

Kandıra Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Kazı ve Dolgu Çalışmaları Kapsamında Yapılan Patlatmalı Kaya Kazıları Sonucu Oluşan Titreşim Ölçüm Sonuçlarının Kandıra Cezaevi Lojmanları Açısından Değerlendirilmesi

Evaluation of Vibration Measurement Results Created By Blasting Rock Excavations Carried Out Within the Scope of Excavation and Filling Works of Kandıra Food Specialized Organized Industrial Zone in Terms of Kandıra Prison Lodging

Doç. Dr. Ercan ARPAZ

Kocaeli Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye

earpaz@kocaeli.edu.tr

ORCID: 0000-0002-6309-5356

Öz

Günümüzde inşaat faaliyetlerinin büyük alanlarda gerçekleştirilmesi patlatmalı kaya kazılarını bazen vazgeçilmez kılmaktadır. Bu durum patlatma işlemlerinde firmalar ile çevre halkını karşı karşıya getirmekte ve faaliyetlerin aksamasına neden olabilmektedir. Bu çalışmada Kandıra Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi kazı/dolgu faaliyetleri kapsamında yapılan patlatmalı kaya kazılarının oluşturduğu titreşimlerin izlenmesi ve sonuçlarının yakındaki bulunan Kandıra Cezaevi Lojmanları kapsamında değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu değerlendirmede 4 farklı atım gerçekleştirilmiş ve atım noktasına en yakın binanın tabanı ve en üst kattan eş zamanlı olmak üzere mevzuat ve standartlara uygun olarak ölçüm ve değerlendirmeler yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarına göre test denemesinde kullanılan patlatma paterninin Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği'ne göre sınır değerleri aşmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Patlatma Kaynaklı Titreşimler, Tepe Parçacık Hızı, Tepe Parçacık Frekansı, Yapısal Hasar, Titreşimin İnsan Algısı.

Abstract

Nowadays, the fact that construction activities are carried out in large areas sometimes makes blasting rock excavations indispensable. This situation brings companies and the local people face to face during blasting operations and may cause disruption of activities. In this study, it is aimed to monitor the vibrations created by the blasting rock excavations carried out within the scope of the excavation/filling activities of Kandıra Food Specialized Organized Industrial Zone and to evaluate the results within the scope of the Kandıra Prison Lodgings located nearby. In this evaluation, 4 different blasts were performed and measurements and evaluations were made simultaneously from the base and the top floor of the building closest to the shot point in accordance with the legislation and standards. According to the measurement results, it was seen that the blasting pattern used in the test trial did not exceed the limit values according to the Environmental Noise Control Regulation.

Keywords: Blast Induced Vibrations, Peak Particle Velocity, Peak Particle Frequency, Structural Damage, Human Perception of Vibration.

1. Giriş

İnşaat sektörünün temel amaçlarından birisi insanoğlunun gereksinin duyduğu yapı ve yapısal unsurların inşasını sağlamaktır. Bu amaca ulaşmak için genellikle zemin ve kaya kazı işlemlerine ihtiyaç duymakta ve bu nedenle; insan gücü, mekanik araçlar, hidrolik ve delme-patlatma teknolojilerinden yararlanılmaktadır. Delme-patlatma teknolojisi, özellikle diğerlerinin uygulanamaması veya uygulandığında beklenen ekonomik sonucu vermemesi durumlarında yaygın bir kullanım bulmaktadır.

İnşaat faaliyetlerinde temel ve en önemli süreci oluşturan kazı işlemlerinin makine veya diğer yöntemlerle gerçekleştirilmesinin, kayaçların madde/kütle özellikleri ve kullanılmakta olan teknoloji ile sınırlı olduğu bilinmektedir. Bu nedenle; pek çok halde delme-patlatma teknolojisi, doğrudan kazı veya gevşetme kazısı olarak büyük bir önem arz etmekte ve ekonomiklik ölçüleri içinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Günümüzde; madencilik sektörü başta olmak üzere, inşaat, taş ocakçılığı, petrol arama ve üretim faaliyetleri, tarım ve ormancılık sektörü, alt yapı hizmetleri, endüstriyel ve askeri alanlar gibi kayacın yerinden sökülmesinde patlatma teknolojisi yaygın olarak kullanılmaktadır.

Yeraltı, açık ocak, yol ve temel açma amacıyla gerçekleştirilen patlatmalardan kaynaklanan, yaşayanlar ve doğal ve/veya yapay yapılar açısından olumsuz etki yapan şikayetlere sebep olan çevresel etkilerin başında patlatma kaynaklı titreşimler (yersarsıntısı ve hava şoku) gelmektedir. Bu çevresel etkiler, bölgede yaşayan insanlar ve yapılar üzerinde birtakım etkiler oluşturabilmektedir. Ancak bu etkilerin derecesi uzun zamandır ülkeler ve bölgeler bazında yapılan bilimsel çalışmalarla sınıflandırılmış ve yönetmeliklerle sınır değerler belirlenmiştir. Dolayısıyla, konu patlatmadan kaynaklanan bu titreşimlerin hissedilip hissedilmediğinden ziyade bu sınır değerlerin aşılıp aşılmadığı noktasında tartışılmaktadır ve tartışılmalıdır.

Bu çalışmada, Kandıra Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi kazı dolgu faaliyetleri kapsamında yapılan patlatmaların Kandıra Cezaevi Lojmanları üzerindeki olası etkilerinin belirlenmesi ve mevzuat açısından uyumunun kontrolü amacıyla yapılan deneme atımlarının ölçüm sonuçları ve değerlendirilmesine yer verilmiştir.

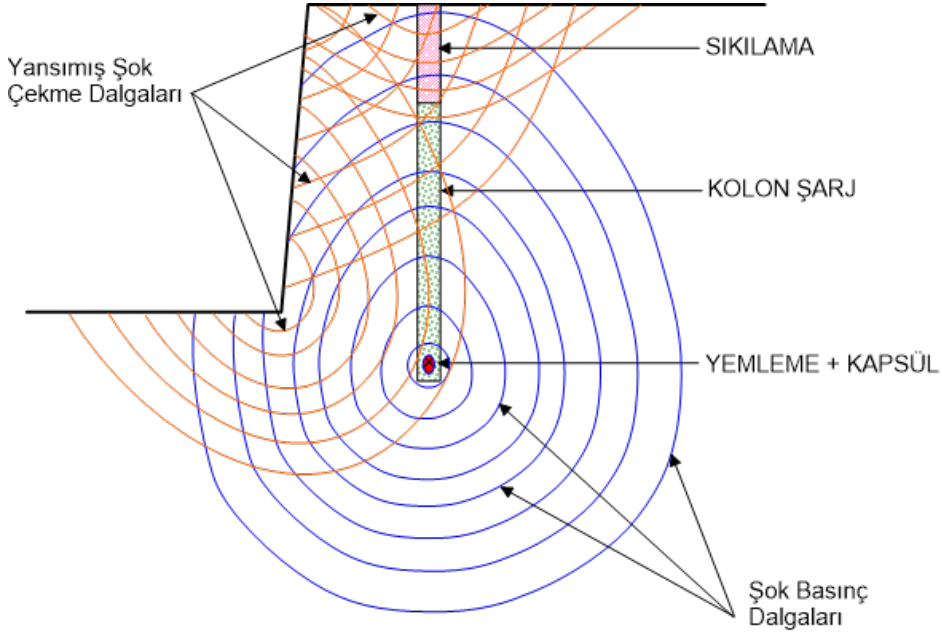
1.1. Patlatmalı Kazı Mekanizması

Kayaları gevşetmek veya parçalamak amacıyla kullanılan patlayıcı maddelerin istenen sonucu yaratması onların kayanın belirli bir bölümüne aniden ve çok büyük miktarda enerji verebilme kabiliyetlerinde yatmaktadır. Delikteki patlayıcı madde ateşlendiğinde bir saniyenin binde biri gibi çok kısa bir sürede oluşan hidrodinamik reaksiyon sonucu patlayıcı enerjisi, çok yüksek basınç ve sıcaklıktaki gaz şeklinde ortaya çıkmaktadır (Şekil 1). Ortaya çıkan bu enerji, deliği çevreleyen kaya üzerinde balyoz darbesi şeklinde etki yapmakta, böylece deliği çevreleyen kayaya uygulanan çok büyük basınçlar kayanın

kırılıp parçalanmasına yol açmaktadır (Ash,1963,Arpaz,2000).

Delğe konulup sıkılaması yapıldıktan sonra patlayıcı maddenin parçalanma ve ötelenmeye kadar geçen olayları dört temel aşamada incelenebilmektedir (Jimeno, 1995, Langefors, 1963, Persson 1994, Görgülü 2012).

- i. Detonasyon
- ii. Şok ya da birim deformasyon dalgalarının yayılımı
- iii. Gaz basıncının yayılımı
- iv. Kütle taşınması



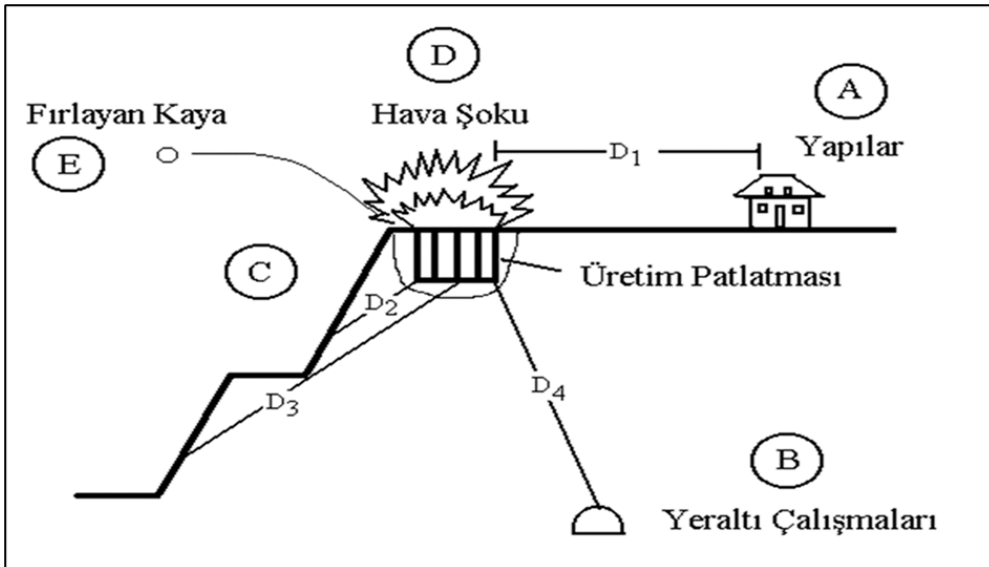
Şekil 1. Detonasyon Boyunca Gerilme Dalgalarının Kaya İçerisinde Yayılımı.

1.2. Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler

Madencilik, inşaat, taş ocakçılığı, boru hattı gibi çeşitli sektörlerin vazgeçilmez işlemlerinden birisi olan patlatma zaman zaman çevresel problemlere neden olabilmektedir. Patlatmadan kaynaklanan çevresel etkilerle ilgili şikayetler; daha büyük atımlara duyulan ihtiyaçla birlikte nüfus artışı ve şehirleşmeye paralel olarak giderek artmaktadır. Patlatmanın çevresel etki

alanları Şekil 2'de gösterilmektedir. Yer sarsıntısı, gürültü, fırlayan kaya ve toz gibi problemler, işletmenin yakınlarındaki yöre halkı kadar işletme personeli ve ekipmanı içinde büyük sorunlar yaratabilmektedir (Arpaz 2000, Görgülü 2012).

Bu çalışmada bu çevresel etkilerden özellikle yersarsıntısı, hava şoku üzerinde durulmuş ve değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler.

1.2.1. Yersarsıntısı

Kayacın içinde patlatılan patlayıcı maddenin yarattığı sismik dalgalar; kaya ortamında bir noktadan bir noktaya ulaşan enerji transferini temsil etmektedir. İlk başta ortama yeni giren enerji, ortamdaki denge konumunu bozarak yer değiştirmeye neden olmaktadır. Eğer, ortam yeni gelen enerjiye elastik özellik göstermezse, enerji sönmekte ve sadece titreşimi azalmış dalgalar yansımaktadır. Elastik özellik gösterdiğinde ise bozulan ortamın sonucu olarak komşu ortamlar denge konumundan ayrılarak yay-ağırlık mekanizmasına benzer bir şekilde salınım meydana getirmektedir. Böylece bozulan ortamın her elementi, salınımın özelliklerini diğer elementlere de geçirerek ortamda dalga hareketi oluşmaktadır.

Patlatma kaynaklı yersarsıntıları çevrede bulunan yapısal unsurlara oluşan sarsıntının genlik (parçacık hızı) ve frekansına bağlı olarak önemli hasarlara yol açabilmektedir. Patlatma kaynaklı yersarsıntıları patlama olayının ortaya çıkardığı doğal bir sonuç olup burada önemli olan etkisi minimize edilmiş atım uygulamalarının gerçekleştirilmesinin sağlanmasıdır. Konu ile ilgili yapılan çalışmalar bu bağlamda iki ana noktada birleşmektedir. Birincisi patlatmaların ortamda çıkardığı yersarsıntıların modellenmesi, ikincisi ise bu modellerin kullanılarak atımların kontrol altına alınmasıdır.

Bu amaçla literatürde en az 30 ölçüm yapılması ve bu ölçümlerden yola çıkarak kontrollü patlatmaların uygulanması yönünde görüş birliğine varılmıştır. Elde edilen bu ölçümler denklemdaki saha sabitleri olarak verilen parametrelerin elde edilmesini sağlayarak atımların hasarlarını kontrol altına almak ve mevzuat hükümlerini sağlayabilmek amacıyla kontrollü atım tekniklerinin uygulanmasını sağlayacaktır.

$$PPW = K * \left(\frac{R}{\sqrt{W}} \right)^\beta$$

Burada;

PPV: Tepe parçacık hızı (mm/sn)

R: Patlatma noktası ile ölçüm noktası arasındaki mesafe (m)

W: Gecikme başına maksimum patlayıcı madde miktarı (kg)

K ve β : Saha sabitleri.

1.2.2. Hava Şoku

Patlatma sonucu, kaya çatlaklarından dış atmosfere hızla ve erken boşalan reaksiyon ürünü gazlar önemli düzeyde gürültü oluştururlar. Önlemlerin alınmadığı koşullarda gürültü düzeyi yüksek boyutlara ulaşarak hava şoku

dalgalarına dönüşür (Jimeno, 1995).

Şok dalgaları çoğunlukla insanlarda psikolojik rahatsızlıklara neden olmakta, patlamanın kendilerine zarar vereceği endişesi yaratmaktadır. Atmosferde yol alarak binalara ulaşan şok dalgaları cam ve gevrek çerçevelerin titreşimlerine yol açmaktadır. Zaman zaman hava şok dalgaları şiddetli olabilmekte ve yapılarda hasara yol açabilmektedir. En belirgin hasar cam kırılmasıdır.

Hava şoku dalgasının yayılması, sıcaklık, rüzgâr ve yükseklik gibi atmosferik ve topografik koşullara bağlıdır. Belirli bir uzaklıktaki bulut kapallılığı bile bazen basınç dalgasının yere yeniden yansımaya neden olur.

Hava şokları patlatmadan kaynaklanan hava basınç dalgaları olarak tanımlanmaktadır. Yüksek frekanslı basınç dalgaları duyulabilmektedir. Düşük frekanslı olanlar ise etki ettiği yapılarda tıkrıtlar oluşturduğunda duyulabilmektedir. Hava şoku düzeyi patlatma, arazi ve hava koşullarına bağlı olmaktadır. Patlatmadan kaynaklanan hava şokları yapılarda kırık ve çatlaklara, pencerelerde kırılmalara ve insanların rahatsız olmasına neden olabilmektedir. Hava şoklarının insanları rahatsız etmesi, insanların yapı içerisinde ve yapı dışında olmalarına göre farklılık gösterebilmektedir. Bu farklılık hava şoklarının binaya ulaşması sonrasında binanın yapısal özellikleri nedeniyle çıkardığı seslerden kaynaklanmaktadır.

2. Mevzuat ve Sınır Değerler

Gelişmiş ülkeler, patlatma kaynaklı titreşimlerin yapılara verdiği hasarları önlemek ve işletmeciler ile halkı karşıya getirmemek amacıyla, yıllar önce gerekli önlemleri almışlar ve bu konularla ilgili olarak sınır değerleri içeren belgeler yayınlamışlardır (Arpaz, 2000).

Ülkemizde ise bu konuların gündeme gelmesi nispeten yenedir. Ülkemizde konu ile ilgili akademik çalışmalar 1990'ların ortasından itibaren başlamış olup konu maden mühendisliği uzmanlık alanında yer bulmuştur. Ülkemizdeki bu konu ile ilgili ilk yönetmelik olan Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği (2002/49/EC) 01.08.2005 tarihinde yürürlüğe girmiş 04.06.2010 tarihinde revizyona uğrayarak 2022 yılına kadar yürürlükte kalmıştır. Bu yönetmelik 30.11.2022 tarihinde "Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği" olarak başlığı değiştirilerek son halini almıştır.

Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nin "Çevresel Gürültü ve Titreşimin Yönetimi" konulu Dördüncü Bölüm 15. Maddesi aşağıda verilmiştir.

Çevresel titreşim değerlendirme yöntemleri

MADDE 15- (1) Maden ve taş ocakları ile benzeri faaliyette bulunulan alanlardaki patlatmalarda; oluşacak hava şoku, taş savrulması, titreşim gibi çevresel etkilerin asgari düzeyde tutulacağı bir patlatma paterni uygulanır. Ek-2'deki Tablo 3'te yer alan usul ve esaslara göre, patlatma yapılan alanın yakınındaki bina ve yapıların korunması için alınan tedbirler hazırlanan akustik raporlar içerisinde detaylı olarak açıklanır.

2.1. Yersarsıntısı

Yersarsıntısı ile ilgili müsaade edilebilir tepe parçacık hızı sınır değerleri Yönetmeliğin eklerinden olan Ek-2'de yer alan Tablo 3 ile tanımlanmıştır (Tablo 1). Yönetmelikte yer alan değerlerin grafiğe aktarılmış hali Şekil 3'te görülmektedir.

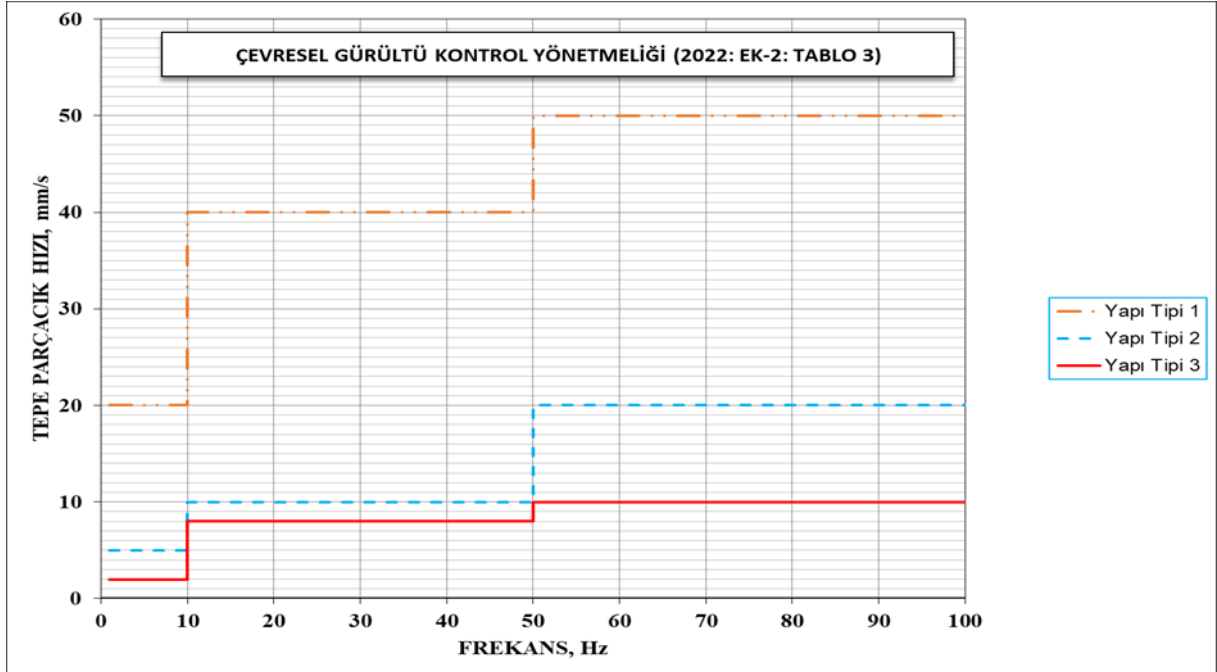
Tablo 1: Maden ve Taş Ocakları ile Benzeri Alanlarda Patlatma Nedeniyle Oluşacak Titreşimlerin En Yakın Yapıda Yaratacağı Zemin Titreşimlerinin İzin Verilen En Yüksek Değerleri.

Yazı Tipi	Binaların Temelinde En Yüksek Titreşim Hızı (mm/s) (frekansa göre, f=Hz)			Tüm Frekanslar için en üst katın döşemesinde (tabanında) ⁽²⁾
	f = 1-10	f =10-50	f =50-100 ⁽¹⁾	
1 Endüstriyel binalar	20	40	50	40
2 Evler, tuğla ve beton gibi dayanıklı yapılar	5	15	20	15
3 Titreşime duyarlı olup 1. ve 2. maddenin dışında kalan binalar, tarihi ve doğal yapılar ⁽³⁾	2	8	10	8

(1) 100 devir/s büyük frekanslar için, büyük titreşim düzeyine izin verilebilir.

(2) Birden fazla katlı binalar için, ölçümlerin hem binaların temelinde hem de en üst katın döşemesinde alınması gerekir.

(3) Tarihi ve doğal yapılar için belirlenen bu sınır değerler, yerinde yapılacak hassas, kapsamlı titreşim ölçümleri ve bilimsel çalışmalar ile kısıtlanabilir.



Şekil 3. ÇVK Yönetmeliğine Göre Müsaade Edilebilir Tepe Parçacık Hızı Değerleri (Arpaz, 2023).

Tabloda anlaşılacağı üzere izin verilen en yüksek titreşim hızı değerleri başka bir ifadeyle yersarsıntısı değerleri frekansa bağlı olarak yapı ve kullanım tarzına bağlı olarak 3 farklı yapı tipine göre verilmiştir. Konu ile yapılan çalışmalar göstermiştir ki yersarsıntısının hasar derecesi sarsıntının hızı ile frekansına bağlı olarak değişmektedir. Grafikte çizginin üstünde kalan değerler hasar oluşabileceğini altındaki değerler ise hasar beklenmediğini yani emniyetli bölgeyi ifade etmektedir.

2.1.1. Hava şoku

Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği'nde farklı iş kolları ile ilgili gürültü sınır değerleri yer alırken, patlatma sonucu oluşan hava şoku ile ilgili herhangi bir kriter belirlenmemiştir. İşitilebilir gürültü seviyeleri için (20-20.000 Hz) darbe gürültüsü sınır değeri $LC_{max} = 100$ dBC ile sınırlanmıştır. Ancak söz konusu yönetmelikte hava şoku (20 Hz altı) kriteri olmadığı için ABD tüzüğünde yer alan sınır

değerler kullanılmıştır (Rosenthal 1987). Bu tüzüğe göre sınır gürültü değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

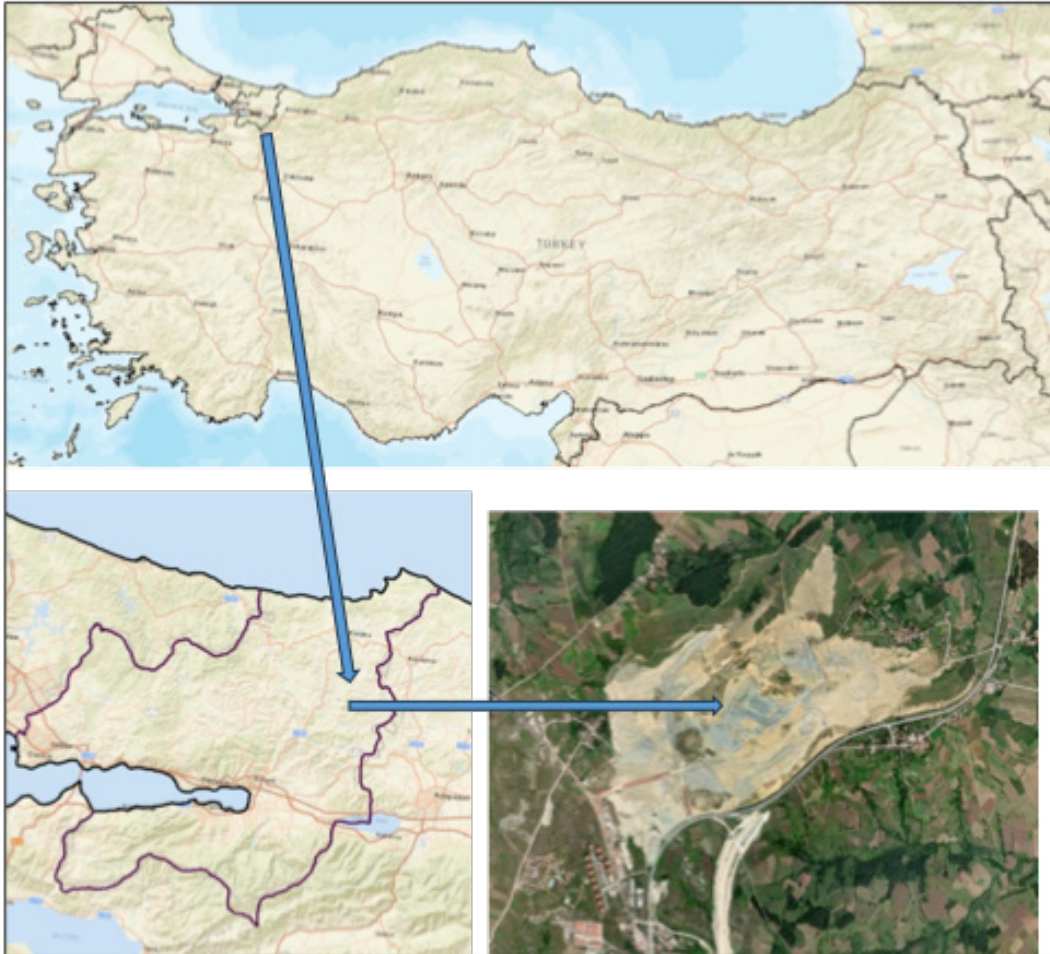
Tablo II: Cihazın Frekans Bandına Uygun Olarak İzin Verilen En Yüksek Gürültü Düzeyleri.

Ölçüm sisteminin düşük frekans limiti (Hz)	Maksimum gürültü seviyesi (dB)
≤ 2 Hz	En yüksek 133
≤ 6 Hz	En yüksek 129

3. Saha Tanıtımı ve Problemin Tanıtımı

3.1. Saha Tanıtımı

Saha Kocaeli ili, Kandıra İlçesi, Kocakaymaz Mahallesi hudutlarında olup Kandıra Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölge Müdürlüğü yönetim ve denetiminde kazı-dolgu ve alt yapı düzenleme faaliyetlerine devam etmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Yerbulduru Haritası.

Sahada halihazırda iki farklı bölgede patlatmalı kazı faaliyetleri devam etmekte olup bunlardan birincisi ana dolguda kullanılan kiltaş bölgesi ikincisi de üst dolgu için kullanılan killi kireçtaş bölgesidir. Her iki bölgede kullanılan patlatma tasarımları amaca bağlı olarak farklılıklar arz etmektedir.

Killi kireçtaş sahanın güney sınırında yer almakta olup sahada üst dolgu amacıyla kullanılacak özelliklere sahip yegâne yapıyı içermektedir. Ayrıca burası organize sanayi bölgesi parsellerinden olup kaya dolgu üretim amacı dışında saha düzenleme amaçlı kazı çalışması gerekmektedir.

Çalışma konusu sahada kayaçların dayanım ve kazılabilirlik özelliklerinin yanı sıra projenin zaman kısıtları, üretimin ekonomik ve verimli bir şekilde gerçekleşmesini temin amacıyla patlatmalı kaya kazısına geçilmesine karar verilmiştir.

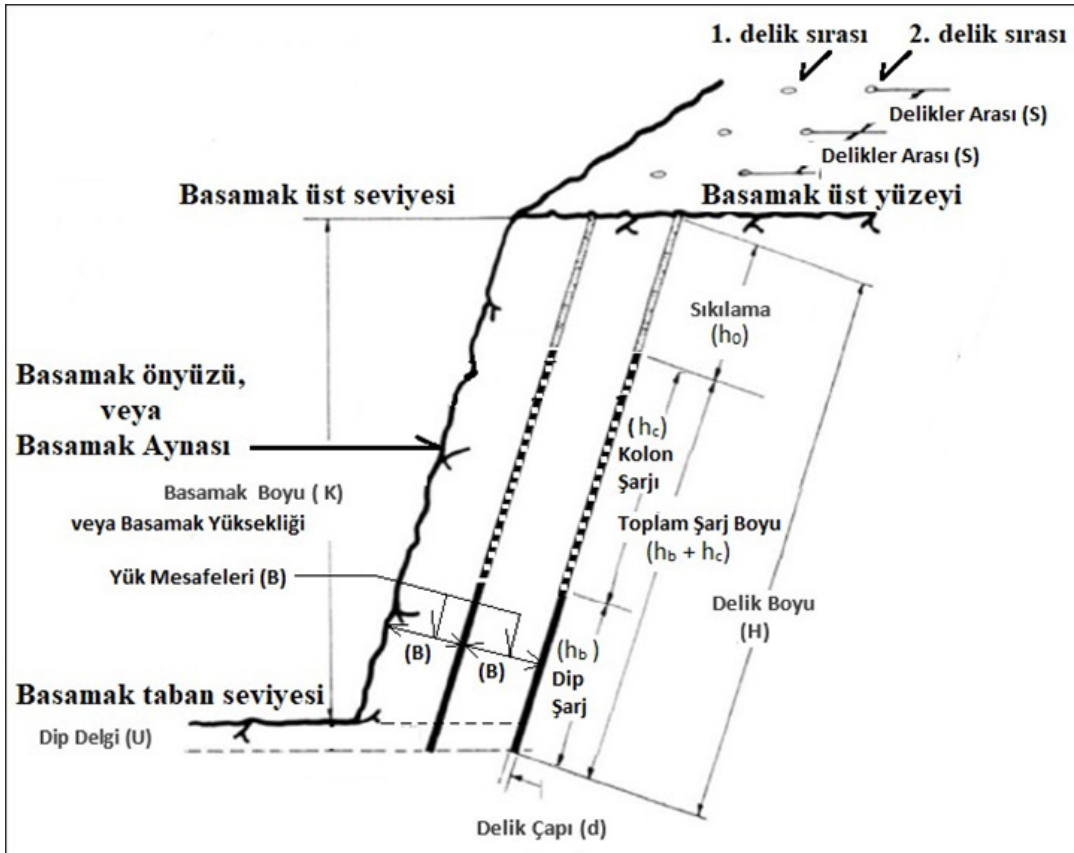
Patlatmalı kaya kazıları patlayıcı madde kullanılarak kayaçların kırılması (parçalanması), ötelenmesi ve verimli bir şekilde yüklemenin sağlanabileceği tane boyut dağılımına sahip yığınların oluşturulması amacıyla yaygın

olarak kullanılmaktadır.

Etkin bir patlatma tasarımı kaya madde ve kütle özelliklerinin yanı sıra istenen tane boyut dağılımını göz önüne alarak yapılan tasarımdır. Günümüzde patlatma tasarımı denilince yukarıda ifade edilen istenen özelliklerle birlikte çevresel etkiler (titreşim, gürültü ve kaya fırlaması) gibi istenmeyen özelliklerinde denetim altına alındığı kontrollü patlatma tasarımları akla gelmektedir.

Bu amaçla işletmeden elde edilen veriler, saha gözlemleri ve konu ile ilgili literatürden yola çıkılarak teorik patlatma tasarımları gerçekleştirilmiştir. Bu tasarımdaki birincil amaç başlangıçta yapılacak patlatmaların proje gereklilerini sağlayacak, riskleri bertaraf edecek tasarım büyüklüklerinin belirlenmesi ve nihayetinde planlanan üretim ve kapasitenin sağlanması için gerekli patlayıcı madde ihtiyaçlarının ortaya konulmasıdır.

Yapılan değerlendirmeler ve çevre kısıtları nedeniyle uygulanacak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ve İç İşleri Bakanlığının hazırladığı kılavuzlar kullanılarak hazırlanan patlatma tasarımı bileşenleri (Şekil 5) aşağıda verilmiştir.



Şekil 5. Basamak Kesiti ve Basamak Patlatması Terimleri.

Kireçtaşı Bölgesi İçin Patlatma Tasarımı

✓ Delik Çapı (d)	: 89 mm
✓ Basamak Yüksekliği (K)	: 6 -7 m
✓ Delik Boyu (H)	: 6 -7 m
✓ Basamak Şev Açısı (α)	: 80°
✓ Delik Eğimi(b)	: 90°
✓ Patlayıcı Madde Cinsi	: ANFO
✓ Patlayıcı Madde Yoğunluğu (P _{exp})	: 800 kg/m ³
✓ Delik Düzeni	: ŞEŞBEŞ
✓ Dilim Kalınlığı	: 2.5 m
✓ Delikler Arası Mesafe	: 3 m
✓ Sıklama Boyu	: 4 m
✓ Şarj Boyu	: 2 - 3 m
✓ Delikteki ANFO Miktarı	: 10- 15 kg
✓ Delikteki Dinamit Miktarı	: 1 kg
✓ Delik İçİ Kapsül	: 25/500 ms

3.2. Problemin Tarifi

Sahada patlatma faaliyetleri devam etmekte olup özellikle Kandıra Cezaevi lojmanları yönündeki patlatmalara yönelik bu bölgedeki yaşayanlar tedirginliklerini dile getirmektedirler. Tedirginliklerin temel sebebi patlatma kaynaklı titreşimlerin binalara zarar vermesi, maddi ve manevi kayıpların yaşanmasından dolayı oluşan korku olarak karşımıza çıkmaktadır.

Özellikle bölgenin daha önce yaşanmış depremin (17 Ağustos 1999 Marmara depremi) ve ülkemizde yakın zamanda meydana gelen Kahramanmaraş merkezli iki depremin yıkıcı etkilerinin hafızalarda yerini koruması bu korkuların daha üst seviyede olmasına neden olmaktadır. Halkta meydana gelen bu korkular aşağıdaki gibi sıralanabilir.

1. Evler yıkılabilir,
2. Evlerin taşıyıcı sistemleri zarar görebilir,
3. Bina sürekli maruz kalınan titreşimlerden dolayı zayıflayıp olası bir depremde yıkılabilir,
4. Eşyalar zarar görebilir.

Yapılan görüşmelerde sahadaki kazı faaliyetlerinin yapılması gerektiği açıkça kabul görmüş yukarıda anılan şikayetlerin çözümü olarak farklı düşünceler ortaya atılmıştır. Bunlar;

1. Patlatmadan vazgeçilip doğrudan kazı ile kazının yapılması,

2. Daha az delik sayısı ile patlatmaların devam ettirilmesi.

Bu çalışmada, yapılan şikayetlerin yerinde titreşimler açısından incelenmesi ve sonuçların değerlendirilebilmesi amacıyla 14.12.2023 tarihinde taraflarında bulunacağı bir şekilde öncelikle bir dizi test atımı planlaması yapılmış ve titreşim ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Titreşim ölçümleri planlanırken mevcut mevzuat (Çevresel Gürültü Kontrol Yönetmeliği) göz önünde bulundurularak yapılmıştır.

4. Metodoloji

4.1. Test Patlatması Tasarımı

Test patlatması planlanırken titreşimlerin mevzuat sınırlarını sağlaması durumunda sonraki patlatmalarda da uygulanması düşünülen tasarım kullanılmıştır.

Kireçtaşı Bölgesi İçin Patlatma Tasarımı

✓ Delik Çapı (d)	: 89 mm
✓ Basamak Yüksekliği (K)	: 7 m
✓ Delik Boyu (H)	: 6 m
✓ Basamak Şev Açısı (α)	: 80°
✓ Delik Eğimi(b)	: 90°
✓ Patlayıcı Madde Cinsi	: ANFO
✓ Patlayıcı Madde Yoğunluğu (P _{exp})	: 800 kg/m ³
✓ Delik Düzeni	: Tek sıra
✓ Dilim Kalınlığı	: 3 m
✓ Delikler Arası Mesafe	: 4 m
✓ Sıklama Boyu	: 4 m
✓ Şarj Boyu	: 2 m
✓ Delikteki ANFO Miktarı	: 10 kg
✓ Delikteki Dinamit Miktarı	: 1 kg
✓ Delik İçİ Kapsül	: 25/500 ms

Test patlatması sırasında; titreşim miktarının belirlenmesi, mesafenin etkisi, delik sayısının etkisi ve kat yüksekliğinin etkisini belirleyebilmek amacıyla atım sayısı, delik sayısı ve ölçüm noktaları önceden belirlenmiş ve uygulanmıştır. Bu amaçla farklı uzaklıklarda ve delik sayısında 4 atım planlanmış, yönetmeliğin öngördüğü şekilde en yakın binanın taban ve en üst katında aynı andaki ölçüm alınmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Deneme Atım Bölgeleri.

4.2. Ölçüm Ekipmanı ve Yerleşimi

Ölçümlerde iki adet Instantel marka Minimate plus model patlatma titreşim ölçer cihazı kullanılmıştır. Cihaz 4 kanallı olup 3 kanal titreşim bileşenlerinin (Enine (T), Boyuna (L) ve Düşey (V)) ve bir kanal da hava şoku ölçümünü gerçekleştirmektedir. Yönetmelikte tanımlandığı üzere cihazlardan biri binanın bodrum kat tabanına diğeri en üst kat tabanına yerleştirilmiş eş zamanlı olarak ölçüm alınmıştır.

5. Ölçüm Sonuçları ve Değerlendirilmesi

Metodolojide belirtilen tasarım ve cihazlar kullanılarak yapılan atımlardan elde edilen cihaz sonuçları Tablo 2'de sunulmuştur. Ölçüm sonuçlarına göre Tablo 2'de koyu renkle işaretlenen değerler her bir atım için tepe parçacık hızı değeri olarak alınmakta ve yönetmeliğe göre nihai değerlendirmeler bu veriler kullanılarak yapılmaktadır.

Tablodan anlaşılacağı üzere tepe parçacık hızı değerleri 1.14 - 13.72 mm/s ve bu değerlerin frekansları 20.5 - 34.7 Hz arasında değişmektedir.

Tablo III: Ölçüm Sonuçları.

Atım No	Delik Sayısı	Cihaz Konumu	Mesafe	Enine		Boyuna		Düşey		Bileşke	Hava Şoku
				R	PPVT (mm/s)	Hz	PPVL (mm/s)	Hz	PPVV (mm/s)		
1. Atım	30	Taban	110	2.6670	22.3	2.1590	23.3	3.5560	23.0	4.0261	114
		En Üst Kat	110	2.4130	15.6	3.0480	14.8	13.7160	23.0	13.8360	122
2. Atım	10	Taban	99	2.5400	34.7	1.2700	107.8	2.5400	34.7	3.0926	112
		En Üst Kat	99	2.1590	31.0	1.7780	34.7	8.6360	30.6	8.7703	121
3. Atım	19	Taban	100	2.2860	30.1	1.9050	37.2	1.9050	24.4	3.2873	112
		En Üst Kat	100	1.3970	18.0	2.2860	19.1	5.4610	24.7	5.6426	116
4. Atım	20	Taban	148	1.1430	20.5	1.0160	17.2	0.8890	23.5	1.3320	109
		En Üst Kat	148	0.8890	25.9	1.2700	21.3	2.5400	22.0	2.6670	113

Tüm deliklerde patlayıcı madde miktarı aynı olup 10 kg ANFO ve 1 kg Dinamit kullanılmıştır.

5.1. Mevzuat Açısından Değerlendirme

Çalışma sahasındaki yapılar yönetmeliğe göre 2. yapı tipi-ne girmekte olup ölçüm sonuçlarından görüldüğü üzere ölçülen titreşimlerin frekans aralığı 10- 50 Hz aralığında olup bütün değerler 15 mm/s müsaade edilebilir parçacık hızı sınır değerlerinin altında gerçekleşmiştir.

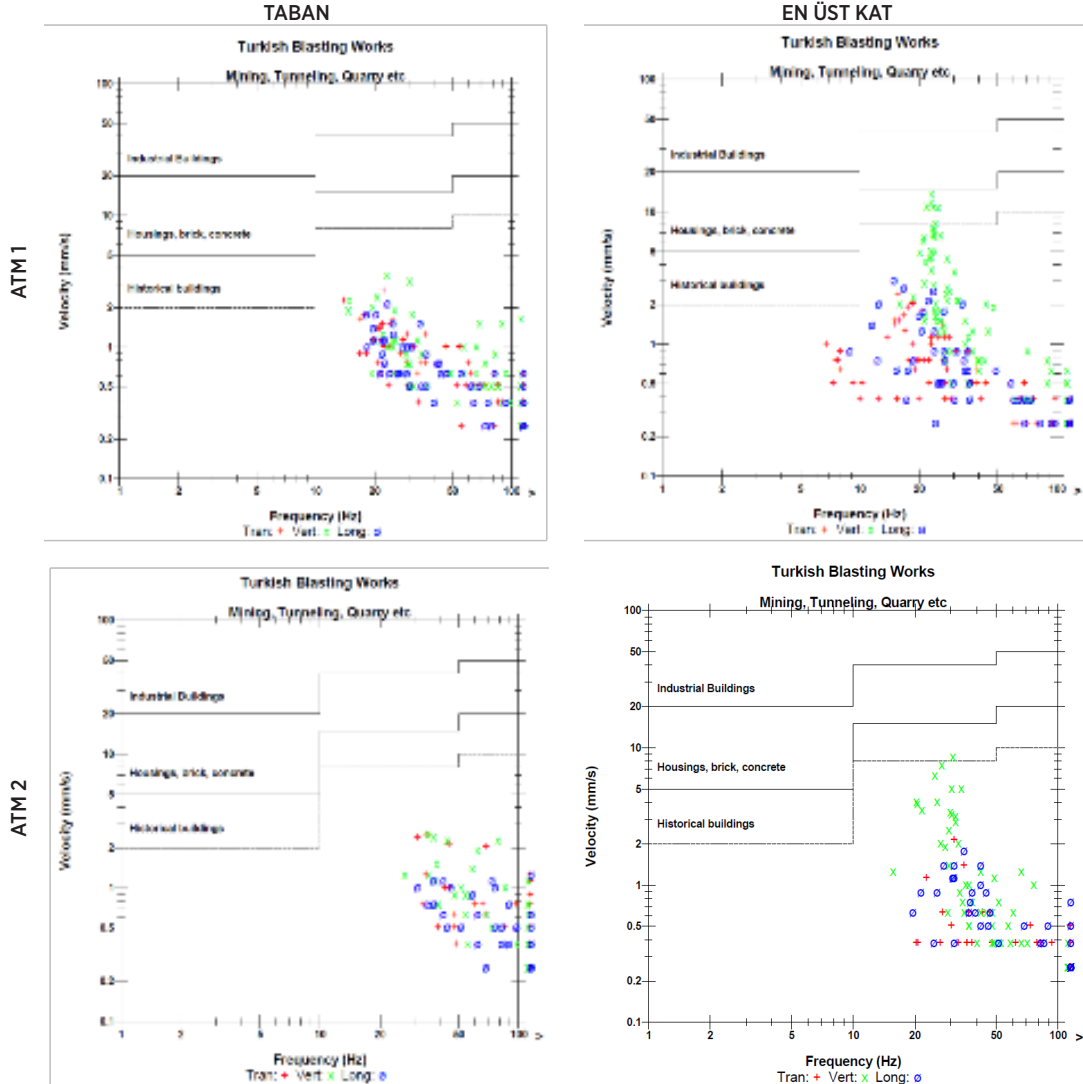
Yönetmeliğe göre verilen sınır değerlere bağlı olarak yapı-lan değerlendirmelerde parçacık hızı bileşenlerinin (eni-ne, boyuna ve düşey) hiçbiri sınır değerleri aşmamaktadır. Her bir atımın ölçüm noktalarına bağlı olarak bileşenler bazında tepe parçacık hızı değerlerinin sınır değerlere göre dağılımı cihaz çıktılarında Şekil 7'de gösterilmektedir.

5.2. Şikayetler Açısından Değerlendirme

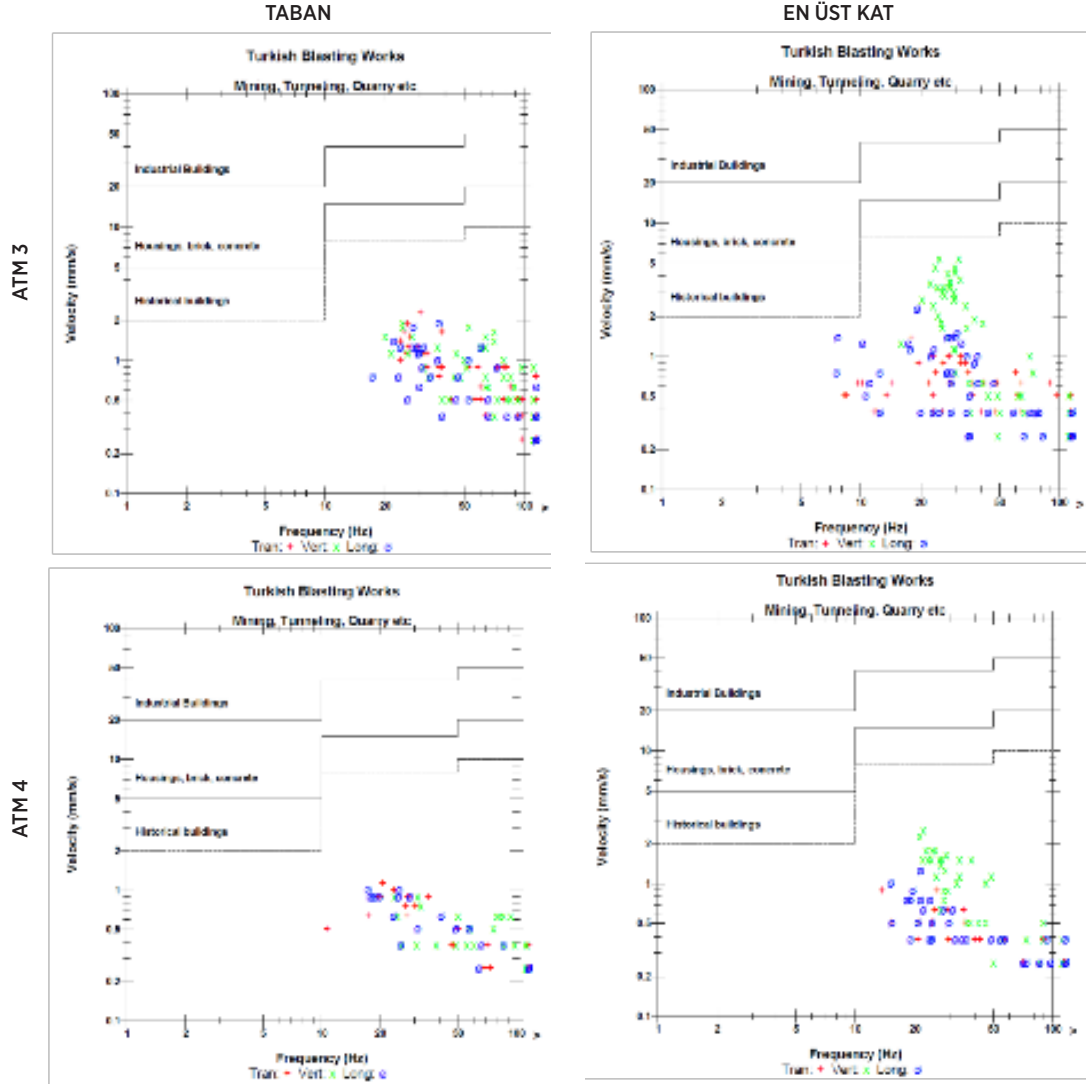
Mevzuat değerlerini karşılamasına rağmen şikayetlerin varlığı, patlatmaların şikayetler açısından da değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Şikayetlere göre değerlendirildiğinde;

i. Bazı evlerde hasarlar olduğu ifade edilmiş ve fotoğraflanmıştır.

Yapılan ölçüm sonuçlarına göre normal şartlarda hasar oluş-ması mümkün görünmemektedir. Fakat bazen normal şartlar-da bozulmalar oluşabilmektedir. Hasar oluşan yerlerdeki yapı ve yapım tarzı, zamana bağlı olarak oluşan yapılardaki deforma-syonlar bu hasarlanmalara sebebiyet verebilmektedir. Buna ek olarak meydana patlatma sonucu oluşan titreşimler bu hasar-ların ilerlemesine ve görünebilir olmasına neden olabilmektedir.



Şekil 7. Tepe Parçacık Hızı Değerlerinin Yönetmelik Hasar Kriterine Göre Değerlendirmesi.



Şekil 7. Tepe Parçacık Hızı Değerlerinin Yönetmelik Hasar Kriterine Göre Değerlendirmesi (Devamı).

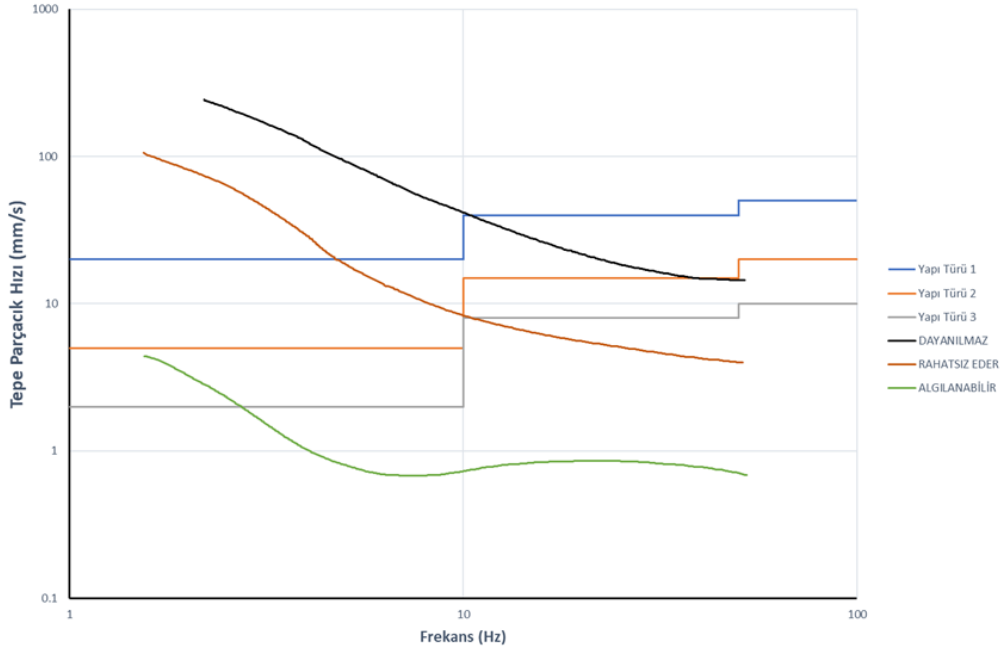
ii. Hane halklarının tedirgin olduğu ifade edilmiştir.

Yapılan ölçüm sonuçları ve patlatma kaynaklı titreşimler bilimi açısından incelendiğinde tedirginliğin oluşması insanların titreşimi algılama ölçeği açısından haklıdır.

Patlatma kaynaklı çevresel titreşimlerin yönetmelikte var olan

sınır değerleri yapılar açısından konulan değerlerdir. Yani insan algılamasından ziyade titreşimin yapı tarafından nasıl algılandığı ve hasar oluşturmayacak bir değere sahip olması göz önünde bulundurulur.

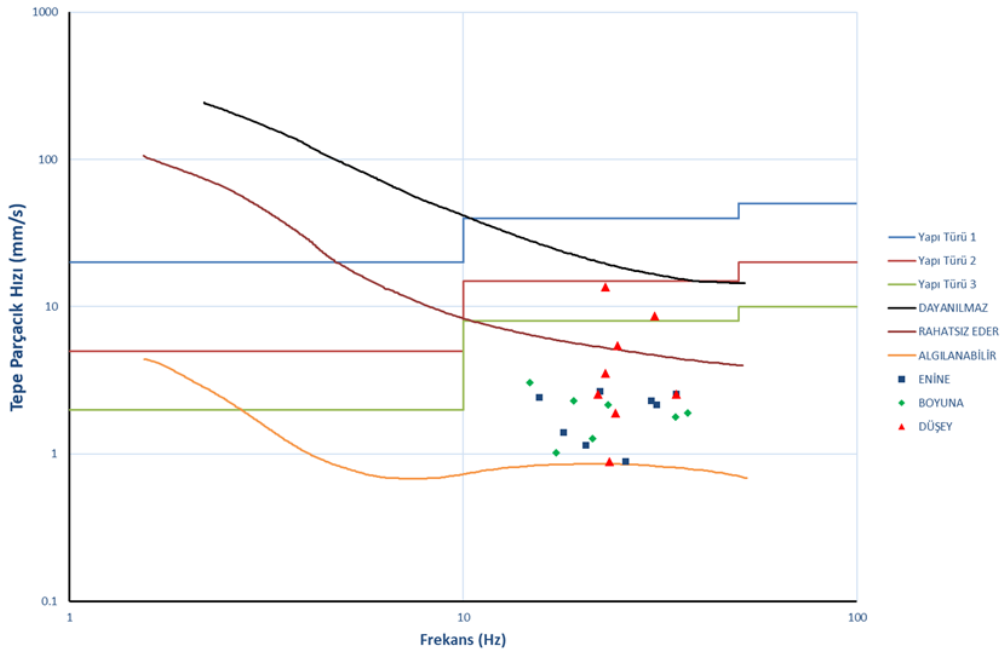
İnsanların ve yapıların titreşim genliği (mm/s) ve frekansa bağlı olarak tepkileri Şekil 8'de sunulmuştur (Siskind,1980).



Şekil 8. Titreşimleri Yapı ve İnsan Algısı.

Şekilden de görüleceği üzere yapılarda düşük frekanslarda sınır değerler düşerken başka bir ifadeyle yapının olumsuz etkisi artarken, insanlarda bu etki frekans değeri yükseldikçe artmaktadır.

Ölçüm sonuçları yönetmelik sınır değerleri ve insan algısı sınırlarına göre grafiğe yerleştirilmiştir (Şekil 9).



Şekil 9. Ölçüm Sonuçlarının Algı Dağılımı.

Şekilden görüldüğü üzere tüm titreşim değerleri yapı türü 2 için sınır değerlerin altında kalırken, insan algısı açısından tüm

titreşimler algılanabilir sınırının üzerinde, 3 düşey tepe parçacık hızı değeri ise rahatsızlık seviyesinin üstünde olmuştur.

6. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma Kandıra Gıda İhtisas Organize Sanayi kazı dolgu faaliyetleri kapsamında yapılan kireçtaşı bölgesi patlatmalarının Kandıra Cezaevi Lojmanları üzerindeki olası etkilerinin belirlenmesi ve mevzuat açısından uyumunun kontrolü amacıyla yapılan deneme atımının ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda sahada ölçüm faaliyetleri standartlara ve mevzuata uygun olarak gerçekleştirilmiş olup elde edilen sonuçlar problem tanımı bazında değerlendirilmiştir.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda halkta oluşan kaygı ve ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında;

1. Evler yıkılabilir: Ölçüm sonuçlarına göre Tepe parçacık hızı değerleri 1.14 - 13.72 mm/s ve bu değerlerin frekansları 20.5 - 34.7 Hz arasında değişmektedir. Binalarda yıkılma olayının gerçekleşebilmesi için taşıyıcı sistemlerin hasar görmesi gerekmektedir. Betonun titreşim kaynaklı hasarlanması için 1000 mm/s'nin üzerinde bir parçacık hızı oluşması gerekmektedir.

Ölçülen değerler böyle bir hasarı oluşturabilecek nicelikte değildir.

2. Evlerin taşıyıcı sistemleri zarar görebilir: Yukarıda ifade edildiği gibi taşıyıcı sistemlerde hasar oluşturma ihtimali söz konusu değildir.

3. Bina sürekli maruz kalınan titreşimlerden dolayı zayıflayıp olası bir depremde yıkılabilir: Binaların tekrarlayan titreşimlerden dolayı zayıflaması söz konusu değildir. Zayıflamanın oluşabilmesi için betonda hasar oluşturabilecek sınır sarsıntı değerinin üzerinde tekrarlı titreşimlere maruz kalması ve binaların statik tasarımlarında baz alınan emniyet katsayılarının aşılması gerekmektedir.

Özellikle deprem sonrası hasarlanan binalarda gözlemlenen bu durum mevcut koşullar altında çalışma sahası için mümkün değildir. Patlatma kaynaklı titreşimler daha önce tarafımdan yapılan bir çalışmada 2-3 şiddetinde bir depreme tekabül ettiği göz önüne alındığında gerek 17 Ağustos gerekse 6 Şubat depremleri sonrasında meydana gelen artçıların

büyükölük ve sayılarına göre buralardaki tüm yapıların hasarlanması gerekecektir.

4. Eşyalar zarar görebilir: Normal şartlarda çevresel titreşim sınır değerleri ülkedeki yapı stoğuna göre belirlenmekte olup amaç yapının herhangi bir şekilde hasarlanmasını engellemek amacıyla belirlenmektedir. Ülkemiz yönetmeliği de bu kriterler göz önüne alınarak çıkarılmış olup mevzuat yapı stoğuna göre (Aralık 2022 tarihinde) yenilenmiştir.

Bu sınır değerlerin belirli bir emniyet katsayısı gözetilerek çıkartıldığı özellikle yürürlükteki yönetmeliğin sınır değerleri birçok ülkedeki sınır değerlerin altında (daha güvenli bölgede) olduğu unutulmamalıdır. Bu nedenle böyle bir olumsuzlukta beklenmemektedir.

Problem tanımı belirtildiği üzere dile getirilen çözüm önerileri patlatmalı kaya kazıları bilim ve tekniği bazında değerlendirildiğinde;

1. Patlatmadan vazgeçilip doğrudan kazı ile kazının yapılması: Doğrudan kazı bazı uygun koşullarda kabul edilebilir ve uygulanabilir bir kazı metodolojisidir. Saha özelinde bu durum irdelendiğinde sahada kazının ekskavatör vasıtasıyla yapılması mümkün görünmemektedir. Bu durumda sahada kırıcının kullanılması gerekecektir ki planlanan üretimin planlanan zaman dilimi içerisinde gerçekleşebilmesi için çoklu kırıcı çalıştırmak gerekecektir.

Kırıcı çalıştırılması durumunda her gün ve tüm gün boyunca aktif bir gürültü problemi oluşturacaktır ki bu da hane halklarının daha fazla rahatsızlığına sebebiyet verecektir. Daha önceki yapılan çalışmalar, gözlemler ve tecrübeler bu durumu teyit etmektedir.

2. Daha az delik sayısı ile patlatmaların devam ettirilmesi: Delik sayısı titreşimlerin oluşması ve gelişmesi açısından günümüz patlayıcı teknolojilerinde önemli bir parametre değildir (Yuvka, 2017). Her bir delik kendi zaman dilimi içerisinde gecikmeli olarak patlamakta olup delik sayısının fazlalığı sadece titreşimin süresini etkileyebilmektedir. Bu süre de saniye mertebesindedir. Bu durum ölçüm sonuçlarından bariz bir şekilde görülmektedir.

Tablo IV: Ölçüm Sonuçlarına Ait Özet Bilgiler.

Atım No	Delik Sayısı	Mesafe (m)	Tepe Parçacık Hızı (mm/s)		Titreşim Süresi (sn)
			Taban	En üst Kat	
1. Atım	30	110	3.5560	13.7160	1.5
2. Atım	10	99	2.5400	8.6360	0.5
3. Atım	19	100	2.2860	5.4610	0.8
4. Atım	20	148	1.1430	2.5400	0.5

Az delik sayısı ile patlatmaların yapılması patlatma sıklığını artıracak olup şikayetlerin daha fazla olmasına neden olacaktır. Her gün yapılacak bir ve daha fazla patlatmanın yerine ihtiyaç duyulan üretimi sağlayacak delik sayısına sahip haftada bir veya iki defa yapılacak patlatma programı ile daha az rahatsızlık yaratılacaktır. Sonuç olarak çalışma konusu sahada ölçümü gerçekleştirilen patlatma sonuçları açısından ülkemizdeki mevzuat açısından herhangi bir sıkıntı tespit edilememiştir. Fakat ilerde daha yakın bölgelerde yapılacak patlatmalarda gecikme başına patlayıcı madde miktarlarının

azaltılarak (ara sıklımalı çift yemleme) patlatmaların tasarlanmasına ihtiyaç duyulabilecektir.

Teşekkür

Yazar bu çalışmanın yapılabilmesi için ortam koşullarını sağlayan ve desteklerini esirgemeyen Kandıra Gıda İhtisas Organize Sanayi Bölgesi Yönetimi'ne ve GOGUSER İnş. ve Yapı Malz. Beton San. Tic. Ltd. Şti.'ne teşekkürlerini sunar.

Kaynakça

- Arpaz, E., (2000). Türkiye'deki Bazı Açık İşletmelerde Patlatmadan Kaynaklanan Titreşimlerin İzlenmesi ve Değerlendirilmesi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. Doktora Tezi, Sivas.
- Arpaz, E., (2012). Maden ve Taşocaklarında Patlatmalar ile Oluşan Gürültü ve Titreşimlerin Değerlendirilmesi, Fizik Mühendisleri Odası, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Gürültü Şubesi, Seminer, Ankara.
- Arpaz, E., (2023) Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntılarının Değerlendirilmesi İçin Bir Bilgisayar Programı, BLASTVIB V.2023, Kocaeli.
- Ash RL (1963). The Mechanics of Rock Breakage. Pit and Quarry. Part I, pp.98-112 (Aug); Part II, pp.118-123 (Sept); Part III, pp.126-131 (Oct); Part IV, pp.109-118 (Nov).
- Görgülü, K., Arpaz, E., Demirci, A., Büyüksaraç, A., Uysal, Ö., Durutürk, Y.S., Çaylak, Ç., Koçarlan, A., Dilmaç, M.K. (2013). Kaya Kütle ve Madde Özelliklerinin Patlatma Kaynaklı Yer Sarsıntıları Oluşumu ve Gelişimi Üzerine Etkilerinin Araştırılması, TÜBİTAK Projesi Proje No: 110M294.
- Jimeno C.L., Jimeno, E.L., Carcedo, F.J.A. (1995). Drilling and Blasting of Rocks. A.A. Balkema, Rotterdam. ISBN: 90 5410 199 7. Copyright ©1995 A.A. Balkema.
- Langefors, U. and Kihlström, B. (1963). The Modern Technique of Rock Blasting. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Persson, P.A., Holmberg, R., Lee, J. (1994). Rock Blasting and Explosives Engineering. New York: CRC Press, 540 pp.
- Rosenthal, M.F., Morlock, G.L. (1987). Blasting Guidance Manual, Office of Surface Mining Reclamation and Enforcement.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ÇED İzin ve Denetim Genel Müdürlüğü (2018). Patlatma Tasarımları ve Patlatma Kaynaklı Çevresel Etkiler Kılavuzu, Ankara, 26 Sayfa.
- T.C. İç İşleri Bakanlığı Emniyet Genel Müdürlüğü (2023). Sivil Kullanım Amaçlı Patlayıcı Madde Kullanımına İlişkin İhtiyaç Raporu Hazırlama Kılavuzu, Ankara, 37 sayfa
- Siskind, D.E., Stagg, M.S., Kopp, J.W., Dowding, C.H. (1980). Structure Response and Damage Produced by Ground Vibration From Surface Mine Blasting, United States Bureau of Mines, 8507, Report of Investigations.
- Yuvka, S., Beyhan, S., Uysal, O. (2017). The effect of the Number of Holes on Blast-Induced Ground Vibrations. Environmental Earth Sciences, 76, 621.