



**Bu bir MMO  
yayıdır**

MMO bu yayındaki ifadelerden, fikirlerden, toplantıda çıkan sonuçlardan, teknik bilgi ve basım hatalarından sorumlu değildir.

## **ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE İÇ HAVA KALİTESİ**

**GÜRKAN DURGUN**  
İZMİR BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ





# ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE İÇ HAVA KALİTESİ

**Gürkan DURGUN**

## ÖZET

Endüstriyel tesislerde, sağlıklı ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamak, patlama ve yangın riskini azaltmak, ortamdaki duman, toz ve buhar gibi kirleticileri uzaklaştırmak amacıyla doğal veya mekanik yollarla havalandırma yapılır.

Bu bildiride, havalandırma sistemlerine kısaca değinildikten sonra, endüstriyel tesislerde kullanılan mekanik havalandırma sistemleri (genel havalandırma ve lokal havalandırma) incelenecek ve endüstriyel bir tesiste gerçekleştirilen hava değişim katsayısı ve iç ortam tozluluk miktarı ölçümleri değerlendirilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Havalandırma sistemleri, genel ve lokal havalandırma, iç hava kalitesi

## ABSTRACT

In industrial plants, natural or mechanical ventilation is done to provide a healthy and safety working environment, to reduce the risk of fire, explosion and smoke from the environment, and also to take away the pollutants such as dust and steam.

In this paper, after mechanical ventilation systems are discussed in summary, mechanical ventilation systems (general and local ventilation) used in industrial plants are studied, and the measurements of air exchange coefficient and internal environment dust amounts are evaluated.

**KeyWords:** Mechanical ventilation systems, General and local ventilation, indoor air quality

## 1. GİRİŞ

Endüstriyel tesislerde üretimin çeşitli aşamalarında ortaya çıkan ısı, toz, duman ve gazların insan sağlığına zarar vermemesi ve imalat kalitesinin olumsuz yönde etkilenmemesi için çalışma ortamından uzaklaştırılması gerekmektedir. Ortama verilmesi gereken taze hava debisi hesaplanırken, prosesten açığa çıkan kirlilik miktarı ve cinsi göz önüne alınmalıdır. Konfor havalandırmasında kullanılan kişi başına gerekli olan taze hava miktarı hesabı, endüstriyel tesislerin havalandırma hesabında tek başına yeterli olmadığından kullanılmamalıdır.

Endüstriyel havalandırma sistemleri, işyeri ortamındaki kirlenmiş havayı değiştirmek için doğal akım, etkin basınç ya da mekanik bir etki yardımıyla, ilgili ortamdaki hava emilerek dışarıya atılması veya bu ortama taze hava verilmesi amacıyla kurulan mekanik sistemlerdir. Endüstriyel havalandırma sistemleri genellikle;

1. Doğal Havalandırma
2. Mekanik Havalandırma



## 2.a Genel Havalandırma 2.b Lokal Havalandırma

olarak sınıflandırılır.

### DOĞAL HAVALANDIRMA

Ortamda herhangi bir mekanik sistem kullanılmadan, sıcaklık farkları ve rüzgar yönüne bağlı olarak, ortam havasının pencere ve kapı aralıklarından baca ve boşluklardan doğal olarak hareketlenmesi ve ortam havasının değişmesini sağlayan bir havalandırma tipidir. Genellikle iç ortam kirliliğinin düşük olduğu tesislerde tercih edilir.

#### Avantajları:

- Zaten ortamda mevcuttur.
- Uygulaması daha ekonomiktir.

#### Dezavantajları:

- Hız ve yönde değişimler olabileceği için kontrol altına alınması ve tahmin edilmesi zordur.
- Kirlenme kaynağına yakın olunması durumunda, iç ortam havasının kötüleşmesine sebep olur.

### MEKANİK HAVALANDIRMA

#### GENEL HAVALANDIRMA

Genel havalandırma sistemleri, binaya büyük miktarda temiz hava sağlar ve kirli havayı tahliye eder. İşyerinde ortaya çıkan kirlenmeleri, bütün işyerinin havalandırılması yoluyla kontrol eder. Genel havalandırma kullanımı, işyerinde kirlenmeleri bir dereceye kadar dağıtabilmekte, fakat bu esnada kirlenme kaynağından uzak kişileri de olumsuz etkileyebilmektedir.

Eğer çıkış fanı, maruz kalan işçiye yakın yerleştirildiyse ve taze hava fanı işçinin arkasına yerleştirildiyse kirli hava, işçinin nefes alma bölgesinden uzaklaştırılmış olacaktır ki bu sayede genel havalandırma daha etkili olabilir.

Şekil 1'de örneklerinin verildiği genel havalandırma ile kirlenme kontrolü yapılırken; kirlenme konsantrasyonunun çok yüksek olmaması ve toksikliğin az olması ve çalışanların, işlerini kirlenme kaynağının çok yakınında yapmaması hususlarına dikkat edilmelidir



Şekil 1. Genel havalandırma örnekleri

#### Genel Havalandırmanın Avantajları:

- Düşük ekipman ve kurulum maliyetlerine sahiptir.
- Az bakım gerektirir.
- Düşük dozda toksik madde içeren kimyasallar için etkilidir.
- Parlayıcı ve yanıcı gazlar veya buharlar için etkilidir.
- Hareketli veya dağılmış kirleticiler için en iyi havalandırma sağlar.

#### Genel havalandırmanın Dezavantajları:

- Kirleticilerin tamamen ortadan kalkmasını sağlamaz.
- Yüksek dozda toksik madde içeren kimyasallar için kullanılmamalıdır.
- Toz, metal dumanları, çok miktarda gaz veya buhar için etkili değildir.
- Yüksek miktarda ısıtılmış ya da soğutulmuş taze hava gerektirir.
- Düzensiz veya gaz ve buhar yayınımları için etkili değildir.

#### LOKAL HAVALANDIRMA

Şekil 2'de örneklerinin verildiği lokal egzoz havalandırma sistemleri, kaynağın yakınında kirleticiyi yakalama yoluyla hava kirleticilerini kontrol etmek için kullanılır. Genel havalandırmanın aksine işyeri ortamına kirleticilerin yayılmasına engel olur.



Şekil 2. Lokal havalandırma örnekleri

### Lokal Havalandırmanın Tercih Edilme Durumları:

- Hava kirleticinin ciddi sağlık riski oluşturması,
- Büyük miktarlarda toz veya duman üretilmesi,
- Soğuk havalarda havalandırmadan dolayı ısınma giderlerinin artma endişesinin olması,
- Emisyon kaynaklarının az olması,
- Emisyon kaynaklarının işçilerin nefes alma bölgesi yakınında bulunması,

durumlarında tercih edilir.

### Lokal Egzoz Havalandırmasının Avantajları:

- Kirleticiyi kaynağında yakalar ve uzaklaştırır.
- Yüksek dozda toksik madde içeren kimyasallar için en etkili seçenektir.
- Tozlar ve metal dumanları dâhil çok kirletici çeşidini tutabilir.
- Daha az taze hava gerektirir.
- Genel havalandırmaya göre daha az taze hava gerektirdiği için ortam ısıtma ve soğutma maliyeti düşüktür.

### Lokal Egzoz Havalandırmasının Dezavantajları:

- Tasarım, montaj ve ekipman için yüksek maliyet gerektirir.
- Düzenli temizlik, kontrol ve bakım gerektirir.

## BİR ÇELİK DÖKÜM FABRİKASININ HAVALANDIRMASININ İNCELENMESİ



Şekil 3. İşletme yerleşim planı

Bir çelik döküm fabrikasında, havalandırma sistemleri ve ortam tozlu oranları incelenmiştir. Şekil-3'te yerleşim planının ve ölçüm noktalarının belirtildiği tesiste, pencere ve kapı aralıklarından temiz havanın sağlandığı doğal havalandırmanın olduğu ve kirleticilerin olduğu bölümlerde de davlumbaz ve akrobat kollar yardımı ile lokal havalandırma yapılmaktadır.

## SARSAK BÖLÜMÜ



Şekil 4. Sarsak bölümüne ait fotoğraflar

İlk olarak, Şekil-4'te fotoğraflarının verildiği, kumun döküm sonrasında içindeki yabancı partiküllerden temizlenmesini sağlayan sarsak sistemi bölümünde ölçümler yapılmıştır. Sarsak bölümü döküm sonrası çıkan kumun döküldüğü elek sistemi üzerinin kapalı bir kutu olarak dizayn edilmesi ile oluşturulmuştur.

Sarsak sisteminde;

- İşlem sırasında ortaya çıkan gaz ve tozların havalandırma sistemiyle yerinde egzoz edilerek ortamdan uzaklaştırıldığı belirlenmiştir.
- Egzoz hattının Sarsak'ın üst bölgesi boyunca yerleştirildiği ve havalandırma kanalına bağlandığı belirlenmiştir.
- Havalandırma kanalına bağlanan 3 noktadan dairesel kesitli menfezden emiş yapıldığı belirlenmiştir.

Sarsak havalandırma sistemi üzerinde bulunan 3 adet dairesel kesitli menfezlerden alınan hava hızı ölçüm sonuçları Tablo-1'de verilmiştir.

Tablo 1. Sarsak Bölümünde Ölçülen Hava Hızları ve Debiler

NO	MENFEZ ÖLÇÜSÜ (mm)	ÖLÇÜLEN HIZ (m/s)	EMİŞ NOKTASI ALANI (m <sup>2</sup> )	DEBİ (m <sup>3</sup> /h)
S1	ÇAP 250	25	0.049	4410
S2	ÇAP 80	20	0.005	360
S3	ÇAP 300	18	0.070	4536
			<b>TOPLAM DEBİ</b>	<b>9306</b>

İlgili kaynaklarda döküm temizliği bölümünde boru hatlarındaki taşınma hızı 18-20 m/s aralığında olması gerektiği tanımlanmıştır [1]. Ölçüm yapılan üç boru hattında da döküm tozlarının taşınabilmesi için yeterli hava hızlarının olduğu tespit edilmiştir.

Sarsak sisteminin bulunduğu bölümde yapılan ortam tozluluğu ölçüm sonucu Tablo-2'de verilmiştir.

**Tablo 2.** Sarsak bölümünde ölçülen solunabilir toz miktarları

Ölçüm No	Solunabilir Toz Miktarı Sınır Değerleri	Ölçülen Solunabilir Toz Miktarı Değerleri
1	5,00 (mg/m <sup>3</sup> )	5,46 (mg/m <sup>3</sup> )

Sarsak sistemi etrafında yapılan ölçümler sonucu bulunan solunabilir toz miktarı, ilgili kaynaklarda belirtilmiş olan sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir[6].

## KAYNAK BÖLÜMÜ

Kaynak bölümünde, 300 mm çaplı emiş ağızına sahip akrobat kollar ile kaynak sırasında ortaya çıkan ısının ve dumanın ortama yayılmadan uzaklaştırılması hedeflenmiştir. Kaynak işlemi sırasında, ısı enerjisi ve düşük hızdaki 0,2 – 0,8 mikron büyüklüğünde partiküller ortaya çıkmaktadır.

Kaynak bölümünde;

- İşlem sırasında ortaya çıkan ısı ve dumanın akrobat kollarla lokal havalandırma ile ortamdan uzaklaştırıldığı belirlenmiştir.
- Her bir kaynak bölümünde birer adet 300 mm çaplı emiş ağızına sahip akrobat kollar kullanılmıştır.
- Her bir akrobat kol 600 mm çaplı dairesel kesitli kanal ile 9000 m<sup>3</sup>/h toplam kapasiteye sahip fana bağlanmıştır.

**Şekil 5.** Kaynak bölümüne ait fotoğraflar

Kaynak bölümündeki dairesel kesitli emiş menfezlerinden alınan hava hızı ölçüm sonuçları Tablo-3'de verilmiştir.

**Tablo 3.** Kaynak bölümünde ölçülen hava hızları ve debiler

NO	MENFEZ ÖLÇÜSÜ (mm)	ÖLÇÜLEN HIZ (m/s)	EMİŞ NOKTASI ALANI (m <sup>2</sup> )	DEBİ (m <sup>3</sup> /h)
K1	ÇAP 300	3.5	0.070	882
K2	ÇAP 300	5.5	0.070	1386
K3	ÇAP 300	4.4	0.070	1109
K4	ÇAP 300	3.8	0.070	957
K5	ÇAP 300	4.0	0.070	1008
<b>TOPLAM DEBİ</b>				<b>5342</b>



İlgili kaynaklarda kaynakhaneler bölümünde boru hatlarındaki taşınma hızı 12 - 15 m/s aralığında olması gerektiği tanımlanmıştır[1]. Ölçüm yapılan 5 adet kaynak bölümünde de ortaya çıkan hafif uçan tozların taşınabilmesi için yeterli hava hızlarına ulaşılamadığı tespit edilmiştir.



Şekil 6. Çalışma alanı ile yakalama alanı arasındaki bağlantı

Şekil-6'da tanımlanan resimden de anlaşılacağı üzere lokal havalandırma da sadece hava hızları değil, aynı zamanda çalışma alanı ile yakalama alanı arasındaki mesafenin de uygun olması gerekmektedir. Çalışma alanının yakalama alanından uzaklaşması ile ortama, atık ısı ve kirlenici partiküller yayılacaktır.

Kaynak bölümünde yapılan ortam tozluluğu ölçüm sonucu Tablo 4.'de verilmiştir.

Tablo 4. Kaynak bölümünde ölçülen solunabilir toz miktarları

Ölçüm No	Solunabilir Toz Miktarı Sınır Değerleri	Ölçülen Solunabilir Toz Miktarı Değerleri
1	5,00 (mg/m <sup>3</sup> )	5,43 (mg/m <sup>3</sup> )

Kaynak bölümlerinde yapılan ölçümler sonucu bulunan solunabilir toz miktarı, ilgili kaynaklarda belirtilmiş olan sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir[6].

## ÇAPAKHANE BÖLÜMÜ



Şekil 7. Çapak alma bölümü



Çapak alma bölümünde, 800x1000 mm ebatlarında davlumbazlar ile çapak alma işlemi sırasında ortaya çıkan partiküllerin yayılmadan uzaklaştırılması hedeflenmiştir. Çapak alma işlemi sırasında, yüksek hızdaki 50 – 100 mikron büyüklüğünde partiküller ortaya çıkmaktadır.

Çapak hane bölümünde;

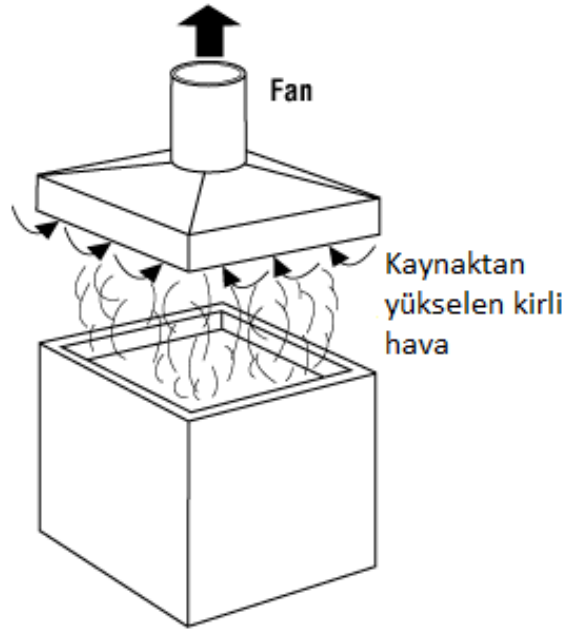
- Havalandırmanın çapak alma işlemi yapılan noktanın üstüne yerleştirilen alıcı tip davlumbaz ile sağlandığı belirlenmiştir.
- Davlumbazların, çapak alma işleminin gerçekleştirildiği tezgahtan 1,20 m yukarıya konumlandırıldığı belirlenmiştir.
- Davlumbazlar 12500 m<sup>3</sup>/h toplam kapasiteye sahip fana bağlanmıştır.

Çapak alma bölümündeki alıcı tip davlumbazlardan alınan hava hızı ölçüm sonuçları Tablo-5'de verilmiştir.

**Tablo 5.** Çapak alma bölümünde ölçülen hava hızları ve debiler

NO	DAVLUMBAZ ÖLÇÜSÜ (mm)	ÖLÇÜLEN HIZ (m/s)	DAVLUMBAZ ALANI (m <sup>2</sup> )	DEBİ (m <sup>3</sup> /h)
Ç1	800 * 1000	0,50	0,8	1440
Ç2	800 * 1000	0,70	0,8	2016
Ç3	800 * 1000	0,80	0,8	2304
Ç4	800 * 1000	0,40	0,8	1152
Ç5	800 * 1000	0,70	0,8	2016
Ç6	800 * 1000	0,60	0,8	1728
Ç7	800 * 1000	0,40	0,8	1152
Ç8	800 * 1000	0,30	0,8	864
			<b>TOPLAM DEBİ</b>	<b>12672</b>

İlgili kaynaklarda kendine ait hızı çok büyük olan işlemler için emiş menfezindeki toplama hızı 1 - 2 m/s aralığında olması gerektiği tanımlanmıştır[1]. Ölçüm yapılan 8 adet çapak alma bölümünde de ortaya çıkan partiküllerin taşınabilmesi için yeterli hava hızlarına ulaşılamadığı tespit edilmiştir.



Şekil 8. Alıcı davlumbaz örneği

Şekil-8'de örneği verilen çapak alma bölümündeki alıcı davlumbazlar genellikle, ısıtma proseslerinde kirlenici kaynağın üzerinde yerleştirilir. Alıcı davlumbazın, emisyon kaynağı ile arasına çalışan gelmeyecek şekilde konumlandırılması gerekmektedir. Aksi takdirde çalışanların kirlenmiş hava ile teması gerçekleşeceğinden dolayı insan sağlığı açısından ciddi risklere sebep olur. Çapak alma bölümünde toz maskesi gibi iş güvenliği ekipmanları kullanılıyor olmasına rağmen alıcı davlumbaz yerine yatay yönde yakalayıcı davlumbaz veya akrobat kollu emiş menfezlerinin kullanılması çalışan sağlığı açısından daha uygun olacaktır.

Çapak alma bölümünde yapılan ortam tozluluğu ölçüm sonucu Tablo-6'da verilmiştir.

Tablo 6. Çapak alma bölümünde ölçülen solunabilir toz miktarları

Ölçüm No	Solunabilir Toz Miktarı Sınır Değerleri	Ölçülen Solunabilir Toz Miktarı Değerleri
1	5,00 (mg/m <sup>3</sup> )	6,42 (mg/m <sup>3</sup> )

Çapak alma bölümlerinde yapılan ölçümler sonucu bulunan solunabilir toz miktarı, ilgili kaynaklarda belirtilmiş olan sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir[6].

## ERGİTME OCAKLARI BÖLÜMÜ

Ergitme ocakları bölümünde, 1600 mm çapında dairesel kesitli davlumbazlar ile ergitme işlemi sırasında ortaya çıkan ısı, duman ve partiküllerin yayılmadan uzaklaştırılması hedeflenmiştir.



Şekil 9. Ergitme ocakları bölümü

Ergitme ocakları bölümünde;

- Havalandırmanın ergitme ocağı üstüne yerleştirilen davlumbaz ile sağlandığı belirlenmiştir.
- Davlumbazların, ergitme ocağından 1,80 m yukarıya konumlandırıldığı belirlenmiştir.
- Davlumbazlar 9000 m<sup>3</sup>/h toplam kapasiteye sahip fana bağlanmıştır.

Ergitme ocakları bölümündeki alıcı tip hareketli davlumbazlardan alınan hava hızı ölçüm sonuçları Tablo-7'de verilmiştir.

Tablo 7. Ergitme ocakları bölümünde ölçülen hava hızları ve debiler

NO	Davlumbaz Ölçüsü (mm)	Ölçülen Hz (m/s)	Davlumbaz Alanı (m <sup>2</sup> )	Debi (m <sup>3</sup> /h)
D1	ÇAP 1600	0,8	2	5787
D2	ÇAP 1600	0,3	2	2160
<b>TOPLAM DEBİ</b>				<b>7947</b>

İlgili kaynaklarda kendine ait hızı düşük olan işlemler için emiş menfezindeki toplama hızı 0,25 – 0,50 m/s aralığında olması gerektiği tanımlanmıştır[1]. Ölçüm yapılan 2 adet ergitme ocağı bölümünde de ortaya çıkan partiküllerin taşınabilmesi için yeterli hava hızlarına ulaşıldığı tespit edilmiştir. Bu bölümde kullanılan alıcı davlumbazlardaki hava hızının yüksek seçilmesi ergitme ocağının üst bölümünün çabuk soğumasına ve enerji maliyetinin artmasına, hava hızının düşük seçilmesinin ise ortaya çıkan ısı, duman küçük partiküllerin yakalanamamasına sebep olacağından hava hızlarının uygun seçilmesi önem kazanmaktadır.

Ergitme ocakları bölümünde yapılan ortam tozluğu ölçüm sonucu Tablo-8'de verilmiştir.

Tablo 8. Ergitme ocakları bölümünde ölçülen solunabilir toz miktarları

Ölçüm No	Solunabilir Toz Miktarı Sınır Değerleri	Ölçülen Solunabilir Toz Miktarı Değerleri
1	5,00 (mg/m <sup>3</sup> )	6,52 (mg/m <sup>3</sup> )

Çapak alma bölümlerinde yapılan ölçümler sonucu bulunan solunabilir toz miktarı, ilgili kaynaklarda belirtilmiş olan sınır değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir[6].

## SONUÇ

Endüstriyel tesislerde havalandırma sistemi tasarlanması sırasında öncelikle;

- Üretim süreci ve iş akışı
- Bina tasarımı
- İklim şartları
- Üretim sürecinde ortaya çıkabilecek ısı, duman ve partiküllerin tespiti
- İhtiyaç duyulan ortam hava koşulları

tespit edilmelidir. İhtiyaç duyulan tekil veya karma havalandırma sistemlerine karar verilmesinden sonra;

- Her bir kirletici kaynağın konumu
- Her emisyon kaynağının maruziyete katkısı
- Emisyon kaynakları ile çalışanların etkileşimi

dikkate alınarak havalandırma sisteminin detayları tasarlanmalıdır.

İncelediğimiz çelik döküm tesisi gibi kirletici kaynaklarının çok olduğu bir işletmede, kirletici partikülleri kaynağında yakalayan lokal havalandırma sistemleri ile ortam havası içerisindeki partikül oranını azaltan genel havalandırma sistemlerinin ortaklaşa tasarlanması uygun havalandırma koşullarını oluşmasını sağlar. Sistemin bakımının düzenli yapılması, sistem üzerinde yapılacak değişikliklerin önceden hesaplarının yapılarak uzman kişilerce tasarlanması, periyodik kontrollerinin uzman kuruluşlarca yapılıp kayıt altına alınması, genel havalandırma ile ortama yayılacak kirleticilerin açıkta tutulmaması, kurulan havalandırma sisteminin işlevselliğinin sürmesini sağlamaya katkı koyacaktır. İncelediğimiz tesiste, periyodik bakım ve kontrollerin düzenli yapılmamış olması, işletmenin ihtiyaçları doğrultusunda yeni bölümler ilave edilmesi sonucu havalandırma sistemindeki değişikliklerin uygun yapılmamış olması, kirleticilerin açık alanda ortada bırakılması ve kapı ve pencerelerden doğal havalandırma sağlandığı için ortamdaki hava hızlarının ve yönlerinin kontrol altına alınamaması solunabilir toz miktarı değerlerinin yüksek çıkmasına ve emiş ağızlarındaki toplama hızlarının düşük olmasına sebep olmuştur.

## KAYNAKLAR

- [1] Recknagel-SprengerSchramekIsıtma+Klima Tekniği El Kitabı
- [2] Isısan Çalışmaları No:305 Klima Tesisatı – Makina Yük.Müh.Rüknettin KÜÇÜKÇALI
- [3] TS 3419 Havalandırma ve İklimlendirme Tesisleri Projelendirme Kuralları
- [4] TS 3420 Havalandırma ve İklimlendirme Tesislerini Yerleştirme Kuralları
- [5] İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik
- [6] Tozla Mücadele Yönetmeliği

## ÖZGEÇMİŞ

### Gürkan DURGUN

1975 yılı İzmir-Bayındır doğumludur. 1998 yılında SDÜ Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünü bitirmiştir. 2003 -2013 yılları arasında Makina Mühendisleri Odası İzmir Şubesinde görev yapmıştır. Halen İzmir Büyükşehir Belediyesi Etüd ve Projeler Daire Başkanlığında görev yapmaktadır.

