T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BREEAM ve LEED'de İÇ HAVA NİTELİĞİNE YÖNELİK ÖLÇÜTLERİN ENDÜSTRİ YAPILARI BAĞLAMINDA İRDELENMESİ

Dilara AÇIKEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Programı

Danışman

Doç.Dr. Gökçe TUNA TAYGUN

Kasım, 2019

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BREEAM VE LEED'de İÇ HAVA NİTELİĞİNE YÖNELİK ÖLÇÜTLERİN ENDÜSTRİ YAPILARI BAĞLAMINDA İRDELENMESİ

Dilara AÇIKEL tarafından hazırlanan tez çalışması 21.11.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Programı **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Gökçe TUNA TAYGUN
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Gökçe TUNA TAYGUN, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Polat DARÇIN, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr. Öğr. Üyesi Asutan SARP YALÇIN, Üye
Bursa Teknik Üniversitesi _____

Danışmanım Doç. Dr. Gökçe TUNA TAYGUN sorumluluğunda tarafımca hazırlanan BREEAM ve LEED'de İç Hava Niteliğine Yönelik Ölçütlerin Endüstri Yapıları Bağlamında İrdelenmesi başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Dilara AÇIKEL

İmza

Bana okumayı öğreterek ilk tuğlayı koyan

Babama,

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans öğrenim hayatım ve tez yazım süreci boyunca, fikirleri ile bana yol gösteren, bilgi birikimi, pozitif enerjisi ve sabrı ile tezimi gelişmesi süresince bana destek olan danışmanım değerli Gökçe Tuna Taygun'a,

Tecrübelerini, fikirlerini, yardımlarını ve desteğini benimle paylaşmaktan çekinmeyen Sayın İsmail Hakkı Şahin'e,

Süreç boyunca güzel düşünceleri ve destekleri ile yanımda olan sevgili kardeşlerim İsmail Açıkel ve Özge Çakır Açıkel'e,

Hayatımın bütün evrelerinde, bana istediğim ve emek verdiğim herşeyi yapabileceğim inancını aşılayan ve destek olan çok sevdiğim annem Sermin Açıkel ve babam Abdullah Açıkel'e,

Tez yazım süreci boyunca öneri, güzel düşünceleri ve desteği ile yanımda olan tüm dostlarıma teşekkür ederim.

Dilara AÇIKEL

İÇİNDEKİLER

SİMGE LİSTESİ viii

KISALTMA LİSTESİ xii

TABLO LİSTESİ xiv

ÖZET xv

ABSTRACT xvii

1 Giriş 1

1.1 Literatür Özeti ... 1

1.2 Tezin Amacı ... 6

1.3 Hipotez ... 7

2 Endüstri Yapıları 8

2.1 Endüstri Yapılarının Özellikleri ... 8

2.1.1 Fonksiyonel Özellikler ... 9

2.1.2 Yapım Sistemi Özellikleri ... 9

2.2 Endüstri Üretimi Yapılan Yapıların Sınıflandırılması ... 9

3 Endüstri Yapılarında İç Hava Niteliği 14

3.1 Endüstri Yapılarında Ortaya Çıkabilecek Potansiyel İç Hava Kirleticileri ve Kaynakları ... 15

3.1.1 Endüstri Yapılarında Ortaya Çıkabilecek Üretim Kaynaklı Potansiyel Kirleticiler ... 15

3.1.2 Endüstri Yapılarında Ortaya Çıkabilecek Üretim Dışı Potansiyel Kirleticiler ... 19

3.2 Endüstri Yapılarında Ortaya Çıkabilecek Başlıca İç Hava Kirleticilerinin Tanımlanması Kullanıcı Sağlığı Üzerindeki Etkileri ... 19

3.2.1 Gaz Formundaki Kirleticiler ... 20

3.2.2 Parçacık Formundaki Kirleticiler ... 22

3.3 Endüstri Yapılarında İç Hava Niteliğini Etkileyen Diğer Etmenler ... 24

3.3.1 İç Ortam Sıcaklığı ve Nem ... 25

3.3.2 Elektroiklimsel Kirlilik 26
3.3.3 Koku 27
4 BREEAM ve LEED'de İç Hava Niteliğine Yönelik Ölçütlerin Endüstri Yapıları Bağlamında İrdelenmesi 28
4.1 Yeşil Yapı Sertifika Sistemleri 29
4.1.1 BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) Sistemi 29
4.1.2 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Sistemi 34
4.2 Ölçütlere Dayalı Yeşil Yapı Değerlendirme Sistemlerinden BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1'in Değerlendirme ve Sertifika Süreçlerinin Karşılaştırılması 37
4.3 BREEAM ve LEED Sistemlerinin İç Hava Niteliği Ölçütlerinin İncelenmesi 38
4.3.1 BREEAM Sağlık ve Konfor Ana Ölçütü 39
4.3.1.1 İç Hava Niteliği 39
4.3.1.2 Isıl Konfor 43
4.3.2 LEED İç Ortam Niteliği Ana Ölçütü 45
4.3.2.1 Minimum İç Hava Niteliği Performansı 45
4.3.2.2 Çevresel Sigara Dumanı Kontrolü 46
4.3.2.3 İleri İç Hava Niteliği 46
4.3.2.4 Düşük Emisyonlu Malzemeler 49
4.3.2.5 İnşaatta İç Hava Niteliği Yönetimi 52
4.3.2.6 İç Hava Niteliği Değerlendirmesi 53
4.3.2.7 Isıl Konfor 54
4.4 BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 Sistemlerinin İç Hava Niteliği, Malzeme Emisyonlarıı ve Isıl Konfor Ölçütlerinin Karşılaştırılması 55
4.4.1 BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 Sistemlerinin İç Hava Niteliği Ölçütlerinin Karşılaştırılması 55
4.4.2 BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 Sistemlerinin Malzeme Emisyonları Ölçütlerinin Karşılaştırılması 64
4.4.2 BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 Sistemlerinin Isıl Konfor Ölçütlerinin Karşılaştırılması 65
5 Sonuç ve Öneriler 66
Kaynakça 70
Tezden Üretilmiş Yayınlar 85

SİMGE LİSTESİ

Al	Alüminyum
NH_3	Amonyak
Ar	Argon
As	Arsenik
AsH_3	Arsin
CH_3COOH	Asetik asit
C_2H_2	Asetilen
C_3H_6	Aseton
N_2	Azot
NO_2	Azot dioksit
NO	Azot monoksit
NO_x	Azot oksitler
Cu	Bakır
Ba	Baryum
C_6H_6	Benzen
$C_7H_6O_2$	Benzoik asit
B	Bor
H_3BO_3	Borik asit
C_4H_{10}	Bütan
Hg	Cıva
Zn	Çinko
$Zn_3(PO_4)_2$	Çinko fosfat
$Zn(OH)_2$	Çinko hidroksit
$ZnCl_2$	Çinko klorit
F	Demir
$FePO_4$	Demir fosfat
$(C_2H_5)_2O$	Dietil eter
CH_2Cl_2	Diklorometan
C_2H_6	Etan
C_2H_5OH	Etanol – Etil alkol
R-O-R	Eter

$C_8H_{10}O$	Etil fenol
$C_2H_6O_2$	Etilen glikol
C_2H_4O	Etilen oksit
F	Fahrenhayt
C_6H_5OH	Fenol
$C_{20}H_{14}O_4$	Fenolftalein
CHF_2Cl	Freon
CH_2O	Formaldehit
CH_2O_2	Formik asit
$COCl_2$	Fosgen
PH_3	Fosfin
P	Fosfor
H_3PO_4	Fosforik asit
$C_3H_8O_2$	Glikol
Ag	Gümüş
$AgNO_3$	Gümüş nitrat
C_6H_{14}	Hekzan
HCl	Hidroklorik asit
H_2	Hidrojen
HF	Hidrojen florür
H_2O_2	Hidrojen peroksit
HCN	Hidrojen siyanür
H_2S	Hidrojen sülfür
C_3H_8O	İzopropil alkol
Cd	Kadmiyum
Sn	Kalay
$CaSO_4$	Kalsiyum sülfat
CO_2	Karbondioksit
CO	Karbon monoksit
K	Kelvin
Cl_2	Klor
$CHCl_3$	Kloroform
Co	Kobalt
Cr	Krom

C_8H_{10}	Ksilen
Pb	Kurşun
S	Kükürt
SO_2	Kükürtdioksit
SO	Kükürt monoksit
SO_x	Kükürt Oksitler
$C_3H_6O_3$	Laktik asit
Li	Lityum
Mg	Magnezyum
$MgCO_3$	Magnezyum karbonat
MgO	Magnezyum oksit
Mn	Manganez
Met	Metabolizma Hızı
CH_4	Metan
CH_3O_H	Metanol
CH_2Cl_2	Metilen klorür
C_4H_8	Metil etil keton
m	Metre
m^2	Metrekare
m^3	Metreküp
$\mu g/m^3$	Metreküp başına mikrogram
mg/m^3	metreküp başına milligram
µ	Mikron
Mg	Miligram
µm	Milimetrenin Binde Biri
Mrem	Milirem
$C_{10}H_8$	Naftalin
Ni	Nikel
NO_3	Nitrat
HNO_3	Nitrik asit
NO_2	Nitrit
O_2	Oksijen
O_3	Ozon
C_5H_{12}	Pentan

C_3H_8	Propan
C_3H_6	Propilen
$K_2Cr_2O_7$	Potasyum dikromat
KOH	Potasyum hidroksit
K_2CrO_4	Potasyum kromat
KCl	Potasyum klorür
KNO_3	Potasyum nitrat
Rn	Radon
S	Saniye
S^2	Saniye kare
°C	Santigrat derece
Se	Selenyum
$C_6H_8O_7$	Sitrik asit
Cn	Siyanür
$C_7H_5NaO_2$	Sodyum benzoat
NaOH	Sodyum hidroksit
NaClO	Sodyum hipoklorit
Na_2CO_3	Sodyum karbonat
$N_2S_2O_5$	Sodyum metabisülfit
$NaNO_2$	Sodyum nitrit
Na_2SO_4	Sodyum sülfat
SbH_3	Stibin
C_8H_8	Stiren
SO_4^2	Sülfat
SO_2	Sülfür dioksit
H_2SO_4	Sülfürik asit
C_2Cl_4	Tetrakloretilen
C_2HC_3	Trikloretilen
$C_{12}H_{12}O_6$	Trimetil benzen
C_7H_8	Tolüen
CH_4N_2O	Üre
$PM_{0.1}$	0,1 µm veya daha küçük çaplı parçacıklar
$PM_{2.5}$	2,5 µm veya daha küçük çaplı parçacıklar
PM_1	1 µm veya daha küçük çaplı parçacıklar

KISALTMA LİSTESİ

AGBB	Ausschuss für die Gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten Yapı Ürünlerinin Sağlığı Değerlendirme Komitesi
AHRI	Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute Isıtma, Soğutma ve İklimlendirme Enstitüsü
ANSI	American National Standards Institute Amerika Ulusal standartlar Enstitüsü
ASHRAE	The American Society of Heating, Refrigeration and Air - Conditioning Engineers Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Topluluğu
ASTM	American Society of Testing and Materials Amerikan Test Etme Topluluğu
ATCM	Composite Wood Products Airborne Toxic Control Measure Kompozit Ahşap Ürünleri Toksik Madde Kontrol Önlemleri
BIFMA	Business and Institutional Furniture Manufacturers Association Ticari ve Kurumsal Mobilya Üreticileri Birliği
BRE	Building Research Establishment İngiltere Yapı Araştırma Kurumu
BREEAM	Building Research Establishment Environmental Assesment Method İngiltere Yapı Araştırma Kurumu Çevre Değerlendirme Yöntemi
CARB	The California Air Resources Board Kaliforniya Hava Kaynakları Kurulu
Casbee	Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency Yapı Çevresel Etkinlik Değerlendirme Sistemi
CEEQUAL	The Civil Engineering Environmental Quality Assessment İnşaat Mühendisliği Çevresel Kalite Yöntemi
CEN	European Committee for Standardization Avrupa Standartlar Organizasyonu
CIBSE	Chartered Institution of Building Services Engineers Yapı Hizmetleri Mühendisleri Odası
CPDH	California Department of Public Health Kaliforniya Halk Sağlığı Departmanı
ÇEDBİK	Çevre Dostu Yeşil Yapılar Derneği
DNA	Deoksiribo Nükleik Asit
EN	European Standards Avrupa Standartları

EPA	Environmental Protection Agency Amerikan Çevre Koruma Örgütü
GBCI	Green Building Certification Institue Yeşil Yapı Sertifikalandırma Enstitüsü
HVAC	Heating Ventilating and Air Conditioning Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri
IEC	The International Electrotechnical Commission Uluslararası Elektroteknik Komisyonu
ISO	International Organization for Standardization Uluslararası Standartlar Teşkilâtı
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik
PM	Particulate Matter Partikül Madde
PMV	Predictive Mean Note Tahmin Edilen Ortalama Isıl Duyum
PPD	Percentage People Dissatisfied Tahmini Memnuniyetsizlik Yüzdesi
PPM	Parts Per Million Milyonda Bir
SMACNA	Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association Sac Levha ve İklimlendirme Ulusal Müteahhitler Birliği
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
TSCA	The Toxic Substances Control Act Toksik Maddelerin Kontrolü Kanunu
TVOC	Total Volatile Organic Compound Toplam Uçucu Organik Bileşikler
USGBC	United States Green Building Council Amerika Yeşil Yapılar Konseyi
VOC	Volatile Organic Compound Uçucu Organik Bileşikler
WHO	World Health Organization Dünya Sağlık Örgütü
WGBC	World Green Building Council Dünya Yeşil Yapı Konseyi

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Endüstri Üretimi Yapan Yapıların Üretim Türüne Göre Sınıflandırılması ve Üretim Süreçleri Sırasında Yapılan İşlemler.....11

Tablo 3.1 Endüstri Yapılarında Üretim Kaynaklı Oluşabilecek Potansiyel Kirleticiler 16

Tablo 3.2 Endüstri Yapılarında Üretim Dışı Kirleticiler ve Kaynakları 19

Tablo 3.3 Makine Sanayinde Çalışan Bir İşçinin Yaptığı İşe Göre Metabolik Aktivite Düzeyleri 25

Tablo 3.4 İşletmelerde Üretime Bağlı Olarak Talep Edilen İç Ortam Bağıl Nem Değerleri.....26

Tablo 4.1 BREEAM U+YY-2016 Ana Ölçütleri ve Elde Edilebilecek En Yüksek Yüzdelik Başarı Oranları 32

Tablo 4.2 BREEAM Sistemi Yüzdelik Başarı Puanları ve Derecelendirme.....32

Tablo 4.3 BREEAM Sistemi Ana ve Alt Ölçütleri ve Endüstri Yapılarında İç Hava Niteliği ile İlgililik Durumları 32

Tablo 4.4 LEED Sistemi'nde Alınan Puanlara Göre Derecelendirme.....35

Tablo 4.5 LEED YT+İ Yeni Yapılar Ana Ölçütleri ve Elde Edilebilecek En Yüksek Puanlar 35

Tablo 4.6 LEED YTİ+YY-4.1 Ana ve Alt Ölçütleri ve İç Hava Niteliği ile İlgililik Durumları 36

Tablo 4.7 BREEAM ve LEED Sistemlerinin Değerlendirme Yöntemleri ve Sertifika Süreçlerinin Karşılaştırılması 37

Tablo 4.8 Gerçekleştirilen Düşük Emisyonlu Ürün Kategorisi ve Alınabilecek Puanlar.....49

Tablo 4.9 Partikül Maddeler ve İnorganik Gazlar.....54

Tablo 4.10 Uçucu Organik Bileşikler 54

Tablo 4.11 BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 Sistemlerinin İç Hava Niteliği Ölçütlerinin Karşılaştırılması. 56

Tablo 4.12 Endüstri Yapılarında Ortaya Çıkabilecek Potansiyel Kirleticilerden BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 Tarafından Değerlendirilenler 58

Tablo 4.13 BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 Sistemlerinin Malzeme Emisyonları Ölçütlerinin Karşılaştırılması 64

Tablo 4.14 BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1'in ısıl konfor ölçütlerinin karşılaştırılması 65

ÖZET

BREEAM ve LEED'de İç Hava Niteliğine Yönelik Ölçütlerin Endüstri Yapıları Bağlamında İrdelenmesi

Dilara AÇIKEL

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Gökçe TUNA TAYGUN

18. yüzyılda buharlı makinelerin icadı ile başladığı kabul edilen Endüstri Devrimi'ni takip eden gelişmeler, çoklu üretime geçilmesi ve bunun sonucu olarak endüstri yapısı kavramının oraya çıkmasına neden olurken; köyden kente göç, hızlı nüfus artışı, doğal kaynakların kontrolsüzce azalması gibi pek çok sorunu da beraberinde getirmiştir. Belirli bir veya birden fazla ürünün üretilmesi amacıyla tasarlanan endüstri yapıları; 18. yüzyıldan itibaren sürekli gelişim göstermiş, kullanılan malzemeler, işlevler ve endüstri yapılarından beklentilerde değişiklikler meydana gelmiştir. 1970'li yıllardan sonra ortaya çıkan ve bir şeyin sürekliliğinin devam etmesi anlamına gelen sürdürülebilirlik kavramı ise gerek endüstri üretimi gerekse endüstri yapılarında karşılık bulmuştur.

Yapıların sürdürülebilirlik derecelerini değerlendirmek amacıyla oluşturulan ölçütlere dayalı yeşil yapı değerlendirme sistemleri yapıları; enerji, ulaşım, suyun verimli kullanımı, yönetim, malzeme, atık yönetimi, arazi kullanımı ve iç hava

niteliğini konularında değerlendirmektedir. Bu çalışma; ölçütlere dayalı yeşil yapı değerlendirme sistemlerinden güncel olarak kullanılan ve en çok endüstri yapısının değerlendirildiği BREEAM ve LEED sistemlerinin ilgili versiyonlarının iç hava niteliği ölçütlerini endüstri yapıları bağlamında irdelemek, birbirleri ile kıyaslamak ve yapı kullanıcılarının sağlıkları üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yapılmıştır.

Çalışma kapsamında;

- Endüstri yapılarının gelişimi ve özellikleri incelenmiş, bu yapılar üretim türlerine göre sınıflandırılmış,
- Üretim türüne göre sınıflandırılan endüstri yapılarında; ortaya çıkabilecek potansiyel kirleticiler tanımlanmış,
- Endüstri yapılarında ortaya çıkabilecek başlıca iç hava kirleticilerinin özellikleri ve insan sağlığı üzerindeki etkileri açıklanmış,
- Ölçütlere dayalı yeşil yapı sertifika sistemlerinden BREEAM Uluslararası Yeni Yapılar 2016 ve LEED Yapı Tasarımı ve İnşaatı Yeni Yapılar Versiyon 4.1'in iç hava niteliği ölçütleri incelenmiş ve birbiri ile kıyaslanmış,
- BREEAM U+YY-2016 ve LEED YT+İ-4.1 sistemlerinin endüstri yapılarında üretim kaynaklı ortaya çıkan kirleticilerden hangilerini iç hava niteliği ölçütleri bağlamında değerlendirdiği irdelenmiştir.

Çalışma sonucunda; BREEAM U+YY-2016 ve LEED YT+İ-4.1 sistemlerinin; yapı malzemeleri kaynaklı kirleticilerin bir kısmını ölçütleri kapsamında değerlendirirken, üretim kaynaklı kirleticilerin hiçbirini değerlendirmediği gözlemlenmiş ve BREEAM ile LEED sistemlerinin iç hava niteliği ölçütlerinin endüstri yapıları bağlamında geliştirilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Endüstri yapıları, BREEAM, LEED, iç hava niteliği, endüstri yapılarında iç hava niteliği

ABSTRACT

Examination of the Indoor Air Quality Criteria in BREEAM and LEED in the Context of Industrial Buildings

Dilara ACIKEL

Department of Architecture

MSc. Thesis

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Gokce TUNA TAYGUN

The Industrial Revolution, which began with the invention of steam engines in the 18th century, has been one of the most important milestones of humanity. The developments following the Industrial Revolution have brought the concept of industrial buildings to come into life, as well as migration from rural to urban areas, rapid population growth and uncontrolled decrease in natural resources. Industrial buildings shown continuous improvement and changes since the 18th century. The concept of sustainability, which emerged after the 1970s, was corresponded in both industrial production and industrial buildings.

Criteria based green building evaluation systems which established to evaluate the sustainability of the buildings, also evaluate the indoor air quality of the buildings. This study aims to investigate the indoor air quality criteria of BREEAM and LEED in the context of industrial buildings, to compare with each other and to examine the effects of occupant health.

Within the scope of this study;

- The progress and the qualifications of industrial buildings have been examined, and classified according to production types,
- The production, occupant acts, construction material and external environment sourced pollutants in industrial buildings have defined and their effects on human health explained,
- The indoor air quality criteria of the BREEAM International New Construction 2016 and LEED Building Design and Construction Version 4.1 have defined and compared with each other,
- BREEAM I+NC 2016's and LEED BD+C-4.1's indoor air quality criteria have evaluated in the scope of production sourced indoor air pollutants in industrial buildings.

As a result of this study; it was observed that BREEAM I+NC 2016 and LEED BD+C-4.1 systems are evaluating some of the construction materials sourced pollutants. But none of the production sourced pollutants have been evaluated. In the last chapter of this study, recommendations have made for improving indoor air quality criteria in BREEAM and LEED in the context of industrial buildings.

Keywords: Industrial building, BREEAM, LEED, indoor air quality, indoor air quality in industrial buildings

1
Giriş

1.1 Literatür Özeti

İnsan, homo faberden (alet yapan insan), homo sapiens'e giden yolda üretmiş, doğaya egemen olmaya çalışmış ve doğayı dönüştürerek kendine hizmet eden bir dünya yaratma amacı gütmüştür. Paleotik devirle toplu halde yaşamaya başlayan insan; kendine yeni yerleşim yerleri inşa etmiş ve üretim anlayışı toplumsal boyuta taşınmıştır. İnsanlık tarihindeki gelişmeler üretim sistemlerinin gelişmesi ile doğru orantılı olarak ilerlemiş ve endüstri yapıları da bu gelişmelere paralel olarak değişimler göstermiştir. Ancak modern endüstri yapılarının ortaya çıkması buharlı makinelerin icadı ve Endüstri Devrimi ile mümkün olmuştur. Üretimin fabrikalara taşınmaya ve makineleşmeye başladığı bu dönem Birinci Endüstri Devrimi olarak adlandırılır. Bu dönemi üretimin serileşmesi ile başlayan İkinci Endüstri Devrimi ve otomasyon sistemlerinin kullanıldığı Üçüncü Endüstri Devrimi takip etmiştir. Her dönemin ihtiyaçlarına göre şekillenen endüstri yapıları, Üçüncü Endüstri Devrimi ile daha karmaşık yapılar haline gelmiş ve tasarımlarında insan faktörü de dikkate alınmaya başlamıştır. Yapılan literatür çalışmasında endüstri yapılarının farklı yönlerden inceleyen pek çok çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmalara;

- Sarı tarafından hazırlanan; endüstri yapılarının mimari ve yapısal planlama ilkelerinin açıklandığı, bu yapılarda tasarım, planlama, uygulama ve uygulama sonrası ortaya çıkabilecek sorunlar için çözümler tanımlandığı ve bu sorunların seçilen model alanda irdelemesinin yapıldığı yüksek lisans tez çalışması [1],
- Yiğit Akı tarafından hazırlanan; endüstri yapılarının tipolojik özelliklerinin tanımlandığı ve endüstri yapılarının tasarımında esneklik ilkesinin açıklandığı yüksek lisans tezi [2] ve
- Kızıltepe tarafından yapılmış olan birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü dönem endüstri yapılarında çalışan konforunun; boyutsal, işitsel, iklimsel ve görsel konfor ile güvenlik başlıkları altında incelendiği yüksek lisans çalışması [3]

örnek olarak verilebilir.

1970'li yıllarda meydana gelen petrol krizi nedeniyle uygulanan sıkı enerji tasarruf politikaları, iç hava niteliğinde önemli sorunlar meydana gelmesine sebep olmuş bunun sonucu olarak iç hava niteliği ve iç hava niteliği kaynaklı kullanıcı sorunları konularında pek çok araştırma yapılmaya başlanmıştır. İç hava niteliği ile alakalı olarak yapılan çalışmalara;

- Yamantürk tarafından hazırlanan ve tehlikeli maddelerin iç hava niteliği ve insan sağlığı açısından risk değerlendirmesi yapılması amacıyla bir model geliştirilen yüksek lisans tezi [4],
- Vural tarafından hazırlanan ve yapı içi hava niteliği risk süreci belirlenmesi için bir model oluşturmayı amaçlayan doktora tezi [5],
- Gengeç tarafından hazırlanan; işçi sağlığı ve işçi güvenliği açısından hava ve gürültü kirliği konusunu çevre bağlamında ele alan yüksek lisans tezi [6],
- Kurutaş tarafından hazırlanan; bir metal endüstrisinde yer alan kirletici konsantrasyonlarını belirlendiği ve iç hava koşullarının iyileştirilmesi için öneriler sunulan çalışma [7],
- Çakır tarafında hazırlanan; on farklı işyerinde uçucu organik bileşik yoğunluğunun ölçüldüğü ve iç ortamdaki kirletici miktarlarının saptanmaya çalışıldığı yüksek lisans tezi [8],
- Mollaoğlu ve Tuncay Özkan tarafından hazırlanan ve bir çimento fabrikasında çalışan işçilerin KOAH risk faktörlerini değerlendirildiği [9] makale,
- Motör tarafından iş sağlığı programı kapsamında hazırlanan; tekstil atölyelerinde iç ortam niteliği ve çalışan sağlığı ilişkisini irdeleyen [10] yüksek lisans tezi,
- Saraga ve diğerleri tarafından hazırlanan; müze, basım atölyesi ve bir ofisteki ana iç hava kirleticilerinin belirlenmesini amaçlayan çalışma [11],
- Melikov ve Kaczmarczyk tarafından hazırlanan ve 124 deneğin katılımıyla gerçekleştirilen; hava hareketi ve algılanan hava kalitesinin hasta bina sendromu belirtilerinin ortaya çıkışı üzerindeki etkilerinin ölçülmesi için yapılan çalışma [12],

- Gökçen tarafından hazırlanan; bir boya üretim tesisinde iç ortam hava kirleticilerinin ve konsantrasyonlarının çalışanlar üzerindeki sağlık etkilerini irdelendiği çalışma [13]

örnek olarak verilebilir.

2000'li yıllara gelindiğinde ise; müşteri beklentilerinin değişmesi, ülkeler arası ticari sınırların kalkması, üretim süreçlerinin karmaşıklaşması gibi etkiler yeni bir endüstri üretimi anlayışı doğmasına neden olmuş ve Dördüncü Endüstri Devrimi ortaya çıkmıştır [14]. Bu dönemde ortaya çıkan yapılar; üretimde verimliliği artırab, kullanıcılarının fiziksel ve sosyal ihtiyaçlarını karşılayan, çevreye duyarlı ve sürdürülebilir yapılar olma amacı taşımaktadır.

Sürdürülebilirlik kavramı; ilk olarak Brutland Raporu'nda [15] "sürdürülebilir kalkınma" tabiri ile ortaya çıkmış mimarideki karşılığı sürdürülebilir/yeşil yapılar olmuştur. Yapıların sürdürülebilirlik düzeyleri farklı yöntemlerde yardımıyla değerlendirilebilir. Yeşil yapı sertifika sistemleri; yapıların sürdürebilirlik düzeylerini belirli ölçütler yardımıyla değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş sistemlerdir. Yapılan araştırmalar sonucunda yeşil yapı sertifika sistemlerinin farklı yönlerden irdelendiği pek çok çalışmaya rastlanmıştır. Bu çalışmalara;

- Erten, Anderson ve Kobaş tarafından hazırlanan ve Türkiye için özgün bir yeşil yapı sertifikası oluşturulması gerekliliğini, mevcut yeşil yapı sertifikalarını inceleyerek sorgulayan makale [16],
- Akça'nın LEED (Leadership in Energy and Environmental Design – Enerji ve Çevre Dostu Tasarımda Liderlik) Sistemi tarafından oluşturulan ölçütleri; tasarım ölçekleri, kavramsal yapı ve kaynak kullanımı düzeylerinde değerlendirerek, bu düzeylerle olan ilişkisinin tutarlılığının ölçtüğü çalışma [17],
- Sırkıntı tarafından hazırlanan ve LEED Sistemi'ne, ISO (International Organization for Standardization – Uluslararası Standartlar Teşkilatı) 14001 Çevre Yönetim Sistemi ve Green Advantage (Yeşil Yıldız) Sertifika Sistemleri'nden yararlanarak yeni krediler önerisinde bulunan yüksek lisans tezi [18],

- Görgün'ün (2012); BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assesment Method – İngiltere Yapı Araştırma Kurumu Çevre Değerlendirme Yönetemi) ve LEED'i irdeleyerek Türkiye yeşil yapı sertifika sistemine yol haritası oluşturmayı amaçlayan çalışması [19],
- Bengü tarafından hazırlanan ve yeşil yapı sertifika sistemlerinin Türkiye'deki yapı üretim sürecine nasıl dahil oluklarını irdelemek ve yeşil yapı sertifika sistemlerinin Türkiye'ye özgü yeşil yapı sertifika sistemine yol haritasını oluşturmak amacıyla hazırlanan yüksek lisans tezi [20],
- Evci tarafından hazırlanan ve yeşil yapı sertifika sistemlerinin malzeme kategorisini irdeleyen çalışma [21],
- Canıtez'in; BREEAM, LEED, SbTool (Sustainable Building Tool – Sürdürülebilir Yapı Aracı) ve Casbee (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency - Yapı Çevresel Etkinlik Değerlendirme Sistemi) sertifika sistemlerini inceleyerek, Türkiye şartlarına uygun ve özgün bir yeşil yapı sertifika sistemi için değerlendirme ölçütleri önerileri oluşturduğu doktora tezi [22],
- Bulut tarafından hazırlanan; dünyada kullanılmakta olan yeşil yapı sertifika sistemleri ve Türkiye'de taslak olarak hazırlanan önerileri inceleyerek, Türkiye için yerel şartlara uygun bir yeşil yapı sertifika sistemi önerdiği yüksek lisans tez çalışması [23],
- Öztürk'ün; yeşil yapı gerekliliklerini, yeşil yapılar ile ilgili kuruluşları ve yeşil yapı sertifika sistemlerini analiz etmek için hazırladığı çalışma [24],
- Osmançelebioğlu'nun; sürdürülebilirlik kavramını mimari tasarımın ana parametrelerinden biri haline getirmek amacıyla hazırladığı çalışma [25],
- Gökbayrak tarafından hazırlanan ve LEED sertifikası almış yapıların farklı gelişmişlik seviyesine sahip ülkelerdeki sayıları, türleri ve sertifika modüllerini karşılaştırıldığı çalışma [26],
- Baştanoğlu (2017) tarafından hazırlanan; Türkiye ve Avrupa'da LEED Gold sertifikası almış 150 yapının gerçekleştirdikleri ölçütler bağlamında karşılaştırıldığı yüksek lisans tez çalışması [27]

örnek olarak gösterilebilir.

2018 yılında WGBC (World Green Building Council – Dünya Yeşil Yapı Konseyi) tarafından gerçekleştirilen ve dünya çapında 2078 mimar, mühendis, müteahhit, mülk sahibi, danışman ve yatırımcının katılımı ile gerçekleştirilen anket çalışmasında:

- Yeşil yapıların tercih edilmesinin sosyal nedeni olarak; iç hava niteliğinin artırılması ve kullanıcı sağlığının iyileştirilmesini teşvik etmesi %77'lik oranla ilk sırada yer alırken, çalışan verimliliğini arttırması %59'luk oranla üçüncü sırada yer almış,
- Yeşil yapıların tercih edilmesini tetikleyen nedenler irdelendiğinde ise daha sağlıklı yapılar %27'lik oranla üçüncü sırada almıştır [28].

Yeşil yapı sertifika sistemlerinde iç ortam niteliğine ve iç ortam niteliğinin bileşenlerine odaklanmış çalışmalara örnek olarak:

- Heerwagen'ın; yeşil yapıların iş performansı, organizasyonel verimlilik, müşteri memnuniyeti, karlılık, kullanıcı sağlığı, psikolojisi ve sosyal ilişkileri üzerindeki etkilerini irdelediği makale [29],
- Lee'nin; Amerika'da bulunan, LEED sertifikası ile değerlendirilmiş ve farklı dereceler almış yapıların iç hava niteliği ve ısıl konfor ölçütleri yeterliliklerini incelediği çalışma [30],
- Persily ve Emmerich tarafından hazırlanan ve sürdürülebilir, enerji performansı yüksek yapılardaki iç hava niteliğini arttırmak için önerilerde bulunan çalışma [31],
- Newsham ve diğerleri tarafından yapılan; anket ve ölçümler yapılması yoluyla sertifikalı yeşil yapıların iç ortam niteliği ile konvansiyonel yapıların iç ortam niteliğinin karşılaştırıldığı makale [32],
- Allen ve diğerlerinin; yeşil yapı tasarımının iç ortam niteliği üzerindeki etkilerini ircelemek amacıyla hazırladığı makale [33] ,
- Wei, Ramalho ve Mandin tarafından hazırlanan; yeşil yapı sertifika sistemlerinde iç ortam niteliği ölçütlerinin irdelendiği çalışma [34],
- Işık tarafından hazırlanan; LEED sertifikalı yapılarda, iç ortam niteliği parametrelerini kullanıcı memnuniyeti ve maliyet performansı bakımından değerlendiren yüksek lisans tezi [35],

- Holmgren, Kabanshi ve Sörqvist tarafından hazırlanan ve yeşil yapılarda, ısı değişimleri karşısında kullanıcıların verdiği psikolojik tepkileri analiz eden çalışma [36] ile
- Steinemann, Wargocki ve Rismanchi tarafından hazırlanan ve yeşil yapılarda iç ortam kalitesi kavramını 10 soru üzerinden açıklamaya çalışan makale [37]

gösterilebilir.

Bu çalışma kapsamında literatür özetinde yer verilen çalışmaların dışında; endüstri yapıları, yeşil yapılar ve iç hava niteliği kavramlarını içeren, farklı disiplinlerce hazırlanmış makaleler, yüksek lisans ve doktora tezleri ile elektronik ortamda yapılan araştırmalardan faydalanılmıştır.

Yapılan literatür çalışmaları sonucunda; endüstri yapılarını, endüstri yapılarında ortaya çıkan kirletici miktarlarını, yeşil yapı sertifika sistemlerini, farklı yapı tiplerinde iç ortam ve iç hava niteliğini ve kullanıcı konforunu, BREEAM ve LEED sisteminin farklı versiyonları ile değerlendirilen yapılarda iç hava niteliğini irdeleyen, farklı disiplinler tarafından gerçekleştirilmiş pek çok çalışmaya rastlanılmıştır. Ancak bu çalışmalar arasında BREEAM ve LEED ile değerlendirilmiş endüstri yapıları ve bu değerlendirme sistemlerinin endüstri yapılarına uygunluğunu irdeleyen çalışmaların sayısının yetersiz olduğu gözlemlenmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışma ile;

- Endüstri yapılarında iç hava niteliğinin önemine ve kullanıcı sağlığına olan etkilerine dikkat çekilmesi,
- Ürettikleri ürünler ve kullanılan hammaddeler nedeni ile kullanıcı sağlığı konusunda ciddi riskler oluşturabilen endüstri yapılarında üretim kaynaklı ortaya çıkabilecek potansiyel kirleticilerin belirlenmesi,
- Endüstri yapılarında iç hava niteliğini oluşturan etmenlerin tanımlanması,
- Yeşil yapı sertifika sistemlerinden endüstri yapılarının değerlendirildiği BREEAM ile güncel ve yaygın olarak kullanılan LEED sistemlerinin en güncel versiyonlarının iç hava niteliği değerlendirme ölçütlerinin analiz edilmesi ve geliştirilmesine yönelik öneriler sunulması

amaçlanmıştır.

1.3 Hipotez

Ölçütlere dayalı yeşil yapı sertifika sistemlerinden; BREEAM U+YY-2016 (Uluslarası Yeni Yapılar 2016) ve LEED YT+İ-4.1 (Yapı Tasarımı ve İnşaatı Versiyon 4.1)'in iç hava niteliğinin endüstri yapıları bağlamında incelendiği bu çalışma ile;

- Endüstri yapılarında sağlanması gereken iç hava niteliği gerekliliklerinin anlaşılması ve iyileştirilmesi konularına katkı sağlanabileceği,
- BREEAM ve LEED yeşil yapı sertifika sistemlerinin iç hava niteliği ölçütlerinin endüstri yapıları bağlamında geliştirilebileceği ve
- Bu sistemlerin endüstri yapılarının daha doğru ve etkili şekilde değerlendirilebileceği

varsayılmaktadır.

Bu çalışma; BREEAM U+YY-2016 ve LEED YT+İ-4.1 sistemlerinin iç hava niteliği ölçütleri ve endüstri yapıları ile sınırlandırılmıştır.

Bu çalışmanın ilk bölümünde; konu ile alakalı yapılmış olan literatür özeti, çalışmanın amacı, hipotez ve sınırlılıklar açıklanmış, ikinci bölümünde; endüstri yapılarının özellikleri ve endüstri üretimi yapan yapıların sınıflandırılması yapılmış, üçüncü bölümünde; endüstri yapılarında ortaya çıkabilecek kirleticiler ve kaynakları irdelenmiş, dördüncü bölümünde; BREEAM U+YY-2016 ve LEED YT+İ-4.1 iç hava niteliği ölçütleri açıklanmış ve birbiri ile karşılaştırılmış, beşinci bölümünde ise; BREEAM ve LEED sistemlerinin iç hava niteliği ölçütlerinin endüstri yapıları bağlamında geliştirilmesi için önerilerde bulunulmuştur.

2
Endüstri Yapıları

İnsanlık tarihi, toplumsal yaşamı derinden etkileyen ve köklü değişikliklere sebep olan iki önemli olaya sahne olmuştur. Bunların ilki Tarım Devrimi ikincisi ise Endüstri Devrimi'dir. Tarım yapan toplulukların ilki yaklaşık 12.000 yıl önce ortaya çıkmış ve tarımcılık faaliyetleri dünyanın farklı bölgelerinde, farklı şekillerde ve farklı zamanlarda gerçekleşmiştir. Tarım devriminin sonucu olarak; insanların vücut yapılarında değişimler oluşmaya başlamış, gezegendeki insan nüfusu artmış ve yerleşik hayata geçilerek ilk yerleşim yerleri oluşturulmaya başlanmıştır. İnsanlık tarihini derinden etkileyen ikinci olay ise; 1600'lü yılların sonunda İngiltere'de yünden üretilen eşyaların ihracatına başlanmasıyla temelleri atılan ve 1769 yılında James Watt'ın, buhar makinesini icat etmesiyle başladığı kabul edilen Endüstri Devrimi'dir. Buhar makinesinin icadını; demir-çelik, tekstil, matbaa ve ulaşım alanlarındaki gelişmeler takip etmiş ve böylece küçük aile işletmeleri ve dokuma tezgâhları yerini imalathaneler ve fabrikalara bırakmıştır.

Endüstri Devrimi, üretim anlayışının tamamen değişmesine neden olmuş ve endüstri yapısı denilen kavramı ortaya çıkarmıştır. Endüstri yapısı; "belirli bir ürünün gerçekleştirilmesi için belirli bir ulaşım sistemi içerisinde anapara, çalışan, makine, donatım, tesisat, araç, gereç vb. unsurların bağlı oldukları sistemin bir parçası olarak organize edilmesi, kolay, ekonomik ve başarılı bir biçimde işletilmesi amacıyla oluşturulan bir iş yeri yapısı [38]" olarak tanımlanabilir.

2.1 Endüstri Yapılarının Özellikleri

Endüstri yapılarının özellikleri:

- Fonksiyonel özellikler ve
- Yapım sistem özellikleri

olmak üzere iki ana başlık altında incelenebilir

2.1.1 Fonksiyonel Özellikler

Endüstri yapıları üretim süreçleri dolayısıyla oldukça karmaşık yapılarıdır. Genellikle hammaddenin temini ile başlayan ve ürünün paketlenip taşınması ile son bulan bu süreçler, birbiriyle bağlantılı pek çok farklı işlevlere sahiptir. Farklı işlev ve bölümlere sahip endüstri yapıları tasarlanmadan önce gerekli fizibilite çalışmaları yapılmalı, üretim süreci ve amaçlanan kapasiteye yönelik program hazırlanmalı ve bunların gerektirdiği mekân ihtiyaçları belirlenmelidir. Endüstri yapılarında işlevler birbiri ile olan ilişkiler açısından iki ana etkinlik altında incelenebilir:

- Üretim ve yapı ile ilgili işlevler,
- Yönetim ile ilgili işlevler [39, 40].

2.1.2 Yapım Sistemi ve Malzeme Özellikleri

Endüstri yapılarında taşıyıcı sistem özellikleri belirlenirken; üretilen ürünün cinsi, üretimde kullanılan ekipman, üretimin sürekliliği, yapının esnekliği, hammadde ve bitmiş ürün deposu gereksinimleri, yapı içi vinç ihtiyacı ve boyutları, ekonomiklik, kat sayısı, havalandırma ve aydınlatma gereksinimleri, yasal düzenlemeler, çevre özellikleri, kullanım süresi ve onarım ihtiyaçları gibi pek çok etken dikkate alınarak en uygun çözüm üretilmeye çalışılır. Endüstri yapılarında taşıyıcı sistem ve malzeme özelliklerine yönelik kararlarda etkili olan faktörler:

- Çevre Koşulları
- Planlama
- Yasal zorunluluklar
- Kullanım süresi
- Estetik
- Bakım onarım gereksinimleri ve
- Diğer faktörler

olarak sıralanabilir.

2.2 Endüstri Üretimi Yapılan Yapıların Sınıflandırılması

Endüstri üretimi yapılan yapıları; üretilen ürünün türü, işlevi, çalışma alanın hacmi, üretilen ürün miktarı, yapının kat adedi, üretim sektörü ve taşıyıcı sistemi

gibi pek çok farklı etkene bağlı olarak sınıflandırılabilir. Endüstri üretimmi yapılan yapılar, üretilen ürüne bağlı olarak oldukça çeşitli ve karmaşık işlemlere ve üretim süreçlerine sahiptir. Bu yapıların iç hava niteliği incelenirken; yapının üretim süreçleri irdelenmeli, her süreçte ortaya çıkabilecek potansiyel kirleticiler saptanmalı, bu kirleticilerin insan sağlığına etkileri değerlendirilmeli ve yoğunluklarının azaltılması için alınabilecek tedbirler tanımlanmalıdır. Bu nedenle bu çalışma kapsamında endüstri yapıları sınıflandırılırken, üretilen ürünün türü ve potansiyel kirleticiler göz önünde bulundurularak 8 ana başlık altında sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmanın yapılabilmesi amacıyla ISIC (International Standard Industrial Classification - Uluslararası Standart Sanayi Sınıflandırması) Revizyon 4'ten [41] yararlanılmıştır.

Bu çalışma kapsamında endüstri yapıları:

- Gıda ürünleri üretimi yapılan endüstri yapıları:
- Tütün ürünleri üretimi yapılan endüstri yapıları:
- Dokuma ve tekstil ürünleri üretimi yapılan endüstri yapıları:
- Orman ürünleri ve mobilya üretimi yapılan endüstri yapıları:
- Kimyevi ürünler üretimi yapılan endüstri yapıları:
- Taş ve toprağa dayalı ürünler üretimi yapılan endüstri yapıları
- Metal ve otomotiv ürünleri üretimi yapılan endüstri yapıları
- Deri ürünleri üretimi yapılan endüstri yapıları

olarak sınıflandırılmıştır.

Endüstri üretimi yapan yapıların üretim çeşidine göre sınıflandırılması, üretilen ürünler ve süreçler Tablo 2.1 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 2.1 Endüstri üretimi yapan yapıların üretim türüne göre sınıflandırılması ve üretim süreçleri esnasında yapılan işlemler ([42, 43, 44, 45, 46, 47, 48,49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64] kaynakları kullanılarak oluşturulmuştur.)

Üretim Türü	Üretilen Ürünler	Üretim Süreçleri Esnasında Yapılan İşlemler		
Gıda ürünleri üretimi	Et, balık, sebze ve meyve, sıvı ve katı yağ, süt ürünleri, tahıl, yem ve fırın ürünleri, alkollü ve alkolsüz içecekler	Hazırlık	Yıkama, ayıklama, temizleme, çekirdek çıkarma, doğrama, kesme, öğütme, eleme, kırma, kabuk ayırma, süzme	
		İşleme	Et ve balık ürünleri	Kurutma, fermantasyon, konsantre hale getirme, kürleme, dumanlama, ısıl işlem uygulama, isleme, ışınlama, ısıtma, pişirme, filetolama,
			Sebze, meyve	Isıtma, kurutma, konsantre etme, ışınlama, haşlama, kavurma, pişirme, evaporasyon(suyun uzaklaştırılması) pastörizasyon, közleme, presleme,
			Sıvı ve katı yağ	Ezme, kavurma, presleme, ayrıştırma, saflaştırma, renk açma, berraklaştırma, karıştırma, soğutma, yoğurma,
			Süt ve süt ürünleri	Standardizasyon, homojenizasyon, pastörizasyon, filtreleme, soğutma, kültürleme, mayalama, ısıl işlem uygulama, kristalizasyon, yayıklama, evoparasyon, pıhtı kırma, karıştırma, pişirme, süzme, doğrama, asitlik kontrolü, çöktürme, salamura
			Tahıl, yem ve fırın ürünleri	Tavlama, kurutma, havalandırma, su katma, yoğurma, vakumlama, kesme, mayalama, jelatinizasyon, fermantasyon, şekil verme, pişirme, kaplama, ısıl işlem, dondurma,
			Alkollü, alkolsüz içecek	Damıtma, kültürleme, mayalama, mayşeleme, süzme, kaynatma, soğutma, çökertme, pastörizasyon, homojenizasyon, gazlama,
		Saklama	Dondurma, buzlama, tuzlama, porsiyonlama, kesme, olgunlaştırma, soğutma, dolum, paketleme, şişeleme, kalıplama	
Tütün ürünleri üretimi	Sigara, sarmalık tütün, puro	Hazırlık	Temizleme, kategorilere ayırma, denkleme, homojen hale getirme, alabora, boşaltma, taraklama	
		İşleme	Kesim, presleme, nem oranının arttırma, kıyma, harmanlanma, koku ve aroma kazandırılma, fermantasyon	
		Saklama	Sarma ve paketleme	

Tablo 2.1 Endüstri üretimi yapan yapıların üretim türüne göre sınıflandırılması ve üretim süreçleri esnasında yapılan işlemler (devamı)

Üretim Türü	Üretilen Ürünler	Üretim Süreçleri Esnasında Yapılan İşlemler	
Dokuma ve tekstil ürünleri üretimi	Elyaf, iplik, kumaş kilim, ev tekstili, halı, kürk, halat, giyim ürünleri, örme ve dokuma ürünler	Elyaf, iplik ve kumaş üretimi	Yıkama, kurutma, karıştırma, taraklama (elyafın açılması ve ayrıştırılması), çekme, penyeleme (kısa liflerin ayrıştırılması), eğirme, fiksaj (ipliğe ısı verilerek kalıcı şekil değiştirme), cer (elyafların paralelleştirilmesi ve harmanlanması), fitil hazırlama (elyafların mezuralara sarılması), iplik üretme (pamukların bükülerek iplik haline getirilmesi), bobinleme (ipliklerin bobinlere sarılması), ekstruksiyon (plastik ürünlerin aynı kesitte, hassas ölçülerde ve istenilen uzunlukta, devamlı (kesiksiz) olarak elde edilmesi), filtreleme, filament eldesi (uzun ve kesiksiz sonsuz uzunlukta lif elde edilmesi), soğutma, düze çekme, katılaşma, yağlama, germe, çekme,
		Yüzey işlemleri	Çözgü hazırlık, taharlama (ipliklerin gücülerden ve çözgülerden geçirilmesi işlemi), dokuma, fiksaj (kumaşların sıcak hava, sıcak su veya kuru ısı altında gerdirilerek, buruşmaz hale getirilmesi ve boya esnasında sabit uzunlukla kalmasının sağlanması işlemi)
		Terbiye	Yıkama, merserizasyon, yakma, ağartma, kostikleme, boyama, baskı, yumuşatma, buruşmazlık, dolgunluk, kir iticilik, kurutma, makas, tıraş, zımpara
Orman ürünleri ve mobilya üretimi	Kereste, kâğıt, levha, basım, matbaa, parke, doğrama ve mobilya	Kereste, levha	Kabuk soyma, yongalama, liflendirme, tutkallama, kurutma, serme, presleme, kesme, dilimleme
		Kâğıt ürünleri	Harç oluşturma, elekten geçirme, kaplama, tabakalama, emprenye, folyolama
		Parke, doğrama, mobilya	Levha hazırlama, zımparalama, tutkallama, kenar işleme, delgi, boya, vernik, perdah, kurutma, elyaflama, bantlama, pastalama ve ambalajlama
Taş ve toprağa dayalı ürünler üretimi	Cam, kireç, seramik, kiremit, alçı, çimento, doğal taş işleme	Cam	Temizleme, eritmeye uygun hale getirme, harmanlama, eritme, şekillendirme (üfleme, dökme, yüzdürme, çekme, presleme, lif haline getirme, köpük haline getirme), soğutma, stoklama
		Seramik, kiremit	Öğütme, karıştırma, presleme, şekillendirme, kurutma, rötuş, sırlama
		Çimento, alçı, kireç	Kırma, stoklama, karıştırma, öğütme, pişirme, soğutma, yıkama, ayrıştırma, katkı maddesi ekleme, paketleme
		Doğal taş işleme	Kesme, zımparalama, cilalama

Tablo 2.1 Endüstri üretimi yapan yapıların üretim türüne göre sınıflandırılması ve üretim süreçleri esnasında yapılan işlemler (devamı)

Üretim Türü	Üretilen Ürünler	Üretim Süreçleri Esnasında Yapılan İşlemler	
Metal ve otomotiv ürünleri üretimi	Makine parçaları, otomobil parçaları, ev eşyaları	Eritme, döküm, maçalama, kalıplama, deforme etme, presleme, kaynak, işleme, ısıl işlem uygulama, birleştirme, taşlama, cilalama, parlatma, elektroliz, kaplama, boyama, fosfatlama, kromatlama, tavlama, temperleme, elektrokaplama, polimerleme, torna, yüzey işleme, bitirme	
Deri ürünleri üretimi	Ayakkabı, süs ve mobilya eşyaları	Ayrıştırma, tartma, ıslatma, yumuşatma, kıl giderme, kireçlik (deri üzerinde bulunan kılların giderilmesi ve gözeneklerin açılması) kireç giderme, sama (lifli yapıda olmayan proteinlerin uzaklaştırılması), yağ giderme, pikle (derinin asidik özelliklerinin arttırılması), tabaklama (derinin bozulmaz hale getirilmesi), sıkma, yarma, tıraşlama, nötralizasyon (derinin pH değerinin değiştirilmesi), retenaj (deriye istenen özellik ve görünümü vermek amacıyla yapılan işlem), finisaj (derinin görünümün büyük ölçüde veya tamamen değiştirilmesi), yüzey kaplama, boyama ve baskı	
Kimyevi ürünler üretimi	Petrokimya ürünleri, plastik, kauçuk, suni ve sentetik elyaf, tıp ve eczacılık kimyasalları, tüketici kimyasalları, gübre, boya ve diğer kimyevi ürünler	Petrokimya ürünleri	Parçalama, sıkıştırma, kostik ile temizleme, kurutma, ayrıştırma, dönüştürme, dehidrasyon, saflaştırma, gaz alma, süspansiyon, emülsiyon, iyon değiştirme, soğutma
		Plastik ve kauçuk	İşleme, vulkanizasyon, pişirme, karıştırma, haddeleme, enjeksiyon kalıplama pişirme, kürleme
		Suni ve sentetik elyaf	Ekstrüksiyon (sıcaklık ve basınç altında eriyen plastik parçacıkların, bir kalıp yardımıyla soğutulup şekillendirilmesi ve kesilmesi), dozajlama, karıştırma, eritme, boyama, filtreleme, sıvı haline getirme, katılaşma, germe-çekme, yağlama, matlaştırma, kıvrımlaştırma, fiksaj
		Tüketici kimyasalları	Hammadde hazırlama, transfer, karıştırma, harmanlama, kurutma, katkı maddesi ekleme, çekme, kesme, şekillendirme, dolum, ürün geri kazanımı, paketleme
		Gübre	Yüksek basınç ile sıyırma, basınç azaltma, prilleme (yoğunlaştırılan üre eriğinin soğutulması), granülasyon, nötralizasyon, buharlaştırma, katılaştırma, kurutma, soğutma, eleme, temizleme
		Tıp ve ecza kimyasalları	Fermantasyon, kimyasal sentez, ayırma, kristalize etme, saflaştırma, karıştırma, homojen hale getirme, ısıtma, kurutma, süzme, pompalama, filtreleme, tablet basım, kaplama, dolum, kutulama
		Boya	Yönlendirme, dozajlama, çalkalama, tonlama, eleme, filtreleme, presleme, soğutma, parçalama, öğütme, şişeleme

3
Endüstri Yapılarında İç Hava Niteliği

Yapılar kullanıcısının sağlık, güvenlik ve konfor gereksinimlerini karşılamak amacıyla oluşturulan yapma çevrelerdir [65]. Yapının kullanıcı gereksinimlerini karşılayabilmesi ve kullanıcılarına sağlıklı bir ortam oluşturabilmesi için, iç çevre özellikleri ve iç hava niteliği kullanıcı sağlığına uygun olmalıdır.

Hava kirliliği dış ortamda olduğu gibi iç ortamda da kullanıcı sağlığını tehdit etmektedir. ASHRAE (The American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers – Amerikan Isıtma, Soğutma ve Havalandırma Mühendisleri Topluluğu) 62-89 ve 2001 Standartlarında kabul edilebilir iç hava niteliği; içinde bilinen kirleticilerin yetkili kuruluşlar tarafından belirlenmiş zararlı konsantrasyonlar seviyelerinde bulunmadığı, bu ortamdaki insanların %80 veya daha fazlasının, havanın niteliği ile ilgili herhangi bir memnuniyetsizlik hissetmediği hava olarak tanımlanmaktadır [66, 67].

WHO (World Health Organization - Dünya Sağlık Örgütü)'ya göre; ortalama bir insan zamanının %90'ınını kapalı mekanlarda bunun %70'ini çalışma ortamında %20'sini ise evinde geçirmektedir [68]. EPA (United States Environmental Protection Agency - Amerikan Çevre Koruma Örgütü) tarafından yürütülen çalışma; iç ortam kirletici seviyelerinin taze havadan yaklaşık beş kat daha fazla olabileceğini göstermiştir [69].

TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu) tarafından hazırlanan verilere göre; 2016, 15 yaş üzeri nüfusun iş gücüne katılım oranı %52'dir [70] ve bu %52'lik nüfusun %19,5'i endüstri üretimi alanında çalışmaktadır [71]. Endüstri üretimi alanında çalışan ortalama bir işçi, gününün en az sekiz saatlik kısmını işyerinde geçirmekte ve bu sürede çeşitli kirleticilere maruz kalmaktadır. Farklı üretim süreçlerine sahip endüstri yapıların iç hava niteliği incelenirken; hammaddeler, üretim süreçleri, üretimde kullanılan ekipmanlar, üretim şartları ve üretilen ürünler ayrı ayrı değerlendirilmeli, süreç içerisinde ortaya çıkan kimyasal maddeler, gazlar, toz ve partiküller irdelenmeli ve kullanıcı sağlığına olan etkileri belirlenmelidir.

3.1 Endüstri Yapılarında Ortaya Çıkabilecek Potansiyel İç Hava Kirleticileri ve Kaynakları

Yapılarda ortaya çıkan kirleticiler; dış ortam kaynaklı, yapı kullanıcıları kaynaklı ve yapı ürünleri kaynaklı olarak ortaya çıkabilir. Ancak endüstri yapıları söz konusu olduğunda değerlendirilmesi gereken en önemli kirletici kaynaklarından biri; üretimdir. Endüstri yapıları farklı hammadde ve süreçlere sahip ürünlerin üretildiği yapılardır. Bu nedenle endüstri yapılarında yapılan başlıca üretimler sınıflandırılmalı ve her bir yapı tipinde oluşabilecek potansiyel kirleticiler değerlendirilmelidir.

3.1.1 Endüstri Yapılarında Ortaya Çıkabilecek Üretim Kaynaklı Potansiyel Kirleticiler

Endüstri yapıları üretim sonucu ortaya çıkan kirleticiler söz konusu olduğunda oldukça geniş bir yelpazeye sahiptir. Belirli üretim sınıflarında başlıca kirleticiler saptanabilse bile; her yapı kendi içerisinde farklı hammaddeler, farklı üretim süreçleri, farklı ısısal değerler ve bunlara bağlı olarak farklı kirleticiler barındırabilir. Bu nedenle üretim yapılan her yapı; hammaddeleri, üretim süreçleri ve üretim esnasında kullanılan kimyasallar göz önünde bulundurularak incelenmeli ve kirleticiler saptanmalıdır.

Endüstri yapılarında kirleticiler;

- Dış ortam kaynaklı
- Yapı ürünleri kaynaklı ve
- Kullanıcı eylemleri kaynaklı

olarak ortaya çıkabilir.

Üretim, yapı kullanıcı kaynaklı bir eylem olmasına rağmen endüstri yapılarında temel kirlilik kaynağı olduğu için özel olarak değerlendirilmelidir. Endüstri yapılarında ortaya çıkan kirleticiler gazlar ve parçacıklar olarak iki ana başlıkta incelenebilir.

Endüstri yapılarında üretim kaynaklı oluşabilecek potansiyel kirleticiler Tablo 3.1 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 3. 1 Endüstri yapılarında üretim kaynaklı oluşabilecek potansiyel kirleticiler ([13, 42, 51, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 80, 91, 92, 94, 95, 96, 97] kaynakları kullanılarak oluşturulmuştur.)

Üretim Türü	Gazlar		Parçacıklar	
	Uçucu Organik Bileşikler	Diğer Gazlar	Parçacıklar	Metaller
Gıda ürünleri üretimi	Etanol (C_2H_6O), izopropil alkol (C_3H_8O), etil alkol (C_2H_5OH), pentan (C_5H_{12}), hekzan (C_6H_{14}), eter ($(C_2H_5)_2O$), dietil eter ($(C_2H_6)_2O$), amonyak (NH_3)	Sodyum hidroksit (NaOH), sodyum hipoklorit (NaClO), potasyum hidroksit (KOH), potasyum klorür (KCL), potasyum nitrat (KNO_3), hidrojen peroksit (H_2O_2), gümüş nitrat ($AgNO_3$), potasyum kromat (K_2CrO_4), fenolftalein ($C_2OH_{14}O_4$), potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$), hidroklorik asit (HCL), freon (CC_2F_2), kükürt dioksit (SO_2), sodyum metabisülfit ($Na_2S_2O_5$), nitrit (NO_2), nitrat (NO_3), benzoik asit ($C_7H_6O_2$), fosfor (P), ozon (O_3), sodyum nitrit ($NaNO_2$), kükürt (S_2), gümüş nitrat ($AgNO_3$), magnezyum oksit (MgO), magnezyum karbonat ($MgCO_3$), sitrik asit ($C_6H_8O_7$)	Küf, mantar, bakteri, kükürt tozu (S),	Magnezyum karbonat tozu ($MgCO_3$)
Tütün ürünleri üretimi	Etanol (C_2H_6O), izopropilalkol (C_3H_8O), metil etil keton (C_3H_6O), naftalin ($C_{10}H_8$), bütan, tolüen (C_7H_8), etilen glikol ($C_2H_6O_2$), propilen glikol ($C_3H_8O_2$), etil fenol ($C_8H_{10}O$), formaldehit (CH_2O), aseton (C_3H_6O), amonyak (NH_3)	Sodyum hidroksit (NaOH), sodyum hipoklorit (NaClO), sodyum benzoat ($C_7H_5NaO_2$), nitrik asit (HNO_3), fosforik asit (H_3PO_4), nitrat (NO_3), hidrojen florür (HF), klor (CI), fosfor (P), ozon (O_3), nikotin	Bitkisel lifler, tütün tozu, virüs, bakteri, küf	Kalay (Sn), gümüş (Ag), demir (Fe), alüminyum (Al), krom (Cr), kadmiyum (Cd), cıva (Hg) ve nikel (Ni)
Dokuma ve tekstil ürünleri üretimi	Formaldehit (CH_2O), üre (CH_4N_2O), amonyak (NH_3), aseton (C_3H_3O), metanol (CH_3OH), toluen (C_7H_8), fenol (C_4H_5OH)	Sodyum hidroksit (NaOH), sodyum hipoklorit (NaClO), sülfürik asit (H_2SO_4), hidroklorik asit (HCI), asetik asit (CH_3COOH), hidrojen peroksit (H_2O_2), sodyum karbonat (Na_2CO_3), formik asit (HCOOH), sitrik asit ($C_6H_8O_7$), sülfat (SO_4^2), nitrat (NO_3), fosfat (PO_{43}), karbon monoksit (CO), sülfür dioksit (SO_2), azot oksit (NO), etilen oksit (C_2H_4O), sodyum sülfat (Na_2SO_4)	Pamuk ve elyaf lifi, Pamuk ve elyaf tozu, bakteri, virüs	Arsenik (As), kadmiyum (Cd), kobalt (Co), nikel (Ni) ve çinko (Zn)

Tablo 3. 1 Endüstri yapılarında üretim kaynaklı oluşabilecek potansiyel kirleticiler (devamı)

Üretim Türü	Gazlar		Parçacıklar	
	Uçucu Organik Bileşikler	Diğer Gazlar	Parçacıklar	Metaller
Orman ürünleri ve mobilya üretimi	Formaldehit (CH_2O), toluen ($C_6H_5CH_3$), etil benzen (C_8H_{10}), benzen (C_6H_6), ksilen ($C_6H_4(CH_3)_2$), pentaklorofenol (C_6HCl_5O), izopropil alkol (C_3H_8O), aseton (C_3H_6O), metil etil keton (C_4H_8O), etil alkol (C_2H_5OH), diklorometan (CH_2Cl_2), trikoloetilen (CCl_2), amonyum (NH_4)	Karbon monoksit (CO), sülfür dioksit (SO_2), azot oksit (NO), magnezyum karbonat ($MgCO_3$), hidroklorik asit (HCI), kalsiyum sülfat ($CaSO_4$), kalsiyum karbonat (C_aCO_5), magnezyum karbonat (MgCO3)	Ağaç lifi, bambu lifi, ahşap tozu, talaş, bakteri, virüs, küf	Arsenik (As), kurşun (Pb), nikel (Ni), çinko (Zn), alüminyum (Al), bakır (Cu), bor (B)
Taş ve toprağa dayalı ürünler üretimi	Benzen (C_6H_6), tolüen (C_7H_8), ksilen ($C_6H_4(CH_3)_2$), amonyak (NH_3)	Sodyum hidroksit (NaOH), sodyum hipoklorit (NaCIO), karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO_2), azot oksit (NO), azot dioksit (NO_2), sodyum oksit (SO), sodyum trioksit (SO_3) sodyum karbonat (Na_2CO_3), potasyum karbonat (K_2CO_3), sülfürik asit (H_2SO_4), hidrojen (H2), hidrojen klorür (HCI), hidrojen florür (HF), flor (F), klor (C)	Asbest, Toz, Bakteri, virüs, küf, mantar	Nikel (Ni), krom (Cr), kobalt (Co) manganez (Mn), kurşun (Pb), baryum (Ba), cıva (Hg), lityum (li)
Deri ürünleri üretimi	Formaldehit (CH_2O), asetik asit (CH_3COOH), naftalin ($C_{10}H_8$), trikloretilen (CCI_2)	Sodyum hidroksit (NaOH), sodyum hipoklorit (NaCIO), Sülfürik asit (H_2SO_4), hidroklorik asit (HCI), krom oksit (Cr_2O_3), formik asit (CH_2O_2), laktik asit ($C_3H_6O_3$), magnezyum oksit (MgO), sodyum thiosülfat ($Na_2O_3S_2$), oksalik asit ($(COOH)_2$), sodyum sülfür (Na_2S), formik asit (CH_2O_2), borik asit (H_3BO_3), sodyum format (HCOONa), zirkonyum florür (ZrCl4)	Toz, tüy, deri parçaları, bakteri, virüs	Krom (Cr), nikel (Ni), siyanür (Cn) çinko (Zn), kurşun (pb), bakır (Cu), alüminyum (Al)

Tablo 3. 1 Endüstri yapılarında üretim kaynaklı oluşabilecek potansiyel kirleticiler (devamı)

Üretim Türü	Gazlar		Parçacıklar	
	Uçucu Organik Bileşikler	Diğer Gazlar	Parçacıklar	Metaller
Metal ve otomotiv ürünleri üretimi	Formaldehit (CH_2O), amonyak (NH_3)	Hidrojen (H_2), flor (F), ozon (O_3), sodyum hidroksit (NaOH), sodyum hipoklorit (NaCIO), karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO_2), hidroklorik asit (HCI), hidroflorik asit (HF), sülfat (SO_4), azot dioksit (NO_2), fosfat (PO_{43-}), kükürt dioksit (SO_2), çinko klorit ($ZnCl_2$), klor (Cl), kükürt oksit (SO), sodyum karbonat (Na_2Co_3), çinko karbonat ($ZnCo_3$), çinko hidroksit ($ZN(OH)_2$), çinko fosfat ($Zn_3(Po_4)_2$), demir fosfat (FePO4)	Metal tozu	Kurşun (Pb), demir (Fe), çinko (Zn), krom (Cr), nikel (Ni), siyanür (Cn), cıva (Hg), baryum (Ba), lityum (Li), kobalt (Co), manganez (Mn), krom (Cr), bakır (Cu), alüminyum (Al), selenyum (Se), kadmiyum (Cd)
Kimyevi ürünler üretimi	Etanol (C_2H_6O), izopropilalkol (C_3H_8O), etil benzen (C_8H_{10}), benzen (C_6H_6), ksilen ($C_6H_4(CH_3)_2$), metil alkol (C_2H_6O), toluen (C_7H_8), formaldehit (CH_2O), stiren (C_8H_8), etan (C_2H_6), metan (CH_4), propan (C_3H_8), hekzan (C_6H_{14}, etil alkol (C_6H_5OH), trimetil benzen (C_6H_6), dikloroetan ($C_2H_4CI)_2$, etil alkol (C_2H_5OH), dietileter ((CH4)2O), amonyak (NH3)	Potasyum hidroksit (KOH), potasyum kromat (K_2CrO_4), gümüş nitrat ($AgNO_3$) sodyum hidroksit (NaOH), sodyum hipoklorit (NaCIO), ozon (O_3), azotdioksit (NO), hidroklorik asit (HCI), potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$), sülfürik asit (H_2So_4), sodyum karbonat (Na_2CO_3), fenolftalein ($C_2OH_{14}O_4$), titanyum dioksit (TiO_2), çinko klorür ($ZnCl_2$), çinko sülfit (ZnS), kromoksit (Cr_2O_3),	Bakteri, virüs, küf	Kurşun (Pb), cıva (Hg), kadmiyum (Cd), alüminyum (Al), magnezyum (Mg),

3.1.2 Endüstri Yapılarında Ortaya Çıkabilecek Üretim Dışı Potansiyel Kirleticiler

Endüstri yapıları üretim alanlarının dışında; altyapı alanları, yönetim alanları ve sosyal altyapı alanları da bulunduran yapılardır. Endüstri yapılarında üretim dışı oluşabilecek potansiyel kirleticiler ve kaynakları Tablo 3.2 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 3. 2 Endüstri yapılarında üretim dışı kirleticiler ve kaynakları ([98, 99, 100, 101] kaynakları kullanılarak oluşturulmuştur)

Kaynak	Gazlar		Parçacıklar	
	Uçucu Organik Bileşikler	Diğer Gazlar	Parçacık	Metal
Dış ortam kaynaklı	Benzen (C_6H_6), formaldehit (CH_2O),	Radon (Rn), karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), azot oksit (NO), kükürt dioksit (SO_2), karbon monoksit (CO), ozon (O_3), hidrokarbon (C_xH_y),	İs, duman, asbest, sis,	Kurşun (Pb),
Kullanıcı kaynaklı	Formaldehit (CH_2O), benzen (C_6H_6), tolüen (C_7H_8), kloroform ($CHCl_3$), etil benzen (C_8H_{10}), tetrakloroetilen (C_2Cl_4), amonyak (NH_3),	Azot oksitler (NO_x), karbon dioksit (CO_2), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO_2), ozon (O_3), demir oksit (Fe_2O_3),	Küf, bakteri, virüs, toz, kurum, duman, is,	Nikel (Ni), kurşun (Pb), çinko (Zn), demir (Fe),
Yapı ürünleri kaynaklı	Formaldehit (CH_2O), ksilen (C_8H_{10}), tolüen (C_7H_8), etil benzen (C_8H_{10}), asetaldehid (C_2H_4O), benzen (C_6H_6), etil tolüen, hekzan (C_6H14), stearin ($C_{57}H_{110}O_6$), trimetilbenzen ($C_{12}H_{12}O_6$), kloroform ($CHCl_3$), metilen klorür ($C_4H_{18}O$), vinilklorür (C_2H_3Cl),	Radon (Rn), dioksin ($C_4H_4O_2$), fosgen ($COCl_2$), hidrojen klorür (HCl), karbon dioksit (CO_2), karbon monoksit (CO), klor (Cl),	Asbest, küf, mantar, ev tozu, akar, bakteri	Kadmiyum (Cd),

3.2 Endüstri Yapılarında Ortaya Çıkabilecek Başlıca İç Hava Kirleticilerinin Tanımlanması ve Kullanıcı Sağlığı Üzerindeki Etkileri

Yapı içerisinde bulunan hava, birbirinden farklı özelliklere sahip pek çok kirletici içermektedir. İç hava kirleticileri; fiziksel özelliklerine, kimyasal özelliklerine, kaynaklarına, sağlık etkilerine ve kökenlerine göre olmak üzere pek çok farklı şekilde sınıflandırabilir.

Yapı içerisindeki kirleticilerin yoğunluğu hacim ya da ağırlık olarak belirtilebilir. Gaz formundaki maddelerin hacminin belirlenmesinde ppm (parts per million) birimi kullanılırken, ağırlığı bilinen kirleticilerin yoğunluğu mg/m^3 ya da $\mu g/m^3$ birimleri ile belirtilir [102].

3.2.1 Gaz Formundaki Başlıca Kirleticiler

İç ortamlarda bulunan kirletici gazların çeşidi ve konsantrasyonu, ortamın işlevine, kullanıcı eylemlerine ve yapıda kullanılan malzemelere göre değişiklik gösterebilmektedir.

Gaz formundaki başlıca kirleticiler:

- Argon (Ar): Havanın bileşenlerinden biri olan Argon; renksiz, kokusuz ve tatsız bir gazdır. Yanıcı ve patlayıcı özelliği yoktur. Solunması durumunda; kafa karışıklığı, baş ağrısı, baş dönmesi, titreme, koordinasyon kaybı, kusma, nefes almada güçlük, bilinç kaybı, koma ve boğulmaya neden olabilir [103].
- Ozon (O_3): Açık mavi renkli, keskin kokulu ve yanıcı olmayan bir gazdır. Bazı elementlerle birlikte patlayıcılık özelliği gösterebilir. Ortamda ozonun yoğun olması sonucunda baş ağrısı, bulanık görme, göğüs rahatsızlıkları, öksürük, solunum yolları hastalıkları, astımı tetikleme ve nefes darlığı sorunları ortaya çıkmaktadır.
- Radon (Rn): Renksiz, kokusuz ve toksik olmayan, radyoaktif bir gazdır. Kansere neden olabilir. Toprakta depolanan radon gazı, yapıda çatlakları, tesisat boşlukları, yapı kabuğunda yer alan boşluklar yardımıyla yapı içerisine sızar ve yapı kullanıcısı tarafından solunur. Ortamlardaki radon gazı miktarı; bölgenin toprak yapısına ve toprakla olan mesafesine, havalandırılma sıklığına ve yapıda kullanılan malzemelere göre değişebilir. [104]
- Nikotin: Doğada renksiz ve sıvı halde bulunan bir maddedir. Tütün ve patlıcangiller gibi bazı bitkiler doğal olarak yapılarında nikotin bulundurur. Yanma sonucu havaya salınabilir. [105].
- Klor (CI_2): Kokulu, sarı renkli, boğucu ve zehirli bir gazdır. Akciğer ve göz gibi vücudun nemli bölgelerinde tahrişe neden olur, kanserojen etki gösterir. [105].
- Karbondioksit (CO_2): Havanın doğal bileşimlerinden biri olan, insanların ve hayvanların solunumu ile yanma olayları sonucu ortaya çıkar. Bitkilerin fotosentez eylemlerinde kullandığı bu gaz renksiz ve kokusuzdur. Havadaki yoğunluğu %30'u aşarsa boğulmalara neden olur [102, 106].

- Karbon Monoksit (CO): Renksiz, kokusuz, tatsız, yanıcı ve yüksek oranda zehirli bir gazdır. Maruz kalınan miktara bağlı olarak; baş ağrısı, kusma, titreme, koma ve ölüme neden olabilir [102, 106].
- Hidrojen Siyanür (HCN): Soluk mavi veya renksiz, zehirli, yanıcı ve patlayıcı bir gazdır. Diğer elementlerle kolaylıkla reaksiyona girebilir [107, 108].
- Hidrojen Sülfür (H_2S): Renksiz, yoğun kötü kokulu, yanıcı, patlayıcı ve yüksek oranda zehirli bir gazdır. Maruziyeti; göz yaşarması, uykusuzluk, iştah kaybı, baş ağrısı, konjuktivit, göz ve akciğerde rahatsızlık hissi, koku duyusu kaybı, gözlerde ve akciğerde hasar, bilinç kaybı, ölüm gibi etkiler doğurabilir [109].
- Kükürt Dioksit (SO_2): Renksiz ve kokusuz ve yanıcı olmayan bir gazdır. Solunması; göz, boğaz ve akciğerlerde tahrişe neden olurken, cilt ile teması tahriş ve yanmalara sebep olabilir. Etkileri tedavi edilebilir.
- Azot Monoksit (NO): Renksiz, kokusuz, tatsız ve zehirli bir gazdır. Yüksek dozda maruz kalınması, doku zehirlenmesine, akciğer hasarlarına ve septik şoklara neden olabilir. [110].
- Azot Dioksit (NO_2): Kırmızıya çalan kahverengi renkli, yoğun kokulu, yanıcı, patlayıcı ve zehirli bir gazdır. Ciddi deri yanıkları, gözlerde hasarlar ve kronik akciğer hastalıklarına neden olabilir. [102, 106, 111].

Uçucu Organik Bileşikler

Uçucu organik bileşikler; yapısında en az bir karbon ve hidrojen atomu içeren, kaynama noktaları 50 °C – 260 °C arasında olan, ortamda gaz ve buhar halinde bulunabilen organik bileşikler olarak tanımlanabilir. Uçucu ve yarı uçucu organik bileşikler olmak üzere ikiye ayrılırlar.

- Formaldehitler (CH_2O): Renksiz, kokulu, zehirli ve yanıcı bir gazdır. Üre formaldehit yüksek derece toksik bir madde olduğu için yapı içerisinde kullanılması yasaklanmıştır. Formaldehitler; öksürük, baş bölgesinde basınç hissi, göğüste sıkışma, kalp çarpıntısı, akciğerde ödem, iltihaplanma ve ölüme sebep olabilir [106].

3.2.2 Parçacık Formundaki Başlıca Kirleticiler

Parçacıklar; havada asılı kalabilen, katı ya da sıvı formda olabilen çok küçük maddelerdir. Parçacıklar genellikle boyutlarına göre;

- PM_{10} (çapları 10 μm ile 2,5 μm arasındaki parçacıklar),
- $PM_{2,5}$ (çapları 2,5 μm'den küçük olan parçacıklar) ve
- $PM_{0,1}$ (çapları 0,1 μm'den küçük olan parçacıklar) olmak üzere sınıflandırılmaktadır.

Lifler

Yapılarda kullanılan lifli malzemeler, zamanla veya kullanıma bağlı aşınmalar sonucunda, ortam içerisine lif parçacıkları bırakmaktadır. Bu parçacıklar, iç ortam hava niteliğini düşürerek yapı kullanıcılarına zarar verebilir. Lif parçacıkları; cam yünü, taş yünü ve seramik yünleri gibi yapay malzemelerden veya yapı donanımımda kullanılan çeşitli ahşap malzemelerden, ağaçlardan, keten bambu gibi bitkisel kaynaklardan salınabilir. Yapı içerisinde bulunması en tehlikeli olan liflerden biri asbesttir.

- Asbest: Isıya aşınmaya ve kimyasal maddelere dayanıklı, esnek ve lifli yapıda bir mineraldir. Ortalama boyutu; 0,25μ ile 1μ arasında değişir. Ülkemizde asbest kullanımı 2010 yılı itibariyle yasaklanmıştır [112].

Tozlar

ISO'ya göre toz; 1 mm (milimetre)den küçük, havada asılı kalan ancak kendi ağırlığı ile çöken küçük katı partiküllerdir [113]. Bir başka tanımlama ile toz; rüzgâr, volkanik patlama gibi doğal güçler ile kırma, taşlama, öğütme, delme, yıkma, küreme, taşıma, elekten geçirme, ambalajlama ve süpürme gibi insan yapımı süreçler sonucu havaya karışan küçük, kuru ve katı parçacıklardır. Tozlar; kaya, metal, kil, un, ağaç, polen, yün, kıl, ipek, tüy ya da deri kaynaklı olabilir.

Biyolojik Kirleticiler

Kendiliğinden üreyen, hava yoluyla bulaşan, organik ve yaşayan organizmalardır. Bu organizmalar yaygın, tehlikeli ve en az anlaşılan kirleticilerdir [114].

- Bakteriler: Genellikle nem oranının yüksek olduğu, banyo ve mutfak gibi ıslak hacimlerle, küflenmiş yapı malzemelerinde bulunan tek hücreli organizmalardır. İnsanlarda; alerji, astım, akciğer enfeksiyonları, lejyoner hastalığı gibi hastalıkların oluşmasına neden olurlar.
- Virüsler: Başka bir canlıya asalak olarak tutunan ve yaşamsal faaliyetlerini bu şekilde gerçekleştiren en küçük canlı mikroorganizmalardır. Genellikle hayvanlar ve yapı malzemeleri aracılığıyla yayılırlar. Türlerine bağlı olarak insanlarda pek çok hastalığa sebep olurlar.
- Polenler: Bitkiler çoğalabilmek amacıyla havaya çeşitli polenler yaymaktadırlar, ancak bu polenler kişilerde alerjik reaksiyonlara sebep olabilir. Polenler solunum yoluyla, sindirim kanalıyla, cilt ve mukozalar yoluyla vücuda girer. Hapşırma, kaşıntı, öksürük, burun akıntısı, gözlerde yaşarma, kızarıklık gibi alerjik reaksiyonların yanı sıra, nefes darlığı ve astım gibi çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilirler.
- Küf mantarları ve sporlar: Çeşitli küf mantarlarının, üremesi sırasında ortaya çıkan sporlarının kümeleşmesi ile gelişen, çoğunlukla renkli bir görünüm ve belirli bir koku ile algılanan canlılar küfü oluşturur. Sporlar ise başka bir üreme hücresi ile birleşmeksizin yeni bir mantar oluşturan lifli yapılardır. Küf mantarları ve sporlar insanlarda; astım, alerji, öksürük, hırıltılı soluma, soğuk algınlığı ve grip gibi hastalıklara sebep olabilir [115].
- Akarlar: İnsan vücudundan dökülen deri parçacıkları ile beslenen eklem bacaklı canlılardır. Akar dışkıları insanlarda; egzama, alerji, astım gibi hastalıklara ve bunlara bağlı semptomların ortaya çıkmasına neden olur.

Metaller

İç ortamda yer alan metal kirleticiler toksik özellikleri dolayısıyla zehirlenmelere neden olmanın yanısıra insan sağlığı açısından pek çok sorun yaratabilir.

- Kurşun: Suda çözünebilen, yapışkan ve oldukça zehirli bir metaldir. Toz ve buhar halinde ortama yayılarak; kansızlık, bağırsaklarda spazm, öğrenme, sindirim ve sinir sisteminde bozulmalar, çocuklarda fiziksel ve zihinsel

gelişimin engellenmesi, beyin ödemi, kanser, gibi pek çok hastalığa neden olmaktadır. Kurşunun vücuttan atılması yıllar sürebilir [116].

- Cıva: En toksik metallerden biri olan cıva, kolay buharlaşabilme özelliği sonucu iç ortam havasına kolaylıkla dağılarak solunum ve emilim yoluyla vücut içerisine alınmaktadır. Kolaylıkla sinir sistemi ve beyne ulaşarak; kronik yorgunluk sendrom, epilepsi, parkinson, alzheimer, gibi hastalıklara neden olur. Dokulara ulaşan cıvalar ise DNA hasarına neden olabilir. Cıva vücuttan kolay atılabilen bir element değildir ve uzun süre maruz kalınması vücutta cıva birikmelerine neden olmaktadır. Cıva birikmeleri kişilerde; yorgunluk, halsizlik, uykusuzluk, sinirlilik, ağız içi ve diş etinde ülser gelişimi, hafıza kaybı, depresyon, konsantrasyon eksikliği, kişilik ve davranışlarda değişiklikler, el ve ayaklarda döküntü, kas spazmları gibi hastalıklara neden olabilmektedir [116].
- Kadmiyum: Toksik bir metaldir. İnsanlarda; baş ağrısı, baş dönmesi, boğazda tahriş, öksürük, kemiklerin zayıflaması, akciğer ödemi ve sinir sistemi hasarları gibi çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilmektedir [116].

3.3 Endüstri Yapılarında İç Hava Niteliğini Etkileyen Diğer Etmenler

Endüstri yapılarında iç hava niteliği etkileyen etmenler, yapı kullanıcılarında bağımsız olarak gelişir ve iklimsel özelliklerden etkilenir. Bu etmenlerin kullanıcı gereksinimlerine uygun olmaması durumunda yapı kullanıcılarında; yorgunluk, bitkinlik, sinirlilik, dikkatsizlik, verimli ve efektif çalışamama, konsantrasyon bozukluğu, psikolojik rahatsızlıklar, kan dolaşımının bozulması gibi etkiler doğurabilir. Endüstri yapılarında iç hava niteliğini etkileyen diğer etmenler:

- İç ortam sıcaklığı ve nem
- Elektroiklimsel kirlilik ve
- Koku

başlıkları altında incelebilir.

3.3.1 İç Ortam Sıcaklığı ve Nem

Sıcaklık; kuru termometre sıcaklığı ve hissedilen sıcaklık olarak iki faklı biçimde incelenebilir. Kuru termometre sıcaklığı; termometre yardımıyla ölçülmekte ve °C (Santigrat), F (Fahrenhayt) ve K (Kelvin) birimleri ile ifade edilmektedir. Hissedilen sıcaklık ise; kuru termometre ile ölçülen sıcaklığın, nem ve hava akımı ile değişmesi sonucu bireylerin hissettiği sıcaklıktır [117].

İnsan vücudu yaşamsal faaliyetlerini gerçekleştirmek amacıyla enerji üreten ve ürettiği enerjinin bir kısmını ısı olarak dışarıya ileten bir sistemdir [118]. Vücut dışına iletilen ısı; metabolizma faaliyetleri ve bireysel faaliyetler sonucu ortaya çıkar. Metabolik enerji üretimini ifade eden birim "met" tir. Dinlenme halindeki bir insanın metabolik hızı 1 met olarak tanımlanmıştır. Kişilerin yaşamsal faaliyetlerin sürdürülebilmesi için vücut iç sıcaklığı 36,5°C ile 37,8°C, vücut yüzeyini örten derinin sıcaklığı ise 31°C ile 34°C arasında olmalıdır. Vücut sıcaklığının sabit tutulabilmesi; ortam ve vücut arasındaki ısı alışverişi ile sağlanır [119]. Tablo 3.3'te makine sanayinde çalışan bir işçinin yaptığı işe göre metabolik aktivite düzeyleri incelenebilir.

Tablo 3.3 Makine sanayinde çalışan bir işçinin yaptığı işe göre metabolik aktivite düzeyleri [120]

Aktivite	Metabolik Enerji Üretimi
Testere vb. kullanma	1.8 met
Elektrik işleri	2.0 – 2.4 met
Ağır iş	4.0 met

Kişilerin iç ortam sıcaklığından memnun olma halini etkileyen bir diğer faktör ise; nemdir. Nem, hava içerisinde bulunan su buharının yoğunluğudur. İç hava kalitesini etkileyen nem; mutlak nem ve bağıl nem olarak ölçülür. Mutlak nem, 1 m^3 havada bulunan su buharının ağırlığı, bağıl nem ise; belirli bir sıcaklıkta havada bulunan nem miktarının, aynı sıcaklıkta aynı miktarda havada bulunabilecek maksimum nem miktarına yüzdelik oranıdır. Nem, ortamdaki termal konfor koşullarının algılanmasında oldukça önemli bir faktördür. ISO 7730'da 1.2 met metabolik aktivite (hafif ve çoğunlukla oturularak yapılan aktiviteler) durumu için optimum işletmelerde üretime bağlı olarak talep edilen iç ortam bağıl nem değerleri Tablo 3.4 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 3.4 İşletmelerde üretime bağlı olarak talep edilen iç ortam bağıl nem değerleri [121]

İşletme	Talep Edilen Bağıl Nem
Mobilya üretimi	%40-50 üretim %50-55 depolama
Ahşap işleme	%50-60
Tekstil ürünleri üretimi	%45-90 (uygulamaya göre) %75-85 (pamuklu dokuma) %70 (sentetik lif – suni elyaf)
Deri ayakkabı üretimi	%65-75 deri işleme %55-65 üretim ve saklama
Kereste işleme	%45-60
Kâğıt işleme	%50-65
Tütün mamulleri üretimi	%70-80
Sosis üretimi	%80-90

Endüstri yapıları, üretilen ürün ve süreçler nedeniyle iç ortam ısısında yoğun değişimlerin yaşanabileceği, kullanıcı eylemleri nedeniyle metabolizma sonucu ortaya çıkan ısının yüksek olabileceği yapılardır. Çalışma ortamlarının ısıl şartları, yapı kullanıcılarının bedensel ve zihinsel üretim hızını etkilediği gibi, üretim veriminin düşmesine ve kaza olasılıklarının yükseltmesine neden olabilmektedir.

3.3.2 Elektroiklimsel Kirlilik

Durağan bir elektrik yükü kaynağının kendi etrafında oluşturduğu elektrik yükleri ile yüklü bölgeye “elektrik alanı” denir. Eğer yük durağan değil hareketli ise elektrik alana ek olarak manyetik alan da meydana gelmektedir [122]. Bu etkilerin tümü elektroiklimsel etki olarak tanımlanmaktadır. Dış veya iç mekânda, elektriksel oluşumlardan kaynaklı kirleticilerin havanın doğal iyon denge ve düzenini bozması durumunda ise elektroiklimsel kirlilik meydana gelir [123].

Yapı içerisinde kullanılan elektrik ve elektrikli ürünler elektriksel ve manyetik alan oluşumuna sebep olur. Endüstri yapılarında elektroiklimsel kirlilik kaynakları:

- Yer karoları ve plastik duvar panelleri,
- Yapıda kullanılan ve demir alaşımlarında oluşan boru, çubuk gibi malzemeler,
- Alüminyum folyo içeren yalıtım malzemeleri,
- Dağıtım kabloları,
- Bilgisayarlar,
- Floresan lambalar ve halojen lambalar

- Eritme fırınları ve kaynak makinaları,
- Elektrik dağıtım üniteleri,
- Enerji üretim tesisleri ve iş makinaları

olarak sıralanabilir.

3.3.3 Koku

Nesnelerden yayılan ve havada çözünmüş halde bulunan koku moleküllerinin uyandırdığı duyguya koku denir. Kokunun algılanması konsantrasyon ve moleküllerin yapısı gibi pek çok parametreden etkilenir ve özneldir. Ancak koku konsantrasyonu arttıkça, kokunun algılanması kolaylaşır.

Endüstri yapılarında kokulu bileşikler; kullanıcı eylemleri, dış etkenler, yapının havalandırılmaması, ortam sıcaklığı, yapı malzemeleri ve üretim faaliyetleri sonucunda oluşabilir. Kokulu bileşiklerin çoğu gaz formundadır ve bu nedenle çok kısa sürede çevreye yayılıp yapı kullanıcılarında çeşitli rahatsızlıklara neden olabilirler. Kokular, kişilerde yarattığı konforsuzluk hissi dışında; stres, ruhsal durum değişimleri, göz, burun ve boğazda tahriş, baş ağrısı, baş dönmesi, burun tıkanıklığı, ses kısıklığı, boğaz ağrısı, bulantı, ishal, öksürüğe, göğüste sıkışmaya, çarpıntıya, nefes darlığı ve astıma neden olabilmektedir. Kişilerin kokudan rahatsız olma durumları; kokunun seviyesine, kişisel etmenlere, kokuya maruz kalma süresine ve kokunun meydana gelme sıklığına bağlı olarak değişiklik gösterebilir [124].

Endüstri yapılarında kokular; gıda sektörü, maya, mayalı içkiler, kahve ve kakao kavurma, şeker üretimi, etil alkol üretimi, demir çelik petrokimya ve deri işleme süeçleri sonucu ortaya çıkabilmektedir [125].

Koku tespiti sübjektif ve objektif olmak üzere iki dalda incelenmektedir. Objektif koku tespitinde kokunun tanımlanabilmesi için; koku konsantrasyonu, koku kalıcılığı ve koku karakteri ile ilgili bilgiler değerlendirilir. Ancak koku eşiği bireysel farklılıklar gösterebildiğinden kokunun belirlenmesi amacıyla; koku hedonik tonu, koku yoğunluğu, kokunun gücü, koku rahatsızlığı ve kokunun nahoşluğu gibi sübjektif parametreler de dikkate alınır. [126] .

4
BREEAM ve LEED'de İç Hava Niteliğine Yönelik Ölçütlerin Endüstri Yapıları Bağlamında İrdelenmesi

Buharlı makinelerin icadıyla başlayan ve endüstri devrimi ile devam eden süreç sanayileşmenin artması, insan ömrünün uzaması gibi olumlu etkilerin yansıra; doğal kaynakların bilinçsizce tüketimi, aşırı nüfus artışı, hava ve çevre kirliliği, enerjiye olan ihtiyacın atması, küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi pek çok sorunu da beraberinde getirmiştir. Bu sorunların çözümüne yönelik yapılan çalışmalar sonucunda sürdürülebilirlik kavramı ortaya çıkmıştır. Sürdürebilirlik en genel tanımıyla; bir şeyin sürekliliğinin devam etmesi, bir kaynağın tükenmeden ve kalıcı hasar görmeden işlemesi veya kullanılmasıdır [127].

Yapı üretiminin ve işletmesinin neden olduğu yoğun kaynak tüketimi ve atık üretimi yapım süreçlerinde sürdürülebilirlik arayışının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Sürdürülebilir düşünce ile tasarlanan yapılar; yeşil yapı, çevre dostu yapı, sağlıklı yapı, ekolojik yapı ve çevreye duyarlı yapı gibi pek çok isimle anılmaktadır. ÇEDBİK (Çevre Dostu Yeşil Binalar Derneği) bu yapıların tanımını; yapının arazi seçiminden başlayarak yaşam döngüsü çerçevesinde değerlendirildiği, sosyal ve çevresel sorumluluk anlayışı ve bütüncül bir yaklaşımla tasarlandığı, iklim verilerine ve o yere özgü koşullara uygun, ihtiyacı kadar tüketen, yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmiş, doğal ve atık üretmeyen malzemelerin kullanıldığı, ekosistemlere duyarlı yapılar olarak yapmaktadır [128]. Yeşil yapıların temel amacı kendisi ve ürünleri üretilirken, kullanılırken ve yok edilirken;

- Daha az kaynak kullanarak,
- Daha az atık oluşturmak ve
- Yapı kullanıcılarının sağlığına ve ekolojik sisteme verdiği zararı en aza indirgemektir [129]

4.1 Yeşil Yapı Sertifika Sistemleri

Yeşil yapı sertifika sistemleri; yapıya ait sürdürülebilirlik ölçütlerinin belirli ana ve alt başlıklara göre incelendiği ve yapıların çevresel etkilerinin sorgulandığı ölçütlere dayalı sistemlerdir [130]. Bu sertifika sistemleri, bir yapının sürdürülebilir sayılabilmesi için yerine getirmesi ve sahip olması gereken ölçütler bütününden oluşur. Her bir ölçütün, yapının tipine veya yaşam döngüsündeki yerine (yeni yapı, mevcut yapı, tadilat projesi gibi) göre değişen puanları vardır. Değerlendirme; yapının tasarımı ve inşaatı sırasında toplanan ve raporlanan bilgilerin, her bir ölçüte göre incelenmesi ve bu inceleme sonucunda puanlanması şeklinde olur. Değerlendirme sonucu elde edilen toplam puan, yapının ne kadar sürdürülebilir (veya yeşil) olduğunun göstergesi olarak kabul edilir. Bu yöntemle yapıların; somut veriler baz alınarak objektif bir şekilde değerlendirilmesi hedeflenir [131]. Bu sistemler yapıları; çevre ve insan sağlığı, enerji, su, malzeme, kaynak kullanımı, aydınlatma, havalandırma, akustik konfor gibi parametreler üzerinden değerlendirilerek sürdürülebilirlik seviyesini belirlemek amacıyla kullanılır. Dünya'da yapıların sürdürülebilirliğini ölçmek amacıyla geliştirilmiş pek çok yeşil yapı sertifika sistemi bulunmaktadır. Ülkeler; bulundukları iklim koşulları, yerel yönetmelikleri, bölgeye özgü inşaat gelenekleri ve yapı tiplerine uygun olacak şekilde sertifika sistemleri geliştirmişlerdir. Bu sistemlerin ilki; 1990 yılında İngiltere'de ortaya çıkmış olan BREEAM Sistemi'dir. BREEAM Sistemini, 1998 yılında Amerika'da geliştirilen LEED Sistemi takip etmiştir. Bu iki sistem Dünya'da en çok kullanılan yeşil yapı sertifika sistemleridir.

4.1.1 BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) Sistemi

Yeşil yapı sertifika sistemleri arasında en yaygın kullanılanlardan olan ve ilk yeşil yapı sertifika sistemi olan BREEAM Sistemi, 1990 yılında BRE (Building Research Establishment-İngiltere Yapı Araştırma Kurumu) tarafından geliştirilmiştir.

BREEAM Sistemi ilk olarak ofis binalarında kullanılmak üzere oluşturulmuş; 1991'de endüstri yapıları ve 1993'te ticari yapıların değerlendirilmesi amacıyla yeni modüller geliştirilmiş, 1998 yılında ise mevcut halini almıştır. 2008 yılına kadar sadece İngiliz yönetmeliklerine göre değerlendirme yapan sistem, 2009

yılında ilk uluslararası versiyonunu çıkartmıştır. BREEAM Sistemi ile 81 ülkede 567.749 yapı sertifikalandırılmıştır [132]. BREEAM Sistemi, değerlendirmelerini altı farklı kategori üzerinden yapmaktadır. Bu kategorilerin herhangi birine dahil olmayan yapılar için BREEAM tarafından yeni bir değerlendirme sistemi geliştirilebilir. Ancak bunun için projenin ilk aşamalarında BRE ile iletişim kurulması ve ek ücretler ödenmesi gerekmektedir. Bu tez çalışması endüstri yapıları ile sınırlanmıştır ve BREEAM Sistemi'nde endüstri yapılarının değerlendirildiği tek modül Yeni Yapılar'dır. Bu nedenle çalışmanın geri kalanında BREEAM Uluslarası Yeni Yapılar 2016'nın özelliklerinden bahsedilecektir. Çalışma kapsamında; yönetmeliklere uygunluk nedeniyle uluslararası versiyon seçilmiş ve bu versiyonun en güncel hali olan 2016 versiyonunun özellikleri açıklanmıştır.

BREEAM U+YY-2016 (BREEAM Uluslarası Yeni Yapılar-2016)

Yeni inşa edilen yapılar için kullanılan değerlendirme kategorisidir. Sekiz yapı tipinin değerlendirilmesinde kullanılır. BREEAM U+YY-2016 yardımıyla;

- Konutlar,
- Ofisler
- Endüstri yapıları (depolar ve üretim tesisleri),
- Perakende satış tesisleri,
- Eğitim yapıları (kreşler, ilkokul binaları, liseler, üniversiteler ve yüksek eğitim kurumları),
- Toplu konaklama birimleri (bakım evleri, yurtlar, askeri konaklama alanları),
- Oteller ve
- Standart dışı yapılar (konferans binaları, belediye binaları, tiyatrolar, konser salonları, spor tesisleri, kütüphaneler, sinemalar, hastaneler, hapishaneler, mahkeme salonları, istasyonlar, müzeler, itfaiye binaları ibadethaneler)

değerlendirilebilir.

BREEAM U+YY-2016, tasarım ve inşaat aşamasındaki yeni yapılacak yapıların değerlendirilmesi amacıyla kullanılabilir. BREEAM U+YY-2016'da değerlendirme aşamaları:

- Proje kaydının yapılması,
- Proje yetkililerinin, BRE tarafından eğitilmiş ve onaylanmış bir firma veya kişi ile anlaşması,
- Yapının değerlendirilmesi ve raporlarının hazırlanması,
- Hazırlanan raporların BRE'ye gönderilmesi (Bu aşamada istenirse ön değerlendirme yapılabilir),
- BRE tarafından evrak incelemesinin yapılması (Bu aşamada gerekli görmesi durumunda, BRE saha kontrolleri yapabilir),
- Yapının ilk sertifika sürecinin tamamlanması,
- İnşaat faaliyetlerinin bitmesinin ardından yapım sonrası sertifikalandırma sürecinin tamamlanması ve
- Gerekli ölçütleri yerine getiren yapının sertifikalandırılması

şeklinde ilerler.

BREEAM yapıları, tasarım aşamasında ve yapımı tamamlandıktan sonra olmak üzere iki aşamalı olarak değerlendirmekte ve sertifikalandırmaktadır. Tasarım aşamasında değerlendirilen yapılar geçici BREEAM Tasarım Sertifikası alamaya hak kazanırken, yapım aşaması sonrasında BREEAM Sertifikası alabilir. Tasarım aşamasında alınan BREEAM Tasarım Sertifikası, yapının tasarım aşamasındaki yaşam döngüsü performansını değerlendirir ve saha işleri başlamadan önce yapılması önerilir. Alınan sertifika, yapım aşamalarını ve sonrasını temsil etmediği için geçici olarak nitelendirilir. Yapım sonrası alınan BREEAM Sertifikası ise, projelere uygun olarak inşa edilmiş olan yapının yaşam döngüsü performansını değerlendirir.

Her bir ölçütten alınan puanlar, BREEAM tarafından belirlenmiş ağırlık katsayıları ile çarpılır ve yüzdelik başarı oranları bulunur. Ağırlık katsayıları uzmanlar tarafından hazırlanan çalışmalar ve yapılan anketler sonucunda belirlenir ve BREEAM bu ağırlık katsayılarını üçüncü kişiler ile paylaşmaz. BREEAM U+YY-2016 yardımıyla değerlendirilen projelerin ana ölçütleri, bu ölçütlerden alınabilecek en yüksek puanlar ve yüzdelik başarı oranları Tablo 4.1 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 4. 1 BREEAM U+YY-2016 ana ölçütleri ve elde edilebilecek en yüksek yüzdelik başarı oranları

Ana ölçütler	Ana ölçütlerinden alınabilecek en yüksek puanlar	Elde edilebilecek en yüksek yüzdelik başarı oranı
Yönetim	21	%11
Sağlık ve Konfor	25	%19
Enerji	37	%20
Ulaşım	13	%6
Su	10	%7
Malzeme	12	%13
Atık yönetimi	10	%6
Arazi kullanımı ve çevre	10	%8
Kirlilik	13	%10
Yenilik	10	%10
Toplam	161	%110

Tüm kategorilerden elde edilen yüzdelik başarı oranları toplanarak yapının yüzdelik başarı puanı bulunur. Yapılar yüzdelik başarı puanlarına göre 6 farklı derece ile derecelendirilir. Yapıların yüzdelik başarı puanlarının toplamına göre alabileceği dereceler Tablo 4.2 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 4. 2 BREEAM Sistemi yüzdelik başarı puanları ve derecelendirme

Yüzdelik başarı puanları	Derecelendirme
%0 - %30 arası	Sınıflandırılmamış
%30 - %45 arası	Geçer
%45 - %55 arası	İyi
%55 - %70 arası	Çok iyi
%70 - % 85 arası	Mükemmel
%85'ten fazla	Üstün

Yapıların Tablo 4.2'de belirtilen dereceleri alabilmeleri için, o dereceler için belirlenen ön koşulları yerine getirmiş olması gerekmektedir.

BREEAM U+YY-2016 değerlendirme sistemi endüstri yapıları için incelendiğinde, iç hava niteliğini etkileyen 1 adet ana ve 2 adet alt başlığa rastlanmıştır. BREEAM U+YY-2016 ana ve alt ölçütleri ve endüstri yapılarında iç hava niteliği ilgililik durumları Tablo 4.3 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 4. 3 BREEAM Sistemi ana ve alt ölçütleri ve endüstri yapılarında iç hava niteliği ile ilgililik durumları

Ana Ölçüt	Ölçüt No	Alt Ölçüt	Puan	İç Hava Niteliği ile İlgililik
Yönetim	Man01	Proje özeti ve tasarım	4	
	Man02	Yaşam döngüsü maliyeti ve kullanım planı	4	
	Man03	İnşaat sahası etkileri	6	
	Man04	Devreye alma	4	
	Man05	İnşaat sonrası bakım	3	

Tablo 4. 3 BREEAM Sistemi ana ve alt ölçütleri ve endüstri yapılarında iç hava niteliği ile ilgililik durumları (devamı)

Ana Ölçüt	Ölçüt No	Alt Ölçüt	Puan	İç Hava Niteliği ile İlgililik
Sağlık ve Konfor	Hea01	Görsel konfor	6	
	Hea02	İç hava kalitesi	5	✓
	Hea03	Laboratuvarlarda güvenli bulaşma	2	
	Hea04	Isıl konfor	3	✓
	Hea05	Akustik konfor	4	
	Hea05	Ulaşılabilirlik	2	
Ulaşım	Tra01	Toplu taşımaya yakınlık	5	
	Tra02	Hizmet yerlerine yakınlık	2	
	Tra03	Alternatif ulaşım yöntemleri	2	
	Tra04	Yüksek araba park kapasitesi	2	
	Tra05	Seyahat planı	1	
	Tra06	Evden çalışma imkânı	1	
Atık Yönetimi	Wst01	İnşaat atıklarının yönetimi	3	
	Wst02	Geri dönüştürülmüş agregalar	1	
	Wst03	Operasyonel atıklar	1	
	Wst04	İnce işleri kiracıya bırakma	3	
	Wst05	İklim değişikliğine adaptasyon	1	
	Wst06	İşlev değişikliğine adaptasyon	1	
Enerji	Ene01	Enerji kullanımı ve karbon emisyonlarının azaltılması	15	
	Ene02	Enerji ölçümleri	4	
	Ene03	Dış aydınlatma	1	
	Ene04	Düşük karbon salınımı	3	
	Ene05	Enerji etkin soğuk depolama	3	
	Ene06	Enerji etkin ulaşım sistemleri	3	
	Ene07	Enerji etkin laboratuvar sistemleri	5	
	Ene08	Enerji etkin ekipmanlar	2	
	Ene09	Enerji kurutma alanları	1	
Su	Wat01	Su tüketimi	5	
	Wat02	Suyun izlenmesi	1	
	Wat03	Su kaçaklarının önlenmesi	3	
	Wat04	Suyun yeniden kullanımı ve arıtılması	1	
Malzeme	Mat01	Malzemelerin yaşam döngüsü etkisi	6	
	Mat02	Peyzaj malzemeleri	-	
	Mat03	İnşaat malzemeleri temini	4	
	Mat04	Yalıtım	-	
	Mat05	Dayanıklılık	1	
	Mat06	Malzemelerin verimli kullanımı	1	
Arazi Seçimi	LE01	Arazi Seçimi	3	
	LE02	Arazinin ekolojik yapısının korunması	2	
	LE03	Arazi ekolojisi üzerindeki etkinin en aza indirgenmesi		
	LE04	Arazi ekolojisinin geliştirilmesi	3	
	LE05	Biyoçeşitlilik üzerinde uzun süreli etki	2	
Kirlilik	Pol01	Soğutucu akışkan kullanımı ve sızıntıları	4	
	Pol01	NOx salınımları	2	
	Pol01	Sel /taşkın riski	5	
	Pol01	Gece ışık kirliliğini azaltma	1	
	Pol01	Ses kirliliğini azaltma	1	
	Pol01	Soğutucu akışkan kullanımı ve sızıntıları	4	
	Inn01	Yenilik	10	

4.1.2 LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) Sistemi

LEED Sistemi, USGBC (United States Green Building Council-Amerika Yeşil Yapı Konseyi) tarafından geliştirilmiş olan, yeşil yapı sertifika sistemidir. Sistemin ilk olarak 1998 yılında LEED Versiyon 1.0 olarak oluşturulmuş, bu versiyonu 2000 yılında geliştirilen LEED Version 2.0, 2009 yılında geliştirilen LEED Version 3 ve 2014 yılında geliştirilen sürülen LEED Version 4 takip etmiştir. Sistemin en güncel versiyonu olan Versiyon 4.1 2019 yılı ocak ayında beta versiyon olarak tanıtılmıştır. 2019 yılı Nisan ayı itibariyle LEED Sistemi kullanılarak; 165 ülkede 93.000'den fazla yapı değerlendirilmiştir [133].

LEED Sistemi, değerlendirmelerini sekiz farklı modül üzerinden yapmaktadır ve endüstri yapıları için ayrı bir değerlendirme bulunmamaktadır. Bu çalışma kapsamında; daha objektif bir kıyaslama yapılabilmesi için BREEAM Uluslararası Yeni Yapılarla benzer özellikler gösteren, LEED Yapı Tasarımı ve İnşaatı Yeni Yapılar değerlendirilecektir. Bu nedenle bu çalışmanın geri kalanında LEED Yapı Tasarımı ve İnşaatı Yeni Yapılar modülünün en güncel versiyon olan Versiyon 4.1'de yer alan özelliklerinden bahsedilecektir.

LEED Sistemi ile tasarım aşamasındaki ve inşaat halindeki yapılar değerlendirilebilir. Sertifikalandırma süreci LEED tarafından tanınan bir uzman yardımıyla yürütülebileceği gibi, proje sorumlularından biri tarafından da yönetilebilir.

LEED YTİ+YY-4.1'de sertifikalandırma süreci;

- Projenin değerlendirileceği modül ve versiyonun seçimi,
- Uygun modül ve versiyon seçildikten sonra, modül gerekliliklerine uygun bir kontrol listesi hazırlanması, projenin sağlaması gereken minimum gerekliliklerin belirlenmesi ve projede çalışacak olan ekibin oluşturulması,
- Projenin; GBCI (Green Building Certification Institute-Yeşil Yapı Sertifika Kurumu)' ye kaydının gerçekleştirilmesi,
- USGBC tarafından talep edilen belgelerin proje ekibince hazırlanması ve USGBC'ye gönderilmesi,

- Belgelerin USGBC (United States Green Building Council – Amerika Yeşil Yapılar Konseyi) tarafından incelemesi ve yapının ön değerlendirmesinin yapılması,
- İnşaatın tamamlanmasının ardından, değerlendirme tamamlanması ve projenin LEED Sistemi kapsamında almış olduğu puan açıklanması aşamaları ile gerçekleştirilir.

LEED Sistemi'nde BREEAM' den farklı olarak bir uzmanla çalışma zorunluluğu yoktur. Yapılar aldıkları puanlara göre 4 farklı seviyede derecelendirebilir. Bu dereceler Tablo 4.4 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 4. 4 LEED Sistemi'nde alınan puanlara göre derecelendirme

Alınan Puanlar	Derecelendirme
40-49 puan	Sertifikalandırılmış
50-59 puan	Gümüş
60-79 puan	Altın
80 ve üzeri puan	Platin

LEED YTİ+YY-4.1'de ana ölçütler kendi içlerinde puanlamaya dahil olmayan, ancak yapılması zorunlu olan ön koşullar ile puanlamayı sağlayan alt ölçütlerden oluşmaktadır.

LEED YTİ+YY-4.1 ile değerlendirilen projelerin ana ölçütleri ve bu ölçütlerden elde edilebilecek en yüksek puanlar Tablo 4.5 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 4. 5 LEED YT+İ Yeni Yapılar ana ölçütleri ve elde edilebilecek en yüksek puanlar

Ana kategori başlığı	Elde edilebilecek en yüksek puan
Katılımcı süreç	1
Konum ve ulaşım	16
Sürdürülebilir arazi	10
Suyum etkin kullanımı	11
Enerji ve atmosfer	33
Malzeme ve kaynaklar	13
İç ortam kalitesi	16
Yenilik	6
Bölgesel öncelik	4
Toplam	110

LEED YTİ+YY-4.1'in ana ve alt ölçütlerinin iç hava niteliği ile ilgililik durumları Tablo 4.6 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 4. 6 LEED YTİ+YY-4.1 ana ve alt ölçütleri ve iç hava niteliği ile ilgililik durumları

Ana Ölçüt	Alt Ölçütler	Puan	İç Hava Niteliği ile İlgililik
Katılımcı Süreç	Katılımcı tasarım ve planlama süreci	Ön koşul	
	Katılımcı süreç	1	
Konum ve Ulaşım	Projenin LEED Çevre Geliştirme Sertifikası alan bölgede konumlanması	16	
	Hassas arazi koruma	1	
	Yüksek öncelikli araziler	2	
	Yapılaşma yoğunluğu ve temel hizmetlere yakınlık	5	
	Toplu taşımaya yakınlık	5	
	Bisiklet parkı ve soyunma odaları	1	
	Otoparklarda karbon salınımının düşürülmesi	1	
	Elektrikli araçlar	1	
Sürdürülebilir Araziler	İnşaat sürecinde oluşan kirliliğin önlenmesi	Ön koşul	
	Çevresel arazi değerlendirmesi	1	
	Doğal yaşamın korunması ve onarılması	2	
	Açık alanlar	1	
	Yağmur suyu yönetimi	3	
	Isı adası etkisi	2	
	Işık kirliliğinin azaltılması	1	
Yenilik	Yenilik	5	
	LEED tarafından yetkilendirilmiş kişi ile çalışma	1	
B.Ö	Bölgesel öncelik	4	
Suyun Verimli Kullanımı	Peyzaj etkin sulama	Ön koşul	
	Yapı içi su kullanımını azaltmak	Ön koşul	
	Su kullanımının ölçülmesi	Ön koşul	
	Peyzaj etkin sulama	2	
	Su kullanımını azaltmak	6	
	Yenilikçi Atık Su Teknolojileri	2	
	Su kullanımının ölçülmesi	1	
Enerji ve Atmosfer	Temel devreye alma ve kontrol	Ön koşul	
	Minimum enerji performansı	Ön koşul	
	Enerji kullanımı ölçümü	Ön koşul	
	Soğutucu yönetim planı	Ön koşul	
	Gelişmiş devreye alma	6	
	Optimum enerji performansı	18	
	Gelişmiş enerji kullanımı ölçümü	1	
	Ölçüm ve sağlama	2	
	Yenilenebilir enerji kullanımı	5	
	Gelişmiş soğutucu yönetim planı	1	
Yenilik	Geri dönüştürülebilir malzemelerin toplanması ve depolanması	Ön koşul	
	Yapı yıkım ve atık yönetimi planı	Ön koşul	
Malzeme	Yapı yaşam döngüsü etkilerinin azaltılması	5	
	Çevresel ürün beyanı olan malzeme kullanımı	2	
	Ürün beyanı olan ham malzeme kullanımı	2	
	Malzemelerin tekrar kullanımı	2	
	Yerel malzemeler	1	
	Çabuk yenilenebilen malzeme kullanımı	1	

Tablo 4. 6 LEED YTİ+YY-4.1 ana ve alt ölçütleri ve iç hava niteliği ile ilgililik durumları (devamı)

İç Ortam Koşulları	Minimum iç hava kalitesi	Ön koşul	✓
	Sigara dumanı kontrolü	Ön koşul	✓
	Minimum akustik performans	Ön koşul	
	İleri iç hava kalitesi	2	✓
	Düşük emisyonlu malzemeler	3	✓
	İnşaatta iç ortam hava kalitesi yönetimi	1	✓
	İç hava kalitesi değerlendirme	2	✓
	Isıl konfor	1	✓
	İç ortam aydınlatması	2	
	Manzara	1	
	Günışığı	3	

Tablo 4.6 incelendiğinde; LEED YTİ+YY-4.1'nin iç hava niteliğini 1 ana ölçüt ve 7 alt ölçüt yardımıyla değerlendirildiği görülmektedir.

4.2 Ölçütlere Dayalı Yeşil Yapı Değerlendirme Sistemlerinden BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1'in Değerlendirme ve Sertifika Süreçlerinin Karşılaştırılması

BREEAM ve LEED Sistemleri, ölçütlere dayalı yeşil yapı sertifika sistemlerinin en eski ve en çok kullanılanlarıdır. Sistemlerin değerlendirme ve sertifika süreçlerinin karşılaştırması Tablo 4.7 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 4. 7 BREEAM ve LEED sistemlerinin değerlendirme yöntemleri ve sertifika süreçlerinin karşılaştırılması

Karşılaştırma Ölçütü	BREEAM U+YY-2016	LEED YTİ+YY-4.1
Değerlendirme uzmanı gereksinimi	Değerlendirmenin BRE onaylı bir uzman yardımıyla yapılması zorunludur.	Değerlendirme; bir uzmanla yapılmak zorunda değildir ancak yapılması durumunda fazladan 1 puan kazanılır.
Referans dökümanlar	Sadece denetçilere açıktır.	Belirli bir ücret karşılığında herkes temin edebilir.
Değerlendirme ana ölçütleri	Yönetim, sağlık ve konfor, enerji kullanımı, ulaşım, suyun verimli kullanımı, atık yönetimi, kirlilik, arazi kullanımı ve ekoloji, malzeme, yeniliktir.	Sürdürülebilir araziler, suyun etkin kullanımı, enerji ve atmosfer, malzeme ve kaynaklar, iç ortam kalitesi, yenilik ve tasarım, yerel önceliktir.
Ön Koşullar	Her sertifika düzeyi için farklıdır. Ön koşullar gerçekleştirilmeden ilgili ana ölçütten puan alınamaz ve yapı derecelendirilemez.	Ön koşullar gerçekleştirilmeden ilgili ana ölçütten puan alınamaz.
Sertifika Aşamaları	Tasarım ve İnşaat Sonrası olmak üzere iki adet sertifika verilir.	İnşaat sonrası tek bir sertifika verilir.

Tablo 4. 7 BREEAM ve LEED sistemlerinin değerlendirme yöntemleri ve sertifika süreçlerinin karşılaştırılması (devamı)

Sertifika Düzeyleri	Geçer, iyi, çok iyi, mükemmel ve olağanüstü olmak üzere 5 sertifika düzeyi vardır.	Sertifikalı, gümüş, altın ve platin olmak üzere 4 sertifika düzeyi vardır.
Değerlendirme aracı	Gerçekleştirilen ölçüt puanlarının BREEAM tarafından belirlenen ağırlık katsayısı ile çarpılması sonucu elde edilen yüzdelik başarı oranı ile değerlendirilir.	Ölçütlerden alınan puanların toplanması ile değerlendirilir.
İç ortam koşulları ana ölçütünün önemi	%19'luk başarı oranı ile en yüksek puan alınabilecek ikinci ana ölçüttür.	16 puanla, konum ve ulaşımla birlikte en yüksek puan alınabilecek ikinci ana ölçüttür.
İç ortam hava niteliği ile ilgili standartlar	EN, ISO ve eşdeğer yerel yönetmelikler	ASHRAE, ISO, ANSI, AHRI, EN ve eşdeğer yerel yönetmelikler
Veri paylaşımı	Değerlendirme ölçütleri ve değerlendirilen yapılara ait veriler sadece yetkili kişiler tarafından görülebilir.	Süreç şeffaf işler, veriler paylaşılır.
İnşaat sonrası denetim	Mükemmel ve olağanüstü sertifikası alan yapılara; 3 yıllık periyotlarla "İnşaat Sonrası" değerlendirme yapılır.	İnşaat sonrası değerlendirme yapılmaz ancak yeni versiyonlar çıktıkça eskileri geçerliliklerini yitirir.

Tablo 4.7 incelendiğinde BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1'in değerlendirme ve sertifikasyon süreçlerinde bazı farklılıklar gözlemlenmektedir. Bunlardan en önemlileri;

- BREEAM tarafından yetkili olmayanlarla veri paylaşılmamasına rağmen LEED'in veri paylaşımı konusunda şeffaf olması,
- BREEAM inşaat sırasında ve inşaat sonrası olmak üzere ikili değerlendirme yaparken, LEED'de inşaat sonrası tek bir değerlendirme yapılmasıdır.

4.3 BREEAM ve LEED Sistemlerinin İç Hava Niteliği Ölçütlerinin İncelenmesi

BREEAM ve LEED sistemlerinin iç hava niteliği değerlendirme ölçütleri incelendiğinde, BREEAM'in iç hava niteliğini Sağlık ve Konfor ana ölçütü ile İç Hava Niteliği ve Isıl Konfor alt ölçütleri yardımıyla değerlendirirdiği, LEED'in ise İç Ortam Niteliği ana ölçütü ve Minimum İç Hava Niteliği Performansı, Çevresel Sigara Dumanı Kontrolü, İleri İç Hava Niteliği, Düşük Emisyonlu Malzemeler, İnşaatta İç Hava Niteliği Yönetimi, İç Hava Niteliğinin Değerlendirilmesi ve Isıl Konfor olmak üzere yedi alt ölçüt altında değerlendirdiği görülmektedir.

4.3.1 BREEAM – Sağlık ve Konfor Ana Ölçütü

Çalışmada BREEAM Sağlık ve Konfor ana ölçütü ile ilgili tüm bilgiler BREEAM Uluslararası Yeni Yapılar Teknik Kitapçığı [134]'ndan alınmıştır. Bu ana ölçüt, yapı sakinlerinin, ziyaretçilerin ve çevredeki diğer kişilerin konfor, sağlık ve güvenliklerinin arttırılmasını teşvik etmek ve yapılardaki yaşam kalitesini arttırmak amacıyla oluşturulmuştur.

4.3.1.1 İç Hava Niteliği

Bu ölçütten alınabilecek krediler yapı türüne göre farklılık göstermektedir. Ölçütün amacı; uygun havalandırma sistemleri, ekipmanlar ve kaplamalar kullanılarak sağlıklı bir iç hava niteliğinin oluşturulmasını teşvik etmek ve yapı kullanıcılarının konfor düzeyini arttırmaktır. Değerlendirme; ön koşul, hava kirliliği kaynaklarını en aza indirgeme (4 puan) ve doğal havalandırmaya uygun hale getirme (1 puan) olmak üzere 3 alt ölçüt üzerinden yapılmaktadır.

Ön Koşul:

1- Asbest içeren malzemelerin yapı içerisinde kullanılması yasaklanmıştır.

Hava kirliliği Kaynaklarını En Aza İndirgeme (4 kredi):

a- İç Hava Niteliği Planı (1 kredi)

2- Bu ölçütten puan almak isteyen yapıların tasarım, inşaat ve kullanım aşamaları için; tasarım, şartname ve uygulama kararlarını içeren bir iç hava niteliği planı hazırlaması ve uygulaması gerekmektedir. İç hava niteliği planı:

- Kirletici kaynaklarının uzaklaştırılması,
- Kirleticilerin yoğunluğunun azaltılması,
- Doluluk öncesi hava temizleme prosedürleri,
- Bağımsız kurumlara yaptırılan test ve analizler ve
- Kullanım sırasında iç hava niteliğinin korunmasına yönelik stratejiler

ile ilgili bilgileri içermelidir.

b- Havalandırma (1 kredi)

Yapı, hava kirleticilerinin dolaşımını ve yoğunluğunu en aza indirgeyecek şekilde tasarlanmalıdır. Tasarım;

3- 2 numaralı ölçütün gerçekleştirilmesi,
4- Yapıya, ulusal havalandırma standartlarına uygun olacak şekilde temiz hava girişinin sağlanması,
5- Yapıya temiz hava girişinin sağlandığı yerlerin, iç hava kirleticilerinin miktarı en aza indirecek şekilde konumlanması (bu konumlamalar; EN (European Standard – Avrupa Standartları) 13779:2007 göre tasarlanmalı veya yapıya temiz ve kirli hava giriş çıkış noktalarının, birbirlerine ve dış kirletici kaynaklarına olan uzaklığı en az 10 metre olmalıdır) ve doğal havalandırma yapılan yapılarda; açılabilir pencereler veya menfezler dış kirletici kaynaklarına en az 10m mesafede konumlandırılması,
6- Yapıda HVAC (Heating Ventilating and Air Conditioning – Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme Sistemleri) Sistemleri bulunması durumunda, sistemin EN 13779:2007'de tanımlanan standartlara uygun filtreleme sistemine sahip olması,
7- Yapıların tahmin edilemeyen kullanıcı yoğunluğuna sahip olan bölgelerinde karbondioksit (CO_2) yoğunluğunu ölçen sensörler bulunması,
8- Yapı içerisinde sigara içmenin yasal olarak serbest olduğu ülkelerde;
a- Yapıdaki tüm ortak alanlar ve personel alanlarında, sigara yasağı uygulanması, tüm kullanıcılar tarafından açıkça görülebilecek alanlara sigara içilmez levhaları asılması,
b- Sigaranın sadece belirli odalarda içildiği ve yapının geri kalanında yasak olduğu yapılarda; sigara içilen odadaki havalandırma oranları, ulusal standartlara uygun olacak şekilde tasarlanması, bu odadaki havalandırma sistemi ile diğer odalardaki havalandırma sistemleri birbirinden ayrılması, menfezler ve açılabilir pencereler kirli havanın içeri girmesini en aza indirgeyecek şekilde konumlandırılması,

gerekliliklerini sağlayacak şekilde yapılmalıdır.

c- Yapı Ürünleri Kaynaklı Emisyonlar (1 kredi)

9- 2 numaralı ölçüt gerçekleştirilmelidir.
10- Aşağıdaki yer alan beş malzemeden en az dördünün formaldehit, TVOC (Total Volatile Organic Compound – Toplam Uçucu Organik Bileşikler), Kategori 1A

ve Kategori 1B emisyonları, BREEAM tarafından belirtilen emisyon kriterlerine uygun olmalıdır.

- İç mekân boyaları ve kaplamalar
- Ahşap ürünler (ahşap zemin kaplaması dahil)
- Döşeme malzemeleri
- Tavan, duvar, akustik ve termal izolasyon malzemeleri
- Yapıştırıcılar ve sızdırmazlık malzemeleri

*Bu malzemelerin emisyon ölçümleri ilgili EN, ISO, CEN (European Comittee for Standardization – Avrupa Standartlar Organizasyonu) ve CDPH (California Department of Health – Kaliforniya Halk Sağlığı Departmanı) Standart Yöntem gerekliliklerini sağlamalıdır.

*BREEAM kategori 1A ve 1B kanserojenlerin listesini yetkili olmayan kişilerle paylaşmamaktadır. Bu nedenle bu liste içerisinde değerlendirilen kirleticilere ulaşılamamıştır.

*BREEAM El Kitabı'nda TVOC tanımı: Belirli sıcaklık veya basınç altında buharlaşan her türlü organik bileşik olarak verilmiştir.

*Islak hacimlerde kullanılacak boya ve kaplamaların, küfe karşı dayanıklı olması talep edilmiştir.

*Bu kapsamda değerlendirilen emisyonlar sadece taşınmaz yapı malzemelerine aittir. Ofis masaları gibi eşyalardan kaynaklı emisyonlar bu ölçümlere dahil edilmez.

d- İnşaat Sonrası İç Ortam Hava Kalitesi Ölçümü (1 kredi)

11- 2 numaralı ölçüt sağlanmalıdır.

12- İnşaat tamamlandıktan ve yapı kullanılmaya başlamadan önce, iç havada bulunan formaldehit yoğunlukları yarım saat boyunca ölçülmeli ve ortalama formaldehit yoğunluğu 100µg/m³'ü aşmamalıdır.

13- Formaldehit ölçüm ve analizleri ISO 16000-2 ve ISO 16000-3'e göre yapılmalıdır.

14- İnşaat sonrası-kullanım öncesi sekiz saat boyunca ölçülen TVOC yoğunluğu 300µg/m³'ü aşmamalıdır.

15- TVOC ölçümleri ve analizleri ISO 16000-5 ve ISO 16000-6'ya göre veya ISO 16017-1'e göre yapılmalıdır.
16- Ölçümler sonucunda uçucu organik bileşik seviyelerinin belirtilen sınırları aşması durumunda; proje ekibi ölçümleri kontrol etmeli, iç hava kalitesi planını gözden geçirmeli ve iç havadaki TVOC ve formaldehit oranları belirtilen sınırlara düşürecek tedbirler almalıdır.
17- Ölçülen TVOC ve formaldehit değerleri, ölçütün onaylanması için BREEAM ölçme ve raporlama aracı yardımıyla raporlanmalıdır.

Doğal Havalandırmaya Uygun Hale Getirme (1 puan)

18- Yapı havalandırma senaryosu, potansiyel kullanıcı ihtiyaçları ve iklim senaryolarına uyarlanabilecek şekilde tasarlanmalıdır.
19- Yapının kullanılan kısımları, doğal havalandırma sistemleri ile temiz hava girişini sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır. Önerilen sistemin karmaşıklık derecesine göre aşağıdaki yöntemler kullanılarak, bu tasarıma ulaşılabilir:

i. Her bir kullanım alanındaki açılır pencere alanı, o kullanılabilir alanın veya katın taban alanının %5'i kadar olmalıdır. 7m ile 15m arası derinliğe sahip oda veya kat alanlarında bulunan açılabilir pencereler çapraz havalandırmanın sağlanabilmesi amacıyla karşılıklı veya alan boyunca eşit aralıklarla dağıtılacak şekilde konumlandırılmalıdır,

ii. Tasarım, ısıl konfor koşullarını ve havalandırma oranlarını korumak için doğal havalandırma stratejisinin yeterli bir çapraz hava akışı sağladığını ispat etmelidir.

20- Doğal havalandırma stratejisi, kullanılan alana giren temiz hava kaynakları üzerinde en az iki farklı seviyede kullanıcı kontrolü sağlamalıdır.

Örnek Seviye Kriterleri (1 puan)

21- 2 numaralı ölçüt sağlanmalıdır.
22- Aşağıdaki yer alan beş malzemeden en az dördünün formaldehit, TVOC, TSVOC, Kategori 1A ve Kategori 1B emisyonları, BREEAM tarafından belirtilen emisyon kriterlerine uygun olmalıdır. Malzemeler:

- İç ortam boyaları ve kaplamalar

- Ahşap ürünler (ahşap zemin kaplaması dahil)
- Döşeme malzemeleri
- Tavan, duvar, akustik ve termal izolasyon malzemeleri
- Yapıştırıcılar ve sızdırmazlık malzemeleri

*Bu malzemelerin emisyon ölçümleri ilgili EN, ISO, CEN/TS ve CDPH Standart Yöntem gerekliliklerini sağlamalıdır.

23- Kullanılan bütün malzemeler BREEAM tarafından belirlenen emisyon değerleri, değerlendirme ölçütleri ve ek ölçütleri sağlamalıdır.

*BREEAM, İç Hava Niteliği ana ölçütü kapsamında içerisinde ofis bulundurmayan endüstri yapılarını sadece ön koşul üzerinden değerlendirir. Bu yapılar diğer şartlar üzerinden değerlendirilmezler.

4.3.1.2 Isıl Konfor

Bu ölçütün amacı; tasarım yoluyla uygun ısıl konfor koşullarının elde edilmesini sağlamak ve yapı kullanıcılarının optimum ısıl konfor koşullarına sahip olduğundan emin olmaktır.

Ofis alanı bulundurmayan, sadece operasyon ve depolama alanı bulunduran endüstri yapıları, bu ana ölçüt kapsamında değerlendirmeye alınmaz.

Isıl Modelleme (1 puan)

1- Isıl modelleme (yapının ısıl konfor seviyelerinin analitik ölçümü veya değerlendirilmesi), ISO 7730: 2005 uyarınca PMV (Predictive Mean Vote – Tahmin Edilebilen Ortalama Isıl Duyum) ve PPD (Percentage People Dissatisfied – Tahmini Memnuniyetsizlik Yüzdesi) endekslerin yüzdesi kullanılarak ve mevsimsel değişimler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmelidir.

2- Yapıdaki ısıl konfor seviyesi; yerel ısıl konfor kriterleri kullanılarak belirlenmeli, özellikle kış ve yaz aylarındaki iç ortam sıcaklıkları, ISO 7730: 2005'te önerilen konfor kriterlerine uygun olacak şekilde tasarlanmalıdır.Yapı içerisinde bulunan tüm kullanılan alanlardaki ısıl konfor koşulları; yerel iklim koşullarında optimum ısıl konfor koşullarını sağlamalıdır.

3- Yapıdaki kullanım alanlarındaki ısıl konfor seviyeleri, ISO 7730:2005 Ek A Tablo A.1'de belirtilen Kategori B gereksinimlerini karşılamalıdır.
4- Klimalı yapılarda, ısıl modellemede kullanılan PMV ve PPD endeksleri BREEAM değerlendirme puanlama ve raporlama aracıyla rapor edilmelidir.

Öngörülebilen İklim Değişikliği Senaryosuna Uyarlanabilirlik (1 Puan)

5- 1,2,3 ve 4 numaralı ölçütler sağlanmalıdır.
6- Isıl modelleme, 3 numaralı ölçütte belirtilen gereksinimlerin öngörülebilir iklim değişikliği senaryosu için sağlandığını gösterilmelidir.
7- Olası iklim değişikliği senaryosu için ısıl konfor kriterlerinin karşılanmadığı durumlarda, proje ekibi yapının olası iklim değişikliğine nasıl uyarlandığını veya yukarıda yer alan 6 numaralı ölçütteki gereklilikleri sağlamak için nasıl uyarlanabileceğini göstermelidir.
8- Klimalı yapılar için, yukarıdaki modellemeye dayalı PMV ve PPD endeksleri BREEAM değerlendirme puanlama ve raporlama aracıyla rapor edilmelidir.

Isıl Bölgeleme ve Kontrol (1 Puan)

9- Yukarıda yer alan 1,2,3 ve 4 numaralı ölçütler sağlanmalıdır.
10- Yapı kullanıcıları, yukarıda yer alan ilk dört kritere göre düzenlemiş olan ısıl modelleme analizi ve ısı ayarı kontrol stratejisi hakkında bilgilendirilmelidir.
11- Yapı için önerilen ısıtma ve soğutma sistemleri stratejisi aşağıda yer alan ölçütler dikkate alınarak oluşturulmalıdır:

a- Yapı içerisinde yer alan farklı ısıtma ve soğutma gereksinimlerine sahip bölgelerin (pencere kenarları ve bina çekirdeği gibi) ısıtma ve soğutması; optimum ısıl konfor koşullarını, minimum enerji kullanarak sağlanmalıdır.
b- Kullanıcı kontrolü derecesi, yapı kullanıcıların önerilerine veya yapı tasarım rehberine göre belirlenmelidir.
c- Birden fazla sistemin önerilmesi durumunda; önerilen sistemlerin birbiriyle etkileşim dereceleri ve bunun kullanıcı üzerindeki etkileri incelenmelidir.
d- Otomatik sistemler; ihtiyaç halinde elle kontrol edilebilecek şekilde tasarlanmalıdır.

4.3.2 LEED – İç Ortam Niteliği Ana Ölçütü

İç ortam niteliği ana ölçütü, 3 tanesi ön koşul olmak üzere 12 tane alt ölçütten oluşmaktadır. Ana ölçüt altında yer alan ön koşulların gerçekleştirilmediği projelerde, bu ana ölçütten puan alınamaz. Bu tez çalışması kapsamında yer alan LEED YTİ+YY-4.1 İç Ortam Ortam Niteliği ile ilgili bilgiler LEED Versiyon 4.1 Yapı Tasarımı ve İnşaatı El Kitabı'ndan (2019) [135] alınmıştır.

4.3.2.1 Minimum İç Hava Niteliği Performansı (Ön Koşul)

Bu ölçütün hedefi, iç hava niteliği için asgari şartlar belirleyerek, kullanıcı konforunu en yüksek düzeye ulaştırmaktır. Bu ölçütte yapılar, mekanik ve doğal olarak havalandırılan yapılar olarak ikiye ayrılmış ve ikisi için farklı zorunluluklar getirilmiştir.

a- Mekanik olarak havalandırılan yapılar:

Mekanik olarak havalandırılan yapılar, aşağıda yer alan 1 veya 2 numaralı opsiyondan birini ve izleme gerekliliklerini sağlamalıdır.

1- ASHRAE Standardı- 62.1-2016, Bölüm 4, 5, 6.2, 6.5 ve 7 veya bu standartlara uygun olan yerel yönetmeliklerde yer alan gereklilikler sağlanmalı veya
2- ISO standartları 17772-1:2017, Metot 1- Kategori I veya II ile algılanan hava kalitesi veya EN Standartları 16798-3:2017, Bölüm 7-10 gibi havalandırma sistemi için oluşturulmuş yerel standart ve yönetmelikleri sağlamalıdır.

Mekanik havalandırma sistemleri için izleme gereklilikleri:

a- 472 l/s'den büyük dış hava girişi debisine sahip tüm mekanik havalandırma sistemleri, dış hava girişini izleme monitörleri bulundurmalı veya,
b- Sabit hacimli sistemlerde, başlangıç ve dengeleme aşamalarında gerekli minimum dış hava giriş debisini sağlayan kapağa bir gösterge konulmalıdır.

Doğal olarak havalandırılan yapılar:

Doğal olarak havalandırılan yapılar ve karma olarak havalandırılan yapılar hava akışının ilgili CIBSE (Chartered Institution of Building Services Engineers - Yapı Servisleri Mühendisleri Odası) Uygulama Kitapçığı'nda yer alan gerekliliklerin yanı sıra aşağıda yer bir veya iki numaralı seçeneklerden birini ve izleme gereklilerini sağlamalıdır.

1- İlgili ASHRAE Standartlarında yer alan gereklilikler karşılanmalı veya,
2- İlgili ASHRAE Standartları gerekliliklerin karşıladığı ve yetkili makamlarca onaylanmış bir doğal havalandırma projelendirilmesi yapılmalıdır.

Doğal olarak havalandırılan yapılar için izleme gereksinimleri

Aşağıda yer alan şartlardan en az bir tane sağlanmalıdır:

a- Dış hava akımını ölçebilen bir ölçüm cihazı bulundurulmalı ve bu cihaz belirlenen değerler arasında %15 oranında değişim olduğunda ilgili kişiyi uyarmalıdır.
b- Doğal havalandırmayı sağlayan açıklıklarda, girişlerin kapanması durumunda ilgili kişiyi uyaracak alarmlar bulunmalıdır.
c- Her ısıl bölge için CO_2 yoğunlukları izlenme cihazı bulunmalıdır. Cihaz; CO_2 seviyeleri belirlenen seviyelerin %10 üzerinde çıktığında, ilgili kişiyi uyarmalıdır.

4.3.2.2 Çevresel Sigara Dumanı Kontrolü (Ön Koşul)

Bu alt ölçütün hedefi; yapı sakinlerinin, tütün dumanına maruz kalmasını önlemek veya en aza indirmektir. Bu ölçüt altındaki kısıtlamalar tütün dumanının yanında; esrar, elektronik sigara ve diğer maddelerin ortaya çıkarmış olduğu dumanları da kapsamaktadır. Bu ölçütün gerekliliklerin sağlanabilmesi için;

a- Yapı çerisinde tütün ürünleri ve diğer uyarıcı maddeler kullanmak yasaklanmalı,
b- Yapının tüm dış hava girişlerinden ve açılabilir pencerelerden en az 7.5m uzaklıktaki belirlenmiş alanlar haricinde, yapının dışında sigara içmek yasaklanmalı, sigara tüketimi ile ilgili sınırlamalar yapı kullanıcılarına bildirilmeli ve yapı çevresine sigara içilmez tabelaları asılmalıdır.

4.3.2.3 İleri İç Hava Niteliği (1-2 puan)

Bu alt ölçütün amacı; yapı kullanıcıların konfor ve sağlık düzeyleri ile verimliliklerini arttırmaktır.

1 Numaralı Opsiyon-İleri İç Hava Niteliği Stratejileri (1 puan)

Bu opsiyondan puan alabilmek için, aşağıda yer verilen uygulanabilir stratejilerden projeye uygun olan stratejilerin tamamını uygulanmalıdır.

Mekanik olarak havalandırılan alanlar:

a- Giriş yolu sistemleri,
b- İç çapraz kirlenmenin önlenmesi ve
c- Filtrasyon.

Doğal olarak havalandırılan alanlar:

a- Giriş yolu sistemleri ve
d- Doğal havalandırma tasarım hesaplamaları.

Karma sistemler:

a- Giriş yolu sistemleri,
b- İç çapraz kirlenmenin önlenmesi,
c- Filtrasyon,
d- Doğal havalandırma tasarım hesaplamaları ve
e- Karma sistem tasarım hesaplamaları

Gereklikler:

a- Giriş yolu sistemleri

Düzenli olarak kullanılan dış girişlerde; girişe en az 3 metre mesafede, dışarıdan gelen kirleticileri engelleyecek sistemler kurulmalıdır. Bunlar; kalıcı olarak monte edilmiş ve altı temizlenebilir ızgaralar ve paspaslar gibi sistemler olabilir. İç çapraz kirlenmenin önlenmesi

Tehlikeli gaz veya kimyasalların bulunduğu alanlarda, hava akımı minimum iç ortam hava niteliği ön koşulunda belirtilen kirli hava çıkış debisine uygun olmalı veya metrekarede 2.54 l/sn şartını sağlamalıdır.

b- Filtrasyon

Dış hava girişi sağlayan tüm havalandırma sistemleri partikül filtreleri veya hava temizleme cihazları bulundurmalıdır. Bu cihazlar aşağıda yer alan gerekliliklerden birini sağlamalıdır:

- Minimum verimlilik raporlama değeri 13 ve üzeri olmalı veya %50 veya daha yüksek eşdeğer filtrasyon ortamı sağlamalıdır.
- Tüm filtreler, inşaatın tamamlanması ve yapının kullanılmaya başlamasından önce değiştirilmelidir.

c- Doğal havalandırma tasarım hesaplamaları

Kullanılan alanlar için havalandırma tasarımı; CIBSE Uygulama El Kitabı AM10, Mart 2005, Yurt Dışı Yapılarda Doğal Havalandırma, Bölüm 2.4'e uygun olarak tasarlanmalıdır.

d- Karma sistem tasarım hesaplamaları

Sistem tasarımı, CIBSE Uygulama El Kitabı 13-2000, Karma Havalandırma Sistemleri'ne uygun olacak şekilde yapılmalıdır.

2 Numaralı Opsiyon-Ek İleri İç Hava Niteliği Stratejileri

Bu opsiyondan puan alabilmek için, her bir sistem tipi için aşağıda yer alan gerekliliklerinden biri karşılanmalıdır.

Mekanik olarak havalandırılan alanlar:

a- Dış kirliliğin önlenmesi,
b- Arttırılmış havalandırma
c- Karbondioksit izleme
d- Ek kaynakların kontrolü ve izlenmesi

Doğal olarak havalandırılan alanlar:

a- Dış kirliliğin önlenmesi,
d- Ek kaynakların kontrolü ve izlenmesi
e- Her bir odanın doğal havalandırma hesapları

Karma sistemler:

a- Dış kirliliğin önlenmesi,
b- Arttırılmış havalandırma
d- Ek kaynakların kontrolü ve izlenmesi
e- Her bir odanın doğal havalandırma hesapları

Gereklilikler

a- Dış kirliliğin önlenmesi

Proje; kirleticilerin yapıya girmesini engelleyecek ya da en aza indirgeyecek şekilde tasarlanmalıdır.

b- Arttırılmış Havalandırma

Dış havalandırma oranları, minimum iç ortam hava niteliği ön koşulunda belirlenen asgari oranlara göre %30 oranında artırılmalıdır.

c- Karbondioksit izleme

Yoğun kullanılan tüm alanlardaki CO_2 seviyeleri monitörler yardımıyla izlenmelidir. Algılanan CO_2 seviyesi istenen değeri %10'dan fazla aşarsa monitörler otomasyon sistemini uyarılmalıdır.

d- Ek Kaynakların Kontrolü ve İzlenmesi

Hava kirleticilerinin bulunma ihtimalinin yoğun olduğu yerlerde; CO_2'nin yanı sıra muhtemel hava kirletici miktarları değerlendirilmeli, kirletici salınım olasılığını azaltmak için bir malzeme ve işletme planı geliştirilmelidir. Belirli kirleticileri tespit etmek için izleme sistemleri kurulmalı ve miktarların artması durumunda, izleme sistemleri bir alarm yardımıyla otomasyon sistemlerini uyarmalıdır.

e- Her Bir Odanın Doğal Havalandırma Hesapları

Hesaplar, CIBSE Uygulama Kılavuzu 10, Kısım 4'te yer alan tasarım hesaplamaları baz alınarak yapılmalıdır.

4.3.2.4 Düşük Emisyonlu Malzemeler (3 puana kadar)

Bu ölçütün amacı; insan sağlığına, iç ortam niteliğine ve çevreye zarar veren kimyasal kirletici miktarını azaltmaktır. Malzeme emisyonlarının düşürülmesi ile elde edilebilecek puanlar Tablo 4.8 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 4. 8 Gerçekleştirilen düşük emisyonlu ürün kategorisi ve alınabilecek puanlar

Gerçekleştirilen ürün kategorisi sayısı	Puanlar
2 ürün kategorisi	1 puan
3 ürün kategorisi	2 puan
4 ürün kategorisi	3 puan
5 ürün kategorisi	3 puan + örnek performans

Projede aşağıda yer alan düşük emisyon kriterlerini karşılayan malzemeler kullanılmalıdır.

Ürün Kategorileri

a- Boyalar ve kaplamalar

Tüm boya ve kaplamaların en az %75'i, VOC emisyon değerlerini karşılamalı ve tamamı VOC (Volatile Organic Compound – Uçucu Organik Bileşik) içerik değerlendirmesini sağlamalıdır.

b- Dolgu ve yapıştırıcılar

Tüm dolgu ve yapıştırıcıların en az %75'i, VOC emisyon değerlerini karşılamalı ve tamamı VOC içerik değerlendirmesini sağlamalıdır.

c- Döşemeler

Tüm döşemelerin en az %90'ı VOC emisyon değerlerini veya yapısı gereği VOC yaymayanlar kriterlerini karşılamalıdır.

d- Duvar panelleri

Tüm duvar panellerinin en az %90'ı VOC emisyon değerlerini veya yapısı gereği VOC yaymayanlar kriterlerini karşılamalı veya yeniden kullanılan materyaller ile ilgili gereklilikleri sağlamalıdır.

e- İzolasyon

Tüm izolasyonların en az %75'i VOC emisyon değerlerini karşılamalıdır.

f- Tavanlar

Tüm tavan alanlarının en az %90'ı VOC emisyon değerlerini veya yapısı gereği VOC yaymayanlar kriterlerini karşılamalı veya yeniden kullanılan materyaller ile ilgili gereklilikleri sağlamalıdır.

g- Mobilya

Proje kapsamındaki mobilyaların maliyet olarak en az %75'i; VOC emisyon değerlerini veya yapısı gereği VOC yaymayanlar kriterlerini karşılamalı veya yeniden kullanılan materyaller ile ilgili gereklilikleri sağlamalıdır.

h- Kompozit ahşap

Tüm kompozit ahşapların en az %75'i; formaldehit emisyon değerlerini karşılamalı veya yeniden kullanılan materyaller ile ilgili gereklilikleri sağlamalıdır.

Düşük emisyon kriterleri

a- Yapısı gereği VOC kaynağı olmayanlar

Doğal yapısı gereğince VOC yaymayan (taş, seramik, kaplanmış metaller, cam, beton, kil, tuğla ve işlenmemiş ahşap vb.) ve zemin kaplaması, bağlayıcı, yapıştırıcı gibi ürünler içermeyen malzemelerdir.

b- Yeniden kullanılan malzemeler

1 yıldan uzun süredir kullanımda olan malzemelerdir. Eğer sahada kaplama gibi son malzeme uygulaması yapılacaksa; uygulamada kullanılan malzemenin VOC emisyon değerlerini ve VOC içerik değerlendirme gereksinimlerini karşılaması gerekmektedir.

c- VOC emisyon değerleri

1 Numaralı opsiyon

Malzeme; ilgili CDPH yöntemine göre test edilmeli ve testler sonucunda malzemenin ölçülen VOC emisyon değerleri CPDH sınırlamalarına uygun olmalıdır.

2 Numaralı opsiyon

Ürün EN 16516: 2017'ye göre test edilmeli, sınır değerler AgBB (Ausschuss für die Gesundheitliche Bewertung von Bauprodukten - Yapı Ürünlerinin Sağlığı Değerlendirme Komitesi) Test ve Değerlendirme Programının ilgili değerlerine uygun olmalı ve metreküp başına 10 mikrogram formaldehit limiti şartını sağlamalıdır.

d- VOC içerik değerlendirmesi

Ürün geçerli standartlardan birinde belirtilen VOC içerik limitlerini karşılamalı ve ürün uygunluk beyanı üretici tarafından yapılmalıdır. Herhangi bir testin geçerli olabilmesi için, düzenlemede belirtilen test yöntemine uymalıdır.

e- Formaldehit emisyon değerleri

Malzemeler aşağıda belirtilen kriterlerden birini karşılamalıdır.

- EPA, TSCA (Toxic Substances Control Act-.toksik Maddelerin Kontrolü Kanunu) Başlık 6 veya CARB (California Air Resources Board-California Hava Kaynakları Kurulu) ATCM (Composite Wood Products Airborne Toxic Control Measure-Kompozit Ahşap Ürünleri Toksik Madde Kontrol Önlemleri) Ultra Düşük Emisyonlu Formaldehit Reçineleri İçin Formaldehit Seviyeleri Gereksinimleri
- EPA TSCA Başlık 6 veya CARB ATCM Formaldehit Reçineleri Bulunmayan Malzemeler İçin Formaldehit Seviyeleri Gereksinimleri
- Malzemeler, EN 717-1: 2014 uyarınca formaldehit emisyonları için test edilmeli ve E1 emisyon sınıfına uygun olmalıdır.

f- Mobilya Emisyon Değerleri

Ürün, ANSI / BIFMA (Business and Instutional Furniture Manufacturers Association - Ticari ve Kurumsal Mobilya Üreticileri Birliği) Standart Yöntemi 'ne göre test edilmiş ve ilgili gereklilikleri sağlıyor olmalıdır.

4.3.2.5 İnşaatta İç Hava Niteliği Yönetimi (1 puan)

Bu ölçütün amacı; yenileme ve inşaat çalışmalarında iç hava niteliği sorunlarını en aza indirerek inşaat işçilerinin refahını teşvik etmektir.

Gereklilikler

Bu ölçütten puan alabilmek için; inşaat ve kullanım öncesi aşamaları için iç hava niteliği yönetimi planı oluşturulmalıdır. Plan aşağıda belirtilen maddeleri içermelidir:

- İnşaat sırasında, SMACNA (Sheet Metal and Air Conditioning Contractors National Association-Sac Levha ve İklimlendirme Ulusal Müteahhitler Birliği) İç Ortam Koşulları Yönetmeliği'nde belirtilen gereklilikler karşılanmalı veya aşılmalıdır,
- Şantiyede depolanan malzemeler nemden korunmalıdır,
- Kullanıma almadan hemen önce, tüm filtrasyon sistemlerini, üreticinin önerileri doğrultusunda yapılan tasarıma göre değiştirilmelidir,

- İnşaat sırasında; yapının içinde ve en az 25 metre yakınında sigara içilmesi yasaklanmalıdır.

4.3.2.6 İç Hava Niteliği Değerlendirmesi (1 puan)

Bu ölçütün amacı, inşaat sonrasında daha iyi iç hava koşulları oluşturarak kullanıcı konforu ve verimliliğini arttırmak, yapı kullanıcıları için daha sağlıklı bir ortam oluşturmaktır.

Gereklilikler

İnşaat tamamlandıktan ve yapı tamamen temizlendikten sonra aşağıda yer alan iki opsiyondan birinin gereklilikleri sağlanmalıdır (tüm ince işler tamamlanmış olmalıdır)

1 numaralı opsiyon hava akımı ile temizleme

Kullanımdan önce;

Filtreler değiştirildikten sonra, iç hava sıcaklığı 15 ile 27 derece arasında, bağıl nem oranının %60'ın altında tutularak, m^2'de 4,267,140 litrelik hava akımı ile yapı temizlenmelidir.

Kullanım esnasında;

Yerleşimden sonra hava akımı ile temizleme yapılacaksa, iç ortam hava sıcaklığı 15 ile 27 derece arasında, bağıl nem oranının %60'ın altında tutularak, m^2'de 1,066,260 litrelik hava akımı ile temizleme yapılmalıdır. Yapı temizlendikten sonra kullanılmaya başlanmalıdır.

2 Numaralı opsiyon hava testi

Yapı kullanıma açılmadan önce, Tablo 4.9'da belirtilen kirleticiler için iç hava kalitesi testi yapılmalıdır.

a- Partikül maddeler ve inorganik gazlar (1 puan)

b- İzin verilen bir test yöntemini kullanarak Tablo 4.9'da listelenen partikül maddeler ve inorganik gazların seviyeleri ölçülmelidir. Kirleticilerin tabloda listelenen konsantrasyon sınırlarını aşmamalıdır ve /veya

Tablo 4. 9 Partikül Maddeler ve İnorganik Gazlar

Kirleticiler	Yoğunluk Limitleri ($\mu g/m^3$)	İzin Verilen Test Yöntemleri
Karbon monoksit (CO)	9 ppm; Açık hava seviyelerinin en fazla 2 ppm üzerinde olmalıdır.	EPA Compendium Yöntemi IP-3
PM_{10}	50 ($\mu g/m^3$)	5 mikrogram/m^3'den daha fazla hassasiyet sahip partikül izleme cihazı
$PM_{2,5}$	12 $\mu g/m^3$ or 35 $\mu g/m^3$	
Ozon	0,07 ppm	5 ppb'den daha fazla hassasiyet sahip partikül izleme cihazı

c- Uçucu organik bileşikler (1 puan)

Ortamdaki VOC miktarını ölçülmelidir. Örnek toplanması ve analizler ilgili standartlara uygun olacak şekilde hesaplanmalıdır. Toplam VOC seviyesinin 500 $\mu g/m^3$'ü aşması durumunda; olası sorunlar araştırılmalı, çözüm geliştirilmeli ve ölçümler tekrarlanmalıdır.

İzin verilen bir test yöntemi kullanarak, Tablo 4.10'da listelenen uçucu organik bileşikler seviyeleri test edilmelidir. Kirleticiler, tabloda listelenen konsantrasyon sınırlarını aşmamalıdır.

Tablo 4. 10 Uçucu organik bileşikler

Kirleticiler	Konsantrasyon Miktarları ($\mu g/m^3$)	İzin Verilen Test Yöntemleri
Formaldehit	20 $\mu g/m^3$ (16 ppb)	ISO 16000-3, 4; EPA TO-11a, EPA comp. IP-6A ASTM D5197-16
Asetaldehit	140 $\mu g/ m^3$	
Benzen	3 $\mu g/ m^3$	ISO 16000-6 EPA IP-1, EPA TO-17, EPA TO-15 ISO 16017-1, 2; ASTM D6196-15
Hekzan	7000 $\mu g/ m^3$	
Naftalin	9 $\mu g/ m^3$	
Fenol	200 $\mu g/ m^3$	
Stiren	900 $\mu g/ m^3$	
Tetrachloroethylene	35 $\mu g/ m^3$	
Toluen	300 $\mu g/ m^3$	
Vinil asetat	200 $\mu g/ m^3$	
Diklorobenzen	800 $\mu g/ m^3$	
Ksilen	700 $\mu g/ m^3$	

4.3.2.7 Isıl Konfor

Bu ölçütün amacı; optimum ısıl konfor koşullarını sağlayarak yapı kullanıcılarının; verimliliğini, rahatlığını ve refahını artırmaktır. Bu ölçütten puan alabilmek için; ısıl konfor tasarımı ve ısıl konfor kontrolü gerekliliklerinin her ikisi de sağlanmalıdır.

Isıl Konfor Tasarımı

1 Numaları Opsiyon: ASHRAE Standardı 55-2017

HVAC Sistemleri ASHRAE Standard 55-2017, İnsanlar İçin Isıl Konfor Koşullarında belirtilen standartlara veya eşdeğer yerel yönetmeliklere uygun olacak şekilde tasarlanmalı veya,

2 Numaralı Opsiyon: ISO Standardı

HVAC sistemleri:

- ISO 7730: 2005, Isıl Ortamın Ergonomisi ile,
- ISO 17772-2017, Yapıların Enerji Performansı-İç Ortam Niteliği-Bölüm 1.

gerekliliklerini karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır

Isıl Konfor Kontrolü

- Bireysel kullanım alanlarının en az %50's ısıl konfor kontrol sistemleri bulundurmalıdır.
- Bireysel ve çok kullanıcılı alanlardaki ısıl konfor kontrol sistemleri; kullanıcıların iç hava sıcaklığı, ışınımsal sıcaklık, hava hızı ve/veya nem parametrelerinden en az birini ayarlamasına izin vermelidir:

4.4. BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 Sistemlerinin İç Ortam Hava Niteliği, Malzeme Emisyonları ve Isıl Konfor Ölçütlerinin Karşılaştırılması

Endüstri yapıları farklı üretim süreçlerine sahip olan, içerisinde bulunan hammaddeler ve üretim süreçleri nedeniyle iç havasında yoğun kirletici barındırabilen yapılardır. Bu yapılarda iç hava niteliğinin etkili olarak değerlendirebilmesi için; ortaya çıkabilecek potansiyel kirleticileri belirlenmeli ve bu kirleticilerin azaltılması için alınması gereken tedbirleri tanımlamalıdır.

4.4.1 BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 Sistemlerinin İç Hava Niteliği Ölçütlerinin Karşılaştırılması

BREEAM ve LEED sistemlerinin iç hava niteliği kapsamında incelediği ölçütler ve birbirleri ile kıyaslanması Tablo 4.11 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 4. 11 BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 sistemlerinin iç hava niteliği ölçütlerinin karşılaştırılması

Ölçüt		BREEAM U+YY-2016	LEED YTİ+YY-4.1
Değerlendirme		1 ön koşul ve 3 alt ölçüt ile değerlendirme yapılır.	2 ön koşul ve 5 alt ölçüt ile değerlendirme yapılır.
Ön koşul	Asbest	Asbest içeren malzemelerin kullanımı yasaklanmıştır.	-
	Çevresel sigara dumanı kontrolü	-	Yapı içerisinde sigara içilmesi yasaklanmış, yapı dışında ise sadece belirli alanlarda sigara içilmesine izin verilmiştir.
	Minimum iç hava niteliği performansı	-	Mekanik veya doğal olarak havalandırılan yapılarda; hava girişi izlenmelidir.
İç hava niteliği planı		Tasarım, inşaat ve kullanım aşamaları için BREEAM kriterlerine uygun plan hazırlanması talep edilir.	İnşaat ve kullanım öncesi aşamaları için SMACNA, ASHRAE ve LEED Standartları'na uygun plan hazırlanması talep edilir.
Doğal havalandırmaya uygun hale getirme		Yüzey alanı miktarına göre açılır pencere oranlarına uyulması, doğal havalandırma yardımıyla yeterli çapraz havalandırmanın sağlandığı ispat edilmesi ve havalandırmanın kullanıcılar tarafından kontrol edilebilmesi talep edilir.	-
Havalandırma		Mekanik, doğal ve karma sistemlerle havalandırılan yapılarda; temiz hava girişi ilgili ulusal standartlara, temiz hava girişinin saplandığı yerler ve filtreleme sistemleri ilgili EN Standartlarına uygun olması, Yapıda; $C0_2$ monitörleri bulunması, sigara içilen alanların ayrılması ve farklı havalandırma sistemlerine sahip olması talep edilir.	Yapılarda havalandırmanın; ileri iç ortam hava kalitesi stratejisi başlığı kapsamında belirtilen giriş yolu sistemleri, iç çapraz kirlenmenin önlenmesi, filtrasyon, doğal havalandırma tasarım hesapları ve karma sistem tasarım hesapları ile ilgili kriterlere uyulması ve/ veya Ek ileri iç ortam hava kalitesi stratejisi başlığı kapsamında belirtilen dış kirliliğin önlenmesi, arttırılmış havalandırma, CO_2 izleme, ek kaynakların kontrolü ve izlenmesi ölçütlerine uygun olması beklenmektedir.
İç hava niteliği ölçümü		İç ortamdaki; formaldehit ve uçucu organik bileşiklerin ölçülmesi ve sınır değerlerde olması talep edilir.	Yapının hava akımı yardımıyla temizlenmesini veya iç ortamdaki hava partikül madde ve inorganik gazlar ile uçucu organik bileşiklerin ölçümü talep edilir.
Değerlendirilen kirleticiler		Formaldehit, uçucu organik bileşikler, 1A ve 1B kanserojenler ve karbon dioksit değerlendirilir. Uçucu organik bileşikler, 1A ve 1B kanserojenler BREEAM tarafından tanımlanmış ve paylaşılmamıştır.	Karbon dioksit, PM_{10}, PM_5, ozon, formaldehit, benzen, hekzan, naftalin, fenol, stiren, vinil asetat değerlendirilir.
Kapsam		İçerisinde ofis alanı bulunmayan endüstri yapıları sadece ön koşulu gerçekleştirmekle yükümlüdür.	Tüm yapı tipleri tüm koşulları gerçekleştirmelidir.

BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 Sistemlerinin iç hava niteliği ölçütleri incelendiğinde;

- Her iki değerlendirme sisteminin de değerlendirdiği kirletici miktarının endüstri yapılarında ortaya çıkabilecek potansiyel kirleticilerin çok altında kaldığı,
- İki sertifika sisteminde de yapıların kullanım sonrası iç hava niteliklerinin ölçülmesi ve kullanıma bağlı olarak ortaya çıkabilecek kirleticilerin değerlendirilmesi ile ilgili ölçüt geliştirilmediği,
- BREEAM U+YY-2016'nın kullanım esnasında iç ortam hava kalitesinin korunmasına dair tedbirleri içeren bir plan talep ettiği,
- BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 sisteminin yapı içerisinde oluşacak gaz halindeki kirleticilerden sadece karbon dioksit miktarını değerlendirdiği,
- LEED YTİ+YY-4.1'in kullanıcı yoğunluğunun fazla olduğu yerlerde gaz halindeki diğer kirleticiler için sensor bulundurulmasını talep ettiği ancak bu kirleticileri tanımlamadığı
- Her iki sistemde de yapı içerisinde oluşabilecek olan biyolojik kirleticilerin oluşmasının engellenmesine yönelik ölçüt geliştirilmediği ancak BREEAM Sistemi'nin malzeme emisyonlarını değerlendirme ölçütü kapsamında ıslak hacimlerde küf oluşumunu engelleyecek boya, kaplama ve yalıtım malzemesi kullanımını talep ettiği,
- Her iki sistemde de ortamdaki kötü kokuların önlenmesi ve giderilmesi ile ilgili ölçüt geliştirilmediği ve
- Her iki sistemde de elektroiklimsel kirlilik konusu ile ilgili ölçüt bulunmadığı tespit edilmiştir.

Endüstri yapılarında üretim, dış ortam, kullanıcı eylemleri ve yapı ürünleri kaynaklı ortaya çıkabilecek potansiyel kirleticilerden BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 tarafından değerlendirilenler Tablo 4.12 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 4.12 Endüstri yapılarında ortaya çıkabilecek potansiyel kirleticilerden BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 tarafından değerlendirilenler

	Kirletici	Kaynak																					
		Üretim																Dış Ortam		Kullanıcı		Yapı Ürünleri	
		Gıda Ürünleri		Tütün Ürünleri		Dokuma Ürünleri		Orman Ürünleri		Kimyevi Ürünler		Metal Ürünleri		Deri Ürünleri		Toprak Ürünleri		B	L	B	L	B	L
		B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L						
Gaz	Sodyum hidroksit																						
	Sodyum hipoklorit																						
	Potasyum hidroksit																						
	Potasyum klorür																						
	Potasyum nitrat																						
	Hidrojen peroksit																						
	Potasyum kromat																						
	Potasyum dikromat																						
	Fenolftalein																						
	Hidroklorik asit																						
	Sitrik asit																						
	Magnezyum karbonat																						
	Magnezyum oksit																						
	Gümüş nitrat																						
	Kükürt dioksit																						
	Sodyum nitrit																						
	Fosfor																						
	Ozon																						
	Sülfürik asit																						
	Benzoik asit																						
	Freon																						
	Sodyum metabisülfit																						
	Nitrit																						
	Nitrat																						
	Sodyum benzoat																						

Tablo 4.12 Endüstri yapılarında ortaya çıkabilecek potansiyel kirleticilerden BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 tarafından değerlendirilenler (devamı)

Kirletici		Kaynak																					
		Üretim																Dış Ortam		Kullanıcı		Yapı Ürünleri	
		Gıda Ürünleri		Tütün Ürünleri		Dokuma Ürünleri		Orman Ürünleri		Kimyevi Ürünler		Metal Ürünleri		Deri Ürünleri		Toprak Ürünleri		B	L	B	L	B	L
		B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L						
Gaz (devamı)	Nitrik asit																						
	Fosforik asit																						
	Nikotin																						
	Asetik asit																						
	Sodyum karbonat																						
	Formik asit																						
	Sülfat																						
	Karbondioksit																						
	Sülfür dioksit																						
	Azot oksit																						
	Karbon monoksit																	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	Azot dioksit																						
	Etilen oksit																						
	Sodyum sülfat																						
	Kalsiyum sülfat																						
	Hidroflorik asit																						
	Çinko klorit																						
	Çinko dumanı																						
	Cıva dumanı																						
	Çinko hidroksit																						
	Kurşun dumanı																						
	Kadmiyum dumanı																						
	Etanol																						
	Çinko fosfat																						
	Demir fosfat																						
	Laktik asit																						

Tablo 4.12 Endüstri yapılarında ortaya çıkabilecek potansiyel kirleticilerden BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 tarafından değerlendirilenler (devamı)

Kirletici		Kaynak																					
		Üretim																Dış Ortam		Kullanıcı		Yapı Ürünleri	
		Gıda Ürünleri		Tütün Ürünleri		Dokuma Ürünleri		Orman Ürünleri		Kimyevi Ürünler		Metal Ürünleri		Deri Ürünleri		Toprak Ürünleri		B	L	B	L	B	L
		B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L						
Gaz (devamı)	Sodyum thiosülfat																						
	Formik asit																						
	Borik asit																						
	Zirkonyum florür																						
	Radon																						
	Fosgen																						
	Hidrojen																						
Uçucu Organik Bileşik	Amonyak																						
	İzopropil alkol																						
	Etil alkol																						
	Pentan																						
	Hekzan																						✓
	Eter																						
	Dietil eter																						
	Metil etil keton																						
	Naftalin																						
	Bütan																						
	Tolüen																						
	Etil tolüen																						
	Etilen glikol																						
	Propilen glikol																						
	Üre																						
	Metanol																						
	Fenol																						
	Ksilen																						
	Pentaklorofenol																						

Tablo 4.12 Endüstri yapılarında ortaya çıkabilecek potansiyel kirleticilerden BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 tarafından değerlendirilenler (devamı)

Kirletici		Kaynak																					
		Üretim																Dış Ortam		Kullanıcı		Yapı Ürünleri	
		Gıda Ürünleri		Tütün Ürünleri		Dokuma Ürünleri		Orman Ürünleri		Kimyevi Ürünler		Metal Ürünleri		Deri Ürünleri		Toprak Ürünleri		B	L	B	L	B	L
		B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L						
Uçucu Organik Bileşik (devamı)	Diklorometan																						
	Trikloroetilen																						
	Tetrakloroetilen																						
	Propan																						
	Benzen																						✓
	Trimetil benzen																						
	Etil fenol																						
	Formaldehit																						✓
	Aseton																						
	Kloroform																						
	Metilen klorür																						
	Stiren																						✓
	Vinil klorür																						
	Dietileter																						
Parçacık	Mantar																						
	Bakteri																						
	Kükürt tozu																						
	Lif																						
	Toz																						
	Virüs																						
	Asbest																	✓				✓	
	Akar																						
	Tüy																						
	Bambu tozu																						
	Ahşap tozu																						
	Krom																						

Tablo 4.12 Endüstri yapılarında ortaya çıkabilecek potansiyel kirleticilerden BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 tarafından değerlendirilenler (devamı)

Kirletici		Kaynak																					
		Üretim																Dış Ortam		Kullanıcı		Yapı Ürünleri	
		Gıda Ürünleri		Tütün Ürünleri		Dokuma Ürünleri		Orman Ürünleri		Kimyevi Ürünler		Metal Ürünleri		Deri Ürünleri		Toprak Ürünleri		B	L	B	L	B	L
		B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L	B	L						
Parçacık (devamı)	Kadmiyum																						
	Cıva																						
	Nikel																						
	Arsenik																						
	Çinko																						
	Kurşun																						
	Bakır																						
	Bor																						
	Siyanür																						
	Baryum																						
	Lityum																						
	Kobalt																						
	Manganez																						
	Selenyum																						
	Talaş																						
	Deri parçaları																						
	Kalay																						
	Gümüş																						
	Demir																						
	Alüminyum																						
	PM_5																						✓
	PM_{10}																						✓

Tablo 4.12 incelendiğinde

- Yapılan literatür taraması sonucunda endüstri yapılarında bulunabileceği belirlenen 38 tane uçucu organik bileşikten;
  - BREEAM U+YY-2016 Sistemi'nin değerlendirme belgelerini yetkili olmayana kişiler dışında kimseyle paylaşmaması nedeniyle belirlenen kirleticilerden kaç tanesinin değerlendirmeye aldığı tespit edilemezken, BREEAM Sistemi kapsamında; uçucu organik bileşiklerle ilgili bir sınır değer belirlendiği ancak uçucu organik bileşikler isimleri ile belirtilmediği (BREEAM uçucu organik bileşik tanımını belirli bir sıcaklık veya basınç altında buharlaşan her türlü organik bileşik olarak yapmaktadır.) ve BREEAM U+YY-2016 Sistemi'nin bu kapsamda dış ortam kaynaklı ve yapı ürünleri kaynaklı kirleticilerin miktarını denetlerken, üretim ve kullanıcı eylemleri kaynaklı değerlendirmeye almadığı,
  - LEED YTİ+YY-4.1 Sistemi'nin belirlenen kirleticilerden 4 tanesini değerlendirme kapsamında aldığı, yapı ürünleri ve dış ortam kaynaklı kirleticileri değerlendirirken, üretim ve kullanıcı eylemleri kaynaklı kirleticilerin değerlendirilmediği gözlemlenmiştir.
- Yapılan literatür taraması sonucu endüstri yapılarında bulunabileceği tespit edilen 62 adet gaz halindeki kirleticiden; BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 sistemlerinin sadece karbondioksiti değerlendirdiği gözlemlenmektedir. LEED YTİ+YY-4.1 Sistemi ayrıca kullanıcı yoğunluğunun fazla olduğu alanlarda bulunması potansiyel kirleticilerin miktarını denetlemek amacıyla monitör konulmasını talep etmiş, ancak bu kirleticiler tanımlanmamıştır.
- Yapılan literatür taraması sonucunda endüstri yapılarında bulunabileceği tespit edilen 35 tane parçacık halindeki kirleticiden;
  - BREEAM BREEAM U+YY-2016 Sistemi'nin sadece asbesti değerlendirme kapsamına aldığı ve ıslak hacimlerde kullanılacak boya ve kaplama malzemelerin küf oluşumunu engelleyecek malzemelerden seçilmesini talep ettiği gözlemlenirken,
  - LEED YTİ+YY-4.1 Sistemi'nin ise toplam miktarları ile ilgili sınırlama getirdiği gözlemlenmiştir.

4.4.2 BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 Sistemlerinin Malzeme Emisyonları Ölçütlerinin Karşılaştırılması

BREEAM U+YY-2016 Sistemi; malzeme emisyonları ile ilgili ölçütlerini yapı ürünleri kaynaklı emisyonlar ile örnek seviye ölçütleri isimli iki alt ölçütte toplarken LEED YTİ+YY-4.1 Sistemi; düşük emisyonlu malzemeler alt ölçütü yardımıyla değerlendirmiştir.

BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 sistemlerinin malzeme emisyonları ölçütlerinin karşılaştırılması Tablo 4.13 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 4. 13 BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 sistemlerinin malzeme emisyonları ölçütlerinin karşılaştırılması

Ölçüt	BREEAM U+YY-2016	LEED YTİ+YY-4.1
Formaldehit emisyon limiti	Boya ve kaplamalar, ahşap ürünler, döşemeler, yapıştırıcı ve dolgular, tavan, duvar, akustik ve termal izolasyon malzemeleri	Boyalar ve kaplamalar, dolgu ve yapıştırıcılar, döşemeler, duvar panelleri, tavanlar, izolasyon malzemeleri, mobilyalar ve ahşap malzemeler
Toplam Uçucu Organik Bileşikler (TVOC)	Boya ve kaplamalar, ahşap ürünler, döşemeler ile yapıştırıcı ve dolgular, tavan, duvar, akustik ve termal izolasyon malzemeleri	Boyalar ve kaplamalar, dolgu ve yapıştırıcılar, döşemeler, duvar panelleri, tavanlar, izolasyon malzemeleri, mobilyalar ve ahşap malzemeler
Toplam Yarı Uçucu Organik Bileşenler	Boya ve kaplamalar, ahşap ürünler, döşemeler ile yapıştırıcı ve dolgular, tavan, duvar, akustik ve termal izolasyon malzemeleri	-
Kategori 1A ve 1B Kanserojenler	Boya ve kaplamalar, ahşap ürünler, döşemeler ile yapıştırıcı ve dolgular, tavan, duvar, akustik ve termal izolasyon malzemeleri	-
Parçacıklar	Asbest	PM_{10}, PM_5
Değerlendirilen kirleticiler	TVOC, formaldehit, CO_2, 1A ve 1B kanserojenler *TVOC'lar belirtilmemiştir. *1A ve 1B kirleticiler paylaşılmamıştır.	Karbon dioksit, PM_{10}, $PM_{2.5}$, ozon, formaldehit, benzen, hekzan, naftalin, fenol, stiren, vinil asetat değerlendirilir. Ek hava izleme kapsamında başka kirleticiler de değerlendirilebilir.

Tablo 4.13 incelendiğinde;

- BREEAM U+YY-2016 Sistemi'nin LEED YTİ+YY-4.1 Sistemine ek olarak toplam yarı uçucu organik bileşenler ile kategori 1A ve 1B kanserojenleri de değerlendirmeye aldığı ve
- BREEAM U+YY-2016 parçacık olarak sadece Asbest'i değerlendirirken, LEED YTİ+YY-4.1'in toplam PM_{10} ve PM_5 miktarlarını değerlendirdiği görülmektedir.

4.4.3 BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 Sistemlerinin Isıl Konfor Ölçütlerinin Karşılaştırılması

Bu kategori BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1'de; ısıl konfor ana ölçütü altında irdelenmiştir. BREEAM Sistemi ısıl konforu; ısıl modelleme, öngörülebilen iklim değişikliği senaryosuna uyarlanabilirlik ve ısıl bölgeleme ve kontrol ölçütleri ile değerlendirirken, LEED Sistemi ise ısıl konfor tasarımı ve ısıl konfor kontrolü ölçütleri ile değerlendirir. BREEAM ve LEED'in ısıl konfor ölçütleri gerekliliklerinin karşılaştırması Tablo 4.14 yardımıyla incelenebilir.

Tablo 4. 14 BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1'in ısıl konfor ölçütlerinin karşılaştırılması

Ölçüt	BREEAM U+YY-2016	LEED YTİ+YY-4.1
Ön koşul	-	-
Isıl Konfor Tasarımı	ISO Standarları'na uygun ısıl modelleme yapılması talep edilmektedir.	ASHRAE veya ISO Standartları'nın ilgili gerekliliklerinin karşılanması talep edilmektedir.
Isıl Konfor Kontrolü	Kullanıcı talepleri ve farklı mevsimsel özelliklere göre tasarım yapılması gerekmektedir.	Bireysel kullanım alanlarının en az %50'sinde termal konfor kontrol sistemleri bulundurması gerekmektedir.
Öngörülebilen İklim Değişikliği Senaryosuna Uyarlanabilirlik	Öngörülebilen senaryoya uygun ısıl modelleme yapılması talep edilmektedir.	-

Tablo 4.14 incelendiğinde;

- BREEAM U+YY-2016 Sistemi'nin ısıl modelleme yapılmasını talep etmesine rağmen LEED YTİ+YY-4.1 Sistemi'nin böyle bir talebi olmadığı ve
- BREEAM U+YY-2016 sisteminin projenin ısıl konfor şartlarının öngörülebilen bir iklim değişikliğine uygun olmasını talep ettiği görülmektedir.

5
Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma; endüstri yapıları gibi farklı üretim süreçlerine sahip olan, içerisinde bulunan hammaddeler ve üretim nedeniyle iç ortam havasında yoğun kirletici barındırabilen yapılar için ölçütlere dayalı yeşil yapı sertifika sistemlerinden BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1'in iç hava niteliği ile ilgili değerlendirme ölçütlerini karşılaştırmalı olarak irdelemek amacıyla hazırlanmıştır. Bu irdelemenin yapılabilmesi için:

- Endüstri yapıları üretim ve kirleticilerine sekiz ana sınıfa ayrılmış, bu sınıflandırmaya göre yapıların üretim süreçleri ve potansiyel kirleticileri tespit edilmiş,
- BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1'in sertifika süreçleri ve iç hava niteliği ölçütleri irdelenmiş,
- BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 Sistemlerinin iç hava niteliği ölçütleri yardımıyla değerlendirdiği kirleticiler ile endüstri yapılarında üretim türüne göre ortaya çıkabilecek potansiyel kirleticiler karşılaştırılmış,
- Sistemlerin iç hava niteliği ölçütleri endüstri yapıları bağlamında değerlendirilmiş ve önerilerde bulunulmuştur.

Tez çalışmasında yapılan incelemeler sonucunda:

- BREEAM U+YY-2016 sisteminin endüstri yapıları için ayrı bir değerlendirme modülü oluşturduğu ancak LEED YTİ+YY-4.1 Sistemi'nin endüstri yapıları için ayrı bir değerlendirme modülü oluşturmadığı,
- BREEAM U+YY-2016'nın endüstri yapılarında iç hava niteliğini; içerisinde ofis bulunmayan endüstri yapılarını sadece ön koşul bazında değerlendirdiği,
- BREEAM U+YY-2016'nın iki aşamalı değerlendirme yaptığı ve gerekli gördüğü durumlarda saha ziyaretleri aracılığıyla yerinde denetimler gerçekleştirdiği, LEED YTİ+YY-4.1 değerlendirme sisteminde ise değerlendirmenin tek aşamalı olduğu ve saha ziyaretleri yapılmadığı,

- BREEAM U+YY-2016'nın ilk değerlendirmesinde mükemmel ve olağanüstü sertifikası alan yapıları üç yılda bir inşaat sonrası denetime tabi tuttuğu,
- Her iki yeşil yapı sertifika sisteminin de değerlendirdikleri ana ölçütler arasında iç ortam niteliğinin önem sıralamasında ikinci sırada yer aldığı,
- BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 Sistemlerinin değerlendirdiği kirletici miktarının endüstri yapılarında ortaya çıkabilecek potansiyel kirleticilerin çok altında kaldığı,
- Her iki sertifika sisteminde de yapı içerisinde oluşabilecek ağır metallerin miktarının azaltılması ile ilgili ölçüt geliştirilmediği,
- İki sertifika sisteminde de yapıların kullanım sonrası iç hava niteliğinin ölçülmesi ve kullanıma bağlı olarak ortaya çıkabilecek kirleticilerin değerlendirilmesi ile ilgili ölçüt geliştirilmediği,
- BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1'in de yapı içerisinde oluşabilecek olan biyolojik kirleticilerin oluşmasının engellenmesine yönelik ölçüt geliştirilmediği,
- Her iki sistemde ortamdaki kötü kokuların önlenmesi ve giderilmesi ile alakalı ölçüt geliştirilmediği ve elektroiklimsel kirlilik konusu ile alakalı ölçüt bulunmadığı belirlenmiştir.

Yeşil yapı sertifika sistemlerinin tercih edilmelerinin en önemli nedenlerinden biri sağlıklı yapılar inşa etme isteğidir. Sağlıklı yapılar, yapı kaynaklı kullanıcı sorunlarının en aza indirgendiği, kullanıcınınım fiziksel ve psikolojik olarak içerisinde rahat ve güvende hissettiği yapılardır. Yapı kullanıcılarına daha sağlıklı bir iç ortam sunmak için; iç hava kirleticileri minimuma indirgenmeli ve optimum ısıl konfor koşulları sağlanmalıdır. Endüstri yapıları gibi üretim ve kimyasal reaksiyonlar sonucu pek çok kirleticinin ortaya çıkabileceği yapılarda, sadece yapı ürünleri ve dış ortam kaynaklı kirleticilerin bir kısmı incelenerek, yapının daha sağlıklı hale getirebilmesi olası görülmemektedir. Bu çalışma kapsamında yapılan araştırmalarla; BREEAM U+YY-2016 ve LEED YTİ+YY-4.1 Sistemleri iç hava niteliği ölçütlerinin endüstri yapıları bağlamında irdelenmiş ve geliştirilmesi için aşağıdaki önerilerde bulunulmuştur:

- LEED YTİ+YY-4.1 Sistemi'nin değerlendirdiği yapı tiplerine endüstri yapıları eklenebilir,

- BREEAM U+YY-2016 Sistemi'nde de LEED YTİ+YY-4.1 Sistemi gibi yapı içerisinde ve çevresinde sigara kontrolü ön şartı getirilebilir,
- Her iki sistemde de iç ortamda bulunabilecek ve kullanıcı sağlığına zehirlenme ve kanser gibi etkileri olabilecek **ağır metallerin sınır değerlerin altına çekilmesi ve ortamdan uzaklaştırılması ile ilgili maddeler eklenebilir**,
- Her iki sistemde de ön şartların sayısı ve niteliği artırılması amacıyla;
  - Yapı planlama aşamasındayken, üretimden ve diğer etkenlerden kaynaklı muhtemel kirleticiler saptanarak, potansiyel risk değerlendirmesi yapılabilir,
  - İç ortamda bulunan tozların, kanserojen maddelerin, kimyasal maddelerin miktarlarının EN ve EPA gibi uluslararası standartlarda verilen eşik değerleri veya mesleki maruziyet sınır değerlerinin altına çekilmesinin sağlanması kriterlerinin ön şart olarak değerlendirme sistemlerine eklenebilir,
- Üretim kaynaklı kirliliğin engellenemediği durumlarda; kullanıcı sağlığını koruyan önlemler alınmasını içeren ölçütler eklenebilir,
- Biyolojik kirleticilerin oluşumu ve giderilmesine yönelik alınabilecek önlemler tanımlanabilir,
- İç ortam hava kirliliğine atıfta bulunulan standartlar, endüstri yapılarını kapsayan standartlarla değiştirilebilir,
- İç hava kirleticilerinden olan koku ile ilgili konfor şartlarının tanımlanması ve sağlanması için alınması gereken önlemler belirlenebilir.

Endüstri yapılarında iç hava niteliğinin değerlendirilmesi kullanım öncesi ve kullanım sırasında olmak üzere ikili değerlendirme sistemi yardımıyla yapılabilir.

- Endüstri yapılarında iç hava kirleticilerinin kullanım öncesi değerlendirilmesi kapsamında;
  - Değerlendirme; yapı tasarımı ve inşaatı sırasında yapılabilir,
  - Mevcut sistemlerde olduğu gibi yapı ürünleri ve dış ortam kaynaklı oluşan gazlar, uçucu organik bileşikler ve parçacıklar değerlendirilebilir ve bu kirleticilerin kapsamı genişletilebilir,
  - İnşaat sırasında ve sonrası iç hava kalitesini sağlamak içi alınması gereken tedbirler belirlenebilir.
- Endüstri yapılarında iç hava kirleticilerinin kullanım sırasında değerlendirilmesi kapsamında;

- Üretim ve kullanıcı kaynaklı oluşabilecek kirleticiler değerlendirilebilir,
- Bu kirleticilerin belirlenmesi amacıyla üretim yapıları sınıflandırılabilir ve her yapı trü için potansiyel kirleticiler belirlenip bu kirleticiler değerlendirmeye alınabilir.
- Yapı kullanımı sırasında; malzeme emisyonları ve ortam kirleticileri ile ilgili ölçümlerin yaz ve kış mevsimlerinde olmak üzere yılda iki kez ölçülmesi ve raporlanması yapılabilir
- Altı aylık periyotlarla yapı kullanıcılarının Hasta Bina Sendromu (HBS) bulguları incelenebilir ve yapı kullanıcılarına yapılacak anket aracılığıyla memnuniyet durumlarının belirlenebilir,
- Sertifika; üç yıllık periyotlarla yeniden değerlendirilebilir ve sertifika değerlendirme periyodunda hazırlanan raporlar baz alınarak yapının ölçütlerden aldığı puanların ve sertifikanın güncellenmesi zorunluluğu getirebilir, yapının değerlendirmeye katılmaması veya yeterli puanı alamaması durumunda sertifikası iptal edilebilir,
- Ortamdaki kirletici emisyonlarının, şartname ve yönetmelikler tarafından belirlenen kirletici sınır değerlerin altında olması talep edilebilir ve puanlama buna göre yapılabilir.

6
Kaynakça

[1] K. Sarı," Sanayi yapılarında planma (tasarım / yapım / kullanım) ilkeleri ve Kütahya Bölgesi'nin irdelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.

[2] H. Y. Akı, "Endüstri yapılarının esneklik bağlamında analizi", Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011.

[3] T. T. Kızıltepe, "Endüstri yapılarında çalışan konforu", Yüksek Lisans Tezi, Beykent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018.

[4] R. Yamantürk, "Tehlikeli maddeler için iç ortam hava kalitesi ve insan sağlığı risk değerlendirmesi modeli", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2001.

[5] M. Vural, "Yapı içi hava niteliği risk süreci modeli belirlenmesi", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2014.

[6] E. Gengeç, "İşçi sağlığı ve iş güvenliği açısından hava ve gürültü kirliliği", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2005.

[7] B. Kurutaş, "Bir metal endüstrisindeki çalışma ortamlarının iç hava kalitesinin belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2009.

[8] C. Çakır, "İş ve işçi sağlığı açısından işyeri kirleticileri", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Adli Tıp Enstitüsü,, İstanbul, 2010.

[9] M. Mollaoğlu ve F. Ö. Tuncay, "Bir çimento fabrikasında işçilerin KOAH risk faktörleri yönünden incelenmesi", *Türk Tabipler Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi,* syf. 36-40, Nisan-Mayıs-Haziran 2010.

[10] D. MOTÖR, "Edirne'de bir işletmede iç ortam hava kalitesi ve çalışanların sağlığına olan etkilerinin değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 2011.

[11] D. Saraga, S. Pateraki, A. Papadopoulos, C. Vasilakos ve T. Maggos, "Studying the indoor air quality in three non-residential environments of different use: A museum, a printery industry and an office", *Building and Environment,* sayı 46, syf. 2333-2341, 2011.

[12] A.K. Melikov ve J. Kaczmarczyk, "Air movement and perceived air quality", *Building and Environment,* sayı 47, syf. 400-409, 2012.

[13] N. Gökçen, "Bir boya fabrikasında iç hava kalitesi ve işçi sağlığı üzerinde etkilerinin değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 2015.

[14] A. Yıldız, "Endüstri 4.0 ve akıllı fabrikalar", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi ,* sayı 22, no. 2, syf. 546-556, 2018.

[15] G. H. Brundtland, M. Khalid, S. Agnelli, S. Al-Athel ve B. Chidzero, "Our Common Future", *Earth and Us-Polulation-Resources-Environment-Development,* Oxford: Butterwoth-Heinemann,1991, böl.6, syyf 29-32

[16] D. Erten, K. Henderson, B. Kobaş , "Uluslararası yeşil bina sertifikalarına bir bakış: Türkiye için bir yeşil bina sertifikası oluşturmak için yol haritası", *Fifth International Conference on Construction in the 21st Century (CITC-V) "Collaboration and Integration in Engineering, Management and Technology"*, İstanbul, 20-22 Mayıs 2009.

[17] S. Akça, "LEED yeşil bina değerlendirme sistemi ölçütlerinin tasarım ölçekleri, kavramsal kademelenme ve kaynak kullanımı düzeyinde tutarlılığının ölçülmesi üzerine bir araştırma", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, 2011.

[18] H. Sırkıntı, "Sürdürülebilirlik kapsamında yeşil yapım uygulamaları ve LEED Sertifika Sistemine öneriler", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul 2012.

[19] B. Görgün, "Enerji verimli yeşil bina sertifikasyonunda yol haritasının belirlenmesi için LEED ve BREEAM örneklerinin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.

[20] D. Bengü, "Yapı üretim sürecinde LEED Yeşil Bina Sertifika Sistemi'nin değerlendirilmesi Türkiye'den örnekler", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, 2012.

[21] M. Evci, "Sürdürülebilir bina değerlendirme yöntemlerinde malzeme kategorisinin irdelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2013.

[22] İ. S. Canıtez, "Sertifikasyona dayalı sürdürülebilir yapı üretim sürecine ilişkin Türkiye koşullarına uygun modele yönelik sistem yaklaşımları", Doktora Tezi, Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Edirne, 2013.

[23] B. Bulut, "Yeşil bina sertifika sistemleri: Türkiye için bir sistem önerisi" Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2014.

[24] A. Öztürk, "Yeşil bina sertifikasyon sistemlerinin analizi", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015.

[25] D. Osmançelebioğlu, "Sürdürülebilir mimari ve sertifikalı yeşil binalar", Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul, 2015.

[26] A. Gökbayrak, "Yeşil binaların değerlendirme kriterlerinin ülkelerin gelişmişlik düzeyine göre değerlendirilmesi" Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2016.

[27] E. Baştanoğlu, "Yeşil bina sertifika sistemi uygulamalarının değerlendirilmesi: Avrupa ve Türkiye", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gayrimenkul Geliştirme Anabilim Dalı, İstanbul, 2017.

[28] DODG "World green building trends 2018" *Smart Market Report, 2018,* [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: https://www.worldgbc.org/sites/default/files/World%20Green%20Building%20Trends%202018%20SMR%20FINAL%2010-11.pdf, [Erişim Tarihi: 5 Nisan 2019]

[29] J. Heerwagen, "Green buildings, organizational success and occupant productivity", *Building Research & Information,* sayı 28, no. 5-6, syf. 353-367, 2010.

[30] Y. S. Lee, "Comparisons of indoor air quality and thermal comfort Quality between certification Levels of LEED-certified buildings in USA", *Indoor and Built Environment,* sayı 20, no. 5, syf. 564–576, 2011.

[31] A. K. Persily; S. J. Emmerich, "Indoor air quality in sustainable, energy efficient buildings", *HVAC&R Research,* sayı 18, no. 1-2, syf.. 4-20, 2012.

[32] Newsham ve diğerleri, "Do ‘green’ buildings have better indoor environments? New evidence", *Building Research & Information,* sayı 41, no. 4, syf. 415-434, 2013.

[33] J. G. Allen ve diğerleri, "Green buildings and health", *Global Environmental Health and Sustainability,* sayı 2, no. 3, syf. 250–258, 2015.

[34] W. Wei, O. Ramalho ve C. Mandin, "Indoor air quality requirements in green building certifications", *Building and Environment,* sayı 92, syf 10-19, 2015.

[35] Z. Işık, "Assessment of LEED Green Building Certificate indoor environmental quality parameters from the perspective of occupant satisfaction and cost performance", *Megaron,* sayı(4), syf. 607-615, 2016.

[36] M. Holmgren, A. Kabanshi ve P. Sörqvist, "Occupant perception of “green” buildings: Distinguishing physical and psychological factors", *Building and Environment,* sayı 114, syf. 140-147, 2017.

[37] A. Steinemann, P. Wargocki ve B. Rismanchi, "Ten questions concerning green buildings and indoor air quality", *Building and Environment ,* sayı 112, syf. 351-358, 2017.

[38] E. Hızıroğlu, "Tek katlı endüstri yapıları tasarımında kullanılabilir bir yöntem modeli insan öğesi ve üretim oluşumu değerlendirmesi", Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 1979.

[39] Y. Koşaner, "Endüstri yapıları için tasarım ilkeleri", Eşkişehir Sanayi Odası Yayınları, Eşkişehir, 1990.

[40] Ö. Çamoğlu, "Sanayi yapılarında üretim holü ile idare bölümü arasındaki biçimleniş özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul ,2001.

[41] DESA, UN. "International Standard Industrial Classification of All Economic Activities Revision 4" *Statistical Papers Series*, M 4, (2008).

[42] Gıda Ürünleri ve İçecek İmalatı Sektöründe İş Sağlığı Gözetimi Rehberi, *T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü,* Ankara

[43] Sebze ve Meyvelerin İşlenmesi ve Saklanması Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi, *T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü,* Ankara

[44] Bitkisel Yağ Üretimi Sektörel Uygulama Kılavuz, *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı* Ankara

[45] Ambalajlı Süt ve Süt Ürünleri Sanayicileri Derneği "Süt ve süt ürünleri üretiminde hjyen esasları ve iyi uygulama kılavuzu", cilt 7, Rap., 2016.

[46] E. Yaralı ve V. Akın, "Tahıl teknolojisi 1 ders notları", Adnan Menderes Üniversitesi, Gıda İşleme Bölümü, Aydın, 2017

[47] E. Yaralı, "Alkollü ve alkolsüz içecekler teknolojisi ders notları", Adnan Menderes Üniversitesi, Gıda İşleme Bölümü, Aydın, 2017.

[48] M. Seydioğulları, "Dünya'da ve türkiye'de tütünün tarihçesi, üretimi, ticareti ve temel politikaları", *Tütün ve Tütün Kontrolü*, Türk Toraks Derneği, Ankara 2009, syf. 3-20.

[49] Tekstil Dershanesi, [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: http://www.tekstildershanesi.com.tr/bilgi-deposu/pamuk-elyafindan-iplik-uretimi.html. [Erişim Tarihi: 6 Ekim 2019].

[50] Megep, "Plastik teknolojisi, ekstrüzyon makinelerinde üretim", T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, 2011.

[51] Tekstil Sektöründe İş Sağlığı Gözetim Rehberi, *T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü,* Ankara

[52] «Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği,» [Çevrimiçi]. Available: https://www.tobb.org.tr/SanayiMudurlugu/Documents/KapasiteKriterleri/KERESTE%20%C4%B0MALATI.pdf. [Erişildi: 6 Ekim 2019].

[53] «Türkiye Cam ve Cam Ürünleri Sanayi Meclisi Sektör Raporu,» Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği, 2012.

[54] G. Sümer, "Maden" [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: http://www.maden.org.tr/resimler/ekler/09696910bdd874a_ek.pdf. [Erişim Tarihi: 6 Ekim 2019].

[55] Çimento Üretimi Sektörü Faaliyet Kılavuzu, *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, Ankara, 2017.

[56] F. Kapkaç, "Çimento çeşitleri özellikleri, hammaddeleri ve üretim aşamaları" Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Maden Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, Ankara.

[57] [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: http://malzememuh.cbu.edu.tr/db_images/site_117/file/5.%20ders.pdf. [Erişim Tarihi: 7 Ekim 2019].

[58] Deri Üretimi Sektörü İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Rehberi, *T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü,* Ankara

[59] FEntegre Kimya Tesisleri: Organik Kimya Sektörü, *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, Ankara, 2017.

[60] Kauçuk ve Plastik Ürünler İmalatı İş Kolunda Risk Esaslı Programlı Teftiş, *T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Teftiş Kurulu Başkanlığı*, Ankara, 2013.

[61] Sabun Deterjan Üretim Tesileri, *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,* Ankara, 2017.

[62] Entegre Kimya Tesisleri: Gübre Üretim Sektörü, T.*C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı*, Ankara, 2017.

[63] Sektörel Tehlikeli Atık Rehberi, İlaç Sanayi, *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü*, Ankara, 2013.

[64] Türkiye'de Sanayiden Kaynaklı Tehlikeli Atıkların Yönetiminin İyileştirilmesi: Boya Üretimi Rehber Döküman, *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü*, 2012.

[65] A. Balanlı ve A. Öztürk, "Yapı biyolojisi: kavram ve kapsam", *Sağlıklı Kentler ve İnşaat Mühendisliği Sempozyumu*, İzmir , 1995.

[66] ASHRAE Standart 62-1989, "Ventilation for acceptable indoor air quality", ASHRAE, Atlanta, 1989.

[67] ASHRAE Standart 62-2001, "Ventilation for acceptable indoor air quality", ASHRAE, Atlanta, 2001.

[68] WHO, "Air guidelines for Europe", Second Edition, Regional Publications, European Series, No:91, Copenhagen, 2000.

[69] EPA, "Targetting indoor air pollution: EPA's approach and proggres", EPA, March 1993.

[70] TÜİK, "Nüfusun işgücü durumu 2016". [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: http://tuik.gov.tr. [Erişim Tarihi: 25 Ekim 2018].

[71] TÜİK, "İstihdam edilen yıllara göre iktisadi faaliyet kolları 2016". [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: http://tuik.gov.tr. [Erişim Tarihi: 26 Ekim 2018].

[72] G. Wirtanen ve diğerleri, "Clean air solutions in food processing", *VTT Publications 482*, 2002.

[73] Y. S. Karafakoğlu, "Tütün çalışanlarında oksidan-antioksidan durumu", *Kocatepe Tıp Dergisi,* syf. 7-10, 10 Ocak 2004.

[74] Z. Atam Taşdemir, "Tütün Ürünleri", *Güncel Göğüs Hastalıkları Serisi*, Akciğer Sağlığı ve Yoğun Bakım Derneği, 2016 - 4 (1), syf. 27-31.

[75] Tütüneksper, [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: http://www.tutuneksper.org.tr/kaynaklar/fabrikasyon/tutun-dumaninin-ozellikleri-ve-insan-sagligina-etkileri. [Erişim Tarihi: 10 Ekim 2019].

[76] T. E. Novotnya, F. Zhaob, "Consumption and production waste: another externality of tobacco use", *Tobacco Control,* 8(1), 1999, syf. 75-80.

[77] M. Tiwari S. Babel, "Air pollution in textile industry", *Asian Journal of Environmental Science,* 8 (1), syf. 64-66, 2013.

[78] S. Brent, M. Vikki, "Indoor air quality and textiles: an emerging issue", *American Dyestuff Reporter,* sayı 83, syf. 37-46, 1994.

[79] B. Chanchal, "Environment and health concerns of the textile industry", *International Journal of Civil, Structural,Environmental and Infrastructure Engineering Research and Development,* sayı 6, no. 6, syf. 13-26, 2016.

[80] A. Özcan, "Matbaa ortamında sağlığı ve üretimi etkileyen faktörlerin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Matbaa Eğitimi Anabilim Dalı, İstanbul, 2001.

[81] G. Turan, "Mobilya üretimi sürecinde karşılaşılan başlıca önemli çevresel etkilerin çalışan sağlığı açısından değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, T.C. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Tekirdağ, 2013 .

[82] Mobilya Sektöründe İş Sağlığı Gözetimi Rehberi, *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı Genel Müdürlüğü*.

[83] Ağaç Ürünleri İmalatı Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi, *T.C. Aile Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, İş Sağlığı Genel Müdürlüğü*.

[84] Kimya Ürünleri İmalatı Sektöründe İş Sağlığı Gözetim Rehberi, *T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı Genel Müdürlüğü.*

[85] Kauçuk, Plastik ve Kimyasal Ürünler İmalatında İş Sağlığı ve Güvenliği Programlı Teftişi Genel Değerlendirme Raporu, *T.C. Aile ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı Rehberlik ve Teftiş Başkanlığı,* 2018.

[86] Petrokimya Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu, *Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı*, Ankara, 2001.

[87] Y. Dumanoğlu ve diğerleri "Bir petrokimya endüstrisi ve petrol rafinerisi çevresindeki halojenli uçucu organik bileşikler", *Hava Kirliliği ve Kontrolü Ulusal Sempozyumu*, Hatay, 2008.

[88] Sektörel Atık Kılavuzları İlaç Sanayi, *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü.*

[89] Metal Sektöründe Sağlık Gözetimi Rehberi, *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü.*

[90] S. Taner, U. Özdemir, "Farklı çalısma ortamlarında oluşabilecek hava kirliliğinin çalısanların sağlığı üzerindeki etkileri", *Tarih Kültür ve Sanat Arastırmaları Dergisi,* sayı 1, no. 4, syf. 190-198, 2012.

[91] O. Özkan, F. Varinli, H. Çayır, "Metal endüstrisinde iç ortam toz ve gaz konsantrasyonlarının belirlenmesi", *X. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, İzmir, 2011.

[92] Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ÇED Alanında Kapasitesinin Güçlendirilmesi için Teknik Yardım Projesi Çimento Sektörü, *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı,* Ankara, 2017.

[93] Çimento Sanayi İçin Mevcut En iyi Teknikler Ulusal Kılavuzu, T.*C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı - İstanbul Teknik Üniversitesi*, 2016.

[94] H. Orhan, F. Arık, "Doğal taşların işletme mevzuatı ve çevre dostu uygulama örnekleri", *Mavi Gezegen,* sayı 26, syf. 14-25, 2019.

[95] Sanayiden Kaynaklanan Hava Kirliliğinin Belirlenmesi ve Azaltılmasına Yönelik Uygulamanın Kolaylaştırılmasının Sağlanması Projesi; Cam Üretimi Sektörel Uygulama Kılavuzu, *T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı - Dokuz Eylül Üniversitesi.*

[96] Endüstriyel Cam Kesim Elemanı Ulusal Meslek Standardı, *Mesleki Yeterlilik Kurumu*, 2016.

[97] M. Akdeniz, "Seramik karo üretiminde iş sağlığı ve güvenliği risklerinin değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü, Ankara, 2016.

[98] G. Şaylan, "Yapı içi hava kirleticileri ve risk yönetimi", Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul 2007.

[99] A. Balanlı, M. Vural, "Yapı ürünü kaynaklı iç hava kirliligi ve risk değerlendirmede ön araştırma", *Megaron,* sayı 1, no. 1, syf. 28-39, 2005.

[100] T. C. Yılan, "Yapı ürünlerinden kaynaklanan yapı içi hava kirliliğinde risk yönetimi", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008.

[101] S. Çankaya, B. Pekey, "Fotokopi merkezlerinde partikül madde konsantrasyonlarının ve element", *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi,* sayı 21, no. 2, syf. 178-189, 2017.

[102] P. Darçın, "Yapı içi hava kirliliğinin giderilmesinde doğal havalandırma ilkeleri", Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008).

[103] New Jersey Department of Health, Ağustos 2016. [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0151.pdf. [Erişim Tarihi: 13 Kasım 2019].

[104] A. Balanlı, M. Vural, G. Tuna Taygun,, "Yapı ürünlerindeki radonun yapı biyolojisi açısından irdelenmesi", *2. Ulusal Yapı Malzemesi Kongresi ve Sergisi,* TMMOB Mimarlar Odası İstanbul Büyükkent Şubesi 6-8 Ekim 2004, İstanbul.

[105] Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik*, T.C. Resmi Gazete*, 2013.

[106] TS 12281 - Çevre Sağlığı Kapalı Ortam Havası İle İlgili Tedbirler*,* 1997.

[107] T. Renklidağ, A. Gökmen Karaman, "Siyanür zehirlenmesi", *Sürekli Eğitim Tıp Dergisi,* sayı 12, no. 9, syf. 350-353, 2003.

[108] İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü, *Resmi Gazete*, 23 Temmuz 2014.

[109] F. Tekbaş, S. Vaizoğlu, "Toksik gazların sağlığa etkileri ve korunma önlemleri", *Hacettepe Üniversitesi Toplum Hekimliği Bülteni,* sayı 18, no. 1, 1999.

[110] Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkındaki Yönerge, *İş Sağlığı Güvenliği ve Eğitim Dairesi Başkanlığı,* 2018.

[111] B. Bayat, "Hava kirliliği ve kontrolü", *Bilim ve Aklın Aydınlığında Eğitim,* sayı: Mayıs, no. 135, syf. 55-59, 2011.

[112] A. Balanlı, G. Tuna Taygun, "Yapı biyolojisi ve asbest", *Mimarist,* sayı 16, syf. 107-110, 2005.

[113] ISO, "ISO 3252:1999", [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:3252:ed-4:v1:en. [Erişim Tarihi: 25 Ekim 2019].

[114] N. Kokulu, "Sağlıklı yapı tasarımında malzeme seçim kriterlerinin değerlendirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2016.

[115] H. A. Burge, "Fungi: toxic killers or unavoidable nuisances?",*Annals of Allergy, Asthma & Immunology,* sayı 87, no. 6, syf. 52-56, 2001.

[116] C. Bakar, A. Baba, "Metaller ve insan sağlığı: Yirminci yüzyıldan bugüne ve geleceğe miras kalan çevre sağlığı sorunu", *1.Tıbbi Jeoloji Çalıştayı*, Ürgüp, 30 Ekim–1 Kasım 2009.

[117] H. Salur, "Avlulu yapılarda termal konfor analizi: Kayseri Köşk Medrese örneği", Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2016.

[118] Ö. Kaynaklı, R. Yamankaradeniz, "Anlık enerji dengesi modeli ile ısıl konfor şartlarının simülasyonu", *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi,* sayı 15, no. 4, syf. 601-612, 2003.

[119] G. Z. Gedik, "Isısal Konfor", Ders Notu, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.

[120] A. Yiğit, "İş güvenliği ve sağlığı", Alfa Yayınları, Bursa, 2008.

[121] İ. Atmaca, S., Koçak, "İşletmelerde farklı metabolik aktivite güzeylerinde çalışanlar için ısıl konfor bölgelerinin tespiti", *Mühendis ve Makina,* sayı 54, no. 638, syf. 26-32, 2013.

[122] S. Korkmaz, S. Korur ve E. Oğuzalp, "Yapı biyolojisi ve elektroiklimsel kirlilik", *E-Journal of New World Sciences Academy,* sayı 4, syf. 883-899, 2011.

[123] WHO, "Phosphine and selected metal phosphides, environmental health criteria", Geneva, vol. 73, 1988.

[124] O. Özyaral, Y. Keskin, "Kapalı alan atmosferinin sağlık üzerine etkileri: Kakosmi (Kötü Koku) Sendromu", *Astım Allerji İmmünoloji ,* sayı 3, no. (2), syf. 86-96, 2005.

[125] İ. Akmırza, "Gıda endüstrisi kaynaklı koku emisyonlarının kontrol stratejilerinin geliştirilmesi", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2012.

[126] P. Gostelow,, S. A. Parsons, R. M. Stuetz, "Odour measurements for sewage treatment works", *Water research,* sayı 35, no. 3, syf. 579-597, 2001.

[127] Madge, P., "Ekolojik tasarım: yeni bir eleştiri; Ruhnaz Üstüner", *Mimarist,* sayı 32, pp. 50-52, 1997.

[128] H. Sur, "Çevre dostu yeşil binalar", *Yeşil Binalar Referans Rehberi*, 2012.

[129] P. Darçın, G. Tuna Taygun, M. Vural, "Evaluation of LEED 'Water Efficiency' case study: Diyarbakır Turkey", *11th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems Proccedings Book*, Lisbon, 4 – 9 Eylül 2016, syf. 210-1 - 210-12.

[130] D. Açıkel ve G. T. Taygun, "Platin LEED NC 2009 sertifikası almış endüstriyel yapıların iç ortam kalitesi kredileri bağlamında irdelenmesi", *I. Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Kongresi,*, İstanbul, 24-25 Aralık 2018.

[131] B. Kobaş, "Oluşturulmakta olan türk yeşil bina değerlendirme sisteminin malzeme kategorisi için BEEAM ve LEED örneklerinin incelenmesi", Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 2011.

[132] BREEAM, [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: https://www.breeam.com/, [Erişim Tarihi: 24 Mart 2019]

[133] LEED, [Çevrimiçi]. Erişim Adresi: https://new.usgbc.org/. [Erişim Tarihi: 24 Mart 2019].

[134] BRE, "BREEAM International New Construction 2016 technical manual", Issue: 2.0: Document reference: SD233, Version: 2016.

[135] LEED v4.1 "Building Design and Construction" USGBC, 9 Nisan, 2019.

Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: dilaraacikel@gmail.com

Konferans Bildirileri

[1] D. Açıkel ve G. T. Taygun, "Platin LEED NC 2009 sertifikası almış endüstriyel yapıların iç ortam kalitesi kredileri bağlamında irdelenmesi", *I. Uluslararası Mühendislik ve Teknoloji Yönetimi Kongresi,*, İstanbul, 24-25 Aralık 2018.