edilmiş ve yeni sahaların açılmasına izin verilmemiştir. Bu durum, kaliteli taş ocaklarından üretimi sektöre uğratarak daha heterojen özellikteki bölgelerden agrega temin edilmesini zorunlu hale getirmiştir.

4.1. Çevresel Sorunlar

Agrega üretim tesisleri, çevresel etkileri nedeniyle sıkı düzenlemelere tabi tutulmaktadır. Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED) raporlarının hazırlanması ve onaylanması, bürokratik engeller nedeniyle zaman alıcı olabilmektedir (Aydın ve Kaya, 2018). Süreçlerin karmaşık ve uzun sürmesi, bazı üreticileri kayıt dışı faaliyetlere yönlendirebilmektedir.

Taş ocaklarının faaliyetleri; çevrede toprak erozyonu, yeraltı su kaynaklarının kirlenmesi ve biyolojik çeşitliliğin zarar görmesi gibi önemli çevresel sorunlara neden olmaktadır (Smith ve Jones, 2019). Mevcut önlemlerin bu etkileri azaltmada yetersiz kaldığı, ayrıca rehabilitasyon çalışmalarının çoğu zaman ihmal edildiği belirtilmektedir.

4.2. Yasal Düzenlemeler

Türkiye'de madencilik faaliyetleri, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'na bağlı Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) tarafından verilen ruhsat ve izinler kapsamında yürütülmektedir. Ancak bir maden işletmesinin faaliyete geçebilmesi için farklı bakanlıkların çeşitli birimlerinden alınması gereken çok sayıda izin bulunmaktadır. Bu durum, izin süreçlerinin uzamasına ve bürokratik engellere yol açarak yatırımcılar açısından önemli ölçüde

zaman ve maliyet kaybı oluşturmaktadır. Yapılan araştırmalar, izin süreçlerinin 3 ila 34 ay arasında değişebildiğini göstermektedir (Yıldız, 2022).

Yeni agrega tesislerinin kurulması veya mevcut tesislerde kapasite artırımını için gerekli izin süreçleri, karmaşık bürokratik işlemler nedeniyle uzun zaman alabilmektedir. Ayrıca yerel yönetimlerin farklı uygulama standartları benimsemesi, sektör paydaşları arasında eşişsizliklere neden olmaktadır (Duran ve Yılmaz, 2020).

Çevresel denetimlerde ve izin süreçlerinde yerel yönetimlerin tutarsız uygulamaları, sektöre duyulan güveni zedelemekte ve planlama süreçlerini daha da karmaşık hale getirmektedir. Bu durum özellikle küçük ölçekli işletmelerin kayıtlı üretim süreçlerine entegre olmasını zorlaştırmaktadır (Smith ve Jones, 2019).

4.3. İyi Uygulama rnekleri

Dünyanın birçok bölgesinde, yerleşim yerlerine yakın hatta kimi zaman Şehir sınırları içerisinde kalmış alanlarda dahi iyi madencilik uygulamalarına rastlamak mümkündür. Madencilik denildiğinde genellikle dağlık alanlarda, tepe ve yamaçlarda ya da kırsal bölgelerde yürütülen faaliyetler akla gelse de çevreyle uyumlu, iyi tasarlanmış ve her aşaması planlanmış bir madencilik prosedürü uygulanabilmektedir. Planlama aşamasından üretime ve sürecin sonlandırılmasına kadar titizlikle takip edilen bu yaklaşım, toplumun madencilik faaliyetlerine daha anlayışlı ve duyarlı yaklaşmasına katkı sağlamaktadır. Bu sayede halk protestolarının azalması, ayrıca diğer meslek grupları, sivil toplum kuruluşları ve meslek odalarının madencilik faaliyetlerine yönelik önyargılarının kırılması mümkün olabilmektedir.

Bu unsurlar dikkate alınmadan yürütülen madencilik faaliyetleri ise hem yasal hem de ekonomik açıdan çeşitli zorluklara yol açmaktadır. Oysa sürecin başından itibaren kapsamlı bir planlama ile hareket edildiğinde, ilk etapta maliyetler artıyor gibi görünse de uzun vadede ekonomik kayıpların ve yasal sorumlulukların önüne geçilebilmektedir. Projenin tasarım aşamasında birçok unsurun göz önünde bulundurulması; madencilik faaliyetlerinin üretim öncesi, üretim süreci ve cevherin tükenmesinden sonraki dönem için ayrı ayrı planlanması, olası aksaklıkların ve olumsuz etkilerin azaltılmasını sağlamaktadır.

Madencilik sektöründe başarının temel anahtarlarından biri, Őeffaflık ve toplumla kurulan etkili iletişimdir. Halkın doğru bilgilendirilmesi, çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik önlemlerin uygulanması ve sosyal sorumluluk projeleri sayesinde madencilige yönelik bakış açısı daha olumlu hale getirilebilmektedir. Doğru bir yaklaşım benimsendiğinde, madencilik faaliyetleri hem ekonomik fayda sağlayan hem de çevreyle uyum içinde yürütülebilen bir sektör olma potansiyeline sahiptir.

Sanılanın aksine, madencilik yalnızca sezonluk bir faaliyet değil; yıl boyunca devam eden ve birçok alanda toplum yaşamına doğrudan etki eden bir sektördür. Bu kapsamda çevreye duyarlı ve toplumsal faydayı ön planda tutan olumlu madencilik uygulamaları, dünyanın pek çok yerinde olduğu gibi Şehir içerisinde dahi başarıyla sürdürülebilmektedir. Aşağıdaki görsellerde bu uygulamalara ilişkin somut örnekler sunulmaktadır.

Malartic Altın Madeni, Québec, Kanada



Malartic Altın Madeni, Québec, Kanada



Malartic Altın Madeni, Québec, Kanada



Hambach Linyit Madeni, Elsdorf, Almanya



Hambach Linyit Madeni, Elsdorf, Almanya



Hambach Linyit Madeni, Elsdorf, Almanya



Kaynak: Doğa ve Çevreyle Uyumlu Madencilik Faaliyetleri <https://www.madenprofesyonelleri.com/>

5. SONUÇ-ÖNERİ-TARTIŞMALAR

Bu çalışmada, agrega endüstrisinin Türkiye ve dünya genelindeki yapısı, kullanım alanları ve üretim yöntemleri incelenmiştir. Agregası; inşaat ve altyapı projelerinin en temel bileşenlerinden biri olup, özellikle hızlı kentleşme ve artan altyapı yatırımları nedeniyle sürekli artan bir talep göstermektedir. Bu kapsamda, agrega sektörünün sürdürülebilirliği ve ekonomik gelişimi açısından dikkate alınması gereken birçok önemli unsur ortaya çıkmıştır.

Dünya genelinde agrega üretimi 2020 yılı itibarıyla yaklaşık 40 milyar ton seviyesindedir. En büyük üreticiler arasında Çin, Hindistan ve ABD yer almaktadır. Gelişmiş ülkelerde kişi başına yıllık agrega tüketimi 10–12 ton düzeyindeyken, gelişmekte olan ülkelerde bu değer 2–4 ton aralığında değişmektedir. Bu farklılık, ülkelerin altyapı gelişmişlik düzeyleri ve kentleşme hızları ile doğrudan ilişkilidir (European Aggregates Association, 2020).

Agrega sektörü, üretim süreçleri ve çevresel etkiler bakımından çeşitli zorluklarla karşı karşıyadır. Toplumun yeterince bilgilendirilmemesi, madencilik faaliyetlerinin kamuoyunda “doğaya zarar veren bir faaliyet” olarak algılanmasına neden olabilmektedir. Bu noktada, ömrünü tamamlamış agrega sahalarının uygun şekilde rehabilite edilmesi, ağaçlandırılması ve bu çalışmaların kamuoyu ile şeffaf biçimde paylaşılması; madencilğe yönelik olumsuz algının azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

Türkiye’de agrega üretim faaliyetleri, 3213 sayılı Maden Kanunu ve ilgili yönetmelikler çerçevesinde yürütülmektedir. Ancak ruhsatlandırma, ÇED (Çevresel Etki Değerlendirmesi) süreçleri, ruhsat yenileme işlemleri ve işletme projeleri gibi belgelerin temininde yaşanan uzun bürokratik süreçler ve yüksek maliyetler, yatırımcılar açısından önemli zorluklar oluşturmaktadır. Bu süreçlerin daha hızlı, şeffaf ve öngörülebilir hale getirilmesi; üreticilerin maliyetlerini azaltarak sektörde sürdürülebilirliği destekleyecektir.

Taş ocaklarının çevresel etkileri, yerel halk tarafından en sık dile getirilen sorunlar arasında yer almaktadır. Gürültü, toz emisyonu ve yeraltı su kaynaklarının kirlenmesi gibi çevresel problemler; ocakların kapatılmasına veya faaliyet alanlarının sınırlandırılmasına neden olabilmektedir. Bu kapsamda, çevresel etkileri azaltmaya yönelik teknolojilerin kullanılması, düzenli denetimlerin artırılması ve rehabilitasyon projelerinin yaygınlaştırılması çözüm açısından önem taşımaktadır.

Türkiye’de geri dönüştürülmüş agrega kullanımı henüz yaygın değildir. Oysa geri dönüşüm agregalarının teşvik edilmesi ve kamu projelerinde kullanımının artırılması, doğal kaynakların korunmasına önemli katkılar sağlayacaktır. Avrupa ülkelerinde geri dönüşüm agregalarının toplam tüketimdeki payı %20–30 seviyelerinde iken, Türkiye’de bu oranın %5’in altında olduğu görülmektedir. Bu nedenle geri dönüştürülmüş agregaların kullanımını artırmaya yönelik teşvik politikalarının geliştirilmesi gerekmektedir (European Aggregates Association, 2020).

Türkiye, coğrafi konumu ve zengin doğal kaynakları sayesinde agrega ihracatı açısından önemli bir potansiyele sahiptir. Avrupa ve Orta Doğu ülkelerine yapılabilecek ihracat faaliyetleri, sektörel büyümeyi destekleyebilir. Ancak ihracatın sürdürülebilir şekilde artırılabilmesi için gerekli kalite standartlarının sağlanması ve lojistik altyapısının geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır (European Aggregates Association, 2020).

Agrega üretiminin yalnızca bir hammadde temini faaliyeti değil; şehirlerin altyapısını, ülkenin kalkınmasını ve toplumun yaşam kalitesini doğrudan etkileyen stratejik bir madencilik faaliyetidir. Agregâ kaynaklarının plansız kentleşme baskısı altında kaybedilmesi ve sektörün kamuoyunda yanlış algılarla değerlendirilmesi hem ekonomik kayıplara hem de uzun vadede telafisi mümkün olmayan kaynak kayıplarına yol açmaktadır. Bu nedenle, bilimsel veriye dayalı planlama yaklaşımının benimsenmesi, çevreyle uyumlu üretim ve rehabilitasyon uygulamalarının yaygınlaştırılması ve denetimlerin etkinleştirilmesi kritik öneme sahiptir. Uzun vadeli agrega üretimi; yalnızca bugünün projelerini değil, geleceğin güvenli yapılarını ve dirençli şehirlerini inşa etmenin temel şartıdır.

KAYNAKÇA

1. Antoniou Latouros, A. (2023). *Avrupa Agregata Üreticileri Birliği (UEPG) Başkanı*.
2. Aydın, M. (2017). Türkiye'de agrega üretimi ve çevresel etkileri: Ankara örneği. *Türkiye Maden Mühendisleri Odası Yayını*, 56(4), 23–34.
3. Duran, O., & Kaya, Z. (2018). Agregata üretiminde sürdürülebilirlik: Çevresel ve ekonomik boyutlar. *Madencilik ve Çevre Dergisi*, 14(2), 45–59.
4. Duran, O., & Yılmaz, H. (2020). Agregata üretim teknolojilerinde yenilikçi çözümler. *İnşaat ve Madencilik Teknolojileri Dergisi*, 16(2), 56–68.
5. European Aggregates Association. (2020).
6. Gudimettla, J., Cooley, L., & Brown, E. (2003). *Workability of Hot Mix Asphalt* (NCAT Report 03-03). Auburn University, National Center for Asphalt Technology.
7. Güneş, H. (2019). *Ankara ilinde bitümlü sıcak karışım kaplamalı yollarda kullanılan agregaların uygunluklarının belirlenmesi ve çok kriterli karar verme yöntemleri ile sınıflandırılması* (Yüksek lisans tezi).
8. İsfalt. (2001).
9. Kandhal, P. S., & Parker, F. (1998). *Aggregate tests related to asphalt concrete performance in pavements* (No. 405). Transportation Research Board.
10. Karakaş, A. S. (2014). *Bitümlü sıcak karışımların trafik etkisi altında mekanik özelliklerinin incelenmesi* (Doktora tezi). Fırat Üniversitesi.
11. Karapınar N. (2023) “Sürdürülebilir agrega üretiminde döngüsel ekonomi yaklaşımı” MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi
12. Karayolları Teknik Şartnamesi (KTŞ). (2013).
13. *Küresel agrega endüstrisi ve Türkiye*. (15.10.2023). *Madencilik Türkiye Dergisi*.
14. Maden Mühendisliği Derneği. (2020). *Maden Mühendisliği Derneği Raporu*.
15. Smith, J., & Jones, R. (2019). Aggregates in the construction sector: A global perspective. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, 8(3), 312–325.
16. Tunç, A. (2007). *Yol malzemeleri ve uygulamaları el kitabı*. Nobel Yayın Dağıtım.
17. Turner, K., White, P., & Green, S. (2017). Aggregate production innovations for sustainable growth. *International Journal of Environmental Management*, 55(2), 100–115.
18. Türkiye Madenciler Derneği. (2020). *Türkiye Madenciler Derneği Raporu*.
19. *Türkiye madencilik sektörü gelişim raporu*. (2020).
20. UEPG. (2020).
21. Uzun, G., & Perçin, M. H. (1999). *Peyzaj konstrüksiyonu 1 ders notları*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü. Ankara Üniversitesi Yayınları, 13.
22. *World aggregates market*. (2020).
23. Yıldız, T. D. (2022). *Madencilik Türkiye Dergisi*.