



**YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME (YDD) YÖNTEMİ BAĞLAMINDA
NAKLİYE KONTEYNERLERİNİN YENİDEN KULLANIMINA YÖNELİK
BİR MODEL ÖNERİSİ**

Naide SEVİM KOŞAN

**DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

OCAK 2025

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Naide SEVİM KOŞAN

02/01/2025

YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME (YDD) YÖNTEMİ BAĞLAMINDA NAKLİYE
KONTEYNERLERİNİN YENİDEN KULLANIMINA YÖNELİK BİR MODEL ÖNERİSİ
(Doktora Tezi)

Naide SEVİM KOŞAN

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Ocak 2025

ÖZET

Nakliye konteynerlerinin fabrikada uyarlanarak modüler ve prefabrik yapı birimi olarak yeniden kullanılması, hem limanlardaki atık konteyner sayısını hem de yapı malzemeleri için somutlaştırılmış enerjiyi azaltmaktadır. Kaynak korunumunu ve limanlardaki atık yönetimini destekleyen bu uygulama, çelik ile ilişkili yaşam döngüsü etkilerini azaltabilmektedir. Ancak, enerji verimliliği açısından gerekli yapı performansının sağlanması amacıyla yapılacak müdahaleler ile ilgili çevresel etkilerin de detaylı analizi gerekmektedir. Bu bağlamda, çalışmanın teorik altyapısını oluşturmak için literatür taraması ile, “yaşam döngüsü değerlendirme (YDD)” ve “nakliye konteynerleri” konuları kapsamlı bir şekilde incelenmiş; atık nakliye konteynerleri ile inşa edilen mimari yapıların yaşam döngüsündeki çevresel etkilerini ortaya koymak ve dikkat edilmesi gereken faktörleri belirlemek için “konteyner yapıların yaşam döngüsü değerlendirmesi” konusu ele alınmıştır. Elde edilen bilgiler doğrultusunda, “Türkiye’deki uygulamalara yönelik rehber bir YDD modeli” oluşturulmuştur. Prefabrikasyonlarında gerekli yapısal performansın sağlanmasına yönelik sanayi pazarındaki yapı malzeme gerekliliklerini ortaya koyan “ürün evresi” tez çalışmasının ana konusunu oluşturmaktadır. Bu doğrultuda, çalışma, Türkiye’deki limanlarda yer alan atık konteynerlerin modüler ve prefabrik yapı birimi olarak yeniden konumlandırılmasında çevresel açıdan en uygun mimari konfigürasyonu elde etmek amacıyla “SimaPro PhD 9.4.0.2” YDD yazılım aracı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada; “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanı içerisindeki Avrupa’ya ait verilerin Türkiye enerji ve su verileri ile uyarlanması ile elde edilen yapı malzeme verileri kullanılarak konteyner dış kabuğu üzerinde ele alınacak “duvar”, “tavan”, “döşeme”, “pencere / balkon kapısı” ve “dış kapı” konfigürasyonları için montaj senaryoları oluşturulmuştur. Bu senaryoların “ReCiPe 2016 V1.07” YDED yöntemi ile iki farklı düzeyde etki değerlendirmesi gerçekleştirilerek çevresel açıdan en iyi performansı gösteren senaryolar ve çevresel etki sonuçları bulunmuştur.

Bilim Kodu	: 80130
Anahtar Kelimeler	: Yaşam Döngüsü Değerlendirme, Nakliye Konteynerleri, Atık Yönetimi, Boş Konteynerlerin Mimaride Yeniden Konumlandırılması, Konteyner-tabanlı Binalar
Sayfa Adedi	: 319
Danışman	: Prof. Dr. Figen BEYHAN

A MODEL PROPOSAL FOR THE REUSE OF SHIPPING CONTAINERS IN THE
CONTEXT OF LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) METHOD

(Ph. D. Thesis)

Naide SEVİM KOŞAN

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

January 2025

ABSTRACT

The reuse of shipping containers as modular and prefabricated building units reduces both the number of waste containers in ports and the embodied energy of building materials. This practice supports resource conservation and waste management in ports, helping to lower the life cycle impacts of steel. However, it is also necessary to conduct a detailed analysis of the environmental impacts of modifications required to ensure energy-efficient building performance. To build the theoretical foundation for the study, a comprehensive literature review was conducted on the topics of “life cycle assessment (LCA)” and “shipping containers.” The focus was on the “life cycle assessment of container structures” to evaluate the environmental impacts of using waste shipping containers in construction and identify key considerations. Based on this research, a “guide LCA model for applications in Türkiye” was developed. The main focus of the thesis is the “product phase,” which outlines the building material requirements for achieving structural performance in prefabrication for the industrial market. In this direction, the study was carried out using the “SimaPro PhD 9.4.0.2” LCA software to determine the most environmentally suitable architectural configurations for reusing waste containers as modular units in Turkish ports. Assembly scenarios were developed for the “wall,” “ceiling,” “floor,” “window/balcony door,” and “external door” configurations. These scenarios utilized construction material data from the Ecoinvent 3.8 database, adjusted with Turkish energy and water data. The ReCiPe 2016 V1.07 method was applied to assess the environmental impacts of these scenarios at two levels. The study identified the scenarios and configurations that provided the best environmental performance.

Science Code : 80130
Key Words : Life Cycle Assessment, Shipping Containers, Waste Management,
Repositioning of Empty Containers, Container-based Buildings
Page Number : 319
Supervisor : Prof. Dr. Figen BEYHAN

TEŞEKKÜR

Öncelikle tez çalışmam süresince değerli bilgileri ve engin tecrübeleri ile yön gösteren, sıkıntılı süreçte pozitif enerjisi ile beni motive eden, tezime ve akademik gelişimime büyük katkı sağlayan çok değerli danışman hocam Prof. Dr. Figen BEYHAN'a sonsuz teşekkür ederim. Ayrıca kıymetli zamanlarını benim için ayıran, tez çalışmamın ilerlemesinde yönlendirici katkılarından dolayı çok değerli hocalarım Prof. Dr. Arzuhan Burcu GÜLTEKİN ve Prof. Dr. Aslı ER AKAN'a teşekkürü bir borç bilirim. Polimer yapı malzemeleri konusunda yaptığımız bilgilendirici sohbeti ile tezime ışık tutan Doç. Dr. Gediz UĞUZ'a da teşekkür ederim. Tez sürecim boyunca beni her daim destekleyen çok kıymetli aileme ve eşim Öğr. Gör. Dr. Doğan KOŞAN'a minnettarlığımı sunarım.

Bu çalışma, Gazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinasyon Birimi tarafından "FDK-2022-7876" nolu proje kapsamında desteklenmiştir. BAP Koordinasyon Birimi'nin bu desteğinden dolayı çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	7
2.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD).....	7
2.1.1. Yaşam döngüsü değerlendirme fikri ve gelişimi	10
2.1.2. Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) yönteminin çerçevesi	12
2.1.3. Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) yöntemindeki uygulama yaklaşımları	21
2.1.4. Yapı sektörü için yaşam döngüsü değerlendirme çalışmaları	24
2.1.5. Yapı sektörü için yaşam döngüsü değerlendirme yönteminin uygulanması	27
2.2. Nakliye Konteynerleri	31
2.2.1. Nakliye konteynerlerinin teknik özellikleri.....	32
2.2.2. Nakliye konteynerlerinin mimarideki yeri ve kullanım koşulları	42
2.3. Konteyner Yapıların Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi	66
2.3.1. Duyarlılık analizi.....	67
2.3.2. Süreç analizi	67
2.3.3. Girdi-çıkış analizi	89

Sayfa

2.3.4. Entegre hibrit analizi	90
3. MATERYAL VE METOT (GELİŞTİRİLEN MODEL).....	91
3.1. Konteyner Yapılara Özel Geliştirilen YDD Metodolojisi.....	91
3.2. Konteyner Konutlar İçin Örnek Plan Tipleri	96
4. YDD ÇERÇEVESİNİN BELİRLENMESİ VE YÖNTEMİN SINANMASI.....	99
4.1. Amaç ve Kapsam Tanımı (AKT).....	101
4.1.1. Ürün sistemi	101
4.1.2. Varsayımlar.....	102
4.1.3. İşlevsel birim	103
4.1.4. Sistem sınırı.....	103
4.1.5. Dağıtım yöntemleri	104
4.1.6. Veri kalite gerekleri	104
4.1.7. Eleştirel gözden geçirme	106
4.1.8. Rapor hazırlama	106
4.2. Yaşam Döngüsü Veri Çözümlemesi (YDVÇ).....	106
4.2.1. Değerlendirilmekte olan ürün sistemine ilişkin akış şeması oluşturma ...	107
4.2.2. Veri toplama yöntemi geliştirme	107
4.2.3. Verileri toplama	107
4.2.4. Sonuçları değerlendirme ve raporlama	109
4.3. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (YDED)	117
4.3.1. Etki sınıflarının seçimi	120
4.3.2. Çevresel etkilerin etki sınıfları ile ilişkilendirilmesi / sınıflandırılması...	121
4.3.3. Sınıf göstergelerinin saptanması ve sınıf uç noktalarına dönüştürülmesi	122
4.3.4. Tanımlama modelinin oluşturulması.....	122
4.3.5. Normalleştirme.....	123

	Sayfa
4.3.6. Gruplandırma	123
4.3.7. Ağırlıklandırma	123
4.3.8. Sonuçları değerlendirme ve raporlama	123
4.4. Yaşam Döngüsü Yorumu (YDY).....	261
4.4.1. Önemli konuların tanıtımı	261
4.4.2. Değerlendirme	262
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	275
KAYNAKLAR.....	281
EKLER.....	299
EK-1. “Çevre yönetim sistemi” ve “Yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili standartlar.....	300
EK-2. “Nakliye konteynerleri” ile ilgili ISO standartları.....	314
ÖZGEÇMİŞ	318

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Uygulama düzeyine göre YDD yazılım aracı örnekleri	30
Çizelge 2.2. Standart konteyner çeşitlerinin boyutları (m), boş ağırlıkları (t) ve net yük taşıma kapasiteleri (t)	35
Çizelge 2.3. Nakliye konteynerlerinde kullanılan çelik malzemeler ve özellikleri.....	38
Çizelge 2.4. 6,09 m (20') ölçüsündeki standart nakliye konteynerlerinde bulunan çelik bileşenlere ait malzeme çeşitleri ve boyut bilgileri (mm)	39
Çizelge 2.5. Yalıtım konumuna göre konteyner ısı davranışı	60
Çizelge 2.6. Yapı kabuğu katmanlarının oluşturulmasında kullanılacak ürünlerde bakılması gereken özellikler.....	62
Çizelge 2.7. TS 825'te, derece gün bölgelerine en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri.....	62
Çizelge 3.1. Konteyner konutlar için örnek plan tipleri	96
Çizelge 4.1. Duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)	129
Çizelge 4.2. Duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)	136
Çizelge 4.3. Duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)	138
Çizelge 4.4. Duvardaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)	142
Çizelge 4.5. Duvardaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)	147
Çizelge 4.6. Duvardaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)	149
Çizelge 4.7. Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru).....	154
Çizelge 4.8. Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama).....	161

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.9. Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)	163
Çizelge 4.10. Tavandaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru).....	168
Çizelge 4.11. Tavandaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)	173
Çizelge 4.12. Tavandaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)	175
Çizelge 4.13. Tavandaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru).....	179
Çizelge 4.14. Tavandaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)	183
Çizelge 4.15. Tavandaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)	185
Çizelge 4.16. Tavandaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru).....	190
Çizelge 4.17. Tavandaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama).....	196
Çizelge 4.18. Tavandaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)	198
Çizelge 4.18. Döşemedeki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru).....	202
Çizelge 4.20. Döşemedeki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)	210
Çizelge 4.21. Döşemedeki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)	212
Çizelge 4.22. Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru).....	217

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.23. Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)	228
Çizelge 4.24. Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)	230
Çizelge 4.25. Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)	234
Çizelge 4.26. Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama).....	244
Çizelge 4.27. Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)	246
Çizelge 4.28. Pencere / balkon kapı konfigürasyonunu belirlemek için oluşturulan kavramsal pencere / balkon kapı senaryoları	250
Çizelge 4.29. Pencere / balkon kapı konfigürasyonunu belirlemek için oluşturulan kavramsal pencere / balkon kapı senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)	251
Çizelge 4.30. Pencere / balkon kapı konfigürasyonunu belirlemek için oluşturulan kavramsal pencere / balkon kapı senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri).....	253
Çizelge 4.31. Dış kapı konfigürasyonunu belirlemek için oluşturulan kavramsal dış kapı senaryoları	257
Çizelge 4.32. Dış kapı konfigürasyonunu belirlemek için oluşturulan kavramsal dış kapı senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama).....	258
Çizelge 4.33. Dış kapı konfigürasyonunu belirlemek için oluşturulan kavramsal dış kapı senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)	260
Çizelge 4.34. Çevresel açıdan en iyi performansı gösteren duvar konfigürasyonu (iç mekandan dış mekana doğru).....	265
Çizelge 4.35. Çevresel açıdan en iyi performansı gösteren tavan konfigürasyonu (iç mekandan dış mekana doğru).....	267
Çizelge 4.36. Çevresel açıdan en iyi performansı gösteren döşeme konfigürasyonu (iç mekandan dış mekana doğru).....	269

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.37. Çevresel açıdan en iyi performansı gösteren pencere / balkon kapı konfigürasyonu.....	272
Çizelge 4.38. Çevresel açıdan en iyi performansı gösteren dış kapı konfigürasyonu....	274

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Tez akış şeması	5
Şekil 2.1. Bir ürünün yaşam döngüsü evreleri	9
Şekil 2.2. YDD'nin aşamaları	14
Şekil 2.3. YDD'de kullanılan bir yazılım aracının temel çalışma yapısı	28
Şekil 2.4. Konteyner iskeleti ve bileşenleri	36
Şekil 2.5. Beş yıl kadar deniz atmosferine maruz kalmış çelik yüzeylerin katmanları: corten çelik (a), düz karbon çelik (b)	37
Şekil 2.6. Nakliye konteynerinin yaşam döngüsü	45
Şekil 2.7. Konteyner birimlerin yan yana getirilerek birleştiği yüzeylerdeki çelik panellerin kaldırılması (Moore vd., 2015): deformasyon (a), kiriş / çerçeve / dikey destek takviyesi (b)	50
Şekil 2.8. Herhangi bir ilave taşıyıcı eleman (kiriş ve dikey destek takviyesi) olmadan, sadece çerçeve takviyesi ile boşlukların açıldığı durum	51
Şekil 2.9. Konteynerlerin birbirine montajında kullanılan özel köşe bağlantıları: çift uçlu büküm kilidi (a), Bowron ve diğerleri (2016)'nin tasarımı (b), Holt ve Elkinton (2003)'un tasarımı (c).....	55
Şekil 3.1. KYYDDM gelişim süreci	92
Şekil 3.2. Nakliye konteynerinin mimari kullanımlarına (konteyner yapılara) yönelik yapı düzeyinde yapılacak rehber bir YDD modeli (KYYDDM)	94
Şekil 4.1. “ReCiPe 2016 V1.07” YDED yöntemindeki “orta nokta (midpoint)” etki sınıfı göstergeleri ve “uç nokta (endpoint)” dönüşümleri	119

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Tasarımlarına göre konteyner türleri: standart konteyner (a), üstü açılabilir konteyner (b), üstü açık konteyner (c)	33
Resim 2.2. Corten çelik yüzeyinin zamana göre değişimi: 15 gün (a), 45 gün (b), 6 ay (c), 2 yıl (d), 5 yıl (e), 22 yıl (f), 40 yıl (g)	37
Resim 2.3. Nakliye konteyneri döşemesi: genel bakış (a), kaplaması (b), iskelet yapısı (c)	42
Resim 2.4. Geniş mekanlar oluşturmak amaçlı, konteyner yan yüzeylerine zıt yön doğrultusunda alınabilecek müdahale önlemi.....	51
Resim 2.5. Konteyner birimlerin zemine montajında kullanılan temel tipleri: tekil temel (a), sürekli temel (b), radye temel (c), kazık temel (d)	52
Resim 2.6. Konteyner birimlerin zemine montajında alınan ek önlemler: çelik plakalarla kaynaklanması (a), sismik izolatörlerin kullanılması (b).....	53
Resim 2.7. Konteyner birimlerin birbirine montajında kullanılan sistemler: yığma sistem (a), iskelet taşıyıcıya monte sistem (b), karma sistem (c)	53
Resim 2.8. Konteyner birimlerin yan yana montajında manşon kullanılması	55
Resim 2.9. Konteyner birimlerde (kapalı hücreli) poliüretan spreyci köpük yalıtım uygulaması: yoğunlaşma problemi (a), iç yalıtım (b), dış yalıtım (c)	63
Resim 2.10. Konteyner birimlerde sert yalıtım panel uygulamaları: yüzeyi buhar bariyeri özelliği sağlayacak malzeme ile kaplı XPS yalıtım paneli uygulaması (a), yüzeyi buhar bariyeri özelliği sağlayacak malzeme ile kaplı EPS yalıtım paneli uygulaması (b).....	64
Resim 2.11. Konteyner birimlerde örtü yalıtım uygulamaları: buhar bariyeri (alüminyum folyo) ile birlikte kullanılan mineral yün (taş yünü) örtü yalıtımı uygulaması (a), yüzeyi buhar bariyeri özelliği sağlayacak malzeme ile kaplı fiberglas (kapalı hücreli polietilen köpüğü) örtü yalıtımı uygulaması (b)	65
Resim 2.12. Konteyner birimlerde sert mineral yün yalıtım uygulaması	65
Resim 2.13. Konteyner birimlerde faz değişim malzeme ile yalıtım uygulaması	66
Resim 2.14. Mekanik ve yapısal testler sonucunda konteyner birimlere onarım yapılması: hasarlı konteyner birim (a), onarılmış konteyner birim (b).....	71

Resim	Sayfa
Resim 2.15. Konteyner birimlerde boşluk oluşturulmasında ve çerçeveleme yapılmasında uygulanan işlemler: kesme (a), çerçeveleme (b), kaynak (c)	71
Resim 2.16. Konteyner birimlerin çelik yüzeylerine toksik olmayan bir bariyer (sızdırmazlık astarı) yapılması: elastomerik poliüretan kaplama (a), polyurea kaplama (b), DTM alkid emaye boya kaplama (c).....	73
Resim 2.17. Konteyner birimlerin ahşap yüzeylerine toksik olmayan bir bariyer (sızdırmazlık astarı) yapılması: epoksi kaplama (a), poliüretan kaplama (b)	74
Resim 2.18. Konteyner birimlerde karkas çerçeve oluşturulması: ahşap karkas çerçeve (a), metal karkas çerçeve (b)	74
Resim 2.19. Konteyner birimlerdeki sıhhi tesisat hatlarının uygulanması: konteyner ana kabuğundaki sıhhi tesisat hatları (a), bölme duvarlardaki sıhhi tesisat hatları (b)	75
Resim 2.20. Konteyner birimlerdeki merkezi drenaj borusunun konumlandırılmasında alınan önlemler: merkezi drenaj borusunun bulunduğu konteyner döşemesinin poliüretan sprej köpük ile yalıtılması (a), çok katlı konteyner yapılarda zemin katın betonarme iskelet sistem ile yapılması (b).....	76
Resim 2.21. Konteyner birimlerin iç cephelerindeki son kat kaplama malzemeleri: çimentolu yonga levha veya alçı levha ile su bazlı boya (a), ahşap kontrplak levha (b), vinil kaplı ahşap kontrplak levha (c), fiber takviyeli plastik levha (d)	78
Resim 2.22. Konteyner birimlerin dış cephelerindeki son kat kaplama malzemeleri: ahşap kaplama (a), vinil kaplama (b)	78
Resim 2.23. Konteyner birimlerin döşemelerindeki son kat kaplama malzemeleri: laminat parke kaplama (a), vinil kaplama (b)	80
Resim 2.24. Konteyner birimlerde pencereler, kapılar ve sabit tefrişlerin montajının yapılması: pencere montajı (a), kapı montajı (b), mutfak dolabı montajı (c)	81
Resim 2.25. Konteyner birimlerin birleşim yerlerinde sızdırmazlığın sağlanması: duvar veya tavan birleşim yerlerinin dolgu macunu ile doldurulması (a), döşeme birleşim yerlerinin dolgu macunu ile doldurulması (b), duvar, tavan ve döşeme birleşim yerlerinin metal plakalar ile kapatılması (c)....	83
Resim 2.26. Konteyner yapılarda ek çatı ve güneş paneli uygulamaları: ek çatı uygulaması (a), ek çatı ve güneş paneli uygulaması (b)	84

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
'	Foot (tekil birimi), feet (çoğul birimi), ft (kısaltması)
%	Yüzde
λ	Isı iletkenlik katsayısı
C	Karbon
Ce	Seryum
CH ₄	Metan
cm	Santimetre
CO ₂	Karbondioksit
Cr	Krom
Cu	Bakır
d	Malzeme kalınlığı
kg	Kilogram
m	Metre
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
mm	Milimetre
Mn	Manganez
N	Azot
Ni	Nikel
P	Fosfor
R	Isıl direnç
S	Kükürt
Si	Silisyum
t	Ton
U	Isıl geçirgenlik katsayısı
Kısaltmalar	Açıklamalar
ABD	Amerika birleşik devletleri

Kısaltmalar**Açıklamalar**

AKT	Amaç ve kapsam tanımı
CEN	European committee for standardization
CSA	Canadian standards association
CSC	International convention for safe containers
DTM	Direct to metale
EPD	Environmental product declaration
EPS	Expanded polystyren foam
ESR	Evaluation service report
EU	European union
EVA	Etil vinil asetat
FRP	Fibre reinforced plastic
HBD	Hayat boyu değerlendirme
HC	High cube
IBC	International building code
ICC ES	International code council evaluation service
ICC	International code council
IMDG	International maritime dangerous goods
IMO	International maritime organisation
IRC	International residential code
ISBU	Intermodal steel building units
ISO	International standart organisation
IWA	International workshop agreements
kWh	Kilowatt saat
KYYDDM	Konteyner yapıların yaşam döngüsü değerlendirme modeli
MBI	Modular building institute
MRI	Midwest research institute
OSB	Oriented strand board
PAS	Publicly available specifications
PVC	Polivinil klorür
SETAC	Society of environmental toxicology and chemistry
TLCID	Turkish life cycle inventory database
TR	Technical reports
TS	Technical specifications

Kısaltmalar**TSE****TurCoMDat****UNEP****USEPA****VIP****XPS****YD****YDD****YDED****YDVÇ****YDY****Açıklamalar**

Türk standartları enstitüsü

Turkish construction products EPD/LCA database

United nations environmental programme

United states environmental protection agency

Vacuum insulation panels

Extruded polystyren foam

Yaşam döngüsü

Yaşam döngüsü değerlendirme

Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi

Yaşam döngüsü veri çözümlemesi

Yaşam döngüsü yorumu

1. GİRİŞ

Tüm ürünlerin bir “kökeni (beşiği)” ve nihayetinde bir “sonu (mezarı)” vardır. Bu yaşam döngüsü sırasında her ürün, enerji harcama ya da atık oluşturma yoluyla çevreyi (ekosistemi ve kaynakları) ve insan sağlığını olumsuz yönden etkilemektedir. Endüstrinin dünya çapında hızla büyümesi ve endüstri ile ilişkili çevresel yüklerin artması, bu durumun örneğidir.

Problem durumu / Konunun tanımı

Endüstrinin artmasıyla orantılı olarak, ülkeler arası ticaretin artış göstermesi; özellikle tek seferde daha fazla yük taşıma kapasitesine sahip olan ve maliyet açısından en uygun olan denizyolu taşımacılığında sıklıkla kullanılan nakliye konteynerlerinin üretimini gerçekleştirmiştir. Ancak, dünyada birbirleriyle ticaret yapan ülkeler arasında ithalat - ihracat dengesinin olmaması, yoğun ithalat yapan ülkelere boş konteynerin yığılmasına ve yoğun ihracat yapan ülkelere de boş konteyner ihtiyacının doğmasına neden olmaktadır. Ticaret sisteminin doğrusal süreci nedeniyle oluşan boş konteyner stokuna çözüm olarak; boş konteynerlerin geldiği kaynak ülkelere geri taşınması ve / veya yoğun ihracat yapan ülkelere satılması ise, maliyet açısından yeni üretilmesiyle neredeyse denk olmaktadır (Çağlar ve Esmer, 2015; Moore vd., 2015; Kamazaraly vd., 2017). Bu durum ayrıca, sera gazı salımlarında da önemli bir artışa neden olarak çevreyi de olumsuz etkilemektedir (Dara vd., 2019). Atık durumdaki bu endüstriyel birimlerin, limanlarda yer alan depolarda bırakılması ise; çok fazla yer kaplamakta ve yeniden konumlandırılması için büyük çaba gerektirerek “atık yönetimi”ni zorlaştırmaktadır (Peña ve Schuzer, 2012; Rodriguez vd., 2013: 239). Öte yandan, çelik malzemeden yapılmış bu birimlerin ömrünün sonunda geri dönüşümü için eritilmesi; son derece enerji isteyen, yoğun ve maliyetli bir iştir (Oliveira, 2014: 8; Berbesz ve Szefer, 2018). Bununla birlikte; geri dönüşümü için eritilen çeliğin başka bir ürüne dönüştürülmesi için yeniden üretimin sağlanması ise, önemli miktarda somutlaştırılmış enerji ile ilgili karbon salımına neden olmaktadır (Ngo vd., 2009; Aye vd., 2012; İslam vd., 2016).

Endüstriyel atık olarak limanlarda atıl durumda yer alan bu konteyner birimlerin neden olduğu problemleri çözmek üzere; “kaynak korunumu”nu sağlamak ve bu birimlere yeni bir kullanım ömrü kazandırmak için prefabrik ve modüler yapı birimi olarak fabrikada uyarlanarak mimaride yeniden kullanılması, son dönemlerde sıklıkla karşımıza çıkmaktadır

(İslam vd., 2016; Dara vd., 2019; Bertolini ve Guardigli, 2020; Satola vd, 2020). Ayrıca; konunun göreceli öneminin özellikle son yıllarda artış göstermesi, “sürdürülebilir kalkınma” ve “çevresel sürdürülebilirlik” için de önemli olan bu konunun detaylı olarak çalışılmasını gerektirmektedir. Bu doğrultuda; nakliye konteynerlerinin birbirine bağlı her iki ömrünün arasındaki ilişkiyi de anlatan konteyner yapıların yaşam döngüsü değerlendirmesi, bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.

Araştırmanın amacı

Günümüzde, çevrenin korunmasının önemi ve ürünlerle ilişkili olası etkiler konusunda artan farkındalık; hem üretilen hem de tüketilen etkileri daha iyi anlamak ve ele almak için yöntemlerin geliştirilmesine olan ilgiyi arttırmıştır. Tüm sektörlerin temel hedefi, çevre kalitesinin iyileştirilmesi ve insanların sağlıklı olarak yaşamını sürdürebilmesi olmuştur. Bu doğrultuda; estetik, maliyet, performans gibi parametrelerin yanı sıra; doğal kaynakların kullanımı ve çevresel yükler gibi parametrelerin de karar verme süreçlerinde gittikçe daha çok önemsenen faktörlerdir. Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD); 1990’lı yılların başından itibaren, bu karmaşık karar verme süreçlerinde gittikçe daha sık başvurulmuş ve sürekli geliştirilen bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Guinee vd., 2011).

Konuya yapı endüstrisi açısından bakıldığında; ülkelerin toplam harcanan enerji bakımından, yapı ve yapı malzemesi / ürünü üretiminin yüksek oranı göze çarpmaktadır. Gerek yapı talebine hızlı cevap verebilmek, gerekse yapının kullanım ve işletim evresi öncesindeki enerji harcamalarını ve çevresel yüklerini düşürmek için, alternatif prefabrik ve modüler yapı sistemleri uygulamaları geliştirilmektedir. Yapı malzemesi olarak çelik; binada uzun ömürlü olması nedeniyle, bu tür uygulamalardaki taşıyıcı karkası oluşturmak için en çok kullanılan malzeme olarak görülmektedir (Salama vd., 2018; Dara vd., 2019). Bu doğrultuda; limanlarda biriken boş nakliye konteynerlerinin geri gönderilememesi ve yeniden konumlandırılmaması sorunlarına çözüm olarak, çelik malzemeden oluşan bu birimlerin, bir bütün olarak (taşıyıcı karkası / iskeleti ve cephe kaplaması / dış kabuğu birlikte olacak şekilde) mimaride prefabrik ve modüler yapı birimi olarak yeniden kullanımlarının avantaj sağlayacağı düşünülmektedir (Anagal ve Dhongade, 2017; Bingöl ve Gök, 2017; Kamazary vd., 2017; Berbesz ve Szefer, 2018). Atık nakliye konteynerlerinin mimaride yeniden kullanımı fikri; özellikle, çelikle ilişkili olan yaşam döngüsü etkilerini azaltabilir (Salama vd., 2018; Zink vd., 2018). Ancak, gerekli yapı

performansı koşullarının sağlanması üzere yapılacak olan müdahaleler nedeniyle, diğer etkenlerle ilgili yaşam döngüsü etkilerinin de detaylı analizinin yapılması gerekmektedir.

Çalışmada; atık nakliye konteynerlerin, ikinci ömürlerinde mimari kullanımlarını sağlamak üzere, prefabrik ve modüler yapı birimi olarak fabrikada uyarlanarak yeniden konumlandırılmasında (ürün evresi, yapım / inşaat evresi), kullanımında (kullanım ve işletim evresi) ve kullanım sonunda (kullanım ömrü sonu evresi) gerçekleşecek çevresel etkilerini belirtmek için dikkat etmemiz gereken faktörleri belirlemek ve uygulamaya yönelik rehber bir yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) modeli geliştirmek amaçlanmaktadır. Bu sayede, konteyner yapının uygulanmasından önce (yapı tasarımı sürecinde), yaşam döngüsünün tüm evrelerinde sebep olacağı çevresel yüklerin tahmini gerçekleştirilebilir.

Araştırmanın önemi

Türkiye, gelişmekte olan ülkelerden birisi olup, Asya ve Avrupa kıtasının birleşim noktasında yer almaktadır. Bu durum, dünya ticaretinde önemli bir konumda ve sürekli konteyner sirkülasyonuna sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla, limanlarda depolama sorunu oluşturan boş konteyner stokunun çözülmesini gerektirmektedir. Öte yandan, hem yapı talebine hızlı cevap verebilmek hem de enerjiyi daha etkin kullanmak için tercih edilen prefabrik ve modüler yapım sistemlere olan ilgi de gün geçtikçe artmaktadır. Nakliye konteynerlerinin mimaride yeniden kullanımının, sürdürülebilir bir bakış açısı ile gelişmiş tüm ülkelerdeki artan önemi; bu birimlerin çevresel tercih edilebilirlik açısından Türkiye’deki kullanılabilirliğine yönelik bir karar destek modeli eksikliğini göstermiştir.

Bu doğrultuda, çalışmada;

- “Türkiye’deki limanlarda yer alan atık nakliye konteynerlerinin, prefabrik ve modüler bir yapı birimi olarak mimarideki kullanımını değerlendirmek üzere, rehber olabilecek örnek bir yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) modeli sunulabilir mi?”, sorusu araştırılacaktır.

Bu araştırma sorusunu desteklemek için ise, bir takım alt sorular da araştırılacaktır:

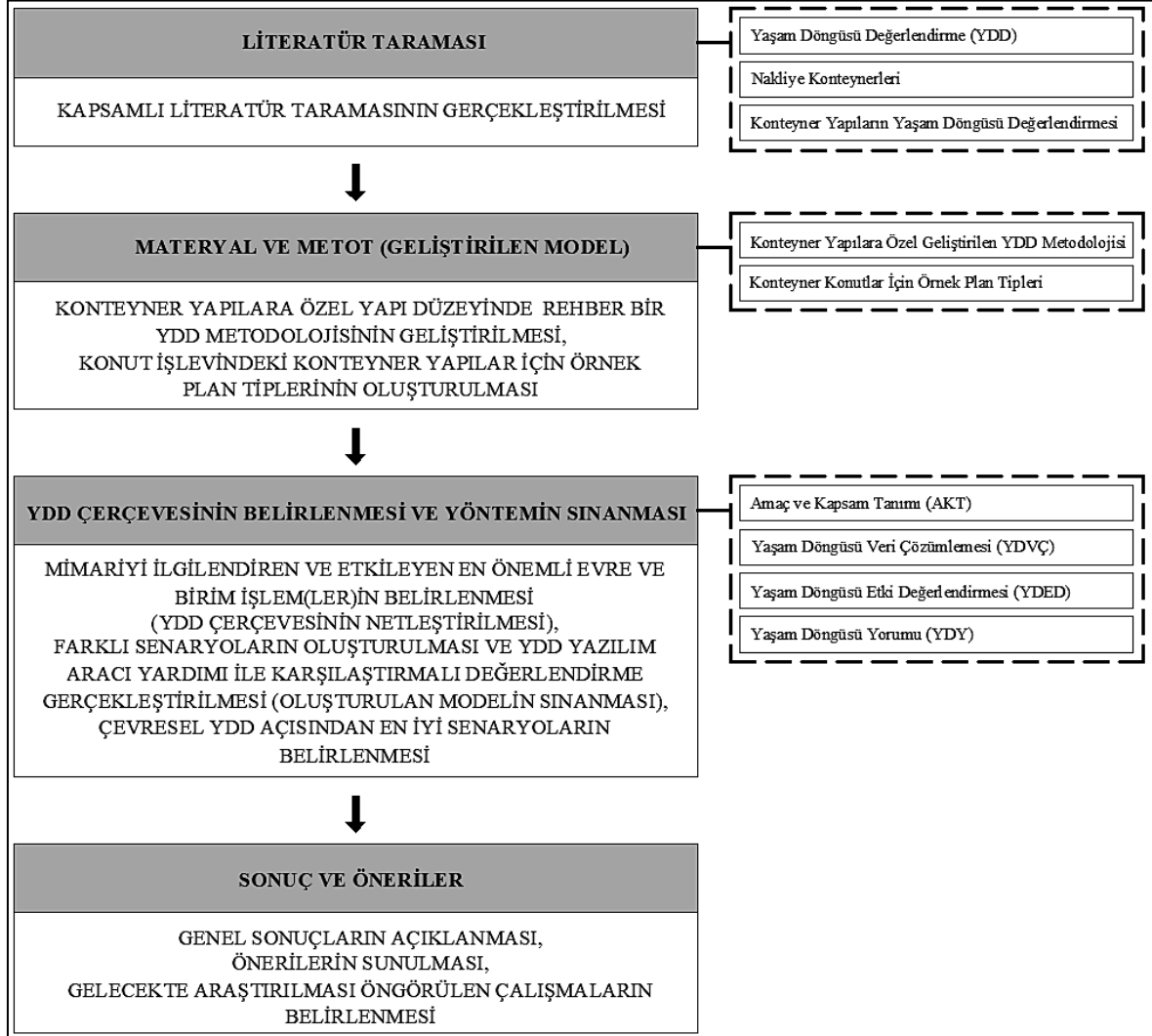
- “Nakliye konteynerlerinin sahip olduğu teknik özellikler (üretim, iskelet yapısı ve bileşenleri, malzeme); mimari kullanımları için mevzuat, fonksiyonel ve performans gereklilikleri açısından bir sınırlama oluşturur mu?”,
- “Nakliye konteynerleri ile enerji etkin / sürdürülebilir bir yapı tasarımı mümkün müdür?”,
- “Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) yöntemi kullanılarak, çevresel açıdan en uygun mimari konfigürasyon sunan prefabrik ve modüler bir konteyner konut birimi elde edilebilir mi?”.

Çalışma, nakliye konteynerinin bir yapı birimi olarak kullanımını doğrudan teşvik etmemekle birlikte; kaynakların yeniden kullanımı ve enerjinin verimli yönetimi ile uzun bir yol kat edilebileceğini savunmaktadır. Ayrıca; nakliye konteynerlerini mimari bir yapı birimi haline getirmek için fabrikada uygulanacak birim işlemlerin ve prefabrikasyonunun sağlanmasına yönelik oluşturulacak bir sanayi pazarındaki gereklilikler de belirtilmektedir.

Araştırmanın yöntemi

- Tezde kuramsal altyapının oluşturulması amacı ile, “yaşam döngüsü değerlendirme (YDD)” ve “nakliye konteynerleri” konuları kapsamlı bir şekilde incelenerek; yapı yaşam döngüsü bağlamındaki değerlendirmeler odaklı yeniden kullanım potansiyelleri konusunu da içeren “konteyner yapıların yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili sistematik bir şekilde kapsamlı literatür taraması gerçekleştirilmiştir.
- Literatür taraması ile elde edilen bilgiler doğrultusunda, atık nakliye konteynerlerinin prefabrik ve modüler yapı birimi olarak konteyner yapılarda kullanımlarındaki yaşam döngüsü değerlendirmesinin yapılabilmesi için, konteyner yapılara özel yapı düzeyinde rehber bir YDD metodolojisi geliştirilmiştir. Ayrıca, geliştirilen bu YDD modeli ile uygulanabilecek bir YDD çalışmasındaki ürün sisteminde yer alacak etkenlerin sayıca fazla olmasına dikkat çekmek ve konteyner birimlerin yapı tasarımındaki esnekliğini belirtmek amaçları ile, konut işlevindeki konteyner yapılar için örnek plan tipleri oluşturulmuştur.
- Geliştirilen YDD modelindeki mimariyi ilgilendiren ve etkileyen en önemli evre ve birim işlem(ler)in belirlenerek, çalışmada uygulanacak YDD çerçevesi netleştirilmiştir. Oluşturulan modelin sınanması üzere örnek YDD çalışmasının yapılması için ise, bu çerçeve kapsamında YDD yazılım aracı yardımı ile karşılaştırmalı değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Böylece, çevresel YDD açısından en iyi senaryolar belirlenmiştir.

- Karşılaştırmalı YDD sonucu açıklanarak öneriler sunulmuştur. Ayrıca, konu ile ilgili gelecekte araştırılması öngörülen çalışmalar belirtilmiştir.



Şekil 1.1. Tez akış şeması

Tanımlar

Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından, yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) ile ilgili yayınlanan standartlar; Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO-International Standart Organisation) ve Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN-European Committee for Standardization) tarafından yayınlanan standartların Türkçe çevirilerinden oluşmaktadır. TSE tarafından yayınlanan bu standartlarda (EK-1: Çizelge 1.2), önemli ölçüde kavram kargaşası bulunmaktadır. Bu nedenle, çalışmada; Gültekin (2006: 73-76)'ın doktora tez çalışmasında yer alan ve terminolojik açıdan yol gösterici olan kavramlar kullanılmıştır. Bu

doğrultuda; TS EN ISO Standartlarında “Hayat boyu değerlendirme (HBD)” olarak ifade edilen yöntem, tez kapsamında “Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD)” olarak ele alınmıştır. YDD yöntemi çerçevesindeki diğer kavramların Türkçe karşılıkları ise, alfabetik olarak çalışmanın sonundaki eklerde ifade edilmiştir (EK-1: Çizelge 1.5).

2. LİTERATÜR TARAMASI

Literatür taraması, nakliye konteynerleri ile oluşturulmuş konteyner yapılarının yaşam döngüsü değerlendirmesinin yapılabilmesi için temel bir metodoloji yapısının kurulmasında yardımcı olmaktadır. Literatür taramasının ilk bölümünde “yaşam döngüsü değerlendirme (YDD)”, ikinci bölümünde “nakliye konteynerleri” konuları kapsamlı bir şekilde incelenmiş ve çalışmanın teorik altyapısı oluşturulmuştur. Literatür taramasının üçüncü bölümü olan son bölümde ise, yapı yaşam döngüsü bağlamındaki değerlendirmeler odaklı yeniden kullanım potansiyelleri konusunu da içeren “konteyner yapıların yaşam döngüsü değerlendirmesi” ele alınmıştır.

Yaşam döngüsü kavramında; “ürün”, “mal” ve “hizmetler” eşit derecede anlam ifade etse de (ISO, 2006a; ISO, 2006b), YDD çalışmalarında genel olarak “ürün” ifadesi kullanılmaktadır (Curran, 2008). Bu nedenle, tez çalışmasının bu bölümünde yer alan “ürün” ifadesi, aynı zamanda “mal” ve “hizmet” ifadelerini de kapsamaktadır.

YDD kavramında; sosyal, ekonomik ve çevresel olmak üzere üç farklı açıdan değerlendirme gerçekleştirilmektedir (ISO, 2006a). Ancak, tez çalışmasında sadece çevresel açıdan değerlendirme ele alınmıştır.

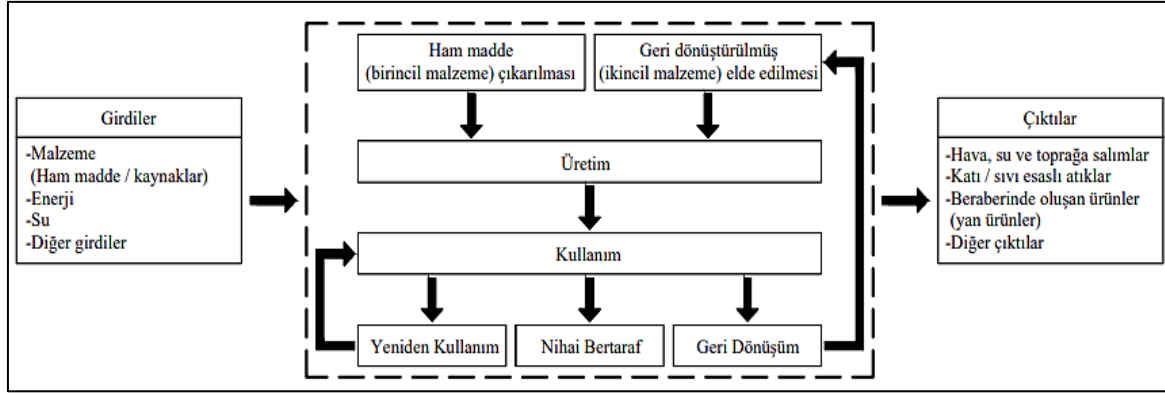
2.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD)

Bir ürün; üretiminin her aşamasında ve ilgili tüm faaliyetlerde, çevre üzerinde etki oluşturmaktadır. Bu nedenle, herhangi bir ürünün teknik ve fonksiyonel performansının yanı sıra çevresel etkilerinin de kapsamlı bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda; farklı sektördeki kuruluşlar, genel nitelik taşıyan “ISO 1400 Çevre Yönetim Sistemi Standartları Serisi (EK-1: Çizelge 1.1)”ni benimsemişlerdir. Bu standartlar serisinde, aşağıdaki üst başlıklar ile ilgili belirli standartlar oluşturulmaktadır (Url-1):

- Çevre yönetim sistemleri
- Çevre denetimi ve ilgili çevresel incelemeler
- Çevresel etiketleme
- Çevresel performans değerlendirmesi
- Yaşam döngüsü değerlendirmesi
- Sera gazı ve iklim değişikliği yönetimi ve ilgili faaliyetler

Yaşam döngüsü (YD); bir ürün sisteminin, ham madde çıkarılmasından veya doğal kaynaklardan üretiminden nihai bertarafına kadar birbirini takip eden ve birbiriyle bağlantılı olan evrelerin tümünü ifade etmektedir (ISO, 2006a; ISO, 2006b). Bu döngü, dört evrede ele alınabilir:

- Ham madde (birincil malzeme) çıkarılması: Ürünlerin üretimi için gerekli olan ham maddelerin, üretici tarafından satın alınmadan önceki meydana gelen faaliyetlerin tümünü kapsamaktadır. Bu evre, en büyük çevresel zararlara yol açabilecek potansiyele sahiptir (Günaydın, 2011: 30-31). Çünkü ham madde kaynakları, doğada saf formda bulunmakta veya doğadan çıkarılması sonucunda ekstraksiyon yöntemi ile saf haline ulaşılmaktadır. Doğada saf halde bulunan ham maddeler, ürün üretimine direk katılan ham maddelerdir; doğadan çıkarılması sonucunda ekstraksiyon yöntemi ile saf haline ulaşılan ham maddeler ise, üretici tarafından ihtiyaç duyulan ara ürünler için ham maddenin işlenmesi ile sağlanmaktadır. Her iki işlem de, sadece enerji tüketmekle kalmaz; aynı zamanda atık da üretmektedir (Asif vd. 2007). Ayrıca; ham maddelerin ürün imalatını yapmak üzere üretim tesisine taşınması ve geri dönüştürülmüş ürünlerin (ikincil malzemelerin) elde edilmesi gibi işlemler de bu evrede ele alınmaktadır (Günaydın, 2011: 31).
- Üretim: Kullanıma hazır olan sonuç ürünün, ham madde satın alınmasından tüketiciye ulaştırılmasına kadarki işlemlerin tümünü kapsamaktadır. Ürün imalatı, ürün fabrikasyonu, dolum, paketlenme ve dağıtım (ürünün kullanılacağı yere taşınması) gibi alt süreçlerden oluşmaktadır (Demirer, 2011: 13). Bu süreçler, hem enerji tüketimine hem de atık üretimine neden olabilmektedir.
- Kullanım: Ürünlerin tüketiciye ulaştırılması sonrasındaki kullanımlarına ilişkin tüm faaliyetleri kapsamaktadır. Ürün depolama, işletim, ürünün kullanılabilir kılınması için bakım ve onarımını yapma gibi faaliyetlerdeki; ürün tüketiminden kaynaklanan enerji ihtiyaçlarını ve oluşan atıkları içermektedir (Demirer, 2011: 13).
- Kullanım ömrü sonu: Kullanım ömrü sonu, ürünün faydalı hizmet ömrünü tamamladığını belirtmektedir. Bu durumda üç durumdan biri gerçekleşmektedir: herhangi bir işlem yapılmadan veya onarılarak başka yerde yeniden kullanılması, geri dönüştürülerek başka bir alanda yeniden değerlendirilmesi, nihai bertarafı (Günaydın, 2011: 32).



Şekil 2.1. Bir ürünün yaşam döngüsü evreleri

Bir ürünün yaşam döngüsü boyunca herhangi bir evresinde alınan kararlar, başka bir evrede farklı sonuçlara neden olabilmektedir. Yaşam döngüsü yaklaşımı; seçimlerin, ürün yaşam döngüsünün her evresini nasıl etkilediğinin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Böylece, sorunların bir evreden diğerine geçişi de engellenebilmektedir (Curran, 2008).

Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD); ürünün yaşam döngüsü boyunca, enerji girdilerinin ve çıktılarının oluşturduğu çevresel etkilerinin nicel olarak değerlendirilmesi için geniş bir yöntem olarak tanımlanmaktadır (Sharma vd., 2011). Ürün yaşam döngüsünün birbirine bağlı olan tüm evrelerinden kaynaklanan çevresel etkilerin büyüklüğünün araştırılmasını ve tahmin edilmesini sağlamaktadır. Elde edilen sonuçlara göre tercihlerin yapılması, YDD'nin analitik bir karar destek aracı olarak kullanılmasını gerçekleştirmektedir. Bu doğrultuda; YDD, mutlak değerlendirmeden ziyade, karar vericilerin alternatif eylem biçimleri arasında seçim yaparken tüm önemli çevresel etkileri karşılaştırabildiği, karşılaştırma amaçlı göreceli bir araçtır (Curran, 2008). YDD, ayrıca aşağıdaki soruların cevap bulmasında da yardımcı olmaktadır (Demirer, 2011: 11):

- İlgili taraf ve paydaşlara olan etkiler neler olacaktır?
- Hangi ürün, toplamda veya yaşam döngüsünün her bir evresinde en az çevresel etkiye neden olur?
- Mevcut üründe yapılacak değişiklikler, hangi yaşam döngüsü evresindeki çevresel etkileri nasıl değiştirir?
- Hangi ürün, en az miktarda çevresel etkilere neden olur ve doğal çevreye en az hasarı verir?
- Ürünler, çevresel etkileri azaltmak için nasıl değiştirilebilir?

Bu soruların cevapları ise, aşağıdaki hususlarda alınacak kararlar için belirleyici ve yönlendirici olmaktadır (ISO, 2006a; ISO, 2006b):

- Ürünlerin yaşam döngülerinin çeşitli evrelerinde çevresel performansını iyileştirme fırsatlarının belirlenmesi (ürün geliştirme ve iyileştirme)
- Endüstrideki, hükümetteki veya sivil toplum kuruluşlarındaki karar vericilerin bilgilendirilmesi (stratejik planlama, öncelik belirleme)
- Ölçüm teknikleri dahil olmak üzere çevresel performansın ilgili göstergelerinin seçimi (kamu politikası oluşturma)
- Pazarlama (çevresel ürün beyanı)

2.1.1. Yaşam döngüsü değerlendirme fikri ve gelişimi

Çevre kirliliği ile enerji ve malzeme kıtlığına ilişkin endişeler, ürünlerin çevresel profilinin çıkarılması için yaşam döngüsü odaklı yaklaşımların geliştirilmesine sebep olmuştur. Bu doğrultuda oluşturulan ilk YDD fikri, çevresel bozulmanın ve özellikle de kaynaklara sınırlı erişimin endişe yaratmaya başladığı 1960'larda ortaya çıkmıştır (Bjørn vd., 2018). Bu yıllarda, enerji ve ham madde kullanımına sınırlamalar getirilmiştir. YDD'nin ilk temel formu; 1970'lerde dünyada yaşanan enerji krizi sonucunda, kaynakların kullanımını analiz edebilecek bir sistem geliştirme fikri ile oluşmuştur. Bu dönemde, YDD ile ilgili uluslararası herhangi bir çalışma yer almamıştır (Guinee vd., 2011). 1970'lerde, konu ile ilgili yaşanan durağan bir dönemin ardından; 1980 ve 1990'larda, bilimsel topluluklar ve uluslararası iş birliği ile çalışmalar yapılarak yöntem açısından gelişim göstermiştir (Bjørn vd., 2018). 1990'ların sonlarında ise, üretim sistemleriyle ilişkili ham madde kullanımı ve enerji taleplerini analiz etmek için geliştirilmiştir. Ancak; bu süreçte, ürünün sadece yaşam döngüsü boyunca yaptığı enerji tüketimi dikkate alınmıştır (Guinee vd., 2011). 2000'lerden itibaren ise; sürdürülebilirliğin sağlanması adına, pek çok kurum veya kuruluş tarafından, çevresel faktörlerin yanında ekonomik ve sosyal faktörlerin de incelendiği entegre YDD yöntemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır (Bjørn vd., 2018).

YDD gelişiminde etkili olan önemli çalışmalar ve kuruluşlar aşağıda verilmiştir:

- YDD'nin mevcut modern çevre anlayışındaki ilk görünümü (ilk YDD çalışması); 1969 yılında, farklı ambalajların çevresel etkilerini ölçmek amacıyla, Coca Cola firması için

Midwest Araştırma Enstitüsü (MRI-Midwest Research Institute) tarafından yürütülmüştür (Guinee vd., 2011). Yayınlanmayan bu çalışmada; çevresel salımlar veya enerji kullanımı yerine, öncelikle katı atıkların azaltılması dikkate alınmıştır (Khasreen vd., 2009).

- YDD'ler için kullanılan genel yapı, 1979 yılında kurulan ve uluslararası faaliyet gösteren Çevresel Toksikoloji ve Kimya Derneği (SETAC-Society of Environmental Toxicology and Chemistry) tarafından önerilmiştir. Dernek, YDD'nin tanımlanmasında ve belgelenmesinde de etkili olmuştur. 1992 yılında, yaşam döngüsü etki değerlendirmesi ve veri kalitesi üzerine iki YDD çalıştayını düzenlemiştir. Bunun üzerine; Kuzey Amerika ve Avrupa tarafından, YDD kılavuzları (Jensen, 1996) ve uygulama kodu (Consoli vd., 1993) oluşturulmuştur.
- SETAC çalışmaları dışında, Hollanda (Heijungs vd., 1992) ve İskandinav ülkeleri (Danimarka, İsveç, Norveç) (Lindfors vd., 1995) de birtakım kılavuzlar yayınlamışlardır.
- Ulusal faaliyet gösteren Kanada Standartlar Birliği (CSA-Canadian Standards Association) ise; 1994 yılında, dünyanın ilk ulusal YDD kılavuzunu (CSA, 1994) yayınlamıştır (Khasreen vd., 2009).
- YDD'ler için kullanılan en tanınmış standartlar ise, 1947 yılında kurulan ve uluslararası faaliyet gösteren Uluslararası Standartlar Örgütü (ISO-International Standart Organisation) tarafından yayınlanmıştır. YDD'de kullanılacak standart bir yöntem geliştirmekle görevlendirilen ISO, çevre ile ilgili çalışmalara 1994 yılından itibaren başlamıştır. Bu çalışmalar, 1997 yılından itibaren yayınlamaktadır (EK-1: Çizelge 1.1).
- YDD konusunda faaliyet gösteren bir diğer uluslararası kuruluş ise, 1972 yılında kurulan Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP-United Nations Environmental Programme)'dır. UNEP'in odaklandığı alan YDD'nin özellikle gelişmekte olan ülkelerde uygulanmasına yöneliktir. UNEP'in YDD çalışmalarına en önemli katkısı ise, 1996'da yayınladığı YDD kılavuzu (Clarke vd., 1996) olmuştur. Ayrıca, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Çevre Koruma Ajansı (USEPA-United States Environmental Protection Agency) ve Hollanda'daki Leiden Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü ile birlikte YDD'nin çeşitli boyutlarına ilişkin uluslararası çalıştaylar da düzenlemektedir (Demirer, 2011: 33).
- 1975 yılında, Avrupa Birliği (EU-European Union) üye ülkeleri arasındaki teknik özellikleri ve ulusal pratikleri bir standartlar bütünü içinde yaptırabilmek adına kurulan Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN-European Committee for Standardization) ise;

2001 yılında ISO ile yaptığı Vienna Anlaşması doğrultusunda, ortak çalışmalar yürütmeye başlamıştır. 2004 yılında, binalarla ilgili standartlaşması gereken yapı malzemeleri ve çevresel performanslar gibi konularda görevlendirilmiştir. Bu doğrultuda; çevre adına ilk ortaya çıkan standartlar, ISO'nun CEN ile birleşiminden önce hazırlanmış ve birleşimden sonra güncellenmiş “Çevre Yönetimi” ile ilgili “EN ISO” kodlu standartlardır (Özeler Kanan vd., 2015).

- Yayınlanan ISO ve CEN standartlarına, güncel YDD çalışmalarında sıklıkla başvurulmaktadır. Böylece ülkeler de bu standartlara yönelik kılavuz ve uygulama kodları geliştirmektedir. Türkiye'deki 1960 yılında kurulan Türk Standartları Enstitüsü (TSE) ise; 1956 yılında ISO'ya, 2012 yılında da CEN'e üye olmuştur. Bu doğrultuda; her iki kuruluş nezdinde yürütülen standardizasyon çalışmaları, Türk standardı olarak kabul edilebilmektedir ve “TS EN ISO” kodu şeklinde belirtilmektedir (EK-1: Çizelge 1.2).

2.1.2. Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) yönteminin çerçevesi

YDD çalışmalarını yürütmek için kabul edilmiş uluslararası standart bir yöntem geliştirmekle görevlendirilen ISO; YDD çalışmalarının kalitesini ve tutarlılığını sağlamak için, genel ilkeleri ve gereksinimleri tanımlayan bir dizi standart yayınlamıştır. Yürütülen YDD çalışmalarında en yaygın olarak kullanılan standartlar, bu standartlardır. “ISO 1400 Çevre Yönetim Sistemi Standartları Serisi” kapsamında yer alan ve uluslararası standart olarak kabul edilen bu standartlar (ISO, 2006a; ISO, 2006b), “ISO 14040: 2006 - Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - İlkeler ve çerçeve (ISO 14040: 2006 - Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework)” ve “ISO 14044: 2006 - Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - Gereksinimler ve yönergeler (ISO 14044: 2006 - Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines)”dır. ISO 14040 (2006a), bir YDD çalışmasındaki ilkeleri / prensipleri ve çerçeveyi; ISO 14044 (2006b) ise, bir YDD çalışmasını yürütmek için gereksinimleri ve yönergeleri / kılavuzları ayrıntılı şekilde anlatmaktadır. Öte yandan, günümüze kadar bu standartlara bazı ekler (ISO, 2017; ISO, 2020a; ISO, 2020b) de yapılmıştır.

YDD uygulama yöntemi henüz tamamlanmamıştır ve çalışmalar devam etmektedir. Bu nedenle, YDD'ye yönelik geliştirilen bu standartlar dışında; teknik şartnameler (TS-Technical Specifications), teknik raporlar (TR-Technical Reports, uluslararası çalıştay

anlaşmaları (IWA-International Workshop Agreements) ve kamuya açık şartnameler (PAS-Publicly Available Specifications) de yayınlanmaktadır (Url-2). Bu kaynaklar, sadece bir kılavuz görevi görmektedir. “Teknik şartnameler”, halen teknik olarak geliştirilmekte olan veya bir uluslararası standart üzerinde hemen değil, gelecekte bir anlaşma olasılığının olacağına inanılan çalışmaları ele almaktadır. Hemen kullanım için yayınlanmakta, geri bildirim almak için bir araç sağlamaktadır. Amaç, sonunda uluslararası standart olarak dönüştürülmesi ve yeniden yayınlanmasıdır. “Teknik raporlar”, uygulamaya yönelik örneklerin anlatıldığı çalışmalardır. Örneğin bir anketten veya bilgilendirici bir rapordan elde edilen verilerini veya algılanan son teknoloji bilgilerini içerebilir. “Uluslararası çalıştay anlaşmaları”; acil pazar gereksinimlerine cevap vermek için, dünya çapında en geniş yelpazedeki ilgili tarafların katılma fırsatına sahip olmasını sağlayan bir prosedür izlenerek, ISO komite yapılarının dışında bir çalıştay mekanizması aracılığıyla hazırlanmakta ve çalıştaylara bireysel katılımcılar arasında fikir birliği ile onaylanmaktadır. Yayınlanmasından üç yıl sonra gözden geçirilir ve piyasa gereksinimlerine göre kamuya açık şartname, teknik şartname veya uluslararası standart olmak üzere daha fazla işlenebilir. Uluslararası çalıştay anlaşmaları, en fazla altı yıl sürebilir ve ardından geri çekilir veya başka bir ISO belgesine dönüştürülür. “Kamuya açık şartnameler” ise, acil bir pazar ihtiyacına yanıt vermek için yayınlanmaktadır. Bir çalışma grubundaki uzmanların fikir birliğini veya ISO dışındaki bir kuruluştaki fikir birliğini temsil etmektedir. Teknik şartnamelerde olduğu gibi, hemen kullanım için yayınlanmakta ve geri bildirim almak için bir araç sağlamaktadır. Maksimum ömrü altı yıldır, bu sürenin sonunda uluslararası standarda dönüştürülebilir veya geri çekilebilir.

YDD’yi uygulamak için tanımlanmış tek bir yöntem dahi yoktur. Bu nedenle, uygulama yöntemi konusunda esnekliğe sahiptir (Günaydın, 2011: 21). Ancak; bir YDD’yi planlı bir şekilde yönetmek amacıyla bir yöntem belirlenmelidir. ISO (2006a; 2006b) standartlarına göre, bir YDD yöntemi dört farklı analitik aşama içermektedir: amaç ve kapsam tanımı (AKT), yaşam döngüsü veri çözümlemesi (YDVÇ), yaşam döngüsü etki değerlendirmesi (YDED), yaşam döngüsü yorumu (YDY) (Şekil 2.2). Bu aşamalar, ileri / geri beslemeli ve tekrarlanabilir özelliktedir. Yani; aşamaların her biri farklı olsa da, birbirlerine karşılıklı olarak bağlıdır. Her bir aşama, farklı yöntemler içerebilir; ancak, ortak bir çerçeve içinde ele alınmaktadır. Bu özellik; bir YDD’nin, hepsi ortak bir çerçeve içine alınmış bir dizi farklı yöntem içeren çalışma bütünü olduğunu göstermektedir.



Şekil 2.2. YDD'nin aşamaları (ISO, 2006a; ISO, 2006b)

Amaç ve kapsam tanımı (AKT)

YDD çalışmasının ilk aşamasında (AKT), çalışmanın genel hedefleri ve kapsamı belirtilmektedir (ISO, 2006a; ISO, 2006b).

YDD çalışmalarının ana hedefi, insan sağlığına ve çevreye (ekosistemler ve kaynaklar) en az etkisi olacak ürünü seçmektir. Bu ana hedef doğrultusunda; YDD çalışmasının niteliğine göre çalışmanın diğer hedeflerini belirlemek, araştırılacak soruları tanımlamak için kritik bir adımı oluşturmaktadır. Bu hedefler;

- Çevresel değerlendirmelerin desteklenmesi,
- Bir süreç için referans bilgilerin saptanması,
- Bir sistemde her bir birim işlem veya sürece ait katkıların ayrı ayrı belirlenmesi,
- Veri eksiklerini ortaya çıkarma,
- Kamu politika oluşturma süreçlerini destekleme,
- Ürün sertifikalandırılmasını destekleme,
- Karar vericilere bilgi sağlama ve yön gösterme,
- Ürün ve süreç geliştirmede yol gösterme, şeklinde örneklendirilebilir (demirer, 2011: 10-11).

Çalışmanın kapsamında ise; çalışılacak ürün sistemi, bu sistemle ilgili kabul edilen varsayımlar, işlevsel birim, sistem sınırı, dağıtım yöntemleri, veri kalite gerekleri ile ilgili tanımlamaların yanında; eleştirel gözden geçirme ve rapor hazırlama ile ilgili kararlar da belirtilmektedir (ISO, 2006a).

- Ürün sistemi: Birbirlerine ara ürün akışları ve atık işleme akışlarıyla bağlı olan birim işlemlerden oluşmaktadır. Birim işlemlerin, başka bir ürün sistemine ve çevreye de temel akışlarla bağlantıları olabilmektedir (Gültekin, 2006: 14). Bu nedenle; YDD’de çalışılacak ürün sisteminin, iyi tanımlanmış ve mümkün olduğunca fazla ayrıntı içeren detaylı bir açıklaması gerekmektedir. Özellikle, karşılaştırmalı bir çalışmada, temel ve alternatif olarak belirlenen tüm sistemler için aynı seviyede detaylandırmaların yapılması önemlidir. Bu durum sağlanamazsa, YDD çalışma sonuçlarının doğruluğu da riske girmektedir (Demirer, 2011: 15).
- Varsayımlar: YDD çalışmasını gerçekleştirmek için, ürün sistemi ile ilgili; hizmet ömrü, bakım ve onarım yöntemleri ile aralıkları, yeniden işlevlendirme ve yenileme çalışmaları, atık işleme (yıkım / yeniden kullanım / geri dönüşüm), destekleyici sistemlerin (örneğin; enerji sağlama, taşıma) teknolojik gelişimi gibi bazı varsayım bilgilerinin belirtilmesi gerekmektedir (Zhang vd., 2006; Gültekin, 2006: 13).
- İşlevsel birim: YDD çalışmasındaki ürün sisteminin niceliksel performansını (kullanım amacını ve yararını) belirlemektedir. Ürün sisteminin işlevini yerine getirmesi için gerekli olan miktar; metre (m), metrekare (m^2), metreküp (m^3), kilogram (kg), ton (t), kullanıcı sayısı gibi ölçülebilir birimlerle tanımlanmalıdır (Gültekin, 2006: 13). Karşılaştırmalı YDD çalışma sonuçlarının yorumunda, karşılaştırılan ürün sistemlerinin işlevsel özelliklerinin (işlevsel birimin) eşdeğerliliği önemlidir (ISO, 2006a).
- Sistem sınırı: Bir ürün sisteminin tüm ömrü, bir veya birkaç evresi, yaşam döngüsünde sahip olduğu herhangi bir veya birkaç birim işlem, sistem sınırı olarak kabul edilmektedir (ISO, 2006a). YDD çalışmasının sonuçlarını etkileyebilecek her bir birim işlemin dahil edilmesi oldukça önemliyken, çalışmanın amaç ve kapsamı için gerekli görülmeyen diğer birim işlemler çalışma kapsamına dahil edilmeyebilir. Aynı şekilde, herhangi bir birim işlemin karşılaştırılan tüm alternatifler için aynı olması durumunda da, bu birim işlem çalışma kapsamına alınmayabilir (Demirer, 2011: 13-14). Bu doğrultuda; YDD çalışmasının amacı ve kapsamı esas alınarak, yaşam döngüsü evrelerinden ve birim işlemlerden hangisinin / hangilerinin dahil edilip edilmeyeceği açık bir şekilde belirtilmelidir. Çünkü; yaşam döngüsüne dahil edilen herhangi bir işlem, bu işlem ile ilgili verilerin veri çözümlemesine dahil edilmesini gerektirmektedir (Khasreen vd., 2009). Herhangi bir veri bulunamayan bazı birim işlemler ise, çalışmanın bilimsel temeli tehlikeye atılmadan, çoğunlukla çalışma kapsamı dışında tutulabilmektedir (Demirer, 2011: 14).

- Dağıtım yöntemleri: Ürün siteminin girdi ve çıktı akışlarının, sistem sınırlarındaki her bir birim işlem için ayrıştırılması gerekmektedir (ISO, 2006a). Bu işlemin gerçekleştirilmesi, bir dağıtım yöntemi oluşturulmasını gerekli kılmaktadır. Standartlaştırılmış bir dağıtım yöntemi olmamakla birlikte, çalışmanın amaç ve kapsamına göre yeni yöntemler geliştirilebilir (Gültekin, 2006: 15). Buradaki girdiler, “malzeme (ham madde / kaynaklar) girdileri”, “enerji girdileri”, “su girdileri”, “diğer girdiler”; çıktılar ise, “hava / su ve toprağa salımlar”, “katı / su esaslı atıklar”, “beraberinde oluşan ürünler (yan ürünler)”, “diğer çıktılar” başlıkları altında sınıflandırılabilir (Çelebi ve Aydın, 2001).
- Veri kalite gerekleri: Sistem sınırı içerisindeki her bir birim işlemde yer alan girdi ve çıktılar için veri gereksinimi bulunmaktadır. YDD çalışma sonucunun güvenilir olması ve doğru yorumlanabilmesi için; bu verilerin kalite gereklerinin tanımlanması ve bu tanımlamaya göre kıyaslama ölçütlerinin belirlenmesi gerekmektedir (Gültekin, 2006: 15; Khasreen vd., 2009). Zamanla ilgili ölçüt (zamansal kapsam), verilerin toplanmasında dikkate alınacak zaman aralığı (örneğin, son beş yıl içindeki veriler); coğrafyayla ilgili ölçüt (coğrafik kapsam), verilerin toplanacağı coğrafi ölçek (örneğin; yerel, bölgesel, ulusal, kıtalararası, küresel); teknolojiyle ilgili ölçüt (teknolojik kapsam) ise, kullanılacak teknolojinin yaşı (örneğin; geleneksel teknoloji, gelişmiş teknoloji) ile ilgili olabilir (ISO, 2002; Gültekin, 2006: 15).
- Eleştirel gözden geçirme: YDD çalışmasında kullanılan yöntem ve verilerin mevcut standartlara uygunluğunu doğrulamak ve standartlara uygun olarak değiştirmek için yapılmaktadır. Kamuoyuna açıklanacak olan karşılaştırmalı YDD çalışmaları için zorunludur (ISO, 2006a). Bu gerekliliğin, çalışmanın amaç ve kapsamında belirtilmesi gerekir. YDD çalışmasının yürütüldüğü kuruluştaki uzmanlar, kuruluş dışı uzmanlar veya kamu kuruluşları, gönüllü gruplar ve rakip kuruluşlar gibi ilgili taraflarca yapılabilir (Gültekin, 2006: 16).
- Rapor hazırlama: YDD çalışma sonuçlarının; değerlendirilen ürünlerin çevresel etkileri hakkında bilgi verilmesi ve karşılaştırma yaparak seçim yapılmasının sağlanabilmesi amaçlarıyla, kamuoyu ile paylaşılması gerekebilir. Bu durumda; çalışma sonuçları, şeffaf (açık, kapsamlı, anlaşılır) bir rapor şeklinde hazırlanmalıdır (ISO, 2006a). Ayrıca, sonuçların anlamlı ve kullanılabilir olmasını sağlamak için nasıl yorumlanması ve sunulması gerektiği gibi hususlar da netleştirilmelidir (Demirer, 2011: 10). Tüm bu gereklilikler, YDD çalışmasının amaç ve kapsamında belirtilmelidir.

Yaşam döngüsü veri çözümlemesi (YDVC)

Veri çözümlemesi, sistem sınırı tanımlandıktan sonra başlamaktadır. Amaç ve kapsam tanımı aşamasında belirtilen ürün sistemi ve sistem sınırındaki birim işlemlere ilişkin; gerekli veri toplama yöntemleri ve hesaplama yöntemlerinin oluşturulması ile sistem sınırlarının kesinleştirilmesini içermektedir (ISO, 2006a).

Bir yaşam döngüsü verisi üretmenin temel adımları sırasıyla şunlardır:

- Değerlendirilmekte olan ürün sistemine ilişkin akış şeması oluşturma: Akış şeması, ürün sisteminde yer alan her bir birim işlemdeki girdi ve çıktıları gösteren bir araçtır. YDD çalışmasının sistem sınırları doğrultusunda, ürün sistemindeki girdi ve çıktıların daha net anlaşılabilmesi için, birim işlemler de alt akışlara bölünmelidir. Böylelikle; kullanılan malzeme ve enerji kaynakları ile oluşan çevresel salımlar, her bir alt akış için ayrı ayrı tanımlanabilir (Demirer, 2011: 15-16). Geliştirilen şema ne kadar ayrıntılı olursa, sonuçlar da o kadar doğruya yakın olmaktadır (Khasreen vd., 2009). Bu, daha fazla veriye gereksinim duyulacağı ve buna bağlı olarak daha fazla zaman kullanımı gerekeceği anlamına gelmektedir.
- Veri toplama yöntemi geliştirme: YDD çalışmalarında, yeterli kalite ve miktarda veri toplanması, kapsamlı bir çalışma olup uzun zaman ve yoğun kaynak kullanımını gerektirmektedir (ISO, 2002). Bu nedenle, verilere daha sistematik ve hızlı bir şekilde ulaşabilmek için bir veri toplama yönteminin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu da öncelik olarak, YDD çalışmasının amaç ve kapsam tanımı aşamasında belirtilen veri kalite gerekleri (örneğin; veri kalitesi hedeflerinin tanımlanması, veri kaynakları ve türlerinin belirlenmesi, veri kalite göstergelerinin belirlenmesi) doğrultusunda yapılmaktadır.
- Verileri toplama: Veri kaynakları; doğrudan ölçümler, laboratuvar ölçümleri, resmi ve endüstriyel belgeler, ticaret raporları, ulusal YD veri tabanları, akademik kaynaklar ve mühendislik kararlarından biri veya daha fazlası olabilmektedir (Demirer, 2011: 17). Toplanan veriler birim işlemlerle ilişkilendirilerek birim işlem başına veriler; işlevsel birimle ilişkilendirilerek işlevsel birim başına veriler onaylanabilir. Sistem sınırlarının kesinleştirilmesi için; onaylanan verilerin, çalışmanın amaç ve kapsamına uygun olarak derlenmesi ve niceliksel olarak hesaplanması gerekmektedir (ISO, 2002). Öte yandan; veri eksikliği, veri toplama yöntemlerinde veya çalışmanın amaç ve kapsamında değişiklik yapılmasını gerektirebilir (Gültekin, 2006: 17). Özel bir uygulama için genel

veri ve bilgilerin kullanılması ise, yanlış bir seçim yapılmasına neden olabilmektedir (Khasreen vd., 2009).

- Sonuçları değerlendirme ve raporlama: Toplanan veriler; değerlendirmek üzere, farklı olan işlevsel birimler ile ilişkilendirilmektedir. Örneğin; betonun işlevsel birimi bir ton malzeme olabilirken, yapının işlevsel birimi metrekare taban alanı olabilir. Bu nedenle; yapıda kullanılan beton miktarını kullanılan beton birimiyle ilişkilendirmek için, kullanılan beton toplamı yapının alanına bölünmektedir (Khasreen vd., 2009). Verileri bu şekilde değerlendirdikten sonra ise; sonuçlar, girdileri ve çıktıları içeren bir liste şeklinde raporlanmaktadır (Demirer, 2011: 14).

Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi (YDED)

YDED aşamasındaki esas amaç, bir ürünün yaşam döngüsü boyunca gerçekleşen çevresel etkilerin büyüklüğünü ve önemini daha iyi anlamaktır. Bu doğrultuda; ürün sistemi, YDVÇ sonuçlarıyla bağlantılı etki sınıfları kullanılarak çevresel bir bakış açısıyla değerlendirilmektedir (ISO, 2006a).

YDED aşaması; etki sınıflarının seçimi, çevresel etkilerin etki sınıfları ile ilişkilendirilmesi/sınıflandırılması, sınıf göstergelerinin saptanması ve sınıf uç noktalarına dönüştürülmesi, tanımlama modelinin oluşturulması, normalleştirme, gruplandırma, ağırlıklandırma, sonuçları değerlendirme ve raporlama adımlarından oluşmaktadır. Normalleştirme, gruplandırma, ağırlıklandırma adımları; YDED'nin zorunlu olmayan elemanlarıdır (ISO, 2006a).

- Etki sınıflarının seçimi: YDVÇ'de toplanan verilerin değerlendirilebilmesi için öncelikle etki sınıflarının (örneğin, küresel ısınma) belirlenmesi gerekmektedir. Bu noktada, YDD çalışma amacına uygun nitelikte etki sınıflarının seçilmesi önemlidir. Çevresel etkilere ilişkin küresel ölçekte kabul görmüş sınıflar henüz oluşturulamamıştır. Dolayısıyla, etki sınıfları, YDD çalışmalarında farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır (Gültekin, 2006: 19).
- Çevresel etkilerin etki sınıfları ile ilişkilendirilmesi / sınıflandırılması: YDVÇ'den alınan verilerin, ileri / geri besleme kapsamında yeniden düzenlenerek etki sınıflarına atanmasıdır (ISO, 2006a). Etki sınıflarına atanan toplam etkileri hesaplamak için; hangi birim işlemin, hangi etkilere ve ne kadar katkıda bulunduğu belirtilmesi önemlidir

- (Ringvold, 2017: 7). Tüm karbondioksit (CO₂) salımlarının, küresel ısınmaya katkılarını gösterecek şekilde sınıflandırılması; buna örnek olarak gösterilebilir (Demirer, 2011: 25).
- Sınıf göstergelerinin saptanması ve sınıf uç noktalarına dönüştürülmesi: ISO (2006a)'a göre; çevresel etki sınıfları, sınıf göstergelerine ve her bir sınıf göstergesi de sınıf uç noktalarına dönüştürülebilmektedir. Burada bahsedilen sınıf göstergeleri, etki sınıflarının sonuçlarını; sınıf uç noktaları ise, korunmaya alınması gereken alanları ifade etmektedir. Bu dönüştürme işleminin gerçekleştirilmesi için ise, tanımlama modelinin oluşturulması gerekmektedir.
 - Tanımlama modelinin oluşturulması: Tüm etki sınıfları için sınıflandırma tamamlandıktan sonra; tanımlama, yani etki sınıfları sonuçlarının ortak birimlere dönüştürülerek sunulması gerçekleştirilmektedir (Ringvold, 2017: 7). Karbondioksit (CO₂) ve metan (CH₄)'ın küresel ısınmaya potansiyel etkilerinin modellenmesi; buna örnek olarak gösterilebilir (Demirer, 2011: 25). Bu dönüştürmede, mevcut hesaplama yöntemleri kullanılabileceği gibi; yeni hesaplama yöntemleri oluşturulabilir veya YDED'nin zorunlu olmayan normalleştirme, gruplandırma ve ağırlıklandırma adımları kullanılabilir (Gültekin, 2006: 20). Dünya çapında kabul görmüş bir tanımlama modeli henüz geliştirilememiştir. Bu nedenle, YDED için oluşturulmuş hesaplama yöntemleri, birbirinden farklı etki sınıfları da içerebilir.
 - Normalleştirme: Sınıf gösterge sonuçlarının büyüklüklerinin hesaplanmasında kullanılmaktadır (Gültekin, 2006: 21). Böylelikle; elde edilen verilerin, farklı etki sınıfları arasında karşılaştırılabilmesi sağlanmaktadır (Demirer, 2011: 24). CO₂ ve CH₄'ın küresel ısınmaya potansiyel etkilerinin modellenmesi, buna örnek olarak gösterilebilir (Demirer, 2011: 25).
 - Gruplandırma: Etki sınıfları; elde edilen sonuçları belirli ilgi alanları için daha iyi yorumlayabilmek üzere, bir veya daha çok başlıkta gruplandırılabilir. Bu gruplama, etki sınıflarının niteliklerine göre sınıflandırılmasında veya derecelendirilmesinde kullanılmaktadır (Gültekin, 2006: 21). Coğrafi konum olarak; yerel, bölgesel ve küresel göstergeleri içerebilmektedir. Öncelik sistemi olarak ise, sınıflandırmayı yapan kişi / kurumun tercihlerini yansıtacak şekilde; düşük, orta, yüksek olarak sıralanabilmektedir (Demirer, 2011: 25).
 - Ağırlıklandırma: Etkilerin göreceli önemlerini hesaba katmak için uygulanmaktadır (Khasreen vd., 2009). Değer ölçütlerine dayanan sayısal katsayılar kullanılarak etki sınıflarının sonuçlarının tek boyutlu bir değere dönüştürülmesi için kullanılmaktadır

(Gültekin, 2006: 21). En önemli potansiyel etkileri vurgulayan tek bir veri noktası ile sonuçlanmaktadır (Demirer, 2011: 20).

- Sonuçları değerlendirme ve raporlama: Çalışmanın sonunda tüm sonuçlar değerlendirilerek rapor edilmektedir. Verilerin doğruluğu ve hassasiyeti, YDD çalışmasının AKT aşaması ile uyumlu olmalıdır. YDEA sonuçları belgelenirken değerlendirmede kullanılan hesaplama yöntemi detaylı olarak tanımlanmalıdır. Bu yöntem, ayrıca; çalışılan ürün sistemi ve seçilen sistem sınırlarıyla birlikte tarif edilmeli, kullanılan tüm varsayımlar belirtilmelidir (Demirer, 2011: 26).

Yaşam döngüsü yorumu (YDY)

YDY; AKT'ye göre, YDVÇ ve / veya YDED'nin sonuçlarının incelendiği ve tartışıldığı son aşamadır (ISO, 2006a). YDY'nin amacı, çalışmadaki kısıtları açıklamak, YDVÇ ve YDED bulgularına dayalı sonuçları çözümlemek, ulaşılan sonuçlar ve önerileri şeffaf bir rapor haline getirerek çalışmanın anlaşılabilirliğini sağlamaktır (Gültekin, 2006: 22).

YDY aşaması; önemli konuların tanıtımı, değerlendirme, eleştirel gözden geçirme, rapor hazırlama adımlarından oluşmaktadır (ISO, 2006a):

- Önemli konuların tanıtımı: Bilginin tanımlanması, bilginin yapılandırılması ve önemli konuların belirlenmesini gerektirir. Bir YDD çalışmasında dikkate alınan işlevsel birim ve birim işlemler gibi bilgiler tanımlanmalı ve YDD aşamalarına uygun olarak yapılandırılmalıdır. Yapılandırma kapsamında, YDVÇ'deki girdi (örneğin; malzeme, enerji, su) ve çıktılar (örneğin; hava / su ve toprağa salımlar) ile YDED sonuçları değer ölçütü; veri listesi, model, çizelge ve çubuk diyagramlar ile sunulabilir (Gültekin, 2006: 22). Karar verme aşaması için önemli konuların vurgulanması, özellikle alternatiflerin değerlendirilmesi aşaması için oldukça faydalı olacaktır (Demirer, 2011: 27).
- Değerlendirme: ISO (2006a)'a göre belirlenen önemli konuların değerlendirilmesi için; bütünlük, hassasiyet ve uygunluk kontrolleri yapılmaktadır. “Bütünlük kontrolü” ile, YDD aşamalarından elde edilen bilgilerin AKT'ye uygun olarak sonuçlara ulaşmak için yeterliliği doğrulanabilmektedir. “Hassasiyet kontrolü” ile, duyarlılık analizinden elde edilen bilgilerin sonuca varmak ve önerilerde bulunmak için uygunluğu belirlenmektedir. “Uygunluk kontrolü” ile de; çalışmadaki varsayımların, yöntemlerin ve verilerin çalışma boyunca tutarlı bir şekilde uygulandığını ve sonuçlara ulaşılmadan önce gerçekleştirilen

AKT'ye uygunluğu değerlendirilmektedir. Sonuçları incelemenin bir diğer yolu, hem doğrudan hem de dolaylı olarak neden olunan tüm etkilerin ilgili ön plan süreçlerine nasıl dağıldığına bakmaktır. Böylece; beklenmedik bulgular varsa, hatalı varsayımlardan ve / veya modelleme sürecinde herhangi bir hatadan kaynaklanıp kaynaklanmadığı kontrol edilebilmektedir (Ringvold, 2017: 8). Puanlandırmanın yapıldığı durumlarda, çoğunlukla en düşük puanı alan alternatif tercih edilmektedir. Ancak kimi durumlarda, puanın daha da düşürülüp düşürülemeyeceği hakkında yeni bir çalışmanın yapılması da önerilebilir (Demirer, 2011: 28).

- Eleştirel gözden geçirme: Çalışma, AKT'ye göre eleştirel bir yaklaşımla gözden geçirilebilir (Gültekin, 2006: 22).
- Rapor hazırlama: Yetkili kişi, kuruluş, ilgili taraf veya kamuya sunmak üzere YDY sonuçlarını içeren şeffaf bir rapor hazırlanabilir (Gültekin, 2006: 22). Bu rapor, çalışmanın tümünü yansıtmalı; karar vericilerin, konuyla ilgilenen tüm paydaşların ve okuyucuların kullanacağı rehber kitap niteliğinde olmalıdır (Demirer, 2011: 28).

2.1.3. Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) yöntemindeki uygulama yaklaşımları

YDD'nin gerçekleştirilme amacına bağlı olarak, YDD'nin yürütülmesine ve veri problemlerini çözmeye yönelik farklı yaklaşımlar bulunmaktadır. YDVC aşamasında kullanılan bu yaklaşımlar; süreç analizi, girdi-çıktı analizi ve hibrit analizidir. Bu doğrultuda, her bir yaklaşım için dikkate alınması gereken bir dizi seçenek söz konusudur. Bunlar dışında, amaca yönelik özelleştirilmiş farklı belirsizlik analizi (örneğin; duyarlılık analizi, Monte Carlo simülasyonu, yapısal yol analizi) yaklaşımları da kullanılmaktadır.

Süreç analizi (Süreç tabanlı YDD uygulama yaklaşımı)

Süreç tabanlı bir YDD'de, ürün üretiminde gereken her bir adım için; girdiler ve çıktılar, maddeler halinde listelenmektedir (Bayer vd., 2010: 47). Ürünün hangi evresini analiz edeceğimize yönelik kararın verilmesi ise, yapılacak olan çalışmanın amacına göre sistem sınırının belirlenmesi ile gerçekleşmektedir:

- Beşikten beşiğe yaklaşım: Beşik; ürün üretiminde kullanılan ham maddenin çıkarılması ile ürün üretiminde gerekli olan girdilerin sistem içerisine alındığı yer ve zamanı ifade etmektedir (Curran, 2006: 1). “Kapalı malzeme ve enerji döngüsü” olarak da tarif edilen

“beşikten beşiğe yaklaşımı” (Günaydın, 2011: 36) ise, bir metot olarak; insanlara ve çevreye zarar vermeden, kullanım ömrü sonunda kullanılabilecek ürünleri tekrar değerlendirmek (örneğin; yeniden kullanım, geri dönüşüm) için McDonough ve Braungart (2002) tarafından geliştirilmiştir. Böylece, ürün kullanımı ve sürdürülebilirlik durumu ikinci bir yaşam döngüsüne genişletilmekte ve ürünün ilk kullanımdaki çevresel etkisi de azaltılmaktadır.

- Beşikten mezara yaklaşım: Mezar; kullanılan kaynakların doğaya geri döndüğü yer ve zamanı, ifade etmektedir (Curran, 2006: 1). “Açık döngü” olarak da bilinen “beşikten mezara yaklaşımı” (Günaydın, 2011: 36) ise; tam bir yaşam döngüsü değerlendirmeyi tanımlamaktadır (Bayer vd., 2010: 47). Ürünün üretimi için gerekli olan ham maddenin doğadan elde edilmesi (ham madde çıkarılması ve işlenmesi) ile başlayıp, faydalı hizmet ömrünü (kullanım ve işletim evresini) tamamlamasından sonra doğaya geri dönmesi (bertarafı) ile biten süreci kapsamaktadır (Curran, 2006: 1).
- Beşikten kapıya (beşikten sahaya) yaklaşım: Kapı (saha); üretilen ürünün kullanılmak üzere, kullanım alanına götürüldüğü yer ve zamanı, ifade etmektedir (Curran, 2006: 1). “Beşikten kapıya (beşikten sahaya) yaklaşımı” ise; ürün üretimi için gerekli olan ham maddenin doğadan elde edilmesi (ham madde çıkarılması ve işlenmesi) ile başlayıp, oluşan nihai ürünün kullanım alanına (örneğin; inşaat alanına) taşınmasına kadar olan süreçleri kapsamaktadır.
- Kapıdan kapıya (sahadan sahaya) yaklaşım: Bir ürünün tek bir evresine ait yaşam döngüsünün ele alınmasını içermektedir (Demirer, 2011: 9).

Girdi-çıktı analizi (Girdi-çıktı tabanlı YDD uygulama yaklaşımı)

Girdi-çıktı tabanlı YDD yöntemi, belirli bir birim işlem için gerekli olan malzeme ve enerji kaynakları (girdiler) ile bunlardan kaynaklanan çevresel yükleri (çıktılar) tahmin etmektedir. Tek bir süreci ayrıntılı olarak incelemeye odaklanan süreç tabanlı YDD yöntemlerinden farklı olarak; tüm endüstri sektörlerinin tüm faaliyetlerini dikkate almaktadır. Bu tür bir yaklaşım; bir sürecin veya ürünün etkisine ilişkin daha bütünsel bir bakış açısı sunsa da, belirli bir ürünle ilgili sektörün bir alt kümesini uygun şekilde temsil edebilen veya edemeyen sektör düzeyindeki ortalamalara dayanmaktadır (Bayer vd., 2010: 47).

Hibrit analizi (Hibrit YDD uygulama yaklaşımı)

Hibrit analizi yaklaşımı, süreç analizi ve girdi-çıkı analizi yaklaşımlarının bir kombinasyonudur; daha kaliteli veri çözümlemesi sağlamaktadır. Diğer yöntemlerin sınırlamalarını (süreç analizinin eksikliğini ve girdi-çıkı analizinin düşük doğruluk seviyesini) en aza indirmek için, her birinin farklı şekilde çalıştığı farklı hibrit analizi çeşitleri bulunmaktadır (Khasreen vd., 2009):

- Süreç tabanlı hibrit analizi yaklaşımı: Girdi-çıkı analizinin ana dezavantajının (sektörlerin ekonomik değerlerinin toplanması ve orantılılığı), fiziksel birimler açısından ana süreçlere girdilerin tanımlanması ve ekonomik değerlerin yerine kullanılması ile telafi edilebileceği varsayımında geliştirilmiştir. Yöntem; çalışmaların eksiksizliğinin sağlanmasına yönelik, tahminlerden yoksun olduğu için eleştirilmektedir (Menzies vd., 2007).
- Girdi-çıkı tabanlı hibrit analizi yaklaşımı: Girdi-çıkı analiz verilerini başlangıç noktası olarak kullanmaktadır. Girdi-çıkı matrislerindeki ögeler veya veri grupları, tek tek süreç analiz verileri ile değiştirilmektedir. Ancak; süreç verilerinin değiştirilmesi, girdi-çıkı modellenmesinin doğal homojenliği ve orantılılık varsayım problemlerini zorlayan istenmeyen etkilere neden olabilmektedir (Menzies vd., 2007).
- Katmanlı hibrit yöntemi yaklaşımı: Hem süreç hem de girdi-çıkı analizinin gücünü kullanmaktadır. Süreç analizi, kullanım ve kullanım ömrü sonu evrelerinin yanı sıra birçok önemli yukarı akış süreci için kullanılmaktadır; geri kalan girdi verileri ise, girdi-çıkı tabanlı bir yaşam döngüsü veri çözümlemesinden alınmaktadır. Çift sayım riskinin yanı sıra, iki yaklaşım arasındaki etkileşimin sistematik bir şekilde değerlendirilmesi de zor olabilmektedir (Menzies vd., 2007).
- Entegre hibrit analizi: Suh ve Huppel (2005) tarafından geliştirilen bu yöntemde, süreç analizi ve girdi-çıkı analizi bağımsız olarak geliştirilmekte; daha sonra, bir hesaplama yapısı ve tutarlı bir matematiksel çerçeve oluşturmak için tek bir sistemde sistematik olarak birleştirilmektedir. Böylelikle, süreçler ve girdi-çıkıtlar daha net okunarak kesiştirilebilmektedir.

YDD’de, tüm bu yaklaşımlar dışında, “istatistiksel araçlar” olarak adlandırılan farklı belirsizlik analizi yaklaşımları da vardır (Ringvold, 2017: 8):

- Duyarlılık analizi: Toplam yaşam döngüsü etki sonuçlarının sağlamlığını artırmayı ve sonuçlar üzerindeki çalışma varsayımlarının önemini araştırmayı amaçlamaktadır (Satola vd., 2020). Bir ürünün, ikinci ömründeki yaşam döngüsünde, ilişkili ilk ömründen kaynaklanan etkilerinin ağırlığını değerlendirmek için, çoklu yaşam döngüsü durumları ile ürün arasındaki çevresel yüklerin tahsisi ve dağıtımı için YDD yöntemi ile gerçekleştirilen analiz çalışması; buna örnek olarak gösterilebilir. Bu durumda, üç önemli faktör göz önünde bulundurulmaktadır: ham madde çıkarılması ve üretimi ile ilişkili çevresel yükler, (varsa) ürün geri dönüşümü üzerindeki etkiler, ömrünün sonundaki nihai bertaraf etkisi (Dara vd., 2019). Diğer bir örnek ise; iklim değişikliğinin, bir yapının yaşam döngüsündeki olası etkilerinin analizidir. Yapının ömrü boyunca iklim değişikliğinin olası etkileri, bina yaşam döngüsü değerlendirmesinde önemli bir belirsizlik faktörü olarak kabul edilebilir (Satola vd., 2020). Duyarlılık analizi örnekleri; kullanım ömrü sonu ile ilgili faydaların etkisi, sistem sınırı dışında kalan yüklerin etkisi, şeklinde arttırılabilir.
- Monte Carlo simülasyonu: Gerçeği temsil eden farklı simülasyon modelleri üzerinde yapılan ve bu işlemlerden doğacak sonuçları izleyen bir yaklaşım olarak, Metropolis ve Ulam (1949) tarafından geliştirilmiştir. Modeller, denemelere dayanmaktadır ve optimum sonuçlar ortaya çıkarmamaktadır. Yani, olasılık teorisi üzerine kurulmuştur; tesadüfi sayıları defalarca kullanarak simüle edip çözmek esastır.
- Yapısal yol analizi: Tüketici göstergelerine dayanan, analiz göstergelerini sınırsız sayıda üretim zinciri toplamına ayıran, farklı üretim zincirlerinin katkı oranını analiz etmek için kullanılabilen bir yaklaşımdır (Xie vd., 2020).

2.1.4. Yapı sektörü için yaşam döngüsü değerlendirme çalışmaları

Endüstriyel ürünlerin çevresel etkilerinin yaşam döngüsü değerlendirilmesine yönelik ortaya çıkan YDD yöntemi, zamanla yapı sektörü tarafından da benimsenmiştir. Ancak, 1990 yılından bu yana yapı endüstrisinde yaygın olarak kullanılmasına ve yapı ürünlerini değerlendirmek için önemli bir araç olmasına rağmen; diğer sektörlerdeki gelişime kıyasla daha az gelişmiştir. Bu durum belirli nedenlerden kaynaklanmaktadır (Khasreen vd., 2009):

- Yapı sektöründe birçok paydaş (örneğin; malzeme üreticisi, mimar, mühendis) vardır.
- Binaların genellikle uzun hizmet ömürleri (elli yıldan fazla) vardır ve tüm yaşam döngüsünü beşikten mezara kadar tahmin etmek zordur.

- Bina, hizmet ömrü boyunca; biçim ve işlevinde, birçok değişikliğe uğrayabilmektedir.
- Her binanın tasarımı farklıdır. Bina tasarımlarında bu çok az standartlaşmanın olması, her bir özel durum için yeni seçimlerin yapılmasını gerektirmektedir.

Yapı sektörü için YDD çalışmaları dört sistem düzeyinde incelenmektedir: yapı malzemeleri ve bileşenleri, yapı ürünleri, yapı, yapı endüstrisi. Bu düzeyler, aynı zamanda YDD çalışmasındaki ürün sistemini de tanımlamaktadır (Bayer vd., 2010: 59-61). Yapı malzemeleri ve bileşenleri ile yapı ürünleri düzeyinde yapılan çalışmalardan elde edilen bilgiler, malzeme ve ürün seçim süreçlerine rehberlik etmek için kullanılmaktadır. Hesaplamalar; kimyagerler, kimya mühendisleri ve ilgili uzmanlar tarafından yapılmaktadır. Yapı düzeyinde yapılan çalışmalar, düzenleyici gereklilikleri karşılamak (örneğin, belirli bir etki eşiğinin altında kalmak) veya önerilen projelerin çevresel ayak izini karakterize eden YDD'ler oluşturmak için kullanılmaktadır. Hesaplamalar; yapı süreçlerini bilen mimarlar tarafından yapılmaktadır. Yapı endüstrisi düzeyinde oluşturulan YDD'ler ise, politika yapımcılar ve planlamacılar için daha yararlı olmaktadır.

Yapı malzemeleri ve bileşenleri düzeyindeki çalışmalar

Yapı malzemeleri ve bileşenleri düzeyindeki çalışmalarda, süreç tabanlı YDD yaklaşımı kullanılmaktadır. Elde edilen veriler, çeşitli YD veri tabanlarına dahil edilmek üzere sunulmaktadır. Örneğin; uçucu külün, betondaki portland çimentosunun bir kısmının yerine kullanılmasının olumlu etkileri hesaplanmak istenirse, bu hesaplama YD veri tabanlarındaki verilere doğrudan erişilerek kolayca yapılabilir (Bayer vd., 2010: 60).

Yapı ürünleri düzeyindeki çalışmalar

Ürün düzeyinde YDD hesaplanırken; ürünün bir miktar alımı tamamlanmakta ve ürünlerin her bir bileşeninden kaynaklanan salımlar toplanmaktadır. Bu nedenle, bir ürünün YDD'sini tamamlamak için; malzemelerin kaynağı ve miktarları, bitmiş ürünün üretim süreçleri hakkında kapsamlı bilgi gerekmektedir. Örneğin; bir ısı pompasının ürün YDD'si, ürünü oluşturan malzemelerin (örneğin; çelik, bakır, alüminyum, plastikler, soğutucular) üretiminin yanı sıra galvanizleme işlemleri, boyama, metal imalatı ve kaynak gibi uygulamalar ile ilişkili salımları da içermektedir (Bayer vd., 2010: 60).

Farklı yapı ürün YDD'lerinin karşılaştırılabilirliği ve bu YDD'lerin çevreye duyarlı binalar tasarlamak ve inşa etmek için uygulanma biçimleri; YDD uygulamasındaki ana ilgi odağıdır (Khasreen vd., 2009). Ancak, göreceli önemlerine bakmadan, tek başına her malzemenin veya yapı bileşeninin somutlaştırılmış enerjisine ayrıntılı bir odaklanma yetersiz olmaktadır. Bu nedenle, yapı ürününün kendisinden ziyade işlevsel özellikleri dikkate alınmalıdır. Ayrıca, yapıyı oluşturan yapı elemanları (örneğin, duvar katmanları) da yapı montajları olarak aynı işlevsel özellik temelinde değerlendirilebilir.

Yapı düzeyindeki çalışmalar

Tüm bir yapının YDD'si; çalışılacak ürün sisteminin, bina olduğu bir YDD olarak düşünülebilir. “Tüm bina süreci” şeklinde de adlandırılan bu düzeyde; yapının nasıl inşa edildiği, yapı ürünlerinin şantiye sahasına (inşaat alanına) nasıl taşındığı ve yapının zaman içinde nasıl işletileceği gibi bilgiler önemlidir (Bayer vd., 2010: 61). Ayrıca; sivil yapıların çevresel etkileri, enerji tüketiminin egemen olduğu endüstri yapılarından farklı olduğu için, incelenen yapının işlevini de dikkate almak gerekmektedir (Khasreen vd., 2009).

Yapı düzeyi açısından ele alınan YDD çalışmaları çok kapsamlıdır ve içinde birçok birim işlem barındırmaktadır. Bu nedenle, yapılarda uygulanan YDD yöntemleri genellikle, öncelik olarak “süreç analizi” yaklaşımına dayanmaktadır (Bayer vd., 2010: 47). Bu yaklaşıma göre, öncelikle; yapının yaşam döngüsü belirli evrelere ayrılmaktadır.

ISO (2019); “ISO 15392: 2019 - Binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik - Genel ilkeler (ISO 15392: 2019 - Sustainability in buildings and civil engineering works - General principles)” standardında, bir yapının yaşam döngüsü evrelerinin dört aşamada incelenmesini önermektedir:

- Ürün evresi (ham madde çıkarılması, ürün imalatını yapmak üzere üretim tesisine taşınması, tesisteki üretimi, üretim süreçlerinden kaynaklanan atıkların bertarafı)
- Yapım evresi (ürünlerin şantiyeye taşınması, yapı inşaatının yapılması)
- Kullanım ve işletim evresi (operasyonel enerji kullanımı, su kullanımı, bakım / onarım / yenileme / değiştirme)
- Kullanım ömrü sonu evresi (yapı bozma / yıkma / sökme, sökülen yapı ürünlerini ayrıştırma, yeniden kullanım, geri dönüşüm, nihai bertaraf)

Yapının yaşam döngüsündeki tüm bu evrelerde yer alan her bir süreç, farklı girdi ve çıktılar barındırdığı için farklı ölçeklerde çevresel etkiler oluşturmaktadır. Bu doğrultuda; bir yapının tam YDD'si yararlı ve doğru bilgiler sağlamaktadır, ancak her süreç kendi içerisinde birçok alt süreç ve birbiri üzerinde etkisi olduğu birim işlemleri barındırdığı için zaman alıcı olabilmektedir. Bu nedenle, çoğu zaman, ISO (2006a; 2006b) standartlarında tanımlanan yöntemi esas alarak geliştirilen YDD yazılım araçları (YDD'ye ilişkin bilgisayar programları) kullanılmaktadır (Çizelge 2.1).

Yapı endüstrisi düzeyindeki çalışmalar

Yapı endüstrisi düzeyindeki çalışmalarda; her bir binanın tek tek süreç tabanlı bir YDD'sini tamamlamak yerine, bir bütün olarak endüstriyel girdi-çıktı verileri incelenmektedir. Bu doğrultuda; girdi-çıktı tabanlı YDD yaklaşımı kullanılarak, yapı endüstrisinin tamamındaki genel etki izlenebilmektedir. Örneğin; bir projedeki betonda uçucu kül kullanımının çevresel etkilerini belirlemekten ziyade, bir bütün olarak yapı endüstrisinin tamamında betonda uçucu kül kullanımının etkilerini bulmak için daha uygundur (Bayer vd., 2010: 47-48, 61).

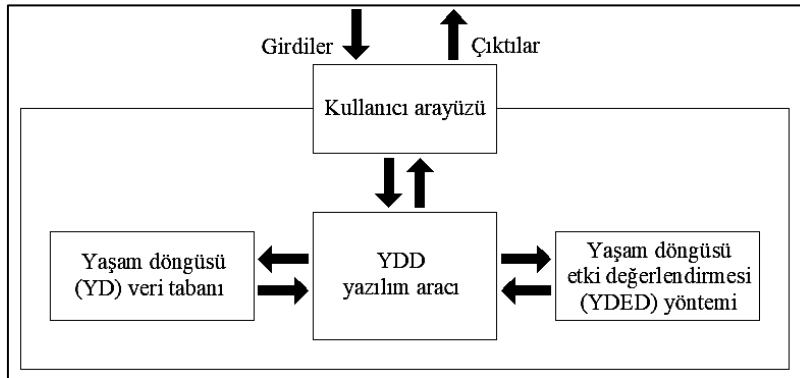
2.1.5. Yapı sektörü için yaşam döngüsü değerlendirme yönteminin uygulanması

ISO standartlarına uyumlu bir YDD çalışmasında; ürünün yaşam döngüsünü modellemek için, çok sayıda veri ve varsayımın işlenmesi gerekmektedir. YDD çalışmasını karmaşık ve zaman alıcı hale getirebilen bu durumu çözmek için, “YD veri tabanları” geliştirilmektedir. Öte yandan; YDD uygulama yönteminin henüz kesinleştirilmiş olmaması sebebiyle, birbirinden farklı “YDED yöntemleri” de geliştirilmektedir. YDD çalışması için; bu yöntemler arasından en uygun olanı seçilebileceği gibi, yeni bir yöntem de modellenebilmektedir. YD veri tabanı ve (mevcut veya yeni modellenen) YDED yöntemi arasındaki ilişkiyi sağlamak için ise, “YDD yazılım araçları” geliştirilmektedir (Sevim Koşan ve Beyhan, 2024). “YDD yazılım araçları”; “YD veri tabanları” ve “YDED yöntemleri” sayesinde, YDD çalışması için harcanan çaba ve süre azaltılarak çok yönlü bir analiz gerçekleştirilebilmektedir.

İlk YDD çalışmalarında, YDED hesaplamalarını yapmak için genel amaçlı yazılımlar (örneğin; Microsoft Excel, Matlab, Mathematica) kullanılmıştır. İlerleyen dönemlerde, YDD çalışmalarına özel olarak tasarlanmış yazılımlar geliştirilmeye başlanmış; günümüzde

ise, bu çalışmalar hızla devam etmektedir. YDD çalışmalarına yönelik geliştirilen yazılımlar, ürün bilgilerinin veri tabanlarına erişim sağlayarak ilk modellemeyi basitleştirmektedir. Yazılıma dahil edilen ürün bilgilerinin, değerlendirme yöntemlerine girdi olarak doğrudan aktarılabilmesi; normalde bir elektronik tablo veya matematik programında bir değerlendirme yönteminin girilmesi ve doğrulanmasıyla ilişkili çabayı ortadan kaldırmaktadır (Speck, 2014: 34).

Kullanıcının, beklenen sonuçlar hakkında bir fikir edinmesi için, YDD yazılım aracının temel çalışma yapısını anlaması çok önemlidir (Şekil 2.3). Temel olarak, öncelikle; YDD çalışması yapmak üzere seçilen ürün, bir miktarlar listesine dönüştürülerek girdiler oluşturulmaktadır. Oluşturulan girdiler, YDD yazılım aracındaki YD veri tabanı ve YDED yöntemleri ile ilişkilendirilmekte; YDED sonucunda elde edilen çıktılar ise kullanıcı arayüzüne sunulmaktadır (Bayer vd., 2010: 74; Sevim Koşan ve Beyhan, 2024).



Şekil 2.3. YDD’de kullanılan bir yazılım aracının temel çalışma yapısı (Sevim Koşan ve Beyhan, 2024)

Her biri farklı özelliklere sahip olan YDD yazılım araçlarından hangisinin kullanılacağına yönelik karar desteği sağlamak adına, seçim yapılırken dikkat edilmesi gereken bazı kriterler (örneğin; uygulama düzeyi, kullanıcı arayüzü algısı, yazılım kökeni, odak konusu, gerçekleştirdiği YDD türü, güncel sürüm olma durumu, lisans durumu, erişim durumu, YDD yaklaşımı ve dahil olabilen yaşam döngüsü evreleri, kapsamı, veri dosya formatı, desteklediği YD veri tabanları ve farklı YD veri tabanı / yeni veri tanımlama özelliği, içerdiği YDED yöntemleri ve yeni YDED yöntemi tanımlama / mevcut YDED yöntemi değiştirme özelliği, YDD sonuçlarının sunum formatı, YDD sonuçlarının belirsizlik analizi ile desteklenmesi durumu, kullanıcılar için sağlanan eğitim destekleri) bulunmaktadır (Sevim

Koşan ve Beyhan, 2024). Bu doğrultuda, YDD yazılım araçları, yapı sektöründeki uygulama düzeyine (kullanım amacına) göre üç düzeyde ele alınabilir (Çizelge 2.1):

- Düzey 1 (ürün oluşturma araçları): Temel malzeme ve bileşen verilerine dayanan bu yazılım araçları, daha çok rakip yapı ürünlerinin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Temel bileşimleri ve bir bina bağlamındaki işlevi açısından yeterince benzer olan ürünleri karşılaştırmak için kullanılmaktadır (Bayer vd., 2010: 75). Bu düzeydeki YDD yazılım araçlarını kullanarak yapı elemanı ve binalara yönelik YDD'ler gerçekleştirmek mümkündür. Ancak, yapı elemanları veya bina bileşenleri için ön yapılar olmadığı için her şeyin küçük parçalar halinde tasarlanması gerekmektedir. Bu durum, büyük bir çabayı gerektirmektedir (Bach vd., 2019).
- Düzey 2 (montaj / bina bileşen grubu oluşturma araçları): Yapı elemanı veya yapı elemanı malzeme seçimlerine yönelik karar destek araçlardır. Yapı elemanını oluşturan tüm ürünlerin birleşik etkisini dikkate alarak komple montajların etkisini değerlendirmede kullanılmaktadır. Yeni bir veri girişi için elverişli olmayan araçlardır; içerisine tanımlı YD veri tabanları ile değerlendirme gerçekleştirilmektedir (Günaydın, 2011: 38). Bunu, düzey 1'deki arka plan verilerini basitleştirerek daha anlaşılır bir kullanıcı arayüzü ile sağlamaktadır. Bu durum; düzey 2 için bir YDD yazılım aracı olmadığında, düzey 1 için oluşturulmuş YDD yazılım aracının kullanılabilirliğini göstermektedir. Yani, bazı YDD yazılım araçlarının (örneğin; SimaPro) birden fazla uygulama düzeyi özelliği olabilir (Bayer vd., 2010: 74).
- Düzey 3 (tüm bina oluşturma araçları): Yapılı çevrelerin yaşam döngüsü boyunca gerçekleştirdiği çevresel etkilerini ölçebilmek amacıyla geliştirilen değerlendirme, derecelendirme ve sertifikalandırma sistemleridir (Beyhan, 2023). Bütüncül bir değerlendirmeye yönelik karar destek araçlarıdır (Günaydın, 2011: 38). Yapıyı kapsayan tüm sistemlerin ve düzeneklerin bir araya getirilmesinin çevresel etkisini değerlendirmektedir (Bayer vd., 2010: 75). Böylelikle, binanın sertifikalandırılmasında yardımcı olmaktadır. Ayrıca, uygulama düzeyleri arasındaki en basitleştirilmiş araçlardır. Ara ürün gibi bilgilerin, YDD yazılım aracı sisteminin arka planında detaylandığı ve kullanıcının buna dair fazla müdahale gerçekleştiremediği araçlardır (Bayer vd., 2010: 74).

Çizelge 2.1. Uygulama düzeyine göre YDD yazılım aracı örnekleri

Uygulama Düzeyi	Yazılım Aracı	Ülke
Düzey 1	SimaPro	Hollanda
	Sphera (Eski adı: GaBi)	Almanya
	Umberto	
	OpenLCA	
	OneClick LCA	Finlandiya
	eConLCA	Türkiye
Düzey 2	Envest	İngiltere
	BEES	ABD
	Athena	Kanada
Düzey 3	BREAM	İngiltere
	DGNB	Almanya
	LEED	ABD
	Yes-TR	Türkiye
	B.E.S.T	

Çizelge 2.1’de yer alan YDD yazılım araçları, bu tez çalışmasında ayrıntılı olarak açıklanmamıştır. Ancak, düzey 1 için dünyada en geniş kullanım olanağı sunan YDD yazılım aracının, karmaşık bina modelleri için daha esnek olması ve çok sayıda ülkede kullanılmasından dolayı “SimaPro” olduğu söylenebilir (Pan ve Teng, 2011). “eConLCA” yazılım aracı ise, “SimaPro” yazılım aracı altyapısını kullanmaktadır ve Türkiye’deki kullanım için geliştirilme aşamasındadır. Bu sebeple YDD çalışmaları için henüz temin edilememektedir (Url-3; Sevim Koşan ve Beyhan, 2024). Öte yandan, düzey 2 için geliştirilen ve sadece ulusal kullanım olanağı sağlayan yazılım araçları içerisinde ise henüz Türkiye’deki kullanıma yönelik herhangi bir yazılım aracı bulunmamaktadır. Ancak, birden fazla uygulama düzeyi özelliği bulunan “SimaPro” yazılım aracının kullanılabilecek en uygun yazılım aracı olduğu çıkarımında bulunulabilir (Sevim Koşan ve Beyhan, 2024). Düzey 3 için geliştirilen ve hem ulusal hem de uluslararası kullanım olanağı sağlayan yazılım araçları ise YDD çalışmasının kapsamına göre tercih edilmektedir. Türkiye’deki kullanıma yönelik bu düzeyde oluşturulan yazılım araçlarından “Yes-TR” yazılım aracı, “B.E.S.T” yazılım aracına göre daha kapsamlıdır (Url-4; Sevim Koşan ve Beyhan, 2024).

YD veri tabanları ise, YDD yazılım araçları içerisinde önceden tanımlı veya sonradan tanımlanabilir şekilde yer alabilmektedir. YD veri tabanları ve içerisindeki veriler; enerji kaynakları, tedarik varsayımları, ürün özellikleri, üretim farklılıkları ve ekonomik faaliyetlerdeki komplikasyonlar gibi birçok faktöre göre, ülkeden ülkeye ve / veya bölgeden bölgeye değişkenlik göstermektedir (Menzies vd., 2007). Tek bir ülkeye veya bölgeye ait

verileri barındıran YD veri tabanları (örneğin, Athena) olduğu gibi; farklı ülkelere veya bölgelere ait verilerin tümünü içinde barındıran ve daha geniş veri olanağı sunan YD veri tabanları (örneğin, Ecoinvent) da bulunmaktadır (Sevim Koşan ve Beyhan, 2024). YDED’de önemli farklılıklar oluşturma durumundan kaynaklı ülkeler, kendi ulusal verilerini oluşturmaktadır. Türkiye’de buna dair geliştirilmekte olan iki YD veri tabanı bulunmaktadır (Url-5; Sevim Koşan ve Beyhan, 2024): Türkiye Yapı Malzemeleri Çevresel Performans Veri Tabanı (TurCoMDat-Turkish Construction Products EPD/LCA Database), Türkiye Yaşam Döngüsü Veri Tabanı (TLCID-Turkish Life Cycle Inventory Database). TurCoMDat, en yaygın kullanılan veri kaynakları arasında yer alan Çevresel Ürün Beyanları (EPDs-Environmental Product Declarations)’ndan oluşmaktadır. EPD verileri, her ne kadar birçok çevrimiçi kaynaktan bulunması rağmen, çoğu durumda henüz makine tarafından okunabilir bir formatta değildir (Pagnon vd., 2020). Bu durum, YDD yazılım araçları içine eklenmesinde problemler oluşturmaktadır. Bu nedenle, TurCoMDat veri tabanının herhangi bir YDD yazılım aracı içinde kullanımı şu anlık mümkün değildir. TLCID ise, SimaPro yazılım aracı ile uyumludur; ancak, az sayıda ürün için veri olanağı sunmaktadır (Url-6). Bu da yapılacak YDD çalışmasının kapsamını sınırlandırmaktadır.

YDED yöntemleri ise, YDY için farklı etki sınıfları yorumu sağlamaktadır. YDD çalışma amacına göre seçilmesi, uyarlanması veya yeni oluşturulması gerekmektedir. YDD yazılım araçlarında hazır olarak sunulan YDED yöntemleri, genel olarak; küresel (örneğin; IMPACT World+, ReCiPe 2016), Avrupa (örneğin; CML-IA, Ecological Scarcity 2021, EF 3.0 Method, EN 15804 + A2 Method), Kuzey Amerika (BEES+, TRACI 2.1), tek konu (Cumulative Energy Demand, Freshwater Eutrophication), su ayak izi (AWARE, Water Scarcity) kategorilerinde çeşitlenmektedir (Url-7).

2.2. Nakliye Konteynerleri

Konteynerler; ürünleri saklamak ve uzak mesafelere taşımak için tasarlanan, su geçirmez, ekonomik ve emniyetli ürünlerdir (Garrido, 2011: 8). Sahip olduğu özellikler sayesinde, özellikle uluslararası ticarete yük (ürün) taşımacılığını kolaylaştırmak için sıklıkla kullanılmaktadır. İlk başarılı konteyner, Malcolm McLean (1956) tarafından üretilmiştir. Patenti (United States Patent No. US 2853968A) alındıktan sonra ise günümüzde en yaygın kullanılan standartlardaki ISO konteynerleri tasarlanmıştır (EK-2: Çizelge 2.1).

Nakliye konteynerlerinin mimari yapı birimi olarak kullanımına dair ilk fikir (United States Patent No. US 4854094A); Phillip C. Clark (1989) tarafından, şantiyede ve yaşanabilir bir yapıya dönüştürme yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. İlk kullanımları, asıl görevinin bir uzantısı olarak depolama ve geçici barınma ihtiyaçlarına yöneliktir. Daha sonra Amerika, İngiltere ve Finlandiya’da askeri konaklama ünitesi olarak da kullanılmaya başlanmıştır. Kalıcı yapılar şeklindeki ilk kullanımları ise, Kuzey Amerika’nın kırsal bölgelerinde yaşayan halk tarafından gerçekleştirilmiştir (Sawyers, 2008: 56; Bingöl ve Gök, 2017; İlerisoy ve Sevim Koşan, 2020). Günümüzde ise; standart boyutu, modülerliği, doğal mukavemeti, hava koşullarına dayanıklı yapısı ve kolay erişilebilirliği, konteynerleri prefabrik yapı tasarımında kullanılabilecek ideal ve popüler bir modüler yapı birimi haline getirmiştir (Vijayalaxmi, 2010).

2.2.1. Nakliye konteynerlerinin teknik özellikleri

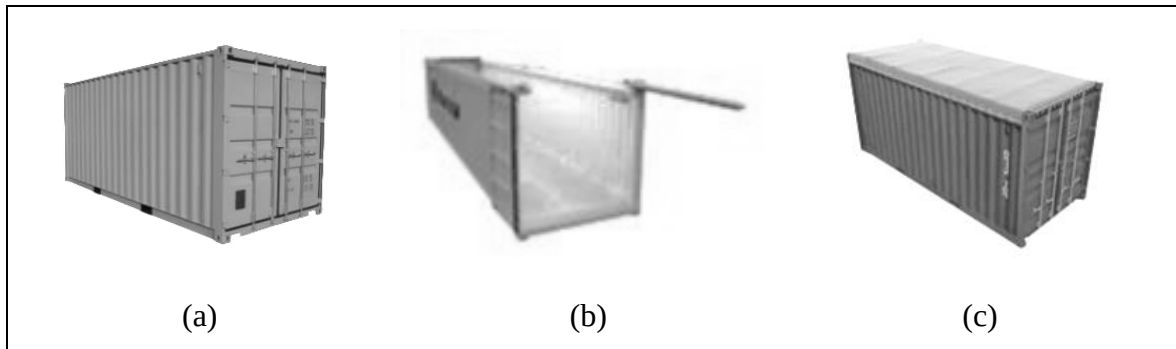
Teknik özellikler, uygulanabilirliğin belirlenmesi amacıyla irdelenmesi gereken parametrelerdir. Bu parametrelere yönelik yapılacak bir inceleme; aynı zamanda sistem ve malzeme düzeyiyle ilişkili olası teknik problemlerin öngörülmesine yöneliktir. Bu doğrultuda; nakliye konteynerlerinin teknik özelliklerinin incelenmesi ve yapılan değerlendirmeler sonucunda elde edilen veriler, prefabrik ve modüler yapı birimi olarak uyarlanabilirliği sürecine bir karar desteği sağlayacaktır.

Üretim (İmalat)

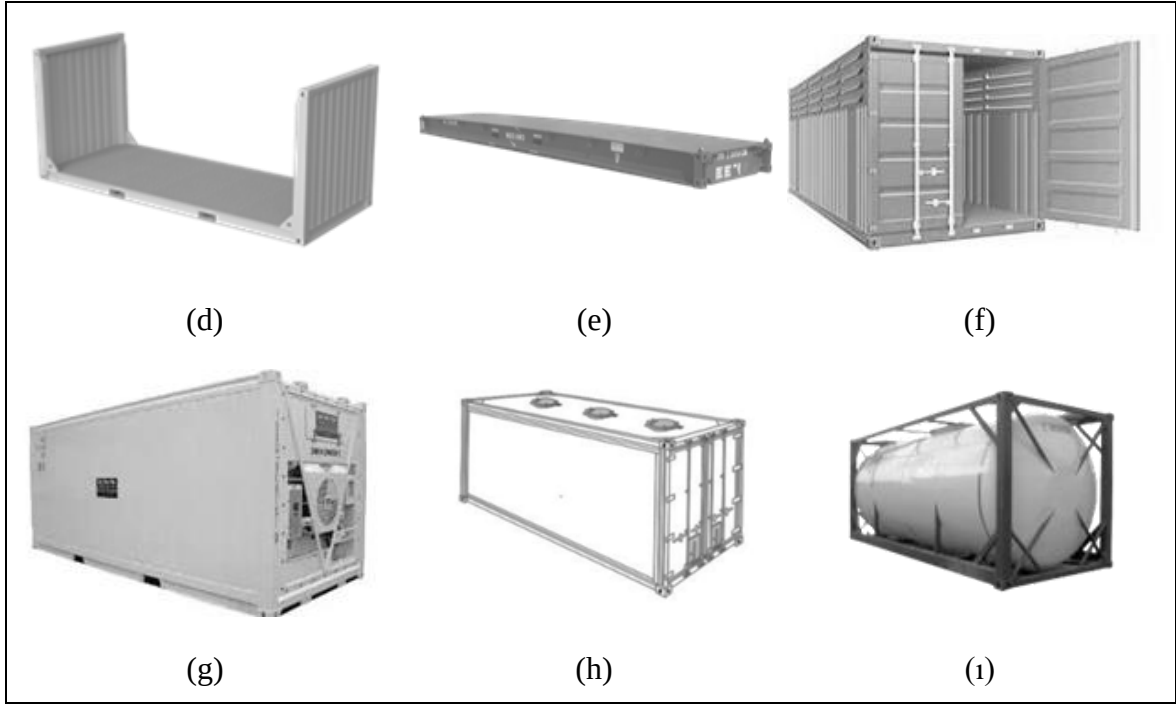
Nakliye konteynerleri; ISO standartlarına göre, taşıyacağı ürün farklılığı göz önüne alınarak, dokuz farklı tasarımda üretilmektedir (Resim 2.1) (Akar, 2017: 33-39):

- Standart (genel amaçlı) konteyner: Tüm yüzeyleri kapalıdır, sadece diğer yüzeylerine kıyasla daha küçük olan ön veya arka yüzeylerin birinde kapı bulunmaktadır.
- Üstü açılabilir konteyner: Standart konteynere kapıdan yüklenmesi zor olan daha hacimli yüklerin taşınmasında olanak sağlamak için, açılabilir çelik tavanlara sahip olarak üretilmektedir.
- Üstü açık konteyner: Yüksekliği fazla olan yüklerin taşınması amacıyla, tavan kısmı tamamen açıktır.

- Açık konteyner: Konteyner taban yüzeyindeki platform ve iki küçük yüzeyindeki uç duvarların birleşimi ile oluşmaktadır. İstenildiğinde uç duvarlar dik olacak şekilde sabitlenerek ya da kapatılarak bir taşıma platformuna dönüştürülebilme özelliğine sahiptir.
- Platform konteyner: Sadece taban yüzeyleri vardır, diğer yüzeyleri yoktur; platform biçimindedir.
- Havalandırılmalı konteyner: Taşıma süresince havalandırılması gereken bozulabilecek yüklerin taşınmasında kullanılmaktadır. Konteynerin tavanında ve tabanında, su girişini engelleyecek şekilde tasarlanmış kanallar ile pasif havalandırma sağlanmaktadır.
- Termal (soğutmalı) konteyner: Taşıma süresince sıcaklığının sabit kalması gereken yüklerin taşınmasında kullanılmaktadır. Bunun için, özel yalıtımlı şekilde üretilir ve soğutma ünitesi içermektedir.
- Dökme yük konteyneri: Tahıl, hayvan yemi, baharat gibi dökme yüklerin taşınmasında kullanılan, tavan kısmında üç adet yükleme kapağı ve kapı kısmında iki adet tahliye kapağı bulunan, özel olarak üretilen konteynerlerdir.
- Tank konteyner: Sıvı ya da gaz halindeki yüklerin taşınmasında kullanılmak için tasarlanmış, silindirik bir tank ve bu tankı taşıyan çelik profil konstrüksiyondan oluşan konteynerlerdir.



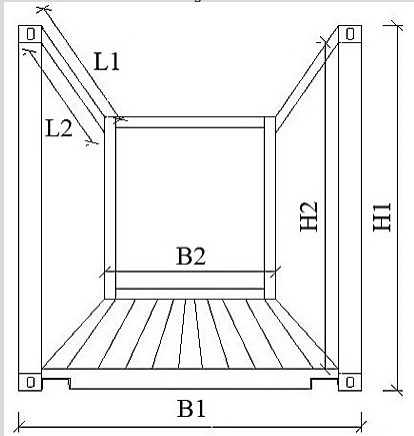
Resim 2.1. Tasarımlarına göre konteyner türleri (Url-8): standart konteyner (a), üstü açılabilir konteyner (b), üstü açık konteyner (c)



Resim 2.1. (devam) Tasarımlarına göre konteyner türleri (Url-8): açık konteyner (d), platform konteyner (e), havalandırılmalı konteyner (f), termal konteyner (g), dökme yük konteyneri (h), tank konteyner (ı)

Uluslararası ticarete en sık kullanılan konteyner türü olmasından kaynaklı sayılarının diğer türlere oranla fazla olması (Url-9) nedeniyle; bu çalışmada, sadece standart (genel amaçlı) konteynerler ele alınmaktadır. Standart ölçülerle üretilen bu konteynerlerin; boyutları, ağırlıkları ve yük taşıma kapasiteleri bilinmektedir (Çizelge 2.2). Konteynerlerin yüklenmesi sırasında kullanılması gereken kıstaslar, bu standartlar esas alınarak kolaylıkla hesaplanabilmektedir. Uzunluklarına göre adlandırılan bu konteynerlerin üretimleri ise, genellikle 6,09 m (20') ve 12,19 m (40') olmak üzere iki ölçüde gerçekleştirilmektedir. En yaygın kullanımlı standart konteynerler bu ölçülerde olmalarına rağmen, ihtiyaca göre; yüksekliği daha fazla (HC-High Cube), uzunlukları 12,19 m (40') ve 13,71 m (45') ölçülerindeki standart üretimleri (örneğin; 40' HC, 45' HC) de gerçekleştirilebilmektedir. Yük taşıma kapasitesi ile ilgili olarak; 6,09 m (20') ölçüsündeki konteynerin 12,19 m (40') ölçüsündeki konteynere kıyasla tercih edilen seçenek olduğu belirtilmektedir (Olivares, 2010: 62; İsmail vd., 2015).

Çizelge 2.2. Standart konteyner çeşitlerinin boyutları (m), boş ağırlıkları (t) ve net yük taşıma kapasiteleri (t) (Url-10; Akar, 2017: 31)

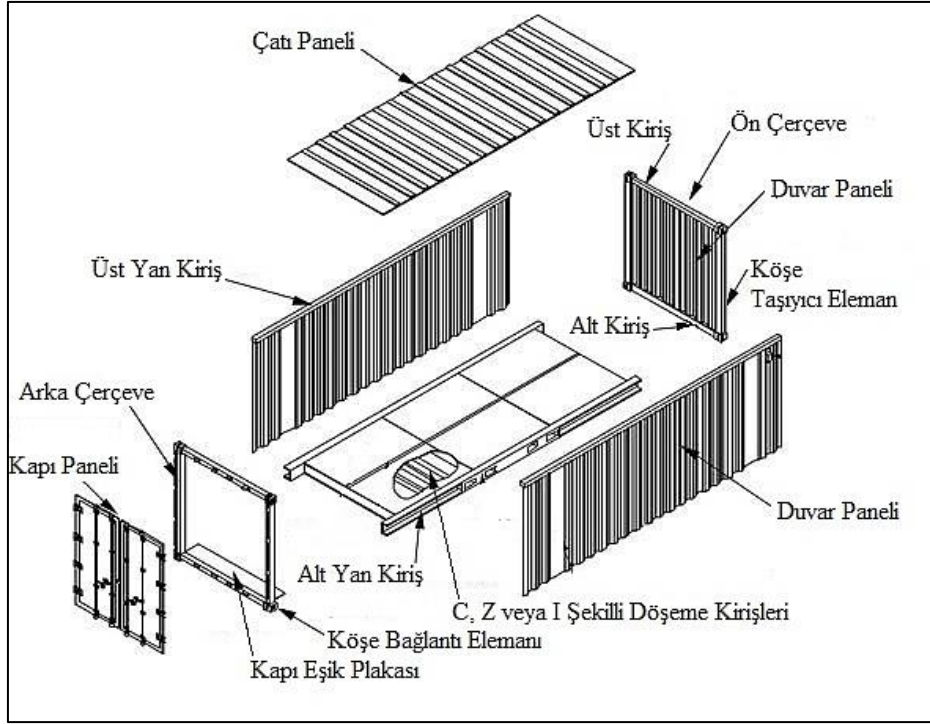
Standart Konteyner Çeşitleri	Özellikler*						Boş Ağırlık	Net Yük Taşıma Kapasite
	Boyutlar							
								
	Dış Ölçüler			İç Ölçüler				
	Uzunluk (L1)	Genişlik (B1)	Yükseklik (H1)	Uzunluk (L2)	Genişlik (B2)	Yükseklik (H2)		
6,09 m (20')	6,096	2,438	2,591	5,758	2,352	2,385	2,200	28,200
12,19 m (40')	12,192	2,438	2,591	12,032	2,352	2,385	3,800	26,600
Yüksek- 12,19 m (40' HC)	12,190	2,438	2,896	12,000	2,311	2,650	3,900	26,500
Yüksek- 13,71 m (45' HC)	13,716	2,438	2,896	13,556	2,352	2,698	4,800	25,600
*Üretim firmalarına göre ihmal edilebilir seviyede farklılık / tolerans gösterebilmektedir.								

İskelet yapısı ve bileşenleri

Nakliye konteynerleri, yapısal olarak; monokok yapılardır. Yani, birimin dış kaplaması; kaplama görevi yanında yapısal destek de sağlamaktadır (JTW Consulting, 2014: 21; Anagal ve Dhongade, 2017). Bu durum; konteynerlerin kabuğundaki herhangi bir değişikliğin, konteynerin yapısal bütünlüğünü etkileyeceğini açıkça göstermektedir. Bu nedenle; iskelet ve dış kabuk, mümkün oldukça bir bütün halinde ele alınmalıdır.

Konteynerin iskeletini oluşturan taşıyıcı çelik çerçeve bileşenleri; üst ve alt yan kirişler, köşe dikey taşıyıcı elemanlar, kapı üst ve alt kirişleri, ön çerçevede yer alan üst ve alt kirişler ile köşe bağlantı elemanlarıdır (Şekil 2.4). Yan duvarlar; taşıyıcı sistemi destekleyici şekilde, çelik paneller ile genellikle dört köşeden birleştirilerek uygulanmaktadır (Smith, 2010: 174;

İlerisoy ve Sevim Koşan, 2020). Kapılar; çelik çerçeve ile hava koşullarına dayanıklı contalar ile donatılmış kilitlenebilir çelik yüzü ahşap panellerden oluşmaktadır. Ahşap veya çelik döşeme kaplamaları; C, Z veya I şekilli çelik döşeme kirişleri ile birlikte alt yan kirişlere, cıvatalı veya kaynaklı bir şekilde uygulanmaktadır (United States of America-Department of Defence, 2002: 4; Madkour, 2017).

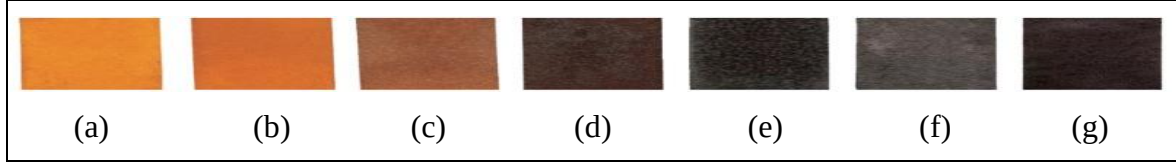


Şekil 2.4. Konteyner iskeleti ve bileşenleri (İsmail vd., 2015)

Malzeme

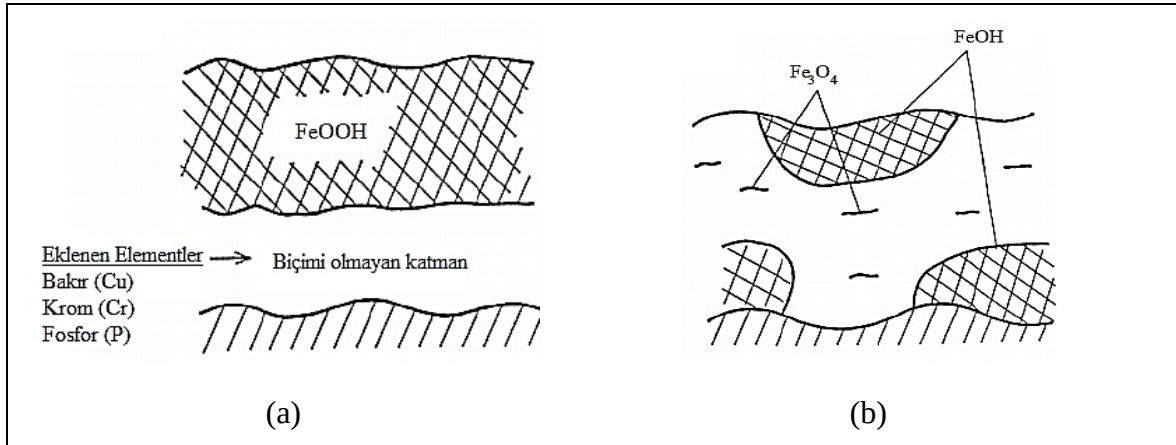
Nakliye konteynerleri, malzeme olarak; hem taşıyıcı sistemi hem de dış kaplaması “corten” diye adlandırılan, yapısal çelik sınıfı S355 olan, yüksek dereceli ayrışma çeliğinden üretilmektedir (Robinson, 2017: 36). Corten malzeme; malzemenin korozyon direncini sağlayan karbon, manganez, fosfor, kükürt, bakır gibi alaşım elementleri içermektedir (Çizelge 2.3). Bu elementler; bir tabaka oluşturarak (Resim 2.2), konteyner birimin değişken hava şartlarına uyum sağlamasında yardımcı olmaktadır. Tabakanın sürekliliği, çeliğin korunmasında önemli bir faktördür (Smith, 2010: 175-176; Moore vd., 2015). Bu tabaka; oksijen, nem ve kirlenici maddelerin girişine bir engel oluşturmakta ve paslanma (korozyon) hızını yavaşlatmaktadır. Bu durum; corten çeliğin oksitlenmesi de kolay bir şekilde korozyona

uğramayacağını göstermektedir. Bu sayede, yapısal yeteneklerinden de ödün vermemektedir (Silva, 2013).



Resim 2.2. Corten çelik yüzeyinin zamana göre değişimi (Url-11): 15 gün (a), 45 gün (b), 6 ay (c), 2 yıl (d), 5 yıl (e), 22 yıl (f), 40 yıl (g)

Herhangi bir düz karbon çelik yüzeyde oluşan koruyucu tabaka gözeneklidir ve belirli bir süre sonra yüzeyden ayrılmaktadır, böylelikle korozyon döngüsü yeniden başlamaktadır. Ancak, ayrışma çeliği olan corten çelikte; alaşım elementleri, ana metale yapışan ve çok daha az gözenekli olan kararlı bir koruyucu tabaka üretmektedir (Şekil 2.5) (Murata, 2011).



Şekil 2.5. Beş yıl kadar deniz atmosferine maruz kalmış çelik yüzeylerin katmanları: corten çelik (a), düz karbon çelik (b) (Murata, 2011; Moore vd., 2015)

Corten çelikteki koruyucu tabakanın oluşması için, yüzeyin kesinlikle kuru olması gerekmektedir. Çünkü yüzeyin sürekli nemli kalması durumunda, çelik malzemenin aşınma durumu devam edecektir (Lambert, 2016). Benzer şekilde, özellikle deniz atmosferi gibi nemli ortamlarda da malzemenin düzgün şekilde çalışması durumu zorlaşmaktadır. Bu nedenle, özellikle nemli hava koşullarında ve deniz taşımacılığında kullanılan bu birimlerin dayanıklılığını sağlamak için; zaman zaman kurşun bazlı kimyasallar içeren kaplamalar da kullanılmaktadır (Pagnotta, 2011; Kamazaraly vd., 2017).

Konteyneri oluşturan iskelet ve bileşenlerinin çoğunda (örneğin; üst ve alt yan kirişler, köşe dikey taşıyıcı elemanlar, döşeme kirişleri, kapı üst ve alt kirişleri, ön çerçevede yer alan üst ve alt kirişler, yan duvarlar, kapılar) kullanılan corten çelik malzeme yanında, bazı bileşenlerinde alaşım elementleri içeren farklı çelik malzeme çeşitleri (örneğin; köşe bağlantı elemanlarında kaynaklanabilir döküm çelik, arka köşe dikey taşıyıcı elemanlarının iç yüzeylerinde sıcak haddelenmiş yüksek çekme şekilli çelik) de kullanılmaktadır (Giriunas, 2012: 53; Ling vd., 2019). Kullanılan çelik malzeme çeşitlerinin özellikleri ise, birbirinden farklıdır (Çizelge 2.3).

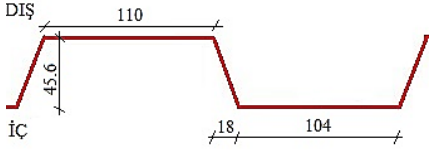
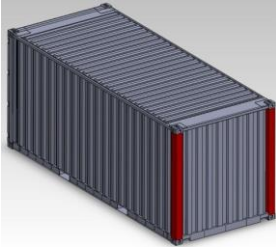
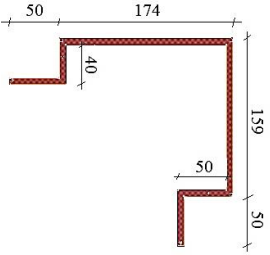
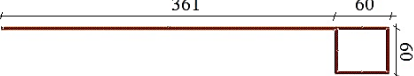
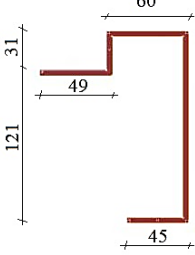
Çizelge 2.3. Nakliye konteynerlerinde kullanılan çelik malzemeler ve özellikleri (Ling vd., 2019, Url-12, Url-13, Url-14)

Çelik Malzeme	Özellikler*												
	Kalınlık (mm, $\geq$)	Mekanik Özellikler			İçeriğindeki Elementleri Gösteren Kimyasal Birleşim (% , $\leq$)								
		Akma Dayanımı (N/mm ²)	Çekme Dayanımı (N/mm ²)	Uzama (%)	Karbon (C)	Silisyum (Si)	Krom (Cr)	Nikel (Ni)	Seryum (Ce)	Manganez (Mn)	Fosfor (P)	Kükürt (S)	Bakır (Cu)
Ayrışma Çeliği (Corten A)	20	343	480	22	0,15	-	-	-	-	1,00	0,15	0,05	0,20
Kaynaklanabilir Döküm Çelik (SCW 49)	-	671	141	11	0,22	0,80	0,50	0,50	0,45	1,50	0,04	0,04	-
Sıcak Haddelenmiş Yüksek Çekme Şekilli Çelik (SM50YA)	100	449	897	33	0,20	0,55	-	-	-	1,60	0,035	0,035	-

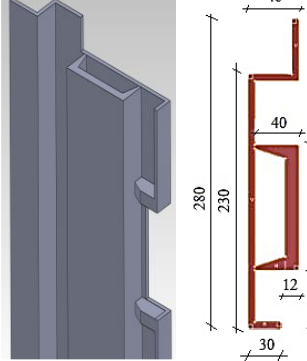
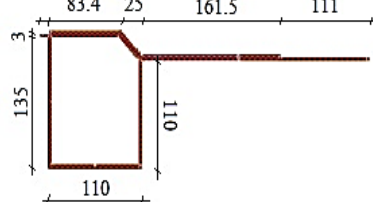
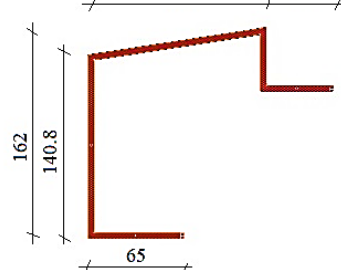
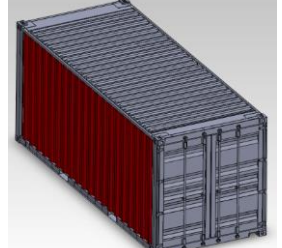
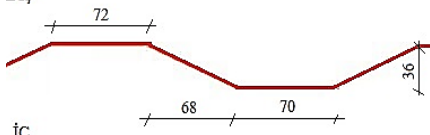
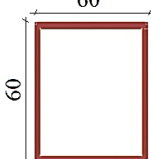
*Üretim firmalarına göre ihmal edilebilir seviyede farklılık / tolerans gösterebilmektedir.

Çizelge 2.4'te, 6,09 m (20') ölçüsündeki standart nakliye konteynerlerinde bulunan çelik bileşenlere ait malzeme çeşitleri ve boyut bilgileri yer almaktadır.

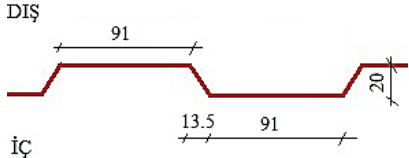
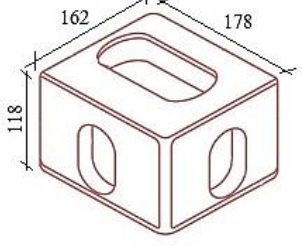
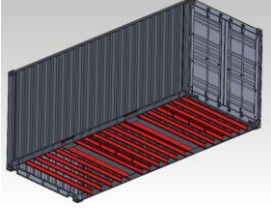
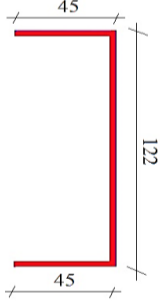
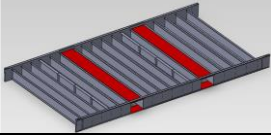
Çizelge 2.4. 6,09 m (20') ölçüsündeki standart nakliye konteynerlerinde bulunan çelik bileşenlere ait malzeme çeşitleri ve boyut bilgileri (mm) (Singamas, 2011; Giriunas, 2012: 149-164; Ling vd., 2019)

Çelik Bileşen Adı	Çelik Malzeme Çeşidi	Boyutlar*	
		Genel Boyutlar	Detaylı Boyutlar
Ön Duvar Kaplama Yüzeyi 	Ayrışma Çeliği (Corten A)	Genişlik: 2038 Yükseklik: 2331 Kalınlık: 1,6 - 2	 Enine Kesit
Ön Köşe Dikey Taşıyıcı Elemanlar 	Ayrışma Çeliği (Corten A)	Yükseklik: 2355 Kalınlık: 6	 Kesit
Ön Üst Kiriş 	Ayrışma Çeliği (Corten A)	Uzunluk: 2312 Kalınlık: 3 ve 4	 Kesit
Ön Alt Kiriş 	Ayrışma Çeliği (Corten A)	Uzunluk: 2114 Kalınlık: 4	 Kesit
Arka Yüzey (Kapı Yüzeyi) 	Kapı Taşıyıcı Karkası: Ayrışma Çeliği (Corten A) Kapı Paneli: Ayrışma Çeliği (Corten A) Kaplama Ahşap Oluklu Panel	Genişlik: 1143 (Tek Kapı) Yükseklik: 2254 Kalınlık: 2	 Tek Kapıya Ait Taşıyıcı Karkas Görünüşü Yatay Bileşenler: 150 x 50 x 3 Dikey Bileşenler: 100 x 50 x 3,2

Çizelge 2.4. (devam) 6,09 m (20') ölçüsündeki standart nakliye konteynerlerinde bulunan çelik bileşenlere ait malzeme çeşitleri ve boyut bilgileri (mm) (Singamas, 2011; Giriunas, 2012: 149-164; Ling vd., 2019)

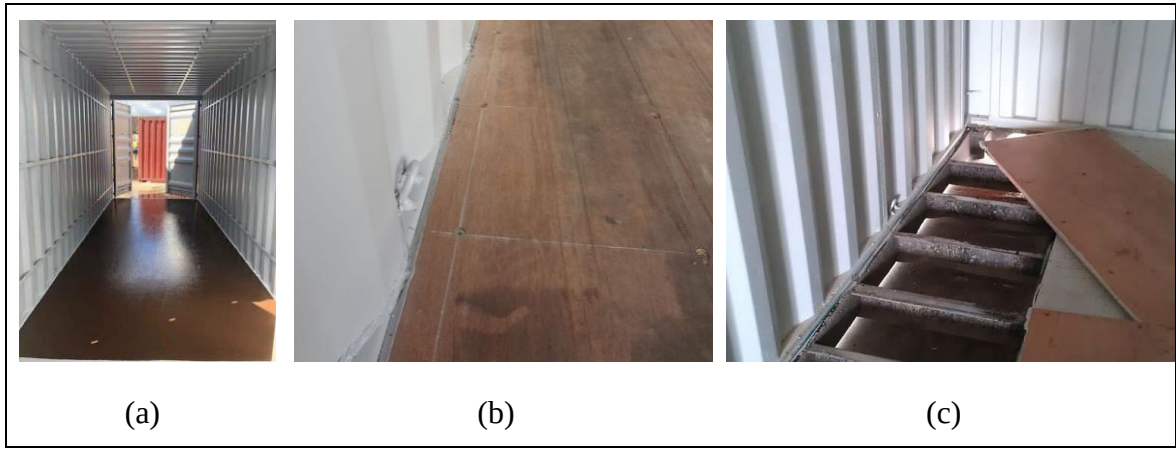
Çelik Bileşen Adı	Çelik Malzeme Çeşidi	Boyutlar*	
		Genel Boyutlar	Detaylı Boyutlar
Arka Köşe Dikey Taşıyıcı Elemanlar 	Dış Yüzey: Ayrışma Çeliği (Corten A) İç Yüzey: Sıcak Haddelenmiş Yüksek Çekme Şekli Çelik (SM50YA)	Yükseklik: 2355 Kalınlık: 6	 Perspektif ve Kesit
Kapı Üst Kirişi 	Ayrışma Çeliği (Corten A)	Uzunluk: 2340 Kalınlık: 3 ve 4 ve 6	 Kesit
Kapı Alt Kirişi 	Ayrışma Çeliği (Corten A)	Uzunluk: 2340 Kalınlık: 4,5	 Kesit
Yan Duvar Kaplama Yüzeyleri 	Ayrışma Çeliği (Corten A)	Uzunluk: 5580 Yükseklik: 2329 Kalınlık: 1,6 - 2	 Enine Kesit
Yan Üst Kirişler 	Ayrışma Çeliği (Corten A)	Uzunluk: 2114 Kalınlık: 3	 Kesit

Çizelge 2.4. (devam) 6,09 m (20') ölçüsündeki standart nakliye konteynerlerinde bulunan çelik bileşenlere ait malzeme çeşitleri ve boyut bilgileri (mm) (Singamas, 2011; Giriunas, 2012: 149-164; Ling vd., 2019)

Çelik Bileşen Adı	Çelik Malzeme Çeşidi	Boyutlar*	
		Genel Boyutlar	Detaylı Boyutlar
Yan Alt Kirişler 	Ayrışma Çeliği (Corten A)	Uzunluk: 5702 Kalınlık: 4,5	 Kesit
Tavan Kaplama Yüzeyi 	Ayrışma Çeliği (Corten A)	Uzunluk: 5225 Genişlik: 2356 Kalınlık: 2	 Boyuna Kesit
Köşe Bağlantı Elemanları 	Kaynaklanabilir Döküm Çelik (SCW 49)	Uzunluk: 178 Genişlik: 162 Yükseklik: 118	 Üç Boyutlu Perspektif
Döşeme Kirişleri 	Ayrışma Çeliği (Corten A)	Uzunluk: 2336 Kalınlık: 4 Kirişler Arası Boşluk: 275-325	 Kesit (C Şekli Kiriş)
Forklift Cepleri 	Ayrışma Çeliği (Corten A)	Uzunluk: 2336 Genişlik: 200 Yükseklik: 360 Kalınlık: 3	-

*Üretim firmalarına göre ihmal edilebilir seviyede farklılık / tolerans gösterebilmektedir.

Nakliye konteyneri döşemesi ise; nadiren tamamen çelik veya genellikle çelik taşıyıcı ile ahşap kaplama kombinasyonu şeklinde yapılandırılmaktadır (Resim 2.3) (United States of America-Department of Defence, 2002: 4; Madkour, 2017). Genellikle huş ağacı, tik ağacı veya kereste kontrplak laminatlarından yapılan ahşap kaplamalar; tonlarca ağırlığa ve deniz atmosferi şartlarına karşı çok dayanıklıdır (Stan, 2020). 28 milimetre (mm) kalınlığında (Elrayies, 2017), ve 19 katlı bu sert ahşap kontrplak levhalar, tüm döşemeyi kaplamaktadır (Giriunas, 2012: 153). Bitki oluşumunu engellemek amacıyla ise genellikle, krom ve arsenik gibi zararlı kimyasal maddeler ile işlenmektedir (Keskin, 2015).



Resim 2.3. Nakliye konteyneri döşemesi: genel bakış (a) (Url-15), kaplaması (b) (Url-15), iskelet yapısı (c) (Url-16)

2.2.2. Nakliye konteynerlerinin mimarideki yeri ve kullanım koşulları

Nakliye konteynerleri, sahip olduğu teknik özellikler sayesinde; her türlü atmosfer koşullarına, ağır yüke ve yük taşımacılığı koşullarına dayanabilmektedir. Ancak; her bir ürünün olduğu gibi, nakliye konteynerlerinin de belirli bir hizmet ömrü bulunmaktadır. Taşımacılık işlevi açısından, aşırı koşullarda ortalama ömür beklentileri yaklaşık 30 yıldır; ancak, büyük çoğunluğu maruz kaldığı yükler ve çevresel faktörlere bağlı olarak maksimum 10 yıl boyunca kullanılmaktadır (Oliveira, 2014: 7; Berbesz ve Szefer, 2018). Hizmet ömrü boyunca tatmin edici bir performansın sağlanabilmesi için ise, ürünlerin belirli zaman aralıklarında bakımı ve onarımı gerçekleştirilmektedir. Bu doğrultuda; limanlarda, konteynerlerin tamir edildiği bir bakım alanı vardır. Hasarlı konteynerler, bu bakım alanına taşınmakta; bakım ve onarım işlemi sonrasında uygun yerlerde istiflenmektedir. Daha sonra ise, ihtiyaç oldukça yük taşımacılığı için kullanılmaktadır (Carlo vd., 2014). Ancak; bu durum, genellikle, yoğun ihracat yapan ülkeler için geçerli olmaktadır. Çünkü yoğun ihracat

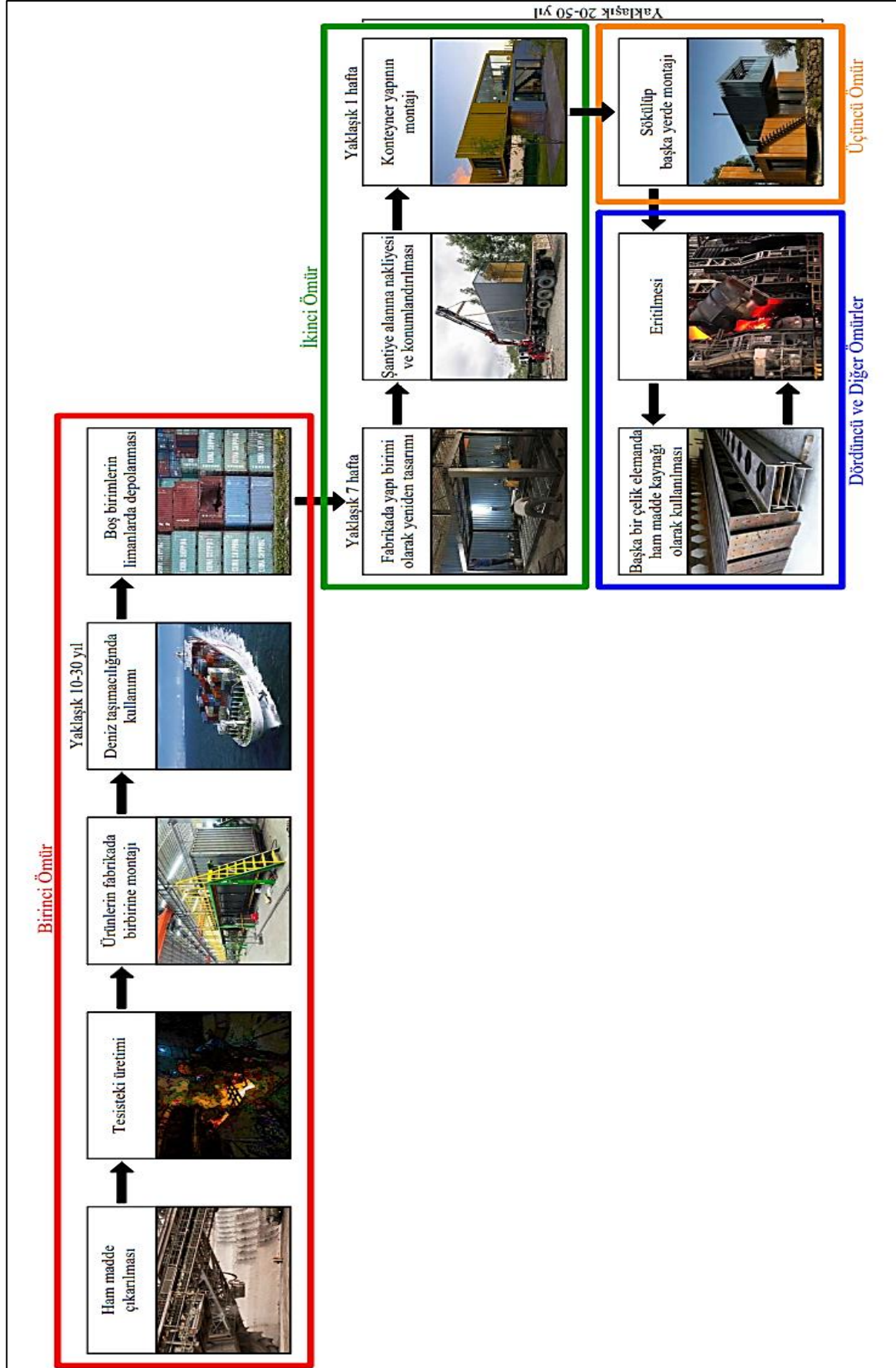
nedeniyle daha çok nakliye konteynerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Dünyada birbirleriyle ticaret yapan ülkeler arasında ithalat - ihracat dengesinin olmaması nedeniyle, yoğun ithalat yapan ülkelerde; boş konteynerler genellikle limanlarda yığılmaktadır (Çağlar ve Esmer, 2015). Atıl durumdaki bu atık endüstriyel birimlerin, limanlarda yer alan depolarda bırakılması ise; çok fazla yer kaplamakta ve yeniden konumlandırılması için büyük çaba gerektirerek atık yönetimini zorlaştırmaktadır (Peña ve Schuzer, 2012; Rodriguez vd., 2013: 239). Çözüm olarak, bu boş konteynerlerin geldiği kaynak ülkelere geri taşınması ve / veya yoğun ihracat yapan ülkelere satılması; hem maliyet açısından yeni üretilmesiyle neredeyse denk olmasından (Çağlar ve Esmer, 2015; Moore vd., 2015; Kamazaraly vd., 2017), hem de sera gazı salımında önemli bir artışa neden olarak çevreyi olumsuz etkilemesinden (Dara vd., 2019) dolayı pek tercih edilmemektedir.

Obrecht ve Knez (2017); nakliye konteynerlerinin üretimlerinde, çok fazla enerjinin harcanması yanında, malzeme tüketimi ve yüksek çevresel etkilere de yol açabildiğini belirtmektedir. Ayrıca, tüm sera gazı salımlarının %67'sinin ham madde çıkarılması ile ilgili olduğunu da ortaya koymaktadır. Çelik malzemenin birincil üretim maliyeti ve çevre standartlarını karşılamak için oluşacak ilave maliyetler ise; geri dönüşüm kavramının daha fazla önem kazanmasını sağlamıştır (Yellishetty vd., 2011). Geri dönüşüm için, ilk etapta eritilerek yeni bir çelik elemana dönüştürülmesi düşünülse de; bu çözüm, son derece enerji isteyen, yoğun ve maliyetli bir iştir. Örnek olarak, yaklaşık 3,800 ton çelikten oluşan 12,19 m (40') ölçüsündeki standart bir nakliye konteynerini, eritmek ve yeniden başka bir çelik eleman olarak imalat etmek için yaklaşık 8000 kWh enerji gerekmektedir (Oliveira, 2014: 8); bu da, bir yılda tipik bir evi işletmek için gereken enerjinin yaklaşık olarak %50'sine eşdeğerdir (Berbesz ve Szefer, 2018). Buna karşın, modüler yapı birimi olarak tekrar kullanılması, çeliği eritmek için gereken enerjinin sadece %5'i kadar olan 400 kWh enerji gerektirmektedir (Vijayalaxmi, 2010; İslam vd., 2016; Kamazaraly vd., 2017; Tan ve Ling, 2018). Berbesz ve Szefer (2018)'e göre ise, bu değer; 500 kWh'dir. Ayrıca her 1 ton çelik üretimi, yaklaşık 2 ton CO₂ ve 40 kg diğer gaz salımına neden olmaktadır (İslam vd., 2016). Bu doğrultuda; ana malzemesi çelik olan atık nakliye konteynerlerin yapı birimi olarak mimaride kullanılması, çelik ile ilişkili olarak yaşam döngüsü etkisini azaltabilmektedir (Salama vd., 2018; Zink vd., 2018).

Atık nakliye konteynerinin, modüler yapı birimi olarak inşaat amaçlı geliştirilmesi ve prefabrikasyonun sağlanması sonucunda mimaride yeniden kullanılması; ürün ömrünü

uzatmasının yanında, yeni bir kullanım sağlayarak ürüne ikinci bir ömür vermektedir. Yeniden kullanım, konteynere yeni bir “beşikten” başlayarak ikinci bir yaşam döngüsü kazandırmakta (Şekil 2.6); boş konteynerlerin başka bir yere çıkarılması ve gönderilmesi ihtiyacını ortadan kaldırarak, genel enerji tüketimini ve sera gazı salımlarını azaltmaktadır. Ayrıca; eritilmesini erteleyerek farklı bir işlevde kullanımını sağlamakta (yeniden işlevlendirme), ürünün hizmet ömrünü uzatmaktadır.

Hizmet ömrüne bakıldığında; Olivares (2010: 208), konteyner yapıların ömrünün sadece 50 yıl sürdüğünü, bunun da geleneksel yöntemlerle inşa edilmiş konvansiyonel bir binanın ömrünün yarısı kadar olduğunu ortaya koymaktadır. Oliveira (2014: 7) ise; taşımacılıkta ortalama 10 yıl kullanılabilen konteynerlerin, mimaride ortalama 20 yıla kadar kullanılabildiğini belirtmektedir. Bernardo ve diğerleri (2013) ise; mimarideki hizmet ömürlerinin, konteynerin mekanik durumuna göre ortalama 15 yıl olduğunu ifade etmektedir. Daha sonra ise, eritilerek geri dönüşümü sağlanabilmektedir. Çelik ürünler %100 oranında geri dönüştürülebildikleri için (Öcal, 2014: 105), konteyner birimi oluşturan çelik malzeme, kapalı bir devre halinde sürekli üretim sistemi içinde yer alacaktır.



Şekil 2.6. Nakliye konteynerinin yaşam döngüsü

Yapı endüstrisinde, prefabrikasyon; yapı maliyetlerini, inşaat süresini, enerjiyi ve çevresel etkileri azaltmanın olası bir yolu olarak öngörülmektedir. Prefabrikasyon; yapının uygulanacağı yerdeki montaj aşamasından önce, bileşenlerin, elemanların, panellerin veya modüllerin fabrikada üretilmesine ve ön montajına dayanmaktadır. Genel olarak, saha dışı üretimi ve yerinde montajı içermektedir (Boafo vd., 2016). Dört farklı türü bulunmaktadır: pencereler ve kapılar gibi bileşen üretimi ile alt montajı, panel duvarlar gibi hacimsel olmayan ön montaj, banyo ve tuvaletleri içeren ıslak hacimler gibi hacimsel ön montaj, tüm yapıyı oluşturan tamamlanmış birimler veya modüller gibi modüler yapı (Kamali ve Hewage, 2016; Tavares vd., 2019). Bu türler, aynı zamanda prefabrikasyon düzeyini de göstermektedir. Nakliye konteynerlerinin mimaride yapı birimi olarak kullanılmasına yönelik yapılacak prefabrikasyon düzeyi ise, modüler yapı düzeyinde gerçekleşmektedir.

Nakliye konteynerlerinin, mimaride yapı birimi olarak kullanılması, İntermodal Çelik Yapı Birimleri (ISBU-Intermodal Steel Building Units) olarak adlandırılmaktadır (Giriunas vd., 2012; Moore vd., 2015). Konteyner yapı inşaatı için konteyner birimlerin hazırlanması ve kontrolünün sağlanması, fabrika ortamında gerçekleştirilmektedir. Düzenleme işlemi biten birimler; daha sonra, şantiye sahasına (inşaat alanına) nakledilerek birbirlerine montajı yapılmaktadır (Elrayies, 2017). Yapının uygulamasından (montajından) önceki bütün süreçlerin fabrikada gerçekleştirilmesi durumu; prefabrik modüllerin teknik performanslarının, fabrika (üretim sahası) ortamında kontrol edilebilirliğini sağlamaktadır.

Nakliye konteynerlerinin, sadece modülerlik özelliğine dayanarak prefabrik ve modüler yapılar için uygun oldukları söylenemez (Dara vd., 2019). Nakliye konteynerinin yapı üretiminde modüler yapı birimi olarak ele alınması, prefabrik yapı birimi şeklinde kurgulanması ve uygun performans değerlerinin oluşturulması; önemli süreçlerdir ve teknik olarak pek bilinmemektedir. Nakliye konteynerlerinin; mimari yapı birimi olarak prefabrik bir şekilde uygulanabilmesine yönelik mevzuata ve standartlara uygunluğu, tasarım aşamasındaki fonksiyona bağlı gereklilikleri ve kullanıcı gereksinimleri ile ortaya çıkan performans koşulları, tasarımcılar tarafından kritik edilerek düşünülmesi gereken önemli girdilerdir.

Mevzuat

Atık durumdaki boş nakliye konteynerinin yeniden kullanılması, tedarik edilen konteynerlerin kalitesi konusunda gizli bir risk taşımaktadır. Konteynerlerde, ciddi paslanmaların, parça hasarlarının ve bozulmaların olması; yapı uygulamalarını zorlaştırabilmekte veya imkansız hale getirebilmektedir. Bu nedenle, yapı uygulamasına başlamadan önce kullanılacak konteyner birimlerin mekanik kalitesini kontrol etmek ve doğrulamak için başvurulacak belirli standartlar önemlidir. Bu standartlar için; Uluslararası Denizcilik Örgütü (IMO-International Maritime Organization) tarafından yayınlanan ve Uluslararası Güvenli Konteynerler Sözleşmesi (CSC-International Convention for Safe Containers) (IMO, 1972) doğrultusunda oluşturulan kılavuzlara ve nakliye konteynerlerine yönelik geliştirilen ISO standartlarına (EK-2: Çizelge 2.1) başvurulabilir. Bu belgeler; nakliye konteynerlerinin teknik özelliklerini, mekanik ve yapısal güçlerini, hizmet verilebilirliğini ve uygulamalarını belirlemektedir (Shen vd., 2020). Örneğin; CSC kılavuzları, ağırlıklı olarak dayanıklılık anlamında bilgi vermektedir. ISO standartları ise, yapısal bütünlüğünün korunmasını sağlamak için gerekli olan boyut ve diyagonal toleranslar ile ilgili bilgiler içermektedir.

Yukarıda bahsedilen yük taşımacılığı amaçlı kullanımlarına yönelik oluşturulan standartların yanında, mimari kullanımlarına yönelik belirli yasal düzenlemeler de geliştirilmektedir. Mimaride yapı birimi olarak kullanılabilen nakliye konteynerlerinin belirli şartları taşıması gerekmektedir. Bu doğrultuda; Uluslararası Kod Konseyi Değerlendirme Hizmeti (ICC ES-International Code Council Evaluation Service)’nin 2018’de onaylayarak konut yapımı için kullanılacak konteyner birimlerin kabul kriterlerini yayınladığı kılavuzda (ICC ES, 2021), nakliye konteynerlerini üreten ve sonrasında yapı birimi olarak kullanımlarına olanak sağlamak isteyen firmaların, bu birimlerin tüm uluslararası yapı kodlarını karşıladığını garanti eden ve standart bir yapı ürünü haline getirdiğini belirten “Değerlendirme Hizmet Raporu (ESR-Evaluation Service Report)” numarasını almaları gerektiği belirtilmiştir. Firmalar, ICC ES tarafından alınan ve her firma için değişen (örneğin; “SG Blocks” firması için ESR-3764, “Sea Box” firması için ESR-4082, “Falcon Structures” firması için ESR-4163, “Interport Maintenance” firması için ESR-4717) bu ESR numaraları ile, kullanılacak konteyner birimlerin geçerli kod ve standartları karşıladığına dair yıllık olarak değerlendirme raporları alabilmektedir. Ayrıca; Uluslararası Kod Konseyi (ICC-International Code Council)’nin 2019 yılında yayınladığı kılavuzda

(ICC, 2019) da, nakliye konteyneri evlerine sahip olmak ve inşa etmek isteyenler için tavsiyelerde bulunmaktadır. Öte yandan, ICC; 2021 yılında yayınladığı Uluslararası Bina Kodu (IBC-International Building Code)'nun 31.15 Bölümünde, intermodal nakliye konteynerlerinin mimarideki kullanımlarını detaylı olarak ele almaktadır (ICC, 2021: 7-11). Bu durum, konteyner birimlerin ilk kez uluslararası bir yasal düzenlemede yer aldığını göstermektedir.

ABD'nin Kaliforniya eyaletinde ise; nakliye konteynerlerinin okul binalarına dönüştürülmesi için gereklilikleri tanımlamak üzere belirli yerel yasal düzenlemeler oluşturulmuştur. Bu düzenlemelerde, nakliye konteynerlerinin uyarlanabilir yeniden kullanımı için yapım ve güvenlik durumu tanımlanmıştır. Konteynerlerin mimari amaçlarla yeniden kullanılmasında, yapısal olarak sağlam olup olmadığını kontrol etmek amacıyla, görsel ve teknik inceleme için tanımlanan bu norma (California Department of General Services, 2020) göre;

- Yük taşımacılığı amaçlı hizmet ömrü iki yıldan fazla olan konteynerler kullanılmamalıdır.
- Hasarsız olmalıdır.
- Yük taşımacılığında kullanıldıktan sonra tamirat gören ve tekrar aynı amaçla yeniden kullanılan konteynerler tercih edilmemelidir.
- Tehlikeli maddelerin taşınmasında kullanılmamış olmalıdır.
- Kurşun içeren boya ile boyanmamış olmalıdır.
- Yapılan tüm kaynak işlemleri kontrol edilmelidir.
- Mevcut ahşap kontrplak zemin kaplamasının kimyasallarla işlenip işlenmediğini doğrulanmalıdır. Bu durum söz konusu ise, zemin kaplaması tamamen değiştirilmelidir.
- Üst üste olan katlarda; alt kattaki bir hat boyunca toplam dış cephe uzunluğu, üst kattaki aynı hat boyunca toplam dış cephe kaplaması uzunluğunun %80'inden az olmamalıdır.
- Temellerde, ahşap kontrplak basınçla işlenmediği sürece; kontrplak zeminin alt kısmının açıkta kalan toprağa olan mesafesi, yaklaşık 46 santimetre (cm)'den az olmamalıdır.
- Bu birimler ile oluşturulan bir prefabrik ve modüler binada; birimlerin yeri her değiştirildiğinde, planlar da onay için yetkili makamlara tekrar sunulmalıdır.

Konteyner birimlerin mimari kullanımlarına yönelik oluşturulan yasal düzenlemelerin yanında belirli öneriler de geliştirilmektedir. Giriunas (2012)'ın çalışmasında hasar kontrol

listesi şeklinde özetlenen ABD Savunma Bakanlığı önerileri (United States of America-Department of Defense, 2002), bunlara örnek gösterilebilir. ABD Modüler Yapı Enstitüsü (MBI-Modular Building Institute) ise; konteynerlerin mimarideki güvenli kullanım uygunluğuna yönelik mevzuat çalışmalarına rehberlik sağlayacak bir çalışma (MBI, 2017) gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada; dört endüstri segmenti oluşturularak ileriye dönük düzenlemeler yapılabileceği savunulmaktadır: geçici tek birimli yapı (örneğin, inşaat ofisi), kalıcı tek birimli yapı (örneğin, güvenlik erişim noktaları), geçici çok birimli yapı (örneğin, ticari fuar yapıları), kalıcı çok birimli yapı (örneğin, konut). Boafo ve diğerleri (2016) ise; modüler binaların, yerinde inşa edilen yapı ile aynı şekilde yerel bina yönetmeliklerine ve standartlarına göre inşa edilmesi gerektiğini; böylece, yerinde inşa edilmiş bir yapıya eşit kalitede yapı uygulaması gerçekleşeceğini belirtmektedir. Modüler binalarda, bununla birlikte, ayrıca; genellikle bir son kullanma tarihi (hizmet ömrü sonu) olduğunu, kullanım koşulları taşıyan diğer sanayileşmiş ürünlere benzer şekilde bir ürün yaşam döngüsü yönetimi veya izleme kavramlarının uygulanması gerektiğini de vurgulamaktadır.

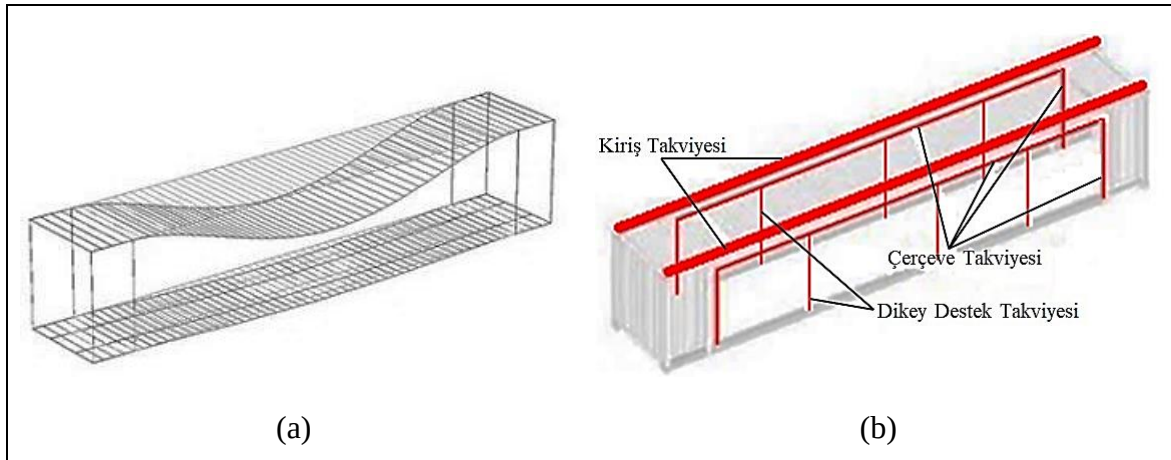
Fonksiyonel gereklilikler

Fonksiyonel gereklilikler, yaşamsal ihtiyaçların gerçekleştirileceği mekanların tasarlanması sürecinde, tasarımcıya girdi sağlayacak kritik noktaları içermektedir. Mekansal gereksinim doğrultusunda mekan boyutlarının uygunluğu, uygulanması (montajı); bunlara örnek gösterilebilir.

Nakliye konteynerleri; çelik çerçeve ile desteklenen oluklu çelik paneller (duvarlar ve çatı), çelik kirişler ile desteklenen ahşap kontrplak döşeme ve kilitleme cihazlı kapı ile; yapı birimi olarak kullanılmak üzere, entegre bir yapı kabuğu oluşturmaktadır (Şekil 2.4) (Bernardo vd., 2013; İslam vd., 2016; Kamazaraly vd., 2017). Ayrıca, ortogonal geometrik biçimi sayesinde plan boyutları ve tavan yüksekliği de sabittir (Çizelge 2.2). Plan boyutları yönünden, geometrik biçimi sayesinde tek bir konteyner dahi mekansal anlamda tasarlanmaya müsaittir. Standart konteyner türlerindeki 2,385 m; 2,650 m ve 2,698 m olarak değişkenlik gösteren tavan yükseklikleri ise; mimari bir hacim için gerekli minimum net tavan yüksekliği ile uyumludur (İlerisoy ve Sevim Koşan, 2020). Tavan yüksekliği ile ilgili olarak; Uluslararası Konut Kodu (IRC-International Residential Code), konteyner sığınının ulaşabileceği 2,134 m (7') tavan yüksekliğine izin vermektedir (ICC, 2018; Tan ve Ling, 2018). Bunun yanında; Uluslararası Bina Kodu (ICC, 2021) ile de uyumlu olduğu için, daha

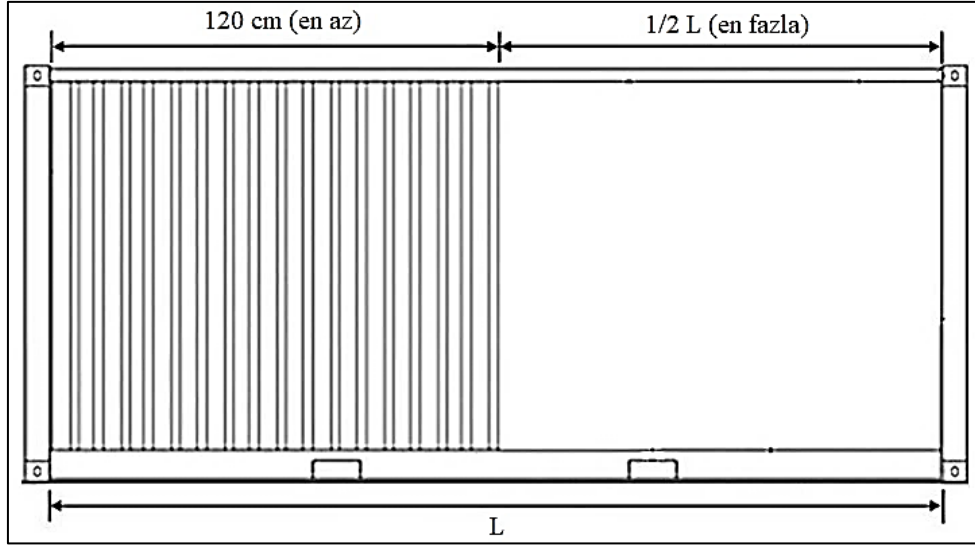
yüksek olan standart ölçülerdeki konteyner birimleri (örneğin; 40' HC, 45' HC) daha çok tavsiye edilmektedir (Bernardo vd., 2013; İsmail vd., 2015).

Yapının sahip olduğu işleve göre gereksinimler, gereksinimlere göre de mekan boyutları önem kazanmaktadır. Bu doğrultuda, daha geniş mekanlar oluşturmak amacıyla birkaç konteyner birimin yan yana getirilerek birleştiği yüzeylerdeki çelik panellerin kaldırılması gerekebilir. Ancak bu durum, konteynerin mekanik özellikleri üzerinde ciddi bir etki gerçekleştirerek (Kamazaraly vd., 2017) tavan yüzeylerindeki panellerin bükülmesine neden olmaktadır (Şekil 2.7a) (Anagal ve Dhongade, 2017). Bu problem karşısında, Bernardo ve diğerleri (2013); yapıyı güçlendirmek için, yan yüzeylerini kaybeden birimlerin tüm uzunluğu boyunca kiriş ve çerçeve takviyesinin sağlanması ile bir ön çözüm önermiştir (Şekil 2.7b). Açılacak boşluğun boyutuna göre bu yüzeylerde, kiriş ve çerçeve takviyesine ek olarak, dikey destekler de eklenebilmektedir (Moore vd., 2015). İhtiyaç duyulan takviye miktarı ise, yüzeydeki çıkartılan malzeme miktarına bağlı olarak değişmektedir (Zuo ve Zha, 2017).



Şekil 2.7. Konteyner birimlerin yan yana getirilerek birleştiği yüzeylerdeki çelik panellerin kaldırılması (Moore vd., 2015): deformasyon (a), kiriş / çerçeve / dikey destek takviyesi (b)

Herhangi bir kiriş ve dikey destek takviyesi olmadan, sadece çerçeve takviyesi ile boşlukların açıldığı durumda ise; açılan boşluğun en fazla konteyner birimin uzunluğunun 1/2'si kadar olabileceği, kalan dolu kısmının ise yaklaşık olarak en az 120 cm olabileceği belirtilmektedir (Şekil 2.8) (ICC, 2021: 10).



Şekil 2.8. Herhangi bir ilave taşıyıcı eleman (kiriş ve dikey destek takviyesi) olmadan, sadece çerçeve takviyesi ile boşlukların açıldığı durum (ICC, 2021: 10)

Konteynerlerin birleştiği yan yüzeyler doğrultusunda uygulanan kiriş, çerçeve ve dikey destek takviyeleri (Şekil 2.7b); bu doğrultunun zıt yönünde ve tüm birimleri kapsayacak şekilde de gerçekleştirilebilmektedir (Resim 2.4).



Resim 2.4. Geniş mekanlar oluşturmak amaçlı, konteyner yan yüzeylerine zıt yön doğrultusunda alınabilecek müdahale önlemi (Url-17)

Daha yüksek iç hacim elde etmek veya merdiven gibi yapı elemanlarını konumlandırabilmek amacıyla, birkaç konteyner birimin üst üste yerleştirilerek birleştiği yüzeylerdeki çelik panellerin kaldırılması gerekebilir. Ancak, bu durumda da, yan yüzeydeki panellerin bükülmesi gerçekleşmektedir ve aynı şekilde müdahale edilmelidir.

Nakliye konteynerlerinin standart boyutlarda ve özel detaylar ile üretilmiş olması; modüler bir yapı birimi olarak, hızlı montaj ile prefabrik yapı üretimini sağlayacaktır. Bu doğrultuda;

montaj konusu, modüllerin zemine montajı ve birbirlerine montajı olarak iki açıdan ele alınmalıdır (İlerisoy ve Sevim Koşan, 2020). Bu sistemlerin her iki durumdaki montajında ise, modüllerin ağırlığından kaynaklı çoğu zaman vinç gerekmektedir (Botes, 2013: 54).

Konteyner birimlerin zemine montajında kullanılan temel tipleri; birimin uygulanacağı yerin deprem bölgesine ve zemin sınıfı özelliklerine göre değişiklik göstermektedir. Bu doğrultuda; tekil temel, sürekli temel, radye temel ve kazık temel olmak üzere dört temel tipi kullanılmaktadır (Resim 2.5). Tekil temeller, çeşitli form ve boyutta üretilebilen, kolay inşa edilebilen, ekonomik çözüm sunan bir temel türüdür. Kolonların (konteyner birimin köşe dikey taşıyıcı elemanlarının) ve köşe bağlantı elemanlarının altında bir genişletme oluşturularak uygulanmaktadır. Özellikle, güçlü veya orta güçlü zemindeki küçük ila orta büyüklükteki binalar için uygundur (Giriunas vd., 2012). Sürekli temeller; tekil temel birimlerinin birbirlerine çok yakın olduğu durumlarda (küçük boyutlardaki konteynerlerin kullanımlarında), tek veya iki doğrultuda birleştirilmeleri ile kullanılmaktadır. Radye temeller; zemin çok zayıf ve güvensiz olduğunda, yeraltı suyu seviyesi temelin üzerinde olduğunda veya yapının taban alanının %50'sinden fazlasını kapladığı durumlarda kullanılmaktadır (Giriunas, 2012: 26). Tekil ve sürekli temellere göre daha pahalı olan bu temel türü, genellikle zeminin üst tabakası binanın yükünü destekleyemeyecek kadar zayıf olduğu durumlar için uygundur (Shen vd., 2020). Kazık temeller ise, binanın inşa edileceği zemin toprak yüzeyinin en zayıf olduğu veya tekil temel alanının bina taban izinin 1/3'ünü aştığı durumlarda kullanılmalıdır. Beton ve çelikten meydana gelen kazık biçimindeki uzun taşıyıcı kolonların, toprak zemininin üst seviyesinden 6 m'den daha fazla olacak şekilde sağlam zemine kadar derine uzatılmasıyla uygulanmaktadır (Giriunas, 2012: 27).



Resim 2.5. Konteyner birimlerin zemine montajında kullanılan temel tipleri: tekil temel (a) (Url-18), sürekli temel (b) (Url-19), radye temel (c) (Url-19), kazık temel (d) (Url-20)

Tüm temel tiplerinde, yapıyı güvence altına almak için; alt köşe bağlantı elemanlarının temelin beton plakası içine yerleştirilmiş çelik plakalara kaynaklanması (İslam vd., 2016) veya sismik izolatörlerin kullanılması gibi depreme yönelik ek önlemler de alınmaktadır (Resim 2.6).



Resim 2.6. Konteyner birimlerin zemine montajında alınan ek önlemler: çelik plakalarla kaynaklanması (a) (Url-21), sismik izolatörlerin kullanılması (b) (Url-22)

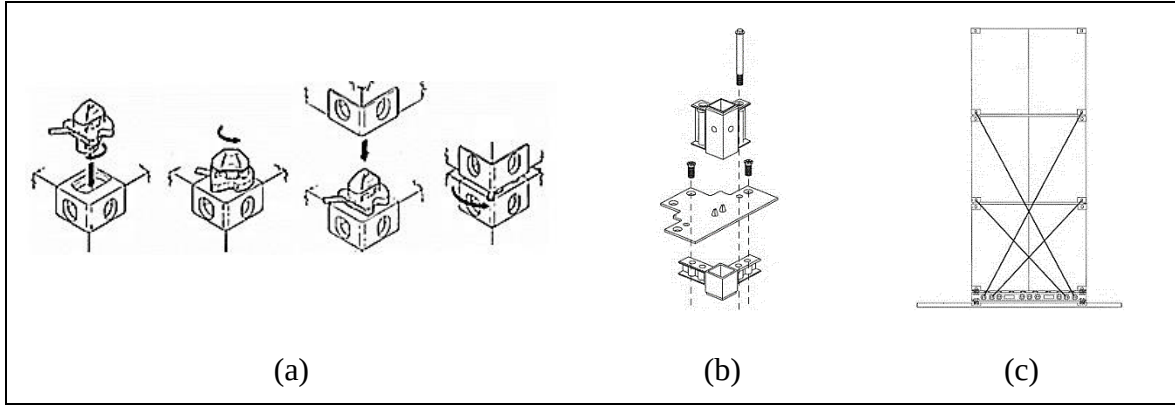
Konteyner birimlerin birbirlerine montajında ise, üç yöntem kullanılmaktadır: yığma sistem, iskelet taşıyıcıya monte sistem ve karma sistem (Resim 2.7). Yığma sistem; hem kendilerinin hem de sistemin tamamının taşıyıcılığını üstlenmek üzere, modüllerin yan yana ve / veya üst üste düzenlenmesi ile oluşturulmaktadır. İskelet taşıyıcıya monte sistem; modüllerin, düşey ve yatay yük aktarımını kesintisiz olarak sağlayan bir çerçeve sisteme (iskelet taşıyıcıya) yerleştirilmesi ile oluşturulmaktadır. Karma sistem ise, yığma ve iskelet sistemlerin birlikte kullanılması ile uygulanmaktadır. Yapı sisteminin bir kısmı yığma sistem iken, diğer kısmı iskelet sistem şeklindedir (Erturan ve Eren, 2012; İlerisoy ve Sevim Koşan, 2020).



Resim 2.7. Konteyner birimlerin birbirine montajında kullanılan sistemler: yığma sistem (a) (Url-23), iskelet taşıyıcıya monte sistem (b) (Url-24), karma sistem (c) (Url-25)

Yığma sistemde, kaç birimin üst üste istiflenebileceği konusunda belirsizlikler vardır. Smith (2010: 174); konteyner birimlerin standart boyutlarda olması sayesinde ek bir destek gerektirmeden, birimin kendi ağırlığına ve yük taşıma kapasitesine bağlı olarak, 5 ila 15 kat olacak şekilde üst üste yığılabildiğini belirtmektedir. Giriunas ve diğerleri (2012); nakliye konteynerlerinin taşıyıcılıkları hakkında bilgi toplamak için, hem değiştirilmemiş hem de değiştirilmiş konteynerler üzerinden analizler yapmışlardır. Analiz sonucunda; bu birimlerin, 7 kat yüksekliğe kadar yapı için imkan sağladığı bulunmuştur. Bu doğrultuda, konteyner yapılar ortalama 7 kat yüksekliğine kadar yığma sistemle oluşturulabilirken; 7 kattan daha fazla olan uygulamalarda, iskelet sisteme monte sistem veya karma sistem tercih edilmesi gerektiği söylenebilir. Ancak, yine de; bu mukavemet, bütün çelik iskelete ve / veya destekleyici duvarlara ne kadar müdahale edildiğine bağlıdır. Ayrıca, vincin kaldırma sınırlamaları da; ne kadar yüksekliğe kadar istiflenebileceğini belirlemede önemlidir ve ülkelerin sahip olduğu teknolojiye göre değişiklik göstermektedir (Botes, 2013: 54; Anagal ve Dhongade, 2017).

Nakliye konteynerleri, üst üste istiflenebilmeleri için; dört köşeden desteklenecek şekilde, özel köşe bağlantı elemanları ile üretilmektedir. Bu bağlantılar, özellikle çok katlı konteyner yapılarında; modüler birimleri bir arada tutmak için yapısal olarak avantaj sağlayacağı için önemlidir (Moore vd., 2015). Büküm kilitli bu köşe kitleme mekanizması; benzer doğrultuda yönlendirildiklerinde, birimin basit dikey bağlanmasına izin vermektedir (Şekil 2.9a) (Andersson, 1999; Kamazaraly vd., 2017). Mevcut bu mekanizmanın yapılar için daha uygun hale getirilmesi amacıyla, Bowron ve diğerleri (2016) tarafından da farklı bir bağlantı elemanı tasarımı (United States Patent No. US 9458619B2) geliştirilmiştir (Şekil 2.9b). Öte yandan, Holt ve Elkinton (2003) tarafından geliştirilen ve konteyner birimlerin yüklenmesindeki güvenliği sağlayacak detay (United States Patent No. US 6666635B2) da birbirine montajı destekleyecektir (Şekil 2.9c). Ayrıca; konteynerleri kalıcı bir şekilde birbirine sabitlemek için, bu birleşim noktalarında, zemine montajında olduğu gibi kaynak da kullanılabilir (Moore vd., 2015).



Şekil 2.9. Konteynerlerin birbirine montajında kullanılan özel köşe bağlantıları: çift uçlu büküm kilidi (a) (Campbell-Dollaghan, 2014), Bowron ve diğerleri (2016)'nin tasarımı (b), Holt ve Elkinton (2003)'ün tasarımı (c)

Özel köşe bağlantı elemanları; konteyner birimlerin üst üste istiflenmesi yanında, yan yana montajında da yardımcı olmaktadır. Bu durum, manşon yardımıyla gerçekleştirilmektedir (Resim 2.8).



Resim 2.8. Konteyner birimlerin yan yana montajında manşon kullanılması (Url-26)

Yapısal istikrarın yanı sıra; özellikle çok birimli yapılar için, konteynerlerin istiflenmesi gerçekleşirken, işlevlerin koordinasyonuna da dikkat edilmesi gerekmektedir. Banyo, tuvalet ve mutfak gibi ıslak hacim birimleri; bunlara örnek olarak gösterilebilir (Anagal ve Dhongade, 2017).

Performans gereklilikleri

Mimari mekanda ve / veya yapı tasarımlarında, çevresel etkilerin belirlenmesi; tasarım evresinde düşünülmesi gereken, ancak bir o kadar da yönetilmesi zor performans gerekliliklerinin analizini gerektirmektedir. Performans gereklilikleri, bu doğrultuda; birbirleri ile bağlantılı olacak şekilde, çevresel performans ve yapısal performans şeklinde ele alınabilir.

Morawski (2006); bir yapının çevresel performansını belirleyen çevresel etkideki en önemli ölçütün, “somut enerjisi” olduğunu belirtmektedir. Artan somut enerji, sera gazı salımlarında da bir artış olduğunu göstermekte ve çevremize daha fazla zarar vermektedir. Somut enerji, binalarda iki şekilde yer almaktadır (Vijayalaxmi, 2010):

- İlk somut enerji (birincil enerji, gömülü enerji, somutlaşmış enerji): Binayı oluşturan her bir ürün için; ham madde çıkarılması, ürün imalatını yapmak üzere üretim tesisine taşınması, üretimi, inşaat alanına taşınması ve yapımı (inşaatı) için kullanılan enerjiyi temsil etmektedir. İlk somut enerjinin; doğrudan enerji ve dolaylı enerji olmak üzere iki bileşeni bulunmaktadır. Doğrudan enerji, bina ürünlerini inşaat alanına taşımak ve daha sonra binayı inşa etmek için kullanılan enerjidir. Dolaylı enerji ise; bu faaliyetlerle ilgili, herhangi bir taşıma da dahil olmak üzere, yapı malzemelerini elde etmek (ham madde çıkarmak), işlemek ve yapı ürünü üretmek (fabrikada üretim) için kullanılan enerjidir.
- Tekrarlayan somut enerji (ikincil enerji, operasyonel enerji): Bina kullanım ve işletim evresi; ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma ve sıcak su temini için harcanan enerjiyi kapsamaktadır. Bu evrede, enerji tasarrufunun sağlanması için, kullanım öncesinde (ürün ve yapım evrelerinde) yapısal performansa yönelik belirli önlemlerin alınması gerekmektedir. Dolayısıyla, yapısal performansın çevresel performansı da etkilediği söylenebilir.

Çevresel etkide önemli olan diğer bir ölçü ise, “karbon ayak izi” dir. Karbon ayak izi, herhangi bir ürünün yeryüzünde bıraktığı çevresel baskıya verilen addır. Teorik olarak; bir ürünün karbon ayak izi ne kadar düşükse, o kadar çevre dostu olur (Vijayalaxmi, 2010).

Binaların ilk somut enerjisini ve karbon ayak izini azaltmak için, yeniden kullanım sağlanması önemlidir. Yeniden kullanım; oluşacak atıkları azaltarak, inşa edilecek yeni binanın somut enerjisini ve karbon ayak izini dolaylı olarak azaltmayı sağlamaktadır (Vijayalaxmi, 2010). Bu doğrultuda; atık nakliye konteynerlerinin prefabrik ve modüler yapı birimi olarak mimaride yeniden kullanılması; yapı malzemesi üretiminde kullanılacak enerjinin büyük bir kısmını engellemiş olur. Ayrıca, İslam ve diğerleri (2016); konteyner yapı inşası sırasında yerinde üretilen atıkların, diğer geleneksel yöntemler ile elde edilen konvansiyonel yapı inşaatlarına nazaran %70 daha az olduğunu belirtmektedir. Bu bağlamda; prefabrikasyon, inşaatın hızını, malzemelerin verimliliğini ve işçi güvenliğini geliştirirken, geleneksel saha yapımı inşaat uygulamalarına kıyasla inşaatın çevresel

etkilerini de sınırlamaktadır. Ancak, bu birimlerin özellikle toksisite durumunun incelenmesi ve tekrarlayan somut enerjinin azaltılması için kullanım öncesinde yapılacak müdahalelerdeki çevresel etkilerin iyi analiz edilmesi gerekmektedir.

Nakliye konteynerleri, güvenli taşımacılığın sağlanması üzere, bitki ve / veya haşere gibi zararlıların yayılmasını engellemeye yönelik belirli teknik müdahaleler geçirmektedir. Bu müdahale yöntemleri arasında; ısıtma işlemi, ışınlatma ve kimyasal yollar gibi uygulamalar bulunmaktadır (Baur vd., 2015). Kimyasal yollar, diğer yöntemlerin daha maliyetli olabilmesi veya kargo türüne uygun olamaması gibi nedenlerden dolayı genellikle ilk tercih edilen yöntemdir (Widdowson, 2013) ve toksisite sorununu oluşturmaktadır (Sevim Koşan ve Beyhan, 2023). Bu durum, her ne kadar limanların şüpheli konteynerleri rutin olarak izlemesi ve konteynerlerin dekontamine edilmesi (temizlenmesi, arındırılması) ile ilgili her türlü maliyeti ithalatçı firmaya geri aktarması gibi uygulamalar sonucunda değişmeye başlasa da (Widdowson, 2013); bazı ülkelerde halen kullanılmakta ve çevreci olmayan bir yaklaşım sunmaktadır. Dolayısıyla da, toksik durumdaki boş konteyner stoğunun göz ardı edilmeyecek oranda olduğuna işaret etmektedir.

Kimyasal işlem görmüş konteynerler, IMO (2022) tarafından yayınlanan “Uluslararası Denizcilik Tehlikeli Mallar (IMDG-International Maritime Dangerous Goods) Kodu” kapsamına girmektedir. Bu kod doğrultusunda, kullanılan kimyasallar ve işlem tarihini belirten uyarı etiketinin konteyner dış yüzeyinde yer alması gerektiği belirtilmektedir. Ayrıca bunlara işlem prosedürlerini belirten doğru taşıma belgeleri de eşlik etmelidir (Svedberg ve Johanson, 2013). Ancak; limanlarda rastgele seçilen konteyner birimler üzerinden yapılan çalışmalarda (Baur vd., 2009; Luyts ve Mück, 2011; Svedberg ve Johanson, 2013), çoğu kez uyarı etiketlerinde yer alan bilgiler ile ölçülen değerler birbirleriyle örtüşmediği sonucuna ulaşılmıştır. Bu nedenle, hepsinin potansiyel olarak tehlikeli kabul edilmesi gerekmektedir.

Deneyisel çalışmalar; bu kimyasalların bir kısmının (örneğin; metil bromür, sülfürlü florür, kloropikrin) yüzeyler tarafından emilebildiğini ve ardından uzun süreler boyunca yavaş salındığını göstermiştir (Svedberg ve Johanson, 2013). Bu durum, havalandırma sağlansa bile konteyner birimlerin özellikle iç yüzeylerinde hala kimyasalların yer alabileceğini belirtmektedir (Sevim Koşan ve Beyhan, 2023). Ayrıca, üretim hattından yeni çıkmış kargo

ürünlerinden ve / veya ürün ambalaj malzemelerinden de konteyner iç hacmine belirli zararlı kimyasallar yayılabilmektedir (Johanson ve Svedberg, 2020).

Sağlıklı bir iç mekan sağlamak için çelik yüzeylerin (duvarlar ve tavan) tamamen değiştirilmesi, hem bu birimlerin monokok yapıda olması (Bölüm 2.2.1) hem de çevreye bırakılacak kimyasal nitelikli bir atık oluşturacağı nedenleriyle tercih edilmemelidir. Aynı şekilde mevcut ahşap kontrplak zemin kaplamasının yeni döşeme ile değiştirilmesi de, çevreye kimyasal nitelikli bir atık bırakmaya neden oluşturacağı için çevresel bir yöntem olmayacaktır. Toksik maddeleri temizlemek üzere, konteyner çelik yüzeylerinin kumlama tekniği ile soyularak temizlenmesi ve korozyonu engellemek için tekrar boyatılması ile kullanabilecek hale gelen bir konteynerin ise, yaklaşık 500 kg kadar zehirli atık ürettiği (Keskin, 2015) ve çevreye önemli bir yük getirdiği belirtilmektedir. Öte yandan, döşeme kaplamasındaki ahşaba zımpara işlemi uygulamak da, büyük olasılıkla daha fazla uçucu kimyasal gaz çıkışına ve solunduğunda ciddi sağlık riskleri oluşturan tehlikeli toza yol açacaktır (Stan, 2020). Toksisite sorununa çözüm olarak; toksik olmayan bir bariyer (sızdırmazlık astarı) oluşturmak, kimyasalların kapsüllenmesine ve tehlikeli uçucu gazların dışarı atılmasını engellemeye yardımcı olacaktır (Roberts, 2018). Bu doğrultuda; konteyner birim ile arasında bir bariyer oluşturacak şekilde özellikle iç mekandan kapsüllenmesi, zehirli kimyasal madde yayabilecek yüzeylerden yalıtılarak tamamen ayrılmayı sağlayacaktır. Bu durumda, sızdırmazlığı sağlayacak ve bariyer görevinde kullanılacak yapı malzemelerinin özellikleri büyük önem kazanmaktadır (Sevim Koşan ve Beyhan, 2023).

Öte yandan, konteyner birimlerin kütsel olarak ağır olmaları (Çizelge 2.2), ısı kütlesi olarak çalışmalarına neden olmaktadır. Dış kabuk kalınlığının ince olması (Çizelge 2.4) nedeniyle de, güneş ışınlımı yoluyla hızlı bir şekilde ısınır ve ışınlımının kaybolmasıyla hemen soğumaya başlarlar (Alemdağ ve Aydın, 2015). Sıcaklığın bu şekilde ani olarak değişimi sonucunda ise; nemli hava soğuk bir yüzeyle karşılaştığında ve havadaki su buharının bu yüzeylerde bir sıvıya dönüşmesiyle birlikte yoğuşma problemi gerçekleşebilmektedir (Sevim Koşan, 2020). Yani, yüksek ısı iletkenliğine sahip nakliye konteynerleri, yeterince yalıtılmamış ise yoğuşmaya eğilimlidir (Botes, 2013: 41). Bu durum, ortalama %70'in üzerinde yüksek nem seviyesi içeren iklimlerdeki konteyner yapılarında ek önlemlerin alınması gerektiği anlamına gelmektedir. Bu durumda, yapı birimi olarak kullanılacak bu birimlerdeki yapısal performansın ve konfor koşullarının sağlanması üzere, tekrarlayan somut enerjinin azaltılması ve yoğuşmanın engellenmesi için hem ısı

yalıtımının hem de buhar / nem yalıtımının yapılması gerekmektedir (İsmail vd., 2015). Bu yalıtım katmanları, aynı zamanda, toksisite sorununa yönelik sızdırmazlığı sağlayacak bariyer görevini de üstlenebilir. Bu doğrultuda; yapı kabuğunun bütüncül tasarımı, büyük önem taşımaktadır.

Polimerlerin fizikokimyasal ve mekanik özellikleri incelendiğinde, denizcilik uygulamalarındaki polimerik kaplamaların çelik yüzeylere yapışma davranışının olumlu olduğu belirtilmektedir (Verma vd., 2019). Konteynerlerin de denizcilik uygulamalarında yer alan endüstriyel ürün olmaları nedeniyle, polimer kaplamalar tercih edilmelidir (Sevim Koşan ve Beyhan, 2023).

Polimer kaplamalar, performans gereksinimlerini karşılamak için yüzey özelliklerini değiştirmede sıklıkla tercih edilmektedir ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Bariyer özelliğinin yanında, çizilme ve aşınma direnci ile kimyasal direnç gibi özellikler; tercih edilmesindeki en büyük nedenlerdendir (Kausar, 2018). Ayrıca; istenen uygulama profiline göre ayarlanabilme özelliği (Verma vd., 2019), su geçirmezlik, korozyon önleyicilik, hafiflik, yüksek mukavemet, ses yalıtımı ve ısı yalıtımı gibi birçok olumlu özellik de içerebilmektedir. Polimer kaplamalar; dış duvarlar, iç duvarlar, zeminler, tavanlar ve çatılar gibi yapıların birçok yerinde kullanılabilmektedir. Yaygın polimer bina kaplamaları arasında ise; yangın geciktirici kaplamalar, buhar / nem / su geçirmez kaplamalar, ısı yalıtım kaplamaları, kendi kendini onaran kaplamalar, sterilizasyon kaplamaları, buz fobik (buzlanmayı önleyen) kaplamalar ve antikorozif (korozyonu önleyen) kaplamalar bulunmaktadır (Shen vd., 2020).

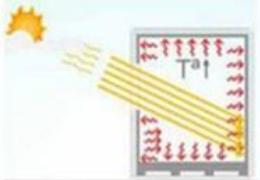
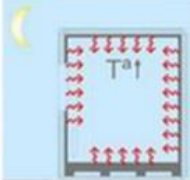
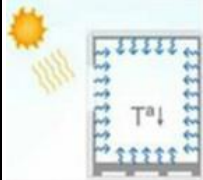
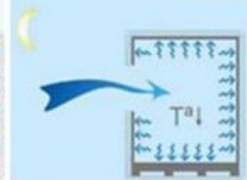
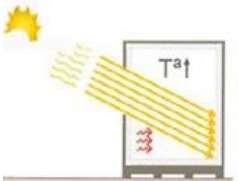
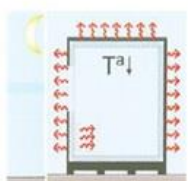
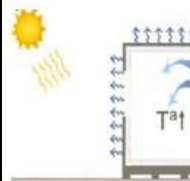
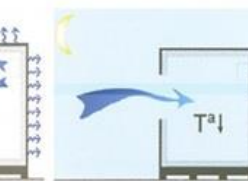
Konteyner yapı kabuğu katmanlarının oluşturulması üzerine yapılan çalışmalarda (Robinson, 2017; Bowley ve Mukopadhyaya, 2019; Shen vd., 2020), yapısal performansı sağlamak üzere konteyner bir birime; dış yalıtım ve / veya iç yalıtım yapılabileceği belirtilmektedir. Her bir yalıtım konumu tipinin ise, kendi içinde avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır:

- Dış yalıtım: Konteyner birimin termal ataletinden tam olarak yararlanmasına izin vermektedir (Çizelge 2.5) (Alemdağ ve Aydın, 2015). Yani, termal enerjiyi (ısı) depolamasını, korumasını ve kademeli olarak serbest bırakmasını sağlamaktadır. Bu durum, iç mekanda yoğuşma olmasını engellemektedir. Ayrıca, yer kısıtlaması yoktur;

yani, gereksinimleri karşılamak için daha büyük kalınlıktaki yalıtım ve kaplama malzemeleri kullanılabilir. Ancak, mevcut cephedeki estetik niteliklerin göz ardı edilmesine neden olmaktadır. Öte yandan; yalıtım ve kaplama malzemelerini desteklemek için konteyner birimin etrafına inşa edilen bir karkas çerçeveye ihtiyaç duyulabilir. Ayrıca, yağmur suyunun yalıtımı bozmasını ve çelik konteyner kabuğuna zarar vermesini engellemek için, buhar / nem / su yönetimini gerektirmektedir (Bowley ve Mukopadhyaya, 2017). Bu doğrultuda; duvar yüzeylerinde nem bariyeri olarak buhar / nem yalıtımı, tavan / çatı yüzeylerinde ise su bariyeri olarak su yalıtımı yapılmalıdır.

- İç yalıtım: Kullanıcıların, konteynerin iç yüzeyindeki kimyasallardan etkilenmesini engellemektedir. Ayrıca, modüllerin birbirine montajını sağlayacak olan özel köşe bağlantı elemanlarının (örneğin; çift uçlu büküm kilidi, manşon) kullanılabilmesini sağlamaktadır. Yalıtım için kurulacak iç karkas çerçeve ise; kaplama malzemelerinin yanında mutfak dolabı gibi sabit tefrişlerin monte edilmesinde de kullanım olanağı sağlamaktadır (Bowley ve Mukopadhyaya, 2017). Bu sayede, konteyner birim içindeki elektrik ve sıhhi gibi genel tesisatlar da, yalıtım içinde gizlenebilecektir. Ancak, öte yandan; konteyner birimin iç boyutlarını azaltmaktadır (Alemdağ ve Aydın, 2015). Ayrıca, iç hava sıcaklığının dış hava sıcaklığından daha fazla olduğu durumlarda, sıcaklık farkından kaynaklı iç mekanda oluşacak buharın ve yoğuşmanın, yalıtım malzemesine zarar vermesini engellemek için ısı yalıtımının iç mekana bakan yüzeyine (duvarın sıcak tarafına) buhar bariyeri olarak buhar / nem yalıtımının da yapılması gerekmektedir (Johanson, 2023).

Çizelge 2.5. Yalıtım konumuna göre konteyner ısı davranışı (Garrido, 2011: 19-21)

Konteyner Isıl Davranışı					
Yalıtım Konumu	Kış Dönemi		Yaz Dönemi		
Dış Yalıtım					
	Gündüz	Gece	Gündüz	Gece	
İç Yalıtım					
	Gündüz	Gece	Gündüz	Gece	

Her iki yalıtım konumunda da, ısı köprüsü oluşturmaması için; yalıtımın, metal veya ahşap saplamlar olmadan uygulanması gerekmektedir (Sevim Koşan, 2020). Ayrıca, konteyner çelik yüzeylerindeki olukların ısı yalıtım malzemeleri ile tamamen doldurulması ve yoğuşma olabilecek herhangi bir boşluğun bırakılmaması önemlidir (Stetson, 2022).

Isı yalıtım malzemeleri, yapı kabuğundan dışarıya kaçan ısı miktarını azaltmak ve / veya yapı kabuğundan içeriye girmeye çalışan fazla ısıyı engellemek için kullanılmaktadır. Bu doğrultuda, ısı yalıtım malzemelerinde özellikle bakılması gereken belirli özellikler bulunmaktadır (Çizelge 2.6):

- Isıl geçirgenlik katsayısı: U değeri olarak bilinen bu değer, malzemenin ne kadar ısı ilettiğini göstermektedir.
- Isıl direnç: R değeri olarak bilinen bu değer, malzemenin ısıya dayanma yeteneğidir ve yalıtım görevini ne kadar iyi yapabileceğini göstermektedir. Bu değer, iki faktöre bağlıdır: malzeme kalınlığı ve malzeme yoğunluğu (Brodaski vd., 2010: 31). Yalıtım ne kadar kalın olursa, R değeri o kadar yüksek olur. Öte yandan, daha yüksek R değerleri, ısının yalıtılmış mekana girip çıkma şansının az olduğu anlamına geldiği için dezavantajlı da olabilmektedir. Yoğunluk ise, malzemenin birim hacminin kütlesidir. Yoğunluk arttıkça, R değeri artmaktadır. Ancak, bu durumda buhar geçirimsizliğinin artacağı da göz önüne alınmalıdır ve mevcut şartlara en uygun değer seçilmelidir (Sevim Koşan, 2020).
- Isı iletkenlik katsayısı: λ değeri olarak bilinen bu değer, her malzemede değişen bir değerdir ve yalıtım seviyesini göstermektedir. ISO ve CEN standartlarına göre; λ değerinin 0,065 W/mK'dan büyük olduğu durumdaki malzemeler “yapı malzemesi”, küçük olduğu durumdaki malzemeler ise “ısı yalıtım malzemesi” olarak adlandırılmaktadır. Yalıtım mantığında, λ değerinin olabildiğince küçük olması tercih edilir. Ancak; farklı malzemelerin sadece ısı iletkenlik katsayı değerlerinin birbiri ile karşılaştırılması, yalıtım performansının ortaya konması açısından her zaman doğru sonuç vermeyebilir. Bu doğrultuda, yapıdaki kullanım yerine uygun olacak malzeme seçimi önemlidir (Sevim Koşan, 2020).

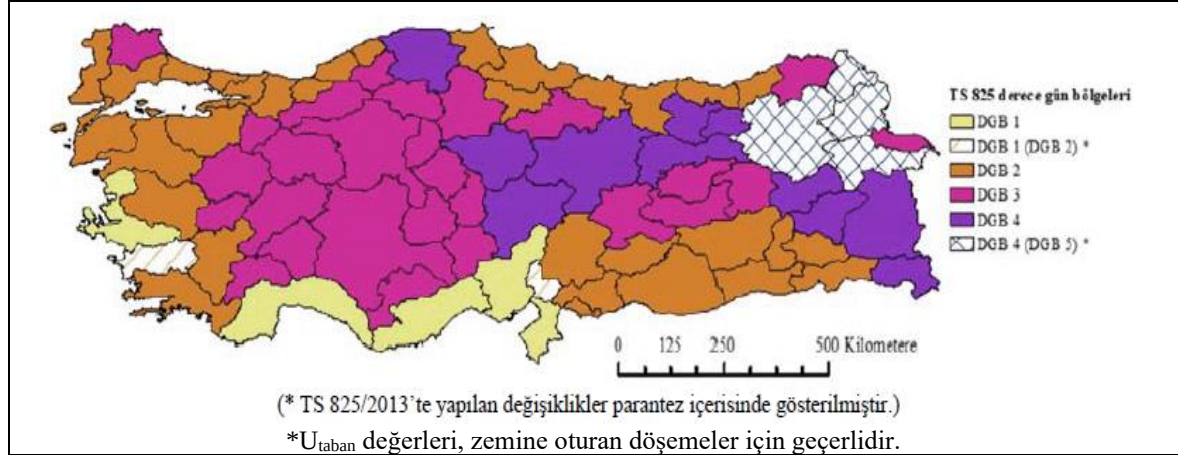
Çizelge 2.6. Yapı kabuğu katmanlarının oluşturulmasında kullanılacak ürünlerde bakılması gereken özellikler (TSE, 2013)

Malzeme Özelliği	Kısaltma	Birim	Eşitlik
Malzeme Kalınlığı	d	m	$d = R \times \lambda$
Isı İletkenlik Katsayısı	λ	W / mK	$\lambda = d / R$
Isı Direnci	R	m ² K / W	$R = d / \lambda$
Isı Geçirgenlik (Isı İletimi)	U	W / m ² K	$U = 1 / R$ $U = \lambda / d$

Türkiye’de uygulanacak bir yapıdaki uygun malzeme kalınlığını hesaplamak için, yapının uygulanacağı konumun yer aldığı bölgedeki sağlaması gereken (en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen) U değerleri (Çizelge 2.7) esas alınmakta ve Çizelge 2.6’de yer alan eşitlikler kullanılmaktadır.

Çizelge 2.7. TS 825’te, derece gün bölgelerine en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen U değerleri (TSE, 2013; Altun vd., 2020)

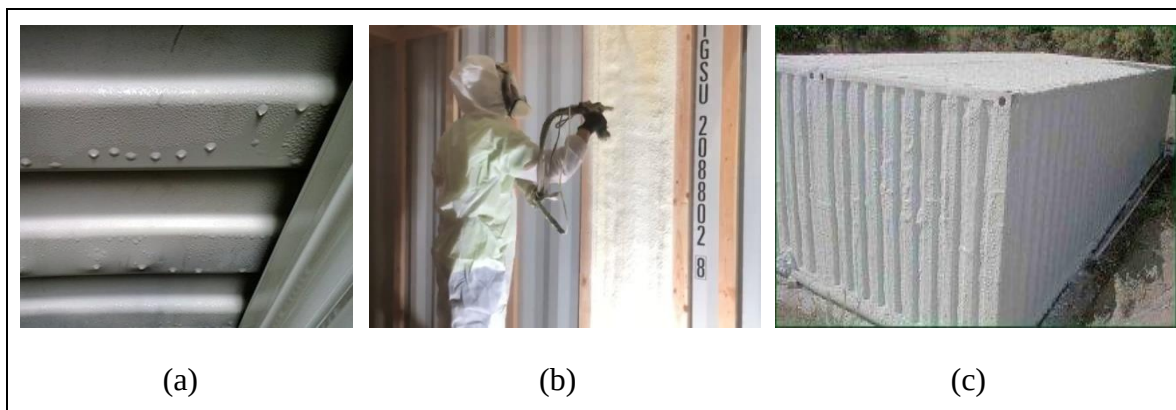
Derece Gün Bölge Adı	U _{duvar}	U _{tavan}	U _{taban} *	U _{pencere}	İl Sayısı
1.Bölge	0,66	0,43	0,66	1,80	5
2.Bölge	0,57	0,38	0,57	1,80	34
3.Bölge	0,40	0,28	0,43	1,80	27
4.Bölge	0,38	0,23	0,38	1,80	11
5.Bölge	0,36	0,21	0,36	1,80	4



Yapılarda gerekli R değerinin sağlanması için, kullanım yerine göre daha fazla veya daha az malzeme kalınlığı gerekebilmektedir. Bu nedenle, yalıtım türü önemlidir (Bowley ve Mukopadhyaya, 2017; Sevim Koşan, 2020). Konteynerlerle uyumlu polimer özellik gösteren ısı yalıtım malzeme türleri; yerinde köpüren spreyci köpükler (İslam vd., 2016), sert yalıtım panelleri (Elrayies, 2017; İlerisoy ve Sevim Koşan, 2020), örtü yalıtımları (Elrayies, 2017; İlerisoy ve Sevim Koşan, 2020), sert mineral yünler (Elrayies, 2017; İlerisoy ve Sevim

Koşan, 2020) ve faz değişim malzemeleri (Copertaro vd., 2016; Sevim Koşan, 2020) olarak çeşitlendirilebilir.

Konteyner yapıların yalıtımlarında en yaygın kullanılan malzeme, yerinde köpüren spre yalıtımlardan biri olan “(kapalı hücreli) poliüretan spre y köpüğü”dür (Resim 2.9). Kapalı hücre sisteminde, yalıtım malzemesinin hücreleri genellikle belirli gaz türleriyle doldurulmaktadır. Bu gaz, hücreleri genişleterek çevresindeki boşlukları doldurmaktadır. Bu sayede, daha yüksek R değeri (1 cm uygulama için 0,4 m²K/W) sağlamaktadır. Ayrıca, ısı akışına karşı direnç sağlamasının (ısı yalıtım özelliği) yanında, buhar kesici özellik (buhar bariyeri özelliği) de içerdiği için, ek bir buhar kesici katmanına gerek duyulmamaktadır. Bu sayede; yoğuşmayı ve korozyonu önleyen, düz, kesintisiz bir yalıtım sağlamaktadır. İç ve dış duvar yüzeylerine ek olarak; nemi önlemek ve ısı köprülerini engellemek amacıyla, zemin ve tavan yüzeylerine de uygulanabilmektedir (Elrayies, 217). Malzeme kalınlığının düşük olması (Peña ve Schuzer, 2012) ise, alan kaybını engellemektedir. Uygulamadan sonra bitmiş bir görünüm elde etmek için ise, köpük yüzeyi doğrudan boyanabilmektedir (Sevim Koşan, 2020). Ayrıca; uygulamanın hızlı bir şekilde yapılması, inşaat süresi açısından avantaj sağlamaktadır. Ancak; yüksek maliyetli olması (Elrayies, 2017) ve gerekli önlemler alınmadığı takdirde uygulama esnasında solunduğunda solunum problemlerine neden olabilecek kimyasallar barındırması (Sevim Koşan, 2020) nedenleriyle dezavantaj oluşturabilmektedir.



Resim 2.9. Konteyner birimlerde (kapalı hücreli) poliüretan spre köpük yalıtım uygulaması: yoğuşma problemi (a) (Johanson, 2023), iç yalıtım (b) (Url-27), dış yalıtım (c) (Url-28)

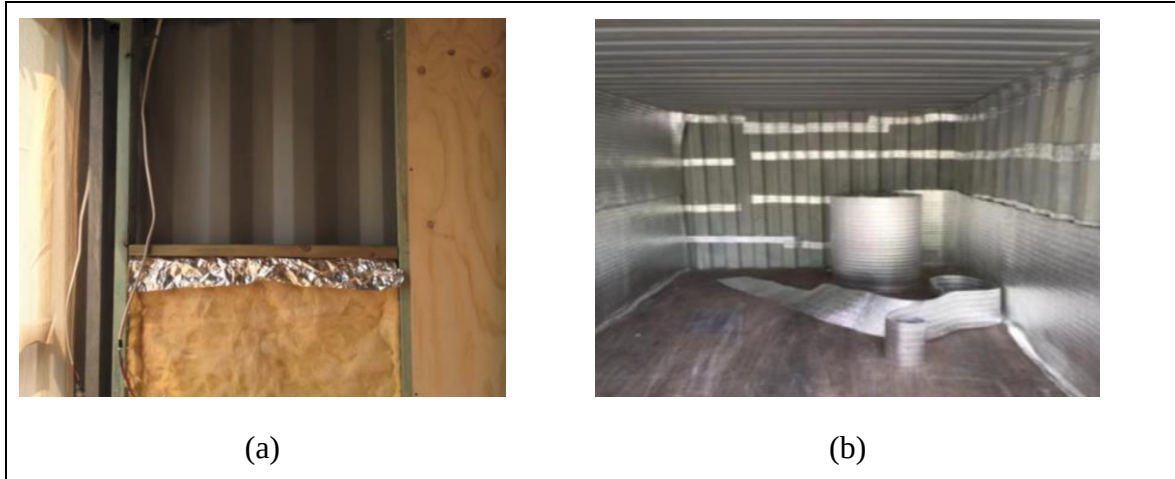
Sert yalıtım panelleri, hafif ve nefes almaz özelliktedir. Genel olarak; yapı yalıtımında sıklıkla kullanılan “Ekstrüde polistiren sert köpük (XPS-Extruded Polystyren Foam)” ve

“Expand polistiren sert köpük (EPS-Expanded Polystyren Foam)” gibi yalıtımlar, bunlara örnek olarak gösterilebilir. Hafif olan bu panellerin küçük kalınlıkta olanları bile, yüksek yalıtım değerlerine sahiptir. Yüzeye uygulanması, yapıştırılarak ve / veya montaj elemanları ile takılarak gerçekleştirilmektedir (Elrayies, 2017). İç ve dış duvar yüzeylerine ek olarak, zemin ve tavan yüzeylerine de uygulanabilmektedir. Ancak, iç yalıtım olarak uygulandığında, herhangi bir nem veya yoğuşmanın yalıtımın arkasına geçmesi durumunda; pas, korozyon, küf ve bakteri gibi problemlerin ortaya çıkması dezavantaj oluşturabilmektedir (Sevim Koşan, 2020). Bu nedenle, buhar bariyeri ile birlikte veya yüzeyi buhar bariyeri özelliği sağlayacak malzeme ile kaplanmış çeşitleri (Resim 2.10) kullanılmalıdır.



Resim 2.10. Konteyner birimlerde sert yalıtım panel uygulamaları: yüzeyi buhar bariyeri özelliği sağlayacak malzeme ile kaplı XPS yalıtım paneli uygulaması (a) (Url-29), yüzeyi buhar bariyeri özelliği sağlayacak malzeme ile kaplı EPS yalıtım paneli uygulaması (b) (Url-30)

Örtü yalıtımları, köpük ve panel şeklindeki yalıtımlar ile karşılaştırıldığında; daha düşük maliyetlidir, ancak uygulama süresi daha uzundur. Rulo şeklinde oldukları için, özellikle duvar yüzeylerine uygulanırken yardımcı monte elemanlarına sabitlenmesine dikkat edilmelidir. Böylece, duvar yüzeyine herhangi bir müdahale edilmez ve ısı köprüleri engellenmiş olur (Elrayies, 2017). Sadece iç yalıtım olarak, iç duvar ve tavan yüzeylerinde uygulanabilmektedir. Ancak, yoğuşmayı engellemek için buhar bariyeri ile birlikte (Resim 2.11a) veya yüzeyi buhar bariyeri özelliği sağlayacak malzeme ile kaplanmış çeşitleri (Resim 2.11b) kullanılmalıdır (Sevim Koşan, 2020).



Resim 2.11. Konteyner birimlerde örtü yalıtım uygulamaları: buhar bariyeri (alüminyum folyo) ile birlikte kullanılan mineral yün (taş yünü) örtü yalıtımı uygulaması (a) (Url-31), yüzeyi buhar bariyeri özelliği sağlayacak malzeme ile kaplı fiberglas (kapalı hücreli polietilen köpüğü) örtü yalıtımı uygulaması (b) (Url-32)

Sert mineral yünler; yangına karşı dayanıklıdır ve ses geçirmez özelliktedir (Elrayies, 2017). Genel olarak; yapı yalıtımında sıklıkla kullanılan taş yünü ve cam yünü gibi yalıtımlar, bunlara örnek olarak gösterilebilir. Örtü yalıtımlarından farkı, malzeme biçimi ve uygulama şeklidir (Resim 2.12) (Sevim Koşan, 2020). Hem iç hem de dış yalıtım olarak; duvar, zemin ve tavan yüzeylerinde uygulanabilmektedir. Ancak, iç yalıtım olarak uygulandığında, yoğunlaşmayı engellemek için buhar bariyeri ile birlikte veya yüzeyi buhar bariyeri özelliği sağlayacak malzeme ile kaplanmış çeşitleri kullanılmalıdır.



Resim 2.12. Konteyner birimlerde sert mineral yün yalıtım uygulaması (Url-33)

Faz değişim malzemeleri; durumlarını katıdan sıvıya veya tam tersi şekilde değiştiren organik, inorganik veya maksimum sayıda fazın bir arada dengede olduğu ötektik maddelerdir. Bu özellik sayesinde, ısı akümülatörleri görevi görmektedir (Cabeza vd.,

2011). Vakum izolasyon paneller (VIP-Vacuum Insulation Panels), bunlara örnek olarak gösterilebilir. Malzemenin su geçirmez olması için, panelin içinde nem tutucular kullanılabilir. Sızdırmazlığı sağlamak amacıyla ise; çekirdek malzeme, çok katmanlı alüminyum bariyer film veya metalize polimer film ile kaplandıktan sonra vakumlanmaktadır (Delikanlı, 2015). Bu nedenle, iç yalıtım olarak uygulandığında, ek bir buhar kesici katmanına gerek duyulmamaktadır. Genellikle, iç duvar ve tavan yüzeylerinde uygulanmaktadır. En büyük avantajları, uygulama kalınlığının düşük olması (Bayrakçı vd., 2011) ve hem kış hem de yaz sıcaklık dalgalanmalarını kontrol edebilmeleridir (Soares vd., 2013). Yüksek maliyetli olmaları ise, en büyük dezavantajıdır (Bayrakçı vd., 2011).



Resim 2.13. Konteyner birimlerde faz değişim malzeme ile yalıtım uygulaması (Url-34)

2.3. Konteyner Yapıların Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi

Konteyner bir yapının çevresel performansını analiz etmek ve değerlendirmek; yapının yaşam döngüsü boyunca ortaya çıkan bütün çevresel etkilerini, sistematik ve kapsamlı bir şekilde anlamayı gerektirir. Bu da, yapı düzeyinde uygulanacak yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) çalışması ile gerçekleşmektedir.

Konteyner yapılar, atık nakliye konteynerlerinin fabrika ortamında uyarlanarak modüler ve prefabrik yapı birimi olarak yeniden kullanılması ile oluşturulmaktadır. Bu nedenle, konteyner yapıların yaşam döngüsündeki etkenler, geleneksel yöntemlerle inşa edilmiş konvansiyonel bir binanın yaşam döngüsündeki etkenlerden farklıdır. Bu doğrultuda; konteyner yapılara yönelik yapı düzeyinde ele alınacak bir YDD çalışması, dört adımda ele alınmalıdır: duyarlılık analizi, süreç analizi, girdi-çıkıtlı analizi, entegre hibrit analizi.

2.3.1. Duyarlılık analizi

Duyarlılık analizi; konteyner birimlerin, yük taşımacılığı amaçlı ilk kullanımındaki yaşam döngüsünden kaynaklanan etkilerin ağırlığını değerlendirmek amacıyla yapılmaktadır. Bu analiz ile, üç durum etkileri karşılaştırılır: yük taşımacılığı için kullanılan bir nakliye konteynerinin ilk üretimi, mimari yapı birimi olarak kullanımını sağlamak üzere prefabrik ve modüler yapı birimi olarak fabrikada uyarlanarak yeniden kullanımı, farklı bir işlevde ve formda kullanılmak üzere geri dönüşüm tesislerinde farklı bir ürüne dönüştürülmesi. Bunu yaparken, konteyner çeliği hariç tüm ürün özellikleri (örneğin; konteyner boyutu, döşeme malzemesi) ve malzeme montaj nitelikleri sabit tutulmalıdır (Dara vd., 2019).

Bu tür bir duyarlılık analizi yapmadan önce ise, geri kazanılmış malzemeler ile geri dönüştürülmüş malzemelerin arasındaki farkı belirtmekte fayda vardır. Geri kazanılmış malzemeler, doğrudan yeniden kullanılan ürünler olarak tanımlanırken; geri dönüştürülmüş malzemeler, ürünün farklı işlev ve form ile kullanılmak üzere yeniden işleme tabi tutulması gereken malzemelerdir. Bu noktada; geri kazanılmış malzemelerin uzun mesafeler için taşınması durumunda, çok düşük olan çevresel etkilerinin artabileceği belirtilmelidir. Bu durumda; geri dönüştürülmüş malzemelerin yeniden işleme etkileri ile geri kazanılmış malzemelerin taşıma etkileri, taşıma için bir sınır mesafesi tanımına yol açmaktadır. Nakliye konteynerlerinin birinci ömürleri sonunda, geri dönüştürülerek çelik üretimi sunan yeniden işleme etkileri ile mimari bir yapı birimi olarak düzenlenmesi üzere fabrikaya taşınması ve / veya kullanılması üzere inşaat alanına taşınması etkilerinin karşılaştırılması; buna örnek olarak verilebilir. Bu sınır mesafesi; tasarımcıların, yapı birimi olarak konteyner kullanımının ne ölçüde etkili olduğunu ve atık ürünlerin yeniden kullanılmasının çevresel faydalarını korurken, yaklaşık olarak ne kadar uzaklaştırmanın (taşıma mesafesinin) mümkün olduğunu doğrudan anlamalarına yardımcı olmaktadır. Sınır mesafesi, aynı zamanda; uygulanabilirlik sınırı olarak da ele alınabilir (Bertolini ve Guardigli, 2020).

2.3.2. Süreç analizi

Konteyner bir yapıya, yapı düzeyinde uygulanacak bir YDD çalışmasının ilk adımı olan süreç analizinde; konteyner yapıların yaşam döngüsü evreleri, ISO (2019) standardı doğrultusunda dört aşamada ele alınabilir: ürün evresi, yapım (inşaat) evresi, kullanım ve

işletim evresi, kullanım ömrü sonu evre. Bu doğrultuda; her bir evre, birim işlemleri içeren süreçleri ve alt süreçleri kapsamaktadır.

rn evresi

rn evresi; ham madde çıkarılması, ürün imalatını yapmak üzere üretim tesisine taşınması, üretimi, üretim süreçlerinden kaynaklanan atıkların bertarafını içermektedir. Faludi ve diğerleri (2012), yapı inşasında kullanılacak ürünlerin üretiminde harcanan enerji yoğunluğuna dikkat çekerek, bu evrenin yaşam döngüsü etkilerine hakim olduğunu belirtmektedir. Öte yandan; yapılarda kullanılan malzeme hacminin ortalama %10'una kadar önemli miktarda da atık üretilmektedir (Treloar vd., 2003; Ngo vd., 2009).

Prefabrik ve modüler özellik gösteren konteyner yapı birimleri ile oluşturulan konteyner yapıların, yapı inşaatının yapılmasından / uygulamasından / montajından önceki bütün n montaj süreçlerin fabrika ortamında gerçekleştirilmesinden kaynaklı; ürün evresi, “Fabrikada gerçekleştirilecek yapım süreçlerindeki ürünler” ve “şantiye sahasında (inşaat alanında) gerçekleştirilecek yapım süreçlerindeki ürünler” şeklinde iki başlık altında incelenebilir.

Fabrikada gerçekleştirilecek yapım süreçlerindeki rnler

Konteyner birimlerin yapı birimi olarak yeniden kullanımlarını sağlamak için, fabrikada gerçekleştirilecek yapım süreçlerinde kullanmak üzere, yeni ürünlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu rnler; çerçeveleme ve ilave destek elemanları, toksik olmayan bir sızdırmazlık astarı, karkas ereve, elektrik ve sıhhi tesisatları, yalıtım malzemeleri, kaplama malzemeleri, pencereler ve kapılar, sabit tefrişler, montaj ve taşıma elemanları olarak çeşitlenmektedir. Kullanılacak bu yeni ürünlerin çevresel etkilerinin ve konteyner yapı yaşam döngüsü değerlendirmesine olan katkısının iyi analiz edilmesi gerekmektedir. Her bir ürünün kendi içerisinde farklı bir ürün evresi içermesi durumu ise; ham madde çıkarılması, ürün imalatını yapmak üzere üretim tesisine taşınması, üretimi, üretim süreçlerinden kaynaklanan atıkların bertarafı ile ilgili çevresel etkilerin her ürün için ayrı ayrı hesaplanmasını gerektirir.

Şantiye sahasında (inşaat alanında) gerçekleştirilecek yapım süreçlerindeki ürünler

Konteyner yapılarda, konteyner birimlerin fabrikadaki üretim süreci haricinde; şantiye sahasında yapılması gereken uygulamalar için de birtakım ek ürün teminine ihtiyaç vardır. Bu ürünler; betonarme yapı temeli, çok katlı yapılar için betonarme iskelet sistem veya kompozit taşıyıcı sistemdeki bodrum ve / veya zemin kat ile yatay ve düşey sirkülasyon bölümleri, konteynerlerin birbirleri ve bina sirkülasyon bölümleri ile arasındaki birleşim yerlerinin sızdırmazlığı, bütün yapıyı kapsayan ek çatı, güneş panelleri, yapı elektrik ve sıhhi tesisatlarının genel hatlara bağlantısını sağlayacak tesisatlar için kullanılmaktadır. Bu doğrultuda, inşaat alanında yapılması gereken birim işlemlerdeki gerekli ürünler için; ham madde çıkarılması, ürün imalatını yapmak üzere üretim tesisine taşınması, üretimi, üretim süreçlerinden kaynaklanan atıkların bertarafı ile ilgili çevresel yüklerin hesaplanması gerekmektedir.

Yapım (inşaat) evresi

Yapım evresi, genel olarak; ürünlerin şantiye sahasına taşınması ve yapı inşaatının yapılması süreçlerini içermektedir. Öte yandan, bu evrede oluşacak atıkların bertarafı da dikkat edilmesi gereken diğer bir faktördür.

Prefabrik bir yapıda, prefabrikasyonun sağlanması için; ürünlerin üretildiği tesisten şantiyeye taşınması işlemine ek olarak ekstra bir taşıma aşaması (tesisten fabrikaya), ekstra yükleme ve boşaltma işlemleri (fabrikadan şantiyeye), ekstra malzeme (montaj elemanları), dikkatli kullanım ve taşımadan kaynaklı hasarlardan kaçınmak için kelepçeler (taşıma elemanları) gerektirdiğinden, taşıma ile ilgili etkiler önemli olabilmektedir (Hong vd., 2016). Quale ve diğerleri (2012)'ne göre; modüllerin ve işçilerin inşaat alanına taşınması, kullanım ve işletim evresi öncesindeki somutlaştırılmış sera gazı salımlarının yaklaşık %20'sini temsil etmektedir.

Prefabrikasyon düzeyinden kaynaklanan taşıma ile etkilerde; özellikle, modüllerin boyutu ve ağırlığı kritik bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır (Kamali ve Hewage, 2016). Tamamlanmış modüllerin yüksek hacmi, taşıma ile ilgili önemli etkilere sahip olabilmektedir (Pons ve Wadel, 2011). Mao ve diğerleri (2013)'nin, prefabrik ve geleneksel sistem ile tasarlanan iki binayı karşılaştırdığı çalışmada; prefabrikasyon düzeyi ne kadar

yüksekse, ihtiyaç duyulan yapı malzemesi miktarının, enerjinin ve sera gazı salımlarının o kadar az olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak; bunun, taşıma etkilerini en aza indirerek başarılabileceği özellikle vurgulanmaktadır.

Konteynerler, yük (ürün) taşımacılığında kolaylık sağlamak için kamyon ve tren gibi her türlü taşımacılık sağlayan araçlara uygun boyutlarda üretildikleri için; mimari olarak kullanımlarında da uygulanacağı yere taşınması konusunda boyutsal olarak sorun oluşturmamaktadır (Smith, 2010: 193-205). Bu avantaj, farklı taşıma yöntemleri ile konteynerlerin inşaat alanına getirilebilmesini sağlamaktadır. Ancak, çevresel etki anlamında; fabrika ile yapının uygulanacağı yerin arasındaki mesafe, bu yere taşınmasında kullanılacak sefer tipi (örneğin; karayolları, demiryolu, denizyolu, havayolu), sefer sayıları, sefer sayısına bağlı olarak harcanacak yakıt enerjisi ve çevreye salınacak sera gazı salımları, özellikle çok birimli yapı uygulamaları için tasarım aşamasında iyi analiz edilmesi gerekmektedir.

Prefabrik ve modüler özellik gösteren konteyner yapı birimleri ile oluşturulan konteyner yapıların, yapı inşaatının yapılmasından / uygulamasından / montajından önceki bütün ön montaj süreçlerin fabrikada gerçekleştirilmesinden kaynaklı; yapım (inşaat) evresi, “fabrikada gerçekleştirilecek yapım süreçleri” ve “şantiye sahasında (inşaat alanında) gerçekleştirilecek yapım süreçleri” şeklinde iki başlık altında incelenebilir.

Fabrikada gerçekleştirilecek yapım süreçleri

Gerek yük taşımacılığı amaçlı hizmet ömrü dolmuş atık konteyner birimlerin liman depolama alanlarından mimari yapı birimi olarak uyarlanacağı fabrikaya taşınması, gerekse fabrikada kullanılacak yeni ürünlerin üretim tesislerinden fabrikaya taşınması ile, fabrikada gerçekleştirilecek yapım süreçlerine başlanılır. Nakliye konteynerlerini yapı birimine dönüştürürken dikkat etmemiz gereken performans gerekliliklerini göze alarak, fabrika ortamında; mekanik ve yapısal testlerden geçirilip onarılması, boşlukların kesilmesi, çerçeveleme ve ilave destek elemanlarının uygulanması, tüm yüzeylerine toksik olmayan bir bariyer (sızdırmazlık astarı) yapılması, karkas çerçeve oluşturulması, elektrik ve sıhhi tesisatlarının uygulanması, yalıtım malzemelerinin uygulanması, kaplama malzemelerinin uygulanması, pencere ve kapıların montajı, sabit tefrişlerin montajı, montaj ve taşıma elemanlarının dağıtım işlemleri gerçekleştirilmektedir. Tüm bu birim işlemlerden

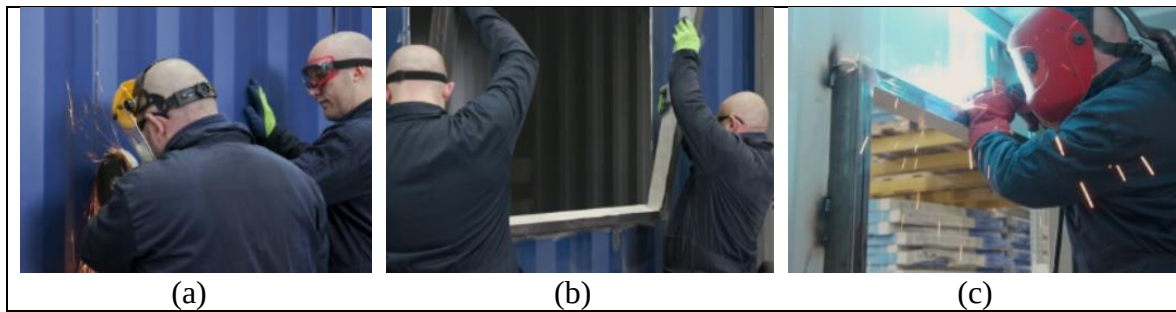
kaynaklanan çevresel yüklerin tek tek hesaplanması gerekmektedir. Ayrıca, fabrikada gerçekleştirilecek tüm yapım süreçlerindeki inşaat atıklarının (örneğin, ürün ambalajları) bertarafındaki çevresel yükler de bu evrede hesaplanmalıdır.

Konteyner birimlerin iskelet ve dış kabuğunun bir bütün halinde mukavemet sağlaması nedeniyle, atık konteyner birimlerini yapı birimine dönüştürmeden önce yapılması gereken ilk işlem, mekanik ve yapısal testlerden geçirilmesidir. Testlerdeki veriler doğrultusunda ise gerekli onarımlar yapılmaktadır (Resim 2.14).



Resim 2.14. Mekanik ve yapısal testler sonucunda konteyner birimlere onarım yapılması (Url-35): hasarlı konteyner birim (a), onarılmış konteyner birim (b)

Kesme, çerçeveleme ve kaynak; nakliye konteynerlerini yapı birimi haline dönüştürmede çelik malzemeler üzerinde sıklıkla uygulanan işlemlerdendir (Resim 2.15). Özellikle, yeterli aydınlatma ve havalandırmanın sağlanması için boşlukların kesilmesi ve bu boşluklardaki sızdırmazlığın sağlanması için gerekli çerçeveleme önlemlerinin alınması ve kaynaklanması; çelik malzeme üzerinde yapılması nedeniyle fazla enerji ve işgücü gerektirebilmektedir (Anagal ve Dhongade, 2017).

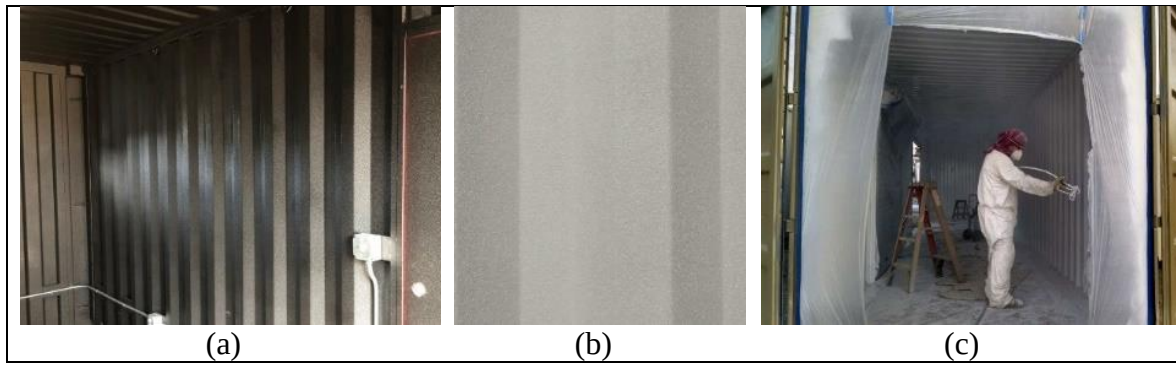


Resim 2.15. Konteyner birimlerde boşluk oluşturulmasında ve çerçeveleme yapılmasında uygulanan işlemler (Url-36): kesme (a), çerçeveleme (b), kaynak (c)

Pencere ve kapı gibi boşlukların kesilmesi ve / veya birkaç konteyner birimin yan yana gelerek aralarındaki duvarların kaldırılması sonucunda oluşan atık malzemelerin, konteyner birim üzerinde yeniden kullanımı (örneğin; pencere kepengi, balkon parapeti, tüm cephe yüzeyinin aynı özellikte olması için konteyner arka yüzey duvar paneli) gerçekleştirilebilir. Konteyner birimler üzerinde yeniden kullanımı mümkün olmayan küçük boyutlardaki atıkların ise, çelik malzeme olması nedeniyle geri dönüşümü düşünülmelidir. Ayrıca, Bölüm 2.2.2’de belirtildiği gibi; mekansal gereksinim nedeniyle, büyük boşlukların kesilmesi ve / veya birkaç konteyner birimin yan yana gelerek aralarındaki duvarların kaldırılması gibi uygulamalarda, ilave destek elemanları uygulanmaktadır. Çerçeveleme ve ilave destek elemanlarının, konteyner yapı birimin oluşturulacağı fabrikaya taşınması ve fabrikada konteyner birimlere uygulanması / montajı süreçlerinin çevresel yükleri hesaplanmalıdır. Bu durumda; duvar yüzeylerinde boşlukların kesilmesi sonucunda oluşan atık çelik malzemelerin geri dönüştürülmesi ile elde edilen ham madde ile, çerçeveleme ve ilave destek elemanlarının üretilebilirliği durumuna yönelik bir duyarlılık analizi gerçekleştirilebilir. Öte yandan, ahşap döşeme yüzeylerinde baca gibi boşlukların kesilmesi sonucunda elde edilen ve yeniden kullanımı mümkün olmayan küçük boyutlardaki ahşap malzemelerin de geri dönüşümü veya geri dönüşümü mümkün değilse nihai bertarafı düşünülmelidir.

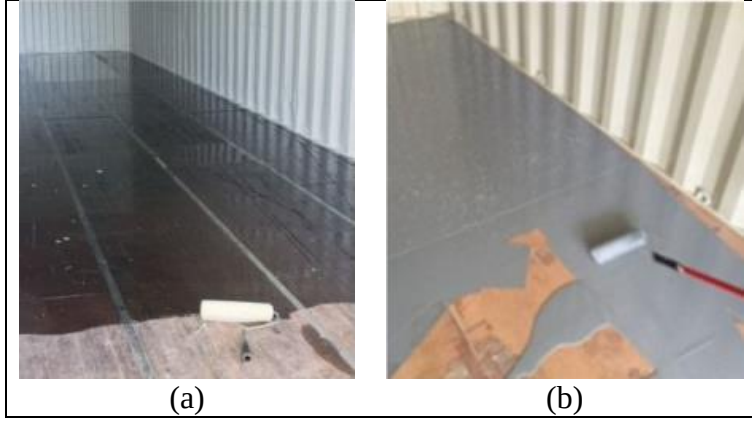
Konteyner birim üzerindeki bütün kesme, çerçeveleme ve kaynak işlemleri yapıldıktan sonra; üzerindeki kimyasalların kapsüllenmesi ve tehlikeli uçucu gazların dışarı atılmasını engellemek için hem iç hem de dış mekandan tüm yüzeylerine toksik olmayan bir bariyer (sızdırmazlık astarı) uygulanması gerekmektedir (Resim 2.16). Bunun için öncelikle, konteyner birimin pas lekelerine özel dikkat göstererek her türlü kir ve toz basınçlı suyla yıkanarak kuruması beklenmektedir. Sonrasında, paslı bölgeler metal yüzeye kadar zımparalanarak sadece bu alan üzerine pas önleyici astar boya (örneğin; kamyon kasa astar boyası olarak kullanılan ve “rhino lining” olarak bilinen elastomerik poliüretan kaplama, polyurea kaplama) sürülmektedir (Morin, 2023). Daha sonra ise, nakliye konteynerlerini deniz atmosferi şartlarına karşı korumak ve markalamak için üretimlerinde metal yüzeyler üzerinde kullanılan solvent bazlı boya sürülmektedir. Ancak, solvent bazlı boyalar çevre sağlığı açısından zararlı olabilmektedir. Bunun dışında; akrilik boyalar, iklimle birkaç yıl maruz kaldıktan sonra bozulmaları nedeniyle pek tercih edilmemektedir. Üzerine bir vernik tabakası koyulabilir; ancak bu, konteynerlerin taşınırken aldığı patlama ve çizikleri önlememektedir (Finnegan, 2020). Poliüretan boyalar ise uzun yıllar dayanır, ancak ağır

endüstriyel kullanım için daha uygun olduğu için tercih edilmemektedir (Morin, 2023). Tüm bu boyalar yerine, astar boya uygulaması gerektirmeden metalin üzerine doğrudan uygulanabilen, fiziksel ve mekanik özellikler açısından solvent bazlı boyalar kadar iyi ancak o kadar doğaya zararlı olmayan alkid emaye boyalar (DTM-Direct To Metale) tercih edilebilir (Finnegan, 2020). Polimer kaplama olan DTM alkid emaye boyaların avantajları, boyamadan önce çok aşamalı bir temizleme, ön işlem ve sızdırmazlık işlemi gerektirmemeleri; korozyon direnci, yapışma, kimyasal direnç, ultraviyole ışın direnci ve sertlik özellikleridir (Gangopadhyay ve Mahanwar, 2020). Bir veya iki bileşenli akrilik, epoksi veya poliüretan; polimerizasyon yoluyla kürlenmiş polimerler veya oligomerlerden oluşabilmektedir (Lewarchik, 2019). Metal yüzeyin üzerine doğrudan ve tek kat şeklinde uygulanabilen bu boya kaplama, hem iç hem de dış cephede korozyonu engellemek ve son kaplamayı oluşturmak için tercih edilebilir (Gangopadhyay ve Mahanwar, 2020).



Resim 2.16. Konteyner birimlerin çelik yüzeylerine toksik olmayan bir bariyer (sızdırmazlık astarı) yapılması (Url-29): elastomerik poliüretan kaplama (a), polyurea kaplama (b), DTM alkid emaye boya kaplama (c)

Öte yandan; konteyner birimlerin ahşap döşemelerinin her iki yüzeyinde de bariyer (sızdırmazlık astarı) uygulaması yapılmalıdır. Bu uygulama için; büyük kimyasal direnç, dayanıklılık, düşük gözeneklilik ve güçlü yapışma gücüne sahip epoksi kaplamalar ve poliüretan kaplamalar tercih edilebilir (Resim 2.17). Poliüretan kaplamalar; özellikle banyo ve tuvaletlerde, genellikle su yalıtımı amaçlı, ahşap döşeme üzerine seramik karo kaplarken kullanılabilmektedir (Url-29). Vernik de kaplanabilmektedir, ancak çizilme olasılığı diğer iki malzemeye kıyasla daha fazla olduğu için pek tercih edilmemektedir.



Resim 2.17. Konteyner birimlerin ahşap yüzeylerine toksik olmayan bir bariyer (sızdırmazlık astarı) yapılması (Stan, 2020): epoksi kaplama (a), poliüretan kaplama (b)

Konteyner birim üzerindeki kimyasal sızdırmazlık sağlandıktan sonra; elektrik ve sıhhi tesisatları ile yalıtım ve kaplama malzemelerinin montajının yapılabilmesi için duvar ve tavan yüzeylerinde ahşap veya metal karkas çerçeveler oluşturulmaktadır (Resim 2.18). Konteyner birimin mevcut duvar ve tavan yüzeyleri yalıtılırken doğrudan yapılacak herhangi bir ahşap veya metal saplama, ısı köprüsü oluşturabileceği için; bütün saplamalar bu karkas çerçeveye yapılmalıdır (Sevim Koşan, 2020). Bu doğrultuda, iç yalıtımın sürekliliğini sağlamak için; karkas çerçevenin duvar ve tavan yüzeylerinden yalıtım kalınlığı kadar uzakta kurgulanması gerekmektedir. Konteyner kabuğu ile karkas çerçeve ise, sadece belirli noktalardan gerekli önlemler alınarak birbirine monte edilmelidir.



Resim 2.18. Konteyner birimlerde karkas çerçeve oluşturulması (Stetson, 2023): ahşap karkas çerçeve (a), metal karkas çerçeve (b)

Elektrik ve sıhhi tesisatları, genellikle kaplama malzemeleri için oluşturulan karkas çerçeve içinde yalıtım malzemeleri ile birlikte planlanmaktadır (Resim 2.19a). Ancak, bu durum, özellikle sıhhi tesisat borularının geçtiği yerlerde zaman zaman yalıtım kalınlığının azalmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, sıhhi tesisatlar; mümkün olduğunca konteyner birimlerin (çelik) ana kabuğunda planlanmamalı, bunun yerine konteyner birim içinde oluşturulacak bölme duvarlarında planlanmalıdır (Resim 2.19b). Ayrıca, nakliye konteyneri kapalı bir zarf olduğundan, tasarım aşamasında suyun nereden girip çıkacağını planlanması çok önemlidir. Bu nedenle, suyun konteyner birime girdiği yerde, gelecekteki bakım ve onarımı kolaylaştırmak için; filtre ve basınç pompası gibi hizmetleri kapsayan kolayca erişilebilir bir servis bölgesi planlanmalıdır (Heltzen, 2021). Aynı şekilde, elektrik tesisatının bakım ve onarımının kolaylaşması için de bir servis bölgesi kurgulanmalıdır. Öte yandan, elektrik ve sıhhi tesisatın birbirinden yalıtılarak ayrı şekilde planlanmasına dikkat edilmelidir.



Resim 2.19. Konteyner birimlerdeki sıhhi tesisat hatlarının uygulanması (Heltzen, 2021): konteyner ana kabuğundaki sıhhi tesisat hatları (a), bölme duvarlardaki sıhhi tesisat hatları (b)

Konteyner birime sıhhi tesisat kurma işlemi, geleneksel bir yapıya kıyasla; besleme (su tedarik) hatlarında aynı, ancak çıkış (drenaj) hatlarının konumlandırılması ve kurulmasında farklıdır. Geleneksel yapım sistemi ile yapılan konvansiyonel bir yapıda; beton zemin dökülmeden önce drenaj sistemi için kanalizasyon hatları ve ana menfezler ile bağlantı kurulur, sonrasında yapının tüm duvarları tamamlanarak elektrik ve sıhhi tesisat bunların içinden yapılır. Konteyner bir birimde ise; dökülmüş bir beton taban yoktur, konteyner birim döşemesinde klozet flanşının ve sifonların çıkacağı ve merkezi drenaj borusuna bağlanacağı delikler açılır. Bu işlemden sonra, geri kalan diğer işlemler geleneksel bir yapı ile aynıdır.

Ancak, bu deliklerin konumları planlanırken, konteyner birimin iskelet yapısına ve bileşenlerine zarar vermemek için konteyner döşemesindeki çelik kirişlerin arasına denk gelmesine dikkat edilmelidir (Heltzen, 2021).

Temel çeşidinin tekil temel, sürekli temel, kazık temel olarak uygulandığı konteyner yapılarda; tüm giderleri ana kanalizasyon hattına bağlayan merkezi drenaj borusu, konteyner birimlerin altından asılı bir şekilde geçebilir. Ancak, aşırı soğuk havalarda, boruların veya içerideki suyun donma riski vardır; bu nedenle, borunun yalıtılması ve yalıtımlı bir bölgede olması gerekmektedir. Bu durumda, drenaj borusuna yer açmak için konteyner döşeme kirişleri arasında delikler açılabilir ve sonrasında yalıtım uygulanabilir (Resim 2.20a). Böylece, merkezi drenaj borusu yalıtılmış bir bölgede bulunur. Radye temel uygulanan konteyner yapılarda ise, geleneksel bir yapıdaki drenaj ile aynı şekilde uygulanabilir. Ancak bu, bakım ve onarım için erişilebilirlik açısından zor ve maliyetlidir. Herhangi bir onarım durumunda, konteyner birimin kaldırılarak veya döşemesi çıkarılarak temel betonunun kırılması gerekebilir (Heltzen, 2021). Bu nedenle; özellikle çok katlı konteyner yapılarıdaki zemin katlar, betonarme iskelet sistem veya kompozit (betonarme ve çelik) taşıyıcı sistem şeklinde, uygulanabilir (Resim 2.20b).

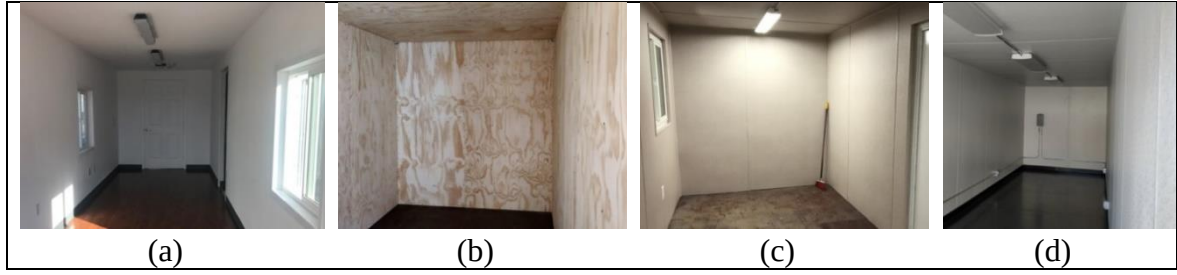


Resim 2.20. Konteyner birimlerdeki merkezi drenaj borusunun konumlandırılmasında alınan önlemler: merkezi drenaj borusunun bulunduğu konteyner döşemesinin poliüretan spray köpük ile yalıtılması (a) (Url-37), çok katlı konteyner yapılarda zemin katın betonarme iskelet sistem ile yapılması (b) (Url-38)

Konteyner birim üzerindeki bütün elektrik ve sıhhi tesisatları yapıldıktan sonra, yalıtım ve kaplama katmanları oluşturulmaktadır. Geleneksel yapım sistemi ile yapılan konvansiyonel yapılardan farklı olarak, prefabrik yapım sistemi ile yapılan ve prefabrikasyon düzeyi modüler yapı düzeyinde olan konteyner yapılarda; birimler, daha geniş mekanlar oluşturmak

amacıyla yan yana getirilerek birleştirildiğinde ve / veya çok katlı yapılar yapmak için üst üste istiflendiğinde, duvarlara ek olarak her birimin tavanı ve döşemeleri de yalıtılmalıdır. Böylelikle konteyner birimlerdeki ısı köprüleri engellenecektir (Bowley ve Mukopadhyaya, 2017). Bu durum, fabrikada üretilen tüm konteyner yapı birimlerinin duvar, tavan ve döşemelerinin ayrı ayrı katmanlaştırılması gerektiğini göstermektedir. Eklenecek her bir katman, sahip olduğu malzeme özelliğine göre; ısı yalıtımı, su yalıtımı, buhar / nem yalıtımı, ses yalıtımı ve yangın yalıtımı özelliklerinin bir ya da birkaçını birlikte taşıyabilmektedir.

Duvar katmanlarının oluşturulmasında; öncelikle Bölüm 2.2.2’de belirtilen ısı yalıtım ve buhar kesici katman (buhar bariyeri) malzemeleri kullanılmaktadır. Sonrasında ise, kaplama malzemeleri uygulanır. Ara katman görevindeki iç cephe kaplama malzemelerine örnek olarak, yönlendirilmiş yonga levha (OSB-Oriented Strand Board), çimentolu yonga levha ve alçı levha verilebilir. Yönlendirilmiş yonga levha, neme ve darbeye karşı dayanıklıdır. Çimentolu yonga levha, üzerine doğrudan seramik karo yapıştırılabildiği için özellikle ıslak hacimler için uygundur. Alçı levha ise, yangına dayanıklılığı arttırmaktadır ve özellikle kuru hacimler için daha uygundur. Son katman görevindeki iç cephe kaplama malzemelerine örnek olarak ise; boya, OSB, ahşap kontrplak levha, vinil kaplı ahşap kontrplak levha, fiber takviyeli plastik levha (FRP-Fibre Reinforced Plastic), seramik karo ve doğal taş kaplama verilebilir (Resim 2.21). Çimentolu yonga levha ve alçı levha gibi boya gerektiren kaplama malzemeleri için kullanılacak boya türü önemlidir. Ayrıca, bu malzemelerin üzerine boya uygulayabilmek için boya astarı (örneğin, alçı sıva) kullanılmalıdır. Su bazlı boyalar, çevre kirliliğine neden olmaz ve daha az maliyetlidir. Solvent bazlı boyalar ise, içeriğindeki organik çözücüler nedeniyle doğaya zarar vermektedir (Rawat vd., 2021). Bu doğrultuda, çevre sağlığı açısından solvent bazlı boyalardan kaçınılmalıdır. Su bazlı boyaların ise, az miktarda bağlayıcı katkı maddeleri ile birlikte kullanılmasına dikkat edilmelidir (Shao vd., 2009; Rawat vd., 2021). OSB ve ahşap kontrplak levha, iç mekan nemini korumaktadır. Vinil kaplı ahşap kontrplak levha, her türlü hava koşullarına karşı uyumludur. Fiber takviyeli plastik levha ise; kimyasallara, çizilmelere ve suya karşı dayanıklıdır (Url-29). Seramik karo kaplamalar, ıslak hacimler için tercih edilirken; doğal taş kaplamalar, daha çok duvar yüzeyinin belirli bir bölgesinde tasarım amaçlı kullanılmaktadır. Her iki malzeme uygulaması için yapıştırıcı ihtiyacı vardır. Öte yandan; iç mekanda yer alan karkas çerçeve ile oluşturulan bölme duvarlar ise, yalıtım malzemeleri uygulanmadan bu kaplama malzemeleri ile doğrudan kaplanabilmektedir.



Resim 2.21. Konteyner birimlerin iç cephelerindeki son kat kaplama malzemeleri (Url-29): çimentolu yonga levha veya alçı levha ile su bazlı boya (a), ahşap kontrplak levha (b), vinil kaplı ahşap kontrplak levha (c), fiber takviyeli plastik levha (d)

Konteyner birimlerin duvar katmanları oluşturulurken, iç cephe kaplama malzemelerine ek olarak dış cephede de kaplama malzemeleri kullanılabilir. Son katman görevindeki dış cephe kaplama malzemelerine örnek olarak ise, ahşap ve vinil kaplamalar verilebilir (Resim 2.22). Her iki kaplama da; sızdırmazlık astarı uygulamasından sonra, cephe tasarımına göre, karkas çerçeve ile birlikte uygulanabilir. Böylelikle, güneşe maruz kalacak duvar yüzeylerindeki sızdırmazlık astarının ömrünü uzatır. Ahşap kaplama türü olarak, başta ladin olmak üzere; sekoya, sedir, dişbudak, çam köknarı ve Sibiryaya karaçamı gibi ağaç türleri ile oluşturulmuş ahşap kaplamalar tercih edilebilir (Stoltz, 2022).



Resim 2.22. Konteyner birimlerin dış cephelerindeki son kat kaplama malzemeleri: ahşap kaplama (a) (Url-39), vinil kaplama (b) (Url-40)

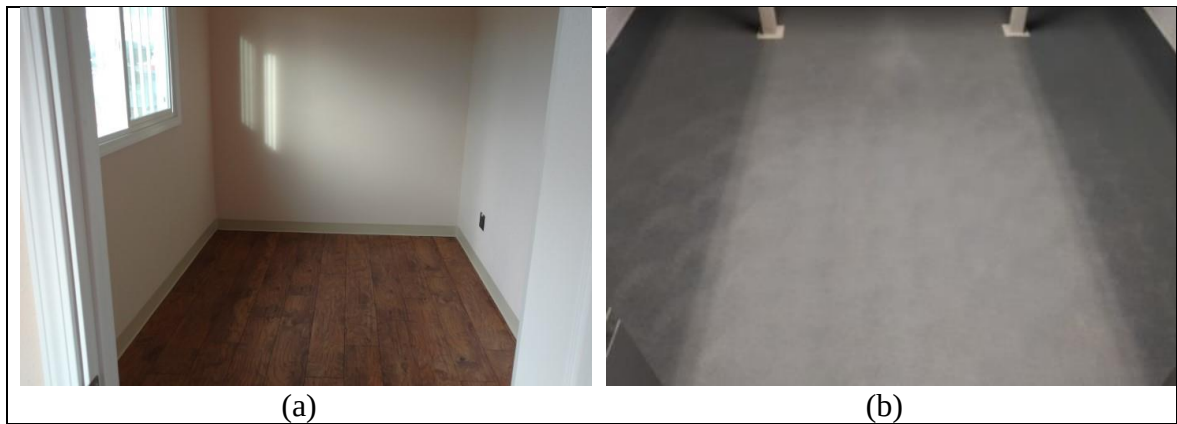
Tavan katmanlarının oluşturulmasında; duvar katmanlarında kullanılan malzemelerinin birçoğu kullanılmaktadır. Farklı olarak; duvar kaplamalarında iç cephe kaplaması olarak son katman görevinde kullanılan seramik karo ve doğal taş kaplama, tavan kaplaması olarak tercih edilmez. Ayrıca, konteyner birimlerin şantiye alanında üst üste monte edilecek olmasından dolayı; duvar kaplamalarında dış cephe kaplaması olarak son katman görevinde kullanılan ahşap ve vinil kaplamalar da fabrika ortamında uyarlanan konteyner tavanlarının

dış cephelerinde (çatıda) tercih edilmez. Tavanların dış cepheleri (çatı), önceden uygulanan toksik olmayan bir bariyer (sızdırmazlık astarı) uygulaması şeklinde bırakılabilir; sonrasında, yan yana ve üst üste monte edilerek oluşturulan konteyner binadaki tüm birimleri kapsayacak şekilde ek çatı uygulanabilir. Bu uygulama, yan yana getirilen konteyner birimlerin birleşim yerlerinde oluşabilecek yağmur suyu sızıntılarını engelleyecektir.

Döşeme katmanlarının oluşturulmasında; mevcut ahşap kontrplak döşeme kaplaması için üç farklı olasılık bulunmaktadır. Bu üç olasılıkta da, eklenecek döşeme kaplaması ile birlikte tavan yüksekliğinin ne kadar azalacağına dikkat etmek gerekmektedir:

- Birinci olasılık: Kullanılabilir (örneğin, sadece delaminasyon olarak adlandırılan bir tür soyulma veya çatlamların olduğu) durumdaki mevcut eski döşeme sökülüp değiştirilebilir. Bu olasılık; sadece eski döşemenin ticari amaçlı kullanılan başka bir konteynerde yeniden kullanılması durumunda önerilmektedir. Yeni döşemedeki tüm ürünler için, ürün evresindeki çevresel yükleri ile konteyner yapı birimin oluşturulacağı fabrikaya taşınması ve fabrikada konteyner birimlere montajı süreçlerinin çevresel yükleri hesaplanmalıdır. Bu olasılık için, mevcut eski döşemenin sökülüp başka bir konteynerde ticari amaçlı kullanılmasına yönelik duyarlılık analizi gerçekleştirilebilir. Böylelikle, yeni döşeme katmanlarının tercih edilmesindeki çevresel etkileri ile karşılaştırma yapılabilir.
- İkinci olasılık: Kullanılabilir durumdaki mevcut döşeme kaplamasının üzerine yeni döşeme kaplaması yapılabilir. Böylelikle, tonlarca ağırlığa ve suya dayanıklı mevcut döşemenin olumlu özelliklerinden faydalanmış olunur. Bunun için, öncelikle, mevcut eski döşemenin toksik olmayan bir bariyer (sızdırmazlık astarı) ile kaplanması gerekmektedir. Yalıtım katmanlarının da yer alacağı bu yeni döşemede kullanılacak tüm ürünler için, ürün evresindeki çevresel yükleri ile konteyner yapı birimin oluşturulacağı fabrikaya taşınması ve fabrikada konteyner birimlere montajı süreçlerinin çevresel yükleri hesaplanmalıdır.
- Üçüncü olasılık: Kullanılamaz (örneğin; kırık, çürük) durumdaki mevcut eski döşeme sökülüp değiştirilmelidir. Bu durumda atık olacak bu ürünün geri dönüşümü veya nihai bertarafı düşünülmelidir. Yeni döşemedeki tüm ürünler için ise, ürün evresindeki çevresel yükleri ile konteyner yapı birimin oluşturulacağı fabrikaya taşınması ve fabrikada konteyner birimlere montajı süreçlerinin çevresel yükleri hesaplanmalıdır.

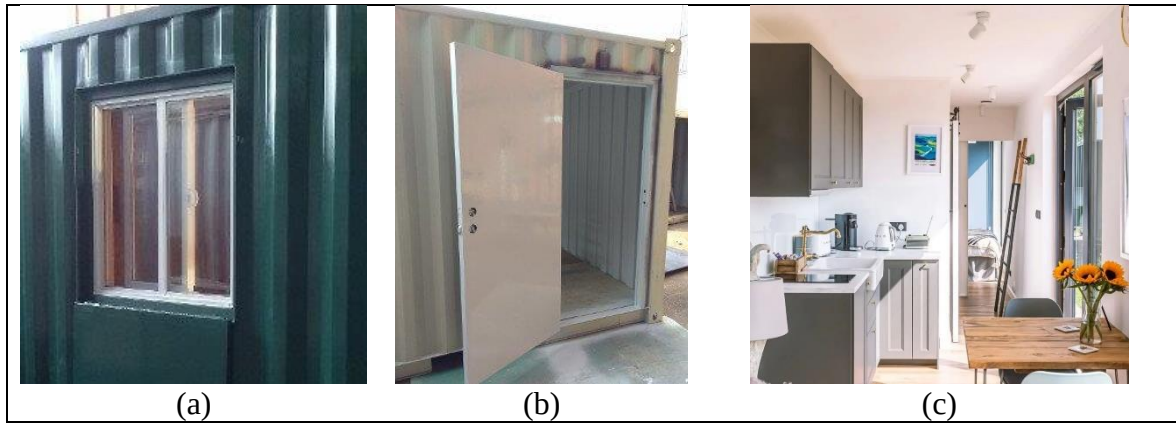
Konteyner yapılarda kullanılan konteynerler, genellikle kısa süreliğine yük taşımacılığı amaçlı kullanım sunan birimlerden tercih edildiği için; mevcut ahşap kontrplak döşeme kaplamaları genellikle kullanılabilir durumdadır. Bu doğrultuda; mevcut döşeme kaplamasının olumlu özelliklerinden faydalanmak için yukarıda bahsedilen ikinci olasılık daha uygulanabilir. Döşeme katmanları oluşturulmasında; öncelikle Bölüm 2.2.2’de belirtilen ısı yalıtım ve buhar kesici katman (buhar bariyeri) malzemeleri, sonrasında da kaplama malzemeleri uygulanır. Son katman görevindeki iç kaplama malzemelerine örnek olarak; ahşap tahta / kereste, laminat parke, ahşap kontrplak levha, vinil kaplama, seramik karo ve doğal taş kaplama verilebilir (Resim 2.23). Ahşap tahtalar / keresteler ve ahşap kontrplak levhalar, yalıtım katmanları üzerine yerleştirilen ve duvardaki ahşap karkas çerçeveye sabitlenen ahşap latalar ile döşemeye montaj edilmektedir. Laminat parkeler, polimer nitelikli bir döşeme altlığı ile birlikte yalıtım katmanları üzerine uygulanmaktadır (Cargohome, 2018). Vinil kaplama ise; fiberglastan yapılmış, polivinil klorür ile kaplanmış sentetik bir malzemedir. İnce, su geçirmez, esnek ve ses emici özellikteki bu malzeme; rulo şeklinde satılmaktadır ve bir yapıştırıcı ile döşemeye uygulanmaktadır (Url-29). Bu nedenle, bu kaplama malzemesi ile döşeme katmanları oluştururken; ek bir buhar kesici katmanına ihtiyaç duyulmamaktadır. Seramik karolar ve doğal taş kaplamalar ise, genellikle ıslak hacimlerde tercih edilmektedir. Gerek vinil kaplamalar gerekse seramik karolar ve doğal taş kaplamalar; yapıştırmaya uygun bir zemin ihtiyaçları olmasından kaynaklı, yalıtım katmanları üzerine yerleştirilecek ve ara katman görevini üstlenecek iç kaplama malzemelerine ve yapıştırıcıya gereksinim duymaktadır. Ara katman görevindeki bu iç kaplama malzemelerine örnek olarak ise, OSB ve çimentolu yonga levha verilebilir.



Resim 2.23. Konteyner birimlerin döşemelerindeki son kat kaplama malzemeleri (Url-29): laminat parke kaplama (a), vinil kaplama (b)

Konteyner birimlerin döşeme katmanları oluşturulurken, iç kaplama malzemelerine ek olarak; drenaj borularının bulunduğu dış yüzey, poliüretan spreycöpük ile yalıtılmaktadır (Resim 2.20a).

Tüm duvar, tavan ve döşeme katmanlarının oluşturulmasından sonra; pencere ve kapılar gibi yapı elemanları ile mutfak dolabı ve gömme dolap gibi sabit tefrişlerin montajı yapılmaktadır.



Resim 2.24. Konteyner birimlerde pencereler, kapılar ve sabit tefrişlerin montajının yapılması: pencere montajı (a) (Url-41), kapı montajı (b) (Url-41), mutfak dolabı montajı (c) (Url-42)

Yapımı tamamlanmış konteyner birimlerin inşaat alanına taşınmasından önce, son olarak, konteyner birimlerin yapı temeline / bodrum kat tavan döşemesine / zemin kat tavan döşemesine ve birbirine montajında kullanılacak montaj elemanları (örneğin, çift uçlu büküm kilidi) ile inşaat alanına taşınmasında kullanılacak taşıma elemanlarının (örneğin, kelepçeler) her bir konteyner birim başına dağıtımı gerçekleştirilmektedir.

Fabrikada gerçekleştirilecek yapım süreçlerinin tümünde, oluşacak inşaat atıklarının (örneğin, ürün ambalajları) bertarafı düşünülmelidir.

Şantiye sahasında (inşaat alanında) gerçekleştirilecek yapım süreçleri

Şantiye sahasında kullanılacak yeni ürünlerin üretim tesislerinden inşaat alanına taşınması ile, şantiye sahasında gerçekleştirilecek yapım süreçlerine başlanılır. Şantiye sahasında; betonarme yapı temelini yapılması, çok katlı yapılar için betonarme iskelet sistem veya kompozit (betonarme ve çelik) taşıyıcı sistemdeki bodrum ve / veya zemin kat ile yatay ve

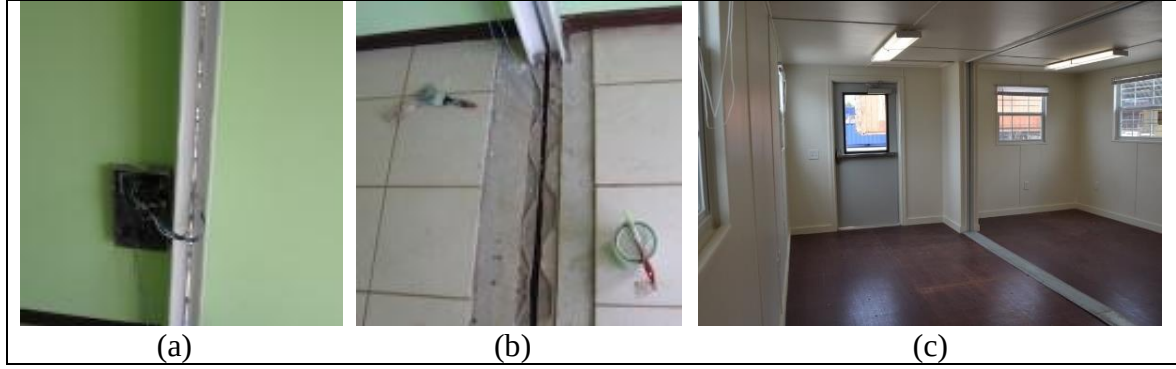
düşey sirkülasyon bölümlerinin (örneğin; bina koridorları, ortak merdivenler ve yangın merdivenleri) yapılması, yapımı tamamlanmış konteyner birimlerin fabrikadan inşaat alanına taşınması, konteyner birimlerin yapı temeline / bodrum kat tavan döşemesine / zemin kat tavan döşemesine ve birbirine montajı, birleşim yerlerindeki sızdırmazlığın sağlanması, bütün yapıyı kapsayan ek çatının yapılması, güneş panellerinin çatıya montajı, elektrik ve sıhhi tesisatlar ile ilgili inşaat alanında yapılması gereken işlemler (örneğin; şehir şebekesi ana su borusundan su hattı çekilmesi ve bağlanması, merkezi drenaj borusunun şehir kanalizasyon sistemine bağlanması, şehir şebekesi ana elektrik hattından elektrik çekilmesi ve bağlanması) gerçekleştirilmektedir. Tüm bu birim işlemlerden kaynaklanan çevresel yüklerin tek tek hesaplanması gerekmektedir. Ayrıca, şantiye sahasında gerçekleştirilecek yapım süreçlerindeki inşaat atıklarının (örneğin, ürün ambalajları) bertarafındaki çevresel yükler de bu evrede hesaplanmalıdır.

Yapı ile zemin bağlantısını sağlamak üzere şantiye sahasında uygulanan yapı temeli, gerekli su yalıtımı önlemlerinin daha etkili alınabilmesi için genellikle betonarme olarak ve yapıya en uygun temel tipinde yapılmaktadır (Resim 2.5). Öte yandan; çok katlı yapılarda, sığınak ve su deposu gibi mekanların gerektirdiği koşulları sağlayabilmesi için bodrum ve / veya zemin katın tamamı ile diğer normal katların yatay ve dikey sirkülasyon bölümleri de betonarme iskelet sistem veya kompozit (betonarme ve çelik) taşıyıcı sistem ile şantiye sahasında yapılmaktadır. Ancak, normal katlardaki bina sirkülasyonunu sağlayan bu bölümlerin dilatasyon derzleri ile birlikte konteyner birimlerinden ayrılması gerekmektedir. Ayrıca, konteyner birimlerin zemin kat tavan döşemesi üzerine montajlarını sağlayabilmek için beton plaka içine çelik plakalar yerleştirilmelidir. Bu durumda; yapının temelinde, bodrum ve / veya zemin kat ile yatay ve düşey sirkülasyon bölümlerinde betonarme prefabrike elemanların kullanılmasına yönelik bir duyarlılık analizi de gerçekleştirilebilir.

Fabrikadaki yapım süreci bitmiş konteyner birimlerin, inşaat alanına taşınması ile yapı temeline / bodrum kat tavan döşemesine / zemin kat tavan döşemesine ve birbirine montajı gerçekleşmektedir. Bu birimlerin uygulanmasında / montajında, modüllerin ağırlığından kaynaklı vinç gerekmesi (Bölüm 2.2.2) durumundan dolayı oluşacak çevresel yükler ise göz ardı edilmemelidir.

İnşaat alanında montajı tamamlanmış konteyner birimlerin birleşim yerlerindeki sızdırmazlığın sağlanması için, ek yalıtım önlemlerinin alınması ve bu birleşim yerlerinin

kapatılması gerekmektedir. Bu doğrultuda; (kalıcı bir yapı olarak planlanmışsa) birleşim yerleri birbirine kaynaklanır veya (geçici bir yapı olarak planlanmışsa) dolgu macunu ile doldurulur, bu bölgeye ek olarak ısı yalıtım malzemeleri (örneğin, kapalı hücreli poliüretan spreyc köpük ile) uygulanır ve metal plakalar ile kapatılır (Resim 2.25).



Resim 2.25. Konteyner birimlerin birleşim yerlerinde sızdırmazlığın sağlanması: duvar veya tavan birleşim yerlerinin dolgu macunu ile doldurulması (a) (Url-43), döşeme birleşim yerlerinin dolgu macunu ile doldurulması (b) (Url-43), duvar, tavan ve döşeme birleşim yerlerinin metal plakalar ile kapatılması (c) (Url-44)

Konteyner çatı panel yüzeyi, güneşle direk etkileşimli olduğu için, bu kısımda ek konstrüksiyonlar ile ikinci çatı yüzeyi oluşturulmalıdır (Resim 2.26). İkinci çatı yüzeyi ile saçaklar oluşturulması, duvar panellerinin aşırı ısıya maruz kalmasını kısmen engelleyerek hem yapının ısıl performansı açısından olumlu etki sağlayacak hem de yapı hizmet ömrünü uzatacaktır (Sevim Koşan, 2020). Bu doğrultuda; şantiye sahasında, montajı gerçekleştirilmiş konteyner birimlerin birleşim yerlerindeki sızdırmazlık sağlandıktan sonra, yapıyı oluşturan konteyner birimler ile yatay ve dikey sirkülasyon bölümlerinin tümünü kapsayacak şekilde ek bir çatı uygulanmalıdır. Ayrıca, yapının kullanım ve işletim evresindeki operasyonel enerji kullanımına destek olması için güneş panelleri de kullanılmaktadır.



Resim 2.26. Konteyner yapılar da ek çatı ve güneş paneli uygulamaları: ek çatı uygulaması (a) (Url-45), ek çatı ve güneş paneli uygulaması (b) (Url-46)

Tüm bu birim işlemlerin yanında, elektrik ve sıhhi tesisatlar ile ilgili inşaat alanında yapılması gereken; şehir şebekesi ana su borusundan yapıya su hattı çekilmesi ve bağlanması, varsa yapının konumlandırılacağı yere göre farklılık gösteren jeotermal enerji gibi herhangi bir enerji sisteminin yapı su tesisatına bağlanması, merkezi drenaj borusunun şehir kanalizasyon sistemine bağlanması, şehir şebekesi ana elektrik hattından elektrik çekilmesi ve bağlanması işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Şantiye alanında gerçekleştirilecek yapım süreçlerinin tümünde, oluşacak inşaat atıklarının (örneğin, ürün ambalajları ve kelepçeler gibi taşıma elemanları) bertarafı düşünülmelidir.

Kullanım ve işletim evresi

Yapıların yaşam döngüsü çevresel etkilerini azaltmak için, kullanım ve işletim evresi mümkün olduğunca uzatılmalıdır (Aye vd., 2012). Bu doğrultuda; ürün ve yapım (inşaat) evrelerinde, yapının dayanıklılığını ve performansını sağlamak üzere yapılan uygulamalar, kullanım ve işletim evresi ömrü açısından önemli bir rol oynamaktadır (Ngo vd., 2009). Çünkü, bu evrelerde alınan kararlar, yapının kullanım ve işletim evresindeki çevresel yükleri doğrudan etkilemektedir.

Kullanım ve işletim evresi; operasyonel enerji kullanımı (ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, sıcak su temini, ekipman değerleri), su kullanımı ve bakım / onarım / yenileme / değiştirme süreçlerini içermektedir (Dara vd., 2019). Ayrıca, bu evrede ihtiyaç duyulan yeni ürünlerin temin edilmesindeki çevresel yükler ile oluşacak atıkların bertarafındaki çevresel yükleri de kapsamaktadır.

Operasyonel enerji kullanımı; ısıtma, soğutma, havalandırma, aydınlatma, sıcak su temini ve ekipman (örneğin, elektrikli ev aletleri) değerlerini kapsamaktadır. Bir yapıda kullanılan toplam enerjinin büyük bir yüzdesi (%94,4); yapının iklimlendirilmesini sağlayan mekanik ısıtma, soğutma ve havalandırma sistemleri tarafından tüketilmektedir (Engin, 2012). Bu durum, enerji kullanımının yanında çevreye zararlı gazların atılmasına da neden olmaktadır. Bina kullanım ve işletim evresindeki bu etkileri azaltmak için; öncelikle, ürün ve yapım (inşaat) evrelerinde, yalıtım önlemleri alınmasını içeren yapı tasarımı ve uygulamaları gerçekleştirilmelidir. Ayrıca, hem ısıtma ve soğutma sistemlerini desteklemek hem de sıcak su teminini sağlamak için zaman zaman jeotermal enerji gibi yapının konumlandırılacağı yere göre farklılık gösteren enerji sistemleri de kullanılabilir. Öte yandan, yapının enerji performansını arttırmak ve ekipman değerlerini düşürmek için güneş panelleri gibi yapıya sonradan da entegre edilebilecek aktif sistemler de kullanılabilir. Bu noktada, operasyonel enerji kullanımı için, farklı sistemlerin yapıda kullanılmasına yönelik bir duyarlılık analizi gerçekleştirilebilir.

Kullanım ve işletim evresinde, öncelikle, ikincil enerji olarak tanımlanan ve binanın işletilmesinde gerekli olan operasyonel enerji (tekrarlayan somut enerji) hesaplanmaktadır. Hesaplanan bu değer, Çizelge 2.1’de belirtilen yazılım araçlarının biri yardımıyla birincil enerjiye dönüştürülmektedir. Böylece, yaşam döngüsü değerlendirmesi için gerekli olan toplam birincil enerji yeniden hesaplanmaktadır (Reza vd., 2014; Kumar vd., 2015; Dara vd., 2019). Aynı yöntem ile ayrıca; yapılan uygulamalardan kaynaklı sera gazı salımları gibi diğer çevresel etkiler de elde edilmektedir.

Operasyonel enerji kullanımına ek olarak, yapının işletilmesinde ihtiyaç duyulan su kullanımının yaşam döngüsü değerlendirmesindeki etkisinin anlaşılabilmesi için de çevresel yüklerinin hesaplanması gerekmektedir. Yapılarda su kullanımı ise, genellikle; mutfak, banyo ve tuvalet ile bahçe peyzajında gerçekleşmektedir. Bu noktada, yağmur suyunun depolanmasını ve sonradan kullanılmasını sağlayan sistemlerin yapıda kullanılmasına yönelik bir duyarlılık analizi gerçekleştirilebilir.

Operasyonel enerji kullanımı ve su kullanımı haricinde; yapıyı oluşturan ürünlerin bakım / onarım / yenileme / değiştirme işlemlerinden kaynaklanan çevresel yüklerin de hesaplanması gerekmektedir. Bu birim işlemlerin sebep olduğu çevresel etkilerin değerlendirilmesi, diğer yaşam döngüsü evrelerindeki etkilerin değerlendirilmesinden daha önemli olabilir.

Değerlendirmenin yapılabilmesindeki ilk adım ise, yapıyı oluşturan ürünlerin hizmet ömürlerini belirlemektir (Gültekin, 2006: 24).

Konteyner yapılarda kullanılan tüm ürünlerin hizmet ömürleri birbirinden farklıdır. Bölüm 2.2.2’de belirtildiği gibi, iskelet yapısı olarak mimarideki hizmet ömrü ortalama 20 ila 50 yıl arasında değişen nakliye konteynerlerinin; bu ömür içerisinde, kullanılan diğer ürünler için birtakım bakım ve onarım görmesi gerekmektedir. Literatürde konteyner ile yapılan yapılarda; yeniden boyama gibi küçük bakım ve onarım işlemlerine yönelik zamanlamaların, 6 ila 25 yılda bir gerçekleştirilebileceği bilgisi mevcuttur (Szalay, 2007: 55-58; İslam vd., 2016). Bu sürelerin belirli bir aralık içerisinde olması ise; bakım ve onarım süreçlerinin uygulama kalitesine, çevresel faktörlere ve kullanıcı davranışına göre değişebileceğini göstermektedir. Bu nedenle, yapıyı oluşturan tüm ürünlerin kullanım ömürlerini arttırmak için belirli aralıklarda yerinde bakımları gerçekleştirilmelidir.

Az hasarlı ürünler için yapının üzerinde onarım gerçekleştirilebilir. Yerinde onararak yeniden kullanımı mümkün olmayan ağır hasarlı ürünler ise; sökülmeli, aynı özellikteki yeni ürün ile yenilenmeli ya da aynı görevi görecektir farklı bir ürün ile değiştirilmelidir. Sökülen ve atık özelliği gösteren ağır hasarlı ürünlerin, geri dönüşümünde veya nihai bertarafında gerçekleşecek çevresel yüklerin hesaplanması gerekmektedir. Bu durum; her ürünün kendi içerisinde başka bir kullanım ömrü sonu evre olduğunu, atık bertarafı gibi yüklerin her ürün için ayrı ayrı hesaplanması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca, bakım ve onarımda kullanılacak her bir yeni ürün için; ham madde çıkarılması, ürün imalatını yapmak üzere üretim tesisine taşınması, üretimi, konteyner yapının bulunduğu yere taşınması, yapıya uygulanması / montajı, üretim ve uygulama / montaj süreçlerinden kaynaklanan atıkların bertarafındaki çevresel yükler de hesaplanmalıdır.

Kullanım ömrü sonu evresi

Kullanım ömrü sonu evre; hizmet ömrünü tamamlamış yapının yıkılması / sökülmesi, sökülün yapı ürünlerinin şantiye sahasında ayrıştırılması, yeniden kullanılabilir ürünlerin depolama alanına taşınması ve başka bir kullanım ömrü sağlamak üzere yeniden konumlandırılması için bekletilmesi, yeniden kullanımı mümkün olmayan ürünlerin geri dönüşüm tesislerine taşınması, yeniden kullanımı ve geri dönüşümü mümkün olmayan ürünlerin nihai bertarafı, yeniden kullanım (başka bir kullanım ömrü sağlanması), geri

dönüşüm (yeniden işleme tutularak başka bir kullanım ömrü sağlanması) süreçlerini içermektedir (Dara vd., 2019).

Kullanım ömrünü tamamlamış konteyner yapının yıkılma / sökölme sürecinde, sırasıyla; güneş panelleri, yapıyı oluşturan konteyner birimler ile yatay ve dikey sirkölasyon bölümlerinin tümünü kapsayacak şekilde uygulanan ek çatı, konteynerlerin birbirleri ve bina sirkölasyon bölümleri ile birleşim yerlerindeki montaj ve sızdırmazlık elemanları, konteyner birimler, çok katlı yapılar için betonarme iskelet sistem veya kompozit (betonarme ve çelik) taşıyıcı sistemdeki bodrum ve / veya zemin kat ile yatay ve düşey sirkölasyon bölümleri, betonarme yapı temeli, inşaat alanındaki elektrik ve sıhhi tesisatlar sökülmeaktadır.

Konteyner birimlerin sökülme süreci ile ilgili çevresel etkilerin, genellikle, inşaat alanında gerçekleştirilecek montaj sürecindeki etkiler ile aynı olacağı tahmin edilmektedir (Satola vd., 2020). Konteyner birimlerin, birbirinden ve yapı temelinden / bodrum kat veya zemin kat tavan döşemesinden sökülmesinde gerçekleşecek tüm çevresel yükleri içermektedir. Ayrıca; birimlerin montajında vinç kullanılması durumu, sökülmesinde de kullanılmasını gerektirmektedir ve bunun çevresel yükü de hesaplanmalıdır.

Yapıyı oluşturan tüm ürünlerin yapı bozma / yıkma / sökme sürecindeki çevresel yüklerin ayrı ayrı hesaplanması gerekmektedir. Sökölün her bir ürün için; ilk etapta yeniden kullanımı, yeniden kullanım mümkün olmadığı durumda geri dönüşümü, geri dönüşümü mümkün olmadığı durumda ise nihai bertarafı gerçekleştirilmelidir. Bu doğrultuda, yapı bozma / yıkma / sökme işleminden sonra, sökülün yapı ürünlerinin şantiye sahasında ayrıştırılması sağlanmalıdır. Ayrıştırma sonucunda; yeniden kullanılabilir ürünlerin depolama alanına taşınması ve başka bir kullanım ömrü sağlamak üzere yeniden konumlandırılması için bekletilmesi, yeniden kullanımı mümkün olmayan ürünlerin geri dönüşüm tesislerine taşınması, yeniden kullanımı ve geri dönüşümü mümkün olmayan ürünlerin ise nihai bertarafı gerçekleştirilmelidir.

Bir nakliye konteynerinin, hizmet ömrünü önemli ölçüde uzatabilecek farklı yeniden kullanım olasılıkları mevcuttur (Şekil 2.6). Prefabrik ve modüler özellik gösteren bu birimlerin, konteyner yapıdan sökülmesi ve başka bir yerde modüler yapı birimi olarak tekrar montajı gerçekleştirilerek yeniden kullanımı sağlanabilmektedir. Ancak, bu birimlerin yeniden kullanımı hemen sağlanamayabilir ve depolama alanında bekletilmesi gerekebilir.

Bu durumda, konteyner birimlerin, prefabrikasyon düzeyinden kaynaklanan yüksek taşıma ve büyük çaba gerektirecek yeniden konumlandırma etkilerine yönelik çevresel yüklerin hesaplanması gerekmektedir. Ayrıca, ne kadar süre depolarda bekletileceği durumu da önemlidir. Öte yandan, aynı durum sökülen çatı elemanları gibi yeniden kullanılabilir tüm ürünler için de geçerlidir.

Konteyner yapılarda; yapı sisteminin prefabrik ve modüler olma özelliği, aynı kaynak ile farklı zaman ve yerlerde farklı tasarımlarda yapı oluşturulmasını sağlayarak, ürüne yeni bir ömür kazandırmaktadır. Bu doğrultuda; konteyner birimlerin, yapının hizmet ömrü sona erdikten sonra, başka bir yapıda kullanmak üzere fabrikada yeniden düzenlenmesi de gerekebilir. Satola ve diğerleri (2020)'nin yaptığı çalışmada; bu işlem sırasında, düşük alaşımlı çelik malzeme kayıplarının %15 olduğu tahmin edilmektedir. Aynı çalışmada, ayrıca; yeniden kullanım, ürünün yeniden işlenmesiyle ilişkili daha az çevresel etki oluşturacağından, geri dönüşüme kıyasla daha yüksek çevresel faydalar sağladığı belirtilmektedir. Ek olarak, prefabrikasyonda uygulanan kaynak işlemi için kullanılan enerji azaltılacağı için, ek bir tasarruf da sağlanacaktır. Ayrıca, her bir yeni ürün için; ham madde çıkarılması, ürün imalatını yapmak üzere üretim tesisine taşınması, üretimi, üretim tesislerinden konteyner birimlerin bulunduğu fabrikaya taşınması, konteyner birimlere montajı süreçlerinin çevresel yükleri de hesaplanmalıdır. Sökülen ve atık özelliği gösteren her bir hasarlı ürünün ise, geri dönüşümünde veya nihai bertarafında gerçekleşecek çevresel yüklerin hesaplanması gerekmektedir. Bu durum; her ürünün kendi içerisinde başka bir kullanım ömrü sonu evresi olduğunu göstermektedir. Hesaplama yapılırken, ayrıca; yeniden kullanımda gereken düzenlemeler için konteyner birimlerin depolama alanından fabrikaya taşınmasından kaynaklanan çevresel yükler de hesaplanmalıdır. Öte yandan, depolama alanında bekletilen diğer ürünler (örneğin; güneş panelleri, çatı elemanları) yeni yapılacak konteyner yapıda kullanılabilir. Bu durumda, konteyner yapının uygulanacağı şantiye sahasına taşınması ve gerekli onarımları görmesi ile ilgili süreçlerden kaynaklanan etkiler de unutulmamalıdır.

Nakliye konteynerlerinin yapı birimi olarak kullanım ömrü sonu evresindeki çevresel etkileri, geri dönüşüm potansiyeli yüksek olan çelik malzeme içerdiğinden dolayı genel olarak düşük olacaktır (Dara vd., 2019). Bu nedenle; mimaride yapı birimi olarak hizmet ömürleri sonlandığında, eritilerek başka bir çelik elemanda ham madde kaynağı olarak kullanılması, kullanım ömrü sonu evresindeki yaşam döngüsü etkisini azaltacaktır. Ayrıca,

yeniden kullanımı mümkün olmayan diğer yapı ürünlerinin (örneğin, betonarme yapı temeli) geri dönüşümü için; geri dönüşüm tesislerinde malzemelerine göre ayrıştırılması, geri dönüşümünün sağlanması (farklı ürün üretimi için ham madde elde edilmesi), ürün imalatını yapmak üzere üretim tesisine taşınması ve üretimine (örneğin; betondan agrega üretimi, çelik donatıdan çelik üretimi) ait etkiler de önemlidir. Bu durum; her ürünün kendi içerisinde başka bir kullanım ömrü sonu evresi olduğunu göstermektedir. Hesaplama yapılırken, ayrıca; geri dönüşümün sağlanması ile elde edilen ham maddenin farklı ürün üretimi için üretim tesisine taşınması gibi tüm süreçlerdeki taşımadan kaynaklanan etkiler, geri dönüşüm ve üretim süreçlerinden kaynaklanan atıkların bertarafından kaynaklanan etkiler de unutulmamalıdır.

2.3.3. Girdi-çıktı analizi

Girdi-çıktı analizi, yaşam döngüsü süreçlerini oluşturan aşamaların altında yer alan bütün uygulamaların detaylı bir şekilde analizini sağlamaktadır (Bayer vd., 2010: 47). Bu doğrultuda, konteyner yapılara yönelik yapı düzeyi açısından olan bir YDD çalışmasında; süreç analizi yaklaşımı ile elde edilen ve konteyner yapıların yaşam döngüsünde yer alan evrelerdeki tüm birim işlemler ile alt süreçlerin, tek tek girdi-çıktı analizi yaklaşımı ile analiz edilmesi gerekmektedir. Ancak; yapı düzeyi açısından YDD çalışmalarının çok uzun süreçli çalışmalar olmasından kaynaklı, süreç analizinde yer alan tüm birim işlemlerin tek seferde detaylı bir şekilde analiz edilmesi son derece zor bir girişimdir. Öte yandan; konteyner yapıların yaşam döngüsünde yer alan evrelerdeki her bir birim işlemin kendi içerisinde de belirli alt süreçler içermesi, bu durumu daha da zorlaştırmaktadır. Örneğin, konteyner yapılarda kullanılmak üzere ürün evresinde üretilen her bir ürün için; ham madde çıkarılması, ürün imalatını yapmak üzere üretim tesisine taşınması, üretimi ve üretim süreçlerinden kaynaklanan atıkların bertarafı gibi alt süreçlerin tek tek girdi-çıktı analizi yapılmasını gerektirmektedir. Ayrıca; konteyner yapıların herhangi bir yaşam döngüsü evresindeki bir birim işlem ve / veya alt süreç, diğer evrelerindeki bir birim işlem ve / veya alt süreç ile doğrudan veya dolaylı şekilde ilişkili olması durumu (örneğin, yalıtım uygulamasının operasyonel enerji kullanımındaki ısıtma ve soğutma yüküne etkisi) da göz ardı edilmemelidir.

2.3.4. Entegre hibrit analizi

Konteyner yapıların YDD çalışmalarında, süreç analizi ve girdi-çıkıtı analizi yaklaşımlarının birleştirilerek oluşturulduğu hibrit analizi yaklaşımlarının kullanılması; süreçler ve girdi-çıkıtların net okunarak kesiştirilmesini sağladığı için (Suh ve Huppel, 2005) daha uygundur. Süreç analizi ve girdi-çıkıtı analizinin tek bir sistemde birleştirilerek entegre hibrit analizi şeklini alması, konteyner yapılara yönelik yapı düzeyi açısından YDD çalışmasının bütüncül iskeletini oluşturmaktadır.

3. MATERYAL VE METOT (GELİŞTİRİLEN MODEL)

Çalışmanın bu bölümünde; “literatür taraması” bölümünden elde edilen bilgiler doğrultusunda, atık nakliye konteynerlerinin prefabrik ve modüler yapı birimi olarak konteyner yapılarda kullanımlarındaki yaşam döngüsü değerlendirmesinin yapılabilmesi için, konteyner yapılara özel rehber bir YDD metodolojisi geliştirilmiştir. Ayrıca, hem yapı düzeyinde geliştirilen bu YDD modeli ile uygulanabilecek bir YDD çalışmasındaki ürün sisteminde yer alacak etkenlerin sayıca fazla olmasına dikkat çekmek hem de konteyner birimlerin yapı tasarımındaki esnekliğini belirtmek amacıyla, konut işlevindeki konteyner yapılar için örnek plan tipleri oluşturulmuştur.

3.1. Konteyner Yapılara Özel Geliştirilen YDD Metodolojisi

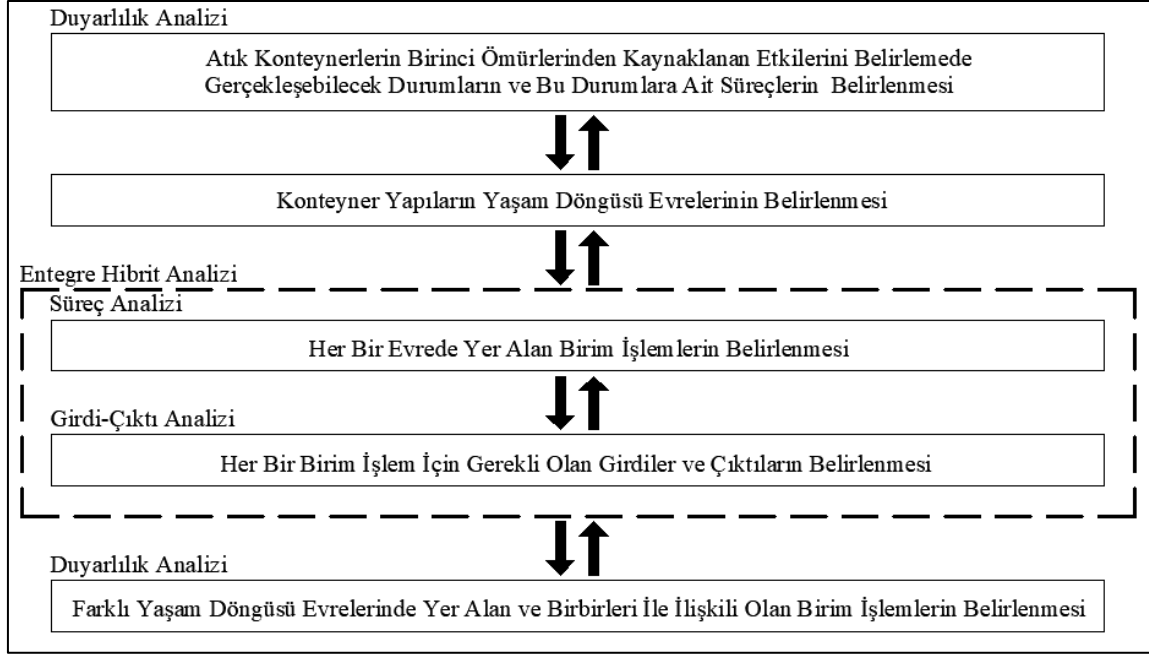
Birinci kullanım ömürlerini tamamlayarak atık durumuna düşen konteynerler, modüler ve prefabrik yapı birimi olarak mimaride kullanımları sağlanması ile ikinci ömürlerine geçiş yapmaktadır. Çalışmada, kaynak korunumunu ve limanlardaki atık yönetimini destekleyebilmek odaklı mimarideki kullanımları hususundaki mevcut çalışmaların ve yaklaşımların uygulamalarda etkin bir şekilde yer bulabilmesi amacıyla bir YDD modeli (KYYDDM-Konteyner Yapıların Yaşam Döngüsü Değerlendirme Modeli) geliştirilmiştir.

KYYDDM’nin gelişim süreci “literatür taraması” bölümünden elde edilen bilgiler doğrultusunda, ileri / geri beslemeli ve tekrarlanabilir özellikte olacak şekilde beş adımda gerçekleşmiştir (Şekil 3.1):

- Öncelikle, atık konteynerlerin birinci kullanım ömürlerinden kaynaklanan etkileri belirlemek için duyarlılık analizi gerçekleştirilebilecek durumlar ve bu durumlara ait süreçler belirtilmiştir.
- İkinci olarak, konteyner yapıların yaşam döngüsü evreleri belirlenerek; “ürün evresi”, “yapım (inşaat) evresi”, “kullanım ve işletme evresi” ve “kullanım ömrü sonu evre” şeklinde ele alınmıştır.
- Daha sonra, süreç analizi yaklaşımı ile her bir yaşam döngüsü evresinde yer alan birim işlemler tespit edilmiştir.
- Sonrasında, girdi-çıkıtlı analizi yaklaşımı ile her bir birim işlem için gerekli olan girdiler ve çıktılar belirlenmiştir. Bu durum; önerilen YDD modelinde, süreç analizi ve girdi-çıkıtlı

analizi yaklaşımlarının birleştirilerek oluşturulduğu entegre hibrit analizi yaklaşımının kullanılması sonucuna sebep olmuştur.

- Son olarak, duyarlılık analizi yaklaşımı ile, farklı yaşam döngüsü evrelerinde yer alan ve birbirleri ile ilişkili olan birim işlemler belirlenmiştir.



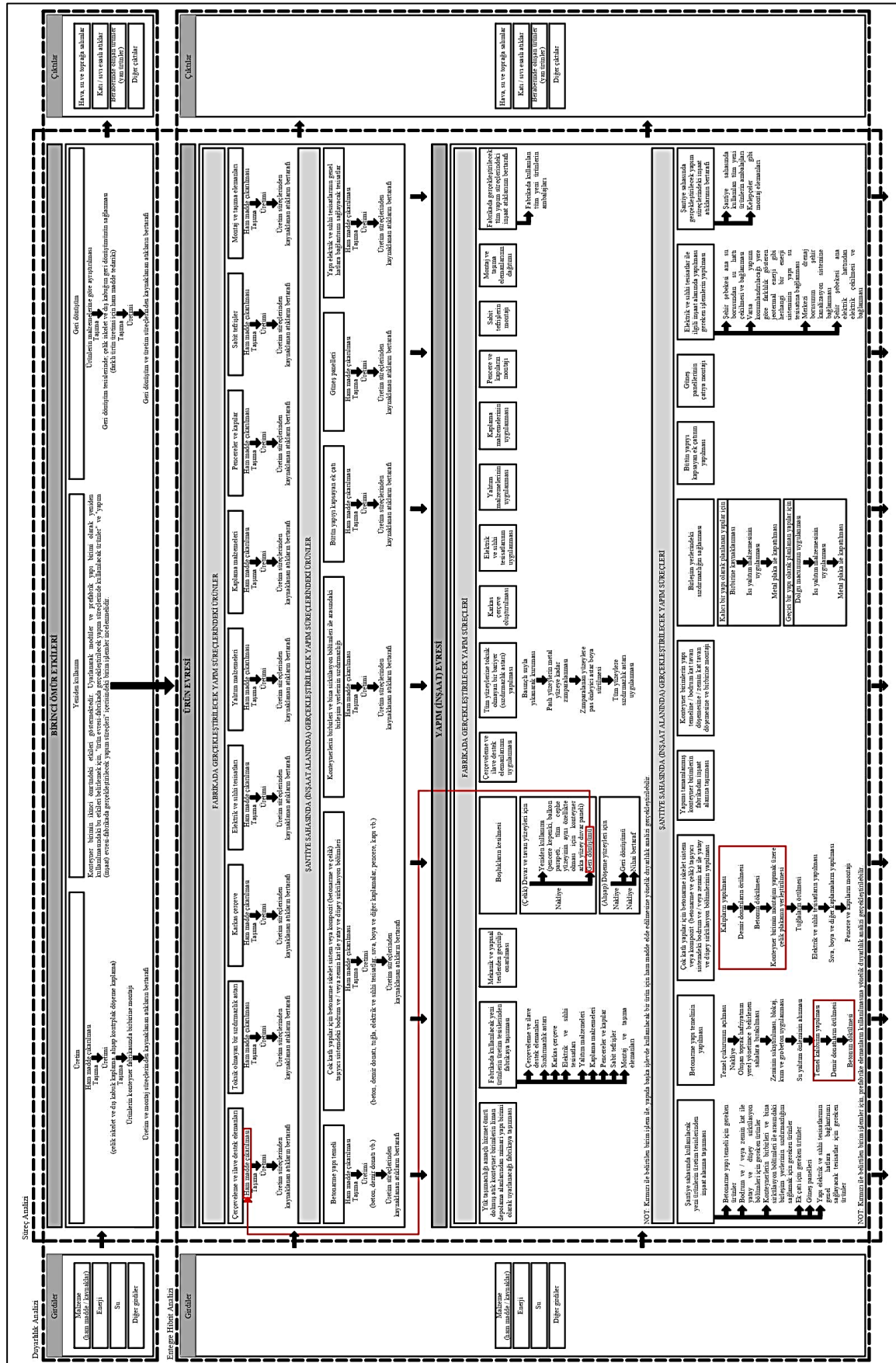
Şekil 3.1. KYYDDM gelişim süreci

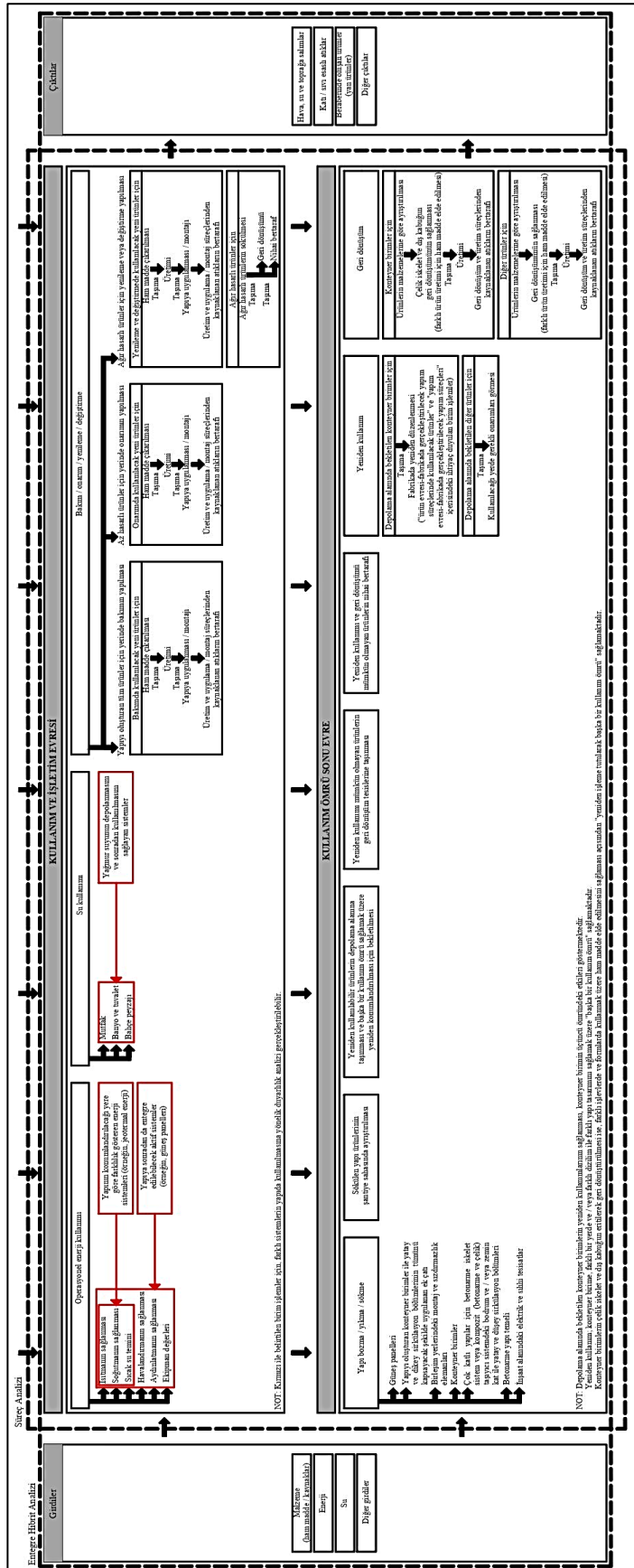
Atık konteyner birimlerin mimari kullanımdaki ömürlerinin değerlendirilmeleri suretiyle çevresel etkilerini minimize etmeyi amaçlayan KYYDDM'nin işleyişi ise beş adımdan oluşmaktadır (Şekil 3.2):

- Birinci ömürlerini tamamlayan konteynerlerin girdi ve çıktıları dikkate alınarak; üretimi, yeniden kullanımı ve geri dönüşümü işlemleri sonucunda ortaya çıkabilecek çevresel sonuçların karşılaştırılması / değerlendirilmesi amacıyla duyarlılık analizi yapılması, modelin ilk aşamasını oluşturmaktadır. Yapılacak bu analiz ile, yeniden kullanımın olumlu etkilerinin ortaya konulması hedeflenmektedir.
- Modelin ikinci aşaması, konteynerlerin mimari yapı birimi olarak kullanımlarını sağlamak üzere fabrika ortamında uyarlanması ve şantiye sahasında uygulanmasında ihtiyaç duyulan ek ürünlerin çevresel etkilerinin karşılaştırıldığı / değerlendirildiği “ürün evresi”dir. Bu evrede yapılacak analiz, çevresel açıdan en iyi mimari konfigürasyon sunan prefabrik ve modüler bir yapı birimi elde edilmesi amacıyla, konteyner yapı tasarımında kullanılacak ürünlerin seçimini sağlamakta yardımcı olmaktadır.

- “Yapım (inşaat) evresi” modelin üçüncü aşamasını oluşturmaktadır. Konteynerlerin mimari yapı birimi olarak uygulanmasını sağlamak üzere fabrikada ve şantiye sahasında gerçekleştirilecek yapım süreçlerindeki ortaya çıkabilecek çevresel sonuçların değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Bu aşamada yer alan “fabrikada gerçekleştirilecek yapım süreçleri”, girdiler ve çıktılar dikkate alınarak yapı birimi haline dönüştürülme süreçlerinin irdelenmesini hedefleyen son derece geniş kapsamlı bir süreçtir. Atık konteyner birimlerin uyarlanabilir yeniden kullanımları sonucunda ortaya çıkabilecek çevresel sonuçların değerlendirmesini göstermektedir ve ürün evresi ile birlikte yorumlanmalıdır.
- Modelin dördüncü aşaması, konteyner yapının “kullanım ve işletim evresi”ni oluşturmaktadır. Bu evre, hizmet ömrü süresince dikkate alınması gereken işlemleri içermektedir.
- “Kullanım ömrü sonu evre” ise, modelin beşinci ve son aşamasını oluşturmaktadır. Yeniden kullanım ve geri dönüşüm faktörlerinin sağlanması durumu, konteyner yapıların yaşam döngüsünün “beşikten beşiğe” yaklaşımını ifade etmektedir. Nihai bertaraf durumu ise, yeniden kullanımı ve geri dönüşümü mümkün olmayan ürünler için “beşikten mezara” yaklaşımını kapsamaktadır.

Tez kapsamında geliştirilen KYYDDM’nin işleyiş süreçleri Şekil 3.2’de ayrıntılı olarak verilmiştir.





3.2. Konteyner Konutlar İçin Örnek Plan Tipleri

Atık konteyner birimlerin fabrika ortamında uyarlanarak modüler ve prefabrik yapı birimi olarak yeniden kullanılması ile oluşturulan konutlar, geleneksel yöntemlerle inşa edilmiş konvansiyonel bir binadaki konutlar gibi “1+0”, “1+1”, “2+1” ve “3+1” şeklinde farklı plan tipleri ile çeşitlendirilebilir. Çizelge 3.1’de belirtilen bu plan tipleri; konteyner konutlar için yapı düzeyinde geliştirilen YDD modeli ile uygulanabilecek bir çalışmadaki ürün sisteminde yer alacak etkenlerin sayıca fazla olmasını desteklemesinin yanında, konteyner birimlerin yapı tasarımındaki esnekliğini de göz önüne sermektedir.

Çizelge 3.1. Konteyner konutlar için örnek plan tipleri

Plan Tipi	Bilgiler
1+0	Kullanılan Konteyner Tipi
	Yüksek-12,19 m (40' HC)
	Kullanılan Konteyner Sayısı
	1
1+1	Toplam Net Alan (m ²)
	21,54
	Kullanılan Konteyner Tipi
	Yüksek-12,19 m (40' HC)
	Kullanılan Konteyner Sayısı
	2
	Toplam Net Alan (m ²)
	49,39

1+0		
1+1		

Çizelge 3.1. (devam) Konteyner konutlar için örnek plan tipleri

Plan Tipi	Bilgiler	
2+1	Kullanılan Konteyner Tipi	Yüksek-12,19 m (40' HC)
	Kullanılan Konteyner Sayısı	3
	Toplam Net Alan (m ²)	75,95
3+1	Kullanılan Konteyner Tipi	Yüksek-12,19 m (40' HC)
	Kullanılan Konteyner Sayısı	4
	Toplam Net Alan (m ²)	101,22

2+1 Planı (75,95 m²)

3+1 Planı (101,22 m²)

Çizelge 3.1. (devam) Konteyner konutlar için örnek plan tipleri

Plan Tipi	Bilgiler
Lejant	 Aks çizgileri, konteyner sınırları  Mevcut konteyner duvar panelleri  Kaldırılan konteyner duvar ve döşeme panelleri  Eklenen duvarlar  Eklenen ilave taşıyıcı elemanlar ve çerçeve elemanları  Eklenen pencereler ve kapılar  Eklenen sabit tefrişler  Önerilen tefrişler
Varsayımlar	- Konteyner yapıların tüm cephelerinde dil birliğini sağlamak için, konteyner birimlerin arka yüzeyinde bulunan kapıların kaldırılıp bu cephelere diğer cephelerden kaldırılan duvar panellerinin kaynaklandığı varsayılmıştır. - Konteyner duvarlarının balkonlarda parapet yüksekliği bırakılacak şekilde kesildiği varsayılmıştır. - Şekil 2.8'deki koşulun (açılan toplam boşluğun konteyner duvar uzunluğunun yarısını geçmemesi ve her köşede en az 120 cm duvar uzunluğu bırakılması) sağlanamadığı durumda, ilave taşıyıcı elemanlar (kolon ve kiriş) kullanıldığı varsayılmıştır. - Yeni eklenen duvarların 15 cm kalınlığında olduğu varsayılmıştır.

4. YDD ÇERÇEVESİNİN BELİRLENMESİ VE YÖNTEMİN SINANMASI

Yapılara uygulanan YDD çalışmaları birçok birim işlem içerdiği için zaman alıcı ve kapsamlı çalışmalardır. Bu nedenle; YDD sistem sınırının, YDD çalışma amacına yönelik daraltılarak net olarak belirlenmesi çok önemlidir. Ayrıca, karar vericilerin, alternatif eylem biçimleri arasında seçim yaparken tüm önemli çevresel etkileri karşılaştırmasına yardımcı olması adına; YDD sistem sınırı içerisine alınan birim işlem(ler)in karşılaştırılabilir nitelik göstermesi gerekmektedir.

Nakliye konteynerlerinin mimari kullanımlarına yönelik yapı düzeyinde önerilen YDD modelindeki (Şekil 3.2) tüm evrelerin ve birim işlemlerin tez çalışma kapsamı içerisinde nicel olarak uygulanması, tez hazırlama süresinin kısıtlı olması açısından mümkün değildir. Bu nedenle, YDD çalışmasının kapsamı sınırlandırılmıştır. Bu doğrultuda; konteyner yapıların yaşam döngüsünde yer alan evreler ve bu evrelerdeki birim işlemlerin süreç analizi yaklaşımı ile Bölüm 2.3.2’de detaylı şekilde incelenmesi, tez çalışmamızın amacı doğrultusunda, hangi evre ve birim işlem(ler) üzerinde yoğunlaşacağımızı belirlemiştir:

- Bir binanın çevresel etkilerinin çoğu, kullanımı sırasında (kullanım ve işletim evresinde) ortaya çıkmaktadır. Kullanımdan kaynaklanan çevresel yükleri en aza indirmek için ise, “doğru yapı tasarımı” ve “uygun malzeme seçimi” önemlidir (Khasreen vd., 2009). Bu doğrultuda; esas kullanım amacı yük taşımacılığı olan konteyner birimlerin, mimari bir yapı birimi olarak uyarlanması sağlandığı “ürün evresi (fabrikada gerçekleştirilecek yapım süreçlerindeki ürünler)” ve “yapım evresi (fabrikada gerçekleştirilecek yapım süreçleri)” kararları kritiktir. Nakliye konteynerlerinin üretimlerinden kaynaklı sahip olduğu birtakım özellikler (örneğin; kabuk kalınlığının ince olması, monokok yapıda olması, toksisite durumu) ise, alınacak bu kararların konvansiyonel bir binadaki veya herhangi bir prefabrik sistemde yapılmış bir binadaki kararlardan çok farklı olduğunu göstermektedir. Bu durum, konteyner birimlerin, mimari bir yapı birimi olarak uyarlanmasının sağlandığı “ürün evresi (fabrikada gerçekleştirilecek yapım süreçlerindeki ürünler)” ve “yapım evresi (fabrikada gerçekleştirilecek yapım süreçleri)” kararları için tüm seçeneklerin (senaryoların) karşılaştırılması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

- “Doğru yapı tasarımı”; doğal dış çevre (örneğin; iklim, topografya) ve yapma dış çevre (örneğin; kent planlaması, yakın yapı çevre, yeşil doku) özelliklerine göre gerçekleştirilmektedir. Bu özellikler; yapının konumu ve yönlenmesi, formu, büyüklüğü, pencere ve kapı boşlukların yapı cephesine oranı gibi kararları doğrudan etkilemektedir. Alınan bu kararlar, yapı özelinde olacağı ve her yapıda değişkenlik göstereceği için (örneğin; Çizelge 3.1); yapı düzeyinde yapılacak bir YDD çalışmasındaki tüm girdi miktarlarını ve sonuç değerlerini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca, YDD sonuçlarının sadece çalışılan yapı özelinde yorumlanabilmesine neden olmakta; karşılaştırma yapmak için ise, farklı tasarımda yapılmış başka yapı tasarımı ve YDD sonucuna ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da, oldukça zaman alıcı ve kapsamlı bir YDD çalışmasını gerektirmektedir.
- Yapılarda kullanılacak “uygun malzeme seçimi” kararlarında ise; yapıyı oluşturan her bir yapı elemanı (örneğin; duvar, tavan, döşeme, pencere / balkon kapısı, dış kapı), kendi içinde ayrı olacak şekilde, montaj senaryoları oluşturularak değerlendirilebilir. Bu, yapının büyüklüğünden bağımsız olacağı için; yapı elemanlarında (örneğin; sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² duvar yüzey alanı içindeki duvar katmanlarında) kullanılacak malzeme konfigürasyonları açısından genel bir yorum sağlamaktadır ve yapının büyüklüğüne göre ek yorum yapabilmeyi daha olanaklı kılmaktadır.

Tüm bu inceleme sonucunda, tez çalışmasında; daha genel karşılaştırma sunmak amacıyla, konteyner yapıları oluşturan her bir yapı elemanı (örneğin; duvar, tavan, döşeme, pencere / balkon kapısı, dış kapı), kendi içinde ayrı olacak şekilde, montaj senaryoları oluşturularak karşılaştırmalı değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda, nakliye konteynerlerinin mimari kullanımlarına yönelik yapı düzeyinde önerilen YDD modelindeki (Şekil 3.2); “ürün evresi (fabrikadaki gerçekleştirilecek yapı süreçlerindeki ürünler)” içerisindeki “toksik olmayan bir sızdırmazlık astarı”, “karkas çerçeve”, “yalıtım malzemeleri”, “kaplama malzemeleri” ile oluşturulan duvar / tavan / döşeme konfigürasyonları ve farklı konfigürasyonlar sunan “pencereler ve kapılar” ele alınmıştır. Gerçekleştirilen bu karşılaştırmalı YDD’ler ile, konteyner yapılarda kullanılmak üzere tercih edilebilecek; en az çevresel etkiye sebep olarak çevresel açıdan en iyi performansı gösteren duvar, tavan, döşeme, pencere / balkon kapısı, dış kapı konfigürasyonları elde edilmiştir. Örnek YDD çalışması için kullanılacak YDD yöntemi çerçevesi ise; ISO (2006a; 2006b) standartları esas alınarak, Bölüm 2.1.2’de

belirtilen aşama başlıkları (AKT, YDVÇ, YDED, YDY) ve alt başlıkları altında kurgulanmıştır.

4.1. Amaç ve Kapsam Tanımı (AKT)

Tez kapsamında uygulanan YDD çalışmasının ana hedefi; hem tek katlı hem de çok katlı konteyner konut yapılarında kullanmak üzere, prefabrik ve modüler yapı birimi olarak uyarlanacak nakliye konteynerleri için, insan sağlığına ve çevreye (ekosistemler ve kaynaklar) en az etkisi olacak yapı elemanları (duvar, tavan, döşeme, pencere / balkon kapısı, dış kapı) konfigürasyonlarını seçmektir. Bu ana hedef doğrultusunda, YDD çalışmasındaki araştırılacak soruları tanımlamak için; çevresel değerlendirmelerin desteklenmesi, veri eksiklerini ortaya çıkarma, kamu politika oluşturma süreçlerini destekleme, karar vericilere bilgi sağlama ve yön gösterme gibi bazı alt hedefler de belirlenmiştir.

Çalışmanın kapsamında ise, ISO (2006a) standardı doğrultusunda; çalışılacak (çevresel etkileri değerlendirilecek) ürün sistemi, bu sistemle ilgili kabul edilen varsayımlar, işlevsel birim, sistem sınırı, dağıtım yöntemleri, veri kalite gerekleri ile ilgili tanımlamaların yanında; eleştirel gözden geçirme ve rapor hazırlama ile ilgili birtakım kararlar alınmıştır.

4.1.1. Ürün sistemi

Tez çalışması kapsamında uygulanacak YDD çalışmasının ürün sistemini; birbirinden ayrı değerlendirmek üzere, prefabrik ve modüler konteyner konut yapı birimine ait, konteyner dış kabuğu üzerinde ele alınacak farklı “duvar”, “tavan”, “döşeme”, “pencere / balkon kapısı” ve “dış kapı” konfigürasyonları oluşturmaktadır. Aslında, belirtilen her bir yapı elemanı, ayrı birer ürün sistemidir ve ayrı YDD çalışma konusudur. Ancak, prefabrik ve modüler yapı birimi olarak kullanılacak tek bir nakliye konteyneri özelindeki tüm yapı elemanları konfigürasyonlarının araştırılmasının, konteyner birimin inşaat amaçlı geliştirilmesi ve prefabrikasyonunun sağlanmasına yönelik daha bütüncül veri sunacağı düşünüldüğü için bir arada ele alınmıştır.

Islak hacimlere ait duvar / tavan / döşeme konfigürasyonları, cephede çıkma (konsol) oluşturacak modüllere ait döşeme konfigürasyonları, konteyner mevcut duvarları dışında

yapılacak bölücü duvarlar ve tesisat duvarları için oluşturulacak duvar konfigürasyonları ise; ürün sistemi dışında tutulmuştur.

4.1.2. Varsayımlar

Örnek çalışmada belirli varsayımlar yapılmıştır:

- Nakliye konteynerlerinin yapısal olarak monokok yapıda olmalarından kaynaklı, bütün senaryolarda; iskelet ve dış kabuk, bir bütün halinde ele alınmıştır. Bu doğrultuda; konteyner çelik tavan ve duvar panelleri ile ahşap döşeme kaplamasının, korunarak yeniden kullanıldığı varsayılmıştır. Bu nedenle, mevcuttaki bu malzemelerin üretimindeki çevresel etkiler hiçbir senaryoda hesaba katılmamıştır.
- Nakliye konteynerinin bir bütün olarak gerekli mekanik ve yapısal testlerden geçirildiği, bu açıdan herhangi bir müdahale gerçekleştirilmediği varsayılmıştır.
- Konteyner modüllerin birbirine montajını sağlayacak olan özel köşe bağlantı elemanlarının (örneğin; çift uçlu büküm kilidi, manşon) kullanılabilmesini sağlamak, elektrik ve sıhhi gibi genel tesisatlarını yalıtım veya diğer duvar / tavan / döşeme katmanları içinde gizleyebilmek, toksisite durumundan kaynaklı konteynerin iç yüzeyindeki kimyasallara bariyer oluşturabilmek için; ısı yalıtım katmanı, tüm senaryolarda iç yalıtım şeklinde kurgulanmıştır.
- Yoğuşma riskine karşı; ısı yalıtım malzeme montajlarının, konteyner iç yüzeylerine (özellikle çelik duvar ve tavan panellerine) yapışık olacak şekilde yapıldığı varsayılarak, sonrasında ise gerektiği durumda (ısı yalıtım malzemesinin buhar yalıtımı sağlama özelliği bulunmaması durumunda) buhar / nem yalıtımı uygulanmıştır. Ayrıca, çivi gibi elemanlar ile gerçekleştirilecek montajların; oluşabilecek herhangi bir buhar / nem sızıntısını önlemek üzere, ek olarak uygulanacak bir karkas çerçeve üzerine gerçekleştirildiği (örneğin; malzeme biçimi ve uygulama şekli olarak örtü / şilte cam yünü yalıtımın ahşap karkas çerçeveye zımbalandığı) varsayılmıştır.
- Çatının, tasarlanacak yapıya göre tüm modülleri / birimleri kapsayacak şekilde sonradan yapılacağı kabul edilmiştir. Bu doğrultuda, konteyner birimler tekil modül olarak değerlendirilmiş olup; çatıyı oluşturan su yalıtımı gibi katmanlar, tavan senaryolarındaki katmanlara dahil edilmemiştir.
- Yapı temelinin, tasarlanacak yapıya göre tüm modülleri / birimleri kapsayacak şekilde konteyner birimlerin montajından önce yapılacağı kabul edilmiştir. Bu doğrultuda,

konteyner birimler tekil modül olarak değerlendirilmiş olup; yapı temelini oluşturan su yalıtımı gibi katmanlar, döşeme senaryolarındaki katmanlara dahil edilmemiştir.

- Prefabrik ve modüler yapı birimi olarak kullanılacak konteyner birimlerin / modüllerin, Samsun’da uygulanacak konut işlevindeki konteyner yapılar için kullanılacağı varsayılmıştır. Bu doğrultuda; TS 825 (TSE, 2013)’e göre sağlaması gereken (en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen) U değerleri (Çizelge 2.7) esas alınarak ve Çizelge 2.6’da yer alan eşitlikler kullanılarak, konteyner birimlerin / modüllerin sahip olduğu yapı elemanlarının sağlaması gereken (en düşük değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen) toplam R değerlerini hesaplandığı varsayılmıştır.

4.1.3. İşlevsel birim

Farklı senaryolar ile oluşturulmuş mimari konfigürasyonların çevresel tercih edilebilirlik açısından karşılaştırıldığı bu YDD çalışmasında; her bir yapı elemanı (örneğin; duvar, tavan, döşeme, pencere / balkon kapısı, dış kapı), kendi içinde aynı işlev temelinde ele alınmıştır. Bu doğrultuda, aynı yüzey alanına sahip olacak şekilde sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren konfigürasyonlar düşünülmüştür. Duvar konfigürasyonları için, “sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² duvar yüzey alanı”; tavan konfigürasyonları için, “sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² tavan yüzey alanı”; döşeme konfigürasyonları için, “sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² döşeme yüzey alanı”; pencere / balkon kapısı konfigürasyonları için, “sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² pencere / balkon kapısı yüzey alanı”; dış kapı konfigürasyonları için ise, “sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² dış kapı yüzey alanı” işlevsel birim olarak kabul edilmiştir.

4.1.4. Sistem sınırı

Ürün sistemi içerisinde yer alan her bir yapı malzemesine / ürününe ait “ham madde (birincil malzeme) çıkarılması” ve “üretim” evresindeki etkiler araştırılmıştır. Bu doğrultuda, “duvar”, “tavan” ve “döşeme” konfigürasyonlarında kullanılan ürünler (toksik olmayan bir sızdırmazlık astarı, karkas çerçeve, yalıtım malzemeleri, kaplama malzemeleri) ile “pencere / balkon kapısı” ve “dış kapı” konfigürasyonlarında kullanılan ürünlerin (örneğin; pencere / balkon kapısı / dış kapı çerçevesine, pencere / balkon kapısı camına, dış kapı çerçeve ve kanadına) bu yaşam döngüsü evrelerine ait birim işlemler, çalışmanın sistem sınırını

oluşturmaktadır. Ancak, “üretim” evresi içinde yer alan süreçlerden sadece “ürün imalatı” sürecinden kaynaklanan etkiler ele alınmış; “ürün fabrikasyonu”, “dolum”, “paketleme” ve “dağıtım (konteyner birimlerin uyarlandığı fabrikaya taşınması)” süreçlerinden kaynaklanan etkiler ise sistem sınırı dışında tutulmuştur. Bu doğrultuda; çalışmada, beşikten kapıya yaklaşımı uygulanmıştır.

4.1.5. Dağıtım yöntemleri

Girdi ve çıktı akışlarının birim işlemlere dağıtılmasında; sistem sınırlarını oluşturan birim işlemlere ilişkin girdi akışlarından “malzeme (ham madde / kaynaklar)”, “enerji” ve “su”; çıktı akışlarından ise “hava, su ve toprağa salımlar” ve “katı / sıvı esaslı atıklar” dikkate alınmıştır.

4.1.6. Veri kalite gerekleri

Oluşturulan mimari konfigürasyonlardaki, konteyner modüllere eklenecek yeni ürünlere ait sistem sınırı içindeki toplanması gereken verilerin kalite gerekleri; çalışma sonucunun doğru yorumlanabilmesi açısından önemlidir. Bu doğrultuda, çalışmada; veri kalite gerekleri için, zamansal (zaman ile ilgili ölçüt), coğrafik (coğrafya ile ilgili ölçüt) ve teknolojik kapsam (teknoloji ile ilgili ölçüt) açısından belirli ölçütlere dikkat edilmiştir. Zamansal kapsam olarak, 2021 yılına ait ve 2025 yılı sonuna kadar güncelliğini koruyacak ürün verileri kullanılmıştır. Coğrafik kapsam olarak, öncelikle yerel / ulusal verilerin kullanılması düşünülmüştür. Ancak, Türkiye’de oluşturulan mevcut ulusal YD veri tabanlarının (örneğin; TurCoMDat, TLCID) yetersiz olmasından ve bu YD veri tabanlarını destekleyen herhangi bir YDD yazılım aracının olmamasından kaynaklı (Bölüm 2.1.5); dünyada en geniş veri olanağı sunan “Ecoinvent” YD veri tabanı tercih edilmiştir. “Ecoinvent” YD veri tabanı, içerdiği bilgilerin zaman zaman güncellenmesinden kaynaklı farklı sürümlerde yer almaktadır. Çalışmada, 3.8 sürümü olan “Ecoinvent 3.8” kullanılmıştır. Teknolojik kapsam olarak ise, Avrupa teknoloji ortalaması olduğu kabul edilerek gelişmiş teknoloji kullanılmıştır.

“Ecoinvent 3.8” YD veri tabanı içerisinde, mevcutta, Türkiye’ye ait ulusal ürün verileri bulunmamaktadır. Ancak, Türkiye enerji ve su verileri yer almaktadır. Bu nedenle, çalışmada; Ecoinvent 3.8” YD veri tabanı içerisinde kullanılmak üzere seçilen ürünlerin

dağıtım yöntemlerinde (girdi ve çıktı akışlarında) yer alan enerji ve su verileri (Avrupa ülkeleri ortalaması olan “RER” verileri, İsviçre ortalaması olan “CH” verileri, İsviçre haricindeki Avrupa ülkeleri ortalaması olan “Europe without Switzerland” verileri), Türkiye enerji ve su verileri (Türkiye ortalaması “RER” verileri) ile uyarlanarak (ürün verileri içinde yer alan enerji ve su verileri, Türkiye enerji ve su verileri ile değiştirilerek) kullanılmıştır.

“Ecoinvent 3.8” YD veri tabanı içerisindeki veriler, zamansal / coğrafik / teknolojik kapsam dışında birtakım farklı kriterler altında da gruplandırılmıştır:

- Veri içeriğinin kullanıcı arayüzünde detaylı görüntülenebilmesi açısından; “Birim Süreç (U-Unit)” ve “Sistem Süreç (S-System)” (Url-47): Birim süreç; yalnızca bir süreç adımındaki salımları ve ham madde girdilerini, ayrıca diğer birim süreçlerden gelen girdilere referansları içermektedir. Sistem süreci ise; bir sürece ilişkin genel bir YDD’nin toplu veri sonucudur ve süreçte yer alan ayrı tedarik zinciri süreçlerinin girdileri ve çıktıları hakkında hiçbir fikir vermemektedir. Bu nedenle, bir sistem süreci, bir kara kutu olarak kabul edilmektedir. Bir birim süreç ile hesaplanan veri sonucu, aynı adı taşıyan sistem süreci ile hesaplanan veri sonucu ile aynıdır. Yani, ikisi arasında yapılan bir tercih, YDD sonucunu etkilemez. Ancak; birim süreç, daha detaylı içerik sunmaktadır. Bu durum; seçilen yapı malzemelerinin / ürünlerinin dağıtım yöntemleri kontrolünün sağlanabilmesini, varsa eksikliklerin eklenebilmesini, farklılıkların uyarlanabilmesini sağlamaktadır. Bu nedenle, çalışmada, “Birim Süreç (Unit-U)” verileri kullanılmıştır.
- Veri kapsamında yer alan bilgiler açısından; “Piyasa Süreci (Market)” ve “Dönüşüm Süreci (Transformation)” (Url-47): Piyasa süreçleri, çeşitli ülkelerden ulaşım ve üretim girdilerini içermektedir. Dönüşüm süreçleri ise; malzeme ve enerji girdileri, malzeme girdilerinin taşınması, ham madde çıkarılması ve salımlar dahil olmak üzere bir ürün veya hizmetin yapımına yönelik tüm girdileri ve çıktıları içermektedir. Bu nedenle, çalışmada, yapı malzemelerine / ürünlerine ait “ham madde (birincil malzeme) çıkarılması” ve “(sadece ürün imalatı sürecini kapsayan) üretim” verilerini içeren “Dönüşüm Süreci (Transformation)” verileri kullanılmıştır.
- Veri modelinin sistemi açısından; “Sonuçsal İkame (Conseq-Consequential)”, “İkame Noktasında Tahsis (APOS-Allocation at point of substitution)”, “Kesme Tahsisi (Cut-off)” (Williams ve Eikenaar, 2022): Çok işlevli süreçlerin meydana geldiği durumlarda, süreçle ilişkili tüm girdilerin ve çıktıların birden fazla ürün veya hizmet arasında bölünmesi gerekmektedir. “Tahsisattan kaçınma” olarak da bilinen “Sonuçsal ikame”

yaklaşımı; ISO (2006b) tarafından öngörülen hiyerarşide ilk sıradadır ve kaçınılan yükler hakkında birçok varsayımı gerektirmektedir. “Ürünün çevresel yükler üzerindeki etkisi nedir?” sorusunu cevaplamaya odaklanmaktadır. İkame noktasında tahsis yaklaşımı; kaçınılan yükler hakkında varsayımda bulunmak zorunda kalmamak ve ürün sisteminin yaşam döngüsüne odaklanmak isteniyorsa tercih edilmektedir. Bu yaklaşımda, çıktıların; atık, geri dönüştürülebilir malzeme veya pazarlanabilir yan ürünler olarak sınıflandırılması gerekmektedir. “Çevresel yüklerin hangi kısmı ürüne tahsis edilmelidir?” sorusunu cevaplamaya odaklanmaktadır. Kesme tahsisi ise; “kullanım ömrü sonu tahsisi” olarak kullanılmaktadır. Bir ürünün satıldığı noktada yük dağılımı yapmakta ve geri dönüştürülebilir malzemenin ürün sisteminden çıktığı noktada bir kesme uygulamaktadır. Bu doğrultuda; çalışmada, ISO (2006b) tarafından öngörülen hiyerarşideki “Sonuçsal İkame (Conseq-Consequential)” verileri kullanılmıştır.

4.1.7. Eleştirel gözden geçirme

Çalışma, kamuoyuna açıklanacak olan karşılaştırmalı bir YDD çalışması değildir. Bu nedenle, eleştirel gözden geçirilme zorunluluğu da bulunmamaktadır. Bu doğrultuda, çalışmanın YDY aşamasında bu aşama gerçekleştirilmemiştir.

4.1.8. Rapor hazırlama

Çalışma, kamuoyuna açıklanacak olan karşılaştırmalı bir YDD çalışması değildir. Bu nedenle, çalışmanın YDY aşamasında değerlendirme sonuçlarının sunulacağı bir rapor hazırlanmamıştır.

4.2. Yaşam Döngüsü Veri Çözümlemesi (YDVC)

“Ecoinvent 3.8” YD veri tabanında, birçok yapı malzemesine / ürününe ait “ham madde (birincil malzeme) çıkarılması” ve “(sadece ürün imalatı sürecini kapsayan) üretim” verileri hazır biçimde bulunmaktadır. Çalışmanın bu aşamasında, ilk olarak; “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanı içinden, YDD ürün sistemi (konteyner dış kabuğu üzerinde ele alınacak farklı “duvar”, “tavan”, “döşeme”, “pencere / balkon kapısı” ve “dış kapı” konfigürasyonları) için kullanılabilir yapı malzemeleri / ürünleri seçilmiştir. Sonrasında, montaj senaryolarında kullanılması üzere seçilen bu yapı malzemelerinin / ürünlerinin dağıtım yöntemleri (girdi ve

çıktı akışları) kontrol edilerek; varsa eksiklikler (örneğin, boya astarı-alçı sıva için “su”) eklenmiş ve farklılıklar (örneğin; Avrupa ülkeleri ortalaması olan enerji verisi yerine “Türkiye ortalaması olan enerji verisi”) uyarlanmış. Son olarak; toplanan ve uyarlanan tüm verilerin, YDD ürün sistemi için oluşturulacak montaj senaryolarındaki işlevsel birim ile ilişkilendirilmesine dair uygulanan kabul ve varsayımları belirtilmiştir.

4.2.1. Değerlendirilmekte olan ürün sistemine ilişkin akış şeması oluşturma

Çalışmada, montaj senaryolarında kullanılması üzere seçilen yapı malzemelerinin / ürünlerinin tümü “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanı içerisinde seçilmiştir. Bu doğrultuda; sıfırdan bir veri üretme durumu söz konusu olmadığı için, ürün sistemi içerisinde oluşturulacak montaj senaryolarındaki her bir ürün için ayrı ayrı akış şeması oluşturma ihtiyacı bulunmamaktadır. Öte yandan; her bir yapı elemanı, birbirinden ayrı değerlendirmek üzere, ayrı birer ürün sistemi oluşturmakta ve farklı yapı malzemeleri / ürünleri montajları içermektedir. Bu doğrultuda; farklı malzeme konfigürasyonları ile farklı senaryolar oluşturulabileceği, bu senaryolarda kullanılacak ürün seçimi için bir veri toplama yöntemi geliştirilmesi gerektiği görülmektedir.

4.2.2. Veri toplama yöntemi geliştirme

Verileri toplamada, “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanından faydalanılmıştır. Bu doğrultuda, öncelikle; duvar, tavan ve döşeme senaryolarındaki “iç kaplama”, “dış kaplama” ve “yalıtım” katmanlarında kullanılabilecek yapı malzeme / ürün çeşitleri belirlenmiştir. Sonrasında, bu malzemelerin / ürünlerin konteyner birime monte edilmesini sağlayan “karkas çerçeve” malzeme / ürün çeşitleri kararlaştırılmıştır. Son olarak, pencerelerde / balkon kapılarında ve dış kapılarda kullanılabilecek malzeme / ürün çeşitleri belirlenmiştir. Yapı malzeme / ürün çeşitlerini seçerken ise, Bölüm 2.2.2 (nakliye konteynerlerinin mimarideki yeri ve kullanım koşulları) ve Bölüm 2.3 (konteyner yapıların yaşam döngüsü değerlendirmesi)’de belirtilen bilgilerden faydalanılmıştır.

4.2.3. Verileri toplama

Duvar, tavan ve döşeme senaryolarında, iç kaplama katmanlarında kullanılabilecek yapı malzeme / ürün çeşitlerinden; “akrilik reçine esaslı su bazlı boya kaplama”, “boya astarı /

perdah alçı sıva”, “çimentolu yonga levha”, “alçı levha”, “ahşap kontrplak levha”, “yönlendirilmiş yonga levha (OSB)”, “doğal taş (granit) kaplama, topraklı”, “doğal taş (granit) kaplama, cilalı”, “seramik karo kaplama”, “akrilik dispersiyon esaslı yapıştırıcı”, “akrilik kopolimer esaslı su bazlı ahşap koruyucu / vernik kaplama” ve “ahşap tahta / kereste kaplama” seçilmiştir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.10, Çizelge 4.19). “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanında; “vinil kaplı ahşap kontrplak levha”, “fiber takviyeli plastik levha (FRP-Fibre Reinforced Plastic)”, “laminat parke” ve “vinil kaplama” malzemeleri / ürünleri ile ilgili herhangi bir veri olmadığı için tercih edilmemiştir. Ayrıca, duvar ve döşeme kaplamalarının birleşim yerlerinde kullanılması gereken “süpürgelik” ile ilgili herhangi bir veri olmadığı için, hiçbir senaryoda kullanılmamıştır.

Duvar, tavan ve döşeme senaryolarında, dış kaplama katmanlarında (konteyner kabuğunun iç ve dış yüzeylerinde sızdırmazlık görevini üstlenecek katmanlar da dahil olmak üzere) kullanılabilecek yapı malzeme / ürün çeşitlerinden; “toz boya kaplama”, “alkid reçine esaslı solvent bazlı boya kaplama”, “epoksi astar kaplama”, “akrilik kopolimer esaslı su bazlı ahşap koruyucu / vernik kaplama” ve “poliüretan köpük yalıtım, spre / yerinde köpürme” seçilmiştir (Çizelge 4.4, Çizelge 4.13, Çizelge 4.22). “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanında; “pas önleyici astar boya kaplama (elastomerik poliüretan kaplama, polyurea kaplama)”, “alkid emaye boya kaplama (DTM-Direct To Metale)” ve “poliüretan boya / kaplama” malzemeleri / ürünleri ile ilgili herhangi bir veri olmadığı için tercih edilmemiştir. Ayrıca; dış cephede “akrilik boya kaplama” üzeri “vernik kaplama” uygulaması pek tercih edilmediği için, “ahşap kaplama” ve “vinil kaplama” uygulamalarında ise ek bir karkas çerçeve ihtiyacı olduğu için seçilmemiştir.

Duvar, tavan ve döşeme senaryolarında, yalıtım katmanlarında kullanılabilecek yapı malzeme / ürün çeşitlerinden; “poliüretan köpük yalıtım, spre / yerinde köpürme”, “poliüretan köpük yalıtım, levha”, “ekstrüde polistiren sert köpük (XPS) yalıtım, (HFC-134a şişirilmiş)”, “expande polistiren sert köpük (EPS) yalıtım”, “expande polistiren sert köpük (EPS) yalıtım, (grafitli, %6 geri dönüştürülmüş)”, “cam yünü yalıtım, örtü / şilte” ve “taş yünü yalıtım, levha” seçilmiştir (Çizelge 4.7, Çizelge 4.16, Çizelge 4.25). Ayrıca, bu ısı yalıtım malzemelerinin buhar / nem yalıtımı sağlamama durumuna göre gerektiği durumda “etil vinil asetat (EVA), folyo” da kullanılmıştır. “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanında; “fiberglas örtü yalıtım” ve “vakum izolasyon panel (VIP-Vacuum Insulation Panel)” malzemeleri / ürünleri ile ilgili herhangi bir veri olmadığı için tercih edilmemiştir.

Yalıtım ve iç kaplama malzemelerinin / ürünlerinin konteyner birime montajında oluşabilecek herhangi bir buhar / nem sızıntısını önlemek için ahşap veya metal karkas çerçeveler kullanılmaktadır (Resim 2.18). “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanında, “metal karkas çerçeve” ile ilgili herhangi bir veri olmadığı için; tüm duvar ve tavan senaryolarında, karkas çerçeve olarak “ahşap karkas çerçeve” kullanılmıştır (Çizelge 4.1, Çizelge 4.4, Çizelge 4.7, Çizelge 4.10, Çizelge 4.13, Çizelge 4.16). Ayrıca, döşeme yüzeylerinde kullanılacak iç kaplama malzemelerinin montajı yapılabilmesi için de, tüm senaryolarda “ahşap lata” kullanılmıştır (Çizelge 4.19, Çizelge 4.22, Çizelge 4.25).

Pencerelerde / balkon kapılarında kullanılabilecek malzeme / ürün çeşitlerinden; hepsi “çift katmanlı cam” ile birlikte uygulanan “ahşap pencere / balkon kapı çerçevesi”, “alüminyum pencere / balkon kapı çerçevesi”, “ahşap-metal (çelik) pencere / balkon kapı çerçevesi” ve “PVC (polivinil klorür) pencere / balkon kapı çerçevesi” seçilmiştir (Çizelge 4.28).

Dış kapılarda kullanılabilecek malzeme / ürün çeşitlerinden ise; “ahşap-alüminyum dış kapı” ve “ahşap-cam dış kapı” seçilmiştir (Çizelge 4.31).

4.2.4. Sonuçları değerlendirme ve raporlama

Farklı “duvar”, “tavan”, “döşeme”, “pencere / balkon kapısı” ve “dış kapı” konfigürasyonları oluşturmak üzere montaj senaryolarında kullanılması için “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanından seçilen tüm yapı malzemelerinin / ürünlerinin dağıtım yöntemleri kontrol edilerek; varsa ürünlerin içine eklenmesi gereken malzemeler eklenmiş ve farklılıklar uyarlanmıştır. Bu doğrultuda, “akrilik reçine esaslı su bazlı boya kaplama”, “boya astarı / perdah alçı sıva”, “akrilik dispersiyon esaslı yapıştırıcı”, “akrilik kopolimer esaslı su bazlı ahşap koruyucu / vernik kaplama” yapı malzemeleri / ürünleri için “su verisi”; “alkid reçine esaslı solvent bazlı boya kaplama” yapı malzemesi / ürünü için “solvent (terebentin / turpentin) verisi” eklenmiştir. Öte yandan; seçilen tüm yapı malzeme / ürün verileri içinde yer alan enerji ve su verileri, “Türkiye enerji ve su verileri” ile değiştirilerek uyarlanmıştır.

Montaj senaryolarında kullanılması üzere seçilen bu yapı malzemelerine / ürünlerine ait “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanı birimi (örneğin; akrilik reçine esaslı su bazlı boya kaplama için “kg”, ahşap kontrplak levha için “m³”) birbirinden farklıdır. Her bir montaj senaryosunun birbiri ile karşılaştırmasının sağlanması için; senaryoları oluşturan mimari

konfigürasyonlar içerisinde kullanılan tüm yapı malzemelerine / ürünlerine ait bu birimlerin, işlevsel birim (sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² duvar yüzey alanı, sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² tavan yüzey alanı, sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² döşeme yüzey alanı, sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² pencere / balkon kapısı yüzey alanı, sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² dış kapı yüzey alanı) ile ilişkilendirilerek işlevsel birim başına veriler elde edilmelidir. “Sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² duvar yüzey alanı” içerisinde kullanılan “taş yünü yalıtım, levha” miktarının (kaç kg taş yünü kullanıldığı) m² dönüşümü hesabı, bu duruma örnek olarak gösterilebilir.

Toplanan verilerin değerlendirilmesi üzere “m² dönüşümü hesabı” yapılırken, kullanılan ürün miktarını etkilediği için; konteyner dış kabuğu üzerinde ele alınacak ve “duvar”, “tavan”, “döşeme” konfigürasyonları için oluşturulacak montaj senaryoları içerisinde kullanılan her bir yapı malzeme kalınlığı önemlidir. Bu yapı malzemelerinin kalınlıklarını hesaplamak için ise, öncelikle; TS 825 (TSE, 2013)’e göre uygulanacağı bölgedeki (Samsun: 2. derece gün bölgesi) sağlaması gereken (en fazla değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen) U değerleri (Çizelge 2.7) esas alınmıştır. Belirtilen U değerleri, oluşturulacak her bir montaj senaryosunun sağlaması gerektiği toplam U değerlerini göstermektedir. Bakılması gereken diğer özellik ise U değeri ile bağlantılı olan ve aşağıda yer alan ısı direnç (R) değeri ifadesidir;

$$R = 1 / U \quad (4.1)$$

$$R = d / \lambda \quad (4.2)$$

Bu eşitliklerde, λ ısı iletkenlik katsayısı değerini, d ise malzeme kalınlığı değerini göstermektedir.

Eşitlik 4.1 yardımı ile, montaj senaryolarının sağlaması gereken (en düşük değer olarak kabul edilmesi tavsiye edilen) toplam R değerleri elde edilmiştir. Sonrasında, Eşitlik 4.2 yardımı ile, montaj senaryoları içinde kullanılan her bir yapı malzemesinin d ve λ bilgilerine dayanarak ayrı ayrı sağlaması gereken R değerleri bulunmuştur. λ bilgisi, her malzeme için farklı olacak şekilde sabit değerdedir. Bu doğrultuda, montaj senaryolarında kullanılan her bir yapı malzemesine ait olması gereken d ve sağlaması gereken R değerleri birbiri ile

doğrudan ilişkili olacak şekilde hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda, montaj senaryolarının sağlaması gereken toplam R değerini karşılamış olmasına dikkat edilmiştir. Öte yandan, “pencere / balkon kapısı” ve “dış kapı” konfigürasyonları için de sağlaması gereken toplam R değeri hesabı gerçekleştirilmiştir. Bu yapı elemanları için, U değeri gerekliliğini sağlayacak şekilde uygun özellikteki çerçeve ve cam malzemeleri ile farklı montaj senaryoları oluşturulmuştur. Bu hesaplamada; “balkon kapısı” ve “dış kapı” U değeri gerekliliklerinin, “pencere” gibi olduğu varsayılmıştır. Son olarak, tüm montaj senaryolarında yer alan her bir yapı malzemesine / ürününe ait m^2 dönüşümü hesabı gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.4, Çizelge 4.7, Çizelge 4.10, Çizelge 4.13, Çizelge 4.16, Çizelge 4.19, Çizelge 4.22, Çizelge 4.25, Çizelge 4.28, Çizelge 4.31).

Konteyner dış kabuğu üzerinde değerlendirmek üzere ele alınacak “duvar”, “tavan”, “döşeme” elemanları için birçok farklı konfigürasyon ve farklı montaj senaryoları oluşturulabileceği için; çalışmada, kademeli bir şekilde etki değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda, önce dış kaplama ve yalıtım katmanları sabit tutularak (tüm montaj senaryolarında aynı dış kaplama ve yalıtım malzemeleri kullanıldığı varsayılarak) değerlendirme gerçekleştirilmiş; böylelikle, en düşük çevresel etkiye sebep olan iç kaplama katmanları kesinleştirilmiştir. Sonrasında, en düşük çevresel etkiye sebep olan bu iç kaplama ile yalıtım katmanlarında kullanılabilecek yapı malzeme / ürün çeşitlerinden herhangi bir yalıtım katmanı sabit tutularak (tüm montaj senaryolarında aynı iç kaplama ve yalıtım malzemeleri kullanıldığı varsayılarak) yapılan değerlendirme ile, en düşük çevresel etkiye sebep olan dış kaplama katmanları belirlenmiştir. Daha sonra, en düşük çevresel etkiye sebep olan bu iç ve dış kaplama katmanları sabit tutularak son bir değerlendirme gerçekleştirilmiş; böylelikle, en düşük çevresel etkiye sebep yalıtım katmanı belirlenmiştir. Üç kademede yapılan bu değerlendirme sonrasında, en düşük çevresel etkiye sebep olarak çevresel açıdan en iyi performansı gösteren “duvar”, “tavan”, “döşeme” konfigürasyonları elde edilmiştir. YDED’nin bu kademeli yapısından kaynaklı, YDVÇ aşamasında yapılması gereken; tüm montaj senaryolarının oluşturulması, sağlaması gereken U değerlerine göre senaryolarda yer alan her bir ürüne ait malzeme kalınlıklarının hesaplanması ve m^2 dönüşümleri ile ürün miktarlarının belirlenmesine ait işlemlerinin tümü YDED aşamasında gerçekleştirilmiştir (Bölüm 4.3.8). Ancak; senaryolarda kullanılan her bir yapı malzemesi / ürünü için, “içerisine eklenmesi gereken malzemeler” ve “ m^2 dönüşümü hesapları” açısından yapılan tüm varsayımlar bu aşamada belirlenmiştir:

- Akrilik Reçine Esaslı Su Bazlı Boya Kaplama: %60 solüsyon ve %40 su karışımından oluşmaktadır. “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanı, sadece %60 solüsyon için veri içermektedir. Çalışma kapsamında, malzemenin içine su verisi de eklenmiştir. Duvar yüzeyinde kullanılacak boya kaplamasında; kaplama alanının tek kat için (18-26,5 m²/l) 18 m²/l, yoğunluğun (1,31-1,35 g/cm³) 1,35 g/cm³ olduğu (Url-48) varsayılmıştır. İşlevsel birim ile ilişkilendirmek üzere, dönüşüm değeri (tek kat için: 0,0756 kg/m²); kaplama alanı ve yoğunluk bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır. Tavan yüzeyinde kullanılacak boya kaplamasında ise; kaplama alanının tek kat için (8-10 m²/l) 8 m²/l, yoğunluğun (1,75-1,79 g/cm³) 1,79 g/cm³ olduğu (Url-49) varsayılmıştır. Dönüşüm değeri (tek kat için: 0,2238 kg/m²); kaplama alanı ve yoğunluk bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır.
- Boya Astarı / Perdah Alçı Sıva: Kum (0,244 kg), alçı (0,743 kg), hidratlı kireç (0,013 kg), katkı maddeleri (0,00008 kg) toz karışımından oluşmaktadır. 1 kg toz karışım için 0,138 kg su kullanılmaktadır. “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanı, sadece toz karışım için veri içermektedir. Çalışma kapsamında, malzemenin içine su verisi de eklenmiştir. Yoğunluğun (gevşek birim için: 750-800 kg/m³, kuru birim için: 950-1000 kg/m³) 1000 kg/m³; dönüşüm değerinin 1 mm için 1 kg/m² olduğu (Url-50) varsayılmıştır.
- Çimentolu Yonga Levha: Yoğunluğun (1250-1350 kg/m³) 1350 kg/m³ olduğu (Url-51) varsayılmıştır. Dönüşüm değeri, malzeme kalınlığı bilgisi doğrultusunda hesaplanmıştır. Duvar ve tavan uygulamalarında; üzerine boya astarı / perdah alçı sıva uygulamadan önce, estetik görünüm amacıyla derzlere poliüretan mastik uygulandıktan sonra vida yerleri polyester veya akrilik macun ile doldurulup zımparalanmaktadır. Çalışmada, mastik ve macun malzeme verileri hesaba katılmamıştır. Ayrıca, montajı sağlamak için kullanılan malzemeler (örneğin, vida) de hesaba katılmamıştır.
- Alçı Levha: Yangına ve suya dayanıklı alçı levha kullanıldığı; yoğunluğun 825 kg/m³ olduğu (Url-52) varsayılmıştır. Dönüşüm değeri, malzeme yoğunluğu ve kalınlığı bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır. Üzerine boya astarı / perdah alçı sıva uygulamadan önce, estetik görünüm amacıyla derzlere fiberglas veya kağıt derz bandı çekildikten sonra derz dolgu alçısı uygulanmaktadır. Çalışmada, derz bandı ve derz dolgu malzeme verileri hesaba katılmamıştır. Ayrıca, montajı sağlamak için kullanılan malzemeler (örneğin, vida) hesaba katılmamıştır.
- Ahşap Kontrplak Levha: Çam ağacından yapıldığı; yoğunluğun (500-620 kg/m³) 620 kg/m³ olduğu (Url-53) varsayılmıştır. Dönüşüm değeri, malzeme kalınlığı bilgisi

doğrultusunda hesaplanmıştır. Çalışmada, montajı sağlamak için kullanılan malzemeler (örneğin, vida) hesaba katılmamıştır.

- Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB): Rutubete karşı dayanıklı olan OSB-3 kullanıldığı; yoğunluğun ($580-640 \text{ kg/m}^3$) 640 kg/m^3 olduğu (Url-54) varsayılmıştır. Dönüşüm değeri, malzeme kalınlığı bilgisi doğrultusunda hesaplanmıştır. Çalışmada, montajı sağlamak için kullanılan malzemeler (örneğin, vida) hesaba katılmamıştır.
- Doğal Taş (Granit) Kaplama, Topraklı: Yüzeyi pürüzlüdür ve duvar yüzeyinde kullanılmaktadır. Yoğunluğu, 2750 kg/m^3 'tür. Dönüşüm değeri, malzeme yoğunluğu ve kalınlığı bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır. 3 mm derz boşluğu bırakılacak şekilde yan yana ve alt alta uygulanmaktadır. Sonrasında ise, bu boşluklar silikonlu derz dolgu malzemesi ile doldurulmaktadır. Çalışmada, derz dolgu malzeme verisi hesaba katılmamıştır.
- Doğal Taş (Granit) Kaplama, Cilalı: Yüzeyi cilalıdır ve döşeme yüzeyinde kullanılmaktadır. Yoğunluğu, 2750 kg/m^3 'tür. Dönüşüm değeri, malzeme yoğunluğu ve kalınlığı bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır. 3 mm derz boşluğu bırakılacak şekilde yan yana ve alt alta uygulanmaktadır. Sonrasında ise, bu boşluklar silikonlu derz dolgu malzemesi ile doldurulmaktadır. Çalışmada, derz dolgu malzeme verisi hesaba katılmamıştır.
- Seramik Karo Kaplama: Yoğunluğun 2700 kg/m^3 olduğu (Kemaneci, 2019: 15) varsayılmıştır. Dönüşüm değeri, malzeme yoğunluğu ve kalınlığı bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır. 3 mm derz boşluğu bırakılacak şekilde yan yana ve alt alta uygulanmaktadır. Sonrasında ise, bu boşluklar silikonlu derz dolgu malzemesi ile doldurulmaktadır. Çalışmada, derz dolgu malzeme verisi hesaba katılmamıştır.
- Akrilik Dispersiyon Esaslı Yapıştırıcı: %65 solüsyon ve %35 su karışımından oluşmaktadır. "Ecoinvent 3.8" YD veri tabanı, sadece %65 solüsyon için veri içermektedir. Çalışma kapsamında, malzemenin içine su verisi de eklenmiştir. Yoğunluğun $1,60 \text{ kg/l}$; dönüşüm değerinin 1 mm için $1,700 \text{ kg/m}^2$ olduğu (Url-55) varsayılmıştır.
- Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama: %87,5 solüsyon ve %12,5 su karışımından oluşmaktadır. "Ecoinvent 3.8" YD veri tabanı, sadece %87,5 solüsyon için veri içermektedir. Çalışma kapsamında, malzemenin içine su verisi de eklenmiştir. Kaplama alanının tek kat için $12 \text{ m}^2/\text{l}$; yoğunluğun ($1,02-1,04 \text{ g/ml}$) $1,04$

g/ml olduğu (Url-56) varsayılmıştır. Dönüşüm değeri (tek kat için: $0,866 \text{ kg/m}^2$), kaplama alanı ve yoğunluk bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır.

- Ahşap Tahta / Kereste Kaplama: Meşe ağacından yapıldığı varsayılmıştır. Dönüşüm değeri; “1 m² döşeme yüzeyinin 12 (en) x 100 (boy) x 4 (yükseklik) cm boyutlarında ahşap tahta / keresteler ile kaplanacağı” varsayımı doğrultusunda ve malzeme kalınlığı bilgisi ile hesaplanmıştır. Çalışmada, montajı sağlamak için kullanılan malzemeler (örneğin, çivi) hesaba katılmamıştır.
- Ahşap Lata: Meşe ağacından yapıldığı varsayılmıştır. Dönüşüm değeri; “1 m² döşeme yüzeyinde 2 adet 4 (en) x 100 (boy) x 2 (yükseklik) cm boyutlarında ahşap lata malzeme bulunduğu” varsayımı doğrultusunda hesaplanmıştır. Çalışmada, montajı sağlamak için kullanılan malzemeler (örneğin, vida) hesaba katılmamıştır.
- Ahşap Karkas Çerçeve: Ladin, köknar, çam veya karaçam ağacından yapıldığı varsayılmıştır. Malzeme, ahşap yüzey koruyucu madde olmadan kullanılabilir. Dönüşüm değeri; “1 m² duvar / tavan yüzeyinde 2 adet 10 (en) x 100 (boy) x 10 (yükseklik) cm boyutlarında dikey, 2 adet 10 (en) x 100 (boy) x 10 (yükseklik) cm boyutlarında yatay ve 1 adet 10 (en) x 140 (boy) x 10 (yükseklik) cm boyutlarında çapraz olmak üzere toplamda 5 adet ahşap karkas malzeme bulunduğu” varsayımı doğrultusunda hesaplanmıştır. Çalışmada, montajı sağlamak için kullanılan malzemeler (örneğin, vida) hesaba katılmamıştır.
- Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme: Yoğunluğun ($18\text{-}25 \text{ kg/m}^3$) 25 kg/m^3 olduğu kabul edilmiştir. Her aşamada 1 cm olacak şekilde aşamalı uygulanmaktadır. Duvar / tavan yüzeyleri için dönüşüm değeri, malzeme yoğunluğu ve kalınlığı bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır. Ayrıca; “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanında, dış hava koşullarına açık olacak şekilde spreylenerek uygulanabilen tek yalıtım malzemesi olduğu için, döşeme yüzeyleri için oluşturulan tüm senaryolarda dış iklim koşullarına maruz kalan mevcut çelik kirişler ve döşemenin alt yüzeyi için de bu malzeme kullanılmıştır. Dönüşüm değeri ise, malzeme yoğunluğu ve kalınlığı (1 cm) bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır. Ancak, “1 m² döşeme yüzeyinde yer alan çelik kirişlerin toplamda 1 m² yüzey alanına sahip olduğu” varsayıldığı için ve hem çelik kiriş yüzeyler hem de konteynerin mevcut ahşap kontrplak döşeme levhası üzerine uygulanacağı için, 2 kat uygulanmış gibi hesaplanmıştır.
- Poliüretan Köpük Yalıtım, Levha: Yoğunluğun, duvar ve tavanda kullanılan “Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme” ile aynı olduğu (25 kg/m^3) kabul edilmiştir.

Dönüşüm değeri, malzeme yoğunluğu ve kalınlığı bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır. Uygulamadan sonra, yalıtım levhaları arasında sızdırmazlığı sağlamak amacıyla derzlere sızdırmazlık bandı uygulanmaktadır. Çalışmada, sızdırmazlık bandı verileri hesaba katılmamıştır. Ayrıca, montajı sağlamak için kullanılan malzemeler (örneğin, yapıştırıcı) de hesaba katılmamıştır.

- Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo: “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanında, alüminyum folyo ile ilgili herhangi bir veri olmadığı için; tüm senaryolarda, buhar kesici bariyer olarak etil vinil asetat kullanılmıştır. Yoğunluğun $0,94 \text{ g/cm}^3$ olduğu (Url-57) varsayılmıştır. Dönüşüm değeri, malzeme yoğunluğu ve kalınlığı bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır. Çalışmada, montajı ve sızdırmazlığı sağlamak için kullanılan malzemeler (örneğin, sızdırmazlık bandı) hesaba katılmamıştır.
- Ekstrüde Polistiren Sert Köpük (XPS) Yalıtım, (HFC-134a şişirilmiş): Yoğunluğun ($20\text{-}30 \text{ kg/m}^3$) 30 kg/m^3 olduğu (Url-58) varsayılmıştır. Dönüşüm değeri, malzeme yoğunluğu ve kalınlığı bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır. Çalışmada, montajı sağlamak için kullanılan malzemeler (örneğin, yapıştırıcı) hesaba katılmamıştır.
- Expand Polistiren Sert Köpük (EPS) Yalıtım: Yoğunluğun 30 kg/m^3 olduğu kabul edilmiştir. Dönüşüm değeri, malzeme yoğunluğu ve kalınlığı bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır. Çalışmada, montajı sağlamak için kullanılan malzemeler (örneğin, yapıştırıcı) hesaba katılmamıştır.
- Expand Polistiren Sert Köpük (EPS) Yalıtım, (Grafitli, %6 Geri Dönüştürülmüş): Yoğunluğun ($15\text{-}25 \text{ kg/m}^3$) 25 kg/m^3 olduğu kabul edilmiştir. Dönüşüm değeri, malzeme yoğunluğu ve kalınlığı bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır. Çalışmada, montajı sağlamak için kullanılan malzemeler (örneğin, yapıştırıcı) hesaba katılmamıştır.
- Cam Yünü Yalıtım, Örtü / Şilte: Yoğunluğun 40 kg/m^3 olduğu kabul edilmiştir. Dönüşüm değeri, malzeme yoğunluğu ve kalınlığı bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır. Çalışmada, montajı sağlamak için kullanılan malzemeler (örneğin, zımba) hesaba katılmamıştır.
- Taş Yünü Yalıtım, Levha: Yoğunluğun 50 kg/m^3 olduğu (Url-59) varsayılmıştır. Dönüşüm değeri, malzeme yoğunluğu ve kalınlığı bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır. Çalışmada, montajı sağlamak için kullanılan malzemeler (örneğin, yapıştırıcı) hesaba katılmamıştır.
- Toz Boya Kaplama: Epoksi ve polyester reçine içermektedir. Yoğunluğun ($1,25\text{-}1,35 \text{ g/cm}^3$) $1,35 \text{ g/cm}^3$; dönüşüm değerinin tek kat için $0,125 \text{ kg/m}^2$ olduğu (Url-60)

varsayılmıştır. Konteyner çelik duvar / tavan panelleri ile mevcut çelik kiriş yüzeyleri için kullanılmıştır. 1 m² döşeme yüzeyinde yer alan kirişlerin toplamda 1 m² yüzey alanına sahip olduğu varsayılmıştır.

- Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama: %60 solüsyon ve %40 solvent (terebentin / turpentin) karışımından oluşmaktadır. “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanı, sadece %60 solüsyon için veri içermektedir. Çalışma kapsamında, malzemenin içine solvent verisi de eklenmiştir. Kaplama alanının tek kat için (8-10 m²/l) 8 m²/l; yoğunluğun (1,15-1,20 g/cm³) 1,20 g/cm³ olduğu (Url-61) varsayılmıştır. Konteyner çelik duvar / tavan panelleri ile mevcut çelik kiriş yüzeyleri için kullanılmıştır. Duvar / tavan panelleri için dönüşüm değeri (tek kat için: 0,150 kg/m²), kaplama alanı ve yoğunluk bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır. Kiriş yüzeyleri için dönüşüm değeri (tek kat kat için: 0,150 kg/m²); 1 m² döşeme yüzeyinde yer alan bu kirişlerin toplamda 1 m² yüzey alanına sahip olduğu” varsayımı ile, kaplama alanı ve yoğunluk bilgileri doğrultusunda hesaplanmıştır.
- Epoksi Astar Kaplama: Epoksi reçine ve epoksi sertleştirici olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Ancak, “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanında epoksi sertleştirici ile ilgili herhangi bir veri olmadığı için, sadece epoksi reçine hesaba katılmıştır. Yoğunluğun (1,20-1,30 g/ml) 1,30 g/ml; dönüşüm değerinin tek kat için (0,20-0,30 kg/m²) 0,300 kg/m² olduğu (Url-62) varsayılmıştır.
- Ahşap Pencere / Balkon Kapı Çerçevesi: 1 m² alana sahip boşluk için ihtiyaç duyulan ahşap pencere / balkon kapı çerçevesini ifade etmektedir. YDD çalışmasında kullanılan işlevsel birim ile veri tabanında belirtilen birim aynı olduğu için, dönüşüm değeri 1 m² olarak alınmıştır. U değeri (1,50 W/m²K) ise, “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanından alınmıştır ve sağlaması gereken U değerini (1,80 W/m²K) karşılamaktadır.
- Alüminyum Pencere / Balkon Kapı Çerçevesi: 1 m² alana sahip boşluk için ihtiyaç duyulan alüminyum pencere / balkon kapı çerçevesini ifade etmektedir. YDD çalışmasında kullanılan işlevsel birim ile veri tabanında belirtilen birim aynı olduğu için, dönüşüm değeri 1 m² olarak alınmıştır. U değeri (1,60 W/m²K) ise, “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanından alınmıştır ve sağlaması gereken U değerini (1,80 W/m²K) karşılamaktadır.
- Ahşap-Metal (Çelik) Pencere / Balkon Kapı Çerçevesi: 1 m² alana sahip boşluk için ihtiyaç duyulan ahşap-metal (çelik) pencere / balkon kapı çerçevesini ifade etmektedir. YDD çalışmasında kullanılan işlevsel birim ile veri tabanında belirtilen birim aynı olduğu için, dönüşüm değeri 1 m² olarak alınmıştır. U değeri (1,60 W/m²K) ise, “Ecoinvent 3.8”

YD veri tabanından alınmıştır ve sağlaması gereken U değerini ($1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$) karşılamaktadır.

- PVC Pencere / Balkon Kapı Çerçevesi: 1 m^2 alana sahip boşluk için ihtiyaç duyulan PVC pencere / balkon kapı çerçevesini ifade etmektedir. YDD çalışmasında kullanılan işlevsel birim ile veri tabanında belirtilen birim aynı olduğu için, dönüşüm değeri 1 m^2 olarak alınmıştır. U değeri ($1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$) ise, “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanından alınmıştır ve sağlaması gereken U değerini ($1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$) karşılamaktadır.
- Çift Katmanlı Cam: 1 m^2 alana sahip boşluk için ihtiyaç duyulan cam malzemeyi ifade etmektedir. YDD çalışmasında kullanılan işlevsel birim ile veri tabanında belirtilen birim aynı olduğu için, dönüşüm değeri 1 m^2 olarak alınmıştır. U değeri ($<1,10 \text{ W/m}^2\text{K}$) ise, “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanından alınmıştır ve sağlaması gereken U değerini ($1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$) karşılamaktadır.
- Ahşap-Alüminyum Dış Kapı: Boya kaplı çelik kapı çerçeve ve her iki tarafı toz boyalı alüminyum kaplamalı ahşap kapı kanadı olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Ayrıca; çelikten imal edilmiş kilit, kapı kolları ve çerçeve birleşim yerlerini de içermektedir. YDD çalışmasında kullanılan işlevsel birim ile veri tabanında belirtilen birim aynı olduğu için, dönüşüm değeri 1 m^2 olarak alınmıştır. U değerinin ise, sağlaması gereken U değerinde ($1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$) olduğu varsayılmıştır.
- Ahşap-Cam Dış Kapı: Boya kaplı çelik kapı çerçeve ile cam parçalı ve her iki tarafı toz boyalı alüminyum kaplamalı ahşap kapı kanadı (%62 ahşap, %38 cam) olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Ayrıca; çelikten imal edilmiş kilit, kapı kolları ve çerçeve birleşim yerlerini de içermektedir. YDD çalışmasında kullanılan işlevsel birim ile veri tabanında belirtilen birim aynı olduğu için, dönüşüm değeri 1 m^2 olarak alınmıştır. U değerinin ise, sağlaması gereken U değerinde ($1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$) olduğu varsayılmıştır.

4.3. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (YDED)

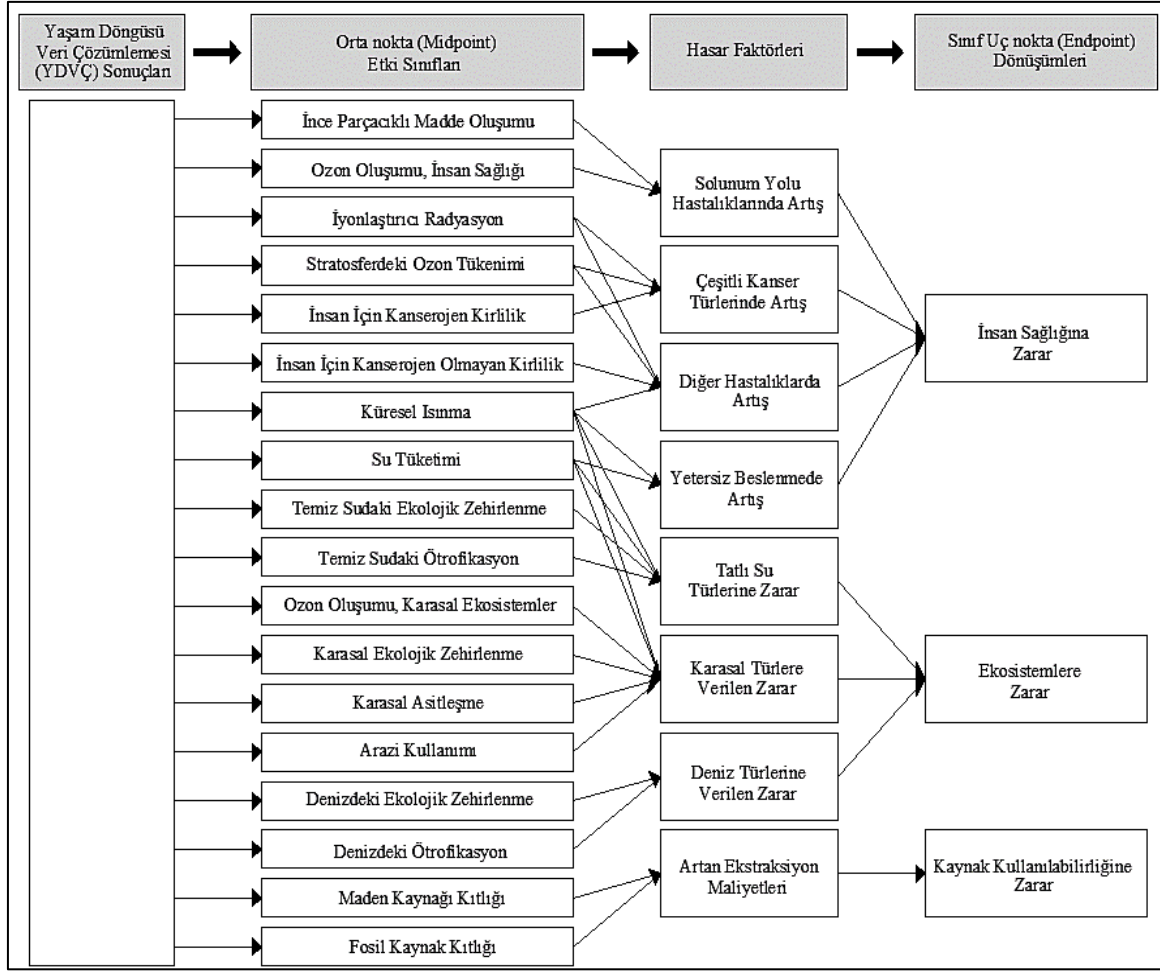
YDVÇ sonucunda elde edilen verilerin YDED’sini gerçekleştirmek üzere ise, YDD yazılım araçları ve bu yazılım araçları bünyesindeki mevcut YDED yöntemleri kullanılabilmektedir. Türkiye’de oluşturulan mevcut ulusal YDD yazılım aracının (örneğin; eConLCA), henüz geliştirilme aşamasında olmasından kaynaklı; çalışmada, dünyada en geniş kullanım olanağı sunan ve ulusal YDD yazılım aracının geliştirilmesi için altyapı olanağı sağlayan “SimaPro” YDD yazılım aracı (Bölüm 2.1.5) tercih edilmiştir. “SimaPro” YDD yazılım aracı, kullanıcı özelliğine göre farklılaşmaktadır (Url-63): “SimaPro Expert”, “SimaPro Power”, “SimaPro

PhD”, “SimaPro Classroom”, “SimaPro Faculty”. Ayrıca, içerdği YD veri tabanı ve YDED yöntemleri gibi bilgilerin zaman zaman güncellenmesinden kaynaklı farklı sürümleri de bulunmaktadır. Çalışmada, eğitim için bireysel kullanım olanağı sağlayan ve 9.4.0.2 sürümlü olan “SimaPro PhD 9.4.0.2” kullanılmıştır. “SimaPro PhD 9.4.0.2” YDD yazılım aracının bünyesinde, ayrıca; “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanı ve farklı YDED yöntemleri önceden tanımlanmış şekilde hazırdır.

YDD çalışması kapsamında oluşturulan mimari konfigürasyonlar, “SimaPro PhD 9.4.0.2” YDD yazılım aracı bünyesindeki “ReCiPe 2016 V1.07” YDED yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu yöntemin, diğer yöntemlere kıyasla en büyük avantajı; çok sayıdaki “orta nokta (midpoint)” etki sınıfı değerleri ile detaylı yorum yapabilmenin yanında, tüm etki sınıfı değerleri toplamını gösteren “tek puan (single score)” verisi ile genel bir yorum yapabilme olanağı tanınmasıdır (Url-64; Url-65).

“ReCiPe 2016 V1.07” YDED yöntemi, benzer türdeki varsayımları ve seçimleri gruplandırmak için üç farklı bakış açısına sahiptir (Url-65): “bireyci (I-Individualist)”, “hiyerarşik (H-Hierarchist)”, “eşitlikçi (E-Egalitarian)”. Bireyci bakış açısı; kısa vadeli ilgiye, tartışmasız etki türlerine, insanın adaptasyonu konusunda teknolojik iyimserliğe dayanmaktadır. Hiyerarşik bakış açısı, zaman çerçevesi ve diğer konularla ilgili en yaygın politika ilkelerine dayanmaktadır. Eşitlikçi bakış açısı ise; en uzun zaman dilimini, henüz tam olarak belirlenmemiş, ancak bazı göstergelerin mevcut olduğu etki türlerini dikkate alan en ihtiyatlı bakış açısıdır. Genel olarak, “hiyerarşik (H)” bakış açısı ile yapılan değer seçimleri bilimsel ve politik olarak kabul edilmektedir.

“ReCiPe 2016 V1.07” YDED yönteminde, “orta nokta (midpoint)” ve “uç nokta (endpoint)” olmak üzere iki farklı düzey mevcuttur. Bu düzeyler, etki değeri sonuçlarını farklı başlıklar altında yorumlamamızı sağlamaktadır ve birbirleri ile ilişkilidir (Şekil 4.1) (Url-7). “Orta nokta (midpoint)” düzeyi, problem / sorun odaklı “etki sınıfı göstergelerini”; “uç nokta (endpoint)” düzeyi ise, hasar odaklı “sınıf uç nokta dönüşümlerini” ve “tek puan (single score) verisini” göstermektedir.



Şekil 4.1. “ReCiPe 2016 V1.07” YDED yöntemindeki “orta nokta (midpoint)” etki sınıfı göstergeleri ve “uç nokta (endpoint)” dönüşümleri (Url-7)

“ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07” YDED yöntemi, bir tane normalleştirme seti içermektedir: “World (2010) H”. “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07” YDED yöntemi ise; “World (2010) H / A”, “World (2010) H / H” ve “World (2010) H / Official” olmak üzere üç farklı normalleştirme / ağırlıklandırma seti içermektedir. Genellikle, ortalama ağırlıklı hiyerarşik sürümü olan “World (2010) H / A” varsayılan olarak seçilmektedir (Url-65).

Çalışmanın bu aşamasında, ilk olarak; YDVC aşamasında toplanan yapı malzeme / ürün verileri ile konteyner dış kabuğu üzerinde ele alınacak “duvar”, “tavan”, “döşeme”, “pencere / balkon kapısı” ve “dış kapı” konfigürasyonları için montaj senaryoları oluşturulmuştur. Sonrasında; her bir senaryoda kullanılacak malzeme kalınlıklarının hesaplanması ve m² dönüşümleri ile ürün miktarlarının belirlenmiş, “ReCiPe 2016 V1.07” YDED yöntemi ile iki farklı düzeyde etki değerlendirme gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda; öncelikle, etki sınıfı göstergelerini elde edebilmemiz için “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World

(2010) H” kullanılmıştır. Bu değerlendirme, YDD çalışmalarında uygulanması zorunlu olan tanımlama işlemi sonuçlarını elde etmemizi sağlamıştır. Daha sonra, sınıf uç nokta dönüşümlerini ve tek puan (single score) verisini elde edebilmemiz için “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” kullanılmıştır. Bu değerlendirme ise, oluşturulan montaj senaryolarını temsili tek puanlar ile değerlendirebileceğimiz sonuçların elde edilmesini sağlamıştır. Tek puan (single score) verilerinin elde edilmesi, YDD çalışmasının kademeli yapısından kaynaklı çevresel açıdan en iyi konfigürasyonların seçilmesinde önemli bir avantaj oluşturmuştur.

4.3.1. Etki sınıflarının seçimi

YDD’de kullanılan YDED yöntemine göre, farklı etki sınıfları ile ilgili veriler elde edilmektedir. Çalışmada; hiyerarşik bakış açısı ile orta nokta (midpoint) düzeyinde kullanılan “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi, on sekiz etki sınıfına sahiptir (Url-7):

- Küresel Isınma: CO₂ ve benzeri diğer sera gazlarının atmosferde toplanması sonucunda sebep olacağı iklim değişikliği potansiyelini açıklamaktadır. Birimi, “kg CO₂ eşdeğeri”dir.
- Stratosferdeki Ozon Tükenimi: Ozon tabakasını incelten maddelerin antropojenik (insan eylemi veya eylemsizliğinden kaynaklanan) salımları nedeniyle stratosferik ozon tabakasının tahrip edilme potansiyelini belirtmektedir. Birimi, “kg CFC-11 eşdeğeri”dir
- İyonlaştırıcı Radyasyon: Küresel nüfusun maruz kalacağı radyasyon düzeyini göstermektedir. Birimi, “kBq Co-60 eşdeğeri”dir.
- Ozon Oluşumu, İnsan Sağlığı: İnsan sağlığı açısından, öncüllerin (NO_x ve NMVOC) salımındaki değişiklik nedeniyle ozon alım oranındaki değişikliği açıklamaktadır. Birimi, “kg NO_x eşdeğeri”dir.
- İnce Parçacıklı Madde Oluşumu: Çapı 2,5 mikron veya daha küçük olan (PM_{2,5}) ince parçacıklı (partiküllü) maddelerin oluşum etkisini belirtmektedir. Birimi, “kg PM_{2,5} eşdeğeri”dir.
- Ozon Oluşumu, Karasal Ekosistemler: Karasal ekosistemler açısından, öncüllerin (NO_x ve NMVOC) salımındaki değişiklik nedeniyle ozon alım oranındaki değişikliği göstermektedir. Birimi, “kg NO_x eşdeğeri”dir.

- Karasal Asitleşme: Kükürt (S) içeren besin maddelerinin, asitleştirici formlarda birikmesi sonucunda toprak kimyasal özelliklerinde meydana gelen değişikliği açıklamaktadır. Birimi, “kg SO₂ eşdeğeri”dir.
- Temiz Sudaki Ötrofikasyon: Buradaki temiz su, içme suyu olarak kullanılabilecek tatlı suyu ifade etmektedir. Fosfor (P) içeren besin salımlarının temiz sular üzerindeki değişikliğini belirtmektedir. Birimi, “kg P eşdeğeri”dir.
- Denizdeki Ötrofikasyon: Azot (N) içeren besin salımlarının deniz suları üzerindeki değişikliğini göstermektedir. Birimi, “kg N eşdeğeri”dir.
- Karasal Ekolojik Zehirlenme: Çevresel kirleticilerin karaya bağımlı organizmaları ve çevrelerini nasıl etkilediğini açıklamaktadır. Birimi, “kg 1,4-DCB eşdeğeri”dir.
- Temiz Sudaki Ekolojik Zehirlenme: Çevresel kirleticilerin tatlı suya bağımlı organizmaları ve çevrelerini nasıl etkilediğini belirtmektedir. Birimi, “kg 1,4-DCB eşdeğeri”dir.
- Denizdeki Ekolojik Zehirlenme: Çevresel kirleticilerin deniz suyuna bağımlı organizmaları ve çevrelerini nasıl etkilediğini göstermektedir. Birimi, “kg 1,4-DCB eşdeğeri”dir.
- İnsan İçin Kanserojen Kirlilik: İnsan sağlığı açısından, kanser riski oluşturacak çevresel kirlilik etkenlerinin potansiyellerini açıklamaktadır. Birimi, “kg 1,4-DCB eşdeğeri”dir.
- İnsan İçin Kanserojen Olmayan Kirlilik: İnsan sağlığı açısından, kanser riski oluşturmayacak çevresel kirlilik etkenlerinin potansiyellerini belirtmektedir. Birimi, “kg 1,4-DCB eşdeğeri”dir.
- Arazi Kullanımı: Belirli bir süre için dönüştürülen veya işgal edilen arazi miktarını göstermektedir. Birimi, “m² alan mahsul eşdeğeri”dir.
- Maden Kaynağı Kıtlığı: Maden kaynağına olan talebe kıyasla miktar eksikliğini, yani fazla cevher potansiyelini açıklamaktadır. Birimi, “kg Cu eşdeğeri”dir.
- Fosil Kaynak Kıtlığı: Daha yüksek ısıtma değerine dayanan fosil yakıt potansiyelini belirtmektedir. Birimi, “kg yağ eşdeğeri”dir.
- Su Tüketimi: Temiz / tatlı su tüketim miktarını göstermektedir. Birimi, “m³ eşdeğeri”dir.

4.3.2. Çevresel etkilerin etki sınıfları ile ilişkilendirilmesi / sınıflandırılması

YDVÇ’den alınan verilerin etki sınıflarına atanması, YDD yazılım aracı (SimaPro PhD 9.4.0.2) bünyesindeki YDED yöntemi (ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H)

ile otomatik olarak yapılmaktadır. Bu nedenle, çalışmada buna dair ek bir işlem gerçekleştirilmemiştir.

4.3.3. Sınıf göstergelerinin saptanması ve sınıf uç noktalarına dönüştürülmesi

Etki sınıfları ile ilişkilendirilen çevresel etki değerleri (etki sınıfı göstergeleri), hasar faktörleri ile çarpılarak sınıf uç nokta (endpoint) değerlerine dönüştürülmektedir (Şekil 4.1) (Url-7). Bu işlem, YDD yazılım aracı (SimaPro PhD 9.4.0.2) bünyesindeki uç nokta (endpoint) düzeyinde kullanılan “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile otomatik olarak yapılmaktadır. Bu nedenle, çalışmada buna dair ek bir işlem gerçekleştirilmemiştir.

“ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi, üç sınıf uç noktasına sahiptir (Şekil 4.1):

- İnsan Sağlığı: İnsan sağlığı üzerindeki etkisini ifade etmektedir. Birimi, çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan “Pt (Points)”dir.
- Ekosistemler: Ekosistemler üzerindeki etkisini ifade etmektedir. Birimi, çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan “Pt (Points)”dir.
- Kaynaklar: Kaynaklar üzerindeki etkisini ifade etmektedir. Birimi, çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan “Pt (Points)”dir.

4.3.4. Tanımlama modelinin oluşturulması

Tanımlama modeli, etki sınıfları sonuçlarının ortak birimlere dönüştürülerek sunulmasını sağlamaktadır. YDD yazılım aracı (SimaPro PhD 9.4.0.2) bünyesinde kullanılan YDED yöntemleri (“ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” ve “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A”), hazır tanımlama modeli kullanım olanağını sağlamaktadır. Bu nedenle, çalışmada yeni bir tanımlama modeli uygulanmamıştır. Bu doğrultuda; YDVC’den alınan verilerin etki sınıflarına atanarak “etki sınıfları ile ilişkilendirilmesi / sınıflandırılması” ve “sınıf göstergelerinin saptanması” işlemleri, “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yönteminde yer alan tanımlama modeli ile gerçekleştirilmiştir. Aynı şekilde, sınıf göstergeleri saptanan verilerin

“sınıf uç noktalarına dönüştürülmesi” işlemi için de, “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yönteminde yer alan tanımlama modeli kullanılmıştır.

4.3.5. Normalleştirme

YDED’nin zorunlu olmayan bir adımı olduğu için, çalışma kapsamına alınmamıştır. Ancak, sınıf uç nokta dönüşümlerini ve tek puan (single score) verisini elde edebilmemiz için YDD yazılım aracı (SimaPro PhD 9.4.0.2) bünyesindeki YDED yöntemi (ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A) ile otomatik olarak yapılmaktadır. Bu nedenle, çalışmada buna dair ek bir işlem gerçekleştirilmemiştir.

4.3.6. Gruplandırma

YDED’nin zorunlu olmayan bir adımı olduğu için, çalışma kapsamına alınmamıştır. Ancak, sınıf uç nokta dönüşümlerini ve tek puan (single score) verisini elde edebilmemiz için YDD yazılım aracı (SimaPro PhD 9.4.0.2) bünyesindeki YDED yöntemi (ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A) ile otomatik olarak yapılmaktadır. Bu nedenle, çalışmada buna dair ek bir işlem gerçekleştirilmemiştir.

4.3.7. Ağırlıklandırma

YDED’nin zorunlu olmayan bir adımı olduğu için, çalışma kapsamına alınmamıştır. Ancak, sınıf uç nokta dönüşümlerini ve tek puan (single score) verisini elde edebilmemiz için YDD yazılım aracı (SimaPro PhD 9.4.0.2) bünyesindeki YDED yöntemi (ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A) ile otomatik olarak yapılmaktadır. Bu nedenle, çalışmada buna dair ek bir işlem gerçekleştirilmemiştir.

4.3.8. Sonuçları değerlendirme ve raporlama

Çevresel açıdan en iyi performansı gösteren duvar, tavan ve döşeme konfigürasyonlarını belirlemek için; konteyner duvarı / tavanı / döşemesi, kendi içinde “iç kaplama katmanları”, “dış kaplama katmanları” ve “yalıtım katmanları” olarak üç ayrı bölümde ele alınmıştır. Bu doğrultuda; her bir bölüm, kendi içinde, farklı yapı malzemeleri / ürünleri ile oluşturulan montaj konfigürasyonları ile çeşitli senaryolar oluşturularak ayrı ayrı karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma, Bölüm 4.2.4’te de belirtildiği gibi; öncelikle iç kaplama katmanları,

sonrasında dış kaplama katmanları, en son ise yalıtım katmanları netleştirilerek kademeli olarak gerçekleştirilmiştir:

- İç kaplama katmanlarını belirlemek üzere oluşturulan tüm senaryolarda (Çizelge 4.1, Çizelge 4.10, Çizelge 4.19), dış kaplama ve yalıtım katmanları sabit tutulmuş (tüm montaj senaryolarında aynı dış kaplama ve yalıtım malzemeleri kullanıldığı varsayılmış); iç kaplama katmanlarında kullanılabilecek yapı malzemeleri / ürünleri ile birlikte farklı konfigürasyonlar sunulmuştur. Oluşturulan bu senaryoların birbirleriyle karşılaştırılması sonucunda (Çizelge 4.2, Çizelge 4.3, Çizelge 4.11, Çizelge 4.12, Çizelge 4.20, Çizelge 4.21), en düşük puanı alan senaryo tercih edilerek çevresel açıdan en iyi performansı gösteren (en düşük çevresel etkiye sebep olan) iç kaplama katmanları netleştirilmiştir.
- Dış kaplama katmanlarını belirlemek üzere oluşturulan tüm senaryolarda (Çizelge 4.4, Çizelge 4.13, Çizelge 4.22), en düşük çevresel etkiye sebep olan iç kaplama ile yalıtım katmanlarında kullanılabilecek yapı malzeme / ürün çeşitlerinden herhangi bir yalıtım katmanı sabit tutulmuş (tüm montaj senaryolarında aynı iç kaplama ve yalıtım malzemeleri kullanıldığı varsayılmış); dış kaplama katmanlarında kullanılabilecek yapı malzemeleri / ürünleri ile birlikte farklı konfigürasyonlar sunulmuştur. Oluşturulan bu senaryoların birbirleriyle karşılaştırılması sonucunda (Çizelge 4.5, Çizelge 4.6, Çizelge 4.14, Çizelge 4.15, Çizelge 4.23, Çizelge 4.24), en düşük puanı alan senaryo tercih edilerek çevresel açıdan en iyi performansı gösteren dış kaplama katmanları netleştirilmiştir.
- Yalıtım katmanlarını belirlemek üzere oluşturulan tüm senaryolarda (Çizelge 4.7, Çizelge 4.16, Çizelge 4.25), en az çevresel etkiye sebep olarak en iyi performansı gösteren iç ve dış kaplama katmanları sabit tutulmuş; yalıtım katmanlarında kullanılabilecek yapı malzemeleri / ürünleri ile birlikte farklı konfigürasyonlar sunulmuştur. Oluşturulan bu senaryoların birbirleriyle karşılaştırılması sonucunda (Çizelge 4.8, Çizelge 4.9, Çizelge 4.17, Çizelge 4.18, Çizelge 4.26, Çizelge 4.27), en düşük puanı alan senaryo tercih edilerek çevresel açıdan en iyi performansı gösteren duvar / tavan / döşeme konfigürasyonları (Çizelge 4.34, Çizelge 4.35, Çizelge 4.36) bulunmuştur.

Çevresel açıdan en iyi performansı gösteren pencere / balkon kapısı konfigürasyonunu belirlemek için; “çift katmanlı cam” ve farklı “pencere / balkon kapısı çerçeveleri” ile oluşturulan montaj konfigürasyonları ile çeşitli senaryolar oluşturulmuştur (Çizelge 4.28). Oluşturulan bu senaryoların birbirleriyle karşılaştırılması sonucunda (Çizelge 4.29, Çizelge

4.30), en düşük puanı alan senaryo tercih edilerek çevresel açıdan en iyi performansı gösteren pencere / balkon kapısı konfigürasyonu (Çizelge 4.37) bulunmuştur.

Çevresel açıdan en iyi performansı gösteren dış kapı konfigürasyonunu belirlemek için; farklı “dış kapı” senaryoları oluşturulmuştur (Çizelge 4.31). Oluşturulan bu senaryoların birbirleriyle karşılaştırılması sonucunda (Çizelge 4.32, Çizelge 4.33), en düşük puanı alan senaryo tercih edilerek çevresel açıdan en iyi performansı gösteren pencere / balkon kapısı konfigürasyonu (Çizelge 4.38) bulunmuştur.

Duvar senaryolarının hazırlanması ve karşılaştırılması

Duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için Çizelge 4.1’de altı farklı montaj senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryoların karşılaştırmalı YDED sonuçları; etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile Çizelge 4.2’de, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile Çizelge 4.3’te gösterilmektedir. Çizelge 4.3’te, ayrıca; “tek puan (single score)” şeklinde toplam etki değerleri de belirtilmektedir.

Etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.2):

- “Küresel ısınma” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 4 (12,6 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 5 (17,4 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (18,4 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (22,7 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 1 (27,6 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 6 (80 kg CO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Stratosferdeki ozon tükenimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (1,27E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 2 (1,44E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 5 (1,49E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 4 (1,53E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 3 (1,9E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 6 (3,45E-5 kg CFC-11 eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “İyonlaştırıcı radyasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 2 (-0,0603 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 5 (0,292 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 1 (0,623 kgBq

Co-60 eşdeğeri), Senaryo 4 (0,641 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 3 (0,904 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 6 (6,35 kgBq Co-60 eşdeğeri) içindir.

- “Ozon oluşumu, İnsan sağlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,0934 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,095 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0962 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0981 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,14 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 6 (0,316 kg NO_x eşdeğeri) için gerçekleştirildiği görülmektedir.
- “İnce parçacıklı madde oluşumu” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0617 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0679 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0797 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 6 (0,799 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0932 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 3 (0,116 kg PM_{2,5} eşdeğeri) için gerçekleştirilmiştir.
- “Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0955 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0979 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0986 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0998 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,143 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 6 (0,322 kg NO_x eşdeğeri) içindir.
- “Karasal asitleşme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 4 (0,073 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 1 (0,0845 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0968 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,104 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,121 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 6 (0,369 kg SO₂ eşdeğeri) için gerçekleştirildiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,00968 kg P eşdeğeri), Senaryo 1 (0,0105 kg P eşdeğeri), Senaryo 3 (0,0143 kg P eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0156 kg P eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0236 kg P eşdeğeri), Senaryo 6 (0,0518 kg P eşdeğeri) için gerçekleştirilmiştir.
- “Denizdeki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,00127 kg N eşdeğeri), Senaryo 3 (0,00161 kg N eşdeğeri), Senaryo 4 (0,00193 kg N eşdeğeri), Senaryo 5 (0,00219 kg N eşdeğeri), Senaryo 2 (0,00238 kg N eşdeğeri), Senaryo 6 (0,00388 kg N eşdeğeri) içindir.
- “Karasal ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 2 (50,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (55,3 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (59,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (61,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (92,6 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (149 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştirildiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,636 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,657 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (0,677

- kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,741 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (0,898 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (2,65 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,852 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,881 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (0,927 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (1,03 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (1,22 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (3,53 kg 1,4-DCB eşdeğeri) içindir.
 - “İnsan için kanserojen kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,546 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,733 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (0,893 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (1,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (1,18 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (1,78 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
 - “İnsan için kanserojen olmayan kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (16,3 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (16,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (22,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (26,5 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (30,5 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (71,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
 - “Arazi kullanımı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (37 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 6 (37,9 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 2 (40,4 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 5 (47,3 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 4 (54,1 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 3 (58,4 m² alan mahsul eşdeğeri) içindir.
 - “Maden kaynağı kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 4 (0,196 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 3 (0,209 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 5 (0,333 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 1 (0,371 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 2 (0,38 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 6 (1,79 kg Cu eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
 - “Fosil kaynak kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (4,85 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 5 (5,82 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 1 (6,06 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 2 (6,77 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 3 (7,34 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 6 (23,3 kg yağ eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
 - “Su tüketimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,417 m³ eşdeğeri), Senaryo 4 (0,422 m³ eşdeğeri), Senaryo 5 (0,56 m³ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,727 m³ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,848 m³ eşdeğeri), Senaryo 6 (1,04 m³ eşdeğeri) içindir.

Sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.3):

- “İnsan sağlığı” sınıf uç noktası için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 4 (1,0212 Pt), Senaryo 1 (1,1762 Pt), Senaryo 5 (1,2523 Pt), Senaryo 2 (1,5187 Pt), Senaryo 3 (1,684 Pt), Senaryo 6 (10,0141 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Ekosistemler” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,1209 Pt), Senaryo 2 (0,1301 Pt), Senaryo 5 (0,1398 Pt), Senaryo 4 (0,1496 Pt), Senaryo 3 (0,1699 Pt), Senaryo 6 (0,1967 Pt) için gerçekleşmiştir.
- “Kaynaklar” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 2 (0,0107 Pt) ve Senaryo 4 (0,0107 Pt), Senaryo 5 (0,0111 Pt), Senaryo 1 (0,0136 Pt), Senaryo 3 (0,0154 Pt), Senaryo 6 (0,0479 Pt) içindir.

“Tek puan (single score)” şeklinde belirtilen toplam etki değerleri sonuçlarına göre (Çizelge 4.3), en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 4 (1,1815 Pt), Senaryo 1 (1,3108 Pt), Senaryo 5 (1,4032 Pt), Senaryo 2 (1,6595 Pt), Senaryo 3 (1,8694 Pt), Senaryo 6 (10,2587 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir. Bu doğrultuda; duvardaki dış kaplama katmanlarını ve yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan tüm montaj senaryolarında, Senaryo 4’teki iç kaplama malzemeleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.1. Duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
1	Akrilik Reçine Esaslı Su Bazlı Boya Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without water, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, water-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,151 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Kaplama malzemesi olarak kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				0,57
	Boya Astarı / Perdah Alçı Sıva ²	Cover plaster, mineral {CH} production Conseq, U	kg	3,700 kg/m ²	1000 kg/m ³	0,0037	0,340	0,011		
	Çimentolu Yonga Levha ³	Particleboard, cement bonded {RER} particleboard production, cement bonded Conseq, U	m ³	0,024 m ³ /m ²	1350 kg/m ³	0,024	0,160	0,152		
	Ahşap Karkas Çerçeve ⁴ (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁵	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,875 kg/m ²	25 kg/m ³	0,035*	0,022	1,591		
	Toz Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁷	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000		
	Toz Boya Kaplama ⁶ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,250 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
Toplam (İç katmanlar)						0,163	-	1,754		

Çizelge 4.1. (devam) Duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
2	Akrilik Reçine Esaslı Su Bazlı Boya Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without water, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, water-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,151 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Kaplama malzemesi olarak kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				0,57
	Boya Astarı / Perdah Alçı Sıva ²	Cover plaster, mineral {CH} production Conseq, U	kg	6,500 kg/m ²	1000 kg/m ³	0,0065	0,340	0,019		
	Alçı Levha ⁸ 2 kat (1,8 cm + 1,8 cm) olarak uygulanmıştır.	Gypsum plasterboard {CH} production Conseq, U	kg	29,700 kg/m ²	825 kg/m ³	0,036	0,250	0,144		
	Ahşap Karkas Çerçeve ⁴ (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁵	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,875 kg/m ²	25 kg/m ³	0,035*	0,022	1,591		
	Toz Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁷	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000		
	Toz Boya Kaplama ⁶ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,250 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Toplam (İç katmanlar)						0,178	-	1,754	

Çizelge 4.1. (devam) Duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
3	Ahşap Kontrplak Levha ⁹	Plywood {RER} plywood production Conseq, U	m ³	0,021 m ³ /m ²	620 kg/m ³	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve ⁴ (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁵	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,875 kg/m ²	25 kg/m ³	0,035*	0,022	1,591	
	Toz Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁷	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama ⁶ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,250 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)					0,156	-	1,754	
4	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹⁰ 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,021 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,021	0,130	0,163	0,57

Çizelge 4.1. (devam) Duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
4	Ahşap Karkas Çerçeve ⁴ (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,57
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁵	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,875 kg/m ²	25 kg/m ³	0,035*	0,022	1,591		
	Toz Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁷	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000		
	Toz Boya Kaplama ⁶ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,250 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Toplam (İç katmanlar)					0,156	-	1,754		
5	Akrilik Reçine Esaslı Su Bazlı Boya Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without water, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, water-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,151 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Kaplama malzemesi olarak kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,57	
	Boya Astarı / Perdah Alçı Sıva ²	Cover plaster, mineral {CH} production Conseq, U	kg	6,100 kg/m ²	1000 kg/m ³	0,0061	0,340	0,018		
	Alçı Levha ⁸	Gypsum plasterboard {CH} production Conseq, U	kg	12,375 kg/m ²	825 kg/m ³	0,015	0,250	0,060		

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
5	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹⁰	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,011 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,011	0,130	0,085	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve ⁴ (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁵	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,875 kg/m ²	25 kg/m ³	0,035*	0,022	1,591	
	Toz Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁷	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama ⁶ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,250 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)					0,167	-	1,754	

Çizelge 4.1. (devam) Duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

Çizelge 4.1. (devam) Duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
6	Doğal Taş (Granit) Kaplama, Topraklı ¹¹	Natural stone plate, grounded {CH} production Conseq, U	kg	82,500 kg/m ²	2750 kg/m ³	0,030	2,850	0,102	0,57
	Akrilik Dispersiyon Esaslı Yapıştırıcı ¹²	Acrylic dispersion, without water, in 65% solution state {RER} acrylic dispersion production, product in 65% solution state Conseq, U	kg	5,100 kg/m ²	1,60 kg/l	0,003	(Belirlenmemiş performans) Çimentolu yonga levha üzerine doğal taş (granit) kaplayabilmek amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Çimentolu Yonga Levha ³	Particleboard, cement bonded {RER} particleboard production, cement bonded Conseq, U	m ³	0,010 m ³ /m ²	1350 kg/m ³	0,010	0,160	0,061	
	Ahşap Karkas Çerçeve ⁴ (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁵	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,875 kg/m ²	25 kg/m ³	0,035*	0,022	1,591	
	Toz Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁷	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	

Çizelge 4.1. (devam) Duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

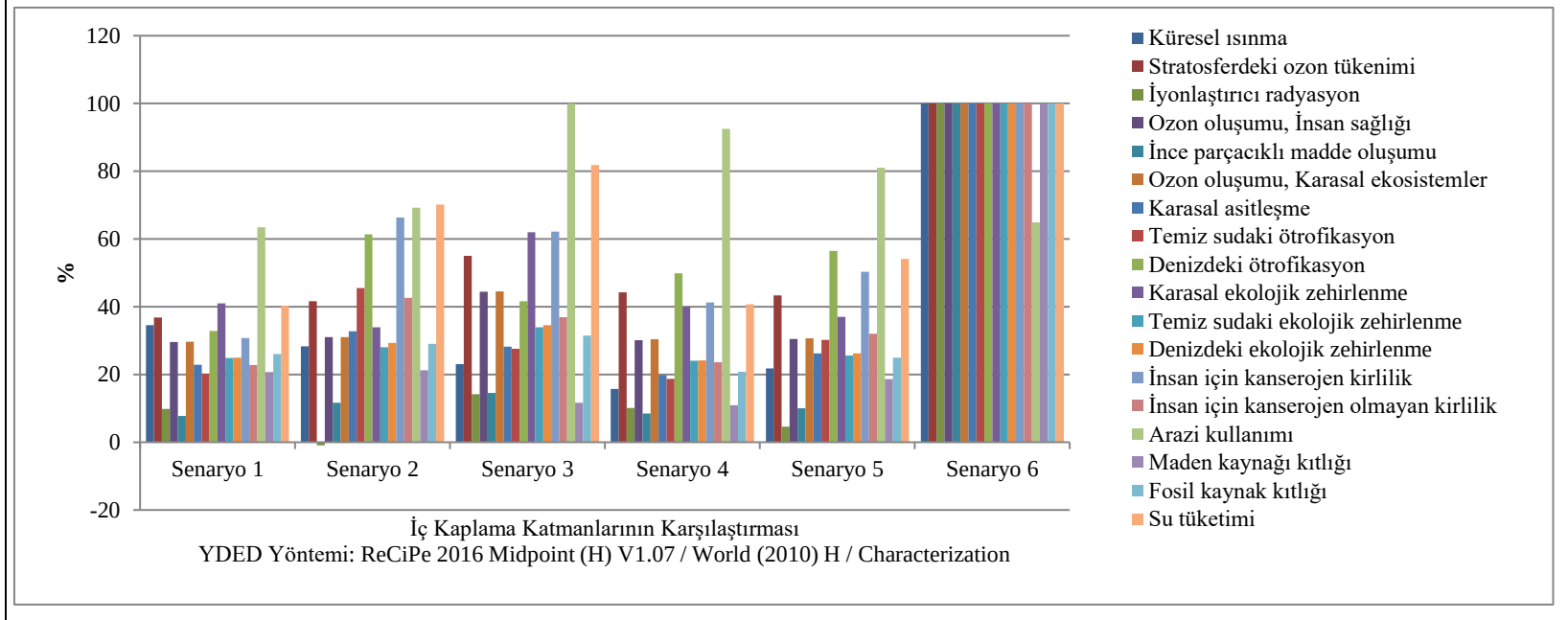
No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
6	Toz Boya Kaplama ⁶ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,250 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplama dahil edilmemiştir.			0,57
	Toplam (İç katmanlar)					0,178	-	1,754	
Kaynaklar	¹ (Url-48) ² (Url-50) ³ (Url-51) ⁴ (Ecoinvent 3.8) ⁵ Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Arslan ve Aktaş, 2018) ⁶ (Url-61) ⁷ (Bowley ve Mukopadhyaya, 2019) ⁸ (Url-52)			⁹ Yoğunluk ve malzeme kalınlık bilgisi (Url-53), λ bilgisi (Sümer, 2019) ¹⁰ (Url-54) ¹¹ Yoğunluk ve malzeme kalınlık bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Kemaneci, 2019: 15) ¹² (Url-55) *Sağlaması gereken ısı direnç (R) değerine göre olması gereken minimum kalınlık (d) değeridir. Belirtilen bu kalınlıkta malzeme uygulaması olmasa da, YDD sonucunu etkileyeceği için bu şekilde kabul edilmiştir.					

Çizelge 4.2. Duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)

Etki Sınıfları	Birim	Senaryo No					
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6
Küresel ısınma	kg CO ₂ eşdeğeri	27,6	22,7	18,4	12,6	17,4	80
	%*	34,56	28,33	23,05	15,74	21,81	100
Stratosferdeki ozon tüketimi	kg CFC-11 eşdeğeri	1,27E-5**	1,44E-5	1,9E-5	1,53E-5	1,49E-5	3,45E-5
	%	36,83	41,63	55,04	44,26	43,34	100
İyonlaştırıcı radyasyon	kBq Co-60 eşdeğeri	0,623	-0,0603	0,904	0,641	0,292	6,35
	%	9,82	-0,95	14,23	10,09	4,60	100
Ozon oluşumu, İnsan sağlığı	kg NO _x eşdeğeri	0,0934	0,0981	0,14	0,095	0,0962	0,316
	%	29,57	31,07	44,40	30,08	30,46	100
İnce parçacıklı madde oluşumu	kg PM _{2,5} eşdeğeri	0,0617	0,0932	0,116	0,0679	0,0797	0,799
	%	7,73	11,67	14,57	8,51	9,98	100
Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler	kg NO _x eşdeğeri	0,0955	0,0998	0,143	0,0979	0,0986	0,322
	%	29,69	31,02	44,55	30,44	30,64	100
Karasal asitleşme	kg SO ₂ eşdeğeri	0,0845	0,121	0,104	0,073	0,0968	0,369
	%	22,88	32,73	28,20	19,77	26,21	100
Temiz sudaki ötrofikasyon	kg P eşdeğeri	0,0105	0,0236	0,0143	0,00968	0,0156	0,0518
	%	20,23	45,48	27,62	18,68	30,18	100
Denizdeki ötrofikasyon	kg N eşdeğeri	0,00127	0,00238	0,00161	0,00193	0,00219	0,00388
	%	32,83	61,32	41,62	49,89	56,46	100
Karasal ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	61,1	50,7	92,6	59,7	55,3	149
	%	40,95	33,96	62,02	40,02	37,03	100
Temiz sudaki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,657	0,741	0,898	0,636	0,677	2,65
	%	24,83	28,02	33,96	24,04	25,60	100
Denizdeki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,881	1,03	1,22	0,852	0,927	3,53
	%	24,97	29,28	34,58	24,15	26,27	100
İnsan için kanserojen kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,546	1,18	1,1	0,733	0,893	1,78
	%	30,78	66,36	62,16	41,29	50,31	100
İnsan için kanserojen olmayan kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	16,3	30,5	26,5	16,9	22,9	71,7
	%	22,78	42,62	36,94	23,57	32,01	100
Arazi kullanımı	m ² alan mahsul eşdeğeri	37	40,4	58,4	54,1	47,3	37,9
	%	63,41	69,20	100	92,54	81,03	64,90

Çizelge 4.2. (devam) Duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)

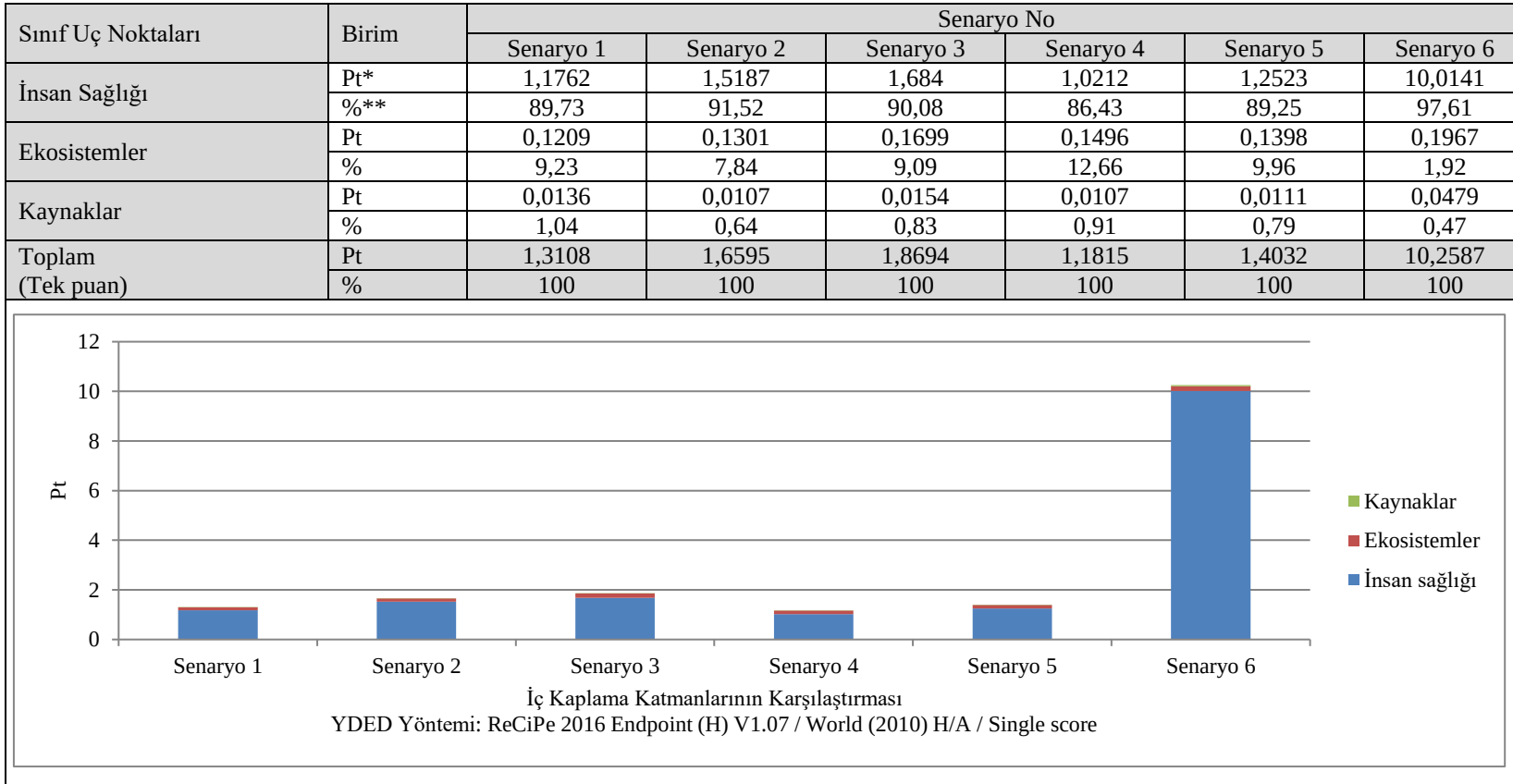
Etki Sınıfları	Birim	Senaryo No					
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6
Maden kaynağı kıtlığı	kg Cu eşdeğeri	0,371	0,38	0,209	0,196	0,333	1,79
	%	20,75	21,25	11,68	10,96	18,60	100
Fosil kaynak kıtlığı	kg yağ eşdeğeri	6,06	6,77	7,34	4,85	5,82	23,3
	%	26,03	29,07	31,51	20,82	24,99	100
Su tüketimi	m ³ eşdeğeri	0,417	0,727	0,848	0,422	0,56	1,04
	%	40,25	70,16	81,85	40,73	54,07	100



*%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

**E (Exponent): Üs ya da kuvvet anlamındadır. Basit hesap makineleri; çok uzun basamaklı sayıları gösteremedikleri ve üs içeren bilimsel gösterimleri yazamadıkları için, bir ifadeyi 10'un üssü ile çarpımı olarak ifade ederken kullanılmaktadır.

Çizelge 4.3. Duvardaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)



*Pt (Points): Çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan birimdir.

**%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

Duvardaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için Çizelge 4.4'te dört farklı montaj senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryoların karşılaştırmalı YDED sonuçları; etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile Çizelge 4.5'te, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile Çizelge 4.6'da gösterilmektedir. Çizelge 4.6'da, ayrıca; “tek puan (single score)” şeklinde toplam etki değerleri de belirtilmektedir.

Etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.5):

- “Küresel ısınma” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 3 (12,4 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (12,5 kg CO₂ eşdeğeri) ve Senaryo 4 (12,5 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 1 (12,6 kg CO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Stratosferdeki ozon tükenimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (1,1E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 4 (1,24E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 2 (1,38E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 1 (1,53E-5 kg CFC-11 eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “İyonlaştırıcı radyasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (0,542 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 4 (0,575 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 2 (0,608 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 1 (0,0641 kgBq Co-60 eşdeğeri) içindir.
- “Ozon oluşumu, İnsan sağlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,095 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0952 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0955 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,0957 kg NO_x eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnce parçacıklı madde oluşumu” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (0,0672 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0674 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0677 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 1 (0,0679 kg PM_{2,5} eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0979 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0982 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0984 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,0987 kg NO_x eşdeğeri) içindir.
- “Karasal asitleşme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,073 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0755 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0779 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,0804 kg SO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.

- “Temiz sudaki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (0,00779 kg P eşdeğeri), Senaryo 4 (0,00842 kg P eşdeğeri), Senaryo 2 (0,00905 kg P eşdeğeri), Senaryo 1 (0,00968 kg P eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,00193 kg N eşdeğeri), Senaryo 2 (0,00213 kg N eşdeğeri), Senaryo 4 (0,00232 kg N eşdeğeri), Senaryo 3 (0,00251 kg N eşdeğeri) içindir.
- “Karasal ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 3 (58,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (59 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (59,4 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (59,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (0,627 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,63 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,633 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,636 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (0,842 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,846 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,849 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,852 kg 1,4-DCB eşdeğeri) içindir.
- “İnsan için kanserojen kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 3 (0,689 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,704 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,718 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,733 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnsan için kanserojen olmayan kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (16,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri) ve Senaryo 2 (16,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (17 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (17,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Arazi kullanımı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (54,1 m² alan mahsul eşdeğeri) ve Senaryo 6 (54,1 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 4 (54,2 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 3 (54,3 m² alan mahsul eşdeğeri) içindir.
- “Maden kaynağı kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,196 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 2 (0,233 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 4 (0,27 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 3 (0,307 kg Cu eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Fosil kaynak kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (4,85 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 2 (4,88 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 4 (4,9 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 3 (4,93 kg yağ eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.

- “Su tüketimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,422 m³ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,424 m³ eşdeğeri), Senaryo 4 (0,427 m³ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,43 m³ eşdeğeri) içindir.

Sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.6):

- “İnsan sağlığı” sınıf uç noktası için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 3 (1,0085 Pt), Senaryo 4 (1,0128 Pt), Senaryo 2 (1,017 Pt), Senaryo 1 (1,0212 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Ekosistemler” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,1496 Pt), Senaryo 2 (0,1498 Pt), Senaryo 4 (0,1499 Pt), Senaryo 3 (0,1501 Pt) için gerçekleşmiştir.
- “Kaynaklar” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0107 Pt), Senaryo 2 (0,0109 Pt), Senaryo 4 (0,011 Pt), Senaryo 3 (0,0113 Pt) içindir.

“Tek puan (single score)” şeklinde belirtilen toplam etki değerleri sonuçlarına göre (Çizelge 4.6), en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 3 (1,1699 Pt), Senaryo 4 (1,1738 Pt), Senaryo 2 (1,1777 Pt), Senaryo 1 (1,1815 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir. Bu doğrultuda; duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan tüm montaj senaryolarında, Senaryo 3’teki dış kaplama malzemeleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.4. Duvardaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
1	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹ 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,021 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerde Köpürme ³	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,875 kg/m ²	25 kg/m ³	0,035*	0,022	1,591	
	Toz Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,250 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)					0,156	-	1,754	
2	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹ 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,021 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,021	0,130	0,163	0,57

Çizelge 4.4. (devam) Duvardaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
2	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplama dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ³	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,875 kg/m ²	25 kg/m ³	0,035*	0,022	1,591	
	Toz Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplama dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplama dahil edilmemiştir.			
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Toz boya kaplamanın korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplama dahil edilmemiştir.			
Toplam (İç katmanlar)						0,156	-	1,754	0,57

Çizelge 4.4. (devam) Duvardaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
3	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹ 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,021 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerde Köpürme ³	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,875 kg/m ²	25 kg/m ³	0,035*	0,022	1,591	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁶ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)					0,156	-	1,754	
4	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹ 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,021 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,021	0,130	0,163	0,57

Çizelge 4.4. (devam) Duvardaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
4	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ³	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,875 kg/m ²	25 kg/m ³	0,035*	0,022	1,591	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Toz boya kaplamanın korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
Toplam (İç katmanlar)						0,156	-	1,754	0,57

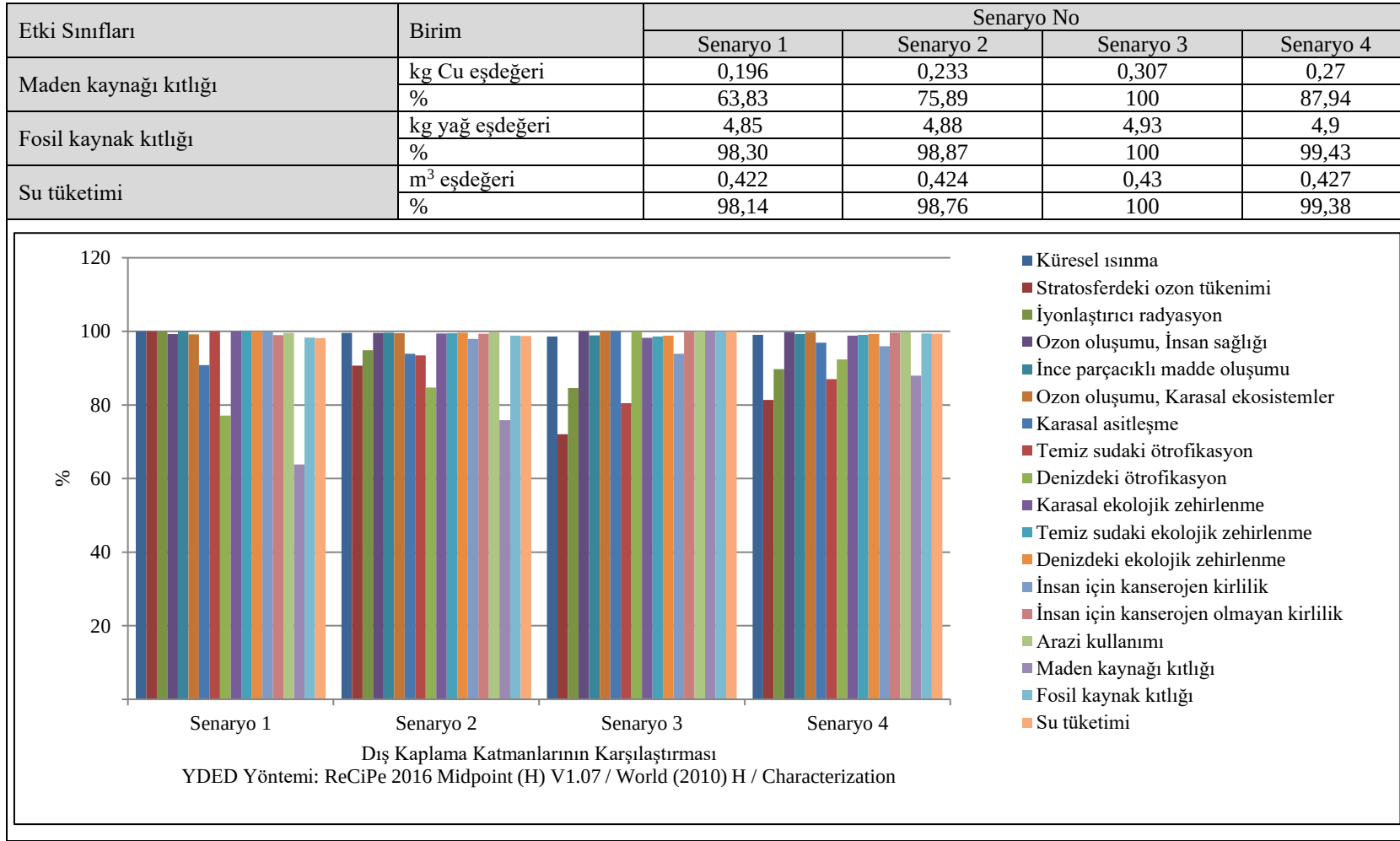
Çizelge 4.4. (devam) Duvardaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Kaynaklar	¹ (Url-54) ² (Ecoinvent 3.8) ³ Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Arslan ve Aktaş, 2018) ⁴ (Url-60) ⁵ (Bowley ve Mukopadhyaya, 2019)			⁶ (Url-61) *Sağlaması gereken ısı direnç (R) değerine göre olması gereken minimum kalınlık (d) değeridir. Belirtilen bu kalınlıkta malzeme uygulaması olmasa da, YDD sonucunu etkileyeceği için bu şekilde kabul edilmiştir.					

Çizelge 4.5. Duvardaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)

Etki Sınıfları	Birim	Senaryo No			
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
Küresel ısınma	kg CO ₂ eşdeğeri	12,6	12,5	12,4	12,5
	%*	100	99,30	98,60	99,30
Stratosferdeki ozon tüketimi	kg CFC-11 eşdeğeri	1,53E-5**	1,38E-5	1,1E-5	1,24E-5
	%	100	90,69	72,07	81,38
İyonlaştırıcı radyasyon	kBq Co-60 eşdeğeri	0,641	0,608	0,542	0,575
	%	100	94,86	84,57	89,71
Ozon oluşumu, İnsan sağlığı	kg NO _x eşdeğeri	0,095	0,0952	0,0957	0,0955
	%	99,31	99,54	100	99,77
İnce parçacıklı madde oluşumu	kg PM _{2,5} eşdeğeri	0,0679	0,0677	0,0672	0,0674
	%	100	99,63	98,88	99,26
Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler	kg NO _x eşdeğeri	0,0979	0,0982	0,0987	0,0984
	%	99,19	99,46	100	99,73
Karasal asitleşme	kg SO ₂ eşdeğeri	0,073	0,0755	0,0804	0,0779
	%	90,82	93,88	100	96,94
Temiz sudaki ötrofikasyon	kg P eşdeğeri	0,00968	0,00905	0,00779	0,00842
	%	100	93,50	80,50	87,00
Denizdeki ötrofikasyon	kg N eşdeğeri	0,00193	0,00213	0,00251	0,00232
	%	77,08	84,72	100	92,36
Karasal ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	59,7	59,4	58,7	59
	%	100	99,41	98,22	98,81
Temiz sudaki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,636	0,633	0,627	0,63
	%	100	99,52	98,57	99,05
Denizdeki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,852	0,849	0,842	0,846
	%	100	99,62	98,86	99,24
İnsan için kanserojen kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,733	0,718	0,689	0,704
	%	100	97,98	93,95	95,97
İnsan için kanserojen olmayan kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	16,9	16,9	17,1	17
	%	99,32	99,32	100	99,66
Arazi kullanımı	m ² alan mahsul eşdeğeri	54,1	54,1	54,3	54,2
	%	99,74	99,74	100	99,87

Çizelge 4.5. (devam) Duvardaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)

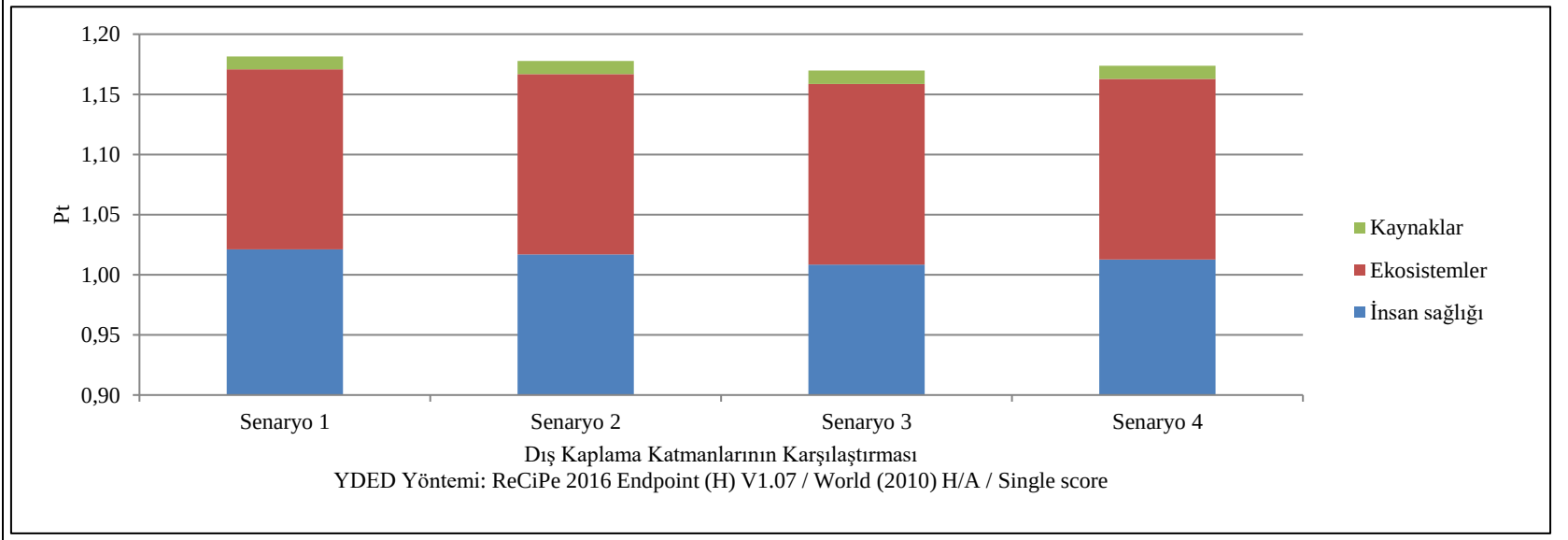


*%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

**E (Exponent): Üs ya da kuvvet anlamındadır. Basit hesap makineleri; çok uzun basamaklı sayıları gösteremedikleri ve üs içeren bilimsel gösterimleri yazamadıkları için, bir ifadeyi 10'un üssü ile çarpımı olarak ifade ederken kullanılmaktadır.

Çizelge 4.6. Duvardaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırılması YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)

Sınıf Uç Noktaları	Birim	Senaryo No			
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
İnsan Sağlığı	Pt*	1,0212	1,017	1,0085	1,0128
	%**	86,43	86,35	86,21	86,28
Ekosistemler	Pt	0,1496	0,1498	0,1501	0,1499
	%	12,66	12,72	12,83	12,78
Kaynaklar	Pt	0,0107	0,0109	0,0113	0,011
	%	0,91	0,93	0,96	0,94
Toplam (Tek puan)	Pt	1,1815	1,1777	1,1699	1,1738
	%	100	100	100	100



*Pt (Points): Çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan birimdir.

**%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için Çizelge 4.7’de altı farklı montaj senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryoların karşılaştırmalı YDED sonuçları; etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile Çizelge 4.8’de, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile Çizelge 4.9’da gösterilmektedir. Çizelge 4.9’da, ayrıca; “tek puan (single score)” şeklinde toplam etki değerleri de belirtilmektedir.

Etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.8):

- “Küresel ısınma” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 5 (12,2 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 1 (12,4 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 4 (14 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 5 (16,4 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (17,2 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (54 kg CO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Stratosferdeki ozon tükenimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (1,1E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 3 (1,14E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 6 (1,15E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 4 (1,16E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 5 (1,45E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 2 (1,000103 kg CFC-11 eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “İyonlaştırıcı radyasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,542 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 6 (0,543 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 4 (0,598 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 3 (0,66 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 2 (0,666 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 5 (0,748 kgBq Co-60 eşdeğeri) içindir.
- “Ozon oluşumu, İnsan sağlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,0957 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 6 (0,0965 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0974 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,101 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,107 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 5 (0,108 kg NO_x eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnce parçacıklı madde oluşumu” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0672 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0693 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 3 (0,0704 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 6 (0,0734 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0757 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0978 kg PM_{2,5} eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0987 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 6 (0,1 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,101

kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,105 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 5 (0,111 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,114 kg NO_x eşdeğeri) içindir.

- “Karasal asitleşme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,0804 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0808 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0887 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 6 (0,0901 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,0917 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 5 (0,102 kg SO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,00779 kg P eşdeğeri), Senaryo 4 (0,00831 kg P eşdeğeri), Senaryo 6 (0,0088 kg P eşdeğeri), Senaryo 2 (0,00889 kg P eşdeğeri), Senaryo 3 (0,00982 kg P eşdeğeri), Senaryo 5 (0,013 kg P eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,00196 kg N eşdeğeri), Senaryo 6 (0,002 kg N eşdeğeri), Senaryo 2 (0,00201 kg N eşdeğeri), Senaryo 3 (0,00206 kg N eşdeğeri), Senaryo 5 (0,00221 kg N eşdeğeri), Senaryo 1 (0,00251 kg N eşdeğeri) içindir.
- “Karasal ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (58,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (62,3 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (63,3 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (68 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (69,6 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (80,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,627 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,635 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,684 kg 1,4-DCB eşdeğeri) ve Senaryo 6 (0,684 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (0,685 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (0,883 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,842 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,857 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (0,922 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,923 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (0,924 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (1,19 kg 1,4-DCB eşdeğeri) içindir.
- “İnsan için kanserojen kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 6 (0,666 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,673 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,689 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,757 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (0,795 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (1,63 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnsan için kanserojen olmayan kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (17,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (17,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo

- 2 (18,8 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (19,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (19,4 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (24,8 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Arazi kullanımı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 2 (54,2 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 1 (54,3 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 6 (54,4 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 4 (54,5 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 3 (54,6 m² alan mahsul eşdeğeri) ve Senaryo 5 (54,6 m² alan mahsul eşdeğeri) içindir.
 - “Maden kaynağı kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,307 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 3 (0,308 kg Cu eşdeğeri) ve Senaryo 4 (0,308 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 2 (0,311 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 6 (0,317 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 5 (0,32 kg Cu eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
 - “Fosil kaynak kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 6 (4,87 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 1 (4,93 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 5 (6,25 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 4 (6,33 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 2 (7,33 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 3 (7,84 kg yağ eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
 - “Su tüketimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,43 m³ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,472 m³ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,508 m³ eşdeğeri), Senaryo 4 (0,414 m³ eşdeğeri), Senaryo 5 (0,42 m³ eşdeğeri), Senaryo 6 (0,362 m³ eşdeğeri) içindir.

Sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.9):

- “İnsan sağlığı” sınıf uç noktası için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (1,0085 Pt), Senaryo 4 (1,0572 Pt), Senaryo 6 (1,0746 Pt), Senaryo 3 (1,1333 Pt), Senaryo 5 (1,4717 Pt), Senaryo 2 (1,7544 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Ekosistemler” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,1501 Pt), Senaryo 6 (0,1508 Pt), Senaryo 4 (0,152 Pt), Senaryo 3 (0,1564 Pt), Senaryo 5 (0,1567 Pt), Senaryo 2 (0,1826 Pt) için gerçekleşmiştir.
- “Kaynaklar” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 6 (0,01 Pt), Senaryo 1 (0,0113 Pt), Senaryo 5 (0,0133 Pt), Senaryo 4 (0,0154 Pt), Senaryo 2 (0,018 Pt), Senaryo 3 (0,0193 Pt) içindir.

“Tek puan (single score)” şeklinde belirtilen toplam etki değerleri sonuçlarına göre (Çizelge 4.9), en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (1,1699 Pt), Senaryo 4 (1,2245 Pt), Senaryo

6 (1,2354 Pt), Senaryo 3 (1,3089 Pt), Senaryo 5 (1,6417 Pt), Senaryo 2 (1,955 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.

Çizelge 4.7. Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
1	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹ 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,021 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplama dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerde Köpürme ³	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,875 kg/m ²	25 kg/m ³	0,035*	0,022	1,591	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplama dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplama dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)					0,156	-	1,754	
2	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹ 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,021 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,021	0,130	0,163	0,57

Çizelge 4.7. (devam) Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
2	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo ⁶	Ethylvinylacetate, foil {RER} production Conseq, U	kg	0,282 kg/m ²	0,94 g/cm ³	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Ekstrüde Polistiren Sert Köpük (XPS) Yalıtım, (HFC-134a şişirilmiş) ⁷	Polystyrene, extruded {RER} polystyrene production, extruded, HFC-134a blown Conseq, U	kg	1,671 kg/m ²	30 kg/m ³	0,0557*	0,035	1,591	0,57
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)						0,177	-	

Çizelge 4.7. (devam) Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
3	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹ 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,021 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplama dahil edilmemiştir.		
	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo ⁶	Ethylvinylacetate, foil {RER} production Conseq, U	kg	0,282 kg/m ²	0,94 g/cm ³	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanıldığı için hesaplama dahil edilmemiştir.		
	Expande Polistiren Sert Köpük (EPS) Yalıtım ⁸	Polystyrene foam slab {RER} production Conseq, U	kg	1,908 kg/m ²	30 kg/m ³	0,0636*	0,040	1,591	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplama dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplama dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)						0,185	-	

Çizelge 4.7. (devam) Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
4	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹ 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,021 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo ⁶	Ethylvinylacetate, foil {RER} production Conseq, U	kg	0,282 kg/m ²	0,94 g/cm ³	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Expande Polistiren Sert Köpük (EPS) Yalıtım, (Grafitli, %6 Geri Dönüştürülmüş) ⁹	Polystyrene foam slab with graphite, 6% recycled {CH} processing Conseq, U	kg	1,273 kg/m ²	25 kg/m ³	0,0509*	0,032	1,591	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	

Çizelge 4.7. (devam) Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
4	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,57
	Toplam (İç katmanlar)					0,172	-	1,754	
5	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹ 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,021 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo ⁶	Ethylvinylacetate, foil {RER} production Conseq, U	kg	0,282 kg/m ²	0,94 g/cm ³	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Cam Yünü Yalıtım, Örtü / Şilte ¹⁰	Glass wool mat {CH} production Conseq, U	kg	2,356 kg/m ²	40 kg/m ³	0,0589*	0,037	1,591	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	

Çizelge 4.7. (devam) Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
5	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,57
	Toplam (İç katmanlar)					0,180	-	1,754	
6	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹ 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,021 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo ⁶	Ethylvinylacetate, foil {RER} production Conseq, U	kg	0,282 kg/m ²	0,94 g/cm ³	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Taş Yünü Yalıtım, Levha ¹¹	Stone wool {CH} stone wool production Conseq, U	kg	2,865 kg/m ²	50 kg/m ³	0,0573*	0,036	1,591	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	

Çizelge 4.7. (devam) Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

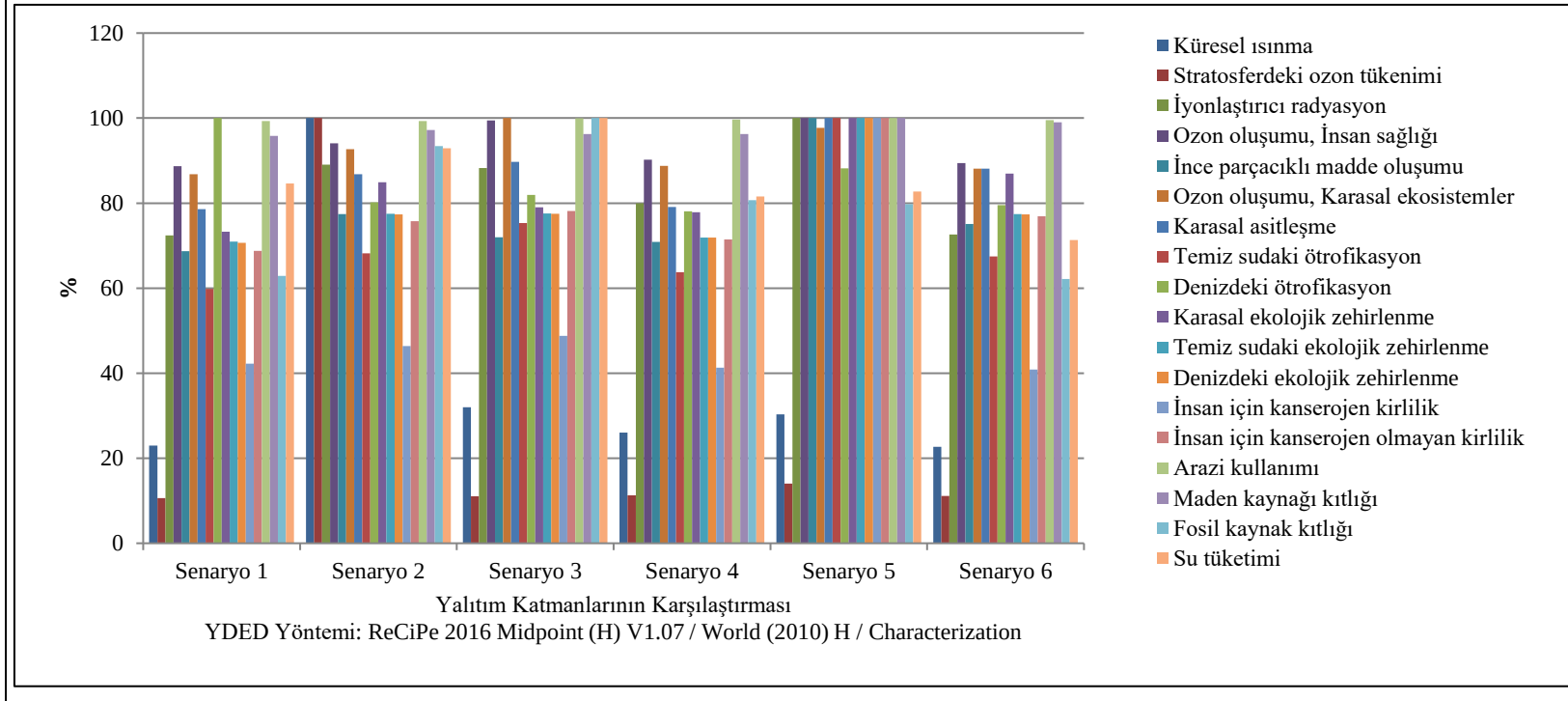
No	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
6	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplama dahil edilmemiştir.			0,57
	Toplam (İç katmanlar)					0,179	-	1,754	
Kaynaklar	¹ (Url-54) ² (Ecoinvent 3.8) ³ Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Arslan ve Aktaş, 2018) ⁴ (Url-61) ⁵ (Bowley ve Mukopadhyaya, 2019) ⁶ (Url-57) ⁷ (Url-58) ⁸ Yoğunluk ve λ bilgisi (Ecoinvent 3.8), malzeme kalınlık bilgisi (Url-66)			⁹ Yoğunluk ve λ bilgisi (Ecoinvent 3.8), malzeme kalınlık bilgisi (Url-66) ¹⁰ Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), malzeme kalınlık ve λ bilgisi (Url-67) ¹¹ (Url-59) *Sağlaması gereken ısı direnç (R) değerine göre olması gereken minimum kalınlık (d) değeridir. Belirtilen bu kalınlıkta malzeme uygulaması veya üretimi olmasa da, YDD sonucunu etkileyeceği için bu şekilde kabul edilmiştir.					

Çizelge 4.8. Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)

Etki Sınıfları	Birim	Senaryo No					
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6
Küresel ısınma	kg CO ₂ eşdeğeri	12,4	54	17,2	14	16,4	12,2
	%*	23	100	31,97	26,02	30,35	22,66
Stratosferdeki ozon tüketimi	kg CFC-11 eşdeğeri	1,1E-5**	0,000103	1,14E-5	1,16E-5	1,45E-5	1,15E-5
	%	10,64	100	11,02	11,24	14,01	11,09
İyonlaştırıcı radyasyon	kBq Co-60 eşdeğeri	0,542	0,666	0,66	0,598	0,748	0,543
	%	72,44	89,05	88,25	79,97	100	72,60
Ozon oluşumu, İnsan sağlığı	kg NO _x eşdeğeri	0,0957	0,101	0,107	0,0974	0,108	0,0965
	%	88,66	94,04	99,44	90,23	100	89,42
İnce parçacıklı madde oluşumu	kg PM _{2,5} eşdeğeri	0,0672	0,0757	0,0704	0,0693	0,0978	0,0734
	%	68,71	77,45	71,96	70,86	100	75,07
Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler	kg NO _x eşdeğeri	0,0987	0,105	0,114	0,101	0,111	0,1
	%	86,80	92,68	100	88,75	97,72	88,15
Karasal asitleşme	kg SO ₂ eşdeğeri	0,0804	0,0887	0,0917	0,0808	0,102	0,0901
	%	78,61	86,77	89,69	79,07	100	88,08
Temiz sudaki ötrofikasyon	kg P eşdeğeri	0,00779	0,00889	0,00982	0,00831	0,013	0,0088
	%	59,80	68,19	75,32	63,78	100	67,47
Denizdeki ötrofikasyon	kg N eşdeğeri	0,00251	0,00201	0,00206	0,00196	0,00221	0,002
	%	100	80,19	81,93	78,07	88,20	79,55
Karasal ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	58,7	68	63,3	62,3	80,1	69,6
	%	73,25	84,90	79,02	77,83	100	86,92
Temiz sudaki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,627	0,684	0,685	0,635	0,883	0,684
	%	70,98	77,47	77,55	71,91	100,00	77,47
Denizdeki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,842	0,923	0,924	0,857	1,19	0,922
	%	70,64	77,38	77,52	71,87	100,00	77,33
İnsan için kanserojen kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,689	0,757	0,795	0,673	1,63	0,666
	%	42,25	46,41	48,77	41,27	100,00	40,88
İnsan için kanserojen olmayan kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	17,1	18,8	19,4	17,7	24,8	19,1
	%	68,78	75,72	78,18	71,45	100,00	76,94
Arazi kullanımı	m ² alan mahsul eşdeğeri	54,3	54,2	54,6	54,5	54,6	54,4
	%	99,33	99,29	100	99,67	100	99,54

Çizelge 4.8: (devam) Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırılması YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)

Etki Sınıfları	Birim	Senaryo No					
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6
Maden kaynağı kıtlığı	kg Cu eşdeğeri	0,307	0,311	0,308	0,308	0,32	0,317
	%	95,83	97,23	96,26	96,26	100,00	98,99
Fosil kaynak kıtlığı	kg yağ eşdeğeri	4,93	7,33	7,84	6,33	6,25	4,87
	%	62,88	93,44	100	80,66	79,73	62,14
Su tüketimi	m ³ eşdeğeri	0,43	0,472	0,508	0,414	0,42	0,362
	%	84,63	92,93	100	81,60	82,73	71,31

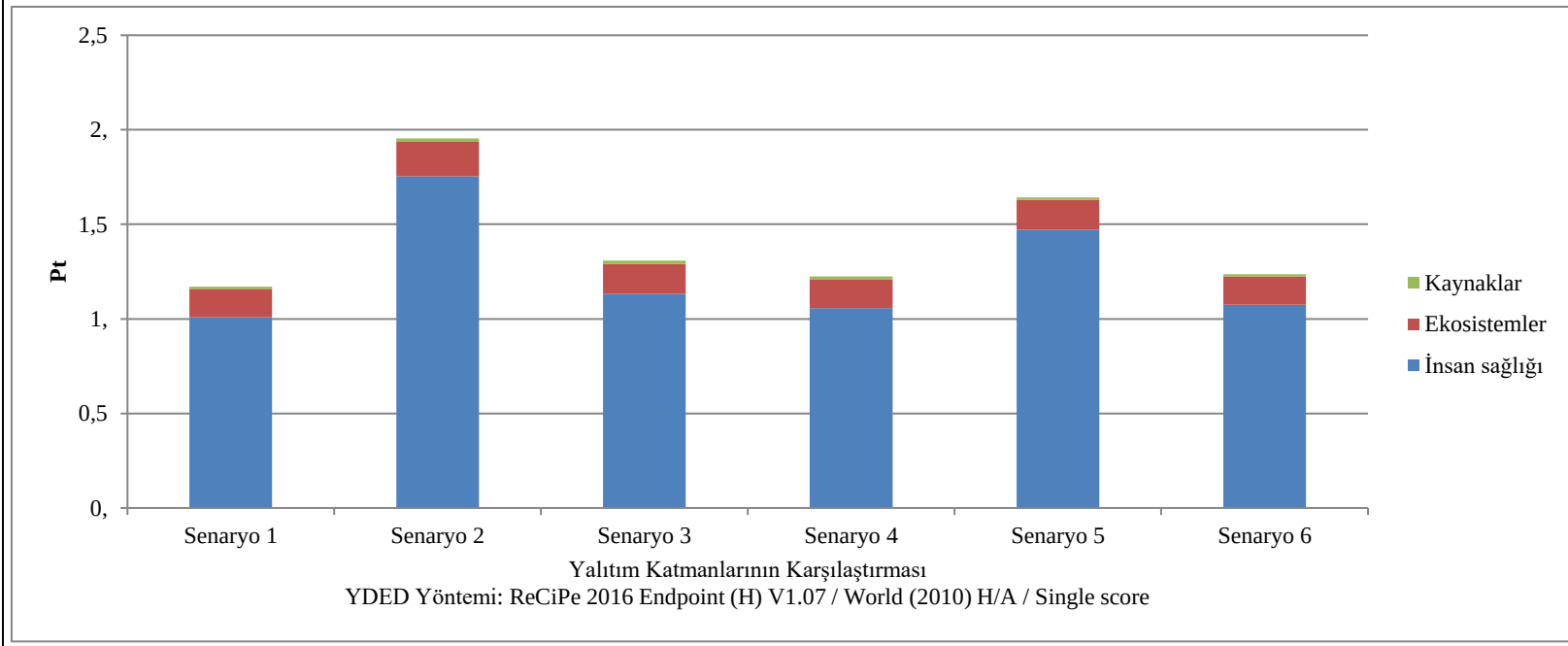


*0: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

**E (Exponent): Üs ya da kuvvet anlamındadır. Basit hesap makineleri; çok uzun basamaklı sayıları gösteremedikleri ve üs içeren bilimsel gösterimleri yazamadıkları için, bir ifadeyi 10'un üssü ile çarpımı olarak ifade ederken kullanılmaktadır.

Çizelge 4.9. Duvardaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal duvar senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)

Sınıf Uç Noktaları	Birim	Senaryo No					
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6
İnsan Sağlığı	Pt*	1,0085	1,7544	1,1333	1,0572	1,4717	1,0746
	%**	86,21	89,74	86,58	86,33	89,65	86,98
Ekosistemler	Pt	0,1501	0,1826	0,1564	0,152	0,1567	0,1508
	%	12,83	9,34	11,95	12,41	9,54	12,21
Kaynaklar	Pt	0,0113	0,018	0,0193	0,0154	0,0133	0,01
	%	0,96	0,92	1,47	1,26	0,81	0,81
Toplam (Tek puan)	Pt	1,1699	1,955	1,3089	1,2245	1,6417	1,2354
	%	100	100	100	100	100	100



*Pt (Points): Çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan birimdir.

**%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

Tavan senaryolarının hazırlanması ve karşılaştırılması

Tavandaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için Çizelge 4.10'da beş farklı montaj senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryoların karşılaştırmalı YDED sonuçları; etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) "ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H" YDED yöntemi ile Çizelge 4.11'de, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) "ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A" YDED yöntemi ile Çizelge 4.12'de gösterilmektedir. Çizelge 4.12'de, ayrıca; "tek puan (single score)" şeklinde toplam etki değerleri de belirtilmektedir.

Etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) "ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H" YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.11):

- "Küresel ısınma" etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 4 (14,5 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (19,5 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 5 (19,9 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (24,4 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 1 (28,6 kg CO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- "Stratosferdeki ozon tükenimi" etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (1,32E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 4 (1,45E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 2 (1,46E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 5 (1,52E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 3 (1,77E-5 kg CFC-11 eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- "İyonlaştırıcı radyasyon" etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 2 (-0,00697 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 5 (0,315 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 1 (0,557 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 4 (0,611 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 3 (0,836 kgBq Co-60 eşdeğeri) içindir.
- "Ozon oluşumu, İnsan sağlığı" etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 4 (0,0953 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 1 (0,0958 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0986 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0995 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,134 kg NO_x eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- "İnce parçacıklı madde oluşumu" etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0668 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0682 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0816 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0928 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 3 (0,11 kg PM_{2,5} eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.

- “Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0981 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0982 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,101 kg NO_x eşdeğeri) ve Senaryo 5 (0,101 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,137 kg NO_x eşdeğeri) içindir.
- “Karasal asitleşme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 4 (0,0777 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 1 (0,101 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,104 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 5 (0,111 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,131 kg SO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,0097 kg P eşdeğeri), Senaryo 1 (0,0107 kg P eşdeğeri), Senaryo 3 (0,0137 kg P eşdeğeri), Senaryo 5 (0,015 kg P eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0216 kg P eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (0,0019 kg N eşdeğeri), Senaryo 1 (0,002 kg N eşdeğeri), Senaryo 4 (0,00217 kg N eşdeğeri), Senaryo 5 (0,00279 kg N eşdeğeri), Senaryo 2 (0,00292 kg N eşdeğeri) içindir.
- “Karasal ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 2 (49,5 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (53,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (57,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (58,3 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (85,8 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,638 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,678 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (0,702 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,748 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (0,863 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,854 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,913 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (0,959 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (1,04 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (1,17 kg 1,4-DCB eşdeğeri) içindir.
- “İnsan için kanserojen kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,55 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,767 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (0,846 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (1,08 kg 1,4-DCB eşdeğeri) ve Senaryo 3 (1,08 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnsan için kanserojen olmayan kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (16,6 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (17,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo

5 (23,2 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (24,8 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (29,5 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.

- “Arazi kullanımı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (36,9 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 2 (39,7 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 5 (46,2 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 4 (51,4 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 3 (55,1 m² alan mahsul eşdeğeri) içindir.
- “Maden kaynağı kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 4 (0,195 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 3 (0,206 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 5 (0,491 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 1 (0,529 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 2 (0,535 kg Cu eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Fosil kaynak kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (5,48 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 5 (6,71 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 1 (6,95 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 2 (7,51 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 3 (7,62 kg yağ eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Su tüketimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,47 m³ eşdeğeri), Senaryo 1 (0,506 m³ eşdeğeri), Senaryo 5 (0,625 m³ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,764 m³ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,835 m³ eşdeğeri) içindir.

Sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.12):

- “İnsan sağlığı” sınıf uç noktası için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 4 (1,057 Pt), Senaryo 1 (1,2521 Pt), Senaryo 5 (1,311 Pt), Senaryo 2 (1,5333 Pt), Senaryo 3 (1,6251 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Ekosistemler” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,1226 Pt), Senaryo 2 (0,1302 Pt), Senaryo 5 (0,1399 Pt), Senaryo 4 (0,1451 Pt), Senaryo 3 (0,1625 Pt) için gerçekleşmiştir.
- “Kaynaklar” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,0125 Pt), Senaryo 2 (0,0135 Pt), Senaryo 5 (0,0139 Pt), Senaryo 1 (0,016 Pt), Senaryo 3 (0,0165 Pt) içindir.

“Tek puan (single score)” şeklinde belirtilen toplam etki değerleri sonuçlarına göre (izelge 4.12), en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 4 (1,2145 Pt), Senaryo 1 (1,3908 Pt), Senaryo 5 (1,4649 Pt), Senaryo 2 (1,677 Pt), Senaryo 3 (1,8041 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir. Bu doğrultuda; tavandaki dış kaplama katmanlarını ve yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan tüm montaj senaryolarında, Senaryo 4’teki i kaplama malzemeleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.10. Tavanadaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
1	Akrilik Reçine Esaslı Su Bazlı Boya Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without water, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, water-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,448 kg/m ²	1,79 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Kaplama malzemesi olarak kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				0,38
	Boya Astarı / Perdah Alçı Sıva ²	Cover plaster, mineral {CH} production Conseq, U	kg	2,400 kg/m ²	1000 kg/m ³	0,0024	0,340	0,007		
	Çimentolu Yonga Levha ³	Particleboard, cement bonded {RER} particleboard production, cement bonded Conseq, U	m ³	0,020 m ³ /m ²	1350 kg/m ³	0,020	0,160	0,125		
	Ahşap Karkas Çerçeve ⁴ (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁵	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	1,375 kg/m ²	25 kg/m ³	0,055*	0,022	2,500		
	Toz Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁷	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000		
	Toz Boya Kaplama ⁶ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,250 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
Toplam (İç katmanlar)						0,177	-	2,632		

No	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
2	Akrilik Reçine Esaslı Su Bazlı Boya Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without water, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, water-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,448 kg/m ²	1,79 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Kaplama malzemesi olarak kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				0,38
	Boya Astarı / Perdah Alçı Sıva ²	Cover plaster, mineral {CH} production Conseq, U	kg	4,100 kg/m ²	1000 kg/m ³	0,0041	0,340	0,012		
	Alçı Levha ⁸ 2 kat (1,5 cm + 1,5 cm) olarak uygulanmıştır.	Gypsum plasterboard {CH} production Conseq, U	kg	24,750 kg/m ²	825 kg/m ³	0,030	0,250	0,120		
	Ahşap Karkas Çerçeve ⁴ (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerde Köpürme ⁵	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	1,375 kg/m ²	25 kg/m ³	0,055*	0,022	2,500		
	Toz Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁷	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000		
	Toz Boya Kaplama ⁶ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,250 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Toplam (İç katmanlar)						0,189	-	2,632	

Çizelge 4.10. (devam) Tavandaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

Çizelge 4.10. (devam) Tavandaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
3	Ahşap Kontrplak Levha ⁹	Plywood {RER} plywood production Conseq, U	m ³	0,018 m ³ /m ²	620 kg/m ³	0,018	0,130	0,132	0,38
	Ahşap Karkas Çerçeve ⁴ (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁵	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	1,375 kg/m ²	25 kg/m ³	0,055*	0,022	2,500	
	Toz Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁷	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama ⁶ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,250 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)						0,173	-	
4	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹⁰	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,018 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,018	0,130	0,132	0,38
	Ahşap Karkas Çerçeve ⁴ (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		

Çizelge 4.10. (devam) Tavandaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
4	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁵	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	1,375 kg/m ²	25 kg/m ³	0,055*	0,022	2,500	0,38
	Toz Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁷	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama ⁶ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,250 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)					0,173	-	2,632	
5	Akrilik Reçine Esaslı Su Bazlı Boya Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without water, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, water-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,448 kg/m ²	1,79 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Kaplama malzemesi olarak kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,38
	Boya Astarı / Perdah Alçı Sıva ²	Cover plaster, mineral {CH} production Conseq, U	kg	1,700 kg/m ²	1000 kg/m ³	0,0017	0,340	0,005	
	Alçı Levha ⁸	Gypsum plasterboard {CH} production Conseq, U	kg	10,3125 kg/m ²	825 kg/m ³	0,0125	0,250	0,050	
	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹⁰	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,010 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,010	0,130	0,077	

Çizelge 4.10. (devam) Tavandaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

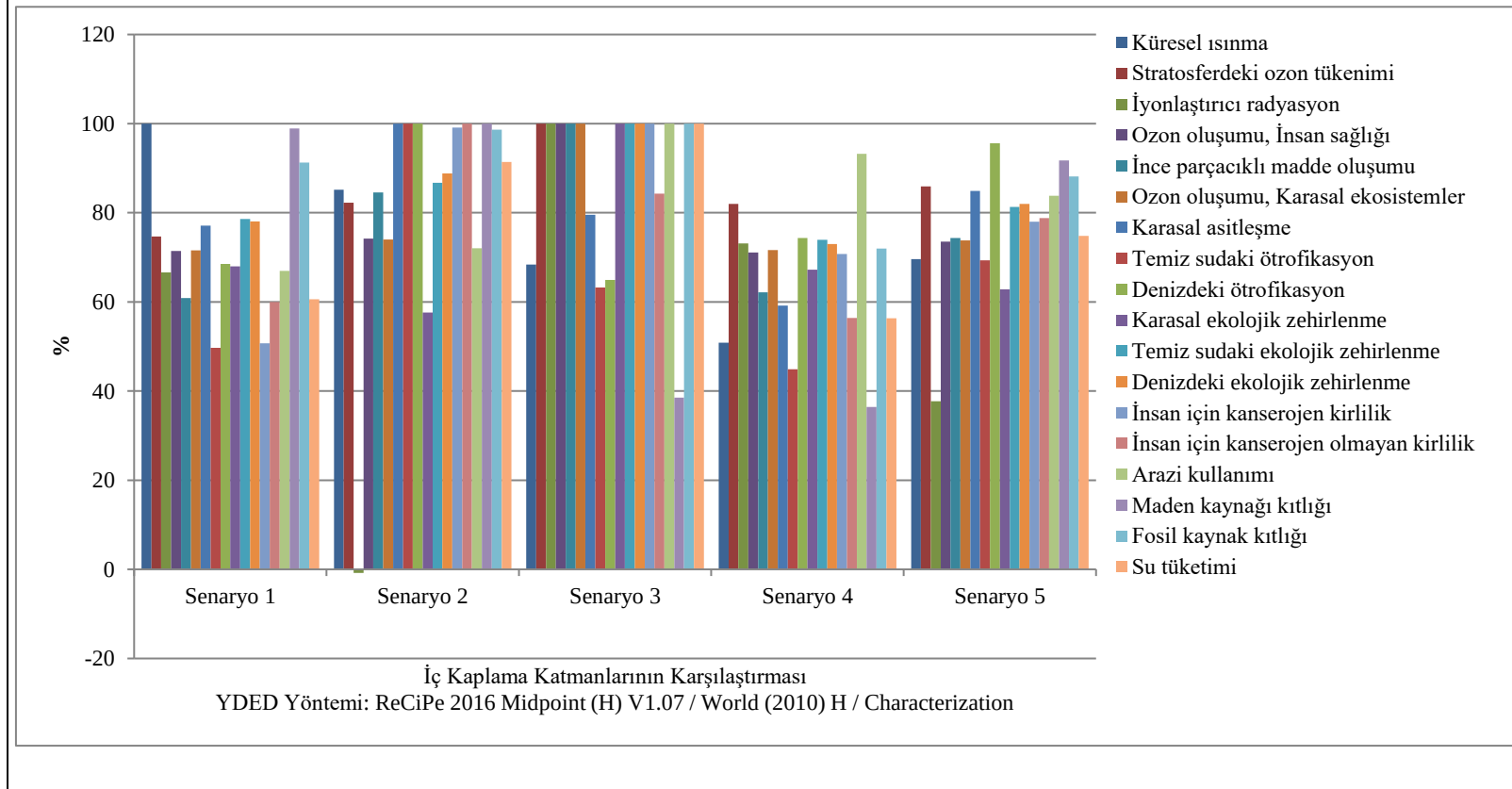
No	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
5	Ahşap Karkas Çerçeve ⁴ (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplama dahil edilmemiştir.		0,38
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerde Köpürme ⁵	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	1,375 kg/m ²	25 kg/m ³	0,055*	0,022	2,500	
	Toz Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplama dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁷	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama ⁶ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,250 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplama dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)						0,179	-	
Kaynaklar	¹ (Url-49) ² (Url-50) ³ (Url-51) ⁴ (Ecoinvent 3.8) ⁵ Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Arslan ve Aktaş, 2018) ⁶ (Url-60) ⁷ (Bowley ve Mukopadhyaya, 2019)			⁸ (Url-52) ⁹ Yoğunluk ve malzeme kalınlık bilgisi (Url-53), λ bilgisi (Sümer, 2019) ¹⁰ (Url-54) [*] Sağlaması gereken ısı direnç (R) değerine göre olması gereken minimum kalınlık (d) değeridir. Belirtilen bu kalınlıkta malzeme uygulaması olmasa da, YDD sonucunu etkileyeceği için bu şekilde kabul edilmiştir.					

Çizelge 4.11. Tavantaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryolarının karşılaştırması YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)

Etki Sınıfları	Birim	Senaryo No				
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5
Küresel ısınma	kg CO ₂ eşdeğeri	28,6	24,4	19,5	14,5	19,9
	%*	100	85,15	68,35	50,83	69,62
Stratosferdeki ozon tükenimi	kg CFC-11 eşdeğeri	1,32E-5**	1,46E-5	1,77E-5	1,45E-5	1,52E-5
	%	74,65	82,25	100	82,02	85,91
İyonlaştırıcı radyasyon	kBq Co-60 eşdeğeri	0,557	-0,00697	0,836	0,611	0,315
	%	66,59	-0,83	100	73,10	37,70
Ozon oluşumu, İnsan sağlığı	kg NO _x eşdeğeri	0,0958	0,0995	0,134	0,0953	0,0986
	%	71,46	74,22	100	71,09	73,53
İnce parçacıklı madde oluşumu	kg PM _{2,5} eşdeğeri	0,0668	0,0928	0,11	0,0682	0,0816
	%	60,86	84,54	100	62,15	74,37
Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler	kg NO _x eşdeğeri	0,0981	0,101	0,137	0,0982	0,101
	%	71,56	73,90	100	71,62	73,90
Karasal asitleşme	kg SO ₂ eşdeğeri	0,101	0,131	0,104	0,0777	0,111
	%	77,10	100	79,53	59,18	84,87
Temiz sudaki ötrofikasyon	kg P eşdeğeri	0,0107	0,0216	0,0137	0,0097	0,015
	%	49,72	100	63,25	44,86	69,35
Denizdeki ötrofikasyon	kg N eşdeğeri	0,002	0,00292	0,0019	0,00217	0,00279
	%	68,54	100	64,94	74,35	95,57
Karasal ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	58,3	49,5	85,8	57,7	53,9
	%	68,00	57,64	100	67,20	62,80
Temiz sudaki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,678	0,748	0,863	0,638	0,702
	%	78,61	86,72	100	73,92	81,33
Denizdeki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,913	1,04	1,17	0,854	0,959
	%	78,07	88,86	100	73,01	81,98
İnsan için kanserojen kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,55	1,08	1,08	0,767	0,846
	%	50,74	100	100	70,73	77,97
İnsan için kanserojen olmayan kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	17,7	29,5	24,8	16,6	23,2
	%	59,95	100	84,28	56,40	78,80
Arazi kullanımı	m ² alan mahsul eşdeğeri	36,9	39,7	55,1	51,4	46,2
	%	66,93	72,03	100	93,22	83,80

Çizelge 4.11. (devam) Tavandaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)

Etki Sınıfları	Birim	Senaryo No				
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5
Maden kaynağı kıtlığı	kg Cu eşdeğeri	0,529	0,535	0,206	0,195	0,491
	%	98,90	100	38,51	36,43	91,73
Fosil kaynak kıtlığı	kg yağ eşdeğeri	6,95	7,51	7,62	5,48	6,71
	%	91,28	98,65	100	71,98	88,18
Su tüketimi	m ³ eşdeğeri	0,506	0,764	0,835	0,47	0,625
	%	60,58	91,40	100	56,32	74,84

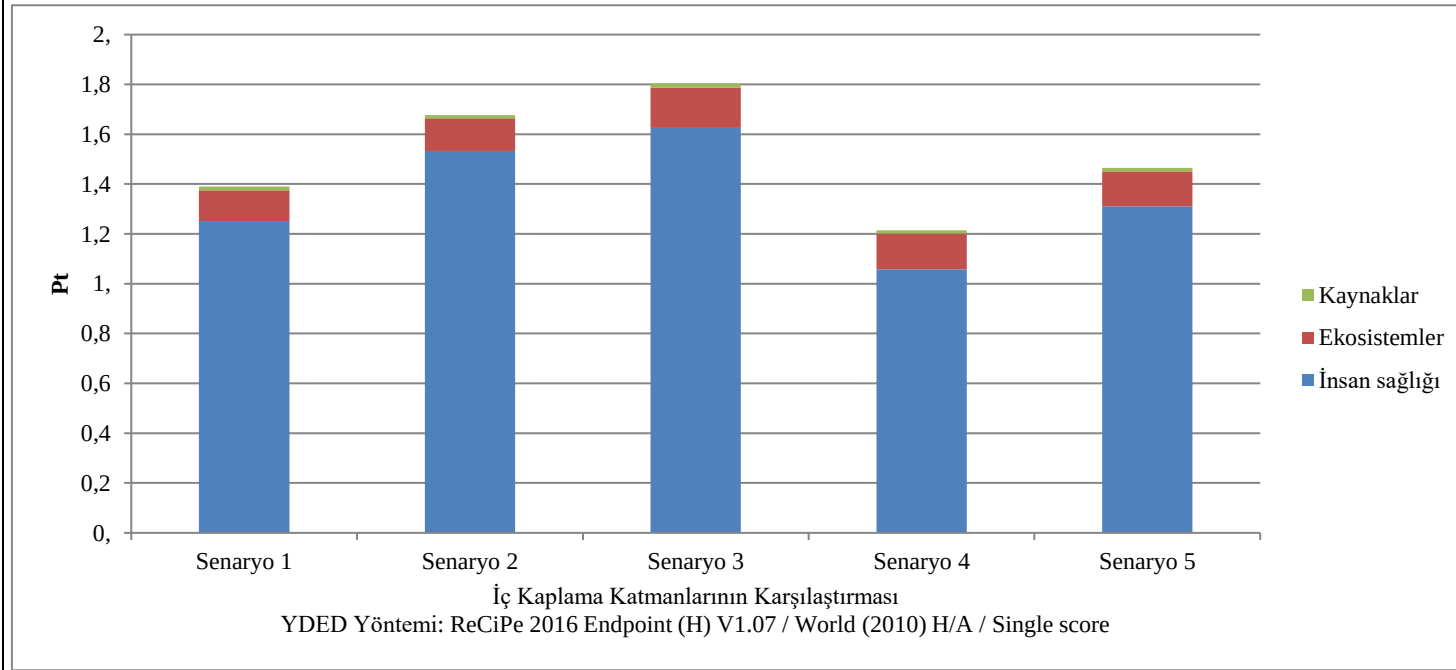


*%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

**E (Exponent): Üs ya da kuvvet anlamındadır. Basit hesap makineleri; çok uzun basamaklı sayıları gösteremedikleri ve üs içeren bilimsel gösterimleri yazamadıkları için, bir ifadeyi 10'un üssü ile çarpımı olarak ifade ederken kullanılmaktadır.

Çizelge 4.12. Tavandaki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryolarının karşılaştırılması YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)

Sınıf Uç Noktaları	Birim	Senaryo No				
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5
İnsan Sağlığı	Pt*	1,2521	1,5333	1,6251	1,057	1,311
	%**	90,03	91,43	90,08	87,02	89,50
Ekosistemler	Pt	0,1226	0,1302	0,1625	0,1451	0,1399
	%	8,82	7,76	9,01	11,95	9,55
Kaynaklar	Pt	0,016	0,0135	0,0165	0,0125	0,0139
	%	1,15	0,81	0,91	1,03	0,95
Toplam (Tek puan)	Pt	1,3908	1,677	1,8041	1,2145	1,4649
	%	100	100	100	100	100



*Pt (Points): Çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan birimdir.

**%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

Tavandaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için Çizelge 4.13'te dört farklı montaj senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryoların karşılaştırmalı YDED sonuçları; etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile Çizelge 4.14'te, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile Çizelge 4.15'te gösterilmektedir. Çizelge 4.15'te, ayrıca; “tek puan (single score)” şeklinde toplam etki değerleri de belirtilmektedir.

Etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.14):

- “Küresel ısınma” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 3 (14,4 kg CO₂ eşdeğeri) ve Senaryo 4 (14,4 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 1 (14,5 kg CO₂ eşdeğeri) ve Senaryo 2 (14,5 kg CO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Stratosferdeki ozon tükenimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (1,03E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 4 (1,17E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 2 (1,31E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 1 (1,45E-5 kg CFC-11 eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “İyonlaştırıcı radyasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (0,512 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 4 (0,545 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 2 (0,578 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 1 (0,611 kgBq Co-60 eşdeğeri) içindir.
- “Ozon oluşumu, İnsan sağlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,0953 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0955 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0957 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,096 kg NO_x eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnce parçacıklı madde oluşumu” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (0,0674 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0677 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 2 (0,068 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 1 (0,0682 kg PM_{2,5} eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0982 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0985 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0987 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,099 kg NO_x eşdeğeri) içindir.
- “Karasal asitleşme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,0777 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0801 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0826 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,085 kg SO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.

- “Temiz sudaki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (0,00781 kg P eşdeğeri), Senaryo 4 (0,00844 kg P eşdeğeri), Senaryo 2 (0,00907 kg P eşdeğeri), Senaryo 1 (0,0097 kg P eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,00217 kg N eşdeğeri), Senaryo 2 (0,00236 kg N eşdeğeri), Senaryo 4 (0,00255 kg N eşdeğeri), Senaryo 3 (0,00275 kg N eşdeğeri) içindir.
- “Karasal ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 3 (56,6 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (56,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (57,3 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (57,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (0,629 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,632 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,635 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,638 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (0,844 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,848 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,851 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,854 kg 1,4-DCB eşdeğeri) içindir.
- “İnsan için kanserojen kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 3 (0,723 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,738 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,752 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,767 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnsan için kanserojen olmayan kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (16,6 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (16,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri) ve Senaryo 4 (16,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (16,8 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Arazi kullanımı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (51,4 m² alan mahsul eşdeğeri) ve Senaryo 2 (51,4 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 4 (51,5 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 3 (51,6 m² alan mahsul eşdeğeri) içindir.
- “Maden kaynağı kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,195 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 2 (0,232 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 4 (0,269 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 3 (0,306 kg Cu eşdeğeri), için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Fosil kaynak kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (5,48 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 2 (5,51 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 4 (5,54 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 3 (5,57 kg yağ eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.

- “Su tüketimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,47 m³ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,473 m³ eşdeğeri), Senaryo 4 (0,476 m³ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,478 m³ eşdeğeri) içindir.

Sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.15):

- “İnsan sağlığı” sınıf uç noktası için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 3 (1,0443 Pt), Senaryo 4 (1,0485 Pt), Senaryo 2 (1,0527 Pt), Senaryo 1 (1,057 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Ekosistemler” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,1451 Pt), Senaryo 2 (0,1453 Pt), Senaryo 4 (0,1454 Pt), Senaryo 3 (0,1456 Pt) için gerçekleşmiştir.
- “Kaynaklar” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0125 Pt), Senaryo 2 (0,0126 Pt), Senaryo 4 (0,0128 Pt), Senaryo 3 (0,013 Pt) içindir.

“Tek puan (single score)” şeklinde belirtilen toplam etki değerleri sonuçlarına göre (Çizelge 4.15), en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 3 (1,2029 Pt), Senaryo 4 (1,2068 Pt), Senaryo 2 (1,2107 Pt), Senaryo 1 (1,2145 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir. Bu doğrultuda; tavandaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan tüm montaj senaryolarında, Senaryo 3’teki dış kaplama malzemeleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.13. Tavadaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
1	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,018 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,018	0,130	0,132	0,38
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ³	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	1,375 kg/m ²	25 kg/m ³	0,055*	0,022	2,500	
	Toz Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,250 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)						0,173	-	
2	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,018 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,018	0,130	0,132	0,38
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		

Çizelge 4.13. (devam) Tavandaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
2	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ³	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	1,375 kg/m ²	25 kg/m ³	0,055*	0,022	2,500	0,38
	Toz Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Toz Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Toz boya kaplamanın korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)					0,173	-	2,632	
3	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,018 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,018	0,130	0,132	0,38
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		

Çizelge 4.13. (devam) Tavandaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
3	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ³	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	1,375 kg/m ²	25 kg/m ³	0,055*	0,022	2,500	0,38
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁶ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)					0,173	-	2,632	
4	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,018 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,018	0,130	0,132	0,38
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ³	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	1,375 kg/m ²	25 kg/m ³	0,055*	0,022	2,500	

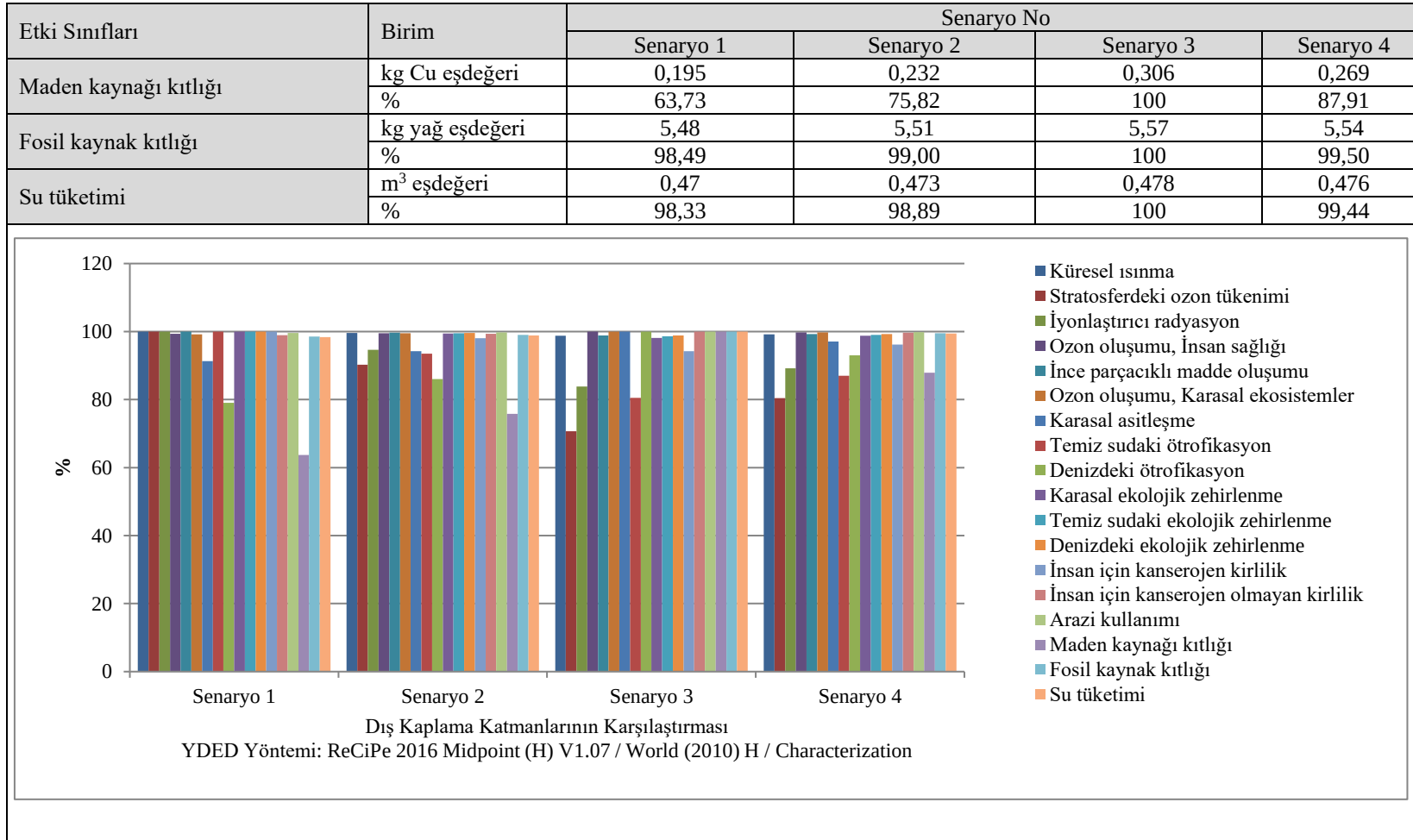
Çizelge 4.13. (devam) Tavandaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
4	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				0,38
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000		
	Toz Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁶ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Toz boya kaplamanın korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Toplam (İç katmanlar)						0,173	-	2,632	
Kaynaklar	¹ (Url-54) ² (Ecoinvent 3.8) ³ Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Arslan ve Aktaş, 2018) ⁴ (Url-60) ⁵ (Bowley ve Mukopadhyaya, 2019)			⁶ (Url-61) *Sağlaması gereken ısı direnç (R) değerine göre olması gereken minimum kalınlık (d) değeridir. Belirtilen bu kalınlıkta malzeme uygulaması olmasa da, YDD sonucunu etkileyeceği için bu şekilde kabul edilmiştir.						

Çizelge 4.14. Tavantaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)

Etki Sınıfları	Birim	Senaryo No			
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
Küresel ısınma	kg CO ₂ eşdeğeri	14,5	14,5	14,4	14,4
	%*	100	100	98,99	98,99
Stratosferdeki ozon tüketimi	kg CFC-11 eşdeğeri	1,45E-5**	1,31E-5	1,03E-5	1,17E-5
	%	100	90,22	70,66	80,44
İyonlaştırıcı radyasyon	kBq Co-60 eşdeğeri	0,611	0,578	0,512	0,545
	%	100	94,61	83,82	89,22
Ozon oluşumu, İnsan sağlığı	kg NO _x eşdeğeri	0,0953	0,0955	0,096	0,0957
	%	99,31	99,54	100	99,77
İnce parçacıklı madde oluşumu	kg PM _{2,5} eşdeğeri	0,0682	0,068	0,0674	0,0677
	%	100	99,63	98,89	99,26
Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler	kg NO _x eşdeğeri	0,0982	0,0985	0,099	0,0987
	%	99,20	99,46	100	99,73
Karasal asitleşme	kg SO ₂ eşdeğeri	0,0777	0,0801	0,085	0,0826
	%	91,33	94,22	100	97,11
Temiz sudaki ötrofikasyon	kg P eşdeğeri	0,0097	0,00907	0,00781	0,00844
	%	100	93,51	80,52	87,01
Denizdeki ötrofikasyon	kg N eşdeğeri	0,00217	0,00236	0,00275	0,00255
	%	79,04	86,03	100	93,01
Karasal ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	57,7	57,3	56,6	56,9
	%	100	99,38	98,15	98,77
Temiz sudaki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,638	0,635	0,629	0,632
	%	100	99,53	98,58	99,05
Denizdeki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,854	0,851	0,844	0,848
	%	100	99,62	98,87	99,24
İnsan için kanserojen kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,767	0,752	0,723	0,738
	%	100	98,07	94,22	96,15
İnsan için kanserojen olmayan kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	16,6	16,7	16,8	16,7
	%	98,97	99,49	100	99,49
Arazi kullanımı	m ² alan mahsul eşdeğeri	51,4	51,4	51,6	51,5
	%	99,65	99,65	100	99,86

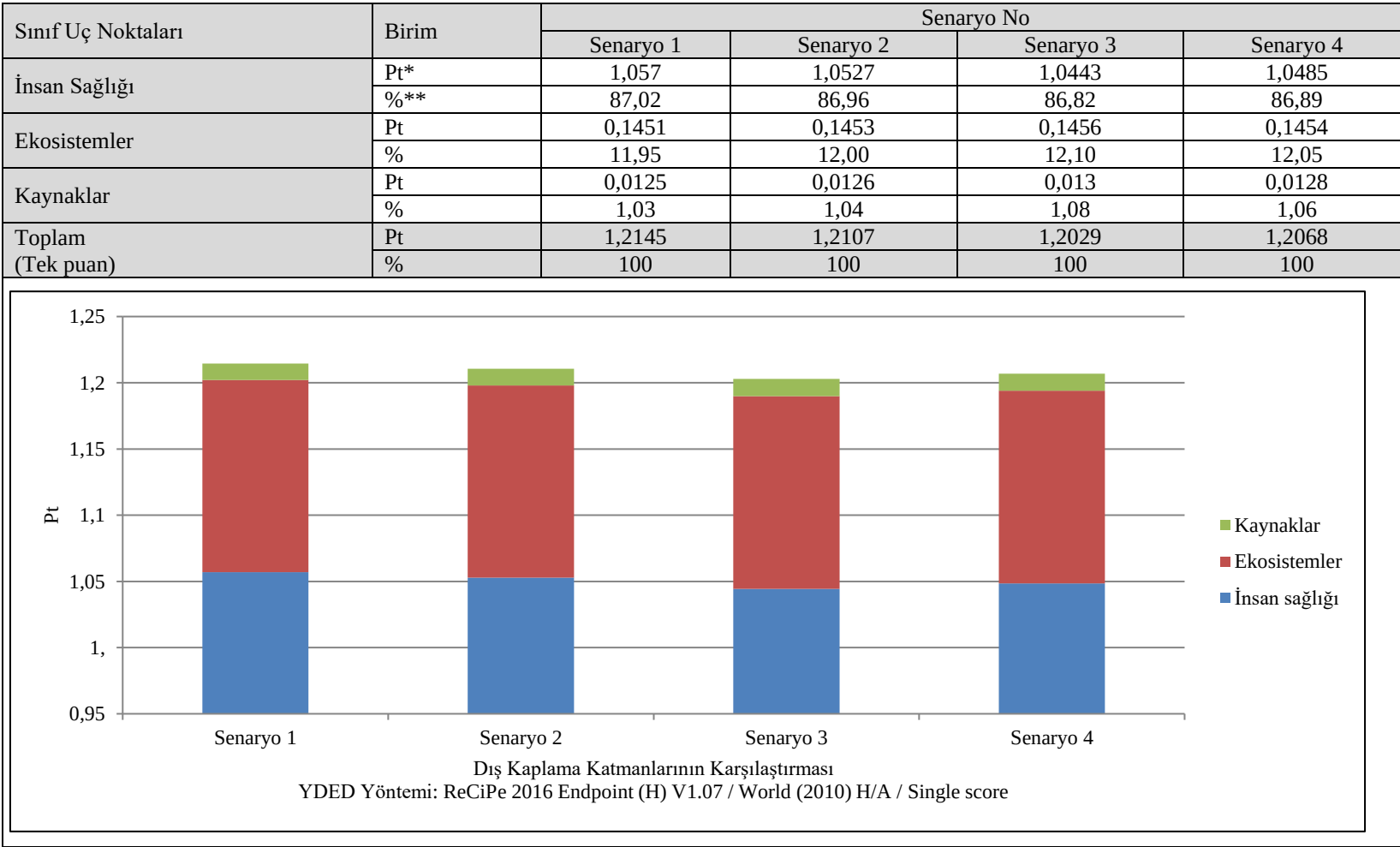
Çizelge 4.14. (devam) Tavandaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)



*%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

**E (Exponent): Üs ya da kuvvet anlamındadır. Basit hesap makineleri; çok uzun basamaklı sayıları gösteremedikleri ve üs içeren bilimsel gösterimleri yazamadıkları için, bir ifadeyi 10'un üssü ile çarpımı olarak ifade ederken kullanılmaktadır.

Çizelge 4.15. Tavantaki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)



*Pt (Points): Çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan birimdir.

**%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

Tavandaki yalıtım katmanlarını belirlemek için Çizelge 4.16’da altı farklı montaj senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryoların karşılaştırmalı YDED sonuçları; etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile Çizelge 4.17’de, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile Çizelge 4.18’de gösterilmektedir. Çizelge 4.18’de, ayrıca; “tek puan (single score)” şeklinde toplam etki değerleri de belirtilmektedir.

Etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.17):

- “Küresel ısınma” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 6 (13,6 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 1 (14,4 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 4 (16,5 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 5 (20,1 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (21,5 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (79,2 kg CO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Stratosferdeki ozon tükenimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (1,03E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 3 (1,08E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 6 (1,09E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 4 (1,12E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 5 (1,57E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 2 (0,000155 kg CFC-11 eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “İyonlaştırıcı radyasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 6 (0,504 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 1 (0,512 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 4 (0,59 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 3 (0,688 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 2 (0,697 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 5 (0,826 kgBq Co-60 eşdeğeri) içindir.
- “Ozon oluşumu, İnsan sağlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,096 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 6 (0,0965 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0979 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,104 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,114 kg NO_x eşdeğeri) ve Senaryo 5 (0,114 kg NO_x eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnce parçacıklı madde oluşumu” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0674 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0703 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 3 (0,072 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 6 (0,0768 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0805 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 5 (0,115 kg PM_{2,5} eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,099 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 6 (0,101 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,102

kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,109 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 5 (0,118 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,122 kg NO_x eşdeğeri) içindir.

- “Karasal asitleşme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 4 (0,0849 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 1 (0,085 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0972 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 6 (0,0993 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,102 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 5 (0,118 kg SO₂ eşdeğeri) için gerçekleştirildiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,00781 kg P eşdeğeri), Senaryo 4 (0,00843 kg P eşdeğeri), Senaryo 6 (0,00918 kg P eşdeğeri), Senaryo 2 (0,00933 kg P eşdeğeri), Senaryo 3 (0,0108 kg P eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0158 kg P eşdeğeri) için gerçekleştirilmiştir.
- “Denizdeki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,00187 kg N eşdeğeri), Senaryo 6 (0,00193 kg N eşdeğeri), Senaryo 2 (0,00195 kg N eşdeğeri), Senaryo 3 (0,00202 kg N eşdeğeri), Senaryo 5 (0,00227 kg N eşdeğeri), Senaryo 1 (0,00275 kg N eşdeğeri) içindir.
- “Karasal ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (56,6 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (61,2 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (62,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (70,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (72,6 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (89,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştirildiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,629 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,634 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (0,711 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,712 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (0,713 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (1,02 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştirilmiştir.
- “Denizdeki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,844 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,857 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (0,959 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,96 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (0,963 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (1,38 kg 1,4-DCB eşdeğeri) içindir.
- “İnsan için kanserojen kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 6 (0,678 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,688 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,723 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,82 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (0,881 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (2,19 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştirildiği görülmektedir.
- “İnsan için kanserojen olmayan kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (16,8 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (17,6 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo

- 2 (19,3 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (19,8 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (20,2 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (28,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Arazi kullanımı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 2 (51,5 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 1 (51,6 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 6 (51,8 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 4 (51,9 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 3 (52,1 m² alan mahsul eşdeğeri) ve Senaryo 5 (52,1 m² alan mahsul eşdeğeri) içindir.
 - “Maden kaynağı kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,306 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 3 (0,308 kg Cu eşdeğeri) ve Senaryo 4 (0,308 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 2 (0,313 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 6 (0,321 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 5 (0,327 kg Cu eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
 - “Fosil kaynak kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 6 (5,18 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 1 (5,57 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 5 (7,34 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 4 (7,46 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 2 (9,03 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 3 (9,85 kg yağ eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
 - “Su tüketimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 6 (0,363 m³ eşdeğeri), Senaryo 4 (0,445 m³ eşdeğeri), Senaryo 5 (0,454 m³ eşdeğeri), Senaryo 1 (0,478 m³ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,535 m³ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,592 m³ eşdeğeri) içindir.

Sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.18):

- “İnsan sağlığı” sınıf uç noktası için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (1,0443 Pt), Senaryo 4 (1,1076 Pt), Senaryo 6 (1,1349 Pt), Senaryo 3 (1,2275 Pt), Senaryo 5 (1,7586 Pt), Senaryo 2 (2,2028 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Ekosistemler” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,1456 Pt), Senaryo 6 (0,1462 Pt), Senaryo 4 (0,148 Pt), Senaryo 3 (0,1549 Pt), Senaryo 5 (0,1554 Pt), Senaryo 2 (0,1961 Pt) için gerçekleşmiştir.
- “Kaynaklar” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 6 (0,0103 Pt), Senaryo 1 (0,013 Pt), Senaryo 5 (0,0154 Pt), Senaryo 4 (0,0187 Pt), Senaryo 2 (0,0228 Pt), Senaryo 3 (0,0248 Pt), içindir.

“Tek puan (single score)” şeklinde belirtilen toplam etki değerleri sonuçlarına göre (Çizelge 4.18), en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (1,2029 Pt), Senaryo 4 (1,2743 Pt), Senaryo

6 (1,2913 Pt), Senaryo 3 (1,4072 Pt), Senaryo 5 (1,9294 Pt), Senaryo 2 (2,4217 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.

Çizelge 4.16. Tavadaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
1	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,018 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,018	0,130	0,132	0,38
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ³	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	1,375 kg/m ²	25 kg/m ³	0,055*	0,022	2,500	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)						0,173	-	
2	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,018 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,018	0,130	0,132	0,38
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		

No	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
2	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo ⁶	Ethylvinylacetate, foil {RER} production Conseq, U	kg	0,282 kg/m ²	0,94 g/cm ³	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,38
	Ekstrüde Polistiren Sert Köpük (XPS) Yalıtım, (HFC-134a şişirilmiş) ⁷	Polystyrene, extruded {RER} polystyrene production, extruded, HFC-134a blown Conseq, U	kg	2,625 kg/m ²	30 kg/m ³	0,0875*	0,035	2,500		
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000		
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Toplam (İç katmanlar)						0,206	-	2,632	
3	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,018 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,018	0,130	0,132	0,38	
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			

Çizelge 4.16. (devam) Tavadaki yalıtım katmanlarını belirlenmek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

Çizelge 4.16. (devam) Tavandaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
3	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo ⁶	Ethylvinylacetate, foil {RER} production Conseq, U	kg	0,282 kg/m ²	0,94 g/cm ³	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,38
	Expand Polistiren Sert Köpük (EPS) Yalıtım ⁸ 2 kat (5 cm + 5 cm) olarak uygulanmıştır.	Polystyrene foam slab {RER} production Conseq, U	kg	3 kg/m ²	30 kg/m ³	0,100	0,040	2,500		
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000		
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Toplam (İç katmanlar)						0,218	-	2,632	
4	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,018 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,018	0,130	0,132	0,38	
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			

Çizelge 4.16. (devam) Tavadaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
4	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo ⁶	Ethylvinylacetate, foil {RER} production Conseq, U	kg	0,282 kg/m ²	0,94 g/cm ³	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Expand Polistiren Sert Köpük (EPS) Yalıtım, (Grafitli, %6 Geri Dönüştürülmüş) ⁹	Polystyrene foam slab with graphite, 6% recycled {CH} processing Conseq, U	kg	2 kg/m ²	25 kg/m ³	0,080	0,032	2,500	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)						0,198	-	2,632
5	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,018 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,018	0,130	0,132	
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		

Çizelge 4.16. (devam) Tavadaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
5	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo ⁶	Ethylvinylacetate, foil {RER} production Conseq, U	kg	0,282 kg/m ²	0,94 g/cm ³	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,38
	Cam Yünü Yalıtım, Örtü / Şilte ¹⁰	Glass wool mat {CH} production Conseq, U	kg	3,700 kg/m ²	40 kg/m ³	0,0925*	0,037	2,500		
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000		
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Toplam (İç katmanlar)						0,211	-	2,632	
6	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,018 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,018	0,130	0,132	0,38	
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			

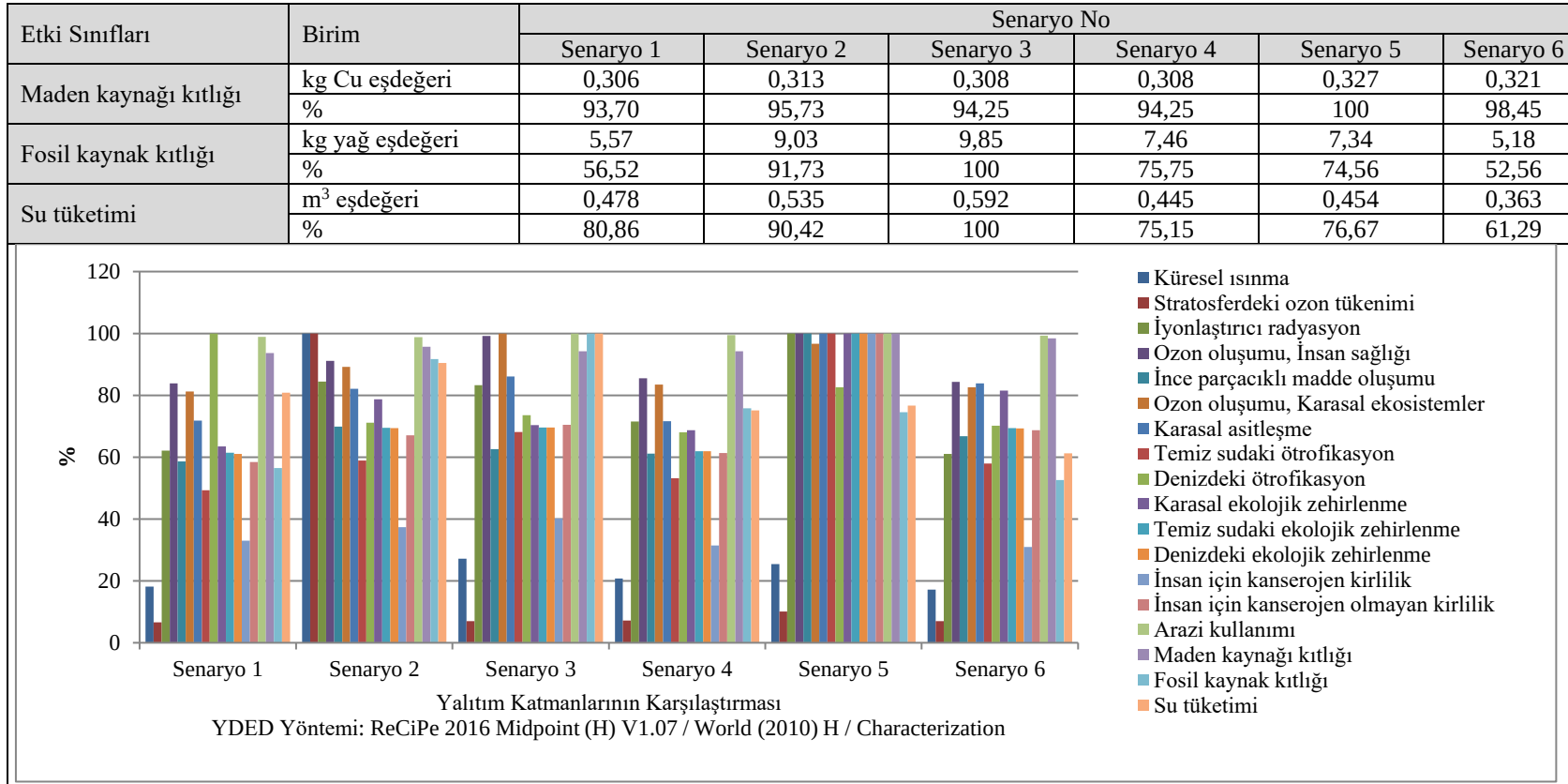
Çizelge 4.16. (devam) Tavadaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
6	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo ⁶	Ethylvinylacetate, foil {RER} production Conseq, U	kg	0,282 kg/m ²	0,94 g/cm ³	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		0,38
	Taş Yünü Yalıtım, Levha ¹¹ 2 kat (4 cm + 5 cm) olarak uygulanmıştır.	Stone wool {CH} stone wool production Conseq, U	kg	4,500 kg/m ²	50 kg/m ³	0,090	0,036	2,500	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)						0,208	-	
Kaynaklar	¹ (Url-54) ² (Ecoinvent 3.8) ³ Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Arslan ve Aktaş, 2018) ⁴ (Url-61) ⁵ (Bowley ve Mukopadhyaya, 2019) ⁶ (Url-57) ⁷ (Url-58) ⁸ Yoğunluk ve λ bilgisi (Ecoinvent 3.8), malzeme kalınlık bilgisi (Url-66)			⁹ Yoğunluk ve λ bilgisi (Ecoinvent 3.8), malzeme kalınlık bilgisi (Url-66) ¹⁰ Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), malzeme kalınlık ve λ bilgisi (Url-67) ¹¹ (Url-59) *Sağlaması gereken ısı direnç (R) değerine göre olması gereken minimum kalınlık (d) değeridir. Belirtilen bu kalınlıkta malzeme uygulaması veya üretimi olmasa da, YDD sonucunu etkileyeceği için bu şekilde kabul edilmiştir.					

Çizelge 4.17. Tavandaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)

Etki Sınıfları	Birim	Senaryo No					
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6
Küresel ısınma	kg CO ₂ eşdeğeri	14,4	79,2	21,5	16,5	20,1	13,6
	%*	18,14	100	27,18	20,80	25,42	17,20
Stratosferdeki ozon tükenimi	kg CFC-11 eşdeğeri	1,03E-5**	0,000155	1,08E-5	1,12E-5	1,57E-5	1,09E-5
	%	6,61	100	6,96	7,19	10,08	7,03
İyonlaştırıcı radyasyon	kBq Co-60 eşdeğeri	0,512	0,697	0,688	0,59	0,826	0,504
	%	62,07	84,43	83,30	71,49	100	61,00
Ozon oluşumu, İnsan sağlığı	kg NO _x eşdeğeri	0,096	0,104	0,114	0,0979	0,114	0,0965
	%	83,86	91,17	100	85,54	100	84,33
İnce parçacıklı madde oluşumu	kg PM _{2,5} eşdeğeri	0,0674	0,0805	0,072	0,0703	0,115	0,0768
	%	58,61	69,92	62,60	61,12	100	66,74
Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler	kg NO _x eşdeğeri	0,099	0,109	0,122	0,102	0,118	0,101
	%	81,27	89,23	100	83,47	96,63	82,59
Karasal asitleşme	kg SO ₂ eşdeğeri	0,085	0,0972	0,102	0,0849	0,118	0,0993
	%	71,79	82,08	86,07	71,64	100	83,85
Temiz sudaki ötrofikasyon	kg P eşdeğeri	0,00781	0,00933	0,0108	0,00843	0,0158	0,00918
	%	49,28	58,90	68,14	53,20	100	57,97
Denizdeki ötrofikasyon	kg N eşdeğeri	0,00275	0,00195	0,00202	0,00187	0,00227	0,00193
	%	100	71,11	73,61	68,06	82,61	70,19
Karasal ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	56,6	70,1	62,7	61,2	89,1	72,6
	%	63,51	78,69	70,40	68,70	100	81,54
Temiz sudaki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,629	0,712	0,713	0,634	1,02	0,711
	%	61,43	69,53	69,61	61,96	100	69,44
Denizdeki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,844	0,96	0,963	0,857	1,38	0,959
	%	61,02	69,40	69,59	61,94	100	69,32
İnsan için kanserojen kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,723	0,82	0,881	0,688	2,19	0,678
	%	32,98	37,41	40,18	31,40	100	30,94
İnsan için kanserojen olmayan kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	16,8	19,3	20,2	17,6	28,7	19,8
	%	58,43	67,09	70,44	61,30	100	68,74
Arazi kullanımı	m ² alan mahsul eşdeğeri	51,6	51,5	52,1	51,9	52,1	51,8
	%	98,91	98,83	100	99,46	100	99,24

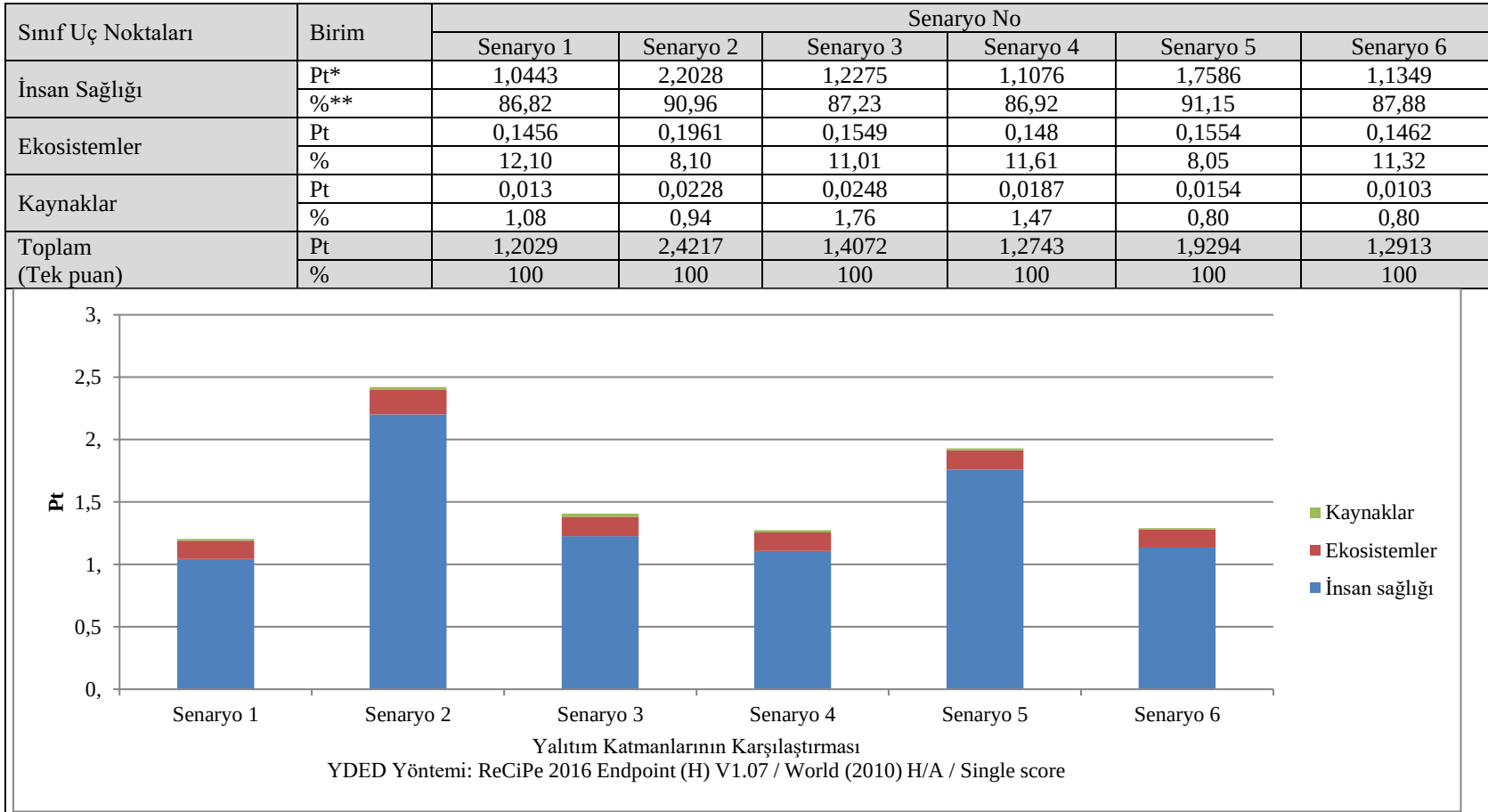
Çizelge 4.17. (devam) Tavantaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)



*%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

**E (Exponent): Üs ya da kuvvet anlamındadır. Basit hesap makineleri; çok uzun basamaklı sayıları gösteremedikleri ve üs içeren bilimsel gösterimleri yazamadıkları için, bir ifadeyi 10'un üssü ile çarpımı olarak ifade ederken kullanılmaktadır.

Çizelge 4.18. Tavandaki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal tavan senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)



*Pt (Points): Çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan birimdir.

**%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

Döşeme senaryolarının hazırlanması ve karşılaştırılması

Döşemedeki iç kaplama katmanlarını belirlemek için Çizelge 4.19’da dört farklı montaj senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryoların karşılaştırmalı YDED sonuçları; etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile Çizelge 4.20’de, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile Çizelge 4.21’de gösterilmektedir. Çizelge 4.21’de, ayrıca; “tek puan (single score)” şeklinde toplam etki değerleri de belirtilmektedir.

Etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.20):

- “Küresel ısınma” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (15,2 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (25,3 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 4 (74,8 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (107 kg CO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Stratosferdeki ozon tükenimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (9,38E-6 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 2 (2,13E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 4 (3,1E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 3 (3,99E-5 kg CFC-11 eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “İyonlaştırıcı radyasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,724 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 2 (1,1 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 4 (1,38 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 3 (8,28 kgBq Co-60 eşdeğeri) içindir.
- “Ozon oluşumu, İnsan sağlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,0389 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,128 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,135 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,349 kg NO_x eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnce parçacıklı madde oluşumu” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0353 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 2 (0,116 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 4 (0,315 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 3 (0,906 kg PM_{2,5} eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,042 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,133 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,139 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,357 kg NO_x eşdeğeri) içindir.

- “Karasal asitleşme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,0662 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,107 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 4 (0,267 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,412 kg SO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,00884 kg P eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0145 kg P eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0293 kg P eşdeğeri), Senaryo 3 (0,0584 kg P eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,00186 kg N eşdeğeri), Senaryo 2 (0,00227 kg N eşdeğeri), Senaryo 4 (0,00296 kg N eşdeğeri), Senaryo 3 (0,00479 kg N eşdeğeri) içindir.
- “Karasal ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (50,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (122 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (194 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (234 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,529 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,872 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (1,88 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (2,99 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,705 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (1,2 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (2,38 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (3,99 kg 1,4-DCB eşdeğeri) içindir.
- “İnsan için kanserojen kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,414 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,596 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (1,44 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (2,36 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnsan için kanserojen olmayan kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (13,2 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (27,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (68 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (80 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Arazi kullanımı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (4,48 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 3 (5,01 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 1 (25,8 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 2 (35,2 m² alan mahsul eşdeğeri) içindir.
- “Maden kaynağı kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 2 (0,0883 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 1 (0,48 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 3 (1,72 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 4 (2,3 kg Cu eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.

- “Fosil kaynak kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (6,08 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 2 (10,9 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 4 (20,6 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 3 (30,5 kg yağ eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Su tüketimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,281 m³ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,887 m³ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,921 m³ eşdeğeri), Senaryo 4 (0,61 m³ eşdeğeri) içindir.

Sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.21):

- “İnsan sağlığı” sınıf uç noktası için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,6884 Pt), Senaryo 2 (1,8119 Pt), Senaryo 4 (4,7735 Pt), Senaryo 3 (11,6248 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Ekosistemler” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0814 Pt), Senaryo 2 (0,1202 Pt), Senaryo 3 (0,1433 Pt), Senaryo 4 (0,0959 Pt) için gerçekleşmiştir.
- “Kaynaklar” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,016 Pt), Senaryo 2 (0,0262 Pt), Senaryo 3 (0,0652 Pt), Senaryo 4 (0,0523 Pt) içindir.

“Tek puan (single score)” şeklinde belirtilen toplam etki değerleri sonuçlarına göre (Çizelge 4.21), en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,7858 Pt), Senaryo 2 (1,9583 Pt), Senaryo 4 (4,9218 Pt), Senaryo 3 (11,8333 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir. Bu doğrultuda; döşemedeki dış kaplama katmanlarını ve yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan tüm montaj senaryolarında, Senaryo 1’deki iç kaplama malzemeleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.19. Döşemedeki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
1	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	1,732 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				0,57
	Ahşap Tahta / Kereste Kaplama ² (Kesit ölçüsü: 12 x 4 cm)	Sawnwood, board, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, board, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,040 m ³ /m ²	-	0,040	0,170	0,235		
	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Levha ⁴	Polyurethane, rigid foam {RER} production Conseq, U	kg	0,733 kg/m ²	25 kg/m ³	0,0293*	0,022	1,332		
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187		
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				

Çizelge 4.19. (devam) Döşemedeki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
1	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Toz Boya Kaplama ⁸ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Toplam (İç katmanlar)					0,089	-	1,754	0,57
2	Ahşap Kontrplak Levha ¹⁰ 2 kat (4 cm + 27 cm) olarak uygulanmıştır.	Plywood {RER} plywood production Conseq, U	m ³	0,031 m ³ /m ²	620 kg/m ³	0,031	0,130	0,235	
	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Levha ⁴	Polyurethane, rigid foam {RER} production Conseq, U	kg	0,733 kg/m ²	25 kg/m ³	0,0293*	0,022	1,332	

Çizelge 4.19. (devam) Döşemedeki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
2	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187	0,57	
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toz Boya Kaplama ⁸ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)						0,080	-		1,754

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
3	Doğal Taş (Granit) Kaplama, Cilalı ¹¹	Natural stone plate, polished {CH} production Conseq, U	kg	82,500 kg/m ²	2750 kg/m ³	0,030	2,850	0,102	0,57
	Akrilik Dispersiyon Esaslı Yapıştırıcı ¹²	Acrylic dispersion, without water, in 65% solution state {RER} acrylic dispersion production, product in 65% solution state Conseq, U	kg	5,100 kg/m ²	1,60 kg/l	0,003	(Belirlenmemiş performans) Çimentolu yonga levha üzerine doğal taş (granit) kaplayabilmek amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Çimentolu Yonga Levha ¹³ 2 kat (0,8 cm + 1,4 cm) olarak uygulanmıştır.	Particleboard, cement bonded {RER} particleboard production, cement bonded Conseq, U	m ³	0,022 m ³ /m ²	1350 kg/m ³	0,022	0,160	0,133	
	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Levha ⁴	Polyurethane, rigid foam {RER} production Conseq, U	kg	0,733 kg/m ²	25 kg/m ³	0,0293*	0,022	1,332	
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187	

Çizelge 4.19. (devam) Döşemedeki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

Çizelge 4.19. (devam) Döşemedeki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
3	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				0,57
	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toz Boya Kaplama ⁸ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)					0,104	-	1,754		
4	Seramik Karo Kaplama ¹⁴	Ceramic tile {CH} production Conseq, U	kg	21,600 kg/m ²	2700 kg/m ³	0,008	1,600	0,005	0,57	

Çizelge 4.19. (devam) Döşemedeki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
4	Akrilik Dispersiyon Esaslı Yapıştırıcı ¹²	Acrylic dispersion, without water, in 65% solution state {RER} acrylic dispersion production, product in 65% solution state Conseq, U	kg	5,100 kg/m ²	1,60 kg/l	0,003	(Belirlenmemiş performans) Çimentolu yonga levha üzerine seramik karo kaplayabilmek amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Çimentolu Yonga Levha ¹³ 2 kat (1,8 cm + 2 cm) olarak uygulanmıştır.	Particleboard, cement bonded {RER} particleboard production, cement bonded Conseq, U	m ³	0,038 m ³ /m ²	1350 kg/m ³	0,038	0,160	0,230	0,57	
	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Levha ⁴	Polyurethane, rigid foam {RER} production Conseq, U	kg	0,733 kg/m ²	25 kg/m ³	0,0293*	0,022	1,332		
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187		

Çizelge 4.19. (devam) Döşemedeki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
4	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Toz Boya Kaplama ⁸ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Toplam (İç katmanlar)					0,098	-	1,754	
						0,57			

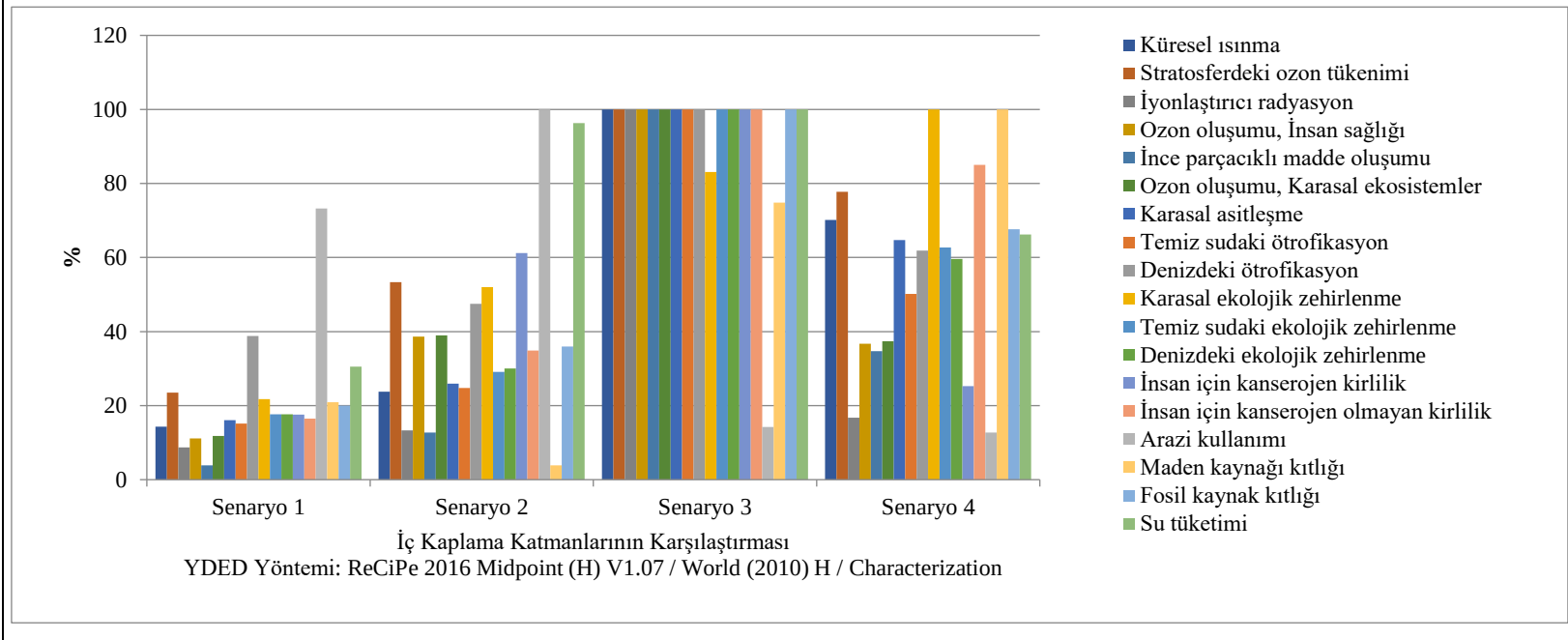
Çizelge 4.19. (devam) Döşemedeki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m^2 Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)
Kaynaklar	¹ (Url-56) ² Malzeme kalınlık bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Sümer, 2019) ³ (Ecoinvent 3.8) ⁴ Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Arslan ve Aktaş, 2018), malzeme kalınlık bilgisi (Url-68) ⁵ (Url-62) ⁶ Malzeme kalınlık bilgisi (Elrayies, 2017), λ bilgisi (Url-69) ⁷ (Singamas, 2011; Giriunas, 2012: 149-164; Ling vd., 2019) ⁸ (Url-60) ⁹ (Ecoinvent 3.8)			¹⁰ Yoğunluk ve malzeme kalınlık bilgisi (Url-53), λ bilgisi (Sümer, 2019) ¹¹ Yoğunluk ve malzeme kalınlık bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Kemaneci, 2019: 15) ¹² (Url-55) ¹³ (Url-51) ¹⁴ Yoğunluk ve λ bilgisi (Kemaneci, 2019: 15), malzeme kalınlık bilgisi (Url-70) *Sağlaması gereken ısı direnç (R) değerine göre olması gereken minimum kalınlık (d) değeridir. Belirtilen bu kalınlıkta malzeme üretimi olmasa da, YDD sonucunu etkileyeceği için bu şekilde kabul edilmiştir.					

Çizelge 4.20. Döşemedeki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryolarının karşılaştırılmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)

Etki Sınıfları	Birim	Senaryo No			
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
Küresel ısınma	kg CO ₂ eşdeğeri	15,2	25,3	107	74,8
	%*	14,29	23,73	100	70,18
Stratosferdeki ozon tükenimi	kg CFC-11 eşdeğeri	9,38E-6**	2,13E-5	3,99E-5	3,1E-5
	%	23,51	53,32	100	77,73
İyonlaştırıcı radyasyon	kBq Co-60 eşdeğeri	0,724	1,1	8,28	1,38
	%	8,74	13,34	100	16,73
Ozon oluşumu, İnsan sağlığı	kg NO _x eşdeğeri	0,0389	0,135	0,349	0,128
	%	11,15	38,60	100	36,69
İnce parçacıklı madde oluşumu	kg PM _{2,5} eşdeğeri	0,0353	0,116	0,906	0,315
	%	3,89	12,76	100	34,72
Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler	kg NO _x eşdeğeri	0,042	0,139	0,357	0,133
	%	11,77	38,99	100	37,34
Karasal asitleşme	kg SO ₂ eşdeğeri	0,0662	0,107	0,412	0,267
	%	16,06	25,96	100	64,75
Temiz sudaki ötrofikasyon	kg P eşdeğeri	0,00884	0,0145	0,0584	0,0293
	%	15,13	24,79	100	50,17
Denizdeki ötrofikasyon	kg N eşdeğeri	0,00186	0,00227	0,00479	0,00296
	%	38,79	47,51	100	61,88
Karasal ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	50,9	122	194	234
	%	21,74	52,03	83,08	100
Temiz sudaki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,529	0,872	2,99	1,88
	%	17,68	29,14	100	62,67
Denizdeki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,705	1,2	3,99	2,38
	%	17,69	30	100	59,64
İnsan için kanserojen kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,414	1,44	2,36	0,596
	%	17,57	61,19	100	25,29
İnsan için kanserojen olmayan kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	13,2	27,9	80	68
	%	16,49	34,91	100	85,06
Arazi kullanımı	m ² alan mahsul eşdeğeri	25,8	35,2	5,01	4,48
	%	73,21	100	14,23	12,74

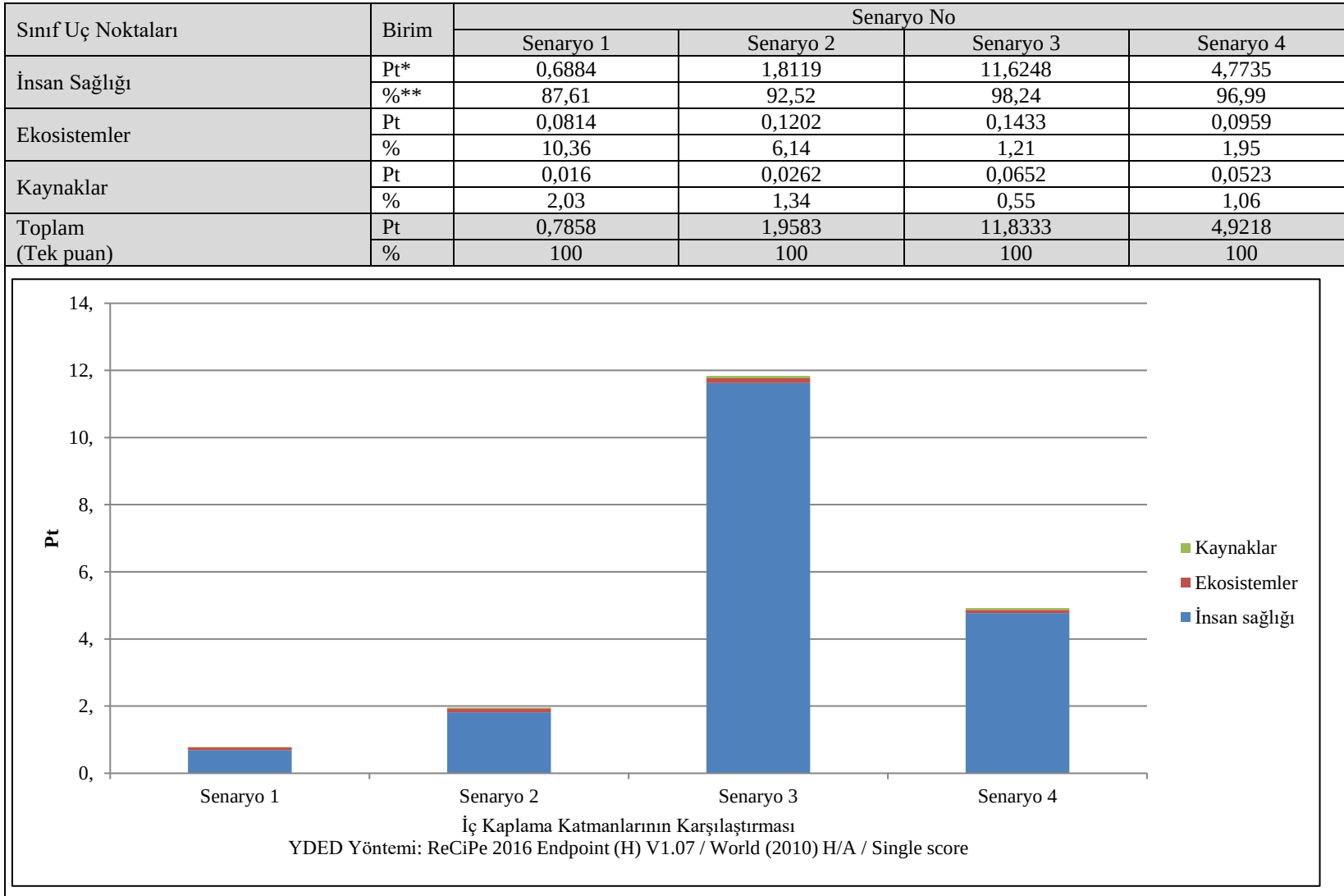
Etki Sınıfları	Birim	Senaryo No			
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
Maden kaynağı kıtlığı	kg Cu eşdeğeri	0,48	0,0883	1,72	2,3
	%	20,90	3,84	74,80	100
Fosil kaynak kıtlığı	kg yağ eşdeğeri	6,08	10,9	30,5	20,6
	%	19,96	35,93	100	67,66
Su tüketimi	m ³ eşdeğeri	0,281	0,887	0,921	0,61
	%	30,56	96,33	100	66,24



*%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

**E (Exponent): Üs ya da kuvvet anlamındadır. Basit hesap makineleri; çok uzun basamaklı sayıları gösteremedikleri ve üs içeren bilimsel gösterimleri yazamadıkları için, bir ifadeyi 10'un üssü ile çarpımı olarak ifade ederken kullanılmaktadır.

Çizelge 4.21. Döşemedeki iç kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)



*Pt (Points): Çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan birimdir.

**%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için Çizelge 4.22’de altı farklı montaj senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryoların karşılaştırmalı YDED sonuçları; etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile Çizelge 4.23’te, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile Çizelge 4.24’te gösterilmektedir. Çizelge 4.24’te, ayrıca; “tek puan (single score)” şeklinde toplam etki değerleri de belirtilmektedir.

Etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.23):

- “Küresel ısınma” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (15,2 kg CO₂ eşdeğeri) ve Senaryo 3 (15,2 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 6 (15,8 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 5 (15,9 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (16,5 kg CO₂ eşdeğeri) ve Senaryo 4 (16,5 kg CO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Stratosferdeki ozon tükenimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (7,96E-6 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 6 (8,38E-6 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 4 (8,8E-6 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 1 (9,38E-6 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 5 (9,8E-6 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 2 (1,02E-5 kg CFC-11 eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “İyonlaştırıcı radyasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,625 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 2 (0,658 kgBq Co-60 eşdeğeri) ve Senaryo 6 (0,658 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 3 (0,691 kgBq Co-60 eşdeğeri) ve Senaryo 5 (0,691 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 1 (0,724 kgBq Co-60 eşdeğeri) içindir.
- “Ozon oluşumu, İnsan sağlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,0389 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,0392 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0412 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 6 (0,0414 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0435 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0437 kg NO_x eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnce parçacıklı madde oluşumu” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (0,035 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 1 (0,0353 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 6 (0,0411 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0414 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0472 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0475 kg PM_{2,5} eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,042 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0467 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3

(0,0423 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0469 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0443 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 6 (0,0446 kg NO_x eşdeğeri) içindir.

- “Karasal asitleşme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,0662 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,0687 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0837 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 6 (0,0862 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,101 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 4 (0,104 kg SO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (0,00821 kg P eşdeğeri), Senaryo 1 (0,00884 kg P eşdeğeri), Senaryo 6 (0,00961 kg P eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0102 kg P eşdeğeri), Senaryo 4 (0,011 kg P eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0116 kg P eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,00186 kg N eşdeğeri), Senaryo 5 (0,00204 kg N eşdeğeri), Senaryo 3 (0,00205 kg N eşdeğeri), Senaryo 2 (0,00222 kg N eşdeğeri), Senaryo 6 (0,00223 kg N eşdeğeri), Senaryo 4 (0,00241 kg N eşdeğeri) içindir.
- “Karasal ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 3 (50,5 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (50,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (55,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (55,5 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (59,8 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (60,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (0,526 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,529 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (0,603 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (0,606 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,679 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,682 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (0,702 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,705 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (0,807 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (0,81 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,911 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,915 kg 1,4-DCB eşdeğeri) içindir.
- “İnsan için kanserojen kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 4 (0,293 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,308 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (0,346 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (0,361 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (0,399 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,414 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnsan için kanserojen olmayan kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (13,2 kg 1,4-DCB eşdeğeri) ve Senaryo 3 (13,2 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo

5 (15,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 6 (16 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (18,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri) ve Senaryo 4 (18,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.

- “Arazi kullanımı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (25,8 m² alan mahsul eşdeğeri) ve Senaryo 3 (25,8 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 5 (26 m² alan mahsul eşdeğeri) ve Senaryo 6 (26 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 2 (26,1 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 4 (26,2 m² alan mahsul eşdeğeri) içindir.
- “Maden kaynağı kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,48 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 3 (0,517 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 5 (0,688 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 6 (0,725 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 2 (0,896 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 4 (0,933 kg Cu eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Fosil kaynak kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (6,08 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 3 (6,11 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 5 (6,18 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 6 (6,21 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 2 (6,29 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 4 (6,31 kg yağ eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Su tüketimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,281 m³ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,284 m³ eşdeğeri), Senaryo 5 (0,336 m³ eşdeğeri), Senaryo 6 (0,339 m³ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,391 m³ eşdeğeri), Senaryo 4 (0,394 m³ eşdeğeri) içindir.

Sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.24):

- “İnsan sağlığı” sınıf uç noktası için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 3 (0,6842 Pt), Senaryo 1 (0,6884 Pt), Senaryo 6 (0,7668 Pt), Senaryo 5 (0,771 Pt), Senaryo 4 (0,8493 Pt), Senaryo 2 (0,8536 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Ekosistemler” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0814 Pt), Senaryo 3 (0,0815 Pt), Senaryo 5 (0,0838 Pt), Senaryo 6 (0,084 Pt), Senaryo 2 (0,0863 Pt), Senaryo 4 (0,0864 Pt) için gerçekleşmiştir.
- “Kaynaklar” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,016 Pt), Senaryo 5 (0,0161 Pt), Senaryo 3 (0,0162 Pt), Senaryo 2 (0,0163 Pt) ve Senaryo 6 (0,0163 Pt), Senaryo 4 (0,0164 Pt) içindir.

“Tek puan (single score)” şeklinde belirtilen toplam etki değerleri sonuçlarına göre (izelge 4.24), en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 3 (0,7819 Pt), Senaryo 1 (0,7858 Pt), Senaryo 6 (0,8671 Pt), Senaryo 5 (0,8709 Pt), Senaryo 4 (0,9522 Pt), Senaryo 2 (0,9561 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir. Bu doğrultuda; döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan tüm montaj senaryolarında, Senaryo 3’teki dış kaplama malzemeleri kullanılmıştır.

Çizelge 4.22. Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
1	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	1,732 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				0,57
	Ahşap Tahta / Kereste Kaplama ² (Kesit ölçüsü: 12 x 4 cm)	Sawnwood, board, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, board, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,040 m ³ /m ²	-	0,040	0,170	0,235		
	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Levha ⁴	Polyurethane, rigid foam {RER} production Conseq, U	kg	0,733 kg/m ²	25 kg/m ³	0,0293*	0,022	1,332		
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187		
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				

Çizelge 4.22. (devam) Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
1	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		0,57
	Toz Boya Kaplama ⁸ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Toplam (İç katmanlar)					0,089	-	1,754	
2	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	1,732 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,57
	Ahşap Tahta / Kereste Kaplama ² (Kesit ölçüsü: 12 x 4 cm)	Sawnwood, board, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, board, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,040 m ³ /m ²	-	0,040	0,170	0,235	

Çizelge 4.22. (devam) Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
2	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Levha ⁴	Polyurethane, rigid foam {RER} production Conseq, U	kg	0,733 kg/m ²	25 kg/m ³	0,0293*	0,022	1,332	0,57
	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	0,866 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187	
	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	0,866 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
Toz Boya Kaplama ⁸ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				

Çizelge 4.22. (devam) Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
2	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		0,57
	Toplam (İç katmanlar)					0,089	-	1,754	
3	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	1,732 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,57
	Ahşap Tahta / Kereste Kaplama ² (Kesit ölçüsü: 12 x 4 cm)	Sawnwood, board, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, board, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,040 m ³ /m ²	-	0,040	0,170	0,235	
	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Levha ⁴	Polyurethane, rigid foam {RER} production Conseq, U	kg	0,733 kg/m ²	25 kg/m ³	0,0293*	0,022	1,332	

Çizelge 4.22. (devam) Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
3	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				0,57
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187		
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ¹⁰ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)						0,089	-	1,754	

Çizelge 4.22. (devam) Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
4	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	1,732 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				0,57
	Ahşap Tahta / Kereste Kaplama ² (Kesit ölçüsü: 12 x 4 cm)	Sawnwood, board, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, board, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,040 m ³ /m ²	-	0,040	0,170	0,235		
	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Levha ⁴	Polyurethane, rigid foam {RER} production Conseq, U	kg	0,733 kg/m ²	25 kg/m ³	0,0293*	0,022	1,332		
	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	0,866 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187		
	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	0,866 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				

Çizelge 4.22. (devam) Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
4	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		0,57
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ¹⁰ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Toplam (İç katmanlar)					0,089	-	1,754	
5	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	1,732 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,57
	Ahşap Tahta / Kereste Kaplama ² (Kesit ölçüsü: 12 x 4 cm)	Sawnwood, board, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, board, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,040 m ³ /m ²	-	0,040	0,170	0,235	

Çizelge 4.22. (devam) Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
5	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Levha ⁴	Polyurethane, rigid foam {RER} production Conseq, U	kg	0,733 kg/m ²	25 kg/m ³	0,0293*	0,022	1,332	0,57
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187	
	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	0,866 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
Toz Boya Kaplama ⁸ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Coating powder {RER} production Conseq, U	kg	0,125 kg/m ²	1,35 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				

Çizelge 4.22. (devam) Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
5	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		0,57
	Toplam (İç katmanlar)					0,089	-	1,754	
6	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	1,732 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,57
	Ahşap Tahta / Kereste Kaplama ² (Kesit ölçüsü: 12 x 4 cm)	Sawnwood, board, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, board, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,040 m ³ /m ²	-	0,040	0,170	0,235	
	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Levha ⁴	Polyurethane, rigid foam {RER} production Conseq, U	kg	0,733 kg/m ²	25 kg/m ³	0,0293*	0,022	1,332	

Çizelge 4.22. (devam) Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
6	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				0,57
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187		
	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	0,866 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ¹⁰ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
Toplam (İç katmanlar)						0,089	-	1,754		

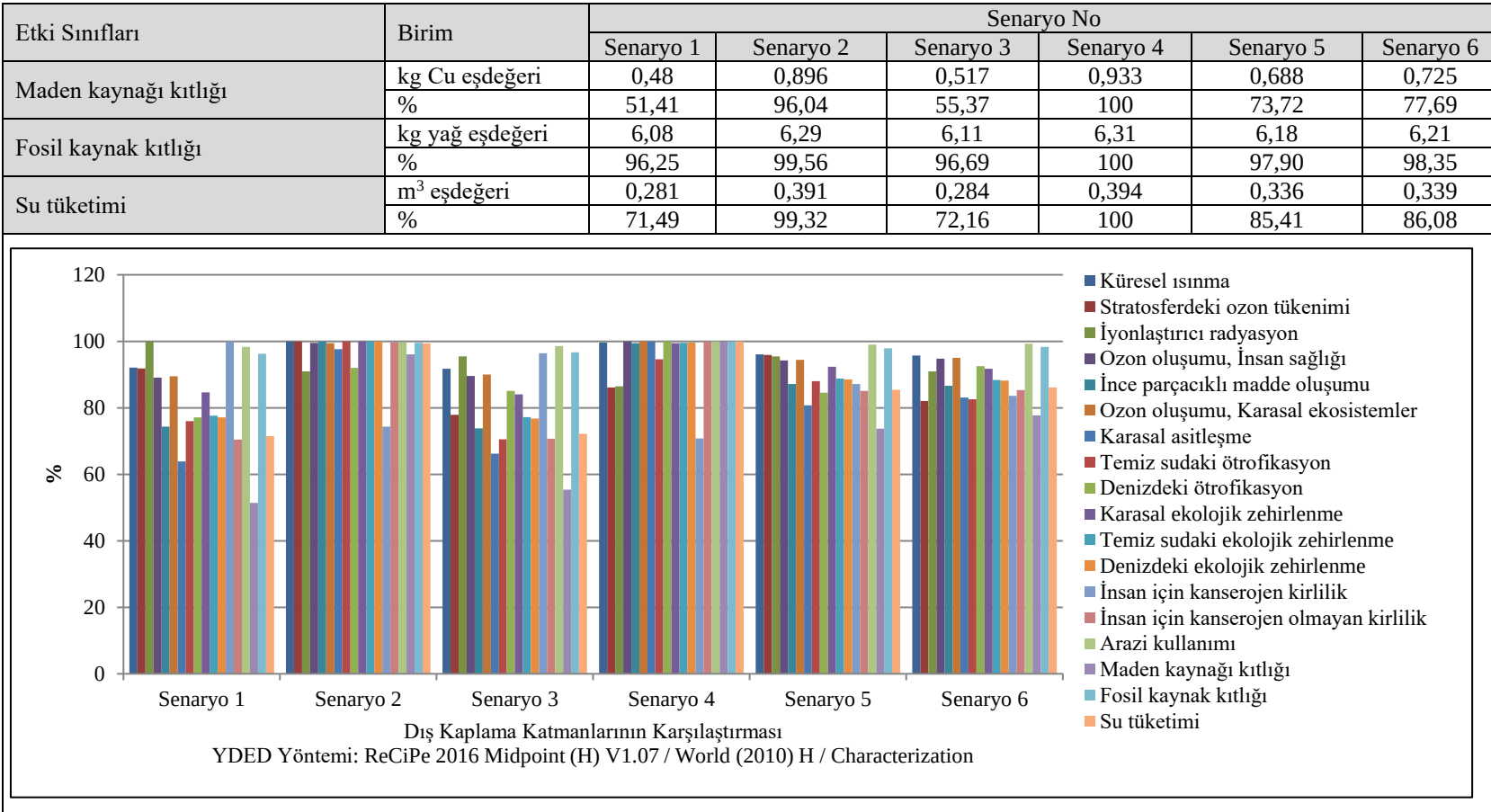
Çizelge 4.22. (devam) Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m^2 Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m^2K/W)	U (W/m^2K)
Kaynaklar	¹ (Url-56) ² Malzeme kalınlık bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Sümer, 2019) ³ (Ecoinvent 3.8) ⁴ Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Arslan ve Aktaş, 2018), malzeme kalınlık bilgisi (Url-68) ⁵ (Url-62) ⁶ Malzeme kalınlık bilgisi (Elrayies, 2017), λ bilgisi (Url-69)			⁷ (Singamas, 2011; Giriunas, 2012: 149-164; Ling vd., 2019) ⁸ (Url-60) ⁹ (Ecoinvent 3.8) ¹⁰ (Url-61) *Sağlaması gereken ısı direnç (R) değerine göre olması gereken minimum kalınlık (d) değeridir. Belirtilen bu kalınlıkta malzeme üretimi olmasa da, YDD sonucunu etkileyeceği için bu şekilde kabul edilmiştir.					

Çizelge 4.23. Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryolarının karşılaştırılmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)

Etki Sınıfları	Birim	Senaryo No					
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5	Senaryo 6
Küresel ısınma	kg CO ₂ eşdeğeri	15,2	16,5	15,2	16,5	15,9	15,8
	%*	91,91	100	91,91	100	96,04	95,69
Stratosferdeki ozon tüketimi	kg CFC-11 eşdeğeri	9,38E-6**	1,02E-5	7,96E-6	8,8E-6	9,8E-6	8,38E-6
	%	91,83	100	77,92	86,10	95,91	82,01
İyonlaştırıcı radyasyon	kBq Co-60 eşdeğeri	0,724	0,658	0,691	0,625	0,691	0,658
	%	100	90,95	95,47	86,42	95,47	90,95
Ozon oluşumu, İnsan sağlığı	kg NO _x eşdeğeri	0,0389	0,0435	0,0392	0,0437	0,0412	0,0414
	%	89,04	99,49	89,55	100	94,27	94,77
İnce parçacıklı madde oluşumu	kg PM _{2,5} eşdeğeri	0,0353	0,0475	0,035	0,0472	0,0414	0,0411
	%	74,36	100	73,82	99,47	87,18	86,65
Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler	kg NO _x eşdeğeri	0,042	0,0467	0,0423	0,0469	0,0443	0,0446
	%	89,46	99,43	90,03	100	94,45	95,01
Karasal asitleşme	kg SO ₂ eşdeğeri	0,0662	0,101	0,0687	0,104	0,0837	0,0862
	%	63,84	97,63	66,21	100	80,73	83,11
Temiz sudaki ötrofikasyon	kg P eşdeğeri	0,00884	0,0116	0,00821	0,011	0,0102	0,00961
	%	75,97	100	70,56	94,59	87,99	82,58
Denizdeki ötrofikasyon	kg N eşdeğeri	0,00186	0,00222	0,00205	0,00241	0,00204	0,00223
	%	77,12	92,04	85,09	100	84,58	92,54
Karasal ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	50,9	60,1	50,5	59,8	55,5	55,1
	%	84,60	100	84,01	99,41	92,30	91,71
Temiz sudaki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,529	0,682	0,526	0,679	0,606	0,603
	%	77,65	100	77,21	99,56	88,83	88,38
Denizdeki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,705	0,915	0,702	0,911	0,81	0,807
	%	77,12	100	76,77	99,65	88,56	88,21
İnsan için kanserojen kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,414	0,308	0,399	0,293	0,361	0,346
	%	100	74,36	96,43	70,79	87,18	83,61
İnsan için kanserojen olmayan kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	13,2	18,7	13,2	18,7	15,9	16
	%	70,58	100	70,58	100	85,05	85,36
Arazi kullanımı	m ² alan mahsul eşdeğeri	25,8	26,1	25,8	26,2	26	26
	%	98,47	99,72	98,47	100	99,17	99,17

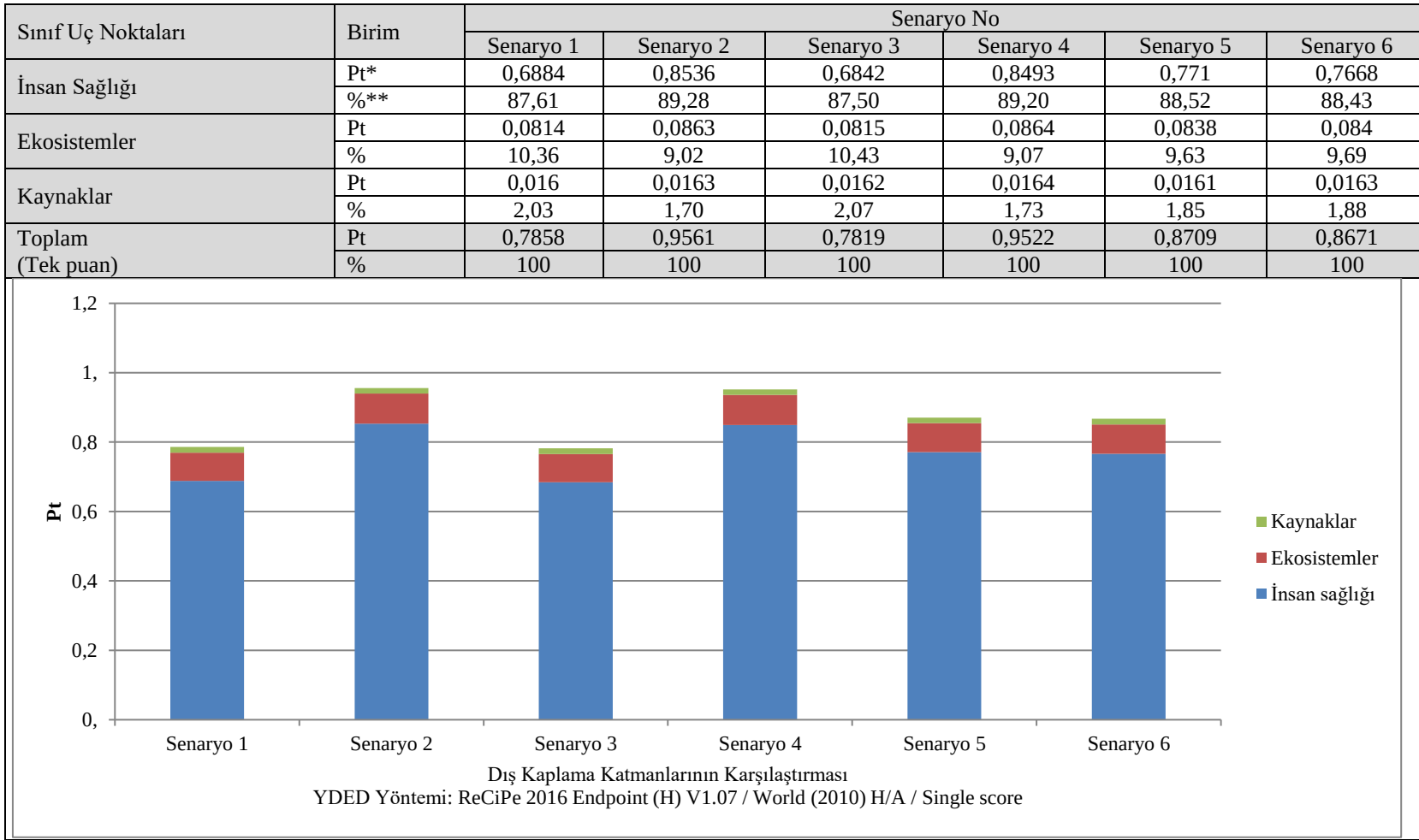
Çizelge 4.23. (devam) Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)



*%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

**E (Exponent): Üs ya da kuvvet anlamındadır. Basit hesap makineleri; çok uzun basamaklı sayıları gösteremedikleri ve üs içeren bilimsel gösterimleri yazamadıkları için, bir ifadeyi 10'un üssü ile çarpımı olarak ifade ederken kullanılmaktadır.

Çizelge 4.24. Döşemedeki dış kaplama katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)



*Pt (Points): Çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan birimdir.

**%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için Çizelge 4.25'te beş farklı montaj senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryoların karşılaştırmalı YDED sonuçları; etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile Çizelge 4.26'da, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile Çizelge 4.27'de gösterilmektedir. Çizelge 4.27'de, ayrıca; “tek puan (single score)” şeklinde toplam etki değerleri de belirtilmektedir.

Etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.26):

- “Küresel ısınma” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (15,2 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 5 (15,7 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 4 (17,2 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (19,9 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (50,6 kg CO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Stratosferdeki ozon tükenimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 3 (5,19E-6 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 5 (5,25E-6 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 4 (5,38E-6 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 1 (7,96E-6 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 2 (8,21E-5 kg CFC-11 eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “İyonlaştırıcı radyasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 5 (0,55 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 4 (0,597 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 3 (0,649 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 2 (0,653 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 1 (0,691 kgBq Co-60 eşdeğeri) içindir.
- “Ozon oluşumu, İnsan sağlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,0392 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0406 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0414 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0448 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,0497 kg NO_x eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnce parçacıklı madde oluşumu” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,035 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0355 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 3 (0,0364 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 5 (0,039 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0409 kg PM_{2,5} eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0423 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0439 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4

(0,0445 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0482 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (0,0552 kg NO_x eşdeğeri) içindir.

- “Karasal asitleşme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,0687 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0689 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0754 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 5 (0,0766 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,078 kg SO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,00778 kg P eşdeğeri), Senaryo 5 (0,00818 kg P eşdeğeri), Senaryo 1 (0,00821 kg P eşdeğeri), Senaryo 2 (0,00826 kg P eşdeğeri), Senaryo 3 (0,00904 kg P eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,00099 kg N eşdeğeri), Senaryo 5 (0,00102 kg N eşdeğeri), Senaryo 2 (0,00103 kg N eşdeğeri), Senaryo 3 (0,00107 kg N eşdeğeri), Senaryo 1 (0,00205 kg N eşdeğeri) içindir.
- “Karasal ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 4 (39 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (39,8 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (43,8 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (45,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (50,5 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,447 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (0,487 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,488 kg 1,4-DCB eşdeğeri) ve Senaryo 3 (0,488 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,526 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,603 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (0,657 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,658 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (0,659 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,702 kg 1,4-DCB eşdeğeri) içindir.
- “İnsan için kanserojen kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 5 (0,194 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (0,2 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (0,27 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (0,302 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (0,399 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnsan için kanserojen olmayan kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (11,8 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (12,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 5 (12,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (13,2 kg 1,4-DCB eşdeğeri) ve Senaryo 3 (13,2 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.

- “Arazi kullanımı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 2 (25,7 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 1 (25,8 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 4 (25,9 m² alan mahsul eşdeğeri) ve Senaryo 4 (25,9 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 3 (26,1 m² alan mahsul eşdeğeri) içindir.
- “Maden kaynağı kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 3 (0,516 kg Cu eşdeğeri) ve Senaryo 4 (0,516 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 1 (0,517 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 2 (0,518 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 5 (0,523 kg Cu eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Fosil kaynak kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 5 (5,96 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 1 (6,11 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 4 (7,17 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 2 (8,01 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 3 (8,45 kg yağ eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Su tüketimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 5 (0,232 m³ eşdeğeri), Senaryo 4 (0,275 m³ eşdeğeri), Senaryo 1 (0,284 m³ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,323 m³ eşdeğeri), Senaryo 3 (0,354 m³ eşdeğeri) içindir.

Sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.27):

- “İnsan sağlığı” sınıf uç noktası için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,6842 Pt), Senaryo 4 (0,7043 Pt), Senaryo 5 (0,719 Pt), Senaryo 3 (0,7683 Pt), Senaryo 2 (1,2876 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Ekosistemler” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0815 Pt), Senaryo 5 (0,0823 Pt), Senaryo 4 (0,0832 Pt), Senaryo 3 (0,0869 Pt), Senaryo 2 (0,1089 Pt) için gerçekleşmiştir.
- “Kaynaklar” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 5 (0,015 Pt), Senaryo 1 (0,0162 Pt), Senaryo 4 (0,0194 Pt), Senaryo 2 (0,0216 Pt), Senaryo 3 (0,0227 Pt) içindir.

“Tek puan (single score)” şeklinde belirtilen toplam etki değerleri sonuçlarına göre (Çizelge 4.27), en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,7819 Pt), Senaryo 4 (0,807 Pt), Senaryo 5 (0,8163 Pt), Senaryo 3 (0,878 Pt), Senaryo 2 (1,4181 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.

Çizelge 4.25. Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
1	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	1,732 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Ahşap Tahta / Kereste Kaplama ² (Kesit ölçüsü: 12 x 4 cm)	Sawnwood, board, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, board, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,040 m ³ /m ²	-	0,040	0,170	0,235	0,57	
	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Levha ⁴	Polyurethane, rigid foam {RER} production Conseq, U	kg	0,733 kg/m ²	25 kg/m ³	0,0293*	0,022	1,332		
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187		
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				

Çizelge 4.25 (devam) Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
1	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		0,57
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁸ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Toplam (İç katmanlar)					0,089	-	1,754	
2	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	1,732 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,57
	Ahşap Tahta / Kereste Kaplama ² (Kesit ölçüsü: 12 x 4 cm)	Sawnwood, board, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, board, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,040 m ³ /m ²	-	0,040	0,170	0,235	

Çizelge 4.25. (devam) Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
2	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo ¹⁰	Ethylvinylacetate, foil {RER} production Conseq, U	kg	0,282 kg/m ²	0,94 g/cm ³	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Ekstrüde Polistiren Sert Köpük (XPS) Yalıtım, (HFC-134a şişirilmiş) ¹¹	Polystyrene, extruded {RER} polystyrene production, extruded, HFC-134a blown Conseq, U	kg	1,398 kg/m ²	30 kg/m ³	0,0466*	0,035	1,332	0,57
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187	
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			

Çizelge 4.25. (devam) Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
2	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		0,57
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁸ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Toplam (İç katmanlar)					0,107	-	1,754	
3	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	1,732 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,57
	Ahşap Tahta / Kereste Kaplama ² (Kesit ölçüsü: 12 x 4 cm)	Sawnwood, board, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, board, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,040 m ³ /m ²	-	0,040	0,170	0,235	

Çizelge 4.25. (devam) Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
3	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		0,57
	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo ¹⁰	Ethylvinylacetate, foil {RER} production Conseq, U	kg	0,282 kg/m ²	0,94 g/cm ³	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Expande Polistiren Sert Köpük (EPS) Yalıtım ¹²	Polystyrene foam slab {RER} production Conseq, U	kg	1,599 kg/m ²	30 kg/m ³	0,0533*	0,040	1,332	
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187	
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			

Çizelge 4.25. (devam) Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
3	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		0,57
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁸ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Toplam (İç katmanlar)					0,114	-	1,754	
4	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	1,732 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,57
	Ahşap Tahta / Kereste Kaplama ² (Kesit ölçüsü: 12 x 4 cm)	Sawnwood, board, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, board, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,040 m ³ /m ²	-	0,040	0,170	0,235	

Çizelge 4.25. (devam) Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
4	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo ¹⁰	Ethylvinylacetate, foil {RER} production Conseq, U	kg	0,282 kg/m ²	0,94 g/cm ³	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Expand Polistiren Sert Köpük (EPS) Yalıtım, (Grafitli, %6 Geri Dönüştürülmüş) ¹³	Polystyrene foam slab with graphite, 6% recycled {CH} processing Conseq, U	kg	1,065 kg/m ²	25 kg/m ³	0,0426*	0,032	1,332	0,57
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187	
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			

Çizelge 4.25. (devam) Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
4	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		0,57
	Alkid Reçine Esashlı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁸ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Toplam (İç katmanlar)					0,103	-	1,754	
5	Akrilik Kopolimer Esashlı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	kg	1,732 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			0,57
	Ahşap Tahta / Kereste Kaplama ² (Kesit ölçüsü: 12 x 4 cm)	Sawnwood, board, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, board, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,040 m ³ /m ²	-	0,040	0,170	0,235	

Çizelge 4.25. (devam) Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
5	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Etil Vinil Asetat (EVA), Folyo ¹⁰	Ethylvinylacetate, foil {RER} production Conseq, U	kg	0,282 kg/m ²	0,94 g/cm ³	0,0003	(Belirlenmemiş performans) Yoğuşma kontrolünü sağlamak amacıyla buhar kesici bariyer olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Taş Yünü Yalıtım, Levha ¹⁴	Stone wool {CH} stone wool production Conseq, U	kg	2,400 kg/m ²	50 kg/m ³	0,048*	0,036	1,332	0,57
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187	
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			

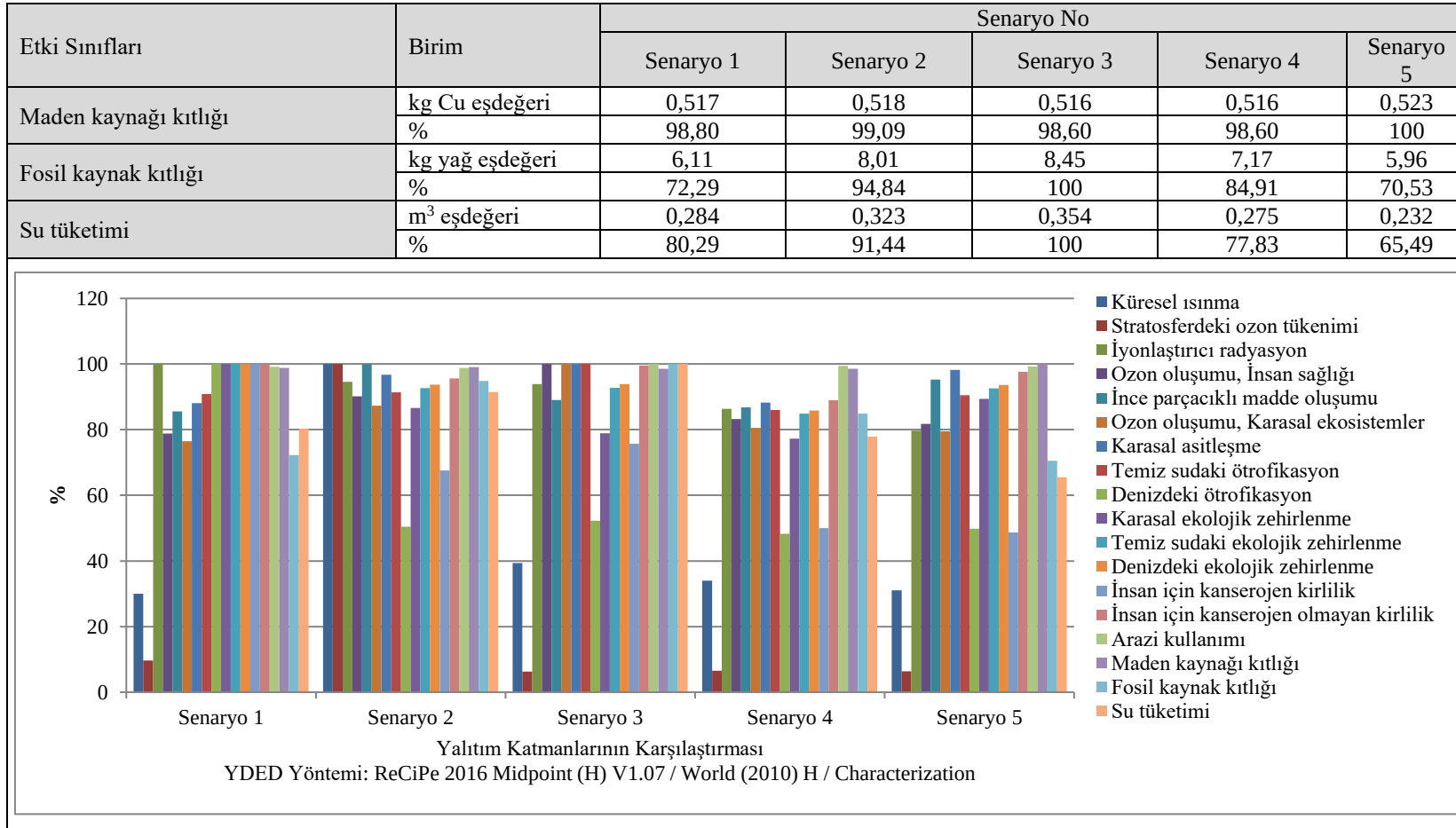
Çizelge 4.25. (devam) Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryoları (iç mekandan dış mekana doğru)

No	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
5	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		0,57
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁸ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Toplam (İç katmanlar)						0,108	-	
Kaynaklar	¹ (Url-56) ² Malzeme kalınlık bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Sümer, 2019) ³ (Ecoinvent 3.8) ⁴ Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Arslan ve Aktaş, 2018), malzeme kalınlık bilgisi (Url-68) ⁵ (Url-62) ⁶ Malzeme kalınlık bilgisi (Elrayies, 2017), λ bilgisi (Url-69) ⁷ (Singamas, 2011; Giriunas, 2012: 149-164; Ling vd., 2019) ⁸ (Url-61)			⁹ (Ecoinvent 3.8) ¹⁰ (Url-57) ¹¹ (Url-58) ¹² Yoğunluk ve λ bilgisi (Ecoinvent 3.8), malzeme kalınlık bilgisi (Url-66) ¹³ Yoğunluk ve λ bilgisi (Ecoinvent 3.8), malzeme kalınlık bilgisi (Url-66) ¹⁴ (Url-59) *Sağlaması gereken ısı direnç (R) değerine göre olması gereken minimum kalınlık (d) değeridir. Belirtilen bu kalınlıkta malzeme üretimi olmasa da, YDD sonucunu etkileyeceği için bu şekilde kabul edilmiştir.					

Çizelge 4.26. Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryolarının karşılaştırılmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)

Etki Sınıfları	Birim	Senaryo No				
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4	Senaryo 5
Küresel ısınma	kg CO ₂ eşdeğeri	15,2	50,6	19,9	17,2	15,7
	%*	29,99	100	39,33	34	31,01
Stratosferdeki ozon tüketimi	kg CFC-11 eşdeğeri	7,96E-6**	8,21E-5	5,19E-6	5,38E-6	5,25E-6
	%	9,69	100	6,32	6,55	6,39
İyonlaştırıcı radyasyon	kBq Co-60 eşdeğeri	0,691	0,653	0,649	0,597	0,55
	%	100	94,60	93,90	86,36	79,69
Ozon oluşumu, İnsan sağlığı	kg NO _x eşdeğeri	0,0392	0,0448	0,0497	0,0414	0,0406
	%	78,80	90,13	100	83,22	81,76
İnce parçacıklı madde oluşumu	kg PM _{2,5} eşdeğeri	0,035	0,0409	0,0364	0,0355	0,039
	%	85,60	100	89,05	86,82	95,26
Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler	kg NO _x eşdeğeri	0,0423	0,0482	0,0552	0,0445	0,0439
	%	76,49	87,33	100	80,56	79,55
Karasal asitleşme	kg SO ₂ eşdeğeri	0,0687	0,0754	0,078	0,0689	0,0766
	%	88,08	96,75	100	88,30	98,22
Temiz sudaki ötrofikasyon	kg P eşdeğeri	0,00821	0,00826	0,00904	0,00778	0,00818
	%	90,82	91,36	100	86,03	90,51
Denizdeki ötrofikasyon	kg N eşdeğeri	0,00205	0,00103	0,00107	0,00099	0,00102
	%	100	50,47	52,26	48,29	49,82
Karasal ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	50,5	43,8	39,8	39	45,1
	%	100	86,66	78,88	77,28	89,36
Temiz sudaki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,526	0,488	0,488	0,447	0,487
	%	100	92,74	92,74	84,84	92,61
Denizdeki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,702	0,658	0,659	0,603	0,657
	%	100	93,67	93,89	85,84	93,62
İnsan için kanserojen kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	0,399	0,27	0,302	0,2	0,194
	%	100	67,54	75,67	49,98	48,67
İnsan için kanserojen olmayan kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	13,2	12,7	13,2	11,8	12,9
	%	100	95,65	100	88,96	97,57
Arazi kullanımı	m ² alan mahsul eşdeğeri	25,8	25,7	26,1	25,9	25,9
	%	99,15	98,79	100	99,35	99,35

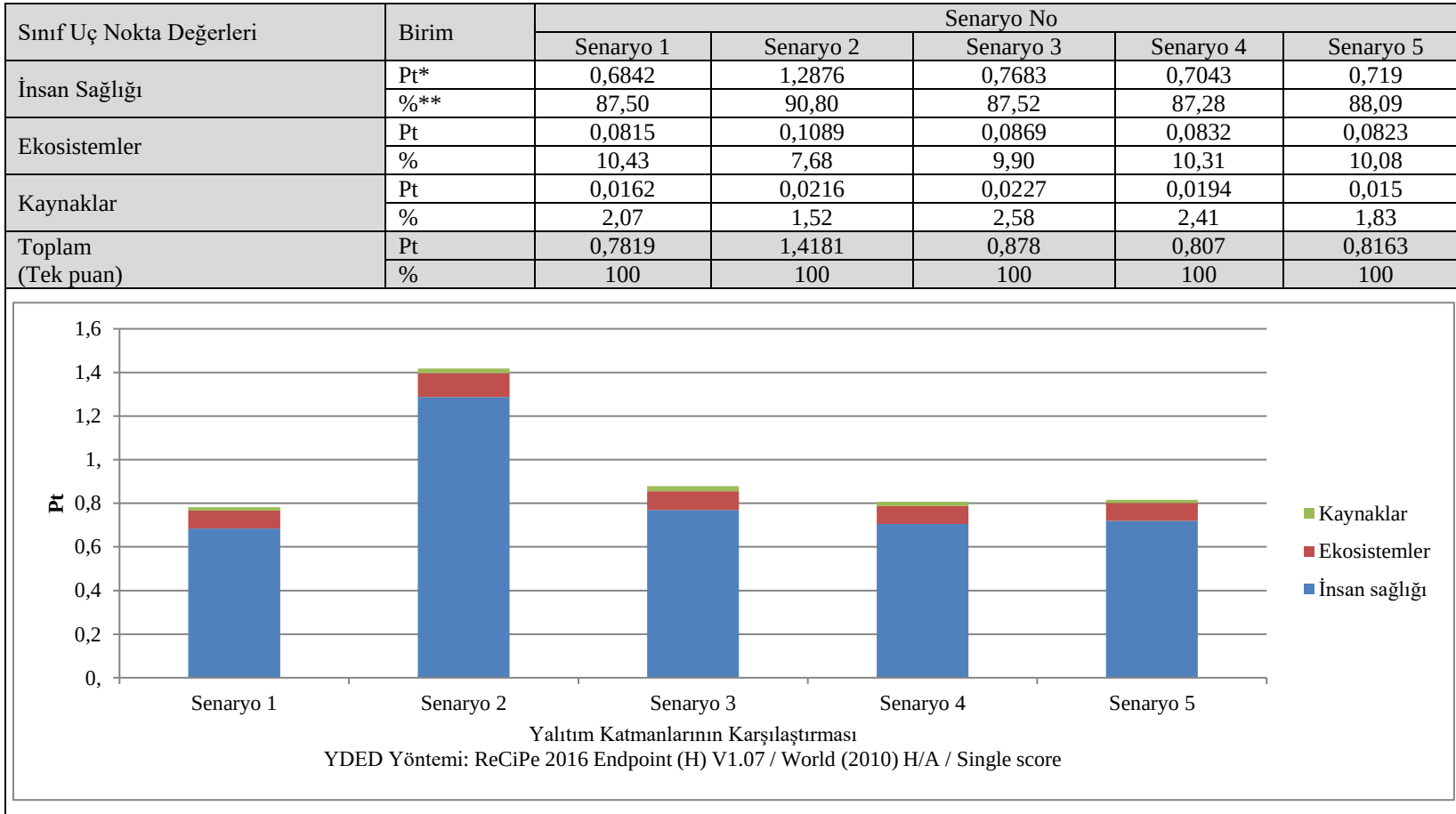
Çizelge 4.26. (devam) Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)



*%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

**E (Exponent): Üs ya da kuvvet anlamındadır. Basit hesap makineleri; çok uzun basamaklı sayıları gösteremedikleri ve üs içeren bilimsel gösterimleri yazamadıkları için, bir ifadeyi 10'un üssü ile çarpımı olarak ifade ederken kullanılmaktadır.

Çizelge 4.27. Döşemedeki yalıtım katmanlarını belirlemek için oluşturulan kavramsal döşeme senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)



*Pt (Points): Çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan birimdir.

**%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

Pencere / balkon kapı senaryolarının hazırlanması ve karşılaştırılması

Pencere / balkon kapı konfigürasyonunu belirlemek için Çizelge 4.28’de dört farklı montaj senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryoların karşılaştırmalı YDED sonuçları; etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile Çizelge 4.29’da, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile Çizelge 4.30’da gösterilmektedir. Çizelge 4.30’da, ayrıca; “tek puan (single score)” şeklinde toplam etki değerleri de belirtilmektedir.

Etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.29):

- “Küresel ısınma” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (195 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 4 (369 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (426 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (1,01E3 kg CO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Stratosferdeki ozon tükenimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (7,99E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 3 (0,000134 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 4 (0,000217 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 2 (0,000279 kg CFC-11 eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “İyonlaştırıcı radyasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 2 (6,06 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 1 (6,34 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 3 (7,5 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 4 (20,5 kgBq Co-60 eşdeğeri) içindir.
- “Ozon oluşumu, İnsan sağlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,56 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,834 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (1,1 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (2,42 kg NO_x eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnce parçacıklı madde oluşumu” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,48 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 4 (0,617 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 3 (1,15 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 2 (1,91 kg PM_{2,5} eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,58 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 4 (0,878 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 3 (1,13 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (2,47 kg NO_x eşdeğeri) içindir.

- “Karasal asitleşme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (1,02 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 4 (1,32 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 3 (1,98 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (4,17 kg SO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,11 kg P eşdeğeri), Senaryo 4 (0,149 kg P eşdeğeri), Senaryo 3 (0,229 kg P eşdeğeri), Senaryo 2 (0,406 kg P eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0131 kg N eşdeğeri), Senaryo 4 (0,0132 kg N eşdeğeri), Senaryo 3 (0,0206 kg N eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0313 kg N eşdeğeri) içindir.
- “Karasal ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (765 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (951 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (1,05E3 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (2,19E3 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (14,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (21,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (23,5 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (45,2 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (19,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (28,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (33,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (59,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri) içindir.
- “İnsan için kanserojen kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (23,5 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (35,4 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (64,3 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (180 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnsan için kanserojen olmayan kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (389 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 3 (640 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (852 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 4 (855 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Arazi kullanımı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,935 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 2 (8,19 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 3 (117 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 1 (124 m² alan mahsul eşdeğeri) içindir.
- “Maden kaynağı kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (6,08 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 3 (8,15 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 4 (9,05 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 2 (11,2 kg Cu eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.

- “Fosil kaynak kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (51,9 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 3 (106 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 4 (130 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 2 (242 kg yağ eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Su tüketimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (2,58 m³ eşdeğeri), Senaryo 4 (2,63 m³ eşdeğeri), Senaryo 3 (4,94 m³ eşdeğeri), Senaryo 2 (7,08 m³ eşdeğeri) içindir.

Sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.30):

- “İnsan sağlığı” sınıf uç noktası için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (10,89 Pt), Senaryo 4 (17,5256 Pt), Senaryo 3 (24,7164 Pt), Senaryo 2 (49,0339 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Ekosistemler” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 4 (0,4432 Pt), Senaryo 1 (0,555 Pt), Senaryo 3 (0,8154 Pt), Senaryo 2 (1,207 Pt) için gerçekleşmiştir.
- “Kaynaklar” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,1016 Pt), Senaryo 3 (0,1798 Pt), Senaryo 4 (0,3015 Pt), Senaryo 2 (0,386 Pt) içindir.

“Tek puan (single score)” şeklinde belirtilen toplam etki değerleri sonuçlarına göre (Çizelge 4.30), en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (11,55 Pt), Senaryo 4 (18,27 Pt), Senaryo 3 (25,71 Pt), Senaryo 2 (50,63 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.

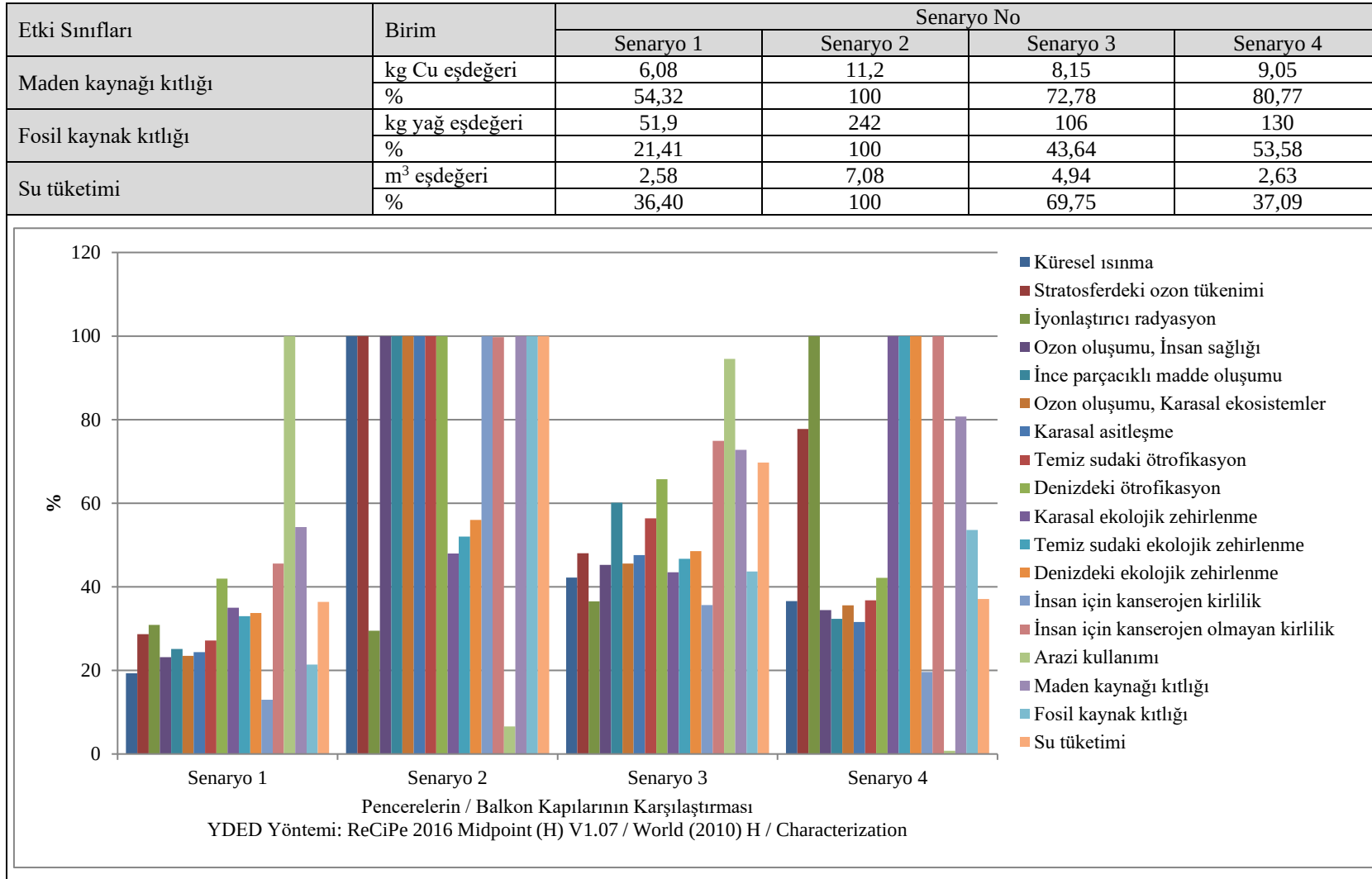
Çizelge 4.28. Pencere / balkon kapı konfigürasyonunu belirlemek için oluşturulan kavramsal pencere / balkon kapı senaryoları

[illegible]

Çizelge 4.29. Pencere / balkon kapı konfigürasyonunu belirlemek için oluşturulan kavramsal pencere / balkon kapı senaryolarının karşılaştırılması YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)

Etki Sınıfları	Birim	Senaryo No			
		Senaryo 1	Senaryo 2	Senaryo 3	Senaryo 4
Küresel ısınma	kg CO ₂ eşdeğeri	195	1,01E3**	426	369
	%*	19,34	100	42,20	36,56
Stratosferdeki ozon tüketimi	kg CFC-11 eşdeğeri	7,99E-5**	0,000279	0,000134	0,000217
	%	28,69	100	48,02	77,79
İyonlaştırıcı radyasyon	kBq Co-60 eşdeğeri	6,34	6,06	7,5	20,5
	%	30,89	29,52	36,53	100
Ozon oluşumu, İnsan sağlığı	kg NO _x eşdeğeri	0,56	2,42	1,1	0,834
	%	23,15	100	45,27	34,44
İnce parçacıklı madde oluşumu	kg PM _{2,5} eşdeğeri	0,48	1,91	1,15	0,617
	%	25,14	100	60,10	32,35
Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler	kg NO _x eşdeğeri	0,58	2,47	1,13	0,878
	%	23,49	100	45,59	35,55
Karasal asitleşme	kg SO ₂ eşdeğeri	1,02	4,17	1,98	1,32
	%	24,39	100	47,57	31,55
Temiz sudaki ötrofikasyon	kg P eşdeğeri	0,11	0,406	0,229	0,149
	%	27,16	100	56,38	36,76
Denizdeki ötrofikasyon	kg N eşdeğeri	0,0131	0,0313	0,0206	0,0132
	%	41,96	100	65,73	42,14
Karasal ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	765	1,05E3	951	2,19E3
	%	34,98	47,98	43,46	100
Temiz sudaki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	14,9	23,5	21,1	45,2
	%	32,96	52,04	46,69	100
Denizdeki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	19,9	33,1	28,7	59,1
	%	33,75	56,02	48,56	100
İnsan için kanserojen kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	23,5	180	64,3	35,4
	%	13	100	35,65	19,62
İnsan için kanserojen olmayan kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	389	852	640	855
	%	45,57	99,70	74,91	100
Arazi kullanımı	m ² alan mahsul eşdeğeri	124	8,19	117	0,935
	%	100	6,60	94,56	0,75

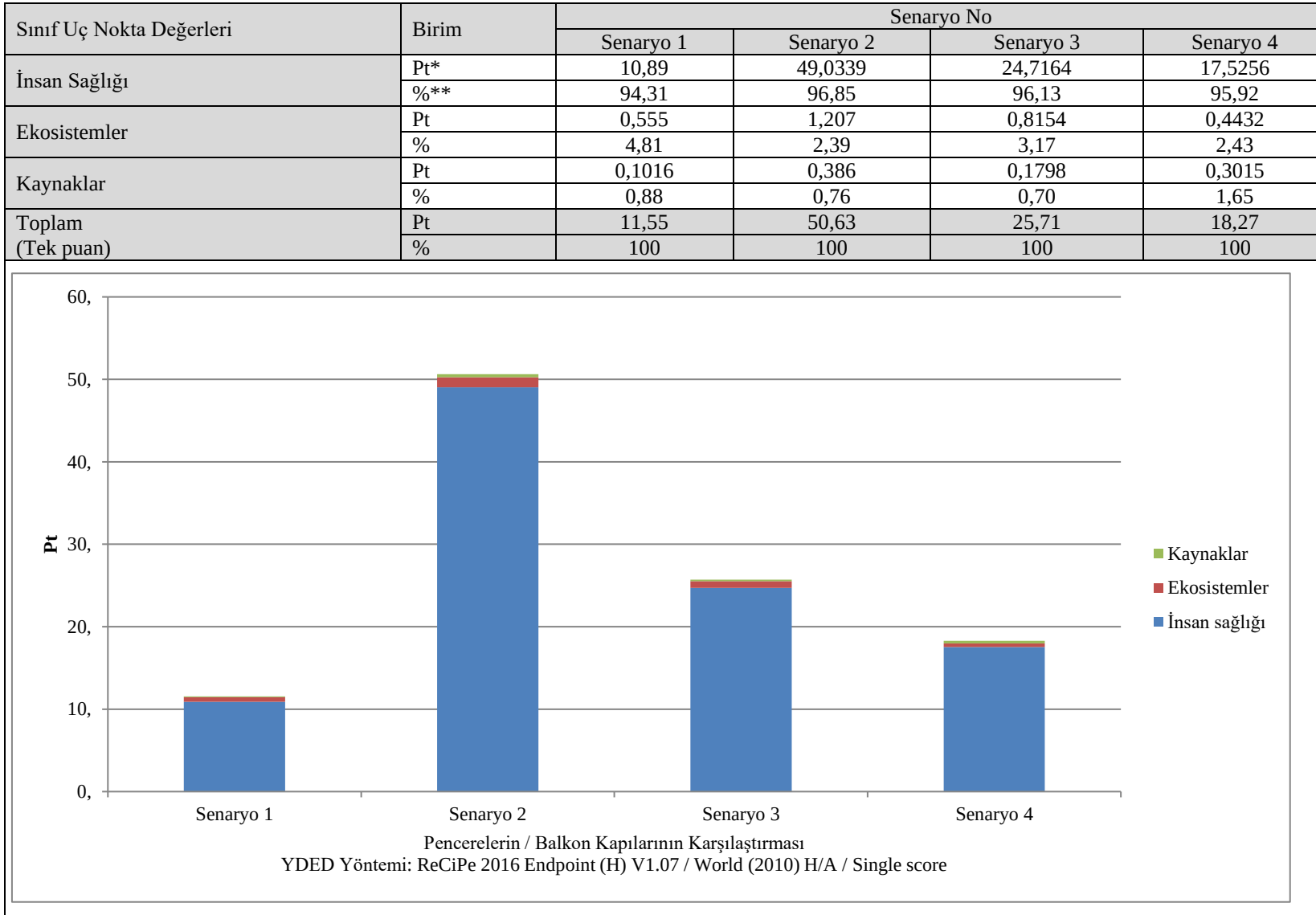
Çizelge 4.29. (devam) Pencere / balkon kapı konfigürasyonunu belirlemek için oluşturulan kavramsal pencere / balkon kapı senaryolarının karşılaştırılması YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)



*%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

**E (Exponent): Üs ya da kuvvet anlamındadır. Basit hesap makineleri; çok uzun basamaklı sayıları gösteremedikleri ve üs içeren bilimsel gösterimleri yazamadıkları için, bir ifadeyi 10'un üssü ile çarpımı olarak ifade ederken kullanılmaktadır.

Çizelge 4.30. Pencere / balkon kapı konfigürasyonunu belirlemek için oluşturulan kavramsal pencere / balkon kapı senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)



*Pt (Points): Çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan birimdir.

**%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

Dış kapı senaryolarının hazırlanması ve karşılaştırılması

Dış kapı konfigürasyonunu belirlemek için Çizelge 4.31’de iki farklı montaj senaryosu oluşturulmuştur. Bu senaryoların karşılaştırmalı YDED sonuçları; etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile Çizelge 4.32’de, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile Çizelge 4.33’te gösterilmektedir. Çizelge 4.33’te, ayrıca; “tek puan (single score)” şeklinde toplam etki değerleri de belirtilmektedir.

Etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.32):

- “Küresel ısınma” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 2 (139 kg CO₂ eşdeğeri), Senaryo 1 (144 kg CO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Stratosferdeki ozon tükenimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 2 (3,78E-5 kg CFC-11 eşdeğeri), Senaryo 1 (3,82E-5 kg CFC-11 eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “İyonlaştırıcı radyasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,163 kgBq Co-60 eşdeğeri), Senaryo 2 (0,413 kgBq Co-60 eşdeğeri) içindir.
- “Ozon oluşumu, İnsan sağlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,348 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,355 kg NO_x eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnce parçacıklı madde oluşumu” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,29 kg PM_{2,5} eşdeğeri), Senaryo 2 (0,301 kg PM_{2,5} eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,364 kg NO_x eşdeğeri), Senaryo 2 (0,371 kg NO_x eşdeğeri) içindir.
- “Karasal asitleşme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (0,667 kg SO₂ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,686 kg SO₂ eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0725 kg P eşdeğeri), Senaryo 2 (0,0755 kg P eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ötrofikasyon” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,00342 kg N eşdeğeri), Senaryo 2 (0,00363 kg N eşdeğeri) içindir.

- “Karasal ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 1 (629 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (708 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Temiz sudaki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (14,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (15 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Denizdeki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (19,8 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (20,2 kg 1,4-DCB eşdeğeri) içindir.
- “İnsan için kanserojen kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 2 (12,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 1 (14,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “İnsan için kanserojen olmayan kirlilik” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (396 kg 1,4-DCB eşdeğeri), Senaryo 2 (400 kg 1,4-DCB eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Arazi kullanımı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 2 (20,4 m² alan mahsul eşdeğeri), Senaryo 1 (28 m² alan mahsul eşdeğeri) içindir.
- “Maden kaynağı kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 2 (3,38 kg Cu eşdeğeri), Senaryo 1 (3,57 kg Cu eşdeğeri) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Fosil kaynak kıtlığı” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 2 (34,9 kg yağ eşdeğeri), Senaryo 1 (35,7 kg yağ eşdeğeri) için gerçekleşmiştir.
- “Su tüketimi” etki sınıfı için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,796 m³ eşdeğeri), Senaryo 2 (0,95 m³ eşdeğeri) içindir.

Sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile elde edilen YDED sonuçları şunlardır (Çizelge 4.33):

- “İnsan sağlığı” sınıf uç noktası için, en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 2 (7,5182 Pt), Senaryo 1 (7,6219 Pt) için gerçekleştiği görülmektedir.
- “Ekosistemler” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 2 (0,228 Pt), Senaryo 1 (0,2472 Pt) için gerçekleşmiştir.
- “Kaynaklar” sınıf uç noktası için, en az çevresel etki sırasıyla; Senaryo 1 (0,0646 Pt), Senaryo 2 (0,0655 Pt) içindir.

“Tek puan (single score)” şeklinde belirtilen toplam etki değerleri sonuçlarına göre (Çizelge 4.33), en az çevresel etkinin sırasıyla; Senaryo 2 (7,8117 Pt), Senaryo 1 (7,9337 Pt) için gerçekleştiği görölmektedir.

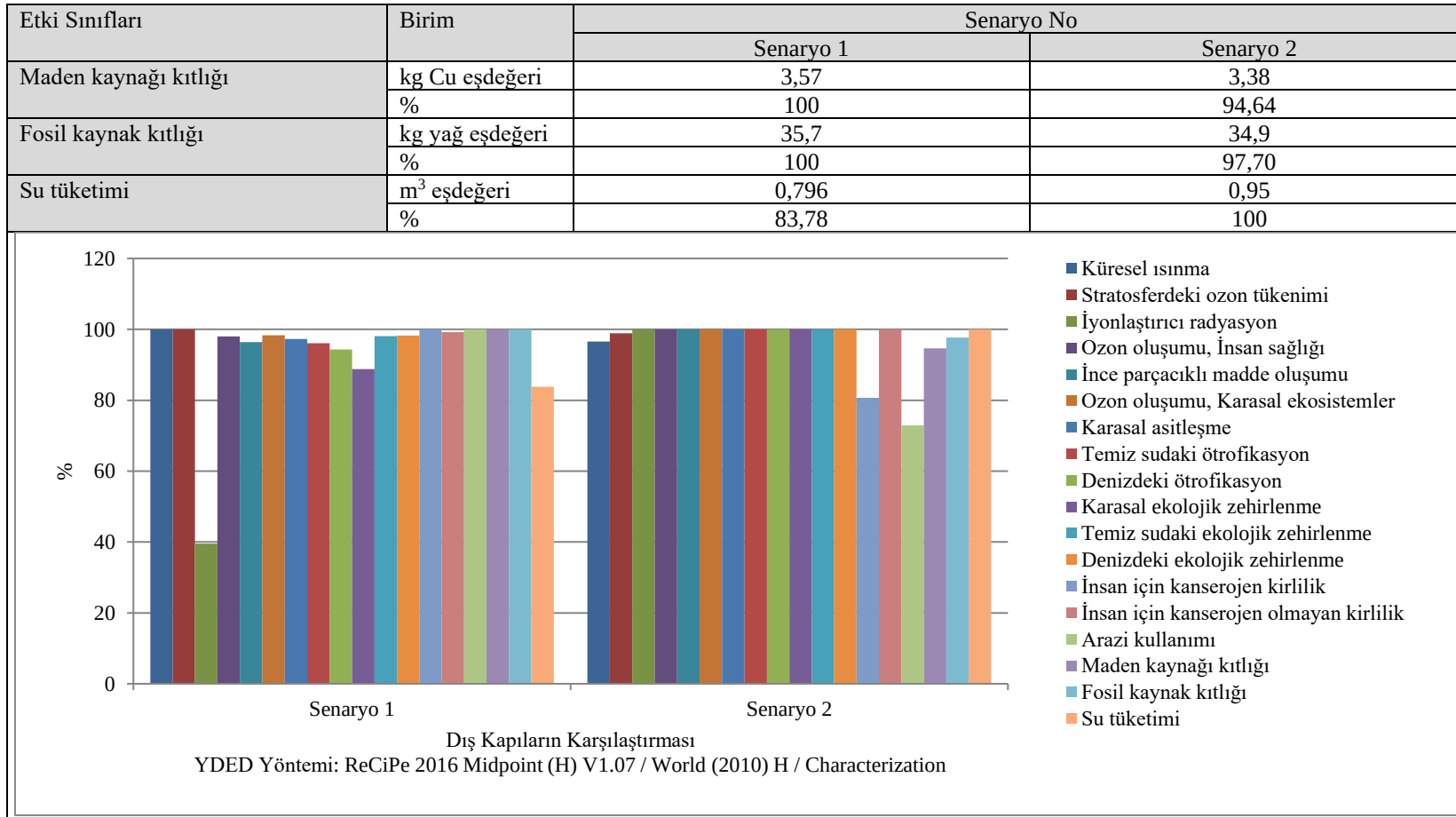
Çizelge 4.31. Dış kapı konfigürasyonunu belirlemek için oluşturulan kavramsal dış kapı senaryoları

[illegible]

Çizelge 4.32. Dış kapı konfigürasyonunu belirlemek için oluşturulan kavramsal dış kapı senaryolarının karşılaştırılması YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)

Etki Sınıfları	Birim	Senaryo No	
		Senaryo 1	Senaryo 2
Küresel ısınma	kg CO ₂ eşdeğeri	144	139
	%*	100	96,57
Stratosferdeki ozon tükenimi	kg CFC-11 eşdeğeri	3,82E-5	3,78E-5
	%	100	98,89
İyonlaştırıcı radyasyon	kBq Co-60 eşdeğeri	0,163	0,413
	%	39,52	100
Ozon oluşumu, İnsan sağlığı	kg NO _x eşdeğeri	0,348	0,355
	%	98,02	100
İnce parçacıklı madde oluşumu	kg PM2,5 eşdeğeri	0,29	0,301
	%	96,38	100
Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler	kg NO _x eşdeğeri	0,364	0,371
	%	98,30	100
Karasal asitleşme	kg SO ₂ eşdeğeri	0,667	0,686
	%	97,27	100
Temiz sudaki ötrofikasyon	kg P eşdeğeri	0,0725	0,0755
	%	96,07	100
Denizdeki ötrofikasyon	kg N eşdeğeri	0,00342	0,00363
	%	94,34	100
Karasal ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	629	708
	%	88,82	100
Temiz sudaki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	14,7	15
	%	98,11	100
Denizdeki ekolojik zehirlenme	kg 1,4-DCB eşdeğeri	19,8	20,2
	%	98,24	100
İnsan için kanserojen kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	14,9	12,1
	%	100	80,72
İnsan için kanserojen olmayan kirlilik	kg 1,4-DCB eşdeğeri	396	400
	%	99,19	100
Arazi kullanımı	m ² alan mahsul eşdeğeri	28	20,4
	%	100	72,87

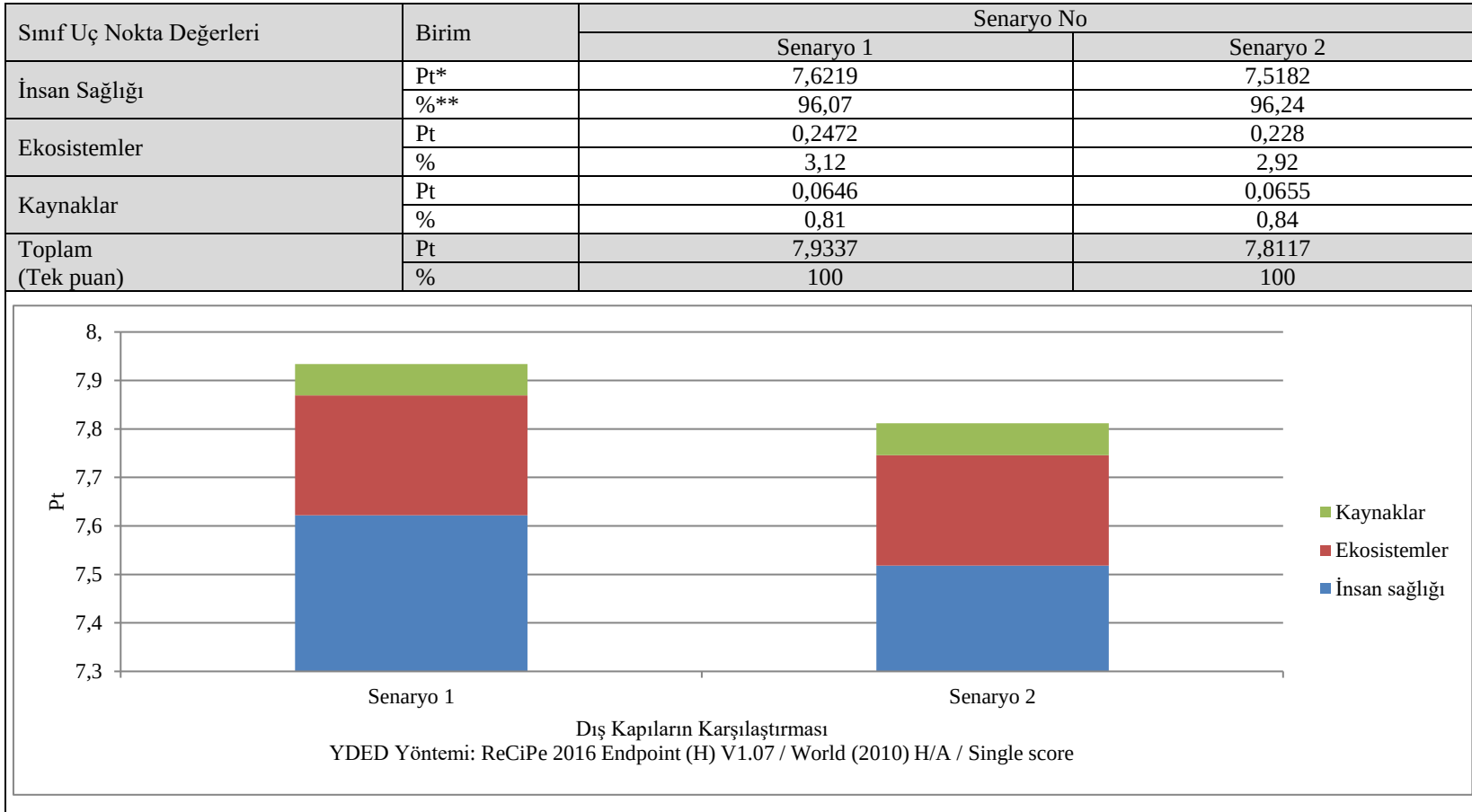
Çizelge 4.32. (devam) Dış kapı konfigürasyonunu belirlemek için oluşturulan kavramsal dış kapı senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (orta nokta - tanımlama)



*%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

**E (Exponent): Üs ya da kuvvet anlamındadır. Basit hesap makineleri; çok uzun basamaklı sayıları gösteremedikleri ve üs içeren bilimsel gösterimleri yazamadıkları için, bir ifadeyi 10'un üssü ile çarpımı olarak ifade ederken kullanılmaktadır.

Çizelge 4.33. Dış kapı konfigürasyonunu belirlemek için oluşturulan kavramsal dış kapı senaryolarının karşılaştırmalı YDED sonuçları (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri)



*Pt (Points): Çevresel etkiyi ifade etmek için kullanılan birimdir.

**%: Değeri, yüzde olarak ifade etmek için kullanılan birimdir.

4.4. Yaşam Döngüsü Yorumu (YDY)

YDD çalışmasının son aşaması olan YDY, tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen örnek çalışmaya ait YDD sonuçlarını göstermektedir. Bu aşamada; çalışmadaki kısıtlar açıklanmış, YDED bulgularına dayalı elde edilen sonuçlar çözümlenmiş, AKT'ye göre YDED sonuçları incelenerek tartışılmıştır. Çalışma, kamuoyuna açıklanacak olan karşılaştırmalı bir YDD çalışması olmadığı için, eleştirel gözden geçirme ve rapor hazırlama işlemleri gerçekleştirilmemiştir. Bu doğrultuda, YDY aşamasında sadece; önemli konuların tanıtımı ve değerlendirme gerçekleştirilmiştir.

4.4.1. Önemli konuların tanıtımı

Örnek çalışmanın amacı; hem tek katlı hem de çok katlı konteyner konut yapılarında kullanmak üzere, prefabrik ve modüler yapı birimi olarak uyarlanacak nakliye konteynerleri için, insan sağlığına ve çevreye (ekosistemler ve kaynaklar) en az etkisi olacak yapı elemanları konfigürasyonlarını seçmektir. Bu hedef doğrultusunda; önerilen YDD modelinde (Şekil 3.2) belirtilen “ürün evresi (fabrikadaki gerçekleştirilecek yapım süreçlerindeki ürünler)” içerisindeki “toksik olmayan bir sızdırmazlık astarı”, “karkas çerçeve”, “yalıtım malzemeleri”, “kaplama malzemeleri” ile oluşturulan farklı duvar / tavan / döşeme konfigürasyonları ve farklı konfigürasyonlar sunan “pencereler ve kapılar” ele alınmıştır. Çalışmada, YDD ürün sistemi (konteyner dış kabuğu üzerinde ele alınacak farklı “duvar”, “tavan”, “döşeme”, “pencere / balkon kapısı” ve “dış kapı” konfigürasyonları) montajlarını oluşturan her bir yapı malzemesine / ürününe ait “ham madde (birincil malzeme) çıkarılması” ve “(sadece ürün imalatı sürecini kapsayan) üretim” evresine ait veriler esas alınmıştır.

AKT doğrultusunda, ilk olarak; “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanı içinden, YDD ürün sistemi montajları için kullanılabilecek yapı malzemeleri / ürünleri seçilmiştir. Sonrasında, seçilen bu yapı malzemelerinin / ürünlerinin dağıtım yöntemleri kontrol edilerek; varsa eksiklikler eklenmiş ve farklılıklar uyarlanmıştır. Daha sonra; YDD ürün sistemi içindeki konteyner yapıları oluşturan her bir yapı elemanı (duvar, tavan, döşeme, pencere / balkon kapısı, dış kapı) için, kendi içinde ayrı olacak şekilde, aynı işlev temelindeki (aynı yüzey alanına sahip olacak şekilde sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren) farklı montaj senaryoları oluşturulmuştur. Sonrasında, her bir montaj senaryosunun birbiri ile

karşılaştırmasının sağlanması için; “Ecoinvent 3.8” YD veri tabanından seçilen ve uyarlanan tüm veriler, YDD ürün sistemi için oluşturulacak montaj senaryolarındaki işlevsel birim ile ilişkilendirilmiştir. Bu doğrultuda, her bir senaryoda kullanılacak malzeme kalınlıklarının hesaplanması ve m² dönüşümleri ile ürün miktarları belirlenmiştir. Son olarak; montaj senaryoları ile oluşturulan mimari konfigürasyonların tümü, “SimaPro PhD 9.4.0.2” YDD yazılım aracı bünyesindeki “ReCiPe 2016 V1.07” YDED yöntemi ile iki farklı düzeyde etki değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Etki sınıfı (“küresel ısınma”, “stratosferdeki ozon tüketimi”, “iyonlaştırıcı radyasyon”, “ozon oluşumu, insan sağlığı”, “ince parçacıklı madde oluşumu”, “ozon oluşumu, karasal ekosistemler”, “karasal asitleşme”, “temiz sudaki ötrofikasyon”, “denizdeki ötrofikasyon”, “karasal ekolojik zehirlenme”, “temiz sudaki ekolojik zehirlenme”, “denizdeki ekolojik zehirlenme”, “insan için kanserojen kirlilik”, “insan için kanserojen olmayan kirlilik”, “arazi kullanımı”, “maden kaynağı kıtlığı”, “fosil kaynak kıtlığı”, “su tüketimi”) göstergelerini elde edebilmemiz için “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” kullanılmıştır. Bu değerlendirme, YDD çalışmalarında uygulanması zorunlu olan tanımlama işlemi sonuçlarını elde etmemizi sağlamıştır. Daha sonra, sınıf uç nokta (“insan sağlığı”, “ekosistemler”, “kaynaklar”) dönüşümlerini ve tek puan verisini elde edebilmemiz için “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” kullanılmıştır. Bu değerlendirme ise; oluşturulan montaj senaryolarını, sınıf uç noktalarının yanında temsili tek puanlar ile değerlendirebileceğimiz sonuçların elde edilmesini sağlamıştır.

4.4.2. Değerlendirme

YDY aşamasının bu adımında; çevresel YDD açısından en az çevresel etkiye sebep olarak en iyi performansı gösteren “duvar”, “tavan”, “döşeme”, “pencere / balkon kapı” ve “dış kapı” konfigürasyonu belirtilmiştir. Çevresel etki anlamında en düşük puanı alarak en iyi performansı gösteren bu konfigürasyonların YDED sonuçları; etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile detaylı olarak ifade edilmiştir. Ayrıca; “tek puan (single score)” şeklinde toplam etki değerleri de belirtilmiştir. YDED hesaplama yöntemleri ile elde edilen “etki sınıfları”, “sınıf uç noktaları” ve “tek puan” şeklinde belirtilen tüm bu değerler; aynı zamanda, YDD’deki işlevsel birim (sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² duvar yüzey alanı, sağlaması gereken en

düşük R değerini gerçekleştiren 1m² tavan yüzey alanı, sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² döşeme yüzey alanı, sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² pencere / balkon kapısı yüzey alanı, sağlaması gereken en düşük R değerini gerçekleştiren 1m² dış kapı yüzey alanı) başına sebep olacağı çevresel yükü de göstermektedir. Yani, tez çalışması kapsamında gerçekleştirilen örnek YDD çalışması; hem farklı montaj senaryolarını karşılaştırarak çevresel açıdan en iyi performansı gösteren “duvar”, “tavan”, “döşeme”, “pencere / balkon kapı” ve “dış kapı” konfigürasyonlarını hem de belirlenen bu en iyi konfigürasyonların sebep olacağı çevresel etki sonuçlarını nicel olarak belirlemek için bir değerlendirme sağlamıştır.

Duvar senaryo yorumu

Çizelge 4.34’te, çevresel YDD açısından en az çevresel etkiye sebep olarak en iyi performansı gösteren duvar konfigürasyonu gösterilmiştir. Bu konfigürasyona göre; “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile, etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) sebep olduğu çevresel etkileri gösteren YDED sonuç değerlerinin; “Küresel ısınma” etki sınıfı için “12,4 kg CO₂ eşdeğeri”, “Stratosferdeki ozon tüketimi” etki sınıfı için “1,1E-5 kg CFC-11 eşdeğeri”, “İyonlaştırıcı radyasyon” etki sınıfı için “0,542 kgBq Co-60 eşdeğeri”, “Ozon oluşumu, İnsan sağlığı” etki sınıfı için “0,0957 kg NO_x eşdeğeri”, “İnce parçacıklı madde oluşumu” etki sınıfı için “0,0672 kg PM_{2,5} eşdeğeri”, “Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler” etki sınıfı için “0,0987 kg NO_x eşdeğeri”, “Karasal asitleşme” etki sınıfı için “0,0804 kg SO₂ eşdeğeri”, “Temiz sudaki ötrofikasyon” etki sınıfı için “0,00779 kg P eşdeğeri”, “Denizdeki ötrofikasyon” etki sınıfı için “0,00251 kg N eşdeğeri”, “Karasal ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için “58,7 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “Temiz sudaki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için “0,627 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “Denizdeki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için “0,842 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “İnsan için kanserojen kirlilik” etki sınıfı için “0,689 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “İnsan için kanserojen olmayan kirlilik” etki sınıfı için “17,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “Arazi kullanımı” etki sınıfı için “54,3 m² alan mahsul eşdeğeri”, “Maden kaynağı kıtlığı” etki sınıfı için “0,307 kg Cu eşdeğeri”, “Fosil kaynak kıtlığı” etki sınıfı için “4,93 kg yağ eşdeğeri”, “Su tüketimi” etki sınıfı için “0,43 m³ eşdeğeri” olduğu görülmüştür. Öte yandan, “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) sebep olduğu çevresel etkileri gösteren YDED sonuç değerlerinin; “İnsan sağlığı” sınıf uç noktası için “1,0085 Pt”, “Ekosistemler” sınıf uç

noktası için “0,1501 Pt”, “Kaynaklar” sınıf uç noktası için “0,0113 Pt” olmuştur. Ayrıca; aynı YDED yöntemi ile, “Tek puan (single score)” şeklinde belirtilen toplam etki değeri sonucu ise “1,1699 Pt” dir.

Çizelge 4.34. Çevresel açıdan en iyi performansı gösteren duvar konfigürasyonu (iç mekandan dış mekana doğru)

	Duvar Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Bilgiler	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹ 2 kat (1,1 cm + 1 cm) olarak uygulanmıştır.	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,021 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,021	0,130	0,163	0,57
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerinde Köpürme ³	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	0,875 kg/m ²	25 kg/m ³	0,035*	0,022	1,591	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Konteyner Çelik Duvar Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000	
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Toplam (İç katmanlar)						0,156	-	
Kaynaklar	¹ (Url-54) ² (Ecoinvent 3.8) ³ Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Arslan ve Aktaş, 2018) ⁴ (Url-61) ⁵ (Bowley ve Mukopadhyaya, 2019)			[*] Sağlaması gereken ısııl direnç (R) değerine göre olması gereken minimum kalınlık (d) değeridir. Belirtilen bu kalınlıkta malzeme uygulaması olmasa da, YDD sonucunu etkileyeceği için bu şekilde kabul edilmiştir.					

Tavan senaryo yorumu

Çizelge 4.35'te, çevresel YDD açısından en az çevresel etkiye sebep olarak en iyi performansı gösteren tavan konfigürasyonu gösterilmiştir. Bu konfigürasyona göre; "ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H" YDED yöntemi ile, etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) sebep olduğu çevresel etkileri gösteren YDED sonuç değerlerinin; "Küresel ısınma" etki sınıfı için "14,4 kg CO₂ eşdeğeri", "Stratosferdeki ozon tüketimi" etki sınıfı için "1,03E-5 kg CFC-11 eşdeğeri", "İyonlaştırıcı radyasyon" etki sınıfı için "0,512 kgBq Co-60 eşdeğeri", "Ozon oluşumu, İnsan sağlığı" etki sınıfı için "0,096 kg NO_x eşdeğeri", "İnce parçacıklı madde oluşumu" etki sınıfı için "0,0674 kg PM_{2,5} eşdeğeri", "Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler" etki sınıfı için "0,099 kg NO_x eşdeğeri", "Karasal asitleşme" etki sınıfı için "0,085 kg SO₂ eşdeğeri", "Temiz sudaki ötrofikasyon" etki sınıfı için "0,00781 kg P eşdeğeri", "Denizdeki ötrofikasyon" etki sınıfı için "0,00275 kg N eşdeğeri", "Karasal ekolojik zehirlenme" etki sınıfı için "56,6 kg 1,4-DCB eşdeğeri", "Temiz sudaki ekolojik zehirlenme" etki sınıfı için "0,629 kg 1,4-DCB eşdeğeri", "Denizdeki ekolojik zehirlenme" etki sınıfı için "0,844 kg 1,4-DCB eşdeğeri", "İnsan için kanserojen kirlilik" etki sınıfı için "0,723 kg 1,4-DCB eşdeğeri", "İnsan için kanserojen olmayan kirlilik" etki sınıfı için "16,8 kg 1,4-DCB eşdeğeri", "Arazi kullanımı" etki sınıfı için "51,6 m² alan mahsul eşdeğeri", "Maden kaynağı kıtlığı" etki sınıfı için "0,306 kg Cu eşdeğeri", "Fosil kaynak kıtlığı" etki sınıfı için "5,57 kg yağ eşdeğeri", "Su tüketimi" etki sınıfı için "0,478 m³ eşdeğeri" olduğu görülmüştür. Öte yandan, "ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A" YDED yöntemi ile, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) sebep olduğu çevresel etkileri gösteren YDED sonuç değerlerinin; "İnsan sağlığı" sınıf uç noktası için "1,0443 Pt", "Ekosistemler" sınıf uç noktası için "0,1456 Pt", "Kaynaklar" sınıf uç noktası için "0,013 Pt" olmuştur. Ayrıca; aynı YDED yöntemi ile, "Tek puan (single score)" şeklinde belirtilen toplam etki değeri sonucu ise "1,2029 Pt" dir.

Çizelge 4.35. Çevresel açıdan en iyi performansı gösteren tavan konfigürasyonu (iç mekandan dış mekana doğru)

	Tavan Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
Bilgiler	Yönlendirilmiş Yonga Levha (OSB) ¹	Oriented strand board {RER} production Conseq, U	m ³	0,018 m ³ /m ²	640 kg/m ³	0,018	0,130	0,132	0,38	
	Ahşap Karkas Çerçeve ² (Kesit ölçüsü: 10 x 10 cm)	Structural timber {RER} structural timber production Conseq, U	m ³	0,054 m ³ /m ²	-	0,100	Yalıtım ve iç kaplama malzemelerine karkas olarak kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerde Köpürme ³	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	kg	1,375 kg/m ²	25 kg/m ³	0,055*	0,022	2,500		
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Çelik Tavan Paneli ⁵	-	-	-	-	0,002	42,700	0,000		
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁴ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	kg	0,300 kg/m ²	1,20 g/cm ³	(Belirlenmemiş performans) Korozyon koruması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Toplam (İç katmanlar)						0,173	-		2,632
	Kaynaklar	¹ (Url-54) ² (Ecoinvent 3.8) ³ Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Arslan ve Aktaş, 2018) ⁴ (Url-61) ⁵ (Bowley ve Mukopadhyaya, 2019)			[*] Sağlaması gereken ısı direnç (R) değerine göre olması gereken minimum kalınlık (d) değeridir. Belirtilen bu kalınlıkta malzeme uygulaması olmasa da, YDD sonucunu etkileyeceği için bu şekilde kabul edilmiştir.					

Döşeme senaryo yorumu

Çizelge 4.36’da, çevresel YDD açısından en az çevresel etkiye sebep olarak en iyi performansı gösteren döşeme konfigürasyonu gösterilmiştir. Bu konfigürasyona göre; “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile, etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) sebep olduğu çevresel etkileri gösteren YDED sonuç değerlerinin; “Küresel ısınma” etki sınıfı için “15,2 kg CO₂ eşdeğeri”, “Stratosferdeki ozon tüketimi” etki sınıfı için “7,96E-6 kg CFC-11 eşdeğeri”, “İyonlaştırıcı radyasyon” etki sınıfı için “0,691 kgBq Co-60 eşdeğeri”, “Ozon oluşumu, İnsan sağlığı” etki sınıfı için “0,0392 kg NO_x eşdeğeri”, “İnce parçacıklı madde oluşumu” etki sınıfı için “0,035 kg PM_{2,5} eşdeğeri”, “Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler” etki sınıfı için “0,0423 kg NO_x eşdeğeri”, “Karasal asitleşme” etki sınıfı için “0,0687 kg SO₂ eşdeğeri”, “Temiz sudaki ötrofikasyon” etki sınıfı için “0,00821 kg P eşdeğeri”, “Denizdeki ötrofikasyon” etki sınıfı için “0,00205 kg N eşdeğeri”, “Karasal ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için “50,5 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “Temiz sudaki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için “0,526 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “Denizdeki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için “0,702 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “İnsan için kanserojen kirlilik” etki sınıfı için “0,399 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “İnsan için kanserojen olmayan kirlilik” etki sınıfı için “13,2 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “Arazi kullanımı” etki sınıfı için “25,8 m² alan mahsul eşdeğeri”, “Maden kaynağı kıtlığı” etki sınıfı için “0,517 kg Cu eşdeğeri”, “Fosil kaynak kıtlığı” etki sınıfı için “6,11 kg yağ eşdeğeri”, “Su tüketimi” etki sınıfı için “0,284 m³ eşdeğeri” olduğu görülmüştür. Öte yandan, “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) sebep olduğu çevresel etkileri gösteren YDED sonuç değerlerinin; “İnsan sağlığı” sınıf uç noktası için “0,6842 Pt”, “Ekosistemler” sınıf uç noktası için “0,0815 Pt”, “Kaynaklar” sınıf uç noktası için “0,0162 Pt” olmuştur. Ayrıca; aynı YDED yöntemi ile, “Tek puan (single score)” şeklinde belirtilen toplam etki değeri sonucu ise “0,7819 Pt” dir.

Çizelge 4.36. Çevresel açıdan en iyi performansı gösteren döşeme konfigürasyonu (iç mekandan dış mekana doğru)

Bilgiler	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)	
	Akrilik Kopolimer Esaslı Su Bazlı Ahşap Koruyucu / Vernik Kaplama ¹ 2 kat olarak uygulanmıştır.	Acrylic varnish, without water, in 87.5% solution state {RER} acrylic varnish production, product in 87.5% solution state Conseq, U	Kg	1,732 kg/m ²	1,04 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Ahşap Tahta / Kereste Kaplama ² (Kesit ölçüsü: 12 x 4 cm)	Sawnwood, board, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, board, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,040 m ³ /m ²	-	0,040	0,170	0,235	0,57	
	Ahşap Lata ³ (Kesit ölçüsü: 4 x 2 cm)	Sawnwood, lath, hardwood, dried (u=20%), planed {Europe without Switzerland} planing, lath, hardwood, u=20% Conseq, U	m ³	0,0016 m ³ /m ²	-	0,020	Döşeme kaplamasının montajını sağlamak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Levha ⁴	Polyurethane, rigid foam {RER} production Conseq, U	Kg	0,733 kg/m ²	25 kg/m ³	0,0293*	0,022	1,332		
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	Kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				
	Konteyner Ahşap Kontrplak Döşeme Levhası ⁶	-	-	-	-	0,028	0,150	0,187		
	Epoksi Astar Kaplama ⁵ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Epoxy resin, liquid {RER} production Conseq, U	Kg	0,300 kg/m ²	1,30 g/ml	(Belirlenmemiş performans) Ahşap yüzeylerin su ve nemden korunması amacıyla kullanıldığı için ve ihmal edilebilir kalınlıkta olduğu için hesaplamaya dahil edilmemiştir.				

Çizelge 4.36. (devam) Çevresel açıdan en iyi performansı gösteren döşeme konfigürasyonu (iç mekandan dış mekana doğru)

	Döşeme Katmanları	Kullanılan Veri	Veri Tabanı Birimi	m ² Dönüşümü	Yoğunluk	d (m)	λ (W/mK)	R (m ² K/W)	U (W/m ² K)
Bilgiler	Konteyner Çelik Kirişler ⁷ (Kesit ölçüsü: 4,5 x 12,2 cm)	-	-	-	-	0,122	Döşemeyi taşımak amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		0,57
	Alkid Reçine Esaslı Solvent Bazlı Boya Kaplama ⁸ 1 kat olarak uygulanmıştır.	Alkyd paint, white, without solvent, in 60% solution state {RER} alkyd paint production, white, solvent-based, product in 60% solution state Conseq, U	Kg	0,150 kg/m ²	1,20 g/cm ³	Çelik kiriş yüzeylerin korozyondan korunması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.			
	Poliüretan Köpük Yalıtım, Sprey / Yerde Köpürme ⁹	Polyurethane, flexible foam {RER} polyurethane production, flexible foam, TDI-based, low density Conseq, U	Kg	0,500 kg/m ²	25 kg/m ³	0,010	Konteyner ahşap kontrplak döşeme levhasının altında yer alan tesisat boruları sızdırmazlığının sağlanması amacıyla kullanıldığı için hesaplamaya dahil edilmemiştir.		
	Toplam (İç katmanlar)					0,089	-	1,754	
Kaynaklar	¹ (Url-56) ² Malzeme kalınlık bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Sümer, 2019) ³ (Ecoinvent 3.8) ⁴ Yoğunluk bilgisi (Ecoinvent 3.8), λ bilgisi (Arslan ve Aktaş, 2018), malzeme kalınlık bilgisi (Url-68) ⁵ (Url-62) ⁶ Malzeme kalınlık bilgisi (Elrayies, 2017), λ bilgisi (Url-69)			⁷ (Singamas, 2011; Giriunas, 2012: 149-164; Ling vd., 2019) ⁸ (Url-61) ⁹ (Ecoinvent 3.8) [*] Sağlaması gereken ısı direnç (R) değerine göre olması gereken minimum kalınlık (d) değeridir. Belirtilen bu kalınlıkta malzeme üretimi olmasa da, YDD sonucunu etkileyeceği için bu şekilde kabul edilmiştir.					

Pencere / balkon kapı senaryo yorumu

Çizelge 4.37’de, çevresel YDD açısından en az çevresel etkiye sebep olarak en iyi performansı gösteren pencere / balkon kapı konfigürasyonu gösterilmiştir. Bu konfigürasyona göre; “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile, etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) sebep olduğu çevresel etkileri gösteren YDED sonuç değerlerinin; “Küresel ısınma” etki sınıfı için “195 kg CO₂ eşdeğeri”, “Stratosferdeki ozon tükenimi” etki sınıfı için “7,99E-5 kg CFC-11 eşdeğeri”, “İyonlaştırıcı radyasyon” etki sınıfı için “6,34 kgBq Co-60 eşdeğeri”, “Ozon oluşumu, İnsan sağlığı” etki sınıfı için “0,56 kg NO_x eşdeğeri”, “İnce parçacıklı madde oluşumu” etki sınıfı için “0,48 kg PM_{2,5} eşdeğeri”, “Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler” etki sınıfı için “0,58 kg NO_x eşdeğeri”, “Karasal asitleşme” etki sınıfı için “1,02 kg SO₂ eşdeğeri”, “Temiz sudaki ötrofikasyon” etki sınıfı için “0,11 kg P eşdeğeri”, “Denizdeki ötrofikasyon” etki sınıfı için “0,0131 kg N eşdeğeri”, “Karasal ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için “765 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “Temiz sudaki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için “14,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “Denizdeki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için “19,9 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “İnsan için kanserojen kirlilik” etki sınıfı için “23,5 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “İnsan için kanserojen olmayan kirlilik” etki sınıfı için “389 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “Arazi kullanımı” etki sınıfı için “124 m² alan mahsul eşdeğeri”, “Maden kaynağı kıtlığı” etki sınıfı için “6,08 kg Cu eşdeğeri”, “Fosil kaynak kıtlığı” etki sınıfı için “51,9 kg yağ eşdeğeri”, “Su tüketimi” etki sınıfı için “2,58 m³ eşdeğeri” olduğu görülmüştür. Öte yandan, “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) sebep olduğu çevresel etkileri gösteren YDED sonuç değerlerinin; “İnsan sağlığı” sınıf uç noktası için “10,89 Pt”, “Ekosistemler” sınıf uç noktası için “0,555 Pt”, “Kaynaklar” sınıf uç noktası için “0,1016 Pt” olmuştur. Ayrıca; aynı YDED yöntemi ile, “Tek puan (single score)” şeklinde belirtilen toplam etki değeri sonucu ise “11,55 Pt” dir.

1(Ecoinvent 3.8)
2(Ecoinvent 3.8)
**"Balkon kapısı" için U değeri gerekliliğinin, "pencere" gibi olduğu varsayılmıştır.

Dış kapı senaryo yorumu

Çizelge 4.38’de, çevresel YDD açısından en az çevresel etkiye sebep olarak en iyi performansı gösteren dış kapı konfigürasyonu gösterilmiştir. Bu konfigürasyona göre; “ReCiPe 2016 Midpoint (H) V1.07 / World (2010) H” YDED yöntemi ile, etki sınıflarına göre (orta nokta-tanımlama) sebep olduğu çevresel etkileri gösteren YDED sonuç değerlerinin; “Küresel ısınma” etki sınıfı için “139 kg CO₂ eşdeğeri”, “Stratosferdeki ozon tüketimi” etki sınıfı için “3,78E-5 kg CFC-11 eşdeğeri”, “İyonlaştırıcı radyasyon” etki sınıfı için “0,413 kgBq Co-60 eşdeğeri”, “Ozon oluşumu, İnsan sağlığı” etki sınıfı için “0,355 kg NO_x eşdeğeri”, “İnce parçacıklı madde oluşumu” etki sınıfı için “0,301 kg PM_{2,5} eşdeğeri”, “Ozon oluşumu, Karasal ekosistemler” etki sınıfı için “0,371 kg NO_x eşdeğeri”, “Karasal asitleşme” etki sınıfı için “0,686 kg SO₂ eşdeğeri”, “Temiz sudaki ötrofikasyon” etki sınıfı için “0,0755 kg P eşdeğeri”, “Denizdeki ötrofikasyon” etki sınıfı için “0,00363 kg N eşdeğeri”, “Karasal ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için “708 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “Temiz sudaki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için “15 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “Denizdeki ekolojik zehirlenme” etki sınıfı için “20,2 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “İnsan için kanserojen kirlilik” etki sınıfı için “12,1 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “İnsan için kanserojen olmayan kirlilik” etki sınıfı için “400 kg 1,4-DCB eşdeğeri”, “Arazi kullanımı” etki sınıfı için “20,4 m² alan mahsul eşdeğeri”, “Maden kaynağı kıtlığı” etki sınıfı için “3,38 kg Cu eşdeğeri”, “Fosil kaynak kıtlığı” etki sınıfı için “34,9 kg yağ eşdeğeri”, “Su tüketimi” etki sınıfı için “0,95 m³ eşdeğeri” olduğu görülmüştür. Öte yandan, “ReCiPe 2016 Endpoint (H) V1.07 / World (2010) H / A” YDED yöntemi ile, sınıf uç noktalarına göre (uç nokta - tek puan - sınıf uç nokta değerleri) sebep olduğu çevresel etkileri gösteren YDED sonuç değerlerinin; “İnsan sağlığı” sınıf uç noktası için “7,5182 Pt”, “Ekosistemler” sınıf uç noktası için “0,228 Pt”, “Kaynaklar” sınıf uç noktası için “0,0655 Pt” olmuştur. Ayrıca; aynı YDED yöntemi ile, “Tek puan (single score)” şeklinde belirtilen toplam etki değeri sonucu ise “7,8117 Pt” dir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ticaret sisteminin doğrusal sürecinin (ticari dengesizlik) bir sonucu olarak; limanlardaki boş ve atık nakliye konteynerlerin sayısı, dünya çapında giderek artmaktadır. Üretimlerinde enerji yoğun malzemelerin kullanıldığı nakliye konteynerlerinin uyarlanarak modüler ve prefabrik yapı birimi olarak mimaride yeniden kullanılması; hem limanlardaki atık yönetimini kolaylaştırmakta hem de konteynerlerin içinde yer alan depolanmış çeliğin, yapı endüstrisinin dairesel ekonomisine girmesi ile kaynak korunumunu sağlamaktadır. Sürdürülebilir olan bu uygulama, çelik ile ilişkili yaşam döngüsü etkilerini azaltabilmektedir. Ancak, enerji verimliliği açısından gerekli yapı performansının sağlanması amacıyla yapılacak müdahaleler nedeniyle, yaşam döngüsündeki diğer etkenlerle ilgili çevresel etkilerin de detaylı analizi gerekmektedir. Bu problemi ele alan bu çalışmada; atık nakliye konteynerlerin, ikinci ömürlerinde mimari kullanımlarını sağlamak üzere, prefabrik ve modüler yapı birimi olarak fabrikada uyarlanarak yeniden konumlandırılmasında (ürün evresi, yapım / inşaat evresi), kullanımında (kullanım ve işletim evresi) ve kullanım sonunda (kullanım ömrü sonu evresi) gerçekleşecek çevresel etkilerini belirtmek için dikkat etmemiz gereken faktörleri belirlemek ve uygulamaya yönelik rehber bir YDD modeli geliştirmek amaçlanmıştır. Geliştirilen bu model ile, bu birimlerin çevresel tercih edilebilirlik açısından kullanılabilirliğine yönelik bir karar destek sistemi ortaya konmuştur.

Çalışmada ilk olarak, sistematik bir şekilde kapsamlı literatür taraması yapılarak kuramsal altyapı oluşturulmuştur. “Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD)” ve “nakliye konteynerleri” konuları kapsamlı bir şekilde incelenmiş; yapı yaşam döngüsü bağlamındaki değerlendirmeler odaklı yeniden kullanım potansiyelleri konusunu da içeren “konteyner yapıların yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili teorik ve uygulamaya yönelik veriler sunulmuştur. Böylelikle, nakliye konteynerlerinin sahip olduğu teknik özelliklerin (üretim, iskelet yapısı ve bileşenleri, malzeme); mimari kullanımlarındaki mevzuat, fonksiyonel ve performans gereklilikleri açısından bir sınırlama oluşturabileceği görülmüştür. Bu sınırlamalara yönelik alınabilecek önlemler belirtilerek, nakliye konteynerleri ile enerji etkin/sürdürülebilir bir yapı tasarımı mümkün olabileceği sonucuna varılmıştır.

İkinci adım olarak; literatür taraması ile elde edilen bilgiler doğrultusunda, atık nakliye konteynerlerinin prefabrik ve modüler yapı birimi olarak konteyner yapılarda kullanımlarındaki yaşam döngüsü değerlendirmesinin yapılabilmesi için, konteyner yapılara

özel yapı düzeyinde rehber bir YDD metodolojisi geliştirilmiştir. Bu sayede, “Türkiye’deki limanlarda yer alan atık nakliye konteynerlerinin, prefabrik ve modüler bir yapı birimi olarak mimarideki kullanımını değerlendirmek üzere, rehber olabilecek örnek bir yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) modeli sunulabilir mi?” sorusunun cevabı olumlu olarak bulunmuştur. Ayrıca, geliştirilen bu YDD modeli ile uygulanabilecek bir YDD çalışmasındaki ürün sisteminde yer alacak etkenlerin sayıca fazla olmasına dikkat çekmek ve konteyner birimlerin yapı tasarımındaki esnekliğini belirtmek amaçları ile, konut işlevindeki konteyner yapılar için örnek plan tipleri oluşturulmuştur.

Çalışmanın üçüncü adımında; geliştirilen YDD modelindeki YDD çerçevesi sınırlandırılarak ve “SimaPro PhD 9.4.0.2” YDD yazılım aracı kullanılarak örnek bir YDD çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda; önerilen YDD modelindeki (Şekil 3.2); “ürün evresi (fabrikadaki gerçekleşecek yapım süreçlerindeki ürünler)” içerisindeki “toksik olmayan bir sızdırmazlık astarı”, “karkas çerçeve”, “yalıtım malzemeleri”, “kaplama malzemeleri” ile oluşturulan duvar / tavan / döşeme konfigürasyonları ve farklı konfigürasyonlar sunan “pencereler ve kapılar” ele alınmıştır. Böylelikle, yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) yöntemi kullanılarak, prefabrik ve modüler bir konteyner konut birimi için çevresel açıdan en uygun mimari konfigürasyon sunan senaryolar elde edilmiştir. Bu durum, ayrıca, rehber olması amacıyla geliştirilen YDD modelinin kullanılabilir olduğunu da ispatlamıştır.

Çalışmada elde edilen genel sonuçlar şunlardır:

- Atık konteyner birimlerin fabrika ortamında uyarlanarak prefabrik ve modüler bir yapı birimi olarak kullanılması, hem limanlardaki atık yönetimini kolaylaştırmakta hem de konteynerlerin içinde yer alan depolanmış çeliğin, yapı endüstrisinin dairesel ekonomisine girmesi ile kaynak korunumunu sağlamaktadır.
- Konteyner birimlerin standart ölçülerde olması, mimarlıkta esnek tasarımda sağlanan konteyner yapı uygulamalarının önünü açmaktadır.
- Konteyner yapıları oluşturan konteyner birimler, atık nakliye konteynerlerinin fabrika ortamında uyarlanması ile elde edilmektedir. Bu durum; her bir konteyner birimin yük taşımacılığını sağlamak üzere kullanıldığı ilk ömründen kaynaklanan etkilerin farklı olabileceğini, sahip oldukları özel durumlara göre farklı yapısal müdahaleler geçirmesi gerekebileceğini göstermektedir. Bu nedenle, konteyner yapılar için gerçekleştirilecek

YDD çalışmalarında, her bir konteyner birime ait özelliklerin detaylıca araştırılması ve kendi içinde değerlendirilmesi gerekmektedir.

- Konteyner yapıları oluşturan nakliye konteyneri birimlerine ait teknik özellikler (üretim, iskelet yapısı ve bileşenleri, malzeme), konvansiyonel veya diğer prefabrike sistemlerde yapılan yapı bileşenlerinin teknik özelliklerinden farklıdır. Bu nedenle, konteyner yapılar için gerçekleştirilecek YDD çalışmalarında tanımlanan amaç ve kapsamlar (AKT), gerekli olan tüm detaylar ile birlikte konteyner yapılara uygun olacak şekilde tespit edilmelidir.
- Atık konteyner birimlerin mimaride yeniden kullanılmasındaki ilk geçiş süreci, yaşam döngüsü içerisinde en fazla yapısal müdahaleye maruz kaldığı evredir. Bu evrede, fabrika ortamında çok sayıda yeni yapı malzemesi / ürünü kullanılarak gerçekleştirilen uygulamalar; konteyner birimlerin prefabrikasyonunun sağlanmasına yönelik oluşturulacak bir sanayi pazarındaki gereklilikleri belirtmektedir. Konteyner yapı biriminin dayanıklılığını ve performansını sağlamak üzere, kullanılan bu yapı malzemelerine / ürünlerine yönelik seçimler ise, yapı yaşam döngüsü içindeki çevresel yükleri doğrudan etkilemektedir.
- Atık konteyner birimlerin fabrikada uyarlanması sürecinde kullanılacak ek yapı malzeme / ürünü çeşitlerinin değişkenliği, her bir yapı malzemesine / ürününe ait YD verilerinin detaylı bir şekilde toplanmasını ve aynı işlevsel birim üzerinden birbirleri ile karşılaştırılmasını gerektirmektedir. Karşılaştırma sonucunda elde edilen bilgiler; veri eksiklerini ortaya çıkarma, kamu politika oluşturma süreçlerini destekleme, karar vericilere bilgi sağlama ve yön gösterme gibi faydalar sağlamaktadır.
- Konteyner modüllerin birbirine montajını sağlayacak olan özel köşe bağlantı elemanlarının (örneğin; çift uçlu büküm kilidi, manşon) kullanılabilmesini sağlamak, elektrik ve sıhhi gibi genel tesisatlarını duvar veya yalıtım içinde gizleyebilmek, toksisite durumundan kaynaklı konteynerin iç yüzeyindeki kimyasallara bariyer oluşturabilmek için; ısı yalıtım katmanı, genellikle iç yalıtım şeklinde kurgulanmaktadır. Bu durum, kısıtlı iç ölçülere sahip konteynerlerin kullanılabilir iç ölçülerinde azalmaya sebep olmaktadır. Özellikle tavan yüksekliği açısından problem oluşturabilecek bu durumu çözmek için, daha yüksek olan standart ölçülerdeki konteyner birimlerin (örneğin; 40' HC, 45' HC) kullanılması gerekmektedir.
- Yapı sektörü üzerinden gerçekleştirilecek YDD çalışmalarında kullanmak üzere Türkiye'de oluşturulan mevcut ulusal YD veri tabanları (örneğin; TurCoMDat, TLCID)

yetersizdir. Ayrıca, oluşturulan mevcut ulusal YDD yazılım aracının (örneğin; eConLCA) henüz geliştirilme aşamasında olmasından kaynaklı; bu YD veri tabanlarını destekleyen herhangi bir ulusal veya uluslararası bir YDD yazılım aracı bulunmamaktadır. Bu durum, YDD çalışmalarındaki zaman problemini kontrol etmek adına, dünyada en geniş veri olanağı sunan “Ecoinvent” YD veri tabanının ve daha genel bir kullanım sağlayan YDD yazılım araçlarının (örneğin; SimaPro) tercih edilmesine sebep olmaktadır. “Ecoinvent” YD veri tabanı içerisinde, mevcutta, Türkiye’ye ait ulusal ürün verilerin bulunmama problemi ise, pratikte; Avrupa’ya ait bölgesel / kıtalararası verilerin, Türkiye enerji ve su verileri ile uyarlanarak (ürün verileri içinde yer alan enerji ve su verileri, Türkiye enerji ve su verileri ile değiştirilerek) kullanılması ile çözülmektedir. Ancak, YDD sonucu güvenilirliğini sağlamak adına, bu durumun YDD çalışmalarında özellikle belirtilmesi gerekmektedir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda; konu ile ilgili Türkiye’ye yönelik aşağıda birtakım öneriler verilmiştir:

- Konteyner yapı tasarımlarına yönelik, sürdürülebilir sonuçlar elde etmek için; gerekli yasal düzenlemeler hazırlanmalıdır.
- Yapı endüstrisindeki çevresel etkilerin azaltılması için, prefabrikasyon firmalarının mevcut sanayileşme düzeyi geliştirilmelidir.
- YDD çalışmalarının doğruluğunu arttırmak için, güvenilir ve açık erişimli olacak şekilde ulusal YD veri tabanlarının ve YDD yazılım araçlarının geliştirilmesi gerekmektedir.
- Ulusal YD veri tabanlarının geliştirilmesi için endüstri ve araştırmacılar arasında daha aktif iş birliğine ihtiyaç vardır.
- Çevresel açıdan en uygun mimari konfigürasyon sunan prefabrik ve modüler özellikteki konteyner konut birimleri, Türkiye’deki en uygun kullanım işlevindeki yapı türü olan geçici konutlar (örneğin; afet sonrası barınma, evsiz insanlar için barınma, öğrenci yurtları) düşünülerek gerçekleştirilebilir.

Konu ile ilgili, gelecekte araştırılması öngörülen çalışmalar şunlardır:

- Tez çalışması kapsamında konteyner yapılar özel geliştirilen YDD modeli (Şekil 3.2); entegre YDD yaklaşımını destekleyecek şekilde (çevresel etkilere ek olarak; ekonomik ve sosyal etkiler ile) geliştirilebilir. Bu doğrultuda, YDD; yapı tasarımcıları tarafından,

ekonomik ve sosyal gereksinimler gibi diğer yönlere paralel olarak kullanılacak bir karar destek aracı olarak, tasarım sürecinin bir parçası haline getirilebilir.

- Örnek çalışma kapsamında sadece TS 825 (TSE, 2013)’e göre 2. derece gün bölgesinde olan Samsun için gerçekleştirilen YDD, diğer tüm derece gün bölgeleri için de gerçekleştirilebilir. Ayrıca, her bir derece gün bölgesi için elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılabilir.
- YDD ürün sistemi olarak; örnek çalışmadaki YDD ürün sistemi dışında tutulan “ıslak hacimlere ait duvar / tavan / döşeme konfigürasyonları”, “cephede çıkma (konsol) oluşturacak modüllere ait döşeme konfigürasyonları”, “konteyner mevcut duvarları dışında yapılacak ek duvarlar (örneğin; bölücü duvarlar, tesisat duvarları) için oluşturulacak duvar konfigürasyonları”na ait YDD çalışmaları gerçekleştirilebilir.
- Geliştirilen ve konut işlevi için sınırlanan YDD modeli (Şekil 3.2), farklı işlevlerdeki konteyner yapılar üzerinden gerçekleştirilecek YDD çalışmaları için de kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Akar, E. (2017). *Geçici konut üretiminde konteyner kullanımına yönelik bir veri tabanı modeli*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 31, 33-39.
- Alemdağ, E. L. and Aydın, Ö. (2015). A study of shipping containers as a living space in context of sustainability. *Artium*, 3(1), 17-29.
- Altun, M., Akgül, Ç. M., Akçamete, A. (2020). Kabuk yalıtımının bina ısıtma enerjisi ihtiyacına, maliyetine ve karbon ayak izine etkisinin yaşam döngüsü bakış açısıyla değerlendirmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35(1), 147-164.
- Anagal, V. and Dhongade, S. (2017). Adaptability potentials of existing residential buildings in India. *International Journal on Emerging Technologies* (Special Issue-ICTOAD-2017), 8(1), 89-96.
- Andersson, L. D. (1999). Container lashing. *Technology, Law and Insurance*, 4(3-4), 191-196.
- Arslan, M. A. ve Aktaş, M. (20018). İnşaat sektöründe kullanılan yalıtım malzemelerinin ısı ve ses yalıtımı açısından değerlendirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 21(2), 299-320.
- Asif, M., Muneer, T. and Kelley, R. (2007). Life cycle assessment: A case study of a dwelling home in Scotland. *Building and Environment*, 42(3), 1391-1394.
- Aye, L., Ngo, T., Crawford, R. H., Gammampila, R., and Mendis, P. (2012). Life cycle greenhouse gas emissions and energy analysis of prefabricated reusable building modules. *Energy and Buildings*, 47, 159-168.
- Bach, R., Mohtashami, N. and Hildebrand, L. (2019). Comparative overview on LCA software programs for application in the façade design process. *Journal of Facade Design & Engineering*, 7(1), 13-26.
- Baur, X., Budnik, L. T., Zhao, Z., Bratveit, M., Djurhuus, R., Verschoor, L., Rubino, F. M., Colosio, C., and Jepsen, J. R. (2015). Health risks in international container and bulk cargo transport due to volatile toxic compounds. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 10, 19.
- Baur, X., Poschadel, B., and Budnik, L. T. (2009). High frequency of fumigants and other toxic gases in imported freight containers-An underestimated occupational and community health risk. *Occupational and Environmental Medicine*, 67(3), 207-212.
- Bayer, C., Gamble, M., and Gentry, R. (2010). *AIA guide to building life cycle assessment in practice*. Washington: The American Institute of Architects. 47-48, 59-61, 74-75.

- Bayrakçı, H. C., Davraz, M., Başpınar, E. (2011). Yeni nesil ısı yalıtım malzemesi: Vakum yalıtım paneli. *SDÜ Teknik Bilimler Dergisi*, 1(2), 1-12.
- Berbesz, A. M. and Szefer, I. M. (2018). *Innovations in shaping the residential and retail buildings. Functional and pro-environmental potential of shipping containers in architecture*. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (ENERGODOM 2018), Suzhou: IOP Publishing, 415, 012052.
- Bernardo, L. F. A., Oliveira, L. A. P., Nepomuceno, M. C. S., and Andrade, J. M. A. (2013). Use of refurbished shipping containers for the construction of housing buildings: Details for the structural project. *Journal of civil engineering and management*, 19(5), 628-646.
- Bertolini, M. and Guardigli, L. (2020). Upcycling shipping containers as building components: An environmental impact assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25, 947-963.
- Beyhan, F. (2023). Yapı yaşam döngüsü değerlendirmesi bağlamında mimaride kaynak verimliliği odaklı tasarım. *Çelik Yapılar*, 83, 19-24.
- Bingöl, B. ve Gök, A. B. (2017). Konteyner mimarisi ve yurt yapıları olarak kullanımının incelenmesi, Burdur-Isparta illeri örneği. *Inonu University Journal of Arts and Design*, 7(16), 142-157.
- Bjørn, A., Owsianiak, M., Molin, C., and Hauschild, M. Z. (2018). LCA History. In M. Z. Hauschild, R. K. Rosenbaum and S. I. Olsen (Eds.), *Life Cycle Assessment-Theory and Practice*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing, 17-30.
- Boafo, F. E., Kim, J. H., and Kim, J. T. (2016). Performance of modular prefabricated architecture: Case study-based review and future pathways. *Sustainability*, 8, 558.
- Botes, A. W. (2013). *A feasibility study of utilising shipping containers to address the housing backlog in South Africa*. Master's Thesis, Stellenbosch University, Stellenbosch, 41, 54.
- Bowley, W. and Mukopadhyaya, P. (2017). A sustainable design for an off-grid passive container house. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 8(2), 145-152.
- Bowley, W. and Mukopadhyaya, P. (2019). Effect of different climates on a shipping Container passive house in Canada. *Journal of Green Building*, 14(4), 133-153.
- Brodaski, M., Campanelli, R., and Zabinski, K. (2010). *Shipping container emergency shelters*. Licentiate thesis (Project No. RP-0109), Worcester Polytechnic Institute, Worcester, 31.
- Cabeza, L. F., Castell, A., Barreneche, C., De Gracia, A., and Fernández, A. I. (2011). Materials used as PCM in thermal energy storage in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(3), 1675–1695.

- California Department of General Services. (2020). *IR 16-10: Cargo container conversion to modular school buildings: 2019 CBC*. California: Division of the State Architect, 1-7.
- Carlo, H. J., Vis, I. F. A., and Roodbergen, K. J. (2014). Storage yard operations in container terminals: Literature overview, trends, and research directions. *European Journal of Operational Research*, 235(2), 412-430.
- Clarke, R., Heijungs, R., Huppes, G., Dutilh, C. E., Udo de Haes, H. A., Van den Berg, N. W. (1996). *Life cycle assessment: What it is and how to do it* (First edition). Paris: UNEP, 1-91.
- Consoli, F., Allen, D., Boustead, I., Fava, J., Franklin, W., Jensen A. A., De Oude, N., Parrish, R., Perriman, R., Postlethwaite, D., Quay, B., Seguin, J., and Vigon, B. (1993). *Guidelines for life-cycle assessment: A 'code of practice'* (First edition). Brussels & Pensacola, FL: Society of Environmental Toxicology and Chemistry [SETAC].
- Copertaro, B., Principi, P., and Fioretti, R. (2016). Thermal performance analysis of PCM in refrigerated container envelopes in the Italian context – Numerical modeling and validation. *Applied Thermal Engineering*, 102, 873–881.
- CSA. (1994). *Z760-94 (R2001) Life cycle assessment* (First edition). Toronto: CSA Group, 1-131.
- Curran, M. A. (2006). Life cycle assessment: Principles and practice (U.S. EPA/600/R-06/060). U.S. Environmental Protection Agency. Cincinnati, Ohio, 1-80.
- Curran, M. A. (2008). Life-Cycle Assessment. In S. E. Jorgensen and B. Fath (Eds.), *Encyclopedia of Ecology; Subject Area: Human Ecology*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier BV, 2168-2174.
- Çağlar, T. ve Esmer, S. (2015). Türkiye’de boş konteynerlerin yeniden konumlandırılması sorunu üzerine nitel bir araştırma. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(31), 242-256.
- Çelebi, G. and Aydın, A. B. (2001). *Architectural responsibilities within the context of sustainability*. In: Livable Environments and Architecture International Congress (LIVENARCH 2001), Trabzon: Karadeniz Technical University, 140-146.
- Dara, C., Hachem-Vermette, C., and Assefa, G. (2019). Life cycle assessment and life cycle costing of container-based single-family housing in Canada: A case study. *Building and Environment*, 163, 106332.
- Demirer, G. N. (2011). *Sürdürülebilir üretim ve tüketim yayınları-I: Yaşam döngüsü analizi*. Ankara: Bölgesel Çevre Merkezi-REC Türkiye, 9-11, 13-17, 20, 24-28, 33.
- Elrayies, G. M. (2017). Thermal performance assessment of shipping container architecture in hot and humid climates. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 7(4), 1114-1126.

- Engin, N. (2012). Enerji etkin tasarımda pasif iklimlendirme: Doğal havalandırma. *Tesisat Mühendisliği*, 129, 62-70.
- Erturan, B. ve Eren, Ö. (2012). Modüler yapım tekniği ile bina etkinliğini ve verimliliğini geliştirme yaklaşımının değerlendirilmesi. *NWSA-Engineering Sciences*, 7(4), 677-695.
- Faludi, J., Lepech, M. D., and Loisos, G. (2012). Using life cycle assessment methods to guide architectural decision-making for sustainable prefabricated modular buildings. *Journal of Green Building*, 7(3), 151–170.
- Gangopadhyay, S. and Mahanwar, P. A. (2020). Direct To Metal (DTM) Coatings. *Paintindia*, 8, 66-76.
- Garrido, L. (2011). *Sustainable architecture-containers* (Bilingual edition). Barcelona: Monsa Publishers, 8, 19-21.
- Giriunas, K. (2012). *Evaluation, modeling and analysis of shipping container building structures*. Master's Thesis, The Ohio State University, Ohio, 26-27, 53, 149-164, 153.
- Giriunas, K., Sezen, H., and Dupaix, R. B. (2012). Evaluation, modeling, and analysis of shipping container building structures. *Engineering Structures*, 43, 48-57.
- Guinee, J. B., Heijungs, R., Huppes, G., Zamagni, A., Masoni, P., Buonamici, R., Ekvall, T., and Rydberg, T. (2011). Life cycle assessment: Past, present, and future. *Environmental Science & Technology*, 45(1), 90–96.
- Gültekin, A. B. (2006). “Yaşam döngüsü değerlendirme” yöntemi kapsamında yapı ürünlerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik bir model önerisi. Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 13-17, 19-22, 24, 73-76.
- Günaydın, G., (2011). *Sürdürülebilirlik kapsamında çevresel ürün bildirelerinin yapı sektöründe uygulanması: Türkiye için öneri*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 21, 30-32, 36, 38.
- Heijungs, R., Guinée, J. B., Huppes, G., Lankreijer, R. M., Udo de Haes, H. A., Wegener Sleeswijk, A., Ansems, A. M. M., Eggels, P. G., Van Duin, R., De Goede, H. P. (1992). *Environmental life cycle assessment of products: Guide and backgrounds* (First edition). Utrecht: MultiCopy, Leiden, 1-130.
- Hong, J., Shen, G. Q., Mao, C., Li, Z., and Li, K. (2016). Life-cycle energy analysis of prefabricated building components: An input-output-based hybrid model. *Journal of Cleaner Production*, 112(4), 2198-2207.
- ICC ES. (2021). *AC462 – Acceptance criteria for structural building materials from intermodal shipping containers*. USA: International Code Council, Inc., 1-3.

- ICC. (2018). *2009 International Residential Code: For one- and two-family dwellings*. USA: International Code Council, Inc., 1-868.
- ICC. (2019). *ICC G5-2019 Guideline for the safe use of ISO intermodal shipping containers repurposed as buildings and building components*. USA: International Code Council, Inc., 1-33.
- ICC. (2021). *2021 International Building Code (IBC) - Chapter 31: Special Construction*. USA: International Code Council, Inc., 7-11.
- IMO. (1972). *International convention for safe containers*. Geneva: IMO.
- IMO. (2022). *The International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Code*. Geneva: IMO.
- ISO. (2002). *ISO / TS 14048: 2002 Environmental management - Life cycle assessment - Data documentation format*. Geneva: ISO / TC 207, 1-41.
- ISO. (2006a). *ISO 14040: 2006 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework* (Second edition). Geneva: ISO / TC 207, 1-20.
- ISO. (2006b). *ISO 14044: 2006 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*. Geneva: ISO / TC 207, 1-46.
- ISO. (2017). *ISO 14044: 2006 / AMD 1: 2017 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines - Amendment 1*. Geneva: ISO / TC 207, 1-3.
- ISO. (2019). *ISO 15392: 2019 Sustainability in buildings and civil engineering works - General principles* (Second edition). Geneva: ISO / TC 59 / SC 17, 1-24.
- ISO. (2020a). *ISO 14040: 2006 / AMD 1: 2020 Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework - Amendment 1* (Second edition). Geneva: ISO / TC 207, 1-2.
- ISO. (2020b). *ISO 14044: 2006 / AMD 2: 2020 Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines - Amendment 2*. Geneva: ISO / TC 207, 1-7.
- İlerisoy, Z. Y. ve Sevim Koşan, N. (2020). Standart nakliye konteynerlerin mimari tasarım kapsamında araştırılması ve Türkiye’deki kullanımına yönelik öneriler. A. Erçetin ve D. Aydemir (Der.), *Geleceğin Dünyasında Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar 2020 Mimarlık ve Tasarım / I*. Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım, 31-48.
- İnternet: 4 Walls Overnight. URL-19: <https://4wallsovernight.com/2021/12/27/shipping-container-foundation-footing/> Son Erişim Tarihi: 10.09.2022.
- İnternet: Adım Plywood: Kontrplak. URL-53: <https://adimplywood.com/urunler/kontrplak/> Son Erişim Tarihi: 11.08.2023.

İnternet: Adopte un Conteneur. URL-21: <https://adopte-un-conteneur.fr/construction/comment-construire-un-batiment-avec-des-containers-maritimes/> Son Erişim Tarihi: 15.01.2023.

İnternet: Arc Daily. URL-24: <https://www.archdaily.com/882265/10-excellent-examples-of-works-that-adopt-the-use-of-containers> Son Erişim Tarihi: 07.12.2022.

İnternet: Architects' Journal. URL-25: <https://www.architectsjournal.co.uk/archive/napper-designs-shipping-container-home-for-sunderland-co-operative> Son Erişim Tarihi: 07.12.2022.

İnternet: ASTM International: ASTM A242/A242M-13(2018) - Standard Specification for High-Strength Low-Alloy Structural Steel. URL-12: https://www.astm.org/a0242_a0242m-13r18.html Son Erişim Tarihi: 04.08.2022.

İnternet: Bowron, J., Gulliford, J., Churchill, E., Cerone, J., Mallie, J. (2016). Modular building units, and methods of constructing and transporting same (United States Patent US 9458619B2). URL: <https://patents.google.com/patent/US9458619B2/en> Son Erişim Tarihi: 19.01.2022.

İnternet: Campbell-Dollaghan, K. (2014). The simple metal mechanism that changed the global economy forever. URL: <http://gizmodo.com/the-simple-metal-mechanism-that-changed-the-global-econ-1530878459> Son Erişim Tarihi: 28.05.2021.

İnternet: Champion Prefabs. URL-45: <https://www.championprefabs.com/history-of-prefab-homes-how-we-got-from-stick-built-to-modular-homes/> Son Erişim Tarihi: 28.07.2021.

İnternet: Civil Digital. URL-22: <https://civildigital.com/base-isolation-system-outline-on-principles-types-advantages-applications/sliding-bearing/> Son Erişim Tarihi: 12.09.2022.

İnternet: Clark, P. C. (1989). Method for converting one or more steel shipping containers into a habitable building at a building site and the product thereof (United States Patent US 4854094A). URL: <https://patents.google.com/patent/US4854094A/en> Son Erişim Tarihi: 10.03.2022.

İnternet: Conexwest. URL-29: <https://www.conexwest.com/container-fabrication#All> Son Erişim Tarihi: 28.07.2021.

İnternet: Container Homes Net Blog. URL-43: <https://shippingcontainerblog.net/shipping-container-home-construction/merging-two-shipping-containers/> Son Erişim Tarihi: 28.08.2022.

İnternet: Container House. URL-31: <http://ww.containerhouse.wordpress.com/> Son Erişim Tarihi: 28.07.2021.

İnternet: Containers Direct. URL-33: <https://www.shippingcontainersuk.com/brands/ply-lined-shipping-containers.php> Son Erişim Tarihi: 28.07.2021.

İnternet: ÇEDBİK: Yeşil Binalar. URL-4: <https://www.cedbik.org/yesilbina> Son Erişim Tarihi: 04.12.2021.

İnternet: Dalsan: Bordo Corex. URL-52: <https://dalsan.com.tr/UrunDetay/Index/24> Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.

İnternet: Dalsan: Satentek- Saten Perdah Alçısı. URL-50: http://www.dalsan.com.tr/CmsFiles/Documents/TDS_satentek_foy_tr.pdf Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.

İnternet: Egger: Egger OSB 3. URL-54: <https://www.egger.com/tr/building/product-detail/OSB3?country=TR> Son Erişim Tarihi: 13.05.2023.

İnternet: Epsa Yalıtım-Yapı Kimyasalları. URL-66: <https://epsa.com.tr/wp-content/uploads/2024/01/EPSA-KATALOG.pdf> Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.

İnternet: Expafol: EVA 100 Serisi. URL-57: <https://expafol.com/en/products/eva-2/> Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.

İnternet: EZero Spray Foam. URL-28: <https://uvaluesprayfoam.ie/applications/shipping-container-insulation/container-insulation-exterior/> Son Erişim Tarihi: 09.12.2022.

İnternet: Falcon Structures. URL-44: <https://www.falconstructures.com/blog/connect-shipping-containers> Son Erişim Tarihi: 28.08.2022.

İnternet: Fine Homebuilding. URL-40: <https://www.finehomebuilding.com/2014/01/08/removing-vinyl-siding> Son Erişim Tarihi: 28.07.2022.

İnternet: Finnegan, M. (2020). Get Your Shipping Container Painted. URL: <https://www.gatewaycontainersales.com.au/get-your-shipping-container-painted/> Son Erişim Tarihi: 21.01.2022.

İnternet: Fireplace Doors Online. URL-11: <https://www.fireplacedoorsonline.com/corten-steel-patina-processes.html> Son Erişim Tarihi: 20.08.2021.

İnternet: Fixa Yapı Kimyasalları: Akrilan 200. URL-55: <https://www.fixa.com.tr/akrilan-200/> Son Erişim Tarihi: 18.05.2023.

İnternet: FoilBoard Insulation Systems. URL-30: <https://www.foilboard.com.au/blog/insulation-today-and-how-it-can-help-you/> Son Erişim Tarihi: 28.07.2021.

İnternet: Frame. URL-23: <https://frameweb.com/article/urbantainer-breaks-down-the-negative-stereotypes-of-modular-building> Son Erişim Tarihi: 07.12.2022.

İnternet: Freepng.fr. URL-8: <https://www.freepng.fr/telecharger/conteneur-d-exp%C3%A9dition.html> Son Erişim Tarihi: 02.04.2022.

İnternet: Freight Traders: Container specs. URL-10: <http://www.freightraders.co.nz/> Son Erişim Tarihi: 26.04.2021.

İnternet: Gateway Containers. URL-15: <https://www.gatewaycontainersales.com.au/blog/shipping-container-floors/> Son Erişim Tarihi: 12.11.2022.

İnternet: Get Simple Box. URL-27: <https://getsimplebox.com/container-modification/insulation/> Son Erişim Tarihi: 09.12.2022.

İnternet: Heltzen, A. (2021). What to know about plumbing in shipping container homes. URL: <https://prefabie.com/plumbing-in-shipping-container-homes/> Son Erişim Tarihi: 21.01.2022.

İnternet: Holt, A. J., Elkinton, V. S. (2003). Load securement method for general cargo (United States Patent US 6666635B2). URL: <https://patents.google.com/patent/US6666635B2/en> Son Erişim Tarihi: 15.03.2022.

İnternet: Honomobo. URL-38: <https://www.honomobo.com/us/ritchie-ho2> Son Erişim Tarihi: 02.01.2023.

İnternet: Indoor Outdoors. URL-18: <https://www.indooroutdoors.co.uk/products/shipping-container-foundation-concrete-base-mold> Son Erişim Tarihi: 10.09.2022.

İnternet: ISO: ISO deliverables - The different types of ISO publications. URL-2: <https://www.iso.org/deliverables-all.html> Son Erişim Tarihi: 22.02.2021.

İnternet: ISO: Standards by ISO/TC 104 - Freight containers. URL-73: <https://www.iso.org/committee/49070/x/catalogue/> Son Erişim Tarihi: 15.01.2024.

İnternet: ISO: Standards by ISO/TC 207 - Environmental management. URL-1: <https://www.iso.org/committee/54808/x/catalogue/> Son Erişim Tarihi: 15.12.2020.

İnternet: ISO: Standards by ISO/TC 59 - Buildings and civil engineering works. URL-72: <https://www.iso.org/committee/49070/x/catalogue/> Son Erişim Tarihi: 15.01.2024.

İnternet: i4 Less Featuring. URL-32: <https://www.insulation4less.com/shipping-container-insulation-high-r-vapor-and-radiant-barrier> Son Erişim Tarihi: 28.07.2021.

İnternet: İnceten Yalıtım. URL-58: <https://www.inceten.com/wp-content/uploads/2015/06/Izocam-XPS-Tip-ve-Yogunluk-Tablosu.pdf> Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.

İnternet: Johanson, M. (2023). Preventing and stopping condensation in shipping container home. URL: <https://icontainerhome.com/preventing-stopping-condensation-in-shipping-container-home/> Son Erişim Tarihi: 08.02.2023.

İnternet: Kale: Kataloglar & Kılavuzlar. URL-70: <https://www.kale.com.tr/kataloglar-ve-kilavuzlar> Son Erişim Tarihi: 02.07.2023.

İnternet: Keskin, E. (2015). Kullanılmış kargo konteynerleri yaşam alanları olarak geri dönüşüyor (mu?). URL: <https://gaiadergi.com/kullanilmis-kargo-konteynerleri-yasam-alanlari-olarak-donusuyor-mu/> Son Erişim Tarihi: 13.01.2021.

İnternet: Konyil: Ravaber Taşyünü. URL-59: <https://www.konyil.com.tr/images/urun/ravaber/ravaber.pdf> Son Erişim Tarihi: 17.04.2023.

İnternet: Latham's Steel Doors Australia. URL-36: <https://www.lathamsteeldoors.com.au/support/how-to-install-a-shipping-container-window/> Son Erişim Tarihi: 21.04.2022.

İnternet: Lewarchik, R. (2019). The Rapidly Growing Segment of Direct to Metal Coatings. URL: <https://knowledge.ulprospector.com/9645/pc-the-rapidly-growing-segment-of-direct-to-metal-coatings/> Son Erişim Tarihi: 13.01.2023.

İnternet: Lion Containers. URL-39: <https://www.lioncontainers.co.uk/case-studies/cladded-40ft-x-16ft-container-office-for-health-app-developers/> Son Erişim Tarihi: 28.07.2022.

İnternet: Marine Insight. URL-34: <https://www.marineinsight.com/tech/insulated-shipping-containers/> Son Erişim Tarihi: 28.07.2021.

İnternet: McLean, M. (1958). Apparatus for shipping freight (United States Patent US 2853968A). URL: <https://patents.google.com/patent/US2853968A/en> Son Erişim Tarihi: 15.03.2022.

İnternet: Morin, M. (2023). Everything you need to know about painting a shipping container. URL: <https://www.falconstructures.com/blog/shipping-container-paint-> Son Erişim Tarihi: 23.08.2023.

İnternet: Pagnotta, B. (2011). The pros and cons of cargo. URL: <http://www.archdaily.com/160892/the-pros-and-cons-of-cargo-container-architecture/> Son Erişim Tarihi: 21.01.2022.

İnternet: Polisan Home Cosmetics: Elegans Ekstra Tavan. URL-49: https://www.polisan.com.tr/elegans-extra-ceiling_p382 Son Erişim Tarihi: 11.03.2023.

İnternet: Polisan Home Cosmetics: Elegans Extra Yarı Mat. URL-48: https://www.polisan.com.tr/elegans-extra-yari-mat_p135 Son Erişim Tarihi: 10.02.2023.

İnternet: Polisan Home Cosmetics: Polimetal Düz. URL-61: https://www.polisan.com.tr/polimetal-duz_p195 Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.

İnternet: Polisan Home Cosmetics: Politex Dekoratif Yarı Mat Su Bazlı. URL-56: https://polisan.com.tr/politex-dekoratif-yari-mat-su-bazli_p189 Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.

İnternet: PRé Sustainability: ReCiPe. URL-64: <https://pre-sustainability.com/articles/recipe/> Son Erişim Tarihi: 10.03.2022.

İnternet: Premier Box. URL-20: <https://premiershippingcontainers.com.au/2017/11/01/the-best-way-to-build-a-level-foundation-for-your-shipping-container/> Son Erişim Tarihi: 13.09.2022.

İnternet: Pulver: Broşürler. URL-60: <https://pulver.com.tr/brochures/> Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.

İnternet: Pürtiz Teknik İzolasyon A.Ş. URL-68: <https://purtiz.com.tr/index.php/poliuretan-isi-yalitim-levha-tanimi/> Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.

İnternet: PV14. URL-17: <https://pv14house.com/> Son Erişim Tarihi: 06.09.2022.

İnternet: Roberts, T. (2018). How to Make a Shipping Container Home Truly Sustainable. URL: <https://www.buildwithrise.com/stories/how-to-build-a-shipping-container-home-truly-sustainable> Son Erişim Tarihi: 13.01.2020.

İnternet: Saras Kimya: Epomax 02 HUM Nem Astarı. URL-62: <https://saraskimya.com/astarlar/epomax-02-hum-epoksi-nem-astari/> Son Erişim Tarihi: 18.06.2023.

İnternet: Seattle Tacoma Containers. URL-41: <https://seattletacomashippingcontainers.com/> Son Erişim Tarihi: 17.06.2022.

İnternet: SIA Magazin. URL-46: <https://siamagazin.com/3-bedroom-luxury-shipping-container-home/> Son Erişim Tarihi: 28.07.2021.

İnternet: SimaPro Help Center: Perspectives and weighing approach in ReCiPe method. URL-65: <https://support.simapro.com/s/article/Perspectives-and-weighing-approach-in-ReCiPe-method> Son Erişim Tarihi: 10.08.2022.

İnternet: SimaPro Help Center: SimaPro - Methods manual. URL-7: <https://support.simapro.com/s/article/SimaPro-Methods-manual> Son Erişim Tarihi: 11.12.2022.

İnternet: SimaPro Help Center: SimaPro Tutorial. URL-47: <https://support.simapro.com/s/article/SimaPro-Tutorial> Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.

İnternet: SimaPro: Plans and pricing. URL-63: <https://simapro.com/plans/> Son Erişim Tarihi: 11.05.2022.

İnternet: Spreyman. URL-37: https://www.spreyman.com/konteyner-yalitim-poliuretan-kopuk-uygulamasi_129n Son Erişim Tarihi: 20.02.2022.

- İnternet: Stan, A. (2020). Replace or repair delaminated shipping container floor. URL: <https://usacontainers.co/replace-or-repair-delaminated-shipping-container-floor/> Son Erişim Tarihi: 19.01.2022.
- İnternet: Steel Grades: SCW49. URL-13: <https://www.steel-grades.com/Steel-Grades/Mould-Steel/SCW49.html> Son Erişim Tarihi: 08.08.2022.
- İnternet: Steel Grades: SM50YA. URL-14: <https://www.steel-grades.com/Steel-Grades/Carbon-Steel/SM50YA.html> Son Erişim Tarihi: 12.08.2022.
- İnternet: Stetson, R. (2022). How to Build a Wall Inside a Shipping Container. URL: <https://www.containeraddict.com/how-to-build-a-wall-inside-a-shipping-container/> Son Erişim Tarihi: 13.01.2023.
- İnternet: Stetson, R. (2023). How to Frame a Shipping Container. URL: <https://www.containeraddict.com/how-to-frame-a-shipping-container/> Son Erişim Tarihi: 14.03.2023.
- İnternet: Stoltz, R. (2022). Shipping Container Siding: How-to, Cost Breakdown, and More! URL: <https://www.containeraddict.com/shipping-container-siding/> Son Erişim Tarihi: 18.02.2023.
- İnternet: Super Cubes. URL-16: <https://www.supercubes.com/blog/2013/04/container-floors-a-close-up-look> Son Erişim Tarihi: 12.11.2022.
- İnternet: Sümer, H. (2019). Malzemelerin ve Gazların Isıl İletkenliği. URL: <https://argevetasarim.com/malzemelerin-ve-gazlarin-isil-iletkenligi/> Son Erişim Tarihi: 13.03.2022.
- İnternet: Süratam Sustainability Servives: TLCID, TurComDat. URL-5: <https://suratam.org/hizmetler/veritabanlari/> Son Erişim Tarihi: 05.12.2021.
- İnternet: Sy pyl. URL-69: <https://www.sy pyl.com/sy pyl/> Son Erişim Tarihi: 17.06.2023.
- İnternet: T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı: Konteyner istatistikleri. URL-9: <https://denizcilikistatistikleri.uab.gov.tr/konteyner-istatistikleri> Son Erişim Tarihi: 14.01.2021.
- İnternet: Tecserv Engineering Company Limited. URL-35: <https://www.tecserveng.com/> Son Erişim Tarihi: 21.04.2022.
- İnternet: Tepe Betopan: Doküman Merkezi. URL-51: <https://www.betopan.com.tr/tr/dokuman-merkezi> Son Erişim Tarihi: 11.05.2023.
- İnternet: The Container Guy. URL-26: <https://thecontainerguy.ca/product/shipping-container-bridge-fitting-clamp/> Son Erişim Tarihi: 07.10.2022.
- İnternet: The EPD Registry: eConLCA - Building Life Cycle Assessment and Design Tool. URL-3: <https://www.theepdregistry.com/econlca/> Son Erişim Tarihi: 20.10.2021.

İnternet: TLCID-Türkiye Yaşam Döngüsü Veri Tabanı. URL-6: <https://tlcid.org/hakkinda/> Son Erişim Tarihi: 05.12.2021.

İnternet: Trend House Designs. URL-42: <https://newtrendhouses.com/the-most-beautiful-and-affordable-shipping-container-house-design-adding-color-to-life/> Son Erişim Tarihi: 17.06.2022.

İnternet: TSE. URL-71: <https://intweb.tse.org.tr/Standard/Standard/StandardAra.aspx> Son Erişim Tarihi: 11.05.2021.

İnternet: Williams, E. and Eikenaar, S. (2022). Finding your way in multifunctional processes and recycling. URL: <https://pre-sustainability.com/articles/finding-your-way-in-allocation-methods-multifunctional-processes-recycling/> Son Erişim Tarihi: 28.11.2022.

İnternet: Yapıloji. URL-67: https://yapiloji.com.tr/picture/ode-yapi_yalitim_brosurupdf.pdf Son Erişim Tarihi: 22.07.2023.

İslam, H., Zhang, G., Setunge, S., and Bhuiyan, M. (2016). Life cycle assessment of shipping container home: A sustainable construction. *Energy and Buildings*, 128, 673-685.

İsmail, M., Al-Obaidi, K. M., Rahman, A. M. A., and Ahmad, M. I. (2015). Container architecture in the hot-humid tropics: Potential and constraints. In T. T. Tow, Y. Yusup and W. Fadhlullah (Eds.) *4th International Conference on Environmental Research and Technology (ICERT 2015)*. Penang: Redhouse Business Solution, 142-149.

Jensen, A. A. (1996). LCA on the right track! *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1(3), 121-122.

Johanson, G. and Svedberg, U. (2020). A novel method for pre-ventilation of shipping containers. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 230, 113626.

JTW Consulting. (2014). *Onesasan container housing Project*. Vancouver: Atira Women's Resource Society, 21.

Kamali, M. and Hewage, K. (2016). Life cycle performance of modular buildings: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 1171-1183.

Kamazaraly, M. A., Xu, T. H., and Yaakob, A. M. (2017). A feasibility study on container construction in Malaysia. *Journal of Built Environment, Technology and Engineering*, 3, 110-119.

Kausar, A. (2018). Polymer coating technology for high performance applications: Fundamentals and advances. *Journal of Macromolecular Science Part A*, 55(5), 440-448.

Kemaneci, H. İ. (2019). *Seramik karolarda ısı konfor ve enerji analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya, 15.

- Khasreen, M. M., Banfill, P. F. G., and Menzies, G. F. (2009). Life-cycle assessment and the environmental impact of buildings: A review. *Sustainability*, 1(3), 674-701.
- Kumar, V., Hewage, K., and Sadiq, R. (2015). Life cycle assessment of residential buildings: A case study in Canada. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 9(8), 1009-1017.
- Lambert, P. (2016). Sustainability of metals and alloys in construction. In J. M. Khatib (Ed.), *Sustainability of construction materials* (Second edition). Sawston, UK: Woodhead Publishing, 105-128.
- Lindfors, L.G., Christiansen, K., Hoffman, L., Virtanen, Y., Juntilla, V., Hanssen, O. J., Rønning, A., Ekvall, T., Finnveden, G. (1995). *Nord 1995: 20: Nordic guidelines on life-cycle assessment* (First edition). Stockholm: Nordic Council of Ministers, 1-224.
- Ling, P. C. H., Tan, C. S., Lee, Y. H., Mohammad, S. (2019). *Technical Information on ISO Shipping Container*. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (SIE 2019), Suzhou: IOP Publishing, 884, 012042.
- Luyts, L., and Mück, O. (2011). Security of containers at terminals in Benelux countries: Practical experiences. *Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie*, 61(12), 408-411.
- Madkour, M. W. (2017). *Shipping containers as an approach to increase the quality of economic sustainable buildings in Egypt*. In: 1st International Conference on Towards A Better Quality of Life, El Gouna.
- Mao, C., Shen, Q., Shen, L., and Tang, L. (2013). Comparative study of greenhouse gas emissions between off-site prefabrication and conventional construction methods: Two case studies of residential projects. *Energy and Buildings*, 66, 165-176.
- MBI. (2017). *Safe use and compliance of modified ISO shipping containers for use as buildings and building components*. Charlottesville, VA, USA: Modular Building Institute and National Portable Storage Association, 1-23.
- McDonough, W. and Braungart, M. (2002). *Cradle to cradle: Remaking the way we make things* (First edition). New York: North Point Press.
- Menzies, G., Turan, S., and Banfill, P. (2007). LCA, methodologies, inventories and embodied energy: A review. *Construction Materials*, 160(4), 135-143.
- Metropolis, N., and Ulam, S. (1949). The Monte Carlo Method. *Journal of the American Statistical Association*, 44(247), 335-341.
- Moore, C. M., Yıldırım, S. G., and Baur, S. W. (2015). *Educational adaptation of cargo container design features*. In: 2015 ASEE Zone III Conference (Gulf Southwest – Midwest – North Midwest Sections), Springfield, Missouri.

- Morawski, C. (2006). Embodied energy: We can't measure the impact of solid waste unless we study the energy we throw away. *Alternatives Journal*, 32(1), 19.
- Murata, T. (2011). Weathering Steel. In R. W. Revie (Ed.), *Uhlig's corrosion handbook* (Third edition). Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 621-631.
- Ngo, T., Gammampila, R., Aye, L., and Mendis, P. (2009). *Embodied energy analysis of prefabricated reusable modules for a multi-residential building*. In: Solar09: 47th Annual Conference of the Australian and New Zealand Solar Energy Society (ANZSES), Townsville, Queensland.
- Obrecht, M. and Knez, M. (2017). Carbon and resource savings of different cargo container designs. *Journal of Cleaner Production*, 155(1), 151-156.
- Olivares, A. A. P. (2010). *A comparative life cycle analysis of container architecture for residential structures*. Master's Thesis, Victoria University of Wellington, Wellington, 62, 208.
- Oliveira, M. A. M. G. (2014). *Flexible sustainable architecture: major challenges between north and south*. Master's Thesis, Technical University of Lisbon, Lisbon, 7, 8.
- Öcal, A. (2014). *Demir çelik sektöründe atık yönetimi*. Uzmanlık Tezi, Türkiye Cumhuriyeti Kalkınma Bakanlığı İktisadi Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Ankara, 105.
- Özeler Kanan, N., Gültekin, A. B. ve Çelebi, G. (2015). *Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi kapsamında enerji verimli cephe sistemlerine ilişkin bir literatür araştırması*. II. Uluslararası Sürdürülebilir Yapılar Sempozyumunda sunuldu, Ankara.
- Pagnon, F., Mathern, A. and Ek, K. (2020). *A review of online sources of open-access life cycle assessment data for the construction sector*. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Suzhou: IOP Publishing, 588, 042051.
- Pan, W. and Teng, Y. (2021). A systematic investigation into the methodological variables of embodied carbon assessment of buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 141, 110840.
- Peña, J. A. and Schuzer, K. (2012). Design of reusable emergency relief housing units using general-purpose (GP) shipping containers. *International Journal Of Engineering Research and Innovation*, 4(2), 55-64.
- Peuportier, B. L. P. (2001). Life cycle assessment applied to the comparative evaluation of single family houses in the French context. *Energy and Buildings*, 33(5), 443-450.
- Pons, O. and Wadel, G. (2011). Environmental impacts of prefabricated school buildings in Catalonia. *Habitat International*, 35(4), 553-563.

- Quale, J., Eckelman, M. J., Williams, K. W., Sloditskie, G., and Zimmerman, J. B. (2012). Construction matters: Comparing environmental impacts of building modular and conventional homes in the United States. *Journal of Industrial Ecology*, 16(2), 243-253.
- Rawat, M, Sharma, D., Sharma, J., Ahuja, S. K., Chandra, A., Barman, S., and Arya, R. K. (2021). Introduction to Polymeric Coatings. In S. M. Rangappa, J. Parameswaranpillai, and S. Siengchin (Eds.), *Polymer Coatings Technology and Applications*. Boca Raton: CRC Press, 1-18.
- Reza, B., Sadiq, R., and Hewage, K. (2014). Emergy-based life cycle assessment (Em-LCA) of multi-unit and single-family residential buildings in Canada. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3(2), 207–224.
- Ringvold, A. (2017). *Prospective life cycle assessment of container shipping*. Master's Thesis, Norwegian University, Trondheim, 7-8.
- Robinson, A. (2017). *ISBU modular construction and building design prototypes*. Ph.D Thesis, Loughborough University, Loughborough, 36.
- Rodriguez, J. P., Comtois, C., and Slack, B. (2013). *The geography of transport systems* (Third edition). New York: Routledge, 239.
- Salama, T., Moselhi, O., and Al-Hussein, M. (2018). *Modular industry characteristics and barriers to its increased market share*. In: 2018 World of Modular Annual Convention & Tradeshow, Hollywood, Florida.
- Satola, D., Kristiansen, A. B., Houlihan-Wiberg, A., Gustavsen, A., Ma, T., and Wang, R. Z. (2020). Comparative life cycle assessment of various energy efficiency designs of a container-based housing unit in China: A case study. *Building and Environment*, 186, 107358.
- Sawyers, P. (2008). *Intermodal shipping container small steel buildings* (Second edition). Kentucky: Lulu Press, Inc., 56.
- Sevim Koşan, N. (2020). Nakliye konteynerinin mimari hacim bağlamında ısı performansına üzerine bir araştırma. M. Dal (Der.), *Geleneksel ve Çağdaş Mimari Yapılar Üzerine Akademik Çalışmalar*. Ankara: İKSAD yayınevi, 87-126.
- Sevim Koşan, N. ve Beyhan, F. (2023). *Atık standart nakliye konteynerinin mimari hacim bağlamında toksisite durumu üzerine bir araştırma*. 9.Uluslararası Mimarlık ve Tasarım Kongresinde sunuldu, İstanbul: Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları, 332-340.
- Sevim Koşan, N. ve Beyhan, F. (2024). *Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) yönteminde veri tabanının ve yazılım aracının belirlenmesine yönelik bir araştırma: Türkiye yapı endüstrisi örneği*. 8. Uluslararası Mimarlık ve Şehircilik Çağdaş İlişkiler Konferansında sunuldu, Antalya: Alanya Belediyesi, 346-354.

- Shao, Y., Jia, C., Meng, G., Zhang, T., and Wang, F. (2009). The role of a zinc phosphate pigment in the corrosion of scratched epoxy-coated steel. *Corrosion Science*, 51(2), 371–379.
- Sharma, A., Saxena, A., Sethi, M., Shree, V., and Varun (2011). Life cycle assessment of buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 871–875.
- Shen, J., Copertaro, B., Zhang, X., Koke, J., Kaufmann, P, and Krause, S. (2020). Exploring the potential of climate-adaptive container building design under future climates scenarios in three different climate zones. *Sustainability*, 12(1), 108.
- Silva, J. B. (2013). Unidades de construcción de acero intermodal como alternativa para la construcción de viviendas de bajos ingresos en Puerto Rico (Intermodal steel building units as an alternative for building low-income housing units in Puerto Rico). *Fórum Empresarial*, 1(2), 17-24.
- Singamas. (2011). Technical Specification for 20' x 8' x 8'6" ISO 1CC Type Steel Dry Cargo Container. China: Singamas Management Services Ltd., 1-15.
- Smith, R. E. (2010). *Prefab architecture: A guide to modular design and construction* (First edition). Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 174, 175-176, 193-205.
- Soares, N., Costa, J. J., Gasper, A. R., Santos, P. (2013). Review of passive PCM latent heat thermal energy storage systems towards buildings' energy efficiency. *Energy and Buildings*, 59, 82-103.
- Speck, R. L. (2014). *A comparative analysis of commercially available life cycle assessment software*. Ph.D Thesis, Michigan State University, Michigan, 34.
- Suh, S. and Hupples, G. (2005). Methods for life cycle inventory of a product. *Journal of Cleaner Production*, 13(7), 687–697.
- Svedberg, U. and Johanson, G. (2013). Work inside ocean freight containers – personal exposure to off-gassing chemicals. *Annals of Occupational Hygiene*, 57(9), 1128–1137.
- Szalay, Z. (2007). *Life cycle environmental impacts of residential buildings*. Ph.D Thesis, Budapest University, Budapest, 55-58.
- Tan, C. S. and Ling, P. C. H. (2018). Shipping container as shelter provision solution for post-disaster reconstruction. In Y.F. Huang, K.W. Tan, L. Ling and K.H. Leong (Eds.), *International Conference on Civil and Environmental Engineering (ICCEE 2018)*. Hangzhou: EDP Sciences, 65, 08007.
- Tavares, V., Lacerda, N., and Freire, F. (2019). Embodied energy and greenhouse gas emissions analysis of a prefabricated modular house: The “Moby” case study. *Journal of Cleaner Production*, 212, 1044-1053.

- Treloar, G. J., Gupta, H., Love, P. E. D., and Nguyen, B. (2003). An analysis of factors influencing waste minimisation and use of recycled materials for the construction of residential buildings. *Management of Environmental Quality An International Journal*, 14(1), 134-145.
- TSE. (2013). *TS 825: Binalarda Isı yalıtım kuralları*. Ankara: TSE, 1-83.
- United States of America-Department of Defense. (2002). Guide to container inspection for commercial and military intermodal containers (MIL-HDBK-138B). *The United States Department of Defense*. Virginia, 1-143.
- Verma, S., Mohanty, S., and Nayak, S. K. (2019). A review on protective polymeric coatings for marine applications. *Journal of Coatings Technology and Research*, 16(2), 307–338.
- Vijayalaxmi, J. (2010). Towards sustainable architecture—A case with greentainer. *Local Environment: The International Journal of Justice and Sustainability*, 15(3), 245-259.
- Widdowson, C. (2013). Container handling: Chemicals in containers – problems and risks. *Port Technology International*, 56, 46-48.
- Xie, R., Zhao, Y., and Chen, L. (2020). Structural path analysis and its applications: Literature review. *National Accounting Review*, 2(1), 83-94.
- Yellishetty, M, Mudd, G. M., Ranjith, P. G., and Tharumarajah, A. (2011). Environmental life-cycle comparisons of steel production and recycling: sustainability issues, problems and prospects. *Environmental Science and Policy*, 14(6), 650–663.
- Zhang, Z., Wu, X., Yang, X., and Zhu, Y. (2006). BEPAS - A life cycle building environmental performance assessment model. *Building and Environment*, 41(5), 669-675.
- Zink, T., Geyer, R., and Startz, R. (2018). Toward estimating displaced primary production from recycling: A case study of U.S. Aluminum. *Journal of Industrial Ecology*, 22(2), 314–326.
- Zuo, Y. and Zha, X. (2017). FEM and experimental study on mechanical property of container building with holes. *International Journal of Steel Structures*, 17(1), 175-194.

EKLER

EK-1. “Çevre yönetim sistemi” ve “Yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili standartlar

Çizelge 1.1. ISO 1400 Çevre yönetim sistemi standartları serisi (Url-1)

Üst Başlık	Standart	Başlık
ISO / TC 207 / SC 1 Çevre yönetim sistemleri	ISO 14001: 2015	Environmental management systems - Requirements with guidance for use (Çevre yönetim sistemleri - Kullanım kılavuzuyla birlikte gereklilikler)
	ISO 14001: 2015 / Amd 1: 2024	Environmental management systems - Requirements with guidance for use - Amendment 1: Climate action changes (Çevre yönetim sistemleri - Kullanım kılavuzuyla birlikte gereklilikler - Değişiklik 1: İklim eylemi değişiklikleri)
	ISO 14002-1: 2019	Environmental management systems - Guidelines for using ISO 14001 to address environmental aspects and conditions within an environmental topic area - Part 1: General (Çevre yönetim sistemleri - Çevresel bir konu alanındaki çevresel hususları ve koşulları ele almak için ISO 14001'in kullanılmasına yönelik kılavuzlar - Bölüm 1: Genel)
	ISO 14002-2: 2023	Environmental management systems - Guidelines for using ISO 14001 to address environmental aspects and conditions within an environmental topic area - Part 2: Water (Çevre yönetim sistemleri - Çevresel bir konu alanındaki çevresel hususları ve koşulları ele almak için ISO 14001'in kullanılmasına yönelik kılavuzlar - Bölüm 2: Su)
	ISO 14004: 2016	Environmental management systems - General guidelines on implementation (Çevre yönetim sistemleri - Uygulamaya ilişkin genel yönergeler)
	ISO 14005: 2019	Environmental management systems - Guidelines for a flexible approach to phased implementation (Çevre yönetim sistemleri - Aşamalı uygulamaya yönelik esnek bir yaklaşım için yönergeler)
	ISO 14006: 2020	Environmental management systems - Guidelines for incorporating ecodesign (Çevre yönetim sistemleri - Ekotasarımın dahil edilmesine yönelik yönergeler)
	ISO 14007: 2019	Environmental management - Guidelines for determining environmental costs and benefits (Çevre yönetimi - Çevresel maliyetlerin ve faydaların belirlenmesine yönelik yönergeler)
	ISO 14008: 2019	Monetary valuation of environmental impacts and related environmental aspects (Çevresel etkilerin ve ilgili çevresel boyutların parasal değerlendirmesi)
	ISO 14009: 2020	Environmental management systems - Guidelines for incorporating material circulation in design and development (Çevre yönetim sistemleri - Tasarım ve geliştirmede malzeme sirkülasyonunu dahil etmeye yönelik yönergeler)
	ISO 14051: 2011	Environmental management - Material flow cost accounting - General framework (Çevre yönetimi - Malzeme akış maliyeti muhasebesi - Genel çerçeve)

EK-1. (devam) “Çevre yönetim sistemi” ve “Yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili standartlar

Çizelge 1.1. (devam) ISO 1400 Çevre yönetim sistemi standartları serisi (Url-1)

Üst Başlık	Standart	Başlık
ISO / TC 207 / SC 1 (devam) Çevre yönetim sistemleri	ISO 14052: 2017	Environmental management - Material flow cost accounting - Guidance for practical implementation in a supply chain (Çevre yönetimi - Malzeme akış maliyeti muhasebesi - Tedarik zincirinde pratik uygulama kılavuzu)
	ISO 14053: 2021	Environmental management - Material flow cost accounting - Guidance for phased implementation in organizations (Çevre yönetimi - Malzeme akış maliyeti muhasebesi - Organizasyonlarda aşamalı uygulama kılavuzu)
ISO / TC 207 / SC 2 Çevre denetimi ve ilgili çevresel incelemeler	ISO 14015: 2022	Environmental management - Guidelines for environmental due diligence assessment (Çevre yönetimi - Çevresel durum tespiti değerlendirmesi için yönergeler)
	ISO 14016: 2020	Environmental management - Guidelines on the assurance of environmental reports (Çevre yönetimi - Çevre raporlarının güvence altına alınmasına ilişkin yönergeler)
	ISO 14017: 2022	Environmental management - Requirements with guidance for verification and validation of water statements (Çevre yönetimi - Su beyanlarının doğrulanması ve geçerli kılınması için rehberlik içeren gereklilikler)
ISO / TC 207 / SC 3 Çevresel etiketleme	ISO 14020: 2022	Environmental statements and programmes for products - Principles and general requirements (Ürünler için çevresel beyanlar ve programlar - İlkeler ve genel gereklilikler)
	ISO 14021: 2016	Environmental labels and declarations - Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling) (Çevre etiketleri ve beyanları - Kendinden beyan edilen çevresel iddialar (Tip II çevre etiketlemesi))
	ISO 14021: 2016 / Amd 1: 2021	Environmental labels and declarations - Self-declared environmental claims (Type II environmental labelling) - Amendment 1: Carbon footprint, carbon neutral (Çevre etiketleri ve beyanları - Kendinden beyan edilen çevresel iddialar (II. Tip çevre etiketlemesi) - Değişiklik 1: Karbon ayak izi, karbon nötr)
	ISO 14024: 2018	Environmental labels and declarations - Type I environmental labelling - Principles and procedures (Çevre etiketleri ve beyanları - Tip I çevre etiketlemesi - İlkeler ve prosedürler)
	ISO 14025: 2006	Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures (Çevre etiketleri ve beyanları - Tip III çevre beyanları - İlkeler ve prosedürler)
	ISO 14026: 2017	Environmental labels and declarations - Principles, requirements and guidelines for communication of footprint information (Çevre etiketleri ve beyanları - Ayak izi bilgilerinin iletilmesi için ilkeler, gereksinimler ve yönergeler)

EK-1. (devam) “Çevre yönetim sistemi” ve “Yaşam döngüsü değerlendirme” ile ilgili standartlar

Çizelge 1.1. (devam) ISO 1400 Çevre yönetim sistemi standartları serisi (Url-1)

Üst Başlık	Standart	Başlık
ISO / TC 207 / SC 3 (devam) Çevresel etiketleme	ISO / TS 14027: 2017	Environmental labels and declarations - Development of product category rules (Çevre etiketleri ve beyanları - Ürün kategorisi kurallarının geliştirilmesi)
	ISO / TS 14029: 2022	Environmental statements and programmes for products - Mutual recognition of environmental product declarations (EPDs) and footprint communication programmes (Ürünler için çevresel beyanlar ve programlar - Çevresel ürün beyanlarının (EPD'ler) ve ayak izi iletişim programlarının karşılıklı olarak tanınması)
ISO / TC 207 / SC 4 Çevresel performans değerlendirmesi	ISO 14030-1: 2021	Environmental performance evaluation - Green debt instruments - Part 1: Process for green bonds (Çevresel performans değerlendirmesi - Yeşil borçlanma araçları - Bölüm 1: Yeşil tahviller için süreç)
	ISO 14030-2: 2021	Environmental performance evaluation - Green debt instruments - Part 2: Process for green loans (Çevresel performans değerlendirmesi - Yeşil borçlanma araçları - Bölüm 2: Yeşil krediler için süreç)
	ISO 14030-3: 2022	Environmental performance evaluation - Green debt instruments - Part 3: Taxonomy (Çevresel performans değerlendirmesi - Yeşil borçlanma araçları - Bölüm 3: Taksonomi)
	ISO 14030-4: 2021	Environmental performance evaluation - Green debt instruments - Part 4: Verification programme requirements (Çevresel performans değerlendirmesi - Yeşil borçlanma araçları - Bölüm 4: Doğrulama programı gereklilikleri)
	ISO 14031: 2021	Environmental management - Environmental performance evaluation - Guidelines (Çevre yönetimi - Çevresel performans değerlendirmesi - Yönergeler)
	ISO 14033: 2019	Environmental management - Quantitative environmental information - Guidelines and examples (Çevre yönetimi - Nicel çevresel bilgiler - Yönergeler ve örnekler)
	ISO 14034: 2016	Environmental management - Environmental technology verification (ETV) (Çevre yönetimi - Çevre teknolojisi doğrulaması (ETV))
	ISO 14063: 2020	Environmental management - Environmental communication - Guidelines and examples (Çevre yönetimi - Çevresel iletişim - Yönergeler ve örnekler)
	ISO 14100: 2022	Guidance on environmental criteria for projects, assets and activities to support the development of green finance (Yeşil finansın gelişimini desteklemek için projeler, varlıklar ve faaliyetler için çevresel kriterler hakkında rehberlik)
ISO / TC 207 / SC 5 Yaşam döngüsü değerlendirme	ISO 14040: 2006	Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework (Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirme - İlkeler ve çerçeve)

EK-1. (devam) “Çevre yönetim sistemi” ve “Yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili standartlar

Çizelge 1.1. (devam) ISO 1400 Çevre yönetim sistemi standartları serisi (Url-1)

Üst Başlık	Standart	Başlık
ISO / TC 207 / SC 5 (devam) Yaşam döngüsü değerlendirmesi	ISO 14040: 2006 / Amd 1: 2020	Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework - Amendment 1 (Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - İlkeler ve çerçeve - Değişiklik 1)
	ISO 14044: 2006	Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines (Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - Gereksinimler ve yönergeler)
	ISO 14044: 2006 / Amd 1: 2017	Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines - Amendment 1 (Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - Gereksinimler ve yönergeler - Değişiklik 1)
	ISO 14044: 2006 / Amd 2: 2020	Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines - Amendment 2 (Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - Gereksinimler ve yönergeler - Değişiklik 2)
	ISO 14045: 2012	Environmental management - Eco-efficiency assessment of product systems - Principles, requirements and guidelines (Çevre yönetimi - Ürün sistemlerinin eko-verimlilik değerlendirmesi - İlkeler, gereksinimler ve yönergeler)
	ISO 14046: 2014	Environmental management - Water footprint -Principles, requirements and guidelines (Çevre yönetimi - Su ayak izi - İlkeler, gereksinimler ve yönergeler)
	ISO / TR 14047: 2012	Environmental management - Life cycle assessment - Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to impact assessment situations (Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - ISO 14044'ün değerlendirme durumlarını etkilemek için nasıl uygulanacağına dair açıklayıcı örnekler)
	ISO / TS 14048: 2002	Environmental management - Life cycle assessment - Data documentation format (Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - Veri dokümantasyon formatı)
	ISO / TR 14049: 2012	Environmental management - Life cycle assessment - Illustrative examples on how to apply ISO 14044 to goal and scope definition and inventory analysis (Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - ISO 14044'ün hedef ve kapsam tanımına ve envanter analizine nasıl uygulanacağına dair açıklayıcı örnekler)
	ISO 14055-1: 2017	Environmental management - Guidelines for establishing good practices for combatting land degradation and desertification - Part 1: Good practices framework (Çevre yönetimi - Arazi bozulması ve çölleşme ile mücadele için iyi uygulamalar oluşturmaya yönelik kılavuz ilkeler - Bölüm 1: İyi uygulamalar çerçevesi)

EK-1. (devam) “Çevre yönetim sistemi” ve “Yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili standartlar

Çizelge 1.1. (devam) ISO 1400 Çevre yönetim sistemi standartları serisi (Url-1)

Üst Başlık	Standart	Başlık
ISO / TC 207 / SC 5 (devam) Yaşam döngüsü değerlendirmesi	ISO / TR 14055-2: 2022	Environmental management - Guidelines for establishing good practices for combatting land degradation and desertification - Part 2: Regional case studies (Çevre yönetimi - Arazi bozulması ve çölleşme ile mücadele için iyi uygulamalar oluşturmaya yönelik kılavuz ilkeler - Bölüm 2: Bölgesel vaka çalışmaları)
	ISO 14071: 2024	Environmental management - Life cycle assessment - Critical review processes and reviewer competencies (Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - Kritik inceleme süreçleri ve gözden geçiren yetkinlikleri)
	ISO 14072: 2024	Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines for organizational life cycle assessment (Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - Kurumsal yaşam döngüsü değerlendirmesi için gereksinimler ve yönergeler)
	ISO / TR 14073: 2017	Environmental management - Water footprint - Illustrative examples on how to apply ISO 14046 (Çevre yönetimi - Su ayak izi - ISO 14046'nın nasıl uygulanacağına dair açıklayıcı örnekler)
	ISO / TS 14074: 2022	Environmental management - Life cycle assessment - Principles, requirements and guidelines for normalization, weighting and interpretation (Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - Normalleştirme, ağırlıklandırma ve yorumlama için ilkeler, gereksinimler ve yönergeler)
	ISO 14075: 2024	Environmental management - Principles and framework for social life cycle assessment (Çevre yönetimi - Sosyal yaşam döngüsü değerlendirmesi için ilkeler ve çerçeve)
	ISO 59014: 2024	Environmental management and circular economy - Sustainability and traceability of the recovery of secondary materials - Principles, requirements and guidance (Çevre yönetimi ve döngüsel ekonomi - İkincil malzemelerin geri kazanımının sürdürülebilirliği ve izlenebilirliği - İlkeler, gereksinimler ve yönergeler)
ISO / TC 207 / SC 7 Sera gazı ve iklim değişikliği yönetimi ve ilgili faaliyetler	IWA 42: 2022	Net zero guidelines (Net sıfır yönergeleri)
	ISO 14064-1: 2018	Greenhouse gases - Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals (Sera gazları - Bölüm 1: Sera gazı salımlarının ve giderimlerinin ölçülmesi ve raporlanması için kuruluş düzeyinde kılavuzluk içeren şartname)
	ISO 14064-2: 2019	Greenhouse gases - Part 2: Specification with guidance at the project level for quantification, monitoring and reporting of greenhouse gas emission reductions or removal enhancements (Sera gazları - Bölüm 2: Sera gazı salım azaltımlarının veya giderim iyileştirmelerinin ölçülmesi, izlenmesi ve raporlanması için proje düzeyinde kılavuzluk içeren şartname)

EK-1. (devam) “Çevre yönetim sistemi” ve “Yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili standartlar

Çizelge 1.1. (devam) ISO 1400 Çevre yönetim sistemi standartları serisi (Url-1)

Üst Başlık	Standart	Başlık
ISO / TC 207 / SC 7 (devam) Sera gazı ve iklim değişikliği yönetimi ve ilgili faaliyetler	ISO 14064-3: 2019	Greenhouse gases - Part 3: Specification with guidance for the verification and validation of greenhouse gas statements (Sera gazları - Bölüm 3: Sera gazı beyanlarının doğrulanması ve onaylanması için kılavuzluk içeren şartname)
	ISO 14065: 2020	General principles and requirements for bodies validating and verifying environmental information (Çevresel bilgileri doğrulayan ve onaylayan kuruluşlar için genel ilkeler ve gereksinimler)
	ISO 14066: 2023	Environmental information - Competence requirements for teams validating and verifying environmental information (Çevresel bilgiler - Çevresel bilgileri doğrulayan ve onaylayan ekipler için yeterlilik gereksinimleri)
	ISO 14067: 2018	Greenhouse gases - Carbon footprint of products - Requirements and guidelines for quantification (Sera gazları - Ürünlerin karbon ayak izi - Miktar tayini için gereksinimler ve yönergeler)
	ISO 14068-1: 2023	Climate change management - Transition to net zero - Part 1: Carbon neutrality (İklim değişikliği yönetimi - Net sifıra geçiş - Bölüm 1: Karbon nötrlüğü)
	ISO / TR 14069: 2013	Greenhouse gases - Quantification and reporting of greenhouse gas emissions for organizations - Guidance for the application of ISO 14064-1 (Sera gazları - Kuruluşlar için sera gazı salımlarının ölçülmesi ve raporlanması - ISO 14064-1'in uygulanmasına yönelik kılavuz)
	ISO 14080: 2018	Greenhouse gas management and related activities - Framework and principles for methodologies on climate actions (Sera gazı yönetimi ve ilgili faaliyetler - İklim eylemlerine ilişkin metodolojiler için çerçeve ve ilkeler)
	ISO 14083: 2023	Greenhouse gases - Quantification and reporting of greenhouse gas emissions arising from transport chain operations (Sera gazları - Taşıma zinciri operasyonlarından kaynaklanan sera gazı salımlarının miktarının belirlenmesi ve raporlanması)
	ISO 14090: 2019	Adaptation to climate change - Principles, requirements and guidelines (İklim değişikliğine uyum - İlkeler, gereksinimler ve yönergeler)
	ISO 14091: 2021	Adaptation to climate change - Guidelines on vulnerability, impacts and risk assessment (İklim değişikliğine uyum - Hassasiyet, etkiler ve risk değerlendirmesine ilişkin kılavuz ilkeler)

EK-1. (devam) “Çevre yönetim sistemi” ve “Yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili standartlar

Çizelge 1.1. (devam) ISO 1400 Çevre yönetim sistemi standartları serisi (Url-1)

Üst Başlık	Standart	Başlık
ISO / TC 207 / SC 7 (devam) Sera gazı ve iklim değişikliği yönetimi ve ilgili faaliyetler	ISO / TS 14092: 2020	Adaptation to climate change - Requirements and guidance on adaptation planning for local governments and communities (İklim değişikliğine uyum - Yerel yönetimler ve topluluklar için uyum planlamasına ilişkin gereksinimler ve yönerge)
	ISO 14093: 2022	Mechanism for financing local adaptation to climate change - Performance-based climate resilience grants - Requirements and guidelines (İklim değişikliğine yerel uyumu finanse etme mekanizması - Performansa dayalı iklim direnci hibeleri - Gereksinimler ve yönergeler)
	ISO 14097: 2021	Greenhouse gas management and related activities - Framework including principles and requirements for assessing and reporting investments and financing activities related to climate change (Sera gazı yönetimi ve ilgili faaliyetler - İklim değişikliği ile ilgili yatırımların ve finansman faaliyetlerinin değerlendirilmesi ve raporlanması için ilke ve gereksinimleri içeren çerçeve)
	ISO 19694-1: 2021	Stationary source emissions - Determination of greenhouse gas emissions in energy-intensive industries - Part 1: General aspects (Sabit kaynak salımları - Enerji yoğun endüstrilerde sera gazı salımlarının belirlenmesi - Bölüm 1: Genel hususlar)
Çizelgede, sadece yayınlanmış standartlar belirtilmiştir; geliştirilme aşamasında olan, geri çekilen ve silinen yayınlar eklenmemiştir.		

EK-1. (devam) “Çevre yönetim sistemi” ve “Yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili standartlar

Çizelge 1.2. YDD’ye yönelik geliştirilen ISO standartlarının TSE standartlarındaki karşılıkları (Url-71)

ISO Standartları	TSE Standartlarındaki Karşılıkları	Başlık
ISO 14040: 2006	TS EN ISO 14040: 2007	Çevre yönetimi - Hayat boyu değerlendirme - İlkeler ve çerçeve
ISO 14040: 2006 / Amd 1: 2020	TS EN ISO 14040 / A1: 2021	Çevre yönetimi - Hayat boyu değerlendirme - İlkeler ve çerçeve -Tadil 1
ISO 14044: 2006	TS EN ISO 14044: 2007	Çevre yönetimi - Hayat boyu değerlendirme - Gereklere ve kılavuz
ISO 14044: 2006 / Amd 1: 2017	TS EN ISO 14044 / A1: 2018	Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - Gereksinimler ve kurallar - Tadil 1
ISO 14044: 2006 / Amd 2: 2020	TS EN ISO 14044 / A2: 2021	Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - Gereksinimler ve kurallar - Tadil 2
ISO 14045: 2012	TS EN ISO 14045: 2012	Çevre yönetimi - Ürün sistemlerinin ekoverimlilik değerlendirmesi - İlkeler, gereklere ve kılavuzlar
ISO 14046: 2014	TS EN ISO 14046: 2016	Çevre yönetimi - Su ayak izi - Prensipler, gereklere ve kılavuz
ISO / TR 14047: 2012	TSE ISO / TR 14047: 2021	Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - ISO 14044'ün etki değerlendirme durumlarına nasıl uygulanacağına dair açıklayıcı örnekler
ISO / TS 14048: 2002	TSE ISO / TS 14048: 2015	Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - Veri dokümantasyonu formatı
ISO / TR 14049: 2012	TSE ISO / TR 14049: 2021	Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - ISO 14044'ün amaç ve kapsam tanımına ve envanter analizine nasıl uygulanacağına dair açıklayıcı örnekler
ISO 14055-1: 2017	TS ISO 14055-1: 2024	Çevre yönetimi - Arazi bozulması ve çölleşmeyle mücadele için iyi uygulamaların oluşturulmasına yönelik kılavuzlar - Bölüm 1: İyi uygulamalar çerçevesi
ISO / TR 14055-2: 2022	TSE ISO / TR 14055-2: 2024	Çevre yönetimi - Arazi bozulması ve çölleşmeyle mücadele için iyi uygulamaların oluşturulmasına yönelik kılavuzlar - Bölüm 2: Bölgesel vaka çalışmaları
ISO 14071: 2024	-	-
ISO 14072: 2024	-	-
ISO / TR 14073: 2017	TSE ISO / TR 14073: 2022	Çevre yönetimi - Su ayak izi - ISO 14046'nın nasıl uygulanacağına ilişkin açıklayıcı örnekler
ISO / TS 14074: 2022	TSE ISO / TS 14074: 2024	Çevre yönetimi - Yaşam döngüsü değerlendirmesi - Normalleştirme, ağırlıklandırma ve yorumlamaya ilişkin ilkeler, gereklere ve kılavuzlar
ISO 14075: 2024	-	-
ISO 59014: 2024	-	-
Çizelgede, sadece yayınlanmış standartlar belirtilmiştir; geliştirilme aşamasında olan, geri çekilen ve silinen yayınlar eklenmemiştir.		

EK-1. (devam) “Çevre yönetim sistemi” ve “Yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili standartlar

Çizelge 1.3. Yapıların YDD’lerine yönelik geliştirilen ISO standartları (Url-72)

Üst Başlık	Standart	Başlık
ISO / TC 59 / SC 17 Binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik	ISO / TS 12720: 2014	Sustainability in buildings and civil engineering works - Guidelines on the application of the general principles in ISO 15392 (Binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik - ISO 15392'deki genel ilkelerin uygulanmasına ilişkin kılavuzlar)
	ISO 15392: 2019	Sustainability in buildings and civil engineering works - General principles (Binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik - Genel ilkeler)
	ISO 16745-1: 2017	Sustainability in buildings and civil engineering works - Carbon metric of an existing building during use stage - Part 1: Calculation, reporting and communication (Binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik - Kullanım aşamasında mevcut bir binanın karbon metriği - Bölüm 1: Hesaplama, raporlama ve iletişim)
	ISO 16745-2: 2017	Sustainability in buildings and civil engineering works - Carbon metric of an existing building during use stage - Part 2: Verification (Binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik - Kullanım aşamasında mevcut bir binanın karbon metriği - Bölüm 1: Doğrulama)
	ISO 20887: 2020	Sustainability in buildings and civil engineering works - Design for disassembly and adaptability - Principles, requirements and guidance (Binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik - Sökmeye ve uyarlanabilirliğe yönelik tasarım - İlkeler, gereksinimler ve rehberlik)
	ISO 21678: 2020	Sustainability in buildings and civil engineering works - Indicators and benchmarks - Principles, requirements and guidelines (Binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik - Göstergeler ve kıyaslamalar - İlkeler, gereksinimler ve yönergeler)
	ISO 21928-2: 2023	Sustainability in buildings and civil engineering works - Sustainability indicators - Part 2: Framework for the development of indicators for civil engineering works (Binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik - Sürdürülebilirlik göstergeleri - Bölüm 2: İnşaat mühendisliği işlerine yönelik göstergelerin geliştirilmesine yönelik çerçeve)
	ISO 21929-1: 2011	Sustainability in building construction - Sustainability indicators - Part 1: Framework for the development of indicators and a core set of indicators for buildings (Bina inşaatında sürdürülebilirlik - Sürdürülebilirlik göstergeleri - Bölüm 1: Göstergelerin geliştirilmesine yönelik çerçeve ve binalara yönelik temel göstergeler seti)

EK-1. (devam) “Çevre yönetim sistemi” ve “Yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili standartlar

Çizelge 1.3. (devam) Yapıların YDD’lerine yönelik geliştirilen ISO standartları (Url-72)

Üst Başlık	Standart	Başlık
ISO / TC 59 / SC 17 (devam) Binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik	ISO 21930: 2017	Sustainability in buildings and civil engineering works - Core rules for environmental product declarations of construction products and services (Binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik - Yapı ürünleri ve hizmetlerinin çevresel ürün beyanları için temel kurallar)
	ISO 21931-1: 2022	Sustainability in buildings and civil engineering works - Framework for methods of assessment of the environmental, social and economic performance of construction works as a basis for sustainability assessment - Part 1: Buildings (Binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik - Sürdürülebilirlik değerlendirmesinin temeli olarak inşaat işlerinin çevresel, sosyal ve ekonomik performansının değerlendirilmesine yönelik yöntemler için çerçeve - Bölüm 1: Binalar)
	ISO 21931-2: 2019	Sustainability in buildings and civil engineering works - Framework for methods of assessment of the environmental, social and economic performance of construction works as a basis for sustainability assessment - Part 2: Civil engineering works (Binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik - Sürdürülebilirlik değerlendirmesinin temeli olarak inşaat işlerinin çevresel, sosyal ve ekonomik performansının değerlendirilmesine yönelik yöntemler için çerçeve - Bölüm 2: İnşaat mühendisliği işleri)
	ISO / TR 21932: 2013	Sustainability in buildings and civil engineering works - A review of terminology (Binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik - Terminolojinin gözden geçirilmesi)
	ISO 22057: 2022	Sustainability in buildings and civil engineering works - Data templates for the use of environmental product declarations (EPDs) for construction products in building information modelling (BIM) (Binalarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik - Yapı bilgi modellemesinde (BIM) inşaat ürünlerine yönelik çevresel ürün beyanlarının (EPD'ler) kullanımına yönelik veri şablonları)
Çizelgede, sadece yayınlanmış standartlar belirtilmiştir; geliştirilme aşamasında olan, geri çekilen ve silinen yayınlar eklenmemiştir.		

EK-1. (devam) “Çevre yönetim sistemi” ve “Yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili standartlar

Çizelge 1.4. Yapıların YDD’lerine yönelik geliştirilen ISO standartlarının TSE standartlarındaki karşılıkları (Url-71)

ISO Standartları	TSE Standartlarındaki Karşılıkları	Başlık
ISO / TS 12720: 2014	TSE ISO / TS 12720: 2016	Yapılarda ve inşaat mühendisliği uygulamalarında sürdürülebilirlik - ISO 15392'deki genel prensiplerin uygulanması için rehberler
ISO 15392: 2019	TS ISO 15392: 2021	Yapılarda sürdürülebilirlik - Genel prensipler
ISO 16745-1: 2017	TS ISO 16745-1: 2023	Binaların ve inşaat mühendisliği alanına giren diğer yapıların sürdürülebilirliği - Mevcut bir binada, kullanım aşamasındaki karbon ölçümü - Bölüm 1: Hesaplama, raporlama ve iletişim
ISO 16745-2: 2017	TS ISO 16745-2: 2023	Binaların ve inşaat mühendisliği alanına giren diğer yapıların sürdürülebilirliği - Mevcut bir binada, kullanım aşamasındaki karbon ölçümü - Bölüm 2: Doğrulama
ISO 20887: 2020	-	-
ISO 21678: 2020	-	-
ISO 21928-2: 2023	-	-
ISO 21929-1: 2011	TS ISO 21929-1: 2016	Yapılarda sürdürülebilirlik - Sürdürülebilirlik göstergeleri - Bölüm 1: Göstergelerin geliştirilmesi için sistem ve yapılar için temel göstergelerin listesi
ISO 21930: 2017	TS ISO 21930: 2021	Yapılarda ve inşaat mühendisliği işlerinde sürdürülebilirlik - Yapı malzemelerinin ve hizmetlerinin çevresel beyanları için temel kurallar
ISO 21931-1: 2022	TS ISO 21931-1: 2022	Binalar ve inşaat mühendisliği alanına giren diğer yapılarda sürdürülebilirlik - Sürdürülebilirlik değerlendirmesine temel olarak, yapıların, çevresel, sosyal ve ekonomik performansının değerlendirilmesi yöntemleri için çerçeve - Bölüm 1: Binalar
ISO 21931-2: 2019	TS ISO 21931-2: 2021	Binalar ve inşaat mühendisliği alanına giren diğer yapılarda sürdürülebilirlik - Sürdürülebilirlik değerlendirmesine temel olarak, yapıların çevresel, sosyal ve ekonomik performansının değerlendirilmesi yöntemleri için çerçeve - Bölüm 2: İnşaat mühendisliği alanına giren yapılar
ISO / TR 21932: 2013	-	-
ISO 22057: 2022	TS EN ISO 22057: 2022	Binalar ve inşaat mühendisliği yapılarında sürdürülebilirlik - Yapı bilgi modellemesinde (BIM) yapı mamulleri için çevresel ürün beyanlarının (EPD'ler) kullanımına yönelik veri şablonları
Çizelgede, sadece yayınlanmış standartlar belirtilmiştir; geliştirilme aşamasında olan, geri çekilen ve silinen yayınlar eklenmemiştir.		

EK-1. (devam) “Çevre yönetim sistemi” ve “Yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili standartlar

Çizelge 1.5. YDD yöntemi çerçevesindeki kavramlar (ISO, 2006a; ISO, 2006b; Gültekin, 2006: 73-76)

ISO Standartlarında Belirtilen İngilizce Kavramlar	ISO Standartlarında Belirtilen İngilizce Kavramların Türkçe Karşılığı İçin Önerilen Kavramlar
Acidification	Asitleşme
After demolition stage	Yıkım sonrası evre
Allocation procedures	Dağıtım yöntemleri
Assignment	Atama
Assumption	Varsayım
Category end point	Sınıf uç noktası
Category indicator	Sınıf göstergesi
Characterization	Tanımlama
Characterization model	Tanımlama modeli
Classification	Sınıflandırma
Climate change	İklim değişikliği
Collected data	Toplanmış veri
Comparative assertion	Karşılaştırmalı iddia
Completeness	Bütünlük
Completeness check	Bütünlük kontrolü
Consistency	Tutarlılık
Consistency check	Uygunluk kontrolü
Construction	Yapı
Construction component	Yapı bileşeni
Construction element	Yapı elemanı
Construction product	Yapı ürünü
Construction product system	Yapı ürünü sistemi
Construction stage	Yapım evresi
Construction system	Yapı sistemi
Cradle to grave	Beşikten mezara
Critical review	Eleştirel gözden geçirme
Data aggregation	Verilerin derlenmesi
Data quality	Veri kalitesi
Data quality analysis	Veri kalite çözümlemesi
Data quality requirements	Veri kalite gerekleri
Data calculation methods	Veri hesaplama yöntemleri
Data collection	Veri toplama
Data collection methods	Veri toplama yöntemleri
Demolition	Yıkım
Demolition stage	Yıkım evresi
Depletion	Tükenim
Determining the significant issues	Önemli konuların belirlenmesi
Ecosystem	Ekosistem
Ecotoxicity	Ekolojik zehirlenme
Energy flow	Enerji akışı
Environmental aspect	Çevresel boyut
Elementary flow	Temel akış
Environmental impact	Çevresel etki
Elementary input flow	Temel girdi akışı
Emission	Salım
Environment	Çevre
Environmental impact	Çevresel etki
Environmental management	Çevre yönetimi

EK-1. (devam) “Çevre yönetim sistemi” ve “Yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili standartlar

Çizelge 1.5. (devam) YDD yöntemi çerçevesindeki kavramlar (ISO, 2006a; ISO, 2006b; Gültekin, 2006: 73-76)

ISO Standartlarında Belirtilen İngilizce Kavramlar	ISO Standartlarında Belirtilen İngilizce Kavramların Türkçe Karşılığı İçin Önerilen Kavramlar
Environmental management system	Çevre yönetim sistemi
Environmental mechanism	Çevresel işleyiş
Environmental quality	Çevre kalitesi
Elementary output flow	Temel çıktı akışı
Energy supply	Enerji sağlama
Environmental relevance	Çevresel ilişki
Evaluation	Değerlendirme
Extraction of raw materials stage	Ham madde çıkarılması evresi
External expert review	Kuruluş dışı uzmanlar tarafından yapılan gözden geçirme
Fossil fuel	Fosil yakıt
Function	İşlev
Functional unit	İşlevsel birim
Geographical coverage	Coğrafik kapsam
Global warming	Küresel ısınma
Goal and scope definition	Amaç ve kapsam tanımı (AKT)
Greenhouse gas	Sera gazı
Grouping	Gruplandırma
Human health	İnsan sağlığı
Identification of information	Bilginin tanımlanması
Identification of significant issues	Önemli konuların tanıtımı
Impact category	Etki sınıfı
Input	Girdi
Input flow	Girdi akışı
Intermediate product flow	Ara ürün akışı
Interested party	İlgili taraf
Internal expert review	Kuruluştaki uzmanlar tarafından yapılan gözden geçirme
Iterative	Tekrarlanabilir
Life cycle	Yaşam döngüsü (YD)
Life cycle assessment (LCA)	Yaşam döngüsü değerlendirme (YDD)
Life cycle assessment framework	Yaşam döngüsü değerlendirme çerçevesi
Life cycle inventory analysis (LCI)	Yaşam döngüsü veri çözümlemesi (YDVÇ)
Life cycle impact assessment (LCIA)	Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi (YDED)
Life cycle interpretation	Yaşam döngüsü yorumu (YDY)
Life cycle assessment methodology	Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi
Life cycle stages	Yaşam döngüsü evreleri
Limitations	Kısıtlar
Maintenance	Bakım-onarım
Mandatory elements	Zorunlu elemanlar
Methodological framework	Yöntemsel çerçeve
Normalization	Normalleştirme
Nutrient	Besin maddesi
Operation	İşletim
Optional elements	Zorunlu olmayan elemanlar
Output	Çıktı
Output flow	Çıktı akışı
Phases of life cycle assessment	Yaşam döngüsü değerlendirme aşamaları
Practitioner	Uzman
Precision	Kesinlik

EK-1. (devam) “Çevre yönetim sistemi” ve “Yaşam döngüsü değerlendirmesi” ile ilgili standartlar

Çizelge 1.5. (devam) YDD yöntemi çerçevesindeki kavramlar (ISO, 2006a; ISO, 2006b; Gültekin, 2006: 73-76)

ISO Standartlarında Belirtilen İngilizce Kavramlar	ISO Standartlarında Belirtilen İngilizce Kavramların Türkçe Karşılığı İçin Önerilen Kavramlar
Process	Süreç, işlem
Product	Ürün
Production	Üretim
Product flow	Ürün akışı
Product system	Ürün sistemi
Production stage	Üretim evresi
Raw material	Ham madde
Raw material acquisition	Ham madde çıkarılması
Recommendation	Öneri
Recycling	Geri dönüşüm
Refining the system boundaries	Sistem sınırlarının kesinleştirilmesi
Refurbishment	Yeniden işlevlendirme
Relating data to functional unit	Verilerin işlevsel birimle ilişkilendirilmesi
Relating data to unit processes	Verilerin birim işlemlerle ilişkilendirilmesi
Renovation	Yenileme
Reporting	Rapor hazırlama
Representativeness	Temsil edilebilirlik
Reproducibility	Tekrarlanabilirlik
Reuse	Yeniden kullanım
Sensitivity check	Hassasiyet kontrolü
Service life	Hizmet ömrü
Stratospheric ozone depletion	Stratosferdeki ozon tükenimi
Structuring of information	Bilginin yapılandırılması
Supporting system	Destekleyici sistem
System boundary	Sistem sınırı
System level	Sistem düzeyi
Technology coverage	Teknolojik kapsam
Time-related coverage	Zamansal kapsam
Terrestrial organic	Karasal canlı
Toxic substances	Zehirli maddeler
Toxicity	Kirlilik
Transparency	Şeffaflık
Transport	Taşıma
Unit process	Birim işlem
Unit process flow	Birim işlem akışı
Use	Kullanım
Usage stage	Kullanım evresi
Validated data	Onaylanmış veri
Validation of data	Verilerin onaylanması
Waste	Atık
Waste treatment	Atık işleme
Weighting	Ağırlıklandırma

EK-2. “Nakliye konteynerleri” ile ilgili ISO standartları

Çizelge 2.1. Nakliye konteynerlerine yönelik geliştirilen ISO standartları (Url-73)

Üst Başlık	Standart	Başlık
ISO / TC 104 / SC 1 Genel amaçlı konteynerler	ISO 668: 2020	Series 1 freight containers - Classification, dimensions and ratings (Seri 1 yük konteynerleri - Sınıflandırma, boyutlar ve derecelendirmeler)
	ISO 668: 2020 / Amd 1: 2022	Series 1 freight containers - Classification, dimensions and ratings - Amendment 1 (Seri 1 yük konteynerleri - Sınıflandırma, boyutlar ve derecelendirmeler - Değişiklik 1)
	ISO 1161: 2016	Series 1 freight containers - Corner and intermediate fittings - Specifications (Seri 1 yük konteynerleri - Köşe ve ara bağlantı parçaları - Özellikler)
	ISO 1496-1: 2013	Series 1 freight containers - Specification and testing - Part 1: General cargo containers for general purposes (Seri 1 yük konteynerleri - Spesifikasyon ve test - Bölüm 1: Genel amaçlar için genel kargo konteynerleri)
	ISO 1496-1: 2013 / Amd 1: 2016	Series 1 freight containers - Specification and testing - Part 1: General cargo containers for general purposes - Amendment 1 (Seri 1 yük konteynerleri - Spesifikasyon ve test - Bölüm 1: Genel amaçlar için genel kargo konteynerleri - Değişiklik 1)
	ISO 1496-1: 2013 / Amd 2: 2024	Series 1 freight containers - Specification and testing - Part 1: General cargo containers for general purposes - Amendment 2 (Seri 1 yük konteynerleri - Spesifikasyon ve test - Bölüm 1: Genel amaçlar için genel kargo konteynerleri - Değişiklik 2)
	ISO 3874: 2017	Series 1 freight containers - Handling and securing (Seri 1 yük konteynerleri - Taşıma ve emniyete alma)
	ISO 14829: 2002	Freight containers - Straddle carriers for freight container handling - Calculation of stability (Yük konteynerleri - Yük konteyneri elleçleme için istifçi taşıyıcılar - Stabilitenin hesaplanması)
	ISO / TR 15069: 2018	Series 1 freight containers - Handling and securing - Rationale for ISO 3874:2017, Annexes A to E (Seri 1 yük konteynerleri - Taşıma ve emniyet - ISO 3874: 2017 için gerekçe Ek A - E)
	ISO / TR 15070: 1996	Series 1 freight containers - Rationale for structural test criteria (Seri 1 yük konteynerleri - Yapısal test kriterleri için gerekçe)
	ISO / TR 15070: 1996 / Amd 1: 2005	Series 1 freight containers - Rationale for structural test criteria - Amendment 1: Guidance on structural integrity (Seri 1 yük konteynerleri - Yapısal test kriterleri için gerekçe - Değişiklik 1: Yapısal bütünlük rehberi)
	ISO / TR 15070: 1996 / Amd 2: 2007	Series 1 freight containers - Rationale for structural test criteria - Amendment 2 (Seri 1 yük konteynerleri - Yapısal test kriterleri için gerekçe - Değişiklik 2)

EK-2. (devam) “Nakliye konteynerleri” ile ilgili ISO standartları

Çizelge 2.1. (devam) Nakliye konteynerlerine yönelik geliştirilen ISO standartları (Url-73)

Üst Başlık	Standart	Başlık
ISO / TC 104 / SC 2 Özel amaçlı konteynerler	ISO 1496-2: 2018	Series 1 freight containers - Specification and testing - Part 2: Thermal containers (Seri 1 yük konteynerleri - Spesifikasyon ve test - Bölüm 2: Termal konteynerler)
	ISO 1496-3: 2019	Series 1 freight containers - Specification and testing - Part 3: Tank containers for liquids, gases and pressurized dry bulk (Seri 1 yük konteynerleri - Spesifikasyon ve test - Bölüm 3: Sıvılar, gazlar ve basınçlı kuru yığınlar için tank konteynerler)
	ISO 1496-4: 2023	Series 1 freight containers - Specification and testing - Part 4: Non-pressurized containers for dry bulk (Seri 1 yük konteynerleri - Spesifikasyon ve test - Bölüm 4: Kuru dökme yükler için basınçsız konteynerler)
	ISO 1496-5: 2018	Series 1 freight containers - Specification and testing - Part 5: Platform and platform-based containers (Seri 1 yük konteynerleri - Spesifikasyon ve test - Bölüm 5: Platform ve platform tabanlı konteynerler)
	ISO 9669: 1990	Series 1 freight containers - Interface connections for tank containers (Seri 1 yük konteynerleri - Tank konteynerleri için arayüz bağlantıları)
	ISO 9669: 1990 / Amd 1: 1992	Series 1 freight containers - Interface connections for tank containers - Amendment 1: Sections 3 and 4 (Seri 1 yük konteynerleri - Tank konteynerleri için arayüz bağlantıları - Değişiklik 1: Bölüm 3 ve 4)
	ISO 10368: 2006	Freight thermal containers - Remote condition monitoring (Yük termal konteynerleri - Uzaktan durum izleme)
	ISO 20854: 2019	Thermal containers - Safety standard for refrigerating systems using flammable refrigerants - Requirements for design and operation (Termal konteynerler - Yanıcı soğutucu akışkanlar kullanan soğutma sistemleri için güvenlik standardı - Tasarım ve çalışma gereksinimleri)
ISO / TC 104 / SC 4 Kimlik ve iletişim	ISO 6346: 2022	Freight containers - Coding, identification and marking (Yük konteynerleri - Kodlama, tanımlama ve işaretleme)
	ISO / TS 7344: 2024	Short-range wireless sensor to device communication (Kısa mesafeli kablosuz sensörden cihaza iletişim)
	ISO / TS 7352: 2023	Freight containers - NFC or / and QR code seals (Yük konteynerleri - NFC ve / veya QR kod mühürleri)
	ISO 9711-1: 1990	Freight containers - Information related to containers on board vessels - Part 1: Bay plan system (Yük konteynerleri - Gemilerdeki konteynerlerle ilgili bilgiler - Bölüm 1: Körfez plan sistemi)
	ISO 9897: 1997	Freight containers - Container equipment data exchange (CEDEX) - General communication codes (Yük konteynerleri - Konteyner ekipmanı veri alışverişi (CEDEX) - Genel iletişim kodları)

EK-2. (devam) “Nakliye konteynerleri” ile ilgili ISO standartları

Çizelge 2.1. (devam) Nakliye konteynerlerine yönelik geliştirilen ISO standartları (Url-73)

Üst Başlık	Standart	Başlık
ISO / TC 104 / SC 4 (devam) Kimlik ve iletişim	ISO 9897: 1997 / Cor 1: 2001	Freight containers - Container equipment data exchange (CEDEX) - General communication codes - Technical corrigendum 1 (Yük konteynerleri - Konteyner ekipmanı veri alışverişi (CEDEX) - Genel iletişim kodları - Teknik düzeltme 1)
	ISO 10374: 1991	Freight containers - Automatic identification (Yük konteynerleri - Otomatik tanımlama)
	ISO 10374: 1991 / Amd 1: 1995	Freight containers - Automatic identification - Amendment 1 (Yük konteynerleri - Otomatik tanımlama - Değişiklik 1)
	ISO / TS 10891: 2009	Freight containers - Radio frequency identification (RFID) - Licence plate tag (Yük konteynerleri - Radyo frekansı tanımlama (RFID) - Plaka etiketi)
	ISO / TS 10891: 2009 / Cor 1: 2009	Freight containers - Radio frequency identification (RFID) - Licence plate tag - Technical corrigendum 1 (Yük konteynerleri - Radyo frekansı tanımlama (RFID) - Plaka etiketi - Teknik düzeltme 1)
	ISO 17363: 2013	Supply chain applications of RFID - Freight containers (RFID'nin tedarik zinciri uygulamaları - Yük konteynerleri)
	ISO 18185-1: 2007	(Freight containers - Electronic seals - Part 1: Communication protocol) Yük konteynerleri - Elektronik mühürler - Bölüm 1: İletişim protokolü
	ISO 18185-2: 2007	Freight containers - Electronic seals - Part 2: Application requirements (Yük konteynerleri - Elektronik mühürler - Bölüm 2: Uygulama gereksinimleri)
	ISO 18185-3: 2015	Freight containers - Electronic seals - Part 3: Environmental characteristics (Yük konteynerleri - Elektronik mühürler - Bölüm 3: Çevresel özellikler)
	ISO 18185-4: 2007	Freight containers - Electronic seals - Part 4: Data protection (Yük konteynerleri - Elektronik mühürler - Bölüm 4: Veri koruma)
	ISO 18185-5: 2007	Freight containers - Electronic seals - Part 5: Physical layer (Yük konteynerleri - Elektronik mühürler - Bölüm 5: Fiziksel katman)
	ISO 18186: 2011	Freight containers - RFID cargo shipment tag system (Yük konteynerleri - RFID kargo gönderi etiket sistemi)
	ISO / TS 18625: 2017	Freight containers - Container tracking and monitoring systems (CTMS): Requirements (Yük konteynerleri - Konteyner takip ve izleme sistemleri (CTMS): Gereksinimler)
Çizelgede, sadece yayınlanmış standartlar belirtilmiştir; geliştirilme aşamasında olan, geri çekilen ve silinen yayınlar eklenmemiştir.		

EK-2. (devam) “Nakliye konteynerleri” ile ilgili ISO standartları

Çizelge 2.2. Genel amaçlı konteynerlere yönelik geliştirilen ISO standartlarının TSE standartlarındaki karşılıkları (Url-71)

ISO Standartları	TSE Standartlarındaki Karşılıkları	Başlık
ISO 668: 2020	TS ISO 668: 2021	Seri 1 yük konteynerleri - Sınıflandırma, boyutlar ve brüt kütleler
ISO 668: 2020 / Amd 1: 2022	TS ISO 668 / Amd 1: 2022	Seri 1 yük konteynerleri - Sınıflandırma, boyutlar ve brüt kütleler - Tadil 1
ISO 1161: 2016	TS ISO 1161: 2016	Seri 1 yük konteynerleri - Köşe ve ara bağlantı elemanları - Özellikler
ISO 1496-1: 2013	TS ISO 1496-1: 2016	Seri 1 yük konteynerleri - Tanımlama ve testler - 1. Bölüm: Genel amaçlar için genel kargo konteynerleri
ISO 1496-1: 2013 / Amd 1: 2016	TS ISO 1496-1 / Amd 1: 2021	Seri 1 yük konteynerleri - Tanımlama ve deneyler - 1. Bölüm: Genel amaçlar için genel kargo konteynerleri - Tadil 1
ISO 1496-1: 2013 / Amd 2: 2024	TS ISO 1496-1 / Amd 2: 2024	Seri 1 yük konteynerleri - Tanımlama ve testler - 1. Bölüm: Genel amaçlar için genel kargo konteynerleri - Tadil 2
ISO 3874: 2017	TS ISO 3874: 2019	Seri 1 yük konteynerleri - Kullanım ve güvenlik
ISO 14829: 2002	-	-
ISO / TR 15069: 2018	-	-
ISO / TR 15070: 1996	-	-
ISO / TR 15070: 1996 / Amd 1: 2005	-	-
ISO / TR 15070: 1996 / Amd 2: 2007	-	-
Çizelgede, sadece yayınlanmış standartlar belirtilmiştir; geliştirilme aşamasında olan, geri çekilen ve silinen yayınlar eklenmemiştir.		



Gazili olmak ayrıcalıktır