

**T.C.
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇELİK YAPI BİLEŞENLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ İÇİNDE YENİDEN
KULLANIM VE GERİ DÖNÜŞÜM OLANAKLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimar Havva AKSEL

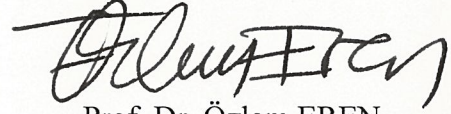
Mimarlık Anabilim Dalı

Yapı Bilgisi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Özlem EREN

Haziran 2014

Havva AKSEL tarafından hazırlanan ÇELİK YAPI BİLEŞENLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ İÇİNDE YENİDEN KULLANIM VE GERİ DÖNÜŞÜM OLANAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ adlı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.


Prof. Dr. Özlem EREN

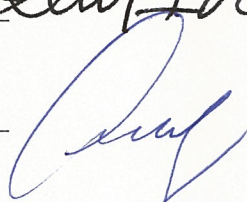
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından Mimarlık / Yapı Bilimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan:

: Prof. Dr. Özlem EREN 


Üye

: Doç. Dr. CİGDEM TEKİN 

Üye

: _____

Üye

: Z. DOÇ. DR. SADETTİN ATTIL 

Üye

: _____

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

ÖNSÖZ

*Tez çalışmam boyunca akademik katkılarını ve desteğini benden esirgemeyen
Sayın Danışmanım Prof. Dr. Özlem EREN'E ve
üzerimdeki emeği ve sevgisi tarifsiz CANIM AİLEME sonsuz teşekkürlerimi sunarım.*

Haziran 2014

Mimar Havva AKSEL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÇİZELGE LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	vi
KISALTMALAR	x
ÖZET.....	xii
ABSTRACT	xiv
1. GİRİŞ	1
2. DEMİR-ÇELİK TEKNOLOJİSİ ve GELİŞİMİ	5
2.1. Demir-Çelik Malzemenin Üretimdeki Gelişimi ve Tarihçesi	6
2.2. Demir-Çelik Malzemenin Yapısal Özellikleri	16
2.3. Yapısal Çelik Çeşitleri, Kullanım Avantajları ve Önemi.....	22
2.3.1. Yapısal Çelik Çeşitleri.....	22
2.3.2. Yapısal Çeliğin Kullanım Avantajları ve Önemi	26
2.3.2.1. Mimari Açıdan Kullanım Avantajları.....	27
2.3.2.2. Strüktürel Açıdan Kullanım Avantajları.....	28
2.3.2.3. Uygulama (Yapım) Açısından Kullanım Avantajları	29
2.3.2.4. Yapısal Çeliğin Sürdürülebilirlik Açısından Önemi .	30
2.3.2.5. Yapısal Çeliğin Kullanım Dezavantajları.....	32
2.4. Türkiye’de Demir-Çelik Malzemenin Üretimdeki Gelişimi ve Yapısal Çelik Kullanımı	33
3. YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME (YDD) YÖNTEMİ ...	38
3.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yönteminin Tanımı ve Ortaya Çıkışı..	38
3.2. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Aşamaları.....	43
3.2.1. YDD Amaç ve Kapsam Tanımı	45
3.2.2. YDD Envanter Analizi	46
3.2.3. YDD Etki Değerlendirmesi	49
3.2.4. Yorum.....	51

3.3. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yönteminin Yapı Sektöründe Kullanımı	52
3.3.1. Yapı Ürününün Yaşam Döngüsü.....	55
3.3.2. Yapı Sektöründe Yaygın Kullanılan Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemine Dayalı Yazılım Araçları.....	62
3.3.2.1. BREEAM.....	66
3.3.2.2. LEED	67
3.3.2.3. GaBi.....	69
4. YAPISAL ÇELİĞİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME (YDD) YÖNTEMİ KAPSAMINDA YENİDEN KULLANIM VE GERİ DÖNÜŞÜM OLANAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ.	70
4.1. Yapı Endüstrisinde Atık Yönetimi ve Geri Kazanım.....	74
4.1.1 Dekonstrüksiyonun Tanımı ve Dekonstrüksiyona Yönelik Tasarım	81
4.2. Yapısal Çeliğin Yaşam Döngüsü İçerisinde Atık Yönetimi ve Geri Kazanım	88
4.2.1. Kaynakların Etkin Kullanımı	89
4.2.1. Yeniden Kullanımı	90
4.2.3. Geri Dönüşüm	97
4.3. Yapısal Çeliğin Yeniden Kullanım ve Geri Dönüşüm ile Hammaddeden Doğrudan Üretiminin Çevresel Açından Karşılaştırılması	103
4.3.1. Örnek Çalışma	112
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	125
KAYNAKLAR	128
EKLER	137
ÖZGEÇMİŞ	190

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa No
Çizelge 2.1. Çeliğe Eklenen Bazı Elementler ve Özellikleri	19
Çizelge 2.2. Karbon Oranlarına Göre Çelik Özellikleri ve Kullanım Örnekleri ...	20
Çizelge 2.3. Bazı Demir-Çelik Türlerinin; Bileşimleri, Fiziksel ve Mekanik Özellikleri.....	21
Çizelge 2.4. Türkiye’de 1928 yılından 2013 yılına kadar Demir-Çelik Endüstrisinde Faaliyet Gösteren Kuruluş ve Şirketler	34
Çizelge 3.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemine İlişkin Standartlar	42
Çizelge 3.2. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Çalışmalarında Yaygın Olarak Kullanılan Etki Sınıfları	51
Çizelge 3.3. Çevresel Ürün Politikalarının Gelişimi.....	54
Çizelge 3.4. Yapı Sektöründe Yaşam Döngüsünün Çeşitli Aşamalarında Rol Alan Aktörler	56
Çizelge 3.5. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yazılım Araçları ve Geliştirildiği Kuruluş ve Ülkeler	63
Çizelge 3.6. Yapı Sektöründe Kullanılan Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Yazılım Araçları ve Kullanımları.....	65
Çizelge 4.1. Bazı Yapı Malzemelerinin Gömülü Enerji Miktarları	73
Çizelge 4.2. Bazı Çelik Ürünlerin Geri Dönüşüm, Yeniden Kullanım ve Atık Oluşumu Oranları.....	74
Çizelge 4.3. Dekonstrüksiyona Yönelik Tasarım Kriterleri ve Tasarım Aşamaları	83
Çizelge 4.4. 2007 Yılı İçerisinde Endüstrilere Göre Çeliğin Geri Dönüşüm Oranları ve 2050 Yılı Olası Oranlar	98
Çizelge 4.5. 1 kg Sıvı Çeliği Bazık Oksijen Fırını (BOF) ile Elektrik Ark Fırınında (EAF) Üretimine Ait Girdiler	108
Çizelge 4.6. 1 kg Sıvı Çeliğin Bazık Oksijen Fırını (BOF) ile Elektrik Ark Fırınında (EAF) Üretiminde Gerçekleşen Gaz Salınımları.....	110

Çizelge 4.7. 1 kg Sıvı Çeliğin Bazik Oksijen Fırını (BOF) ile Elektrik Ark Fırınında (EAF) Üretiminde Gerçekleşen Su ve Toprak Salınımları.....	111
Çizelge EK-A Yapısal Çeliğin Yeniden Kullanımına İlişkin Proje Örnekleri	138
Çizelge EK-B.1. EAF’ında Gerçekleştirilen Geri Dönüşüm İle Yapısal Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü İçerisinde Ürün Sistemindeki Girdiler	143
Çizelge EK-B.2. EAF’ında Gerçekleştirilen Geri Dönüşüm İle Yapısal Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü İçerisinde Ürün Sistemindeki Çıktılar	147
Çizelge EK-C.1. EAF’ında Gerçekleştirilen Geri Dönüşüm İle Yapısal Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü İçerisinde Ürün Sistemindeki Girdiler	170
Çizelge EK-C.2. EAF’ında Gerçekleştirilen Geri Dönüşüm İle Yapısal Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü İçerisinde Ürün Sistemindeki Çıktılar	174

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Pik Demir Kullanılarak Yapılan İlk Köprü Coalbrookdale Köprüsü	6
Şekil 2.2. Britannia Köprüsü	7
Şekil 2.3. Puddling Fırını	9
Şekil 2.4. Yüksek Fırın Örneği	10
Şekil 2.5. Bessemer ve Thomas Konvertörü Çalışma Prensipleri.....	11
Şekil 2.6. Siemens-Martin Fırını Kesiti	12
Şekil 2.7. Elektrik Ark Fırınının Çalışma Prensipleri	13
Şekil 2.8. Bazik Oksijen Fırını Yöntemi Aşamaları	14
Şekil 2.9. Dünyada Çelik Üretiminde Uygulanan Yöntemler ve Yıllara Göre Üretim Miktarları	15
Şekil 2.10. Demir Atomunun 165 Milyar Kez Büyütülmüş Modeli.....	16
Şekil 2.11. Çelik Üretiminde Kullanılan Demir Mineralleri.....	17
Şekil 2.12. Çeliğin Elastik ve Plastik Davranış Göstermesi	18
Şekil 2.13. Çeliğin Yapısında Bulunan Karbon Oranının Çekme Mukavemeti ve Kopma Uzamasına Etkisi.....	18
Şekil 2.14. Haddeme ve Sonrasında Çeliğin Tane Boyunda Oluşan Küçülme...23	
Şekil 2.15. I Profil	24
Şekil 2.16. U Profil Çeşitleri	24
Şekil 2.17. L Profil Çeşitleri	24
Şekil 2.18. Özel Profil Çelik Örnekleri.....	25
Şekil 2.19. Levha Çeşitleri ve Ebatları.....	25
Şekil 2.20. Çelik Lama Çeşitleri	26
Şekil 2.21. Guggenheim Müzesi	27

Şekil 2.22. Beijing Ulusal Stadyumu	29
Şekil 2.23. Türkiye Çelik Haritası	35
Şekil 2.24. Türkiye’de Çelik Yapıların Yapı İşlevlerine Göre Dağılımı	36
Şekil 2.25. 35. Sokak Konutları Yapım Aşaması	36
Şekil 2.26. 35. Sokak Konutları	37
Şekil 2.27. Kayseri Batı İlçe Terminali Binası	37
Şekil 2.28. Double Tree By Hilton Avcılar.....	37
Şekil 3.1. Beşikten Mezara Yaklaşım	38
Şekil 3.2. Yaşam Döngüsü Süreci; Süreçlerin Birbirleri ve Çevreyle İlişkisi	39
Şekil 3.3. Çevresel Yönetim Sistemi ve Alt Başlıkları	42
Şekil 3.4. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Aşamaları.....	44
Şekil 3.5. Ürün Sisteminde Yer Alan Birim Süreçler	46
Şekil 3.6. Ürün Sistemi Örneği	47
Şekil 3.7. Envanter Analizi Aşamaları.....	48
Şekil 3.8. YDD Etki Değerlendirmesi Zorunlu Öğe Akışında Asitleşme Örneği .50	
Şekil 3.9. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi Aşamaları	50
Şekil 3.10. Yapının Yaşam Döngüsü Ana Aşamaları	58
Şekil 3.11. Yapının Yaşam Döngüsü Aşamaları.....	60
Şekil 3.12. YDD Yönteminin Yapı Sektöründe Kullanımına İlişkin Yaklaşımlar	62
Şekil 3.13. BREEAM Performans Kategorileri ve Dağılım Oranları	67
Şekil 3.14. LEED (Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar) v 2.2 (NC) Performans Kategorileri ve Oransal Dağılımları.....	68
Şekil 4.1. Çelik Konstrüksiyonlar için Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Çalışmasına Ait Çevresel Etki Oranları	71
Şekil 4.2. Yapıların Atık Yönetim Hiyerarşisi.....	77
Şekil 4.3. Patlayıcı Kullanılarak Yıkım Çalışmasının Yapılması ve Geri Kazanım.....	80
Şekil 4.4. Yapı Eleman ve Bileşenlerine Zarar Vermeden Gerçekleştirilen Söküm Çalışması.....	80
Şekil 4.5. Atık Toplayıcısı Tarafından Yapılan İşlemler	84
Şekil 4.6. Yıkım Yüklenicisi/Ekibi Tarafından Yapılan İşlemler.....	85

Şekil 4.7. Hurda Tedarikçisi /Endüstrisi Tarafından Yapılan İşlemler	86
Şekil 4.8. Geri Kazanılmış Malzeme-Bileşen Üreticisi Tarafından Yapılan İşlemler	86
Şekil 4.9. Tasarım Ekibi ve Müşteri Tarafından Yapılan İşlemler	87
Şekil 4.10. Kuzey Amerika, Japonya ve Avrupa’da 1 ton Ham Çelik Üretiminde Enerji Tüketiminin Yıllara Göre Değişimi	89
Şekil 4.11. Orsay Müzesi	91
Şekil 4.12. Ofis Binası (HET Architectural Office Building).....	92
Şekil 4.13. Massachusetts’de Yer Alan Salem Kilisesi’nin Taşınması	92
Şekil 4.14. Bileşenlerin Yeniden kullanımı	93
Şekil 4.15. Çelik kirişlerin Kaynak Yapılarak Birleştirilmesi	94
Şekil 4.16. Toronto Üniversitesi, Scarborough Kampüsü Öğrenci Merkezi	94
Şekil 4.17. MEC Binası (The Mountain Equipment Co-op).....	95
Şekil 4.18. Sökümü Yapılan Bileşenlerin Depolanması	95
Şekil 4.19. BedZED Binası	96
Şekil 4.20. Dünya Hurda Çelik ve Ham Çelik Üretimi.....	99
Şekil 4.21. Katıksız Geri Dönüşüm	100
Şekil 4.22. Katışık Üretim.....	100
Şekil 4.23. Lackenby Çelik Yapım Tesisi.....	101
Şekil 4.24. Heathrow Havaalanı Terminal 5 Binası.....	102
Şekil 4.25. Oval Cricket Ground Stadyumu.....	102
Şekil 4.26. Paddington İstasyonunda Yer Alan Köprü	102
Şekil 4.27. Yapının Yaşam Döngüsü içerisindeki Kapsam Tanımları.....	104
Şekil 4.28. Çelik Kirişin Yeniden Kullanımının Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü	105
Şekil 4.29. Hurda Çelik Kullanılarak Çelik Üretimine Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü Aşamaları (Geri Dönüşüm).....	106
Şekil 4.30. Yapısal Çeliğin Kullanım Döngüsüne Göre, Yeniden Kullanım ve Geri Dönüşüm ile Geri Kazanım Olanaklarının Gömülü Enerji Miktarları.....	107
Şekil 4.31. I Profil Çelik Kirişin Hammadden Doğrudan Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü Aşamaları	109

Şekil 4.32. I Profil Çelik Kirişin, Çalışmaya Konu Hammadden Doğrudan Üretimi ile Geri Dönüşüm ile Üretimi Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü Aşamaları	113
Şekil 4.33. GaBi Yazılımına Ait Veri Tabanında Yer Alan Sekmeler	114
Şekil 4.34. BOF’ında Metal Üretimi Birim Süreci	114
Şekil 4.35. GaBi Yazılımı Veri Tabanında Bulunan “BOF’ında Metal Üretimi” Birim Sürecine Ait Girdi ve Çıktılar	115
Şekil 4.36. EAF’ında Gerçekleştirilen Geri dönüşüm ile Yapısal Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü.....	116
Şekil 4.37. BOF’ında Gerçekleştirilen Hammadden Doğrudan Yapısal Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü	117
Şekil 4.38. EAF’ında Geri dönüşüm ile Çelik Üretimi Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsünde Küresel Isınma	119
Şekil 4.39. BOF’ında Gerçekleştirilen Hammaddeden Doğrudan Çelik Üretiminin Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsünde Küresel Isınma.....	119
Şekil 4.40. EAF’ında Geri dönüşüm ile Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsünde Asitleşme	120
Şekil 4.41. BOF’ında Geri dönüşüm ile Çelik Üretiminin Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsünde Asitleşme	120
Şekil 4.42. EAF’ında Geri dönüşüm ile Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsünde Ozon İncelmesi	121
Şekil 4.43. BOF’ında Gerçekleştirilen Hammaddeden Doğrudan Çelik Üretiminin Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsünde Ozon İncelmesi.....	122
Şekil 4.44. EAF’ında Geri dönüşüm ile Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsünde Ötrofikasyon (Eutrophication).....	122
Şekil 4.45. BOF’ında Gerçekleştirilen Hammaddeden Doğrudan Çelik Üretiminin Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsünde Ötrofikasyon.....	123
Şekil 4.46. EAF’ında Geri dönüşüm ile Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsünde İnsan Zehirlenmesi (Human Toxicity).....	124
Şekil 4.47. BOF’ında Gerçekleştirilen Hammaddeden Doğrudan Çelik Üretiminin Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsünde İnsan Zehirlenmesi	124

KISALTMALAR LİSTESİ

MKEK	: Makine Kimya Endüstrisi Kurumuna
KARDEMİR	: Karabük Demir Çelik Fabrikaları
ERDEMİR	: Ereğli Demir Çelik Fabrikaları
İSDEMİR	: İskenderun Demir Çelik Fabrikaları
EAF	: Elektrik Ark Fırını
BOF	: Bazık Oksijen Fırını
TÇÜD	: Türkiye Çelik Üreticileri Derneği
YDD	: Yaşam Döngüsü Değerlendirme
SETAC	: Society of Environmental Toxicology and Chemistry
Nord	: National Organization for Rare Disorders
CML	: The Centre of Environmental Science
IPU	: Institute for Product Development BOF : Bazık Oksijen Fırını
CHAINET	: European Network on Chain Analysis for Environmental Decision Support
LCANET	: European Network for Strategic Life-Cycle Assessment Research and Development
EDIP	: Environmental Design of Industrial Products CML : The Centre of Environmental Science
UNEP	: United Nations Environment Programme
EEA	: European Environment Agency
ISO	: International Organization for Standardization
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
IPP	: Integrated Product Policy
EPD	: Environmental Product Declaration

PCR	: Product Category Rules
YMBYDD	: Yapı Malzeme ve Bileşenlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
BMCC	: Building Material and Component Combinations
YÜYDD	: Yapı Ürününün Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
WPC	: Whole Process of Costruction
YDEA	: Yaşam Döngüsü Enerji Analizi
LCEA	: Life Cycle Energy Analysis
LCCA	: Life Cycle Cost Analysis
BTYDD	: Bölge Tipi Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi
BREEAM	: Building Research Establishment Environmental Assessment
BRE	: Building Research Establishment
LEED	: Leadership in Energy and Environment Design
USGBC	: The U. S. Green Building Council
ECSC	: European Coal and Steel Commission
IISI	: International Iron and Steel Institute
AYH	: Atık Yönetimi Hiyerarşisi
DfD	: Design for Dismantling
DFD	: Design for Deconstruction
DfR	: Design for Recycling
EPA	: Environmental Protection Agency
USEPA	: United States Environmental Protection Agency
SBI	: Danish Building Research Institute

**ÇELİK YAPI BİLEŞENLERİNİN YAŞAM DÖNGÜSÜ İÇİNDE YENİDEN
KULLANIM VE GERİ DÖNÜŞÜM OLANAKLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Mimar Havva AKSEL

**MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Haziran 2014

ÖZET

Dünya nüfusundaki artışa paralel olarak çevre kirliliği, küresel ısınma, kaynak tüketimi gibi çevresel etkilerin gün geçtikçe arttığı ve genellikle uzun vadeli sonuçlar doğuran bu çevresel etkilerin yeryüzündeki yaşamın devamı açısından tehdit oluşturduğu çeşitli çalışmalarla ortaya konulmuştur. Tüm bu çevresel etkilerin önemli bir bölümünü yapı endüstrisi oluşturmaktadır. Yeryüzündeki toplam malzeme tüketiminin yaklaşık %44'ünü yapı endüstrisinin oluşturduğu, aynı zamanda yapıların kullanımı sırasında oluşan sera gazı salınımının, yeryüzündeki toplam salınım miktarının yaklaşık %40'ını oluşturduğu bilinmektedir. Ayrıca yapıların çevresel etkilerinin 2030 yılında, yeryüzündeki nüfus artışı ile birlikte yaklaşık olarak %60 oranına yükselmesi beklenmektedir. Bu nedenle yapıların yaşam döngüsü içerisinde çevresel etkilerin azaltılması önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi, ürünlerin yaşam döngüsü içerisinde, hammaddenin çıkarılmasından, yaşam ömrünün sonlanması ile beraber atık oluşumuna kadar evreleri tümüyle kapsayan süreç içerisinde olası çevresel etkilerinin değerlendirmesine yönelik bir araçtır. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi yapıların, hammaddenin çıkarılmasından, yaşam ömrünün sonlanmasına kadar; yapım, kullanım, bakım-onarım aşamaları dahil bütün aşamalarına uygulanabilen bir yöntemdir.

Çelik, günümüzde çok katlı konut yapılarından, gökdelenlere; köprülerden, ticari yapılara kadar birçok yapıda, mukavemet, dayanıklılık, çok yönlülük, ekonomik olması, esneklik, estetik, hafiflik ve uygulama kolaylığı vb. gibi özellikleri sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Çeliğin yaygınlaşan kullanımı ile birlikte, çelik yapıların yaşam döngüsü sürecinde çevresel açıdan ele alınması önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu veriler ışığında tez çalışması kapsamında, kullanımı yaygınlaşan yapısal çeliğin, üretim yöntemleri ve özellikleri tanıtılarak yaşam döngüsü içerisinde, yaşam ömrü sonu müdahaleleri (atık yönetimi) belirlenerek, geri kazanım olanaklarından yeniden kullanım ve geri dönüşüm olanakları incelenmiş ve literatürdeki verilere dayalı bir çevresel karşılaştırma yapılmıştır. Ayrıca GaBi yazılımı kullanılarak elde edilen sonuçlara göre yapısal çeliğin hammadden doğrudan üretimi ile geri dönüşüm ile üretimi çelik bileşen örneği üzerinden çevresel açıdan karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Yaşam Döngüsü, Yapısal Çelik, Çelik Üretimi, Dekonstrüksiyon, Söküm, Yapılarda Atık Yönetimi, Geri Kazanım, Kaynakların Etkin Kullanımı, Yeniden Kullanım, Geri Dönüşüm

EVALUATION OF REUSE AND RECYCLING POSSIBILITIES FOR STEEL BUILDING COMPONENTS IN THE LIFE CYCLE

(M.Sc. Thesis)

Havva AKSEL

**MİMAR SİNAN FINE ARTS UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

June 2014

ABSTRACT

The various studies were revealed that environmental impacts such as pollution, global warming, resource depletion which usually have long-term results and which is threat for human survival increases day by day due to the world population increase. The construction industry constitutes an important part in all these environmental effects. It is known that the construction industry is responsible for approximately 44% of the total material consumption and approximately 40% of the total amount of greenhouse gas emissions on the Earth. Due to the world population growth It is also estimated that environmental impacts of construction industry will increase 60% rate by the year of 2030.

Life Cycle Assessment (LCA) is a method to evaluate environmental impacts of products at their whole life cycle from acquisition of raw materials to the waste generation, including recovery possibilities. Life Cycle Assessment (LCA) is an applicable tool for all life cycle stages in buildings, from acquisition of raw materials to the end of life options including construction, operation and maintenance.

Nowadays, The steel is a widely-used material in buildings due to the strength, durability, usability, low cost, flexibility, aesthetics, low weight and performance characteristics, such as multi-storey residential buildings, skyscrapers, bridges, commercial buildings etc. Therefore, The widespread usage of steel makes it important to evaluate the steel structures in environmental burden at their life cycle.

In this study production methods and characteristics of steel were introduced, end of life options (waste management) and recovery (reuse and recycle) potentials of steel were examined and an environmental comparison was made between reuse and recycle potential according to the data based on literature survey. In addition, structural steel production using raw materials and structural steel production by recycling are compared in environmental burden on the example of a structural steel component, using GaBi Software.

Keywords: Life Cycle Assessment (LCA); Structural Steel, Steel Production; Deconstruction; Waste Management in Buildings; Recovery; Reduse, Reuse, Recycle

1. GİRİŞ

İnsan eliyle yapılan hemen hemen tüm aktiviteler çeşitli çevresel etkilere yol açmaktadır. Bu etkiler, genellikle uzun süreli sonuçlar doğurmakla birlikte insan sağlığı ile yaşamın devamı açısından tehdit oluşturur. Birleşmiş Milletler tarafından, 1983 yılında, çevresel konulara yönelik bir Genel Kurul Toplantısı gerçekleştirilmiş ve toplantı sonucunda; Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu Başkanı Gro Harlem Brundtland tarafından “Ortak Geleceğimiz” (Our Common Future) başlıklı bir rapor açıklanmıştır. 1987 yılında yayınlanan ve Brundtland Raporu olarak bilinen bu raporda “Sürdürülebilir Kalkınma”: “Bugünün gereksinmelerini, gelecek nesilleri kendi gereksinmelerini karşılama yetisinden yoksun bırakmadan karşılayarak kalkınma” şeklinde tanımlanmıştır (Crawford, 2011; Sev, 2009).

Yapı sektörü, insan eliyle gerçekleştirilen aktivitelerin neden olduğu çevresel etkilerin önemli bir bölümünü oluşturur. Bu nedenle, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından yapı sektörü önemli etkiye sahiptir (Ortiz ve diğ.; 2009). Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanarak, çevresel etkilerin azaltılmasına yönelik karar almak üzere çeşitli çalışmalar yapılmış ve yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden biri, yapıların yaşam döngüsünün çeşitli aşamalarında ortaya çıkan çevresel etkileri bütüncül bir şekilde değerlendirme yapma ve karar alma olanağı sağlayan Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) Yöntemidir. Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi, ilk olarak kısa ömürlü endüstriyel ürünlerin çevresel etkileri değerlendirmek amacıyla geliştirilen ve kullanılan bir yöntem olup, son yıllarda hızlı bir gelişme yakalayarak yapı sektöründe kullanılmaya başlamıştır. Bir yapının, hammaddenin çıkarılmasından, yaşam ömrünün sonlanması ile beraber atık oluşumu ve atık yönetimini kapsayan yaşam döngüsünün çeşitli aşamalarında, doğal kaynaklara gereksinim duyulmakta ve aynı zamanda atık oluşumu ve çeşitli salınımlar gerçekleşmektedir. Diğer bir deyişle yapılar; yapım, kullanım, bakım-onarım ve yıkım dahil olmak üzere, yaşam döngülerinin çeşitli aşamalarında; küresel ısınma, atık üretimi, doğal kaynakların tüketilmesi, hava kirliliği, toprak kirliliği ve su kirliliği gibi birçok çevresel etkilere neden olmaktadır. Yeryüzündeki toplam malzeme tüketiminin yaklaşık %44’ünü yapı endüstrisinin oluşturduğu, aynı

zamanda yapıların kullanımı sırasında oluşan sera gazı emisyonu salınımının, yeryüzündeki toplam salınım miktarının yaklaşık %40'ını oluşturduğu bilinmektedir (Crawford, 2011; Erlandsson ve Borg,2003;Burgan ve Sansom, 2006). Ayrıca yapıların çevresel etkilerinin 2030 yılında, yeryüzündeki nüfus artışı ile birlikte yaklaşık olarak %60 oranına yükselmesi beklenmektedir (Syal ve diğ., 2006). Yapılar aynı zamanda; yapım, işletim, bakım ile malzeme/bileşen üretimi gibi yapıyla ilişkili uygulamalar açısından yeryüzündeki Karbondioksit (CO₂) emisyonlarından yüksek oranda sorumludur. Sera gazı salınımlarından olan Karbondioksit (CO₂) salınımlarının en çok bilinen etkisi iklim değişikliği olup, iklim değişikliğinin yıkıcı etkileri göz önüne alındığında, modern dünyanın karşılaştığı en önemli tehdit olduğu söylenebilir. İklim değişikliğine sebep olan 6 çeşit sera gazı salınımlarının azaltılmasına yönelik çeşitli devletlerce 1997 yılında Kyoto'da bir protokol imzalanmış ve Kyoto Protokolü'nde yer alan sera gazı salınımları; Karbondioksit (CO₂), Metan (CH₄), Azot Oksit (N₂O), Hidroflorokarbon (HFCs), Perfluorokarbon (PFCs) ve Sülfürhekzaflorür (SF₆) olarak sıralanmıştır (Crawford, 2011; URL-1; URL-2).

Çelik malzeme günümüzde çok katlı konut yapılarından, gökdelenlere; köprülerden, ticari yapılara kadar birçok yapıda, mukavemet, dayanıklılık, çok yönlülük, ekonomik olması, esneklik, estetik, hafiflik ve uygulama kolaylığı vb. gibi özellikleri sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Eren, 2007; URL-3). Çeliğin yaygınlaşan kullanımı ile birlikte, çelik yapıların yaşam döngüsü sürecinde çevresel açıdan ele alınması önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çelik endüstrisinde, çeliğin üretim sürecinde önemli ölçüde enerji tüketimi ile Karbondioksit (CO₂) salınımı gerçekleşmektedir. Bir ton çelik üretiminde ortalama olarak 1.8 ton CO₂ salınımı gerçekleştiği bilinmektedir. Uluslararası Enerji Kuruluşunun (International Energy Agency) 2010 verilerine göre demir ve çelik endüstrisi yeryüzündeki toplam CO₂ salınımının % 6.7'sini oluşturur (URL-4). Çelik endüstrisi aynı zamanda yeryüzündeki kaynak tüketiminin önemli bir miktarından da sorumludur. Amerika Birleşik Devletleri tarafından 2009 yılında yapılan jeolojik bir araştırmada; yeryüzünden küresel ölçekte yılda 2.2 milyar ton demir cevheri çıkarıldığı, çıkarılan bu cevherlerin büyük bir bölümünün yapı sektöründe kullanıldığı, yeryüzünde ulaşılabilen demir cevheri miktarının ise yaklaşık 150

milyar ton olduğu ortaya konulmuştur. 2006 yılında Brown tarafından yapılan tahmine göre, çelik talebine göre var olan demir cevherinin 64 yıla karşılık geldiği belirtilmiştir (Crawford, 2011). Demir rezervlerinin tükenmesinin yanı sıra literatürde yer alan çalışmalarda, yapısal çeliğin yaşam döngüsü içerisinde enerji tüketimi ile çevresel etki açısından, çeliğin üretim aşamasının önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Bu sebeple yapısal çeliğin geri kazanım olanaklarının değerlendirilmesi önem gösterdiği düşünülmektedir. Literatürde yer alan birçok çalışmada yapı malzeme ve bileşenlerinin çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde “gömülü enerji” kavramının bir kriter olarak kullanıldığı görülmüştür. Gömülü enerji yapı malzeme ve bileşenlerinin, standardize bir nicelik oluşturularak çevresel etkileri açısından karşılaştırma yapma olanağı sağlayan önemli bir gösterge olup (Emmer, 2009), gömülü enerji kavramından tez çalışması kapsamında 4. Bölümde söz edilecektir. Yapıların gömülü enerjisinin yaklaşık genellikle %50’den fazlasını yapının taşıyıcı sistemi oluşturmaktadır (Asif ve diğ., 2007; Bribián ve diğ., 2011). Bu bağlamda yapıların yaşam döngüsündeki çevresel etkilerinin azaltılabilmesi için, taşıyıcı sistemin gömülü enerjinin azaltılmasının, dolayısıyla yapısal çeliğin geri kazanım olanaklarının artırılmasının önem gösterdiği söylenebilir.

Çalışmanın Amacı;

- Yapıların çevresel etkilerinin değerlendirilmesinin ve çevresel açıdan karar almanın önemini vurgulanarak, çevresel bir değerlendirme aracı olan Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yönteminin tanıtılması ve yöntemin yapı sektöründe kullanımına açıklık getirilmesi,
- Günümüzde yaygın olarak kullanılan çelik yapıların, üretim yöntemleri ve özelliklerinin tanıtılarak yaşam döngüsü içerisinde, yaşam ömrü sonu müdahalelerin (atık yönetimi) belirlenmesi ve geri kazanım olanaklarından yeniden kullanım ve geri dönüşümün incelenmesi,
- Yapısal çeliğin, yapıların gömülü enerjilerinden yüksek oranda sorumlu olan, taşıyıcı sisteme ait bir bileşen olan kiriş örneği üzerinden, hammadden doğrudan üretimi ile geri kazanım olanaklarından geri dönüşüm ile üretimi ve yeniden kullanımının yaşam döngüsü aşamalarının ortaya konularak, literatürde yer alan çalışma sonuçlarına ait veriler aracılığıyla, çevresel etkiler

açısından karşılaştırma yapılması ve çalışmanın çevresel açıdan karar alma konusunda yol gösterici olması hedeflenmektedir.

- Ayrıca, YDD Yönteminin kullanımına yönelik geliştirilmiş bir yazılım aracı olan GaBi yazılımı kullanılarak yapısal çeliğin hammadden üretimi ile geri dönüşüm ile üretimi çevresel açıdan karşılaştırılarak, yazılımın kullanımına açıklık getirilmesi ve YDD Yönteminin örnekleme üzerinden kullanımının ortaya konulması hedeflenmektedir.

Kapsam; tez çalışmasında taşıyıcı sistemi çelik kullanılarak inşa edilen yapılar “çelik yapı” olarak, bu yapılarda kullanılan, taşıyıcı özellikteki çelik ise “yapısal çelik” olarak adlandırılacaktır. Tez çalışması kapsamında, çalışmanın 2. Bölümünde demir-çelik malzemenin üretimdeki gelişimi ve tarihçesi; demir-çelik malzemenin yapısal özellikleri ile yapısal çeliğin kullanım avantaj ve dezavantajları aktarılacaktır. Yapı sektöründe kullanılan metal malzeme ve bileşen türleri ile Çeliğin çeşitli kriterlere göre sınıflandırılması bu tez çalışmasının konusu olmayıp, tez kapsamında çelik türlerinin yapısında bulunan Karbon miktarına göre sınıflandırılması yeterli görülmüştür.

Tez çalışmanın 3. Bölümünde Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi genel tanımı yapılarak, yöntemin tarihçesi aktarılacaktır. Ayrıca YDD Yönteminin aşamaları ayrıntılı bir şekilde aktarılarak, yöntemin yapı sektöründe kullanımına açıklık getirilecek ve YDD Yönteminin kullanımına yönelik geliştirilen yazılım araçları tanıtılacaktır. YDD Yönteminin kullanımına yönelik yazılım araçların kullanım ve içerik bilgileri bu tez çalışmasının konusu olmayıp, yazılım çeşitlerine ve yazılımın geliştirildiği ülkelere göre bir tanıtım yapmak yeterli görülmüştür.

Tez çalışmanın 4. Bölümünde; öncelikle yapı endüstrisinde atık yönetimi ve geri kazanım olanakları aktarılacak ve yapısal çeliğin yaşam döngüsü içerisinde atık yönetimi ve geri kazanım olanakları ayrıntılı bir şekilde açıklanacaktır. Son olarak da yapısal çeliğin, hammaddeden üretimi, yeniden kullanım ve geri dönüşüm olanaklarının yaşam döngüsü aşamaları ortaya konularak, yapısal çeliğin yeniden kullanım ve geri dönüşüm olanakları literatürde yer alan verilere göre, çevresel açıdan değerlendirme yapılacak ayrıca GaBi yazılımı kullanılarak yapısal çeliğin hammadden üretimi ile geri dönüşüm ile üretimi çevresel açıdan karşılaştırılması örneklenecektir.

2. DEMİR-ÇELİK TEKNOLOJİSİ VE GELİŞİMİ

Metaller; yer kabuğundan maden olarak çıkarılan; serbest elektronlarla çevrili iyon atomlardan meydana gelen; kristal yapılı; sıvı veya katı halde özellikleri değişmeyen; demir, bakır, çinko, kurşun, alüminyum gibi çeşitli maddelerin genel adıdır. Yapısında bulunan atomik özellikleri aynı olan metaller “saf metal”, yapısında değişik oranlarda elementler yer alan metaller ise “alaşım” olarak adlandırılır. Metaller genellikle doğada oksit, kükürlü ve karbonatlı cevherler şeklinde bulunmakta olup, cevherlerden metal üretimi; kavurma, redüksiyon, elektroliz işlemleri yapılarak gerçekleştirilmektedir. Üretimi gerçekleştirilen metal çeşitli yöntemler kullanılarak; tel, levha, profil veya külçe şekline dönüştürülerek piyasaya sürülmektedir (Eriç, 1994).

İlkçağlarda demir ve bakır filizlerinin odun kömürü ile yakılarak metal elde edilmiş olduğu ve kenet borular gibi elamanlar olarak yapıda kullanılmış olduğu bilinmektedir. Örneğin; Mısırlılar tarafından M.Ö. 3000’li yıllarda bakır borular kullanılmıştır. Çok eski tarihlerde bilinmesine rağmen metallerin XIX. yüzyılda endüstriyel olarak üretimleri yapılabilmiş, XX. Yüzyıldan itibaren ise yapı sektöründe kullanılmaya başlanmıştır (Eriç, 1994).

Genel olarak metaller yapıda; döküm, şekillendirilmiş profil ve levhalar şeklinde kullanılmakta olup, metallerin yapıda kullanımına; betonarme çeliği; çelik kolon; çelik kiriş; çelik profil ve putreller; çatı ve cephe kaplamaları; doğrama; tesisat ve ince yapı elemanları örnekleri verilebilir (Eriç, 1994; Şimşek, 2003). Yapı sektöründe; alüminyum, bakır, pirinç, bronz, çinko gibi birçok metal malzeme ve bileşen kullanılmakla birlikte, metaller grubundan Demir (Fe) elementi ve özellikle karbonlu alaşımları fontlar (pik) ve çelikler yapı sektöründe en çok kullanılan metal malzemelerdir (Artel ve Dibağ, 1969). Bu bölümde demir-çelik malzemenin üretimdeki gelişimi ve tarihçesi anlatılmakta ve demir-çelik malzemenin yapısal özellikleri ile yapı sektöründe kullanılan (yapısal çelik) çelik çeşitleri aktarılmaktadır. Ayrıca yapısal çeliğin kullanım avantajları; mimari, strüktürel, uygulama (yapım) ve sürdürülebilirlik açısından ele alınarak, yapısal çeliğin kullanım dezavantajları açıklanmaktadır.

2.1. Demir-Çelik Malzemenin Üretimdeki Gelişimi ve Tarihçesi

Dünyada ilk defa demir cevherinin işlenmesi, klasik arkeolojideki bir teoriye göre, antik çağlarda Kaz Dağlarında çıkan bir orman yangını sonrası toprakta bulunan demirin şekil değiştirecek kadar ısınması sonucu insanoğlunun demir cevherini işlemeyi öğrendiği; diğer bir teoriye göre ise insanoğlunun yeryüzüne düşen meteorlar ile saçılan metalleri işleyerek ilkel araç, gereç ve silah yapabildikleri şeklindeki kabullerdir. Demir 5000 yıldır kullanılmakla beraber, önceleri yalnızca silah ve eşya yapımında kullanıldığı bilinmektedir. İngiltere’de 18. Yüzyılda ham demir üretiminin gerçekleştirilmesi ile birlikte demir yapı sektöründe kullanılmaya başlanmış olup, demir kullanılarak inşa edilen ilk yapılar köprülerdir (Özhendekci, D.).



Şekil 2.1. Pik Demir Kullanılarak Yapılan İlk Köprü Coalbrookdale Köprüsü (URL-5)

Yapısında bulunan Karbon oranı % 0,2’den az olan Demir-Karbon alaşımları “yumuşak demir” ya da “demir” olarak adlandırılmakta ve yumuşak demir betonarmede kullanılmamaktadır (Şimşek, 2003; Artel, Dibağ, 1969). Yapısında bulunan Karbon oranı % 1.7 ile % 5 arasında olan Demir-Karbon alaşımları ise “font” veya “dökme demir” olarak adlandırılır. Karabük Demir-Çelik Tesislerinin kuruluşundan bu yana İngilizcede “pig iron” sözcüğünden alınma “pik demir” olarak da adlandırılmaktadır. Font veya dökme demir, doğrudan yüksek fırın ürünü olan

ham demir olup, ham demirin içerisindeki Karbon oranının yaklaşık %2-4 oranında düşürülmesiyle elde edilmektedir. Font demir yüksek basınca dayanıklıdır ve titreşimleri sönmüleyebilme özelliği sebebiyle makine endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Basınç dayanımı yüksek, çekme dayanımı düşük olan font demir yapı sektöründe ise çeliğin elde edilmesi öncesinde kullanılmış ve bu kullanım çelik yapımın temelini atmıştır (Artel ve Dibağ, 1969; Eren, 2007; Özhendekci, D.; Şimşek, 2003). Font kullanılarak yapılan ilk köprü, Abraham Darby tarafından İngiltere’de, Severn Nehri üzerinde 1778 yılında yapımı tamamlandığı düşünülen, Coalbrookdale Köprüsü’dür (Özhendekci, D.). (Şekil 2.1.)

Dövme Demir ise yüksek oranda karbon içeren pik demirin eritilerek ve bünyesinde yer alan Karbonun % 0.1 oranına kadar düşürülmesiyle elde edilen demir çeşididir. (Eren, 2007) Demir soğuma sırasında henüz yumuşakken dövülür veya silindirden geçirilirse lifli dokuda anizotrop yapıda bir tür olan “dövme demir” elde edilmektedir (Artel, Dibağ, 1969). Dövme demir kullanılarak inşa edilen köprülere örnek olarak İngiltere’de yer alan Britannia Köprüsü verilebilir. Britannia Köprüsü (Şekil 2.2.) 1846 yılında inşa edilmiş olup, 140 m açıklık geçmektedir (Özhendekci, D.).



Şekil 2.2. Britannia Köprüsü (URL-6)

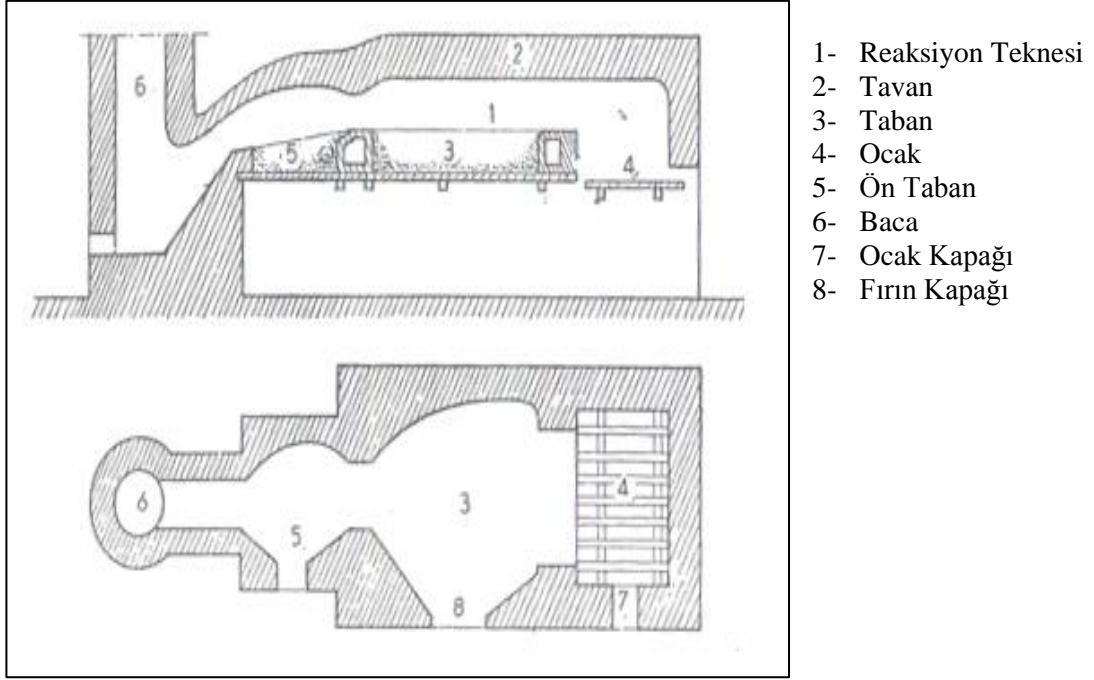
Çelik üretimindeki gelişmeler Abraham Darby’nin taş kömürü kullanarak kok kömür üretmeyi başarması ve kok kömürü kullanarak demiri işlemesiyle başlamaktadır.

1700'lü yıllara kadar demir, karbon bakımından zengin odun kömürü kullanılarak işlenmekteyken, Avrupa'daki ormanların giderek azalması sıkıntı yaratmaktaydı. Öte yandan o dönemde İngiltere'de taş kömürünün bol miktarda bulunmasına rağmen, içeriğinde yeteri kadar karbon bulunmaması sebebiyle demirin işlenmesinde kullanımı mümkün olmuyordu. Bu sebeple karbon açısından daha zengin olan kok kömürün elde edilmesi çelik üretimi açısından önemli bir gelişme olarak karşımıza çıkmaktadır (Özhendekci, D.). Abraham Darby 1707 yılında kendi hazırladığı kum kalıp yöntemi ile demir kazanlar üretmiş ve 1709 yılında ise üretimini gerçekleştirdiği kok kömürü fırınlarında kullanmaya başlamıştır. Ancak Abraham Darby fırınlarında önemli bir sorun ile karşılaşmış, fırınların kullanım sonrası duvarlarının dökülmesi ve tekrar kullanımının mümkün olmaması sebebiyle her üretim için yeni bir fırın yapılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. Bu da üretimi oldukça maliyetli hale dönüştürmekteydi (Eren, 2007). Ayrıca Abraham Darby tarafından işlenen demirin içi büyük oranda karbon köpüğü içermekteydi ve bu da gevrek davranışa yol açıyordu. Üstelik ürettiği, fontun çekme dayanımı yapısal kusurları sebebiyle zayıftı (Felekoğlu, B.).

Bir İngiliz olan Henry Cort tarafından 1784 yılında Puddling Metodu geliştirilmiş ve bu yöntem ile iyi kalitede dövme demir elde edilebilmiştir (Özhendekci, D.). Puddling Metodu ile beyaz fonta demir oksit ve hava etki ettirilerek yumuşak demir elde edilmekteydi. Şekil 2.3.'te Puddling Fırını plan ve kesiti şematik olarak yer almaktadır (Eriç, 1994). Puddling Fırınında, fırın tabanında demir oksit kaplı bir tekne bulunmakta olup, tekneye silisyumlu font ile demir oksit karışık olarak eklenecek ergitilir ve iyice karışması sağlanır. Fırın içerisinde bol miktarda oksijen bulunduğundan, demir oksidin etkisiyle Silisyum (Si) ve Mangan (Mn) ve kısmen Demir (Fe) ile Karbon (C) oksidasyona uğrayarak metal oksitler meydana gelir ve ortaya çıkan metal oksitleriyle Silisyum Oksit birleşerek metalik kütleden ayrılır ve böylece meydana gelen demir, fonta göre çok yüksek sıcaklıkta ergidiğinden katılaşır. Katılaşan kütleler 40 ile 50'şer kilogramlık kütleler halinde toplanarak, yüksek basınç altında ezilerek üretim gerçekleşir (Artel, Dibağ, 1969).

Henry Cort aynı zamanda, çekiç ile dövmeyle kıyasla 15 kat daha hızlı bir üretim tekniği olarak, font demiri yivli silindirler arasından geçirerek dövme demir elde etmiş ve sanayiye yetecek miktarda dövme demir üretimi gerçekleştirilebilmiştir

(Eren, 2007; Özhendekci, D.). Böylece o dönemde odun kömürü ile demir işleyen Rusya ve İsveç'in üretimdeki tekeli kaldırılarak İngiltere piyasaya hakim olmaya başlamıştır (Özhendekci, D.). Henry Cort, yüksek fırın ve puddling metodunu geliştirerek üretilen dövme demirin safsızlığını azaltmayı başarmıştır (Felekoğlu, B.).

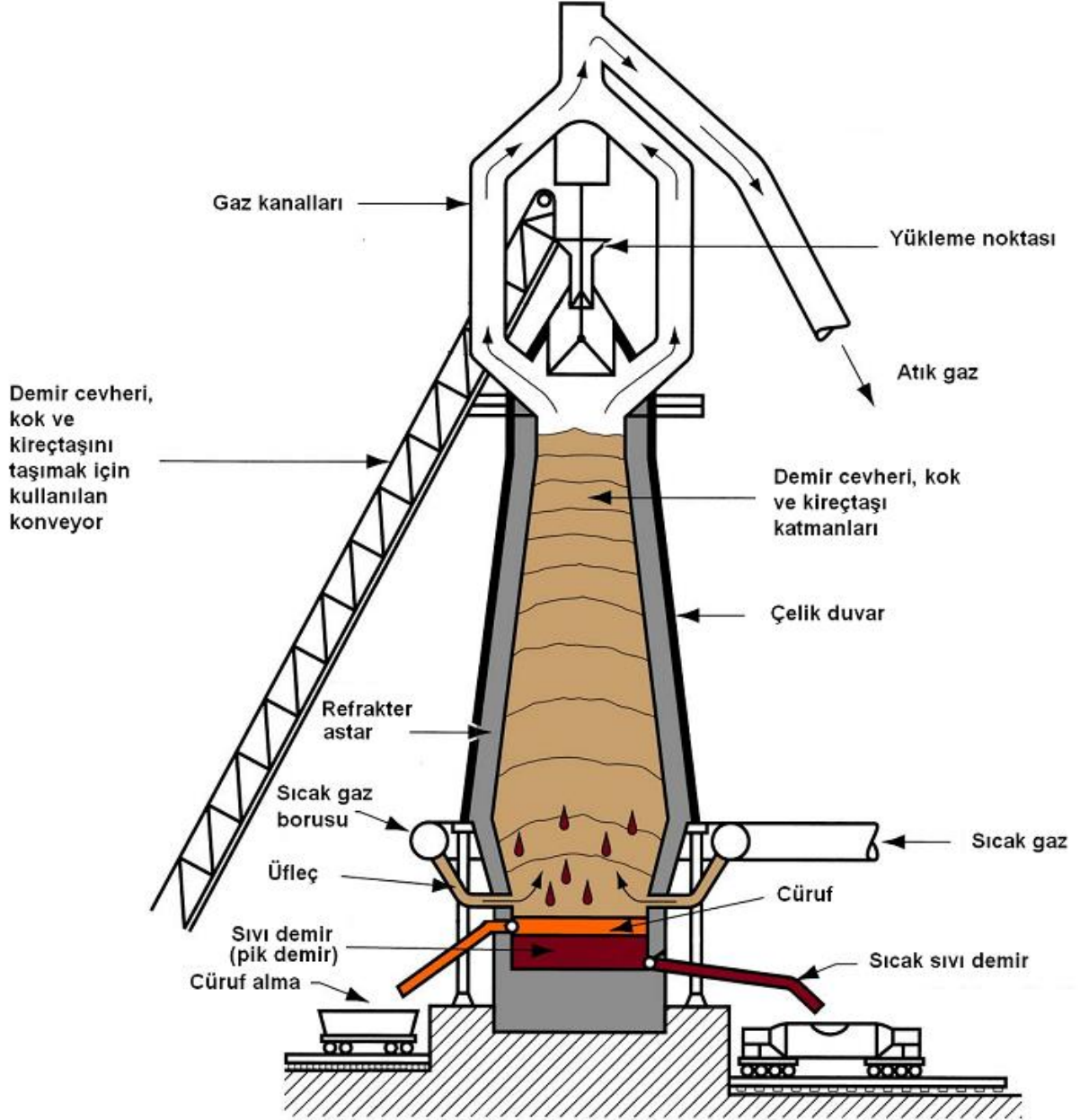


Şekil 2.3 Puddling Fırını (Artel ve Dibağ, 1969)

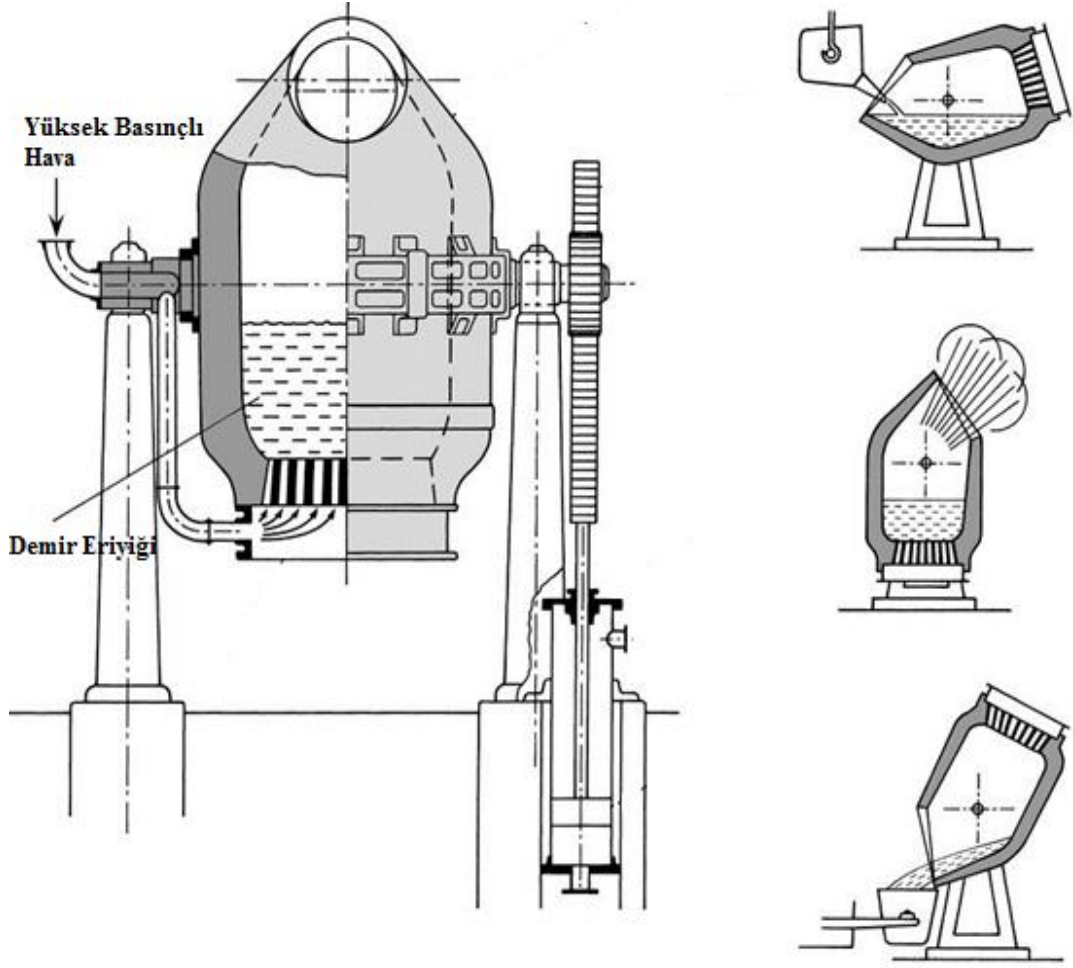
O tarihlerde birçok ülke, demir fabrikaları kurmak amacıyla İngiliz mühendisleri ülkelerine davet etmiştir. Örneğin 1787 yılında Fransa ve Almanya'da yüksek fırınlar İngilizler tarafından kurulmuştur (Apak, 2003; Özhendekci, D.). Bahsi geçen yüksek fırınlar, font üretiminde kullanılan "kule tipi" yüksek fırınlardır. (Şekil 2.4.) Modern bir yüksek fırının boyu 40 ile 50 metre arasında değişmekte olup, hacmi yaklaşık 2000-3000 m³ kadardır (Artel ve Dibağ, 1969).

Önceleri demirin istenilen sıcaklık ve kıvama getirilerek çelik üretiminin gerçekleştirilebilmesi için çok fazla enerjiye, dolayısıyla yakıt tüketimine gereksinim duyulmaktaydı. Bu da çeliğin çok pahalı ve değerli bir malzeme olmasına yol açmış ve bu sebeple, çeliğin daha az yakıt harcanarak üretiminin yapılabilmesi o tarihlerde önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır. 19. Yüzyılda konu ile ilgili birçok

çalışma yapılmış olup, bu çalışmalardan en önemlisi 1855 yılında Bessemer tarafından geliştirilen yöntemdir (Apak, 2003; Özhendekci, D.).



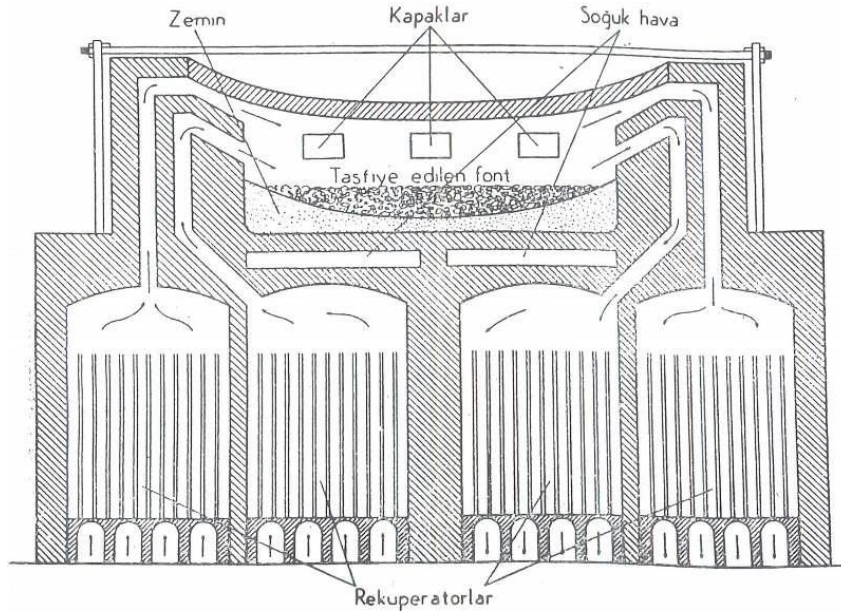
Şekil 2.4. Yüksek Fırın Örneği (Demir, A.)



Şekil 2.5. Bessemer ve Thomas Konvertörü Çalışma Prensibi (URL-7)

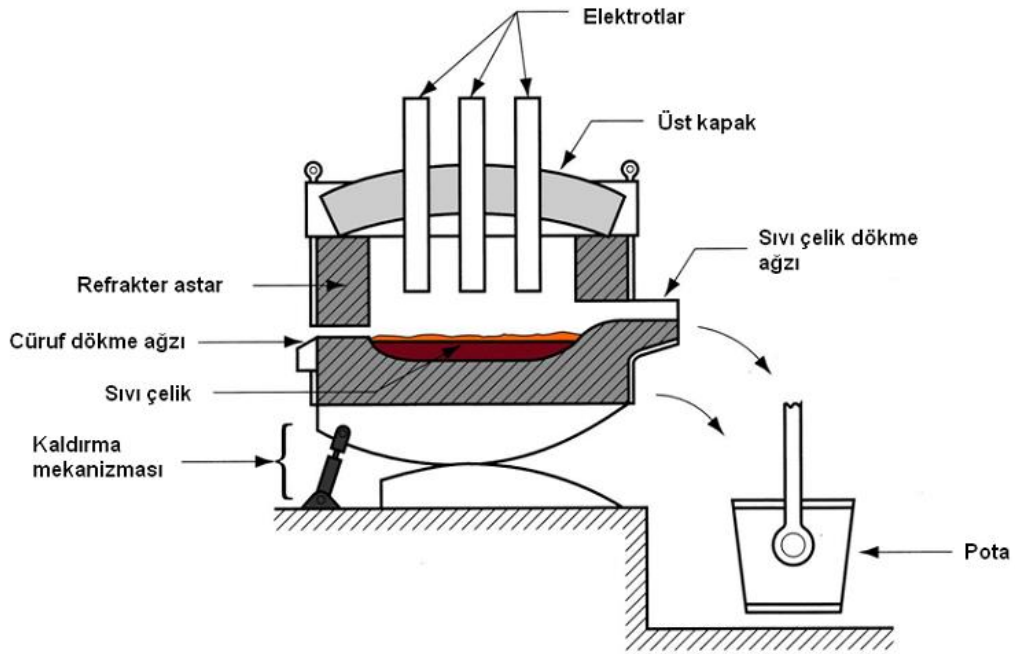
Bessemer yöntemiyle birlikte, üretilen çeliğin kalite ve maliyeti konusunda büyük bir aşama kaydedilmiştir. Bessemer geliştirdiği yöntemi, çeliğin üretimindeki en ekonomik yöntem olarak tanımlamıştır. Bessemer'in icat ettiği konvertör, iki mafsallın üzerine büyük bir konteynerin yerleştirilmesiyle oluşturulmuş olup, konvertör hafif eğimli hale getirilip, konvertör içerisine erimiş demir eklenerek, konvertör dik konuma getirilmektedir. Konvertörün dik konuma getirilmesiyle demirin üzerindeki duman tabakası dışarıya çıkmakta yani Bessemer'in tanımına göre böylece cürufklar dışarıya atılmaktadır. Bessemer uyguladığı yöntemde sonradan karışıma gerekli miktarda karbon eklemek suretiyle ürettiği ürünü belirli bir kaliteye getirmeye çalışmıştır (Apak, 2003; Rogers, L.). Ancak Bessemer Konvertöründe

silika asit astar (kaplama) yer almakta olup, eriyik içerisinde yer alan yüksek orandaki fosforun rafine edilmesine engel olmakta ve üretilen çelik içerisinde bir miktar fosfor yer almaktaydı. Bu da üretilen çeliğin kalitesini düşürmekteydi. Daha sonra yöntem Thomas tarafından geliştirilmiş ve konvertörde astar olarak doloma (Calcia–MagnesiaMixture) kullanıldığı takdirde eriyik içerisinde daha fazla fosforun rafine edilebildiği keşfedilmiştir (Seetharaman, 2014). “Bessemer” veya “Thomas Metodu” olmak üzere her iki yöntemde de yumuşak demire hava üflenmek suretiyle karışımın karbonlanması şeklinde çelik üretimi gerçekleştirilmiş olup, Şekil 2.5.’te Bessemer ve Thomas tarafından kullanılan konvertörün çalışma prensibi yer almaktadır (Artel ve Dibağ, 1969; Eriç, 1994). Daha sonraları 1864 yılında Siemens ve Martin tarafından “açık kalp fırını” olarak da bilinen Siemens-Martin Fırını geliştirilmiştir (Seetharaman, 2014). Siemens-Martin Fırınında yapılan işlemler kimyasal kontroller yapılarak üretilen çeliğin kalite ve içeriği ayarlanabilmekte olup, bu yöntemle % 99.8’e yakın saflıkta demir elde etmek mümkündür (Artel ve Dibağ, 1969). (Şekil 2.6.) Çelik üretimi; “Martin-Siemens Metodu” ile beyaz fontun yakılarak içeriğindeki Karbonun alınması şeklinde gerçekleştirilmektedir (Eriç, 1994).



Şekil 2.6. Siemens-Martin Fırını Kesiti (Artel ve Dibağ, 1969)

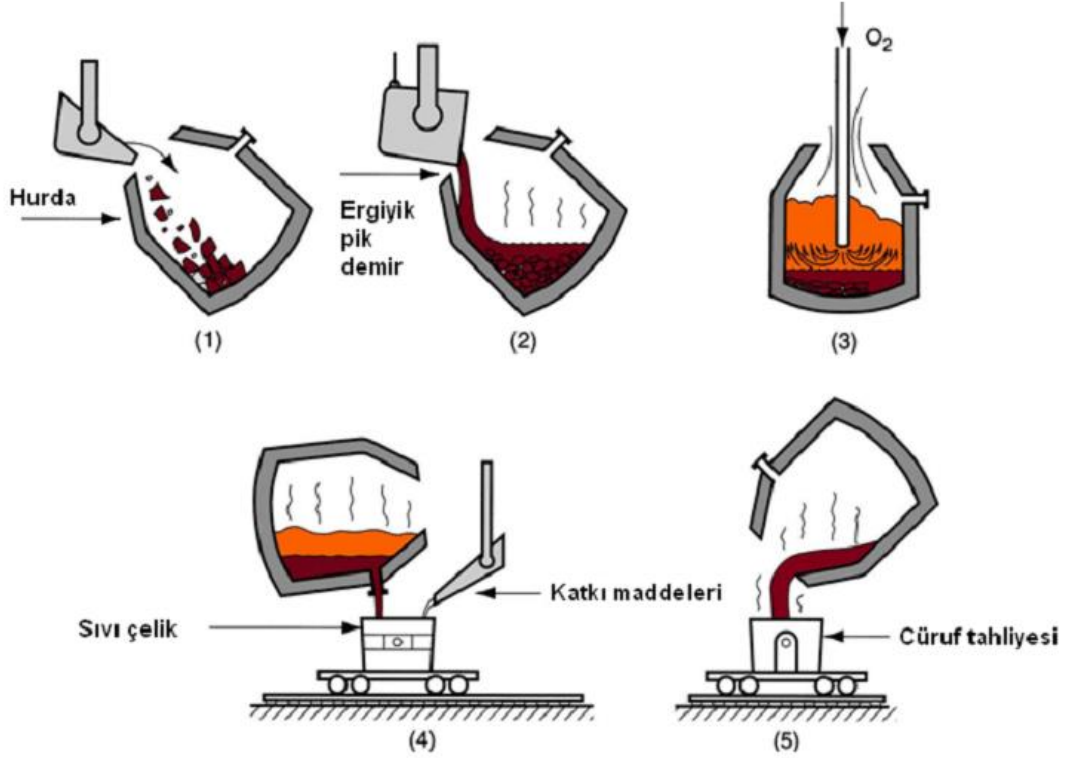
Daha sonraları çelik üretiminde Elektrik Ark Fırınları kullanılmaya başlanmış olup, modern bir elektrik ark fırını katı maddeyi kısa sürede ham demire dönüştürme olanağı sağlamaktadır. Hurda çelik ve demir içeren diğer malzemeler Elektrik Ark Fırınına yüklenerek, fırının kapağı kapatılır. Kapak üzerinde fırın içerisinde inip kalkabilen hareketli grafit elektrotlar yer almaktadır. Bu elektrotlara akım verilerek fırın içerisinde şiddetli bir ark oluşturulmakta ve böylece fırın içinde yer alan hurda malzeme eritilebilmektedir. Elektrik Ark Fırınları elektrik enerjisinin ucuz ve üretiminin bol olduğu ülkelerde çoğunlukla tercih edilmektedir (Felekoğlu, B.). (Şekil 2.7.)



Şekil 2.7. Elektrik Ark Fırınının Çalışma Prensibi (Demir, A.)

Önceleri büyük ölçekte saf oksijen (O_2) üretiminin mümkün olmaması sebebiyle çelik üretimi demire hava üfleme suretiyle gerçekleştirilmiş ve bu da çeliğin içeriğinde yüksek oranda Nitrojen (N) oluşmasına ve çeliğin kalitesinin düşmesine yol açmaktaydı. Teknolojik gelişmelerle birlikte 1920 ile 1930'lu yıllarda büyük ölçekte oksijen gazının üretilebilme olanağı bulunmuş olup, üretilen saf oksijen çelik üretiminde de kullanılarak üretilen çeliğin kalitesi arttırılmıştır (Seetharaman, 2014). Böylece; bir başka yöntem olarak Bazik Oksijen Fırınında çelik üretim olanağı ortaya çıkmıştır. Bazik oksijen Fırınının hammaddesinin %70-%80 oranında yüksek fırından gelen sıvı metal (sıvı pik) oluşturmakta olup, geri kalan bölümünü

demir cevheri ya da hurda çelik oluşturur. Bazik Oksijen Fırını hammadenin fırına eklenmesinden sonra %99,5 oranından daha saf oksijen gazının fırına yüksek hızda üflenmesi sonrası, oksijen gazının fırın içerisinde yer alan sıvı pikteki karbon ve silisyumu oksitleyerek fırın içerisinde yaklaşık olarak %20 oranında bulunan katı hurdayı eritebilecek ısıyı ortaya çıkarması prensibiyle çalışmaktadır (Felekoğlu, B.). (Şekil 2.8.)



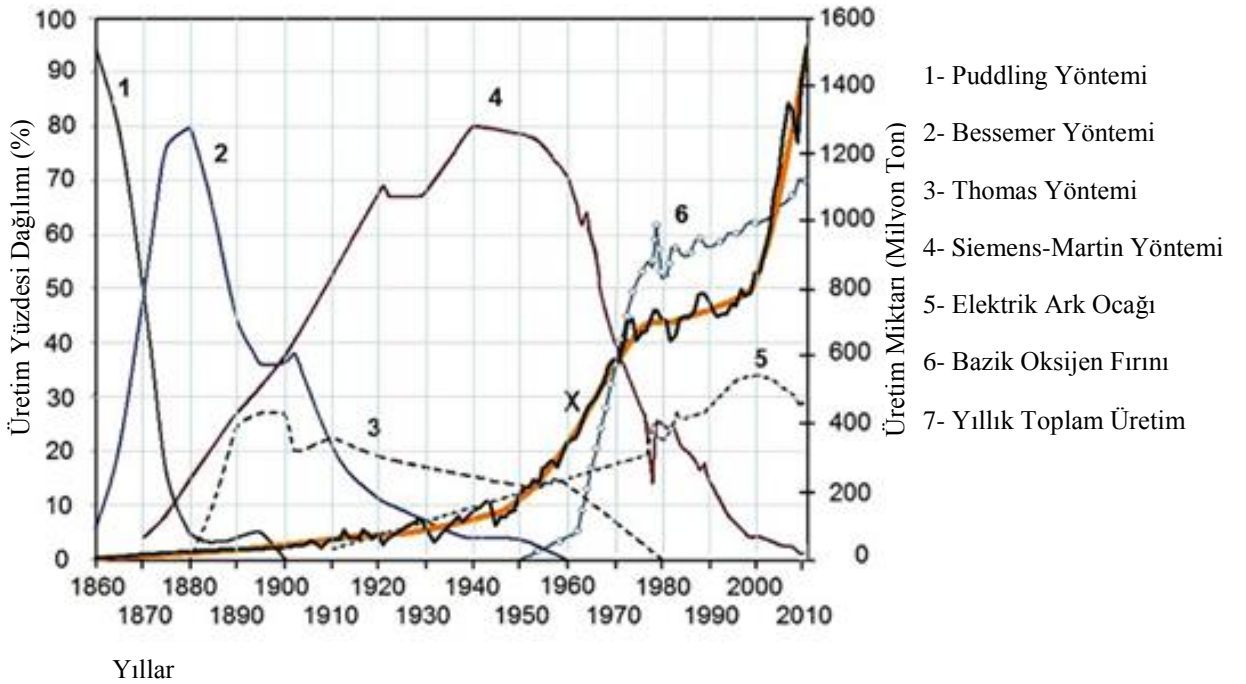
Şekil 2.8. Bazik Oksijen Fırını Yöntemi Aşamaları: (1) Hurda Eklenmesi, (2) Yüksek Fırından Gelen Pik Demir, (3) O₂ Üfleme, (4) Sıvı Çeliğin Alınması ve Alaşım Elementleri ve Bazı İlavelerin Eklenmesi (5) Cürufun Alınması şeklindedir (Demir, A.).

Genel olarak çelik üretiminde kullanılan yöntemler;

- Bessemer –Thomas çelik üretim yöntemi;
- Simens-Martin çelik üretim yöntemi;
- Elektrik Ark Ocakları kullanılarak çelik üretimi;
- Bazik Oksijen Konvertörlerinde çelik üretimi şeklinde olup, bunlardan

Bessemer-Thomas yöntemi ile Siemens-Martin çelik üretim yönteminin kullanımı oldukça azalmıştır. Günümüzde çelik üretiminde genel olarak iki farklı yöntem uygulanmakta olup, bunlardan ilki, entegre tesislerde demir cevherinin işlenerek pik demir üretilmesi ve sonrasında Bazık Oksijen Fırınlarında çelik üretimi şeklindedir. İkinci üretim yöntemi ise, hurda çeliğin kullanılarak üretim yapılması olup, mevcut demir çelik hurdalarının elektrik ark ocaklarında ergitilmesi suretiyle çelik üretimi gerçekleştirilmektedir. Dünyada çelik üretiminin yaklaşık 1/3 hurda çeliğin üretimde kullanılması şeklinde gerçekleştirilmekte olup, kalan miktar ise demir cevherinden çelik üretimi şeklinde olmaktadır (Felekoğlu, B.).

Şekil 2.9'da World Steel Association'ın verilerine göre 1860 ile 2010 yılları arasında gerçekleşen dünyadaki çelik üretiminin uygulama yöntemleri ve üretim miktarları yer almaktadır (Seetharaman, 2014).



Şekil 2.9. Dünyada Çelik Üretiminde Uygulanan Yöntemler ve Yıllara Göre Üretim Miktarları (Seetharaman, 2014)

Günümüzde; farklı fiziksel ve kimyasal özelliklerde yaklaşık 3500 adet çelik türü bulunmaktadır. Piyasadaki çelik türlerinin yaklaşık %75'i son 20 yıl içerisinde geliştirilmiş olup, her geçen gün örnek çelik türlerinin kaliteleri iyileşmektedir (Felekoğlu, B.).

2.2. Demir - Çelik Malzemenin Yapısal Özellikleri

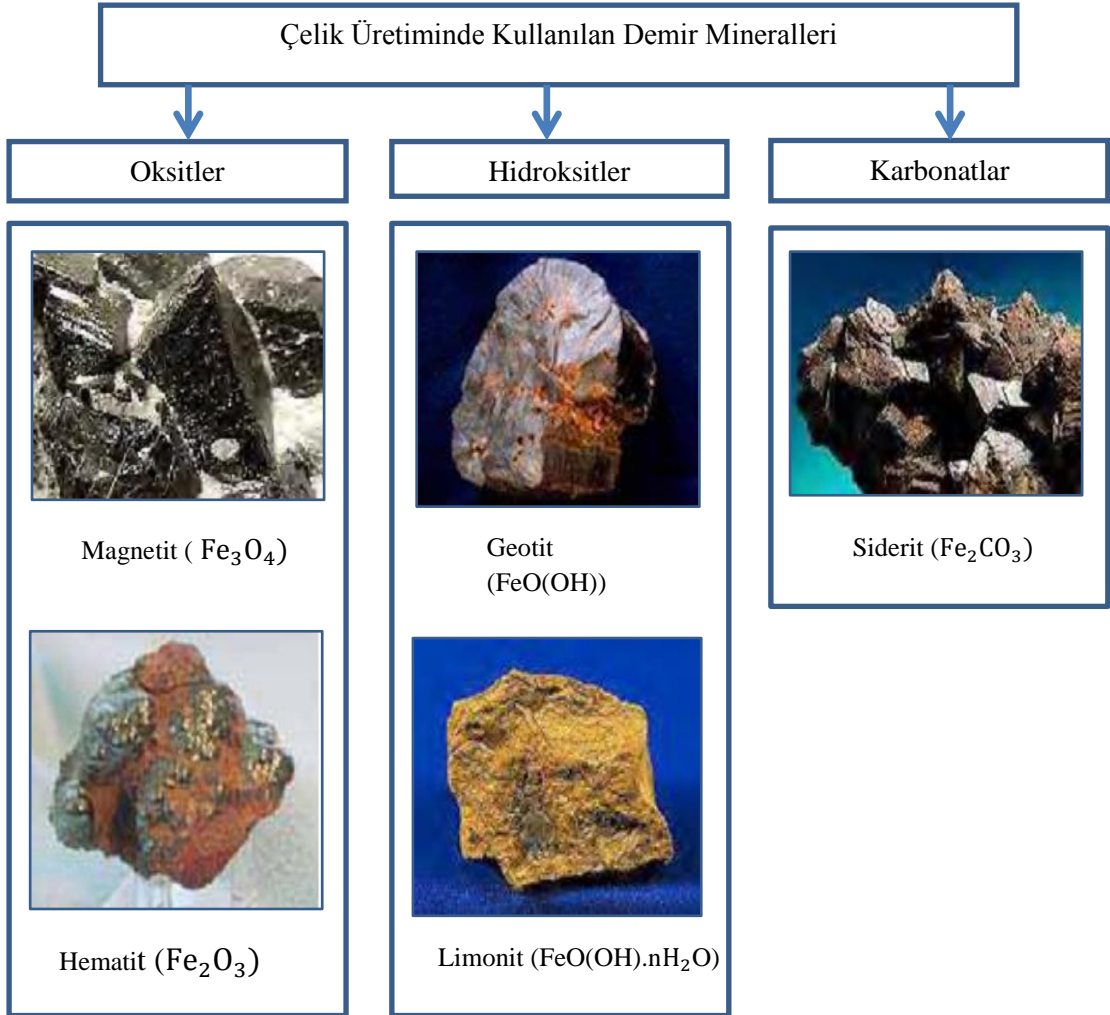
Demir, Oksijen (%49.2), Silisyum (%26) ve Alüminyumdan (%7.4) sonra en çok bulunan metaldir ve doğada yaklaşık %4.2 oranında yer almaktadır. Demir, beyazımsıtrak esmer renkli bir metal olup, hacim merkez kübik kristal yapılı bir elementtir. (Şekil 2.10.) Saf Demir “Ferrit” olarak adlandırılır ve düşük mukavemetli, yumuşak bir malzemedir. Demirin ergime sıcaklığı 1538 °C ve özgül ağırlığı 7.85’dir. Demir doğada bileşikler olarak genellikle de oksitler şeklinde bulunur ve demir oksitler içeriğinde yer alan element ve bileşiklere göre adlandırılmaktadır. Demirin içerisine karbon eklendiğinde mukavemeti ve sertliği artmaktadır. Örneğin saf demirin çekme mukavemeti 30 kgf/ mm² iken %0.08 C ihtiva eden demirde çekme mukavemeti 100 kgf/ mm²’dir. Çeşitli sertleştirme yöntemleri kullanılarak bu mukavemet 180 kgf/mm²’ye kadar çıkabilmektedir (Artel ve Dibağ, 1969; Felekoğlu B.; Mutluay ve Demirak, 1996).



Şekil 2.10. Demir Atomunun 165 Milyar Kez Büyütülmüş Modeli, Brüksel (URL-8)

Yapıda kullanılan demir çeşitleri, özellikleri ve üretim yöntemleri “Demir-Çelik Malzemenin Üretimdeki Gelişimi ve Tarihçesi” başlığı altında incelenmiştir. Günümüzde yapı sektöründe demir yerine çeşitli özelliklerde çelik malzemenin

kullanımı yaygın olup, çelik üretiminde kullanılabilen demir mineralleri Şekil 2.11’de yer almaktadır.

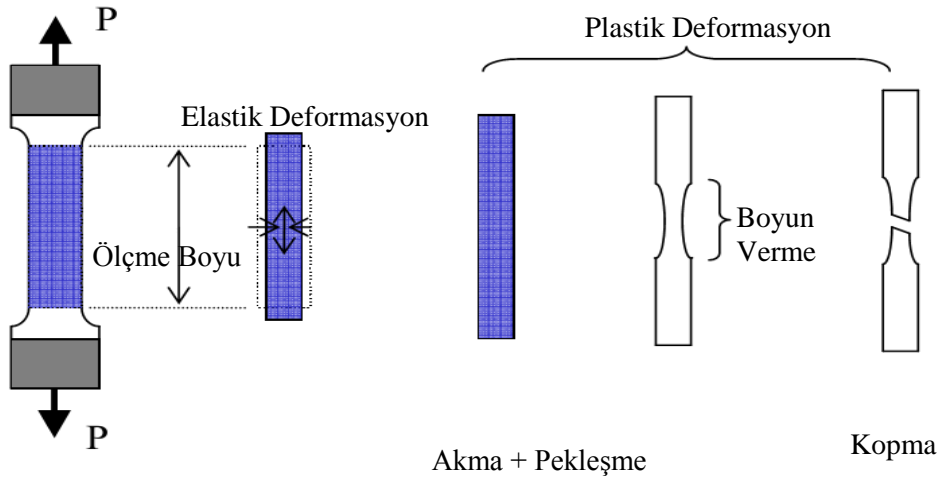


Şekil 2.11. Çelik Üretiminde Kullanılan Demir Mineralleri (Özhendekci’den uyarlanmıştır)

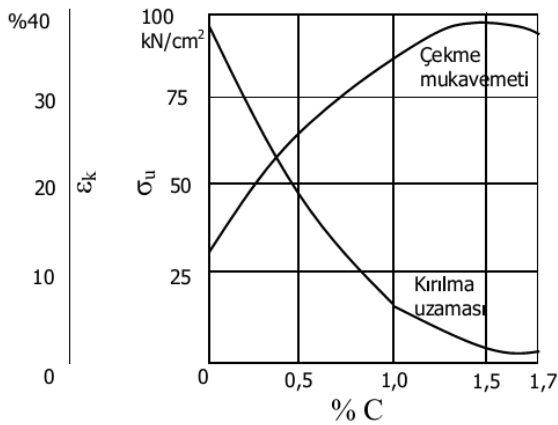
Çelik ise ana bileşeni demir, ana elementi karbon olan bir alaşımdır (Felekoğlu, B.). Çelik diğer metaller gibi kristal yapıya sahip bir malzeme olup, bu kristaller atomların üç boyutlu bir kafes sisteminde düzgün sıralar halinde dizilmesiyle oluşur. Çelik serbest ya da sabit elektronlardan oluşan kristal yapısı sayesinde izotrop ve homojen bir yapıdadır; ısıyı, elektriği ve sesi iyi iletir. Çeliğin kristalli yapısı, çeliğin mekanik

etkilere karşı soğuk şekil değiştirmesini ve gevrek deformasyon yapmadan elastik ve plastik davranış göstermesini sağlar (Ekinci, 2006; Eriç, 1994). (Şekil 2.12.)

Karbon çeliğin en önemli katkısı olup, sertliğini ve mukavemetini arttırırken işlenebilirliği azaltmaktadır. Bu sebeple çeliğin içerisinde yer alan Karbon oranının, çeliğin işlenebilmesi için belirli bir oranı geçmemesi gerekmektedir. Alman DIN Normunda çelik, %1.7'den fazla Karbon içermeyen ve herhangi bir işlem olmaksızın dövülebilir bir demir karbon alaşımı şeklinde tanımlanmıştır (Özhendekci, D.). Çeliğin yapısında yer alan Karbon oranının çekme mukavemetine ve kopma uzamasına etkisi Şekil 2.13'te yer almaktadır.



Şekil 2.12. Çeliğin Elastik ve Plastik Davranış Göstermesi (Özhendekci, D.)



Şekil 2.13. Çeliğin Yapısında Bulunan Karbon Oranının Çekme Mukavemeti ve Kopma Uzamasına Etkisi (Numune uzunluğu numune çapının 10 katı kadardır.) (Özhendekci, D.)

Yüksek kalitede bir çelik elde edebilmek için çeliğe; Silisyum (Si), Alüminyum (Al), Manganez (Mn), Krom (Cr), Vanadyum (V), Nikel (Ni) ve Tungsten (Volfram, W) gibi çeşitli elementler eklemek gerekir. Bu elementler çeliğe çeşitli özellikler katar. Örneğin çeliğe eklenen Krom mukavemeti ve korozyon ile sürtünmeye karşı direnci artırırken; Vanadyum aşınmaya ve ısıya karşı dayanıklılığı arttırmaktadır. Çeliğe eklenen bazı elementler ve özellikleri Çizelge 2.1.'de yer almaktadır. Yüksek kalitede bir çelik elde edebilmek için demire bazı elementler eklendiği gibi, oluşturulan alaşımdan bazı elementlerin de ayrıştırılması gerekmektedir. Çeliğin kalitesi açısından zararlı olan bu elementler, Kükürt (S), Fosfor (P) ve Azot (N). Bahsi geçen elementler çeliğin gevrek ve kırılgan olmasına yol açmaktadır. Ayrıştırma işlemi oldukça pahalıdır ve bu sebeple bahsedilen elementler tam olarak arındırılmayıp çeliğin içerisinde bir miktar kalabilmektedir. Ancak çeliğin içerisinde kalan Kükürt (S), Fosfor (P) %0.04'ten düşük olmalı ve bu oran hiçbir zaman %0.05'i aşmamalıdır. Azot ise üretilen çeliğin türüne göre %0.007 veya %0.009'u aşmamalıdır (Ekinci, 2006; Eren, 2007; Eriç, 1994; Özhendekci, D.; Rogers, L.).

Çizelge 2.1. Çeliğe Eklenen Bazı Elementler ve Özellikleri (Özhendekci'den uyarlanmıştır.)

Element Adı	Çeliğe Kattığı Özellikler
Silisyum	Mukavemeti, kaynaklanabilme özelliği ve korozyona karşı direnci arttırmakla beraber, işlenebilirliği azaltması sebebiyle %0.55 oranını aşmamalıdır.
Alüminyum	Darbe dayanımını arttırarak Fosforun zararlı etkisini ortadan kaldırır.
Manganez	Çeliğin kaynaklanabilme ve dövülebilme özelliğini olumlu etkiler ve mukavemeti arttırır. Aynı zamanda aşınmaya ve az da olsa ısıya dayanıklılığı iyileştirir.
Bakır	Sünekliği ve korozyona karşı direnci arttırır.
Krom	Korozyona ve sürtünmeye karşı direnç ile mukavemeti arttırır.
Nikel	Çeliğin plastikliğini ve mukavemetini arttırır.
Molibden ve Bor	Çeliğin plastikliğini ve mukavemetini arttırır, kalın kesitli ve yüksek mukavemetli levha üretiminde önemi büyüktür.
Vanadyum	Aşınmaya ve ısıya karşı dayanıklılığı arttırır.

Çelik genel olarak aşağıda yer alan başlıklar altında (Eren, 2007);

- Yapısında bulunan Karbon miktarına göre,
- Çeliğin üretim yöntemlerine göre,
- Elde edilen ürünün şekline göre,
- Ürünün kullanım alanlarına göre,
- Üretilen çeliğin dayanıklılığına göre olarak sınıflandırılabilir.

Çelik; yapısında bulunan Karbon miktarına göre genel olarak aşağıdaki şeklide sınıflandırılmakta olup, Karbon oranlarına göre çelik özellikleri ve kullanım örnekleri Çizelge 2.2.'de yer almaktadır. Çizelge 2.3.'te ise bazı Demir ve Çelik türlerinin; Bileşimleri, Fiziksel ve Mekanik Özellikleri yer almaktadır.

- Düşük Karbonlu Çelikler; % 0.25'e kadar Karbon içeren çeliklerdir.
- Orta Karbonlu Çelikler; Yapısında bulunan Karbon oranı % 0,25 ile % 0.55 arasında olan çeliklerdir.
- Yüksek Karbonlu Çelikler; Yapısında bulunan Karbon oranı % 0.55'in üzerinde olan çeliklerdir (Felekoğlu, B).

Çizelge 2.2 Karbon Oranlarına Göre Çelik Özellikleri ve Kullanım Örnekleri

(Felekoğlu'ndan Uyarlanmıştır.)

Karbon Sınıfı	Karbon Oranı	Özellikler	Kullanım Örnekleri
Ultra Düşük Karbonlu Çelikler	% 0.01 C >	- Düşük mukavemet - Kolay şekillendirilebilirlik - Yüksek tokluk	- Otomotiv sacı - Boru üretimi
Düşük Karbonlu Çelikler	%0.01-0.25 C	- Orta derecede mukavemet - Yüksek Süneklik	- Yapısal çelik -Beyaz eşya üretimi
Orta Karbonlu Çelikler	% 0.25-0.7 C	- Yüksek mukavemet - Yüksek tokluk	- Dişliler - Raylar
Yüksek Karbonlu Çelikler	% 0.7-1.3 C	- Düşük tokluk - Sertlik	- Kesici takım imalatı - Kalıplar

Çizelge 2.3. Bazı Demir-Çelik Türlerinin; Bileşimleri, Fiziksel ve Mekanik Özellikleri (Eriç, 1994'ten uyarlanmıştır.)

Metaller ve Alaşımları	Simge	Bileşim (%)	Fiziksel Özellikler					Mekanik Özellikler		
			Δ gr/cm ³	Erime °C	Isı İletkenlik λ kcal/mh °C	Isı Genleşme α 10 ⁻⁶ cm/cm °C	Elektrik İletkenlik Mho/m/mm ²	σ Kopma N/mm ²	ϵ Kopma uzaması	Sertlik Brinell H N/mm ²
Demir	Fe	0.2 C	7.80	1530	61-50	12	10	300-350	0.12-0.15	830
Çelik	Fe	0.3-0.6 C	7.85	1400	35	15.1	14	400-480	0.25-0.28	990-1240
Sert Çelik	Fe	0.6-1.7 C	7.89	1300	40	15	13-16	650-750	0.14-0.18	1920-2200
Nikelli Çelik	Fe+Ni	-3 Ni	7.83	1430	57	11.2	18-46	450-500	0.30-0.35	1600-1850
Paslanmaz Çelik	Fe+Ni+Cr	18Cr, 8Ni	7.75	1400	14	17.5	82	562.5	0.45-0.55	1560-1700
Esmer Font	Fe	3-5 C 1600 C°	7.4- 7.9	1100	43	11	-	240	0.02	2100
Beyaz Font	Fe	5-6 C 1300 C°	7.0	1152	36-51	11	50-100	220	0.03	2800

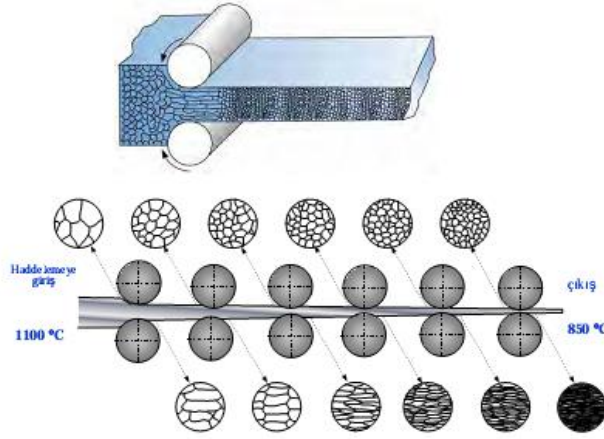
Günümüzde; farklı fiziksel ve kimyasal özelliklerde yaklaşık 3500 adet çelik türü bulunduğu daha önce belirtilmiş olup, tez çalışması kapsamında yapı sektöründe kullanılan çelik çeşitleri genel olarak ele alınmış ve yapı sektöründe kullanılan çeşitli tür ve şekillerdeki çelik malzeme veya bileşen genel anlamıyla “yapısal çelik” olarak ifade edilmiştir. Yapısal çeliğin içeriğinde yer alan Karbon oranı %0.16 ile %0.22 arasında değişmekte olup, Çizelge 2.2.’den yapısal çeliğin Düşük Karbonlu Çelikler Sınıfında yer aldığı anlaşılmaktadır (Özhendekci, D.).

2.3. Yapısal Çelik Çeşitleri, Kullanım Avantajları ve Önemi

Bu bölümde bahsi geçen üretim yöntemleri kullanılarak, üretimi gerçekleşen çelik malzeme; çeşitli şekillendirme yöntemlerine tabi tutularak, yapı malzemesi ve bileşenlerine dönüştürülmekte ve sonrasında üretilen çelik ürünler yapı üretimi sürecine dahil olmaktadır.

2.3.1. Yapısal Çelik Çeşitleri

Çeliğin kristal yapıda olması, kırılma olmadan malzemenin haddeme, presleme gibi mekanik yöntemlerle şekillendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu şekillendirme yöntemlerinden, çelik malzemenin silindir arasından geçirilerek ezilerek bünyesinde oluşabilecek hava boşluklarının giderilmesi ve mukavemet ve süneklik özelliklerinin artması için yapılan işleme “haddeme” denilmektedir (Eren, 2007). Haddeme sıcak çeliğin iki döner merdane arasından geçirilerek gerçekleştirilen plastik şekil verme işlemidir. Haddeme işlemi belirli bir sıcaklığın üzerindeki çelik malzemeye uygulanırsa sıcak hadde, daha düşük sıcaklıktaki çelik malzemeye uygulanırsa soğuk hadde olarak adlandırılmaktadır. Sıcak haddeme; slab, kütük ya da blum denilen yarı mamul ürünlerin merdaneler arasından geçirilerek şekillendirilmesi şeklinde uygulanmaktadır. Soğuk haddeme ise görece daha düşük sıcaklıkta gerçekleştirilmektedir. Soğuk haddemede; çelik merdaneler vasıtasıyla şekillendirilen çeliğin, plastik deformasyonun derecesine bağlı olarak mekanik özellikleri değişmektedir. Çeliğin haddelenmesi sırasında plastik deformasyon ve hemen sonrasında yeniden kristalleştirme olayının meydana gelmesi sebebiyle tane boyu küçülmektedir (Felekoğlu, B.). (Şekil 2.14)



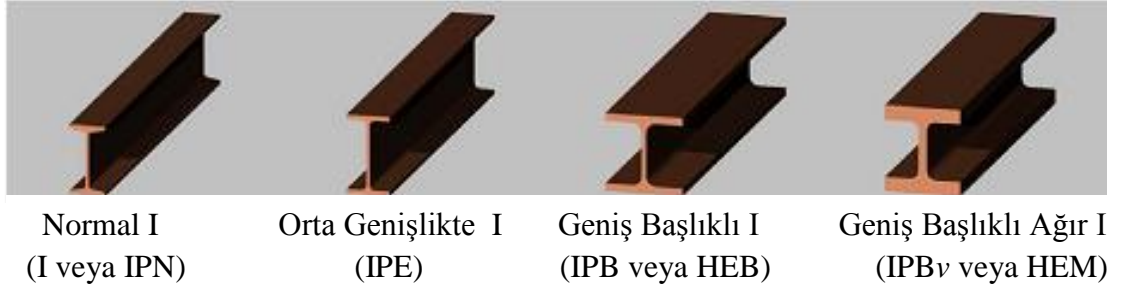
Şekil 2.14. Haddelenme ve Sonrasında Çeliğin Tane Boyunda Oluşan Küçülme (Felekoğlu, B.)

Çeliğin yumuşak ve sünek bir malzeme elde edilmek için uygun sıcaklığa kadar ısıtılıp, yavaş yavaş soğutulması işlemine ise “tavlama” denilmektedir (Eren, 2007). Tavlama işlemiyle, soğuk şekillendirme işlemi sonucunda malzemede oluşan iç gerilmeler giderilmekte ve çeliğin enerji yutma kapasitesi ve duktilitesi büyük oranda artarak çeliğin yassılaştıran taneleri birbirleri ile iyice kaynaşmaktadır (Felekoğlu, B.).

- Hadde Mamulü Yapısal Çelik Ürünleri (Özhendekci, D.);
- Standart Profiller
- Çelik Levhalar
- Çelik Lamalar olarak üç ayrı başlık altında incelenmektedir.

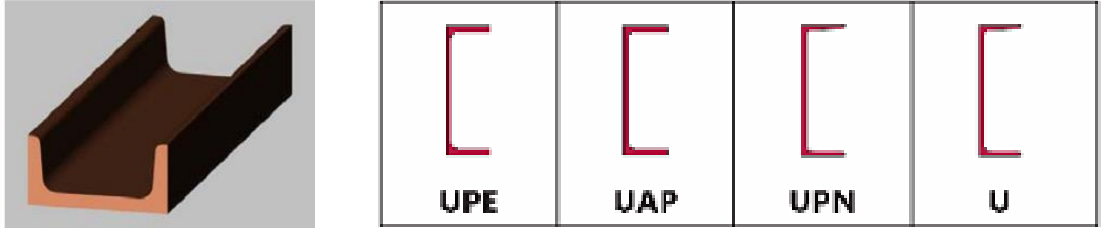
Standart Profiller; I profil; U profil; L profil; T profil; Z profil; özel üretim profiller; kapalı profiller; açık profillerdir. Hadde mamulü bu profiller, perçinli, kaynaklı veya bulonlu bağlantılarla birleştirilerek yapı elemanı olarak kullanılmaktadır (Felekoğlu, B.). I Profiller çeşitli gövde ve başlık ebatlarında üretilmekte olup (Eren, 2007; Felekoğlu, B.);

- Normal I Profil (I veya IPN),
- Orta Genişlikte I Profil (IPE),
- Geniş Başlıklı I (IPB veya HEB),
- Geniş Başlıklı Ağır I (IPB veya HEM) olmak üzere “I” Profiller mevcuttur. (Şekil 2.15)



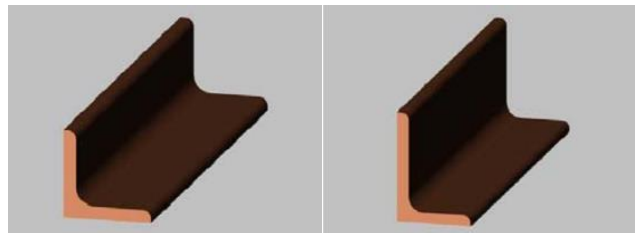
Şekil 2.15. I Profil Çeşitleri (Özhendekci, D.)

U Profiller; tek olarak veya iki U birleştirilerek yapı elemanı olarak kullanılırlar. (Şekil 2.16.)



Şekil 2.16. U Profil Çeşitleri (Felekoğlu, B.)

L Profiller (Korniyer); kol genişliklerine göre eşit kollu veya eşit kollu olmayan profiller olarak üretilmekte olup, köşebent veya korniyer olarak da adlandırılmaktadır. (Şekil 2.17.)



Eşit Kollu L Profil

Farklı Kollu L Profil

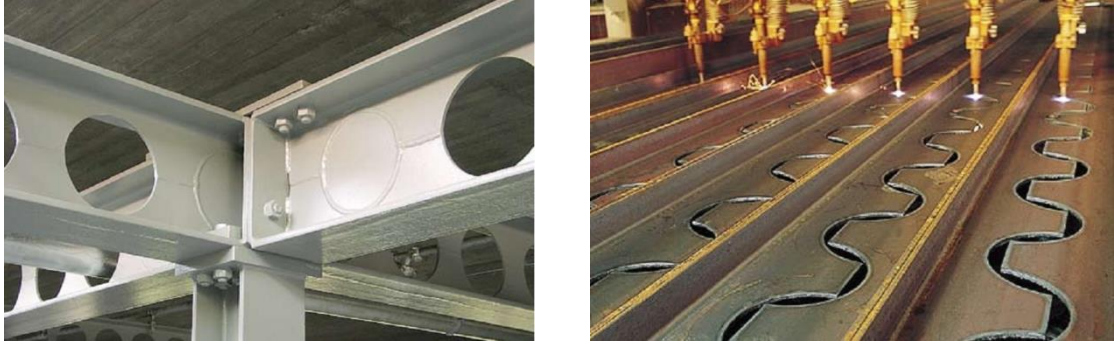
Şekil 2.17. L Profil Çeşitleri (Özhendekci, D.)

T Profiller; yüksek gövdeli T profiller ve geniş ayaklı T profiller olarak iki farklı şekilde üretilmektedir. Yüksek gövdeli T profillerde yükseklik ile ayak boyu

birbirine eşit olup ve geniş ayaklı T profillerde yükseklik, ayak genişliğinin yarısına eşittir (Felekoğlu, B.).

Z Profiller; yapı elemanı olarak kullanımını yaygın değildir (Felekoğlu, B.).

Özel Üretim Profiller; hazırlanan uygulama projesinin gerektirdiği şekillerde profiller üretilmektedir. Şekil 2.18.'de özel üretim profil kullanım ve üretim örneği yer almaktadır (Felekoğlu, B.).



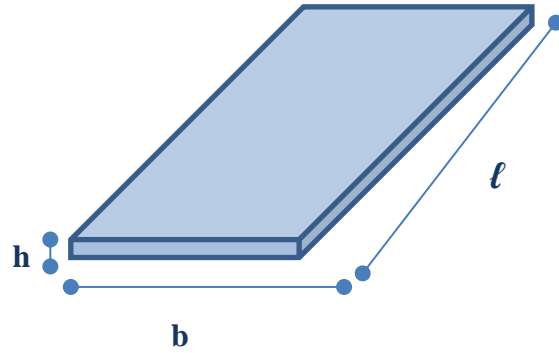
Şekil 2.18. Özel Profil Çelik Örnekleri (URL-9)

Çelik Levhalar; İnce Levhalar, Orta Levhalar ve Kaba Levhalar olarak sınıflandırılmakta ve düz levha; oluklu levha; baklavalı levha; silindirik levhalar olmak üzere üretimleri yapılmaktadır. Şekil 2.19.'da Levha çeşit ve ebatları yer almaktadır (Felekoğlu, B.; Özhendekci, D.).

İnce Levhalar; $h \leq 2,75$ mm
 $b = 530 \sim 1250$ mm
 $\ell = 760 \sim 2500$ mm

Orta Levhalar; $3 \text{ mm} \leq h \leq 4,75$ mm
 $b \leq 2500$ mm
 $\ell \geq 7000$ mm

Kaba Levhalar; $h \geq 5$ mm
 $b \leq 3600$ mm
 $\ell \leq 8000$ mm



Şekil 2.19. Levha Çeşitleri ve Ebatları (Özhendekci'den uyarlanmıştır.)

Çelik Lamalar: Çelik lamalar dar, ince ve geniş lamalar olarak sınıflandırılmaktadır (Özhendekci, D.). (Şekil 2.20.)

Dar Lamalar; $b=10\sim 250$ mm

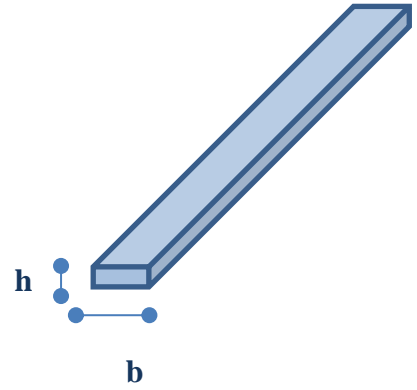
$h=5\sim 60$ mm

İnce Lamalar; $b=151\sim 1250$ mm

$h=5\sim 60$ mm

Geniş Lamalar; $b=12\sim 360$ mm

$h=0,1\sim 5$ mm



Şekil 2.20. Çelik Lama Çeşitleri (Özhendekci'den uyarlanmıştır.)

2.3.2. Yapısal Çeliğin Kullanım Avantajları ve Önemi

Günümüzde çok katlı konut yapılarından, gökdelenlere; köprülerden, ticari yapılara kadar birçok yapı çelik teknolojisi kullanılarak yapılmaktadır. Mukavemet, dayanıklılık, çok yönlülük ve ekonomik olması gibi özellikler, çeliği evrensel bir yapı malzemesine dönüştüren ana kriterler olarak karşımıza çıkmaktadır (URL-3). Yapısal çeliğin kullanımı, ABD, İsveç, İngiltere, Almanya, Japonya, Fransa ve İspanya gibi deprem bölgesi olan gelişmiş ülkelerde oldukça yaygındır (Eren, 2007). Örneğin, çeliğin Kuzey Amerika'da konut yapılarında geleneksel olarak kullanılan ahşabın yerini almış olduğu ve bu değişimin ekonomik ve çevresel açıdan bölgeyi olumlu yönde etkilediği bilinmektedir. Kuzey Amerika'da ahşabın konut yapımında kullanımı bölgedeki orman alanlarındaki yaşlı ağaçların %90'ının tüketimine yol açmış ve bu sebeple ahşap fiyatlarında hızlı bir artış yaşanmış olup, gelişen teknolojiyle birlikte konut üreticilerin çeliğin hafif olması, uygulama kolaylığı, geri dönüşümlü olması gibi avantajlarının da farkına varmaları bölgedeki çeliğin kullanımını arttırmıştır (URL-3).

Bu başlık altında yapısal çeliğin kullanım avantajları ve dezavantajlarından ele alınmış olup, yapısal çeliğin kullanım avantajları ve önemi;

- Mimari Açıdan,
- Strüktürel Açıdan,
- Uygulama (Yapım) Açısından Kullanım Avantajları (Eren, 2007)
- Sürdürülebilirlik Açısından Önemi, olmak üzere dört ana başlık altında incelenebilir.

2.3.2.1. Mimari Açıdan Kullanım Avantajları

Çeliğin yapı sektöründe kullanılmasıyla birlikte geleneksel yapım yöntemleri ve malzemelerle olanaksız görülen tasarımlar hayata geçme olanağı bulmuştur. Bilgisayar teknolojilerinin de kullanılmaya başlanması ile tasarım ve yapımda teknolojik gelişmelerin önü açılmıştır. Yüksek dayanımlı yapısal çeliğin öz ağırlığının taşıdığı yüke oranı küçüktür ve yapısal çeliğin bu özelliği kolon ve kiriş ebatlarının diğer taşıyıcı sistemlerdekilere oranla çok daha küçük kesitler olarak çözülmesine olanak sağlar. Aynı zamanda yapısal çeliğin kullanımı ile daha ferah mekanlar yaratılarak, taşıyıcı sistemden bağımsız olarak farklı mekan düzenlemeleri yapılabilmekte ve bu da kullanım esnekliğini sağlamaktadır. Çeliğin sağladığı tasarım esnekliğine örnek olarak Frank O. Gehry tarafından tasarlanan İspanya'daki Guggenheim Müzesi verilebilir (Eren, 2007). (Şekil 2.21.)



Şekil 2.21. Guggenheim Müzesi (URL-10)

Çeliğin mimari açıdan tercih edilme sebepleri (Eren, 2007);

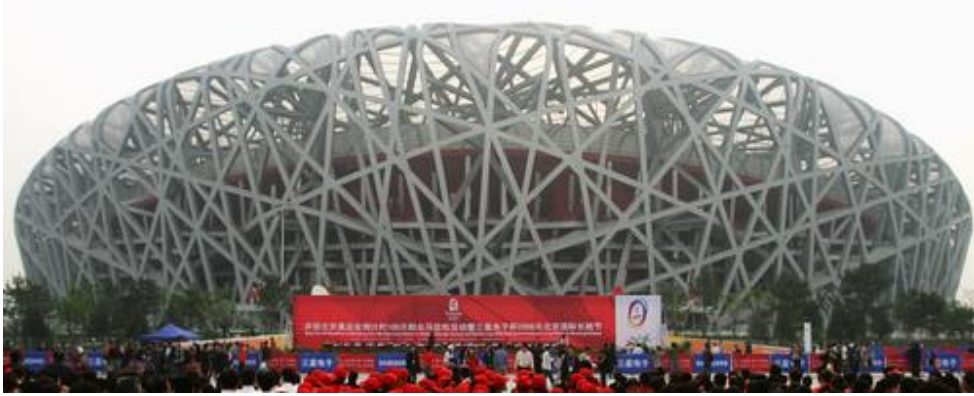
- Şeffaflık,
- Hafiflik,
- Mimari özgünlüğünü arttırarak, tasarımda esneklik sağlaması ve serbest formların oluşturulmasına olanak vermesi,
- Geniş açıklıkların geçilebilmesine olanak sağlaması,
- Çeliğin mekandan tasarruf sağlaması,
- Esneklik, şeklinde sıralanabilir.

2.3.2.2. Strüktürel Açıdan Kullanım Avantajları

Çeliğin strüktürel açıdan kullanım avantajları aşağıdaki şekilde sıralanabilir (Eren, 2007; Özhendekci, D.; Şimşek, 2003; URL-11);

- Çelik çerçeveli yapılar yüksek dayanımlı ve uzun ömürlüdür,
- Çeliğin elastiklik modülü diğer yapı malzemelerine oranla çok daha yüksektir ve çeliğin yüksek mukavemetli bir malzeme olması kolon ve kiriş kesitlerinin betonarmeye oranla daha küçük olmasına olanak sağlar,
- Aynı özelliklerde çelik olarak inşa edilen yapı, betonarmeye oranla %50 daha hafiftir,
- Çeliğin hafif ve dayanıklı olması ile çekme ve basınç mukavemetlerinin oldukça yüksek olması sebebiyle çelik taşıyıcılı yapılar deprem bölgelerinde tercih edilmektedir,
- Çelik iskeletli yapılarda, kolon, kiriş gibi strüktürel bileşenler, modern üretim teknikleri kullanılarak fabrikalarda üretimi gerçekleştirilmekte bu da montaj hatalarını tamamen engelleyerek veya minimum hata ile yerinde uygulama olanağı sağlamaktadır,
- Fabrikalarda kontrollü bir şekilde imal edilen bileşenlerin yapıda kullanımı, depremsel dayanımı arttıran bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır,
- Çelik yapı bileşenleri, montajı tamamlandığı andan itibaren tam yükte çalışır ve betonun aksine taşıyıcı özelliğini tam olarak sağlaması için belirli bir süre beklemek gerekmez,
- Çelik yapı bileşenleri sökülerek yeniden kullanılabilirler.

Ayrıca çelik teknolojisi, geniş açıklıkların geçilmesi ve tasarım esnekliği sağlaması sebebiyle farklı strüktürel çözümleri üretilmesine de olanak sağlar. Herzog and de Meuron Architects tarafından tasarlanan ve 2008 yılında yapımı tamamlanan Beijing Ulusal Stadyumu çeliğin strüktürel kullanımına güzel bir örnektir. (Şekil 2.22.)



Şekil 2.22. Beijing Ulusal Stadyumu, Pekin, Çin (URL-12)

2.3.2.3.Uygulama (Yapım)Açısından Kullanım Avantajları

Çeliğin uygulama açısından tercih edilme sebepleri maddeler halinde aşağıdaki şekilde özetlenebilir (Eren, 2007; URL-11);

- Yapısal çelik şantiye dışında imal edilir ve yapımda ön yapım ürünlerin kullanılması yapım süresini betonarmeye oranla oldukça kısaltmaktadır,
- Yapısal çeliğin fabrikasyonu, şantiye uygulamasında gereken işçi sayısı ve hareketliliğini azaltmaktadır,
- Çeliğin kullanımıyla, malzemenin hafif olmasından dolayı temel maliyetini azaltmakta ve depreme dayanıklı yapılar çok daha ekonomik şekilde elde edilebilmektedir,
- İnşaat sırasında iskele ve kalıba gerek duyulmaması, yapısal çeliğin kullanımı kalıp maliyeti açısından ekonomi sağlamaktadır,
- Yapım hava şartlarından doğrudan etkilenmediğinden ve kötü hava şartlarında imalata devam edebilme olanağı bulunmaktadır,

- Yapısal çeliğin modern üretim teknolojisi daha yüksek hassasiyet, güvenlik ve verimlilik sağlamakta olup, yapısal çeliğin nakliyesi kolaydır,
- Çelik çerçeveli yapılara mekanik sistemlerin entegrasyonu çok daha kolaydır.

2.3.2.4.Yapısal Çeliğin Sürdürülebilirlik Açısından Önemi

“Sürdürülebilir kalkınma” 1987 yılında yayınlanan Bruntland Raporunda; “bugünün gereksinmelerini, gelecek nesilleri, kendi gereksinmelerini karşılama yetisinden yoksun bırakmadan karşılayarak kalkınma” şeklinde tanımlanmıştır. Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından 1983 yılında bir toplantı yapılmış ve toplantı sonucunda Dünya, Çevre ve Kalkınma Komisyonu Başkanı Gro Harlem Brundtland tarafından “Ortak Geleceğimiz” (Our Common Future) başlıklı bir rapor açıklanmıştır. Bu tarihten sonra, sürdürülebilir kalkınmanın tanımı genişletilip olgunlaştırılmış ve gerçekleşen birçok uluslararası toplantıda, sürdürülebilir kalkınmanın bütünleşik bir kavram olarak ele alınması gerekliliği vurgulanarak çeşitli eylem planları oluşturulmuştur (Addis, 2006; Gorgolewski, 2008). Günümüzde sürdürülebilir kalkınmanın; çevresel, sosyal ve ekonomik olmak üzere üç temel ögesi olduğu yaygın olarak kabul edilmektedir. Bu kabul ile birlikte sürdürülebilir kalkınma kavramının yapı sektörü ile ilişkisi incelendiğinde, yapı sektörünün ekonomik ve sosyal açıdan önemi ve çevresel açıdan güçlü etkileri olması yapıları sürdürülebilir kalkınma açısından önemli bir yere koymaktadır (Gorgolewski, 2008).

Yapım (şantiye) aşamasında ortaya çıkan atık miktarının azaltılması ve şantiyenin yarattığı gürültü, kirlilik ve trafik sıkışıklığının en aza indirilmesi çevresel açıdan önem gösterir. Bu çevresel etkilerin azaltılmasının, yerinde yapımın (şantiye üretimi) azaltılarak ön yapım (prefabrike) bileşenlerinden kullanımının yaygınlaştırılması önemli rol oynar. Çelik yapı bileşenlerinin, ön yapım ürünler olması, modüler ürünler olarak üretilmesi ve fabrikadan şantiye alanına getirilerek doğrudan montajının yapılarak yapı üretimine kolaylıkla dahil olması gibi olanaklar, çeliğin çevresel açıdan birçok yarar sağlar. Şöyle ki teknolojik olanakların gelişmesi ile da

sağlanan bilgisayar destekli tasarım yöntemleri kullanılarak boyutlandırılan ön yapım çelik yapı bileşenlerinin şantiye üretimi aşamasında ortaya çıkan atık miktarı yanı sıra fabrika üretimi sırasında ortaya çıkan atık miktarı da yerinde yapım yapı bileşenlerine kıyasla oldukça düşük oranlardadır (Burgan ve Sansom, 2006).

Çelik yapı malzemesinin fabrika üretimi sırasında açığa çıkan fire miktarı, üretilen yapı bileşeninin biçim olarak karmaşıklığına göre değişmekle birlikte ortalama olarak % 1 ile % 4 arasında değiştiği bilinmektedir. Ayrıca yapımda (şantiyede) ön yapım çeliğin kullanımı, şantiye alanında inşai faaliyetleri azaltarak, daha güvenli, daha kaliteli ve daha hızlı yapı üretimi sürecinin işletilmesi ve yapım aşamasında ortaya çıkan olumsuz çevresel etkilerin azaltılmasına olanak sağlar (Burgan ve Sansom, 2006).

Yapısal çeliğin sürdürülebilirlik açısından önemli özellikleri genel hatlarıyla (URL-13);

- Malzeme Verimliliği (Material Efficiency),
- Yüksek oranda geri dönüşümlü olma özelliği (ultra-high recyclability),
- Kalite ve Dayanıklılık (Quality and Durability),
- Yapım özelliklerinin daha sağlıklı olması ve daha az atık oluşumu (dry and lean construction) şeklinde sıralanabilir.

Yapısal çeliğin sürdürülebilirlik açısından önemi “American Institute of Steel Construction” tarafından ise, çelik üretiminin yakaladığı gelişmeler ile birlikte aşağıdaki şekilde özetlenmiştir (URL-11);

- Çelik işçiliğinde gelişen teknoloji ile birlikte 1980 yılından bu yana, 1 ton çelik üretimi için gereken 12 olan işçilik saatinin 0.5 saate düşmesi sonucu verimin yaklaşık 24 kat artması,
- 1990 yılından bu yana çelik malzeme mukavemetinde yakalanan %40’lık artış,
- 1980 yılından bu yana çelik üretimindeki enerji tüketiminin %67 oranında azalması,
- Bir ton çelik üretiminde karbon ayak izinin 1990 yılından bu yana %47 azalması,

- 1975 yılından bu yana bir ton çelik üretimi başına sera gazı salınımının %45 oranında azalması,
- Yapısal çeliğin fabrika üretimi ve şantiye uygulaması aşamasında atık üretimi diğer yapısal malzemelerin uygulanmasına göre oldukça az olması ve diğer yapısal ürünlerden farklı olarak orta çıkan atıkların hemen hemen tamamı geri dönüşümlü ya da yeniden kullanım özelliğine sahip olması,
- Çelik üretim fabrikasyon ve yapımda (konstrüksiyon) yakaladığı gelişmeler,
- Çelik yapılarda dekonstrüksiyon ve yeniden kullanım olanakları oldukça fazla olması,
- Çelik yapıların kat yüksekliklerini konusunda esneklik sağlaması ve düşük hacimli mekanlar yaratarak enerji tüketiminin azaltılmasına olanak sağlaması.

2.3.2.5.Yapısal Çeliğin Kullanım Dezavantajları

Çeliğin kullanım dezavantajları (Eren, 2007; Özhendekci, D.);

- Çelik yanıcı bir malzeme olmamakla birlikte, yangın halinde oluşacak yüksek bir sıcaklıkta mukavemetinde hızlı bir düşüş görülmektedir. Çelik ısıyı iyi ilettiğinden mukavemetindeki bu düşüş hızlı bir şekilde gerçekleşir ve 600 °C'den sonra kullanılamaz hale gelir. Bu sebeple çelik yapılarda yangına karşı önlem alınması gerekmektedir,
- Çelik malzeme, korozyona karşı dayanıksızdır ve sürekli bakım gerektirir,
- Çelik, asit, baz ve tuza karşı dayanıksız bir malzemedir,
- Çelik sesi iyi iletir bu sebeple ses yalıtımı yapılarak gürültüye karşı önlem alınması gerekmektedir, bu da izolasyon maliyetlerini artırır, şeklinde özetlenebilir.

2.4. Türkiye’de Demir-Çelik Malzemenin Üretimdeki Gelişimi ve Yapısal Çelik Kullanımı

Türkiye’de ilk olarak savunma sanayinin gereksinimini karşılamak üzere, 1928 yılında Makine Kimya Endüstrisi Kurumuna ait (MKEK) Kırıkkale’de yer alan tesiste başlayan demir-çelik üretimi, 2007 yılından bu yana, Makine Kimya Endüstrisi Kurumu (MKEK) dışında, özel şirketler tarafından gerçekleştirilmektedir (Öztürk ve Fındık, 2012; TOBB, 2014).

Çelik endüstrisine ilişkin sanayi planları kapsamında ilk yatırımlar 1930’lu yıllarda başlamış ve demir-çelik üretimi uzun yıllar kamu eliyle gerçekleştirilmiştir. 1937 yılında Türkiye’nin ilk uzun ürün üreten entegre demir çelik tesisi olan Karabük Demir Çelik Fabrikaları (KARDEMİR) kurulmuştur (TOBB, 2014). Sümerbank’a bağlı olarak 15.000 ton/yıl üretim kapasitesiyle kurulan Karabük Demir ve Çelik Fabrikaları (KARDEMİR) Cumhuriyetimizin sanayileşme hamlesinin önemli bir parçasıdır. Tesisteki enerji gereksinimi Zonguldak kömür havzasından, demir cevherini gereksinimi ise Divriği’den karşılanmaktadır. KARDEMİR 1955 yılında Türkiye Demir Çelik İşletmeleri’ne bağlanmış olup, (Öztürk ve Fındık, 2012) 1995 tarihinde ise özelleştirilerek KARDEMİR AŞ. tarafından devir alınmıştır (URL- 14).

1965 yılında yassı ürün talebini karşılamak amacıyla Türkiye’nin ikinci entegre tesisi olan Ereğli Demir Çelik Fabrikaları (ERDEMİR) kurulmuştur. 1975 yılında ise, yine uzun ürün ve yassı ürün talebini karşılamak üzere İskenderun Demir Çelik Fabrikaları (İSDEMİR) işletmeye açılmıştır. İSDEMİR Türkiye’nin üçüncü entegre demir-çelik tesisidir (TOBB, 2014). 1960’lı yıllarda özel sektöre ait Elektrik Ark Fırını (EAF) ile üretim yapılan tesisler kurulmuş olup, özel sektöre ait ilk EAF’lı tesis 20.000 ton/yıl kapasite ile üretime geçen METAŞ’tır (Öztürk ve Fındık, 2012; TOBB, 2014). 1970’li yıllarda İSDEMİR’in kurulması ve özel sektöre ait beş adet EAF ile üretim yapan tesisin de üretime katılmasıyla birlikte, 1980 yılında Türkiye’de demir çelik üretiminin yıllık 4.2 milyon ton sıvı çelik üretim kapasitesine ulaşmıştır (TOBB, 2014). İSDEMİR’in kurulmasından sonra ülkemizde bugüne kadar entegre tesis kurulmamış, genellikle EAF ile çalışan tesislerin kurulması ve mevcut tesislerde modernizasyon yapılması şeklinde üretimler devam etmiştir

(Tatlidil ve Sayın, 2011). Çizelge 2.4'te, Türkiye Çelik Üreticileri Derneği'nin verilerine göre 1928-2013 yılları arasında ülkemizde demir-çelik endüstrisinde faaliyet gösteren kuruluş ve şirketler yer almaktadır (TOBB, 2014). Türkiye'de demir-çelik endüstrisinde 150'ye yakın şirket üretim faaliyeti göstermekte olup, bu şirketleri; üretim kapasiteleri 50.000 ton ile 3.500.000 ton arasında değişen Elektrik Ark Fırın ile üretim yapan tesisler; toplam kapasiteleri 8.500.000 ton olan entegre tesisler ve bu işletmelerden satın alınan (Kardemir veya ithal) kütüklerden çeşitli profiller, nervürlü demir vb. üretim yapan tesisler oluşturmaktadır (Öztürk ve Fındık, 2012).

Çizelge 2.4. Türkiye'de 1928 yılından 2013 yılına kadar Demir-Çelik Endüstrisinde Faaliyet Gösteren Kuruluş ve Şirketler (TOBB, 2014'ten uyarlanmıştır.).

M KEK 1928	<i>DİLER 1984</i>	SİDER 2006
KARDEMİR 1937	<i>HABAŞ 1987</i>	MEGA 2009
ERDEMİR 1965	<i>İDÇ 1987</i>	BİLECİK 2009
ÇOLAKOĞLU 1969	<i>ÇEBİTAŞ 1989</i>	EDE 2010
KROMAN 1969	<i>EKİNCİLER 1989</i>	PLATİNUM 2010
İÇDAŞ 1970	<i>SİDEMİR 1992</i>	TOSÇELİK 2010
ÇEMTAŞ 1972	<i>YAZICI 1994</i>	ÖZKAN 2010
İSDEMİR 1977	<i>YEŞİLYURT 1997</i>	YOLBULAN-BAŞTUĞ 2010
ASİL ÇELİK 1979	<i>KAPTAN 2002</i>	MMK-ATAKAŞ 2011
EGE ÇELİK 1982	<i>NURSAN 2005</i>	CANSAN 2012
		KOÇ ÇELİK 2013

Türkiye'de gerçekleştirilen çelik üretiminin %25'i entegre tesislerde, %75'i hurdadan çelik üretimi şeklinde Elektrik Ark Fırınlarında gerçekleştirilmektedir. Türkiye'de Makine Kimya Endüstrisi tesisinin, kurulması ile başlayan çelik üretiminde, 2010 yılında 48,7 milyon ton üretim kapasitesi yakalanmıştır (Tatlidil ve Sayın, 2011). Ülkemizde son on yıl içerisinde ham çelik üretim kapasitesi %124 oranında (29.9 milyon ton) artarak, 2013 yılında 49.6 milyon ton üretim seviyesine ulaşmıştır. Ülke genelinde 2013 yılı verilerine göre üç adet Bazik Oksijen Fırını (BOF); yirmi dört adet Elektrik Ark Fırını (EAF) ve üç adet İndüksiyon Ocaklı (İO) olmak üzere toplamda otuz adet çelik üretim tesisi yer almaktadır (TOBB, 2014). Kurulu bulunan tesislerden; dokuz tanesi Akdeniz Bölgesi'nde, sekiz tanesi Marmara Bölgesi'nde, yedi tanesi Ege Bölgesi'nde, üç tanesi Karadeniz Bölgesi'nde,

iki tanesi de İç Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır (Tatlidil ve Sayın, 2011). Şekil 2.23.'te Türkiye Çelik Üreticileri Derneği (TÇÜD) tarafından hazırlanan "Türkiye Çelik Haritası" yer almaktadır.

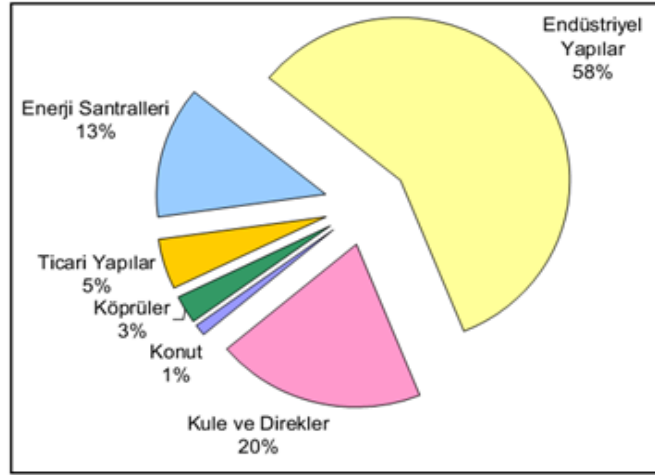
Gelişen teknoloji ile birlikte dünyada yapısal çelik kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmakta ancak ülkemizde bu teknolojiye yeterince ayak uydurulamamaktadır. Türkiye çelik üretiminde dünyada önemli bir yere sahip olmasına rağmen, ülkemizde yapısal çelik kullanım oranı oldukça düşüktür (Kurtay ve Badem, 2004).



Şekil 2.23. Türkiye Çelik Haritası (URL-15)

Türkiye'de yapısal çelik kullanımının yapı sektöründeki payı yaklaşık olarak %5 oranındadır. Ülkemizde depreme dayanıklı yapı yapma gereksinimi yapısal çelik kullanımını tetikleyen bir unsur olup, özellikle 1999 depremi sonrası betonarmeye alternatif olarak yapısal çeliğin kullanımı gündeme gelmeye başlamıştır. Ancak Türkiye gibi sürekli deprem riski altında olan bir ülkede çelik yapıların kullanımının yaygınlaşabilmesi için çeliğin avantajlarının anlaşılması, akademik çalışmaların artırılması, eğitim ve bilinçlendirme çabalarının yoğunlaştırılması gerekmektedir. Ülkemizde yapısal çeliğin yeterince yer bulmaması ekonomik koşullarla da ilişkili

olduğu söylenebilir. Ülkemizde üretilen kaliteli çelik genellikle altyapı projeleri ile endüstriyel yapıların yapımında kullanılmakta ya da ihraç edilmektedir. Çok katlı çelik yapı uygulamaları ise yok denilecek kadar azdır. Şekil 2.24.'te Türkiye'de çelik yapıların yapı işlevlerine göre dağılımı yer almakta olup, Türkiye'de yapısal çelik, konut yapımından çok genellikle köprüler, sergi ve konferans salonları, spor salonları geniş açıklıklı yapılarda kullanılmaktadır (Altay ve Güneyisi, 2005; Kurtay ve Badem, 2004; Yardımcı, 2005).



Şekil 2.24. Türkiye'de Çelik Yapıların Yapı İşlevlerine Göre Dağılımı (Altay ve Güneyisi, 2005)

Türkiye'de son yıllarda yapımı tamamlanan çelik yapılara örnek olarak; İzmir'de yer alan Türkiye'den BREEAM'e başvuran ilk ve tek sürdürülebilir konut projesi olma özelliği gösteren 35. Sokak projesi (Şekil 2.25., Şekil 2.26.); 2008 yılında yapımı tamamlanan Kayseri Batı İlçe Terminali Binası (Şekil 2.26.) ve İstanbul'da yer alan Türkiye'nin en yüksek çelik binası olma özelliği gösteren 32 katlı ve 110 m yüksekliğindeki Double Tree By Hilton Avcılar (Şekil 2.27) yapıları verilebilir (URL-16, URL-17; URL-18).



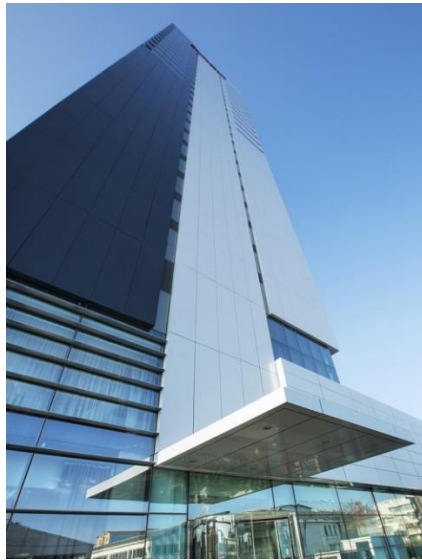
Şekil 2.25. 35. Sokak Konutları Yapım Aşaması, İzmir (URL-16)



Şekil 2.26. 35. Sokak Konutları, İzmir (URL-16)



Şekil 2.27. Kayseri Batı İlçe Terminali Binası (URL-17)

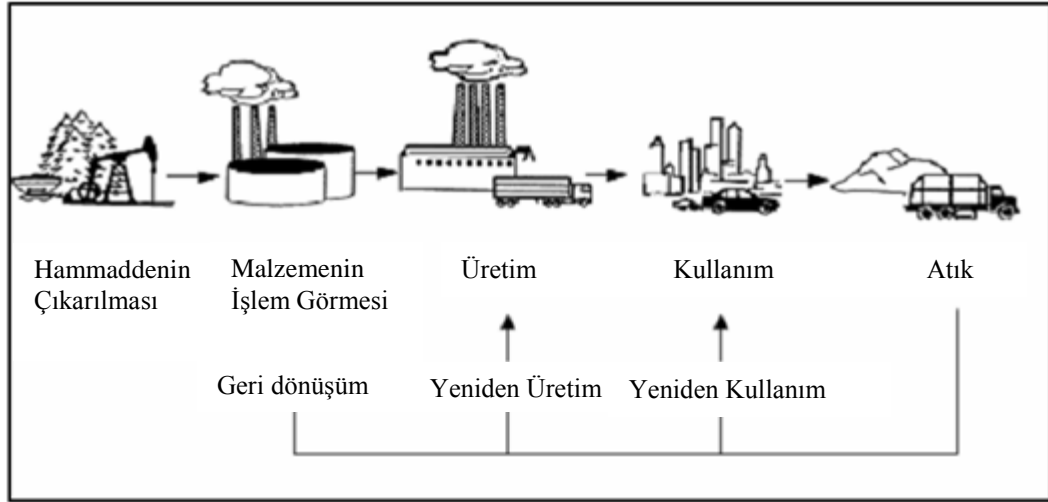


Şekil 2.28. Double Tree By Hilton Avcılar (URL-18)

3. YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME (YDD) YÖNTEMİ

3.1. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yönteminin Tanımı ve Ortaya Çıkışı

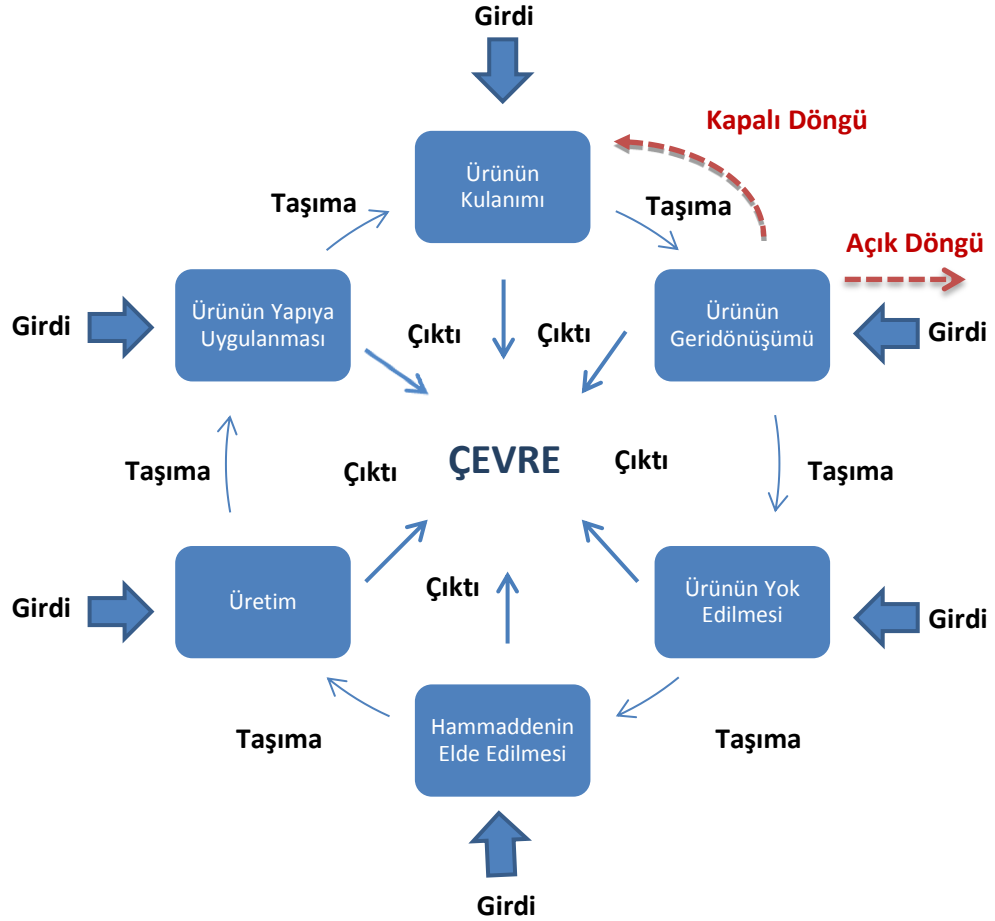
Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi bir ürünün ya da hizmetin olası çevresel etkilerini değerlendirmek amacıyla kullanılan bir araç ya da yöntemdir. YDD, üretim sisteminin yaşam döngüsü süreci içerisinde çevresel etkilerinin tüm yönleriyle değerlendirmesine olanak sağlayan bir yöntem olup; hammaddenin çıkarılması, işlenmesi, üretim, nakliyat, kullanım, bakım-onarım ve ürünün yok edilmesi evrelerini tümüyle kapsayan bir süreci ifade eder. “Yaşam Döngüsü” kavram olarak “beşikten mezara” şeklinde nitelendirilmektedir. Burada “beşik” hammaddenin çıkarılmasından üretime kadar geçen süreci; ”mezar” ise üretim sırasında kullanılan kaynakların atık olarak doğaya dönüşünü ifade etmektedir (Gültekin, 2006; Commission of The European Communities, 2001; Paulsen, 2001). YDD aynı zamanda “yaşam döngüsü analizi” (life cycle analysis), “yaşam döngüsü yaklaşımı” (life cycle approach) ya da “hayat boyu değerlendirme” (Ecobalance) olarak da isimlendirilmektedir (Jensen ve diğ., 1997).



Şekil 3.1. Beşikten Mezara Yaklaşım (Hunter ve Franklin) (Çamur, 2010)

Şekil 3.1’de bir ürünün yaşam döngüsü süreci ve sürecin birbirleri ile olan ilişkisi gösterilmektedir. Şekil 3.2’de belirtilen “Kapalı Döngü”, ürünün kullanımı sonrasında aynı ürünü elde etmek amacıyla geri dönüştürülmesini; “Açık Döngü” ise,

ürünün kullanımı sonrasında farklı bir ürünü elde etmek amacıyla geri dönüştürülmesini ifade etmektedir (Taygun, 2005).



Şekil 3.2. Yaşam Döngüsü Süreci; Süreçlerin Birbirleri ve Çevreyle İlişkisi (Taygun, 2005'ten uyarlanmıştır.)

Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi, SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry), Nord (National Organization for Rare Disorders), CML (The Centre of Environmental Science), IPU (Institute for Product Development), CHAINET (European Network on Chain Analysis for Environmental Decision Support), LCANET (European Network for Strategic Life-Cycle Assessment Research and Development) ve EDIP (Environmental Design of Industrial Products) gibi topluluklarca oluşturulan çalışma grupları tarafından ayrıntılı olarak tanımlanmıştır. Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemine ilişkin dünyada yeni

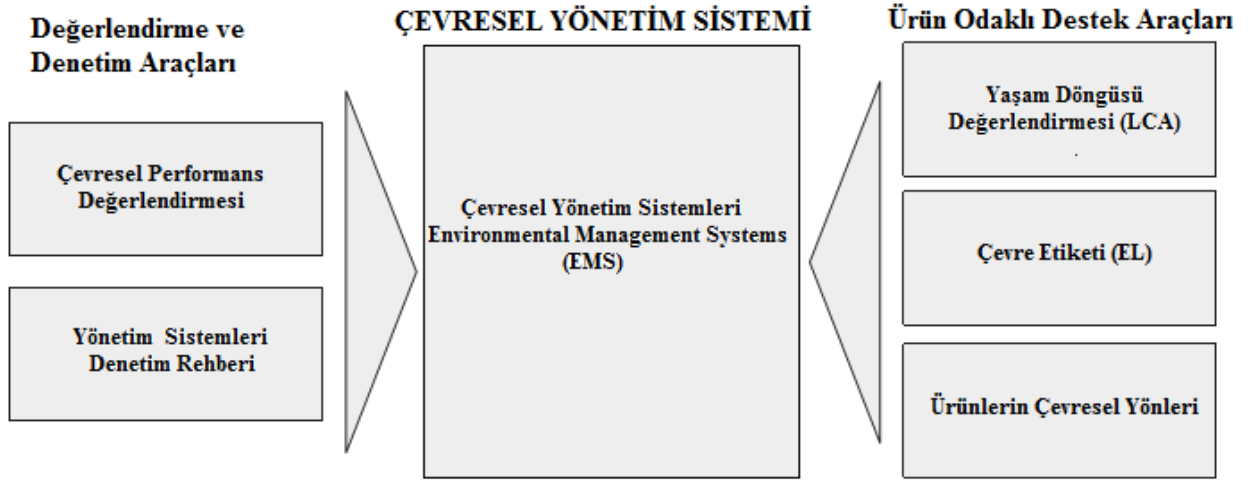
tanım, karşılaştırma ve modeller ile ilgili çalışmalar devam etmektedir (Gültekin, 2006).

“Yaşam Döngüsü” düşüncesi ilk olarak 1950’lerin sonu 1960’ların başında Amerika Birleşik Devletlerinde kamulaştırma işlemi için yapılan maliyet çalışmalarında ortaya çıkmıştır (Curran, 2012). “Yaşam Döngüsü” kavramı ise ilk olarak Amerika Birleşik Devletleri’nde savunma sanayiinde kullanılan sistemlerin işletim ve bakım maliyetleri üzerine yapılan, “yaşam döngüsü maliyeti” olarak bilinen çalışmalarda karşımıza çıkmaktadır (Khasreen ve diğ., 2009). Kavram ilk olarak 1959 yılında Novick tarafından RAND isimli Kurum adına hazırlanan bir raporda yer almaktadır. Raporda maliyetin yaşam döngü analizine vurgu yapılmaktadır. Bu dönemde silah sistemlerinin toplam maliyeti ele alınmış, yapılan çalışmada satın alma maliyetinin yanında kullanım maliyeti, geliştirme maliyeti ve atık maliyetinin dikkate alındığı bilinmektedir. O dönemde yaşam döngüsü analizi Hükümet tarafından bütçenin iyileştirilmesi için kullanılmıştır. Daha sonraları yöntem geliştirilmiş ve özel sektörde de çoğunlukla kullanılmaya başlamıştır. Yaşam döngüsünü maliyet açısından ele alan, farklı tarihlerde yapılmış birçok çalışma yayınlanmıştır. Mark-Massey (1971), Gupta-Chov (1985), Dhillon 1989 ve Hupples et al.(2004) öne çıkan çalışmalardır (Curran, 2012).

Yaşam Döngüsü değerlendirme yönteminin ürünün çevresel açıdan ilk olarak ele alınışı 60’lı yılların sonu, 70’li yılların başına rastlamaktadır (Jensen ve diğ., 1997; Curran, 2012). Yaşam Döngüsü kavramının modern anlamda ürünlerin çevresel etkilerini araştırmaya yönelik bilinen ilk çalışma Coca-Cola Şirketi tarafından yapılmıştır (Khasreen ve diğ., 2009). Şirket tarafından 1969 yılında yapılan bu çalışmada “yaşam döngüsü” kavramının katı atıkların azaltılması konusuna indirgenmediği, enerji kullanımı, gaz emisyonu gibi çevresel konuların ele alınmadığı görülmektedir (Jensen ve diğ.; 1997; Khasreen ve diğ., 2009). Yaşam Döngüsü değerlendirme yöntemine ilişkin, Avrupa’da da benzer çalışmalar yapılmıştır. 1972 yılında İngiltere’de Ian Boustead; plastik, cam, alüminyum gibi malzemelerden üretilmiş çeşitli meşrubat kutularının üretimleri sırasında kullanılan toplam enerji miktarını hesaplamıştır. Ayrıca Boustead, farklı türde malzemeler için uygulanabilir bir metodoloji geliştirmiş ve 1979 yılında Endüstriyel Enerji Analizi Elkitabını (Hand-book of Industrial Energy Analysis) yayınlamıştır (Jensen ve diğ., 1997).

Yaşam Döngüsü değerlendirme yöntemine ilişkin ilk çalışmalarda, enerji tüketimine, atık ve çevresel etki değerlendirmesinden daha fazla önem verildiği görülmektedir. Petrol krizinin aşılmasından sonra enerji tüketiminin, yapılan çalışmalarda önemini yitirdiği gözlenmiştir. Yaşam Döngüsü değerlendirme yönteminin asıl önem kazandığı yıllar 1980 yılı ortaları 1990 yılı başları olmuştur (Jensen ve diğ., 1997). SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry) 1992 yılında iki farklı çalıştay düzenlemiş ve yapılan çalıştaylarda “Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi” ve “Veri Kalitesi” konuları üzerinde durulmuştur. 1993 yılında, Portekiz’de bir araya gelen Kuzey Amerika ve Avrupa SETAC Danışma Topluluğu, “Yaşam Döngü Değerlendirmesi İncili” olarak tanımlanan Yaşam Döngüsü Değerlendirme El Kitabı (Guidelines for Life-cycle Assessment: A Code of Practice) yayınlanmıştır. 1990’lı yıllarda Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi üzerine SETAC’ın yanı sıra UNEP (United Nations Environment Programme), EEA (European Environment Agency) tarafından da çalışma ve yayınlar yapılmıştır. Alman El Kitabı (Dutch guidelines on LCA), İskandinav El Kitabının (Nordic Guidelines on Life – cycle Assessment) yayınlanması da 90’lı yıllardadır (Khasreen ve diğ., 2009). 1990’lı yıllar standartlaşmanın başladığı yıllardır (Curran, 2012). YDD yöntemine ilişkin Canadian Standards Association (CSA) tarafından, 1994 yılında Z760 “Environmental Life-cycle Assessment” adlı ilk ulusal YDD Rehberi yayınlanmıştır. Ancak uluslararası kabul gören standartlar ISO tarafından yayınlananlardır (Khasreen ve diğ., 2009). Yaşam Döngüsü değerlendirme yöntemine ilişkin 14040 numaralı uluslararası ilk standart 1996 yılında yayınlanmış olup daha sonraları çeşitli tarihlerde yeni standartlar ve teknik raporlar yayınlanmıştır. ISO Standartları zamanla yasal politikalara dayanak oluşturmuş, örneğin Avrupa Birliği (EU) paketlemeye ilişkin yasa ile 1995’te Japonya’da yürürlüğe giren ambalaj yasası ISO Standartlarına dayanılarak hazırlanmıştır (Curran, 2012). 1996-2000 yılları arasında, ISO tarafından YDD Yöntemine ilişkin 14040, 14041, 14042 ve 14043 numaralı standartlar yayınlanmış ve bu standartlar 2006 yılında güncellenerek 14040 ve 14044 numaralı standartlara dönüştürülmüştür (Pryshlakivsky ve Searcy, 2013). YDD Yöntemine ilişkin yayınlanan standartlar, ISO 14000 Çevresel Yönetim Sistemi Standartlar Serisi çatısı altında yer almakta olup, Çevresel Yönetim Sistemi ve alt başlıkları Şekil 3.3’te yer almaktadır. Tez çalışması kapsamında, Çevresel Yönetim Sistemi ve alt başlıkları ayrıca ele alınmamış olup, bu bölümde YDD Yöntemi ve

Aşamaları ayrıntılı bir biçimde açıklanmıştır. YDD Yöntemine ilişkin, standart adı, standart içeriği, standart türü ve yayın yıllarına ait bilgiler Çizelge 3.1.'de yer almaktadır



Şekil 3.3. Çevresel Yönetim Sistemi ve Alt Başlıkları (Pryshlakivsky ve Searcy, 2013'ten uyarlanmıştır.)

Çizelge 3.1. YDD Yöntemine İlişkin Standartlar (Curran, 2012'den uyarlanmıştır).

Standart Adı	Türü	Standart İçeriği	Yayın Yılı
ISO 14040	Uluslararası Standart	İlkeler ve Çerçeve	1996, 2006
ISO 14041	Uluslararası Standart	Amaç ve Kapsam T. Envanter Analizi	1998"
ISO 14042	Uluslararası Standart	Etki Değerlendirmesi	2000*
ISO 14043	Uluslararası Standart	Yaşam Döngüsü Yorumu	2000*
ISO 14044	Uluslararası Standart	Gerekler ve Rehber	2006**
ISO 14047	Teknik Rapor	ISO 14042 Uygulama	2003
ISO 14048	Teknik Rapor	Örnekleri	2001
ISO 14049	Teknik Rapor	Veri Dokümantasyon Biçimi ISO 14041 Uygulama Örnekleri	2000

*2006 Yılında güncellenmiş olup, 14044 Standart Numara ile yayınlamıştır.

**14041, 14042 ve 14043 Numaralı Standart ile değişiktir.

YDD Yöntemine ilişkin ISO Standartları Türk Standartları Enstitüsü (TSE) Standartlarına da girmiş olup, tez kapsamında literatürde yer alan kaynaklarda kullanılan yaygın ismi ile YDD olarak ele alınan yöntem TSE Standartlarında “Hayat Boyu Değerlendirme” olarak tanımlanmıştır. YDD Yöntemine ilişkin Türk Standartları Enstitüsü’nce yayınlanan ve yürürlükte olan güncel standartlar; TS EN ISO 14040 Çevre yönetimi -Hayat boyu değerlendirme - İlkeler ve çerçeve; TS EN ISO 14041 Çevre yönetimi- Hayat boyu değerlendirme-Amaç ve kapsam tanımı ile envanter analizi; TS EN ISO 14042 (2002): Çevre Yönetimi - Hayat Boyu Değerlendirme - Hayat Boyu Etki Değerlendirmesi; TS EN ISO 14043; Çevre yönetimi - Hayat boyu değerlendirme - Hayat boyu yorumu; TS EN ISO 14044 Çevre yönetimi - Hayat boyu değerlendirme - Gereklere ve Kılavuzdur (Gültekin, 2006).

3.2. Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) Yöntemi Aşamaları

Yaşam Döngüsü değerlendirme yönteminin en büyük avantajı, bilimsel gerçekleri ortaya çıkararak, bilimsel verilere dayalı karar alma olanağı sağlamasıdır (Jensen ve diğ., 1997). YDD Yöntemi ürünün ya da hizmetin olası çevresel etkilerini, bu etkilerin ne zaman ve hangi aşamada ortaya çıkacağı gibi bilgileri bütünsel bir yaklaşımla tek bir çerçevede ortaya koymaya olanak sağlar. Böylelikle YDD Yöntemi; ürün ya da hizmette karşılaşılan sorunların kaynağını belirlemeye, ürün ya da hizmetin iyileştirme olanaklarının belirlenmesine, değerlendirme sonuçları yorumlanarak yeni ürün veya hizmetin ortaya konulmasına, ürünler arasında karşılaştırma yaparak uygun ürünün seçilebilmesine olanak sağlar (Guinée, 2002).

Uluslararası ISO 14040 Standardına göre, YDD Yöntemi aşağıda bahsi geçen alanlarda etkin olarak kullanılmaktadır (ISO 14040:2006);

-Ürünlerin Yaşam döngüsü sürecinin çeşitli evrelerinde, çevresel performanslarını iyileştirmeye yönelik olanakların saptanması,

-Kamu ya da özel sektördeki karar verici mekanizmaların bilgilendirilmesi (Örneğin; stratejik planlama, öncelik belirleme, ürün veya süreç tasarımı ya da yeniden tasarım)

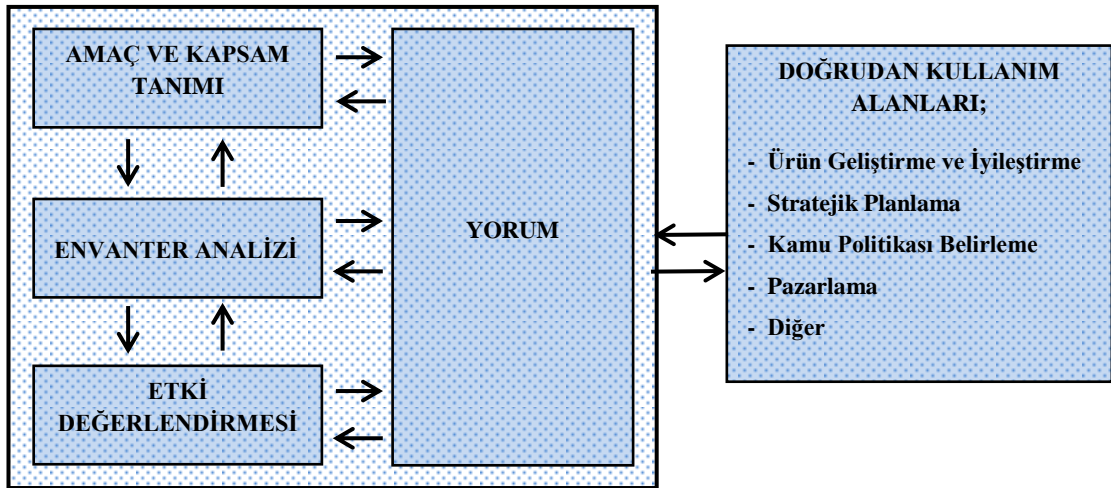
- Ölçüm teknikleri de dahil olmak üzere çevresel performans ile ilgili gerekli göstergelerin seçimi

-Pazarlama araçları geliştirme (Örneğin; çevresel etiketleme şeması oluşturularak çevresel ürün beyanı)

YDD yöntemi dört aşamadan oluşmaktadır. Bunlar (ISO 14040:2006);

- i. Amaç ve Kapsam Tanımı,
- ii. Envanter Analizi,
- iii. Etki Değerlendirmesi,
- iv. Yorum, aşamalarıdır.

Bu bölümde, YDD Yöntemi Aşamaları ayrıntılı bir şekilde açıklanmış olup, YDD Yönteminin ISO Standartlarında yer alan aşamaları Şekil 3.4.'te yer almaktadır. YDD Yönteminin yapı sektöründeki aşamaları ayrı bir başlık altında incelenmiştir. Şekil 3.4'te de görüldüğü üzere bir YDD çalışması Amaç ve Kapsam Tanımının belirlenmesiyle başlayıp, sırasıyla envanter analizinin yapılması, etki değerlendirilmesi ve yorum aşaması ile son bulmaktadır. Ancak YDD çalışması ileri/geri beslemeli özellikte olup, çalışma sırasında genellikle bir önceki aşamaya dönmek gerekir (Curran, 2012).



Şekil 3.4. YDD Yöntemi Aşamaları (ISO 14040:2006'dan uyarlanmıştır.)

3.2.1.YDD Amaç ve Kapsam Tanım

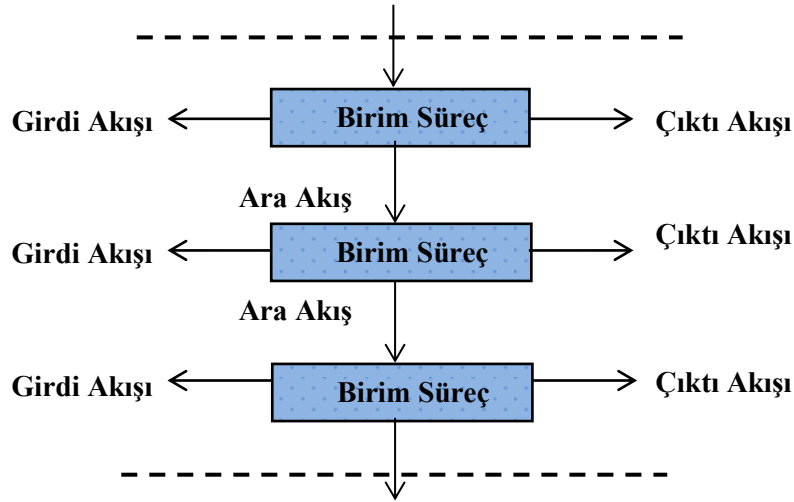
YDD Yönteminin ilk aşaması olup, çalışmadan verim alınabilmesi, “Amaç ve Kapsam Tanımının” net bir şekilde ortaya konulmasına bağlıdır. Bu bölümde çalışma ile ilgili herhangi bir veri toplanmaz ya da sonuç çıkarılmaz, çalışmanın genel planı hazırlanır. YDD Yöntemiyle yapılan çalışmanın sonucu, “Amaç ve Kapsam Tanımı Aşamasında” belirtilen hususların dışına çıkamaz. Bu sebeple çalışmanın hedefine ulaşabilmesi için, çalışmaya yönelik veriler toplandıkça, kaynak yetersizliği, konuyla ilgili önemli bulgular elde edilmesi vb. gibi durumlarda, bu veriler ışığında “kapsamı” gözden geçirmek gerekebilir (Curran, 2012; ISO 14040:2006; Paulsen, 2001). YDD Yönteminde Çalışmanın Amacı; çalışmanın yapılma nedeni, çalışmanın hedeflenen kullanım alanları, çalışmanın hedef kitlesi gibi bilgileri içermelidir. Kapsam ise; çalışılmak istenilen ürün sistemi, ürün sisteminin işlevini, İşlevsel birimi, sistem sınırlarını, dağıtım yöntemleri, veri gerekleri, varsayımlar, kısıtlılıklar, gibi bilgileri içermelidir. Ayrıca kapsam, amaca hizmet eden çalışmayı yeteri kadar detaylandırılabilir nitelik ve genişlikte olmalıdır. Aşağıda kapsam bölümünde yer alması gereken bazı bilgilerin açıklamaları yer almaktadır (ISO 14044:2006).

İşlevsel Birim: İşlevsel birim, elde edilmek istenilen verilere bir referans sistemi oluşturarak, ürünlerin performans kriterlerinin karşılaştırılabilmesine olanak sağlar. Bir YDD çalışması “Amaç ve Kapsam Tanımının” genişliğine göre bir veya birden fazla olası işlevleri içerebilir. İki farklı ürün, aynı koşullarda, aynı performans özelliklerini göstermeyeceğinden, karşılaştırmalı analizde değerlendirmenin yapılabilmesi için, iki ürünü de aynı performans kriterine getirecek bir “işlevsel birim” tanımlanmalıdır. Örneğin iki farklı aydınlatma ürününün çevresel etkilerini değerlendirmeye yönelik bir YDD çalışmasında işlevsel birimin “15 m² standart odanın 1000 lümen aydınlık düzeyinde 1 saat aydınlatılması” ya da “20 m² standart odanın 800 lümen aydınlık düzeyinde 3 saat aydınlatılması” şeklinde tanımlanması doğru olacaktır (Curran, 2012; ISO 14040:2006).

Sistem Sınırları: Ürün sisteminin en küçük parçası birim süreçtir. Ürün sisteminde birim süreç bir eylemi ifade eder ve her bir eylem veri girdilerini, veri çıktılarına dönüştürür. Birim sürece örnek olarak; “çelik üretimi”, “mobilya üretimi”, “kamyonla taşımacılık” vb. verilebilir (Curran, 2012). Veri girdilerine örnek olarak

“petrol enerji” girdisi, çıktı olarak da “gaz emisyonları” örneği verilebilir. Şekil 3.5.’te ürün sistemini oluşturan birim süreçler; Şekilde 3.6.’da ise bir ürün sistemi örneği yer almaktadır. Sistem sınırları YDD çalışmasına dahil edilecek birim süreçleri tanımlar. Sistem sınırlarını belirlerken, ürünün çeşitli yaşam döngüsü aşamaları ele alınmaktadır. Örneğin; hammaddenin çıkarılması, nakliyesi, üretim ve kullanım gibi yaşam döngüsü aşamaları ile bu aşamalardaki birim süreçler ve akışlar ele alınabilir (ISO 14040:2006; ISO 14044:2006; Paulsen, 2001).

Veri Gereklere; YDD çalışmasından verim alınabilmesi ve sonuçların güvenilirliği veri kalitesine bağlıdır. Çalışmaya kaynak teşkil eden verilerin; kaynağı, hangi zaman ya da zaman dilimine ait olduğu, hangi coğrafya üzerinde elde edildiği, veri toplamada kullanılan yöntem ve teknoloji vs. gibi bilgileri sağlaması gerekmektedir (ISO 14044:2006).

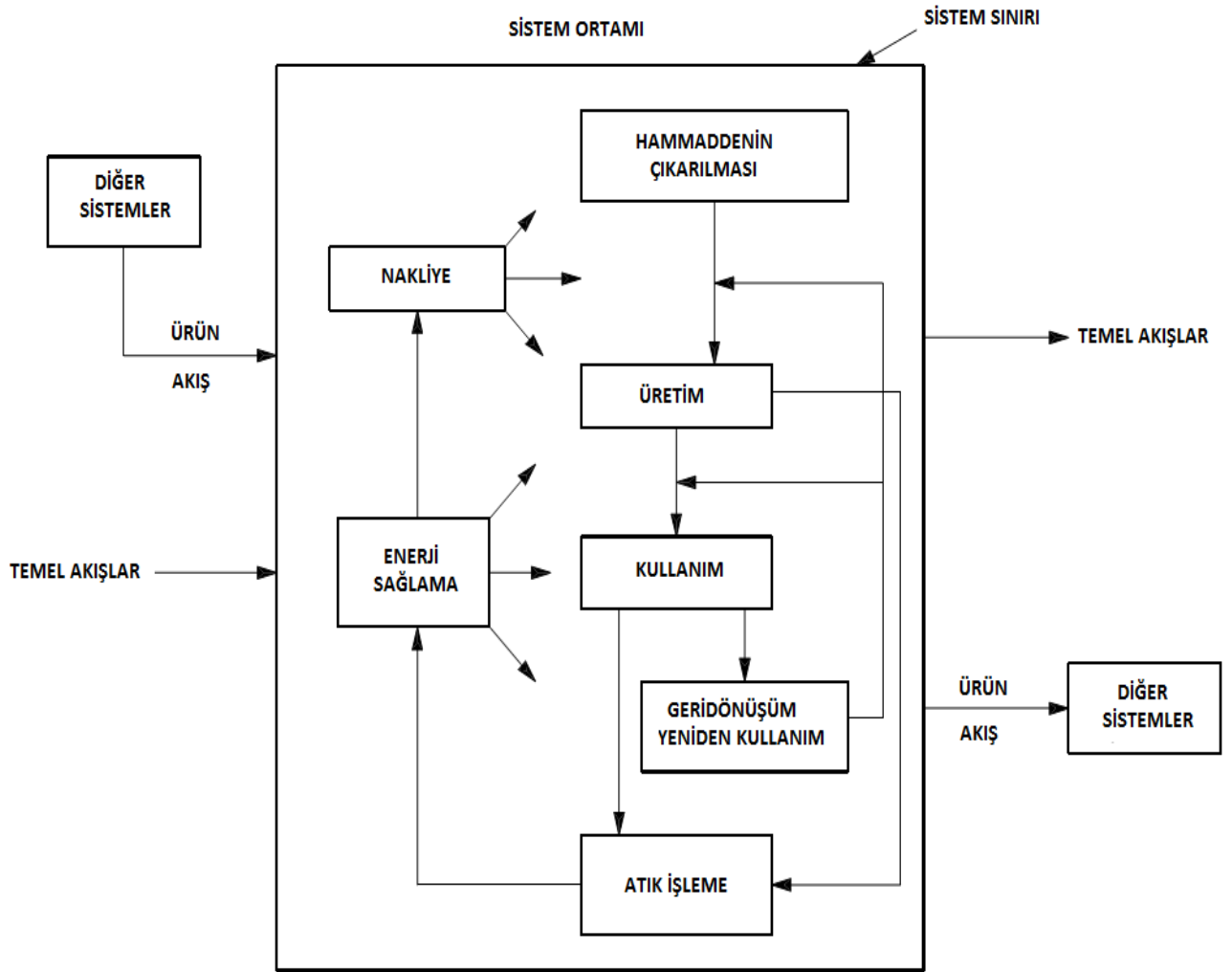


Şekil 3.5. Ürün Sisteminde Yer Alan Birim Süreçler (ISO 14040:2006’den uyarlanmıştır.)

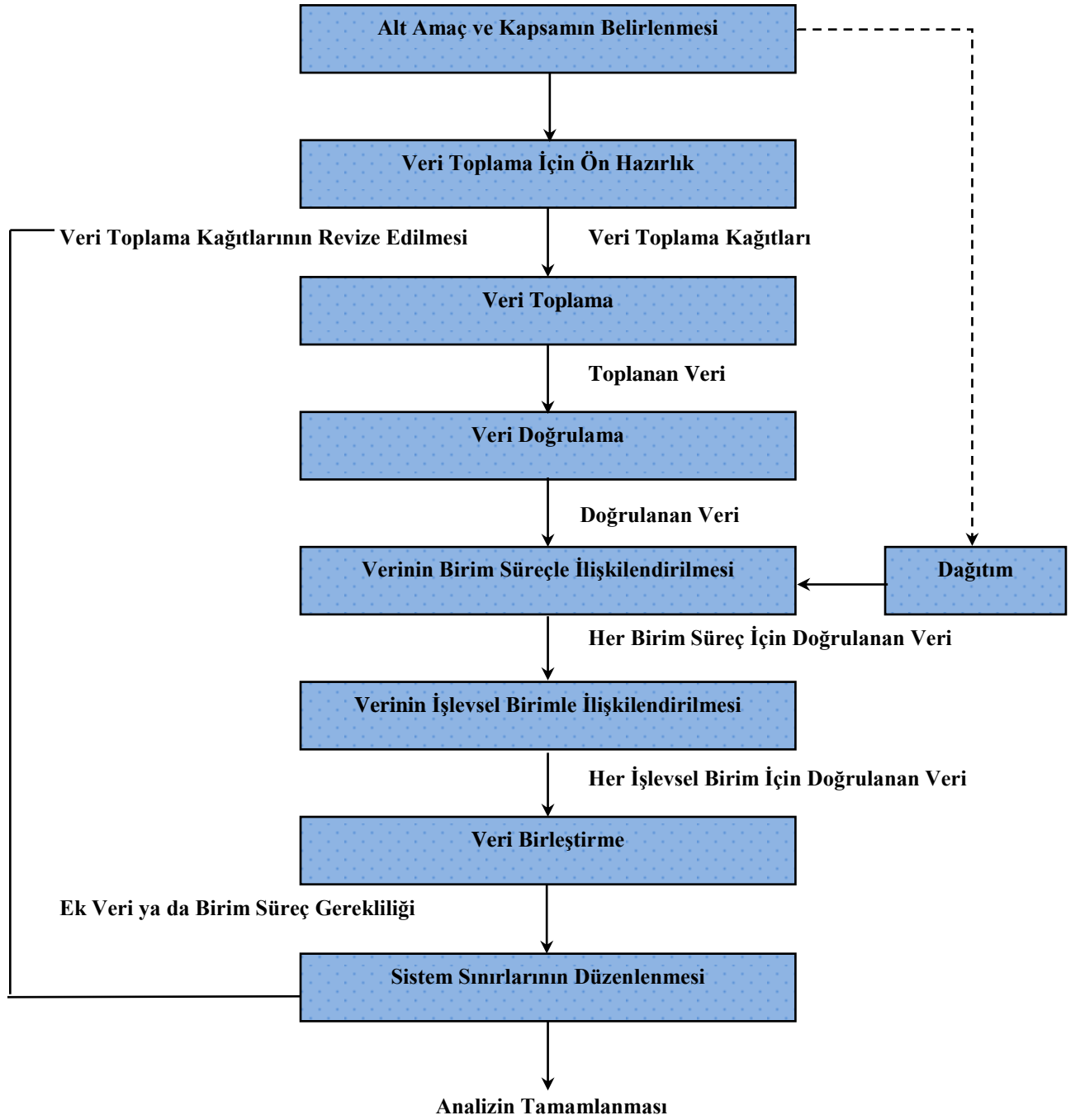
3.2.2. YDD Envanter Analizi

Yaşam Döngüsü Envanteri: Alt amaç ve kapsamın belirlenmesi; Veri Toplama; Veri Doğrulama; Verilerin “Birim Süreçlerle” İlişkilendirilmesi; Verilerin “İşlevsel Birimlerle” İlişkilendirilmesi; Verilerin Birleştirilmesi; Sistem Sınırlarının Düzenlenmesi aşamalarından oluşur. Şekilde 3.7.’de Envanter Analizi Aşamaları yer almaktadır (ISO 14044:2006). Envanter analizinde sistem sınırları içerisinde yer alan her bir birim süreç için, enerji girdileri, hammadde girdileri, atıklar, hava, su etkileri ve emisyonlar vb. bilgiler toplanmaktadır (ISO 14040:2006).

Envanter Analizinde ulaşılan sonuçlar analiz edilen ürün, yöntem ya da üretime özgüdür ve çalışmanın amaç ve kapsam tanımı dışına çıkamaz (Taygun, 2005). Yaşam Döngüsü Envanter Analizi çalışmasında kolaylık sağlayan çeşitli bilgisayar yazılımları bulunmakta olup, örnek olarak SimaPro ve GaBi programları verilebilir. Bir YDD çalışmasında “ürün sistemi” “birim süreçlerin” bir araya gelmesiyle oluşur ve birim süreçler birbirlerine “ara akışlarla” bağlıdır. Girdi ve çıktı akışlarının, ürün sistemi sınırları içerisinde yer alan birim işlemlere dağıtılması işleminin envanter analizi aşamasında yapılmaktadır (Gültekin, 2006; ISO 14040:2006). Envanter Analizi Aşamasında her birim süreç için girdi ve çıktı verileri toplanmakta olup, bu verilere örnek olarak; enerji girdisi, hammadde girdisi, çıktı olarak ise hava, toprak ve su emisyonları verilebilir (Ortiz ve diğ., 2009).



Şekil 3.6. Ürün Sistemi Örneği (ISO 14040:2006)



Şekil 3.7. Envanter Analizi Aşamaları (ISO 14044:2006'dan uyarlanmıştır.)

3.2.3. YDD Etki Değerlendirmesi

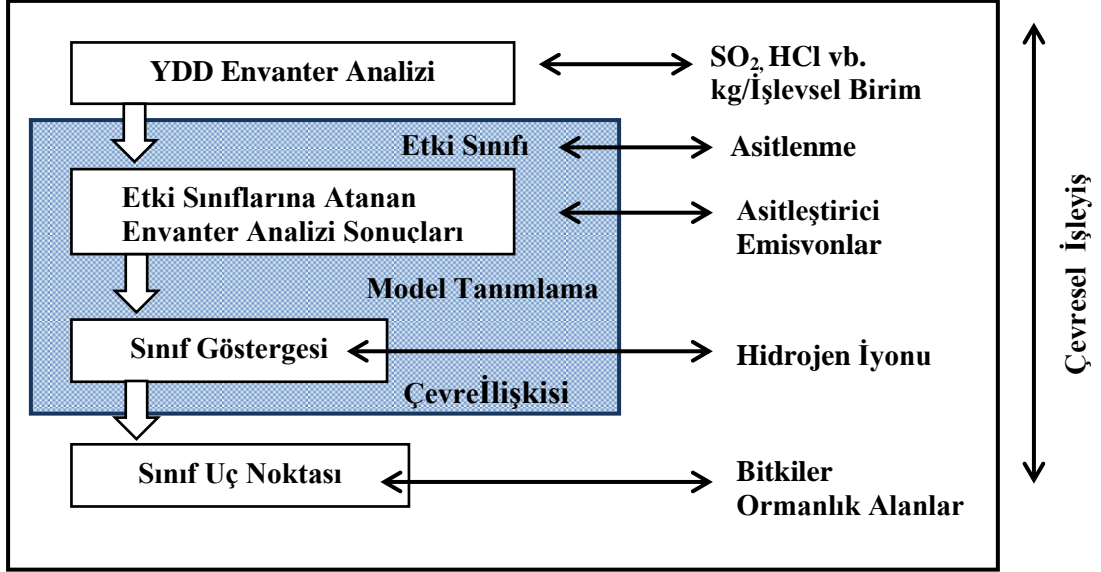
Etki Değerlendirmesi, YDD çalışmasının üçüncü aşaması olup, bu aşamada ürün sisteminin envanter analizi sonuçları değerlendirilerek, ürünün çevresel etkileri ortaya konulmaktadır (Paulsen, 2001). Etki Değerlendirmesi, zorunlu öğeler ve zorunlu olmayan öğeler olarak iki ana başlık altında toplanmaktadır. Zorunlu öğeler (ISO 14044:2006);

- Etki sınıflarının, sınıf göstergelerinin seçimi ve model tanımı,
- Envanter analizi sonuçlarının, etki sınıflarına atanması,
- Sınıf göstergesi sonuçlarının hesaplanmasıdır.

YDD çalışmasında genellikle literatürden yararlanılarak daha önceki çalışmalarda belirlenen etki sınıfları, sınıf göstergeleri ve tanımlama modelleri kullanılmaktadır. Ancak bazı çalışmalarda, konunun amaç ve kapsam tanımına göre yeni etki sınıfları, sınıf göstergeleri ve tanımlama modelleri belirlenmesi gerekir. Şekil 3.8.'de YDD Etki Değerlendirmesi zorunlu öğe akışı, asitleşme örneği üzerinden gösterilmektedir. YDD Etki Değerlendirmesi, zorunlu olmayan öğeleri ise: Normalleştirme; Gruplandırma; Ağırlıklandırma ve Veri Kalite Analizidir (ISO 14044:2006).

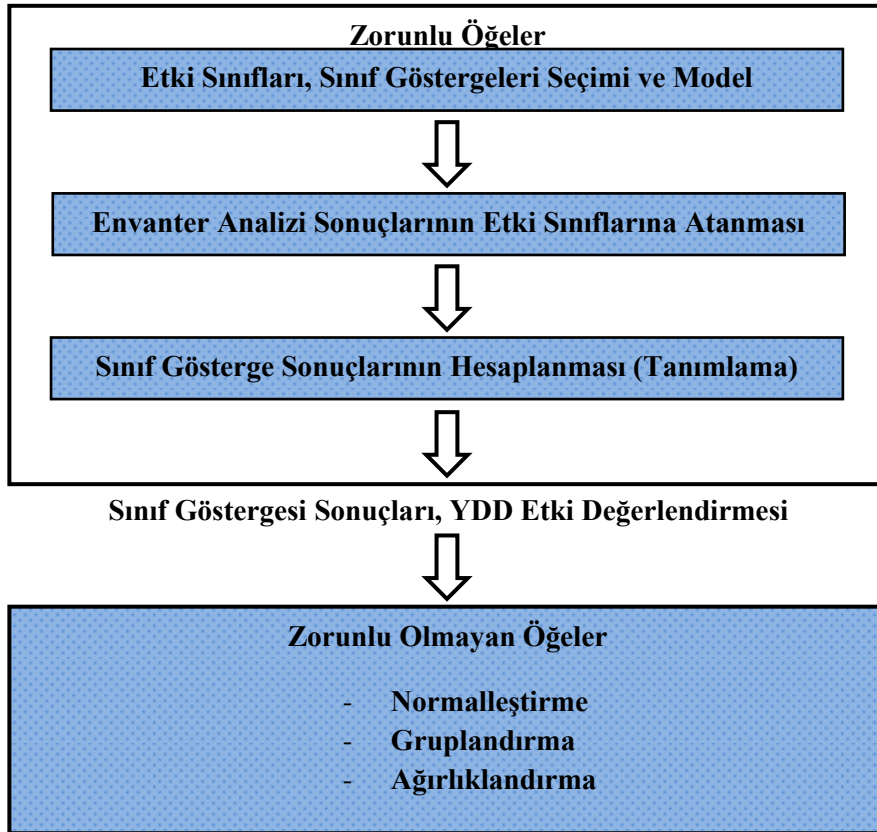
YDD çalışması sırasında Amaç ve Kapsam Tanımına göre, Etki Sınıflarının önceden belirlenmesi gerekmektedir. Ancak çalışma sırasında, daha öncelikli etki sınıflarının saptanması ya da belirlenen etki sınıfını tanımlamaya yönelik yeterli veriye ulaşılamadığı durumlarda, Amaç ve Kapsam Tanımını yeniden ele almak gerekebilmektedir. Bu da YDD'nin tekrarlı bir süreç olduğu anlamına gelmektedir (Paulsen, 2001). Şekil 3.9.'da YDD Etki Değerlendirmesi Aşamaları yer almaktadır. YDD Etki Değerlendirmesi genellikle iki farklı şekilde uygulanmakta olup, bunlar; problem odaklı "orta nokta" (mid-points) ve etki odaklı "uç nokta" (end-points) yöntemlerdir. "Orta nokta" yaklaşım; iklim değişikliği, asitlenme, ötrofikasyon, fotokimyasal ozon oluşumu, insan zehirlenmesi gibi çevresel etkileri içermektedir. Orta nokta" yaklaşımı ile çalışan metotlara; CML Baseline Metod (2001), EDIP 97 ve EDIP 2003 ile IMPACT 2002 + örnek olarak verilebilir. "Uç nokta" yaklaşımında ise akışlar, çeşitli çevresel temalara göre sınıflandırmakta ve her temanın insan sağlığı, doğal kaynaklar ve çevreye verdiği olumsuz etki modellemekte olup, bu yönteme Ecoindicator 99 metodu örnek olarak verilebilir (Ortiz ve diğ., 2009).

Çizelge 3.2’de YDD çalışmalarında yaygın olarak kullanılan etki sınıfları yer almaktadır.



Şekil 3.8. YDD Etki Değerlendirmesi Zorunlu Öğe Akışında Asitleşme Örneği (ISO 14044:2006’ dan uyarlanmıştır.)

Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi



Şekil 3.9. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi Aşamaları (ISO 14040:2006’ dan uyarlanmıştır.)

Çizelge 3.2. YDD Çalışmalarında Yaygın Olarak Kullanılan Etki Sınıfları (Khasreen ve diğ., 2009'dan uyarlanmıştır.)

Etki Sınıfı	Uluslararası Sembolü	Sınıflandırma (Classification)	Tanımlama (Characterization)
Küresel Isınma (Global Warming)	GW	Korbondioksit (CO ₂) Nitrojendioksit (NO ₂) Metan (CH ₄) Kloroflorokarbon (CFC _s) Hidrokloroflorokarbonlar (HCFC _s) Metil Bromid (CH ₃ Br)	Küresel Isınma Potansiyeli
Asitleşme (Acidification)	A	Kükürt Oksitler (SO _x) Azot Oksitler (NO _x) Hidroklorik asit (HCl) Hidroflorik asit (HF) Amonyak (NH ₄)	Asitleşme Potansiyeli
Ötrofikasyon (Eutrophication)	E	Fosfat (PO ₄) Azot Oksit (NO) Azot Dioksit (NO ₂) Nitrat ve Amonyak (NH ₄)	Ötrofikasyon Potansiyeli
Ozon İncelmesi (Ozone Depletion)	OD	Kloroflorokarbon (CFC _s) Hidro kloroflorokarbon (HCFC _s) Halonlar ve Metil Bromid (CH ₃ Br)	Ozon İncelmesi Potansiyeli

3.2.4. YDD Yorum

YDD yorum aşaması; YDD'nin daha önceki aşamalarının ele alınarak, amaç ve kapsam tanımına dayanan genel bir değerlendirilmenin yapıldığı bölümdür. Bu aşama daha önceleri "iyileştirme değerlendirilmesi" olarak adlandırılmış olup, çalışmanın amaç ve kapsam tanımında iyileştirme değerlendirilmesinin yer almasının gerekli olmadığı düşünüldüğünden ve sonraki çalışmalarda "yorum aşaması" olarak

adlandırılmıştır (Paulsen, 2001). Yorum Aşaması; Değerlendirme ile Sonuç ve öneriler, bölümlerinden oluşabilir. Değerlendirme açık ve anlaşılır bir biçimde olmalıdır. Sonuç ve öneriler bölümü, çalışmanın güvenilirliği, saydamlığı ve geliştirilmesi bakımından önemlidir (Taygun, 2005). Yorum aşamasında çeşitli bulgular ışında sonuçlara ulaşılmakta ve bazı öneriler oluşturulmaktadır (Ortiz ve diğ., 2009).

3.3. Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) Yönteminin Yapı Sektöründe Kullanımı

Endüstrileşme ve sanayileşmenin çevreye verdiği etkinin önemli bir bölümünü yapı sektörü oluşturmaktadır. Yapı sektöründe yapımda ve kullanımda birçok doğal kaynak tüketilmektedir. Gerekli konfor koşullarının sağlanabilmesi için ısıtma, soğutma sistemleri ile aydınlatma enerjisi kullanımı, tüketimi gibi gereksinimler, yapının kullanım ömrünün uzunluğu da göz önüne alındığında doğal kaynak tüketimi ve çevre etkisi açısından önemli rol oynar. Bir yapının kullanımı sırasında gereksinim duyulan kaynak ve enerji miktarı ile oluşan sera gazı emisyonu salınımı, yeryüzündeki toplam salınım miktarının yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır. Bu hesaba yapı malzemeleri ve bileşenlerinin üretiminde ihtiyaç duyulan enerji ve kaynak miktarı ile oluşan sera gazı emisyonu salınımı dahil edilmemiştir (Crawford, 2011). Bir yapının kullanım ömrü uzunluğu sebebiyle, kullanım aşamasında çevreye verdiği etki, yapım aşamasından çok daha fazla olması beklenir (Paulsen, 2001). Yeryüzündeki toplam malzeme kullanımının ise yaklaşık %44'ünü yapı sektörü oluşturmaktadır. Bu sebeple yapıların çevresel performanslarının geliştirilmesi sürdürülebilirlik açısından önemli rol oynar (Erlandsson ve Borg, 2003).

Yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi, genellikle yapı sektörüne göre daha kısa ömürlü malzemelerden oluşan endüstriyel ürünlerin çevresel etkileri değerlendirmek için oluşturulan ve kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, son yıllarda hızlı bir gelişme yakalamış ve yapı sektöründe kullanılmaya başlamıştır (Paulsen, 2001).

Yapı Sektöründe; yapı malzeme ve bileşenleri ile yapıların çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik farklı kuruluşlarca birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan en önemlisi İngiltere'de 1991 yılında, Avrupa Komisyonu (European Commission) tarafından çıkarılan Yapı Malzemeleri Yönetmeliğidir. (The

Construction Products Directive-CPD) Yapı Malzemeleri Yönetmeliği, yapı malzemesi ve bileşenlerinin belirli performans kriterlerini yerine getirdiğine dair CE uygunluk belgesi düzenlenmesi ile Avrupa Birliği içerisinde belirli standartlardaki yapı malzeme ve bileşenlerinin serbest dolaşımını sağlamaktadır. Yönetmeliğe göre, yapı malzeme ve bileşenlerinin bir yapıda kullanılabilmesi için aşağıda belirtilen 6 standardı yeri getirmesi gerekmektedir. Bunlar; mekanik dayanım ve mekanik kararlılık; yangın güvenliği; kullanım güvenliği; hijyen ve sağlık şartları; gürültü denetimi; enerji ve ısı korunumudur (Bayraktar, 2010; URL-19). Yapı sektöründe çevresel etkilere yönelik diğer bir çalışma ise; Bütünleşik Ürün Politikası (Integrated Product Policy –IPP) olup, ürünlerin yaşam döngüsü süresinde çevresel etkilerini ve bu etkilerin hangi aşamada ortaya çıktığının tespiti ile bu etkilerin azaltılabilmesine amaçlı Avrupa Birliği İnisiyatifi bir hükümet politikasıdır. Avrupa Komisyonu (European Commission) tarafından 2003 yılında geliştirilen IPP üç ana basamaktan oluşmaktadır. Bunlar: Çevresel Etki Ürünleri (Environmental Impacts Products-EIPRO); Çevresel İyileştirme Ürünleri (Environmental Improvement Products-IMPRO); Politika Önerileri (Policy Implications) şeklindedir. IPP'ye göre ürünlerin çevresel etkilerini azaltmaya yönelik yapılacak çalışmalarda üreticiden, tüketiciye birçok aktör rol oynamakta olup, IPP'nin uygulanmasında kullanılan stratejiler Çevresel Ürün Beyanı (Environmental Product Declaration-EPD) ile Eko-Tasarım (Ecodesign) olarak karşımıza çıkmaktadır. EPD, ürün ve hizmetlerin çevresel etkilerinin karşılaştırılabilmesi için geliştirilen doğrulanmış verilerdir. EPD ürünün çevresel etkilerini azaltmaya yönelik bir strateji olup, ürün kategori kurallarına (Product Category Rules-PCR) göre sınıflandırılan ürünler arasında karşılaştırma yapma olanağı sağlamaktadır. Benzer özelliklere sahip ürünlerin çevresel etkilerinin hesaplanması için belirli kurallar vardır. Bunlar PCR olarak adlandırılmış olup, PCR'ler bir program operatörün yönetimine tabidir. Bu program operatörlerine; İsveç'te bulunan "Environdec"; "PlasticsEurope" (The Association of Plastics Manufacturers in Europe); "Institut Bauen und Umwelt" (Almanya); "EPD-norge" (Norveç); "UL Environment" (ABD) ve "JEMAI" (Japonya) örnek olarak verilebilir. EPD ve PCR ile ilgili ISO 14025:2006 Standardı geliştirilmiş olup, ISO 14025 Standardı ISO 14040 ve ISO 14044 Standartlarına dayanılarak oluşturulmuştur (Bayraktar, 2010;Ortiz ve diğ., 2009; Şentürk, 2008; URL-20; URL-21). Eko-Tasarım (Ecodesign) ise yapı malzemeleri ve bileşenleri seçiminde tasarımcılara

çevresel açıdan rehberlik yapmayı amaçlayan bir yaklaşım olup çevre ile ürünün ilişkisini ele alır ve çevresel etkileri azaltmak amaçlı teknikler özetler (Khasreen ve diğ., 2009; Ortiz ve diğ., 2009). Çizelge 3.3.'te Almanya'da 1977'de uygulanan ürün odaklı bir uygulama olan ilk çevre etiketi "Mavi Melek (Blaue Engel)"den başlayarak çevresel ürün politikalarının 1977-2003 yılları arasındaki gelişimi yer almaktadır (Şentürk, 2008).

Yapılan literatür araştırmasında, ürünün çevresel açıdan değerlendirmesine yönelik Avrupa Birliği tarafından geliştirilen politikalar veya desteklenen proje, araştırmacı çalışmaları ile kurumsal çalışmalara rastlanılmıştır. Ancak tez çalışması kapsamında YDD yönteminin yapı sektöründe kullanımına değinilmiş olup, çevresel etki değerlendirmesine yönelik yapı sektöründe kullanılan diğer yöntemler bu kapsam içerisinde değildir.

Çizelge 3.3. Çevresel Ürün Politikalarının Gelişimi (Şentürk, 2008).

YIL	EYLEM
1977	"Mavi Melek" ürünler için ilk çevresel etiket.
1987	Sürdürülebilirliği tanımlayan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu Raporu "Ortak Geleceğimiz"
1992	Gündem 21. Küresel Sürdürülebilirlik Kalkınma için bir eylem planı
1994	Hollanda "Ürünler ve Çevre üzerine Politika dokümanı"
1996	Danimarka "Yoğunlaştırılmış ürün odaklı Çevresel İnisiyatif"
1997	İsveç "Sürdürülebilir Materyal ve Ürünler için bir Strateji"
1997	OECD'nin Yeşil Kamu Alımları ile ilgili Çalıştayı
1998	Ernst/ Young/ AB 9. Genel Müdürlük "Bütünleşik Ürün Politikası" Rapor
Aralık 1998	AB Çevre Genel Müdürlüğünün BÜP Çalıştayı
Mayıs 1999	AB Çevre Bakanlarının BÜP'ü onayladığı gayriresmi toplantı (Weimar, Almanya)
Ağustos 1999	ABD Çevre Koruma Ajansının "İhaleci Kuruluşlara Çevresel tercihli alımlar için son kılavuz"
Şubat 2000	Kuzey Ülkeleri Bakanlar Konseyi, BÜP Çalıştayı
Mayıs 2000	İsveç "Çevre duyarlı bir ürün politikası için bir Strateji"
Haziran 2000	Ernst& Young/ SPRU "AB'de BÜP'ün temellerinin geliştirilmesi"
Ekim 2000	Gayriresmi Avrupa Bütünleşik Ürün Politikası Ağı (15 AB Üye Ülkesi)
Şubat 2001	AB "Bütünleşik Ürün Politikası hakkında Yeşil Kitap'ın yayımı ve Kabulü
Mayıs 2001	Daha Temiz Üretim 7nci Avrupa Masasında BÜP Çalıştayı
Eylül 2002	Johannesburg Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi
Ekim 2002	Daha Temiz Üretim 8inci Avrupa Masasında BÜP Çalıştayı
Haziran 2003	AB "Bütünleşik Ürün Politikası hakkında Beyaz' Kitap'ın yayımı ve Kabulü

Yaşam döngüsü, yapı sektöründe yapım ve kullanım dahil her aşamasına uygulanabilen bir yöntemdir. Ancak yapı malzemeleri ve bileşenlerinin endüstri ürünlerine göre ayırt edici özelliği uzun ömürlü olmaları ve kullanım safhasında çevreye etkileri bakımından yeterli bilgiye sahip olmamamızdır (Erlandsson ve Borg, 2003; Paulsen, 2001). Bu bağlamda YDD Yönteminin yapı sektöründe kullanımını diğer sektörlerle göre belirgin farklılıklar içerir. Bu farklılıklar aşağıdaki gibi özetlenebilir (Kotaji, 2003);

-Yapıların kullanım ömrü uzun olup, minimum 50 sene ömre sahiptir. Bu nedenle yaşam döngüsünü tahmin etmek diğer ürünlere kıyasla zordur.

-Yapılar kullanımları sırasında onarım ve yenilemelerle özgün projesinden farklılaşabilirler, bu değişiklikler yaşam döngüsüne doğrudan etki etmektedir.

-Yapıların kullanım safhasında çevresel etkisi, üretim sırasından çok daha fazladır. Yapıda doğru malzeme kullanımı ve uygun tasarım ile çevresel etki azaltılabilmektedir.

-Tasarımdan, şantiye üretimine kadar yapı sektöründe pek çok aktör rol oynamaktadır. Çizelge 3.4'te yapı sektöründe çeşitli yaşam döngüsü aşamalarındaki aktörler yer almaktadır.

-Her yapı tasarım, konumlanma, işlev gibi özellikler sebebiyle kendine özgüdür, bu durum standartlaşmaya engel olmaktadır.

3.3.1. Yapı Ürününün Yaşam Döngüsü

Yapı, “kullanıcının gereksinmelerini gidermek üzere tasarlanmış ve üretilmiş bir yapma çevre” olarak tanımlanmaktadır (Balanlı ve Öztürk, 1993-4). Yapı ürünleri, üretim, bitirilmişlik düzeyi ve işlevlerine göre; gereç (malzeme), parça, bileşen, öge (eleman), birim (ünite) olarak sınıflandırılır (Taygun, 2005). Aşağıda yapı ürünlerine ait tanımlar yer almaktadır (Balanlı,1997; Önel, 1978; Özkan, 1976; Taygun, 2005):

- Yapı gereci (malzeme): “doğal ve yapay süreçler sonunda oluşan, tanımlanabilecek geometrik bir biçimi olmayan kütleli temel ürünler (taş, ahşap vb.) ile bunların karışım (beton, harç vb.), alaşım (bronz, pirinç vb.) ve bileşimleridir.”

Çizelge 3.4. Yapı Sektöründe Yaşam Döngüsünün Çeşitli Aşamalarında Rol Alan Aktörler (Gültekin, 2006'dan uyarlanmıştır.)

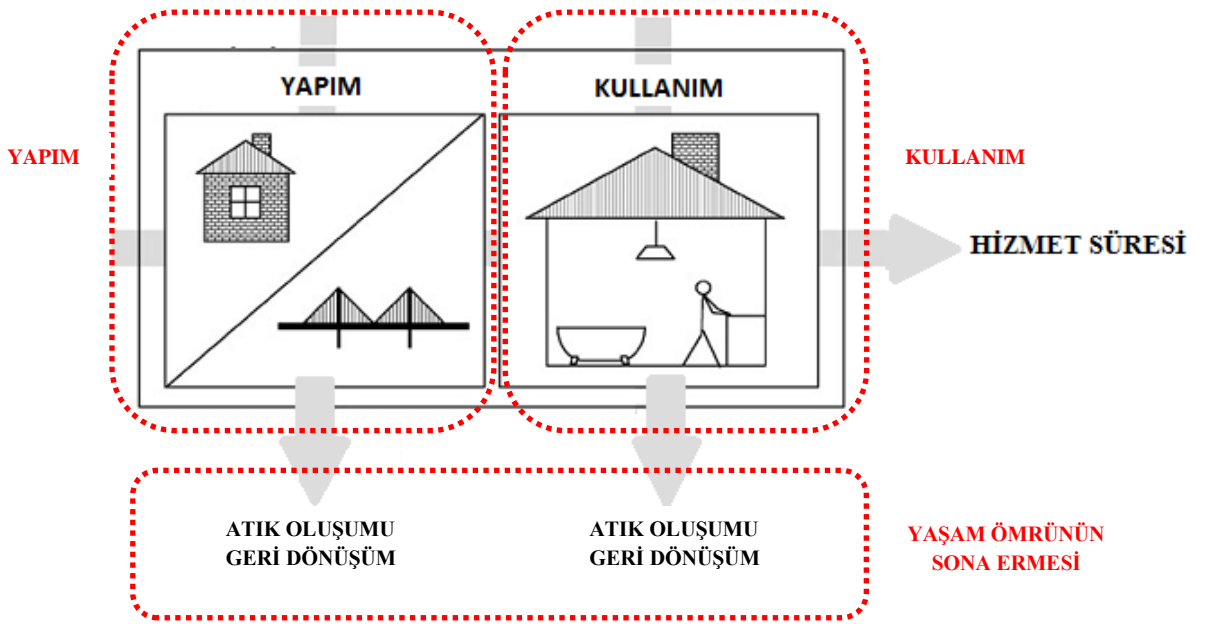
		YAŞAM DÖNGÜSÜ AŞAMALARI					
		Hammadde Çıkarımı	Üretim	Yapım	Kullanım	Yıkım	Yıkım Sonrası
YAPI SEKTÖRÜNDE ROL ALAN AKTÖRLER	Malzeme/Bileşen Üreticisi	X	X	X			
	Tedarikçi	X	X	X	X	X	X
	Yüklenici			X		X	X
	Mimar	X	X	X	X	X	X
	Mühendis	X	X	X	X	X	X
	İşçi	X	X	X	X	X	X
	Temizlik (Bakım) Personeli			X	X		
	Mülk sahibi			X	X		
	Kullanıcı				X		
	Yönetici	X	X	X	X	X	X
	Mali Destek Sağlayan Kuruluş	X	X	X	X	X	X
	Kamu Kurumu	X	X	X	X	X	X
	Yıkım Ekibi					X	X
	Geri dönüşüm Firması					X	X

- *Yapı parçası*: “gereçlerin özel bir işlev için biçimlendirilmesi sonucu oluşan, bir araya gelince bir bütünü oluşturan nesnelere (tuğla, kiremit, boru vb.) her biridir.”
- *Yapı bileşenleri*: “gereç ve parçaların birleştirilmesi ya da özel biçimlendirilmesi sonucu elde edilen, yapı bütününde belirli bir yeri ve işlevi olan özel ürünlerdir (pencere, lavabo, radyatör vb.).”
- *Yapı ögesi*: “yapının işlevlerinden bir ya da birkaçını fiziksel olarak karşılamak amacıyla gereç, parça ve bileşenlerin çeşitli yöntemlerle bir araya getirilmesinden oluşan bütündür (duvar, döşeme, merdiven vb.).”
- *Yapı birimi*: “öğelerin birleştirilmesi ile oluşan, tek başına bir kullanımı yerine getiren yapı bölümleridir (oda, derslik, mutfak vb.).”

Yapı üretiminde ana ürün “gereç” olup, doğada her amaca uygun gereç yer almamakta ve doğada bulunan gereçler, genellikle bulunduğu şekilde yapıda kullanılamamaktadır. Doğal gereçler yapıda kullanılabilmesi için birçok işlemden geçirilmekte ve amaca uygun “yapı ürünlerine” dönüştürülmektedir. Hammaddenin elde edilmesi ile başlayan ve ürünün kullanım ömrünün son bulması ve sonrasında atık hale dönüşmesi süreçlerini kapsayan, birbirlerini takip süreçler bütünü, ürünün yaşam döngüsünü oluşturmaktadır. Yapılar, yaşam döngüsü süreci boyunca doğrudan veya dolaylı olarak çevreyle etkileşim içerisinde olmaktadır. Bu süreçler sonucunda çevresel açıdan olumsuz etkiler ortaya çıkabilmekte ve bu çevresel etkiler doğayı ve doğal dengeyi bozarak, insan sağlığı açısından olumsuz etkilere yol açmaktadır (Balanlı ve Taygun, 2005).

YDD Yöntemi yapı sektöründe 1990 yılından bu yana kullanılmakta olup, yapı sektörünün bütün aşamalarına uygulanabilen bir yöntemdir (Erlandsson ve Borg, 2003; Ortiz ve diğ., 2009). Yapılan literatür araştırmasında, YDD yönteminin yapıda uygulanmasına ilişkin; yapının kendisinin ürün olarak kabul edilip çevresel etkinin bütün yaşam döngüsü aşamalarının dahil edilerek değerlendirilmesi; yapıyı oluşturan malzeme veya bileşenlerin çevresel etkisinin değerlendirilmesi ya da yapının yaşam döngüsü aşamalarından sadece bir bölümünün değerlendirilmesi vs. şeklinde birçok farklı çalışmaya rastlanılmıştır. Bir yapının YDD çalışmasına dahil edilecek aşamalar, yapılacak çalışmanın amaç ve kapsamına göre belirlenmektedir. Genellikle yapının yaşam döngüsünün, “yapım” ve “kullanım” olmak üzere temelde iki ana

başlık altında incelendiği ya da değerlendirmeye yapının kullanım ömrünü tamamlaması sonrası atık haline dönüşmesi ve atık yönetimi (geri dönüşüm, yeniden kullanım) konularının da dahil edildiği ve yaşam döngüsünün “yapım”, “kullanım” ve “yaşam ömrünün sona ermesi” olarak üç ana başlık altında incelendiği görülmüştür. (Şekil 3.10.) Yapıların çevresel etkilerinin bütünüyle ortaya konulabilmesi açısından hammaddenin çıkarılmasından başlayarak, bakım onarım faaliyetleri dahil, yapının yaşam ömrünün sona ermesine kadar yapının tüm yaşam döngüsü aşamalarının değerlendirilmesi gerektiği düşünülmektedir.



Şekil 3.10. Yapının Yaşam Döngüsü Ana Aşamaları (Erlandsson ve Borg, 2003'ten uyarlanmıştır.)

Bir yapının yaşam döngüsü hammaddenin çıkarılmasıyla başlar (Paulsen, 2001). Hammadde doğadan elde edilebileceği gibi geri dönüşümlü malzemenin geri kazanımı şeklinde de elde edilebilmektedir (Asdrubali ve diğ., 2013). Hammaddenin üreticiye ulaşmasıyla birlikte, üretici tarafından hammadde çeşitli yapı gereci (malzeme), yapı parçası ve yapı bileşenlerine dönüştürülmekte ve bir sonraki aşamada ise üretimi gerçekleştiren yapı ürünleri (malzeme, bileşen vs.) şantiye alanına nakledilerek yapım sürecine dahil edilmektedir. Bazı durumlarda ise hammadde doğrudan şantiye alanına ulaştırılarak yapım sürecine dahil olmaktadır (Paulsen, 2001). Yapım aşaması yapı ürünlerinin şantiye ortamında bir araya getirilerek “yapı” üretiminin gerçekleştirilmesidir.

Yapım aşaması yapı ürünlerinin yaşam ömrü boyunca kalacağı ve hizmet edeceği biçimde yapıya uygulanması, şantiye alanında yapılan kazı çalışmaları gibi uygulamaları kapsamaktadır. Yapının şantiyede imalatından sonraki aşama ise kullanım aşamasıdır. Kullanım aşaması, yapının kullanımına yönelik olmak üzere; ısıtma, soğutma, pişirme, sıcak su sağlama, aydınlatma, elektrikli aletlerin kullanımı vb. olmak üzere her türlü aktiviteyi kapsamaktadır. Bir sonraki aşama ise yapının yaşam ömrünün sonlanması aşamasıdır. Bu aşama, yapının yıkımı, yapı bileşenlerinin sökülmesi, atıkların katı atık sahalarına ulaştırılması ya da geri dönüşüm için ayıklama sahalarına (sorting plants) ulaştırılmalarını kapsamaktadır (Asdrubali ve diğ., 2013). Şekil 3.11.'de bir yapının yaşam döngüsü aşamaları yer almaktadır.

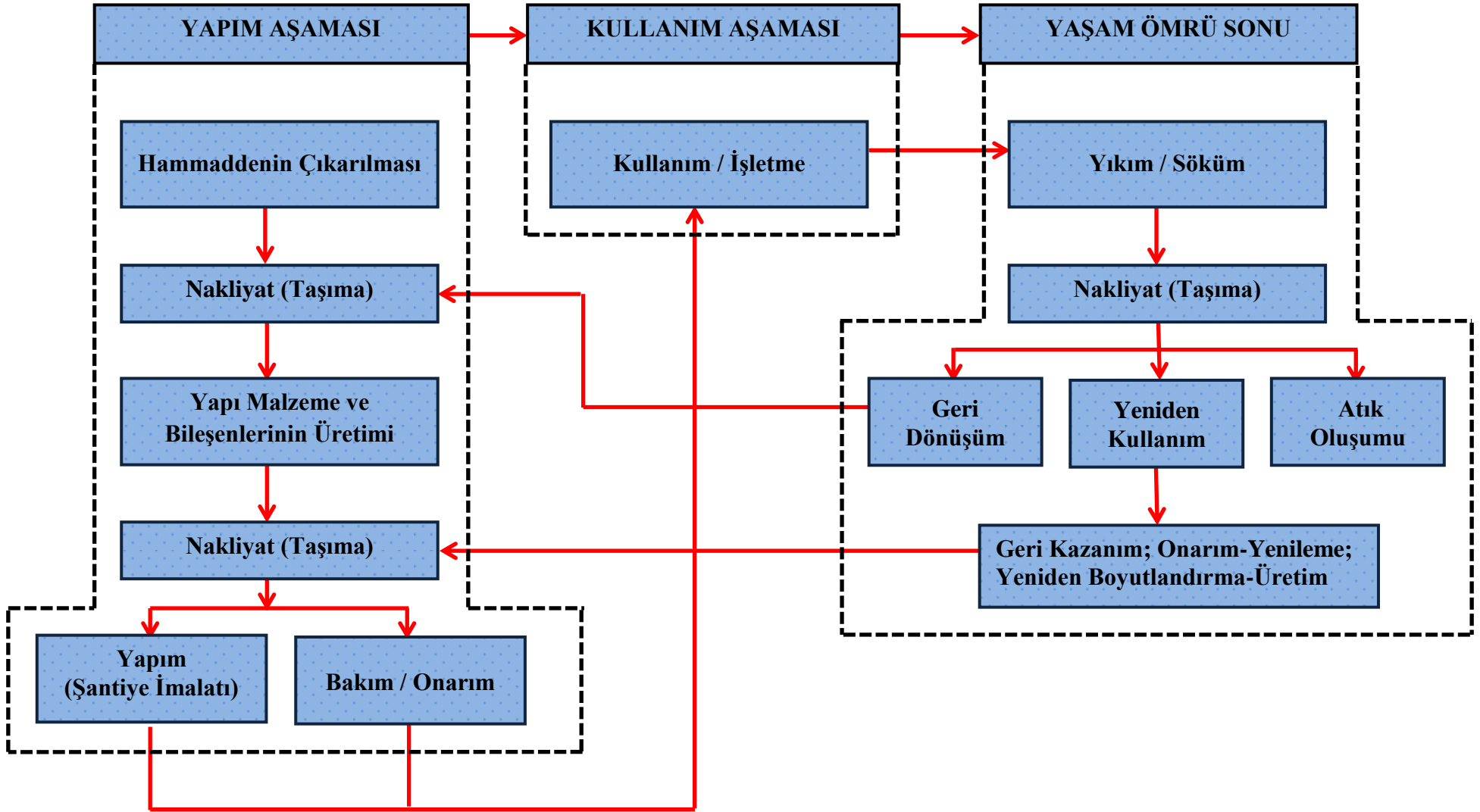
YDD Yönteminin yapı sektöründe, genellikle yöntem olarak iki farklı şekilde adlandırılmış ve uygulanmış olduğu görülmektedir. Bunlar (Ortiz ve diğ., 2009);

- Yapı Malzeme ve Bileşenlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YMBYDD) (Building Material and Component Combinations-BMCC),

- Yapı Ürününün Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YÜYDD) (Whole Process of Costruction- WPC) şeklindedir.

Oscar Ortiz ve arkadaşları tarafından 2000 ile 2007 yılları arasında yapılan 25 adet YDD çalışması incelenmiş olup, bu çalışmaların %60'ının "Yapı Malzeme ve Bileşenlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi"; %40'ının ise "Yapı Ürününün Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi" şeklinde gerçekleştirilmiş olduğu görülmüştür.

Yapı Malzeme ve Bileşenlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YMBYDD) (Building Material and Component Combinations-BMCC); Yapıyı oluşturan malzeme veya bileşenlerin çevresel etkisinin YDD kapsamında değerlendirilmesi genellikle iki farklı şekilde karşımıza çıkmaktadır. Bunlardan ilki yapı malzeme ve bileşenlerinin kullanım safhasındaki çevresel etkilerinin göz ardı edilerek yapılan çevresel etki değerlendirmesidir. Bu değerlendirmede, yapı malzeme ve bileşenlerin kullanım safhasındaki çevresel etkisi "sıfır" kabul edilir. İkincisi ise, karşılaştırmalı analizde, yapı malzeme ve bileşenlerin kullanım aşamasında çevresel etkilerinin aynı olduğu varsayımı üzerine yapılan değerlendirmedir. Ancak her iki değerlendirmede kullanım aşamasındaki etki, değerlendirme dışına itildiği için çevresel etki tam olarak ortaya konulamamaktadır (Paulsen, 2001).



Şekil 3.11. Yapının Yaşam Döngüsü Aşamaları (Mateus ve Bragança, 2012'den uyarlanmıştır.)

Yapı Ürününün Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YÜYDD) (Whole Process of Construction - WPC); Yapı ürününün yaşam döngüsü değerlendirme, yapının kendisinin ürün olarak kabul edilerek yapılan değerlendirme şeklidir (Khasreen ve diğ., 2009). Yapı ürününün YDD için yapılar üç ayrı şekilde sınıflandırılmakta olup bunlar (Cabeza ve diğ., 2014);

- Konut Yapıları
- Konut Dışı Yapılar
- Mühendislik yapıları şeklindedir.

Erlandsson ve Borg tarafından yapılan çalışmada, YDD Yönteminin yapıda kullanımına ilişkin iki temel yaklaşım tanımlanmış olup, bunlar (Erlandsson ve Borg, 2003);

- Aşağıdan yukarı yaklaşım (bottom up approach),
- Yukarıdan aşağıya yaklaşım (top down approach), şeklindedir.

Aşağıdan yukarı yaklaşımda yapıda malzeme seçimine odaklanılırken; yukarıdan aşağıya yaklaşımda yapı bir bütün olarak ele alınmaktadır. Aşağıdan yukarı yaklaşımda yapının kullanım aşaması çevresel etkisinin çalışmaya dahil edebilmesi için, yapının kullanım aşamasındaki çevresel etkilerinin yapı bileşeni ve yapı malzemesine indirgeyerek dağıtmak gerekmektedir (Erlandsson ve Borg, 2003).

YDD Yöntemi yapı sektöründe kullanımına ilişkin birçok çalışma yapılmış olup, bu çalışmalar oldukça parçalı ve dağınık bir şekilde bulunmaktadır. Bununla birlikte YDD'nin yapı sektöründe kullanımına yönelik diğer yaklaşımlar Yaşam Döngüsü Enerji Analizi (YDEA) (Life Cycle Energy Analysis-LCEA) ile yapıların Yaşam Döngüsü Maliyet Analizidir (YDMA) (Life Cycle Cost Analysis-LCCA) (Cabeza ve diğ., 2014). Yapılan literatür araştırmasında bahsedilen yaklaşımlara ek olarak, 2005 yılında Zhuguo Li tarafından, Bölge Tipi Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (Region-Type Life Cycle Impact Assessment-R-LCIA) şeklinde bir yaklaşım çalışmasına rastlanılmıştır. YDD'nin yapı sektöründe kullanımına ilişkin literatürde yer alan yaklaşımlar Şekil 3.12'de yer almaktadır.

Tez çalışması kapsamında, Yapı Malzeme ve Bileşenlerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YMBYDD) (Building Material and Component Combinations-BMCC) Yönteminin kullanımı tez konusu açısından uygun görülmüştür.



Şekil 3.12. YDD Yönteminin Yapı Sektöründe Kullanımına İlişkin Yaklaşımlar (Cabeza ve diğ., 2014 ve Li, 2006'dan uyarlanmıştır.)

3.3.2. Yapı Sektöründe Yaygın Kullanılan, Yaşam Döngüsü Değerlendirme (YDD) Yöntemine Dayalı Yazılım Araçları;

YDD'nin yapı sektöründe kullanımına yönelik birçok yazılım araçları geliştirilmiş olup, bu araçlardan yapılarda farklı çevresel etkileri eş zamanlı olarak değerlendirilmesi olanağı sağlayan ilk girişim (BREEAM) (Building Research Establishment Environmental Assessment) metodunun geliştirilmesidir. BREEAM İngiltere'de geliştirilen bir metot olup, ilk ticari sürümünün oluşturulması 1990 yılına rastlar. Daha sonraları YDD'nin yapı sektöründe kullanımına yönelik, çeşitli kuruluşlar ve araştırma gruplarınca evrensel, ulusal veya yerel ölçekte olmak üzere birçok yazılım araçları geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yazılım araçları; yapı malzeme veya bileşenlerinin yaşam döngüsünde ele aldığı aşamalar ile değerlendirmede dikkate alınan çevresel sorunlar açısından farklılık göstermektedir (Haapio ve

Viitaniemi, 2008). Çizelge 3.5’te yaygın olarak bilinen yazılım araçları ve geliştirildiği kuruluş ve ülkeler yer almaktadır.

Çizelge 3.5. YDD Yazılım Araçları ve Geliştirildiği Kuruluş ve Ülkeler (Haapio ve Viitaniemi, 2008’den uyarlanmıştır.)

YDD Yazılım Araçları	Geliştirildiği Kuruluş ve Ülkeler
ATHENA™ Experimental Impact Estimator	ATHENA Sustainable Material Institute, Kanada
BEAT 2002	Danish Building Research Institute (SBI), Danimarka
BeCost (LCA-house)	VTT, Finlandiya
BEES 4.0	U.S. National Institute of Standards and Technology, ABD
BREEAM	Building Research Establishment (BRE), İngiltere
Eco Effect	Royal Institute of Technology (KTH), İsveç
Eco Profile	Norwegian Building Research Institute (NBI); Norveç
Eco-Quantum	IVAM, Hollanda
Envest 2	Building Research Establishment (BRE), İngiltere
Environmental Status Model (Miljttstatus)	Association of the Environmental Status of Buildings, İsveç
EQUER	École de Mines de Paris, Centre d'Énergétique et Procédés, Fransa
ESCALE	CTSB and the University of Savoie, Fransa
LEED	U.S. Green Building Council, ABD
LEGEPK (Legoe)	University of Karlsruhe, Almanya
PAPOOSE	TRIBU, Fransa
TEAM	Ecobilan, Fransa
GaBi	University of Stuttgart, Almanya

YDD’nin yapı sektöründe kullanımına yönelik geliştirilen yazılım araçları Trusty and Horst’a göre üç başlık altında toplanmaktadır. Bunlar (Cabeza ve diğ., 2014; Ortiz ve diğ., 2009);

-Birinci Basamak Ürün Karşılaştırma Araçları; BEES (ABD), Gabi (Almanya), SimaPro (Hollanda), TEAM (Fransa), LCAiT (İsveç) bu gruba dahildir.

-İkinci Basamak Tüm Yapı Tasarım Kararı ve Karar Destek Araçları; ATHENA (Kanada), Ecoquantum (Hollanda), Envest 2 (İngiltere) ve LISA bu gruba dahildir.

-Üçüncü Basamak Tüm Yapı değerlendirme çerçeve ve sistemleri; Athena Impact Estimator; BRE çevresel değerlendirme metodu (İngiltere), LEED (ABD) puanlama sistemi ve SEDA (Avusturya) bu gruba dahildir.

Yukarıda bahsedilen sınıflandırma şekli, literatürde ATHENA sınıflandırması olarak yer almaktadır (Haapio ve Viitaniemi, 2008).

Yapı sektöründe kullanılan, BREEAM, LEED ve GBC gibi bazı araçlar puanlama sistemiyle çalışırken; BEES, ATHENA, LCAid, Green Guide for Housing Specification ve ECOPT-ECOPRO-ECOREAL gibi araçlar YDD Yöntemine dayalı çalışmaktadır. YDD Yöntemine dayalı yazılım araçları puanlama sistemi ile çalışan yazılım araçlarıyla karşılaştırıldığında, bazı eksiklikler olmakla birlikte tasarım aşaması ile yapı malzemelerinin çevresel etkisinin değerlendirilmesi açısından puanlama sistemiyle çalışan yazılım araçlarına göre daha kapsamlıdır (Zhang ve diğ., 2006).

YDD Yöntemine ilişkin, en çok bilinen, BEES, Athena, EcoQuantum ve Building Environmental Assessment Tool (BEAT) gibi yazılımlar “aşağıdan yukarı yaklaşım” şeklinde çalışmakta olup, yazılım yapı malzemesi kendisi ile başlayıp, projenin tasarımının önceden yapılmış olduğu varsayımı üzerinden çalışmaktadır. Invest 2 yazılımı ise “yukarıdan aşağı yaklaşım” ile çalışmaktadır. Invest 2 yazılımı yapıyı kütleli olarak ele alır, daha sonra malzeme seçimini inceler ve en son olarak da yapı detaylarını inceler (Cabeza ve diğ., 2014).

YDD Yönteminin Yapı Sektöründe kullanımına yönelik bazı veri tabanları geliştirilmiş olup; “CML”, “DEAM TM”, “Ecoinvent Data”, “GaBi 4 Professional”, “IQ-database for Denmark”, “Simapro”, “Boustead Model 5.0” veri tabanları örnek olarak verilebilir. Bahsi geçen veriler, endüstrileşmiş ülkelerin koşullarına göre oluşturulmuştur. Bu sebeple verilerin gelişmekte olan ülkelerde kullanımı gerçekçi sonuçlar ortaya koymak ve çevresel kararlar açısından yeterince uygun olmayabilir (Ortiz ve diğ., 2009).

YDD Yöntemine dayalı, yapı sektöründe kullanılan bazı yazılım araçları ve kullanıldığı aşamalar Çizelge 3.6.’da yer almaktadır. Çizelge 3.5’te bulunan, yaygın kullanılan yazılım araçlarının çalışma prensipleri bu tez çalışmasının konusu olmayıp, yazılımlardan ayrıca söz edilmemiştir. Bu bölümde, yaygın olarak kullanılan BREEAM ve LEED yazılımları ile tez çalışmasında kullanılacak olan GaBi yazılımı ile ilgili özet bilgi verilmesi yeterli görülmüştür.

Çizelge 3.6. Yapı Sektöründe Kullanılan Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemi Yazılım Araçları ve Kullanımları (Haapio ve Viitaniemi, 2008'den uyarlanmıştır.)

Sınıflandırma (ATHENA)	Yazılım Araçları	Mevcut Yapı	Yeni Yapı	Onarım, Yenileme	Yapı Malzemesi ve Bileşeni	Yapılar	Konut Yapıları- Apartman	Konut Yapıları- Tek Ev	Ofis Yapıları	Diğer Yapılar
1	BEES 4.0				X					
	TEAM™				X	X				
	GaBi				X					
2	ATHENA™	X	X	X			X	X	X	X
	BEAT 2002	X	X	X	X	X				
	BeCost				X	X				
	Eco-Quantum					X		X		
	Invest 2								X	
	EQUER		X				X	X	X	X
	LEGEP®	X	X		X					
	PAPOOSE				X	X	X	X	X	X
3	BREEAM	X	X	X			X	X	X	X
	Eco Effect	X	X	X	X		X		X	X
	Eco Profile	X					X	X	X	X
	Environmental Status Model	X					X	X	X	
	ESCALE		X				X	X	X	X
	LEED®	X	X	X			X	X	X	X

3.3.2.1.BREEAM

BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) İngiltere’de BRE (Building Research Establishment) tarafından geliştirilen ve 1990 yılında uygulanmaya başlanan, kriterlere dayalı değerlendirme sistemlerinin ilk örneğidir. BREEAM değerlendirme yöntemiyle; ofis yapıları, konutlar, apartmanlar, alışveriş merkezleri, eğitim yapıları, yurtlar, bakımevleri, endüstri yapıları, hastane vb. yeni yapıların değerlendirilmesi yapılabilmekte olup, mevcut yapıların da değerlendirilebilmesi için sürüm üzerinde de çalışmalar yapılmaktadır. Bahsi geçen yapı türlerinin dışındaki yapılar için, kurum tarafından BREEAM Bespoke (Sipariş) hazırlanarak, yapıya özgü değerlendirme kriterleri belirlenmekte, karma ve özel fonksiyonlu yapıların da BREAM yöntemiyle değerlendirilmesi sağlanmaktadır (Sev ve Canbay, 2009).

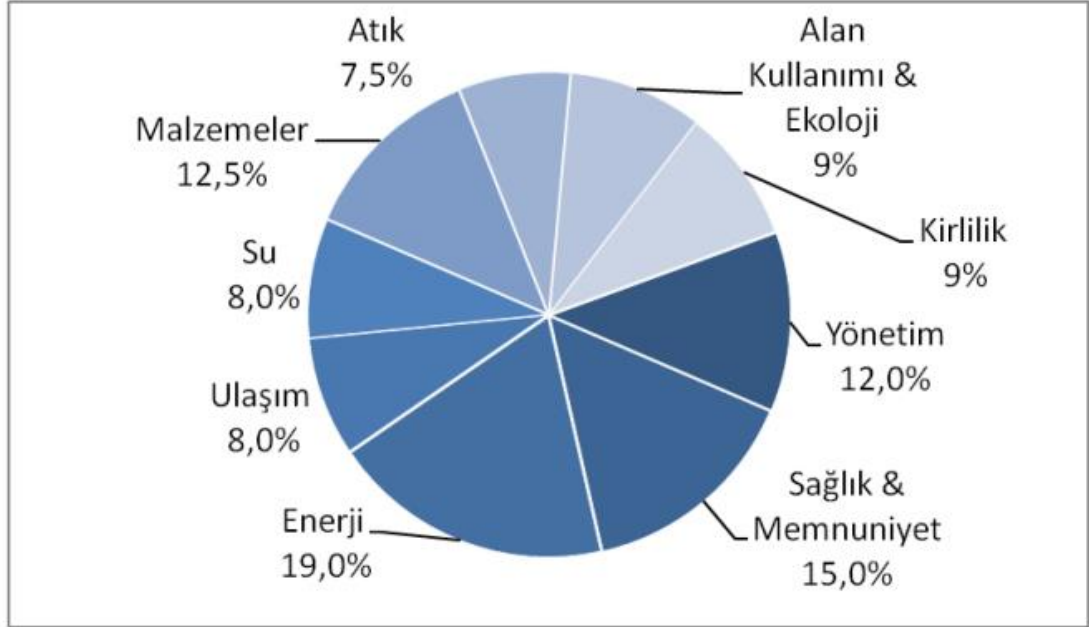
BREEAM yönteminde, çeşitli performans kategorilerinde tanımlanan kriterlere göre değerlendirme ve puanlama yapılır ve proje sağlanan her kriter için puan toplar. Kategoriler dokuz gruba ayrılmış olur bunlar (Sev ve Canbay, 2009);

- Yönetim (Management),
- Sağlık ve Memnuniyet (Health and Well-being),
- Enerji (Energy),
- Ulaşım (Transport),
- Su(Water),
- Malzeme (Material),
- Atıklar (Waste),
- Kirlilik (Pollution)
- Arazi Kullanımı ve Ekoloji (Land use and ecology) şeklindedir. Şekil

3.13’te performans kategorileri ve dağılım oranları yer almaktadır.

BREEAM yönteminde, bir yapının çevresel performansının belgelendirilebilmesi için gösterge puanlarının en az %30’unu toplaması gerekir. %30 gösterge puanının üzerinde olan yapılar sırasıyla; Geçer (Pass), İyi (Good), Çok İyi (Very good), Mükemmel (Excellent) ve Seçkin (Outstanding) olarak değerlendirilmektedir. İngiltere dışında çeşitli ülkelerde yapılacak değerlendirmeler için; BREEAM

International; BREEAM Europe ve BREEAM Gulf geliştirilmiştir. Türkiye BREEAM Europe içerisinde yer almaktadır (Sev ve Canbay, 2009).



Şekil 3.13. BREEAM Performans Kategorileri ve Dağılım Oranları (Sev ve Canbay, 2009)

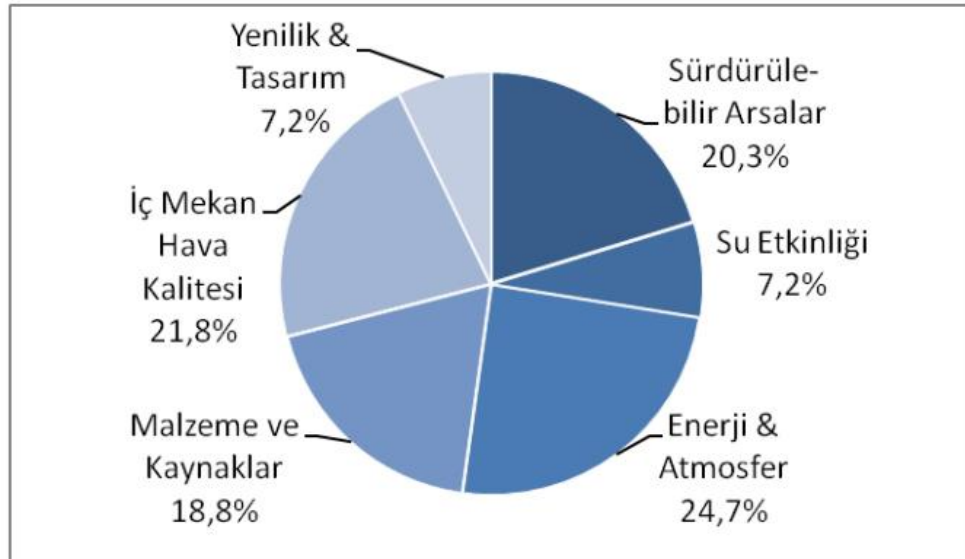
3.3.2.2.LEED

LEED (Leadership in Energy and Environment Design), çevresel performansın değerlendirilmesi amacıyla, The U. S. Green Building Council (USGBC) tarafından geliştirilen bir programdır. USGBC, çeşitli çevre grupları, yapı ürünü üreticileri, mimarlar, yükleniciler, mal sahipleri tarafından 1993 yılında oluşturulan gönüllü bir çalışma grubu olup, 1998 yılında 'LEED 1.0 pilot modeli geliştirmiş ve 2000 yılına kadar 12 adet yapı bu model ile sertifikalanmıştır. Zaman içerisinde 'LEED 2.0' modeli gibi farklı modeller de geliştirilmiştir. Geliştirilen bu modellerden bazıları; Yeni yapılar için 'LEED'; Var olan yapılar için 'LEED'; Konut yapıları için 'LEED'; Ticari yapılar için 'LEED', Çok amaçlı yapılar için 'LEED' olarak sıralanmaktadır (Taygun, 2005).

LEED yazılımında yapıların çevresel performansları her biri ayrı olarak geliştirilen kontrol listeleriyle değerlendirilmekte olup bunlar; Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar (LEED-NC), Mevcut Yapılar (LEED-EB), Konutlar (LEED-Homes), Okullar (LEED-S), Ticari İç Mekânlar (LEED-CI), Mahalle Kalkındırma Projeleri (LEED-ND)ve Alışveriş Merkezleri (LEED-Retail) olarak sıralanır. Ayrıca sağlık yapıları ve laboratuvarlarla ilgili de çalışma yapılmaktadır. Anılan her bir kontrol listesi altında, çeşitli performans kriterleri için krediler tanımlanmış olup, sistemde her bir performans kriterinin karşılığı bir kredi olarak belirlenmiştir. Örnek olarak Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar için LEED v2.2 (NC) sertifikasyon sisteminde 6 farklı Kategori yer almaktadır, bunlar (Sev ve Canbay, 2009);

- Sürdürülebilir Alanlar (Sustainable Sites),
- Su Etkinliği (Water efficiency),
- Enerji ve Atmosfer (Energy and Atmosphere),
- Malzemeler ve Kaynaklar (Materials and Resources),
- İç Mekân Çevre Kalitesi (Indoor air quality),
- Tasarım ve Yenilik (Innovation and Design) olarak sıralanmaktadır.

Şekil 3.14'te LEED (Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar) v 2.2 (NC) Performans Kategorileri ve Oransal Dağılımları yer almaktadır.



Şekil 3.14. LEED (Yeni Yapılar ve Büyük Onarımlar) v 2.2 (NC) Performans Kategorileri ve Oransal Dağılımları (Sev ve Canbay, 2009)

3.3.2.3.GaBi

GaBi, Stuttgart Üniversitesi tarafından ISO 14040 Standardına uygun olarak geliştirilen YDD Yöntemine dayalı bir yazılım aracı ve veri tabanıdır. GaBi 1992 yılında geliştirilmiş olup, PE International firması kanalı ile ticari dağıtım yapılmaktadır. Almanca, İngilizce ve Japonca olmak üzere üç dilde kullanım olanağı bulunan GaBi yazılımının veri tabanı oldukça zengindir ve güncel tutulmaktadır. GaBi yazılımı kullanıcılara ürünün yaşam döngüsü süreçleri (process) üzerinde modelleme, yönetme ve değerlendirme olanağı sunmaktadır (Cabeza ve diğ., 2014; URL-22). GaBi yazılımı kullanıcılarına (URL-22);

- Yaşam Döngüsü Mühendisliği,
- Ürün ve Süreç Optimizasyonu,
- Çevresel Tasarım,
- Çevresel Ürün Beyanları,
- Sürdürülebilirlik Değerlendirmesi (Çevresel / Ekonomik / Sosyal)
- Yaşam Döngüsü Maliyeti,
- Enerji ve Kaynak Verimliliği Analizleri,
- Malzeme Akış Analizi,
- Sera Gazı Salınım Hesabı,
- Sürdürülebilirlik Karşılaştırması, konularında çözümler sağlamaktadır. GaBi yazılımında ürünlerin kullanım aşaması çevresel etkileri değerlendirmesine tabi değildir (Cabeza ve diğ., 2014).

GaBi yazılımı ile çalışma yapmak için öncelikle bir proje tanımlanır ve aktif hale getirilir. Daha sonra ürün sistemi oluşturmak için plan oluşturularak, ürünün yaşam döngüsü içerisinde yer alan çeşitli birim süreçler (process) dolayısıyla işlemlere girdi ve çıktılar tanımlanır. Yazılım veri tabanında çeşitli ürünlerin yaşam döngüsü aşamalarına ilişkin birim işlemler ve akışların (flows) bilgisi bulunmaktadır. Yazılım kullanılarak sayısal sonuçlar elde edilebilmesi için, yaşam döngüsünü oluşturan işlemlerin birbirleri ile ilişkilendirilmesi gerekmektedir. YDD Çalışmasına ait sayısal sonuçlar, dengeler (balances) sekmesi kullanılarak yazılımın hesaplama yapması sağlanarak elde edilmektedir. GaBi yazılımı YDD Çalışmasının sonuçlarını etki sınıflarına göre grafikler şeklinde sunmakta, aynı zamanda birim süreçlerdeki akışları çizelgeler oluşturarak dökümünü gerçekleştirmektedir.

4. YAPISAL ÇELİĞİN YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRME (YDD) YÖNTEMİ KAPSAMINDA YENİDEN KULLANIM VE GERİ DÖNÜŞÜM OLANAKLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

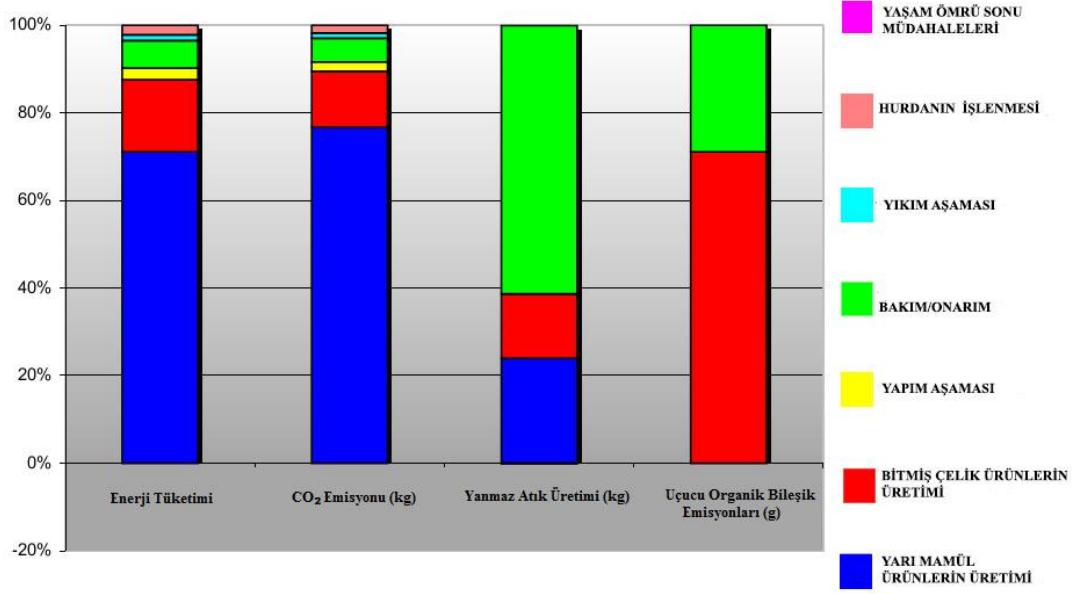
Çelik yapıların kullanımının yaygınlaşması ile birlikte, yapısal çeliğin yaşam döngüsü değerlendirme yöntemi kapsamında ele alınması, güncel bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bugüne kadar özellikle; Kanada, İngiltere, Hollanda, İsveç gibi birçok ülkeden araştırmacılar ve kuruluşlarca çalışmalar yapılmış ve yapısal çeliğin çevresel etkilerine yönelik çeşitli sonuçlar ortaya konulmuştur.

Bu çalışmalardan biri de ECSC (European Coal and Steel Commission) tarafından yapılan “Çelik Konstrüksiyonlar için YDD Değerlendirmesi” (LCA for Steel Construction) adlı projedir. Proje, Hollanda, İngiltere ve İsveç’te bulunan çelik üreticileri ile çelik yapı enstitüleri tarafından yürütülmüş olup, çalışmanın sonuç raporu 2002 yılında yayınlanmıştır. Projede yapısal çeliğin, yaşam döngüsü aşamaları (Durmisevic ve Noort, 2003);

- Çelik Plaka ve Bobin gibi Ara Ürünlerin (Yarı Mamul) Üretimi,
- Bitmiş Çelik Yapı Ürünlerinin Üretimi,
- Yapım Aşaması (Şantiye İmalatı),
- Kullanım Aşaması (Bakım/Onarım Dahil Edilmiştir),
- Yapının Yaşam Ömrünün Sonlanması şeklinde belirlenmiş ve

IISI’ya (International Iron and Steel Institute) ait yaşam döngüsü envanteri verileri kullanılarak, Hollanda, İngiltere ve İsveç’te bulunan çelik yapı ürünlerinin yaşam döngüsü aşamaları incelenmiştir. Çalışmada, her bir yaşam döngüsü aşaması için dört farklı etki sınıfı belirlenmiştir. Bu çevresel etki sınıfları; “Birincil Enerji Tüketimi”, “CO₂ Emisyonu”, “Yanmaz Atık Üretimi” ve “Uçucu Organik Bileşik Emisyonları” şeklindedir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler Şekil 4.1.’de yer almakta olup, yapılan çalışmada, çelik üretimi aşamasının çevresel etki açısından baskın olduğu görülmüştür. Şekil 4.1.’de de görüldüğü gibi, yapısal çeliğin yaşam döngüsünde enerji tüketiminin büyük bir bölümü yarı mamul çelik ürünler ile bitmiş çelik ürünlerin üretimi aşamalarında gerçekleşmektedir. Yarı mamul çelik ürünlerin üretimi sırasındaki birincil enerji tüketimi, %55 ile %89 arasında değişmekle birlikte,

yapısal çeliğin tüm yaşam döngüsü süreci içerisinde çevresel etkisinin ortalama % 75'ini oluşturmaktadır (Durmisevic ve Noort, 2003).



Şekil 4.1. Çelik Konstrüksiyonlar için Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi Çalışmasına Ait Çevresel Etki Oranları (Durmisevic ve Noort, 2003).

Malzeme ve bileşenlerin üretiminde hammaddenin çıkarılmasından, yapıya uygulamasına kadar enerji tüketimi gerçekleşmekte ve bu süreçte çeşitli çevresel etkiler ortaya çıkmaktadır (Emmer, 2009). Hammaddenin çıkarılmasından başlayarak, malzeme ve bileşen üretimi, taşıma (nakliyat) ve malzeme ve bileşenin yapıya uygulanması sırasında harcanan toplam enerji, "Gömülü Enerji" olarak tanımlanmaktadır (Vijayalaxmi, 2010). Literatür araştırması sırasında rastlanan çalışmalarda, ürünlerin gömülü enerjileri malzeme ve bileşenlerin çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde önemli bir gösterge olarak ele alınarak çevresel etkiler açısından karşılaştırma yapıldığı görülmüştür.

Gömülü Enerjide, birim alan (m^2) veya ağırlıktaki (kg/ton) yapı malzemesi veya bileşeni için tüketilen toplam yenilenemez enerji, MegaJoule (MJ) ya da GigaJoule (GJ) olarak ölçülmektedir. Yapılarda (URL-25):

- Birincil (İnitial) Gömülü Enerji,
- Yinelenen (Recurring) Gömülü Enerji, olmak üzere iki çeşit gömülü enerji bulunmaktadır.

Birincil (İnitial) Gömülü Enerji: Hammaddenin çıkarılmasından başlayarak, hammaddenin işlenmesi, malzeme ve bileşen üretimi, üretilen malzeme ve bileşenlerin şantiye alanına taşınması (nakliyat) ve yapım (şantiye imalatı) aşamalarında tüketilen toplam yenilenemeyen (non-renewable) enerji miktarıdır. “Doğrudan Enerji” (Direct energy) ve “Dolaylı Enerji” (Indirect energy) olmak üzere iki çeşit birincil gömülü enerji bulunmaktadır. “Doğrudan Enerji” yapı malzeme ve bileşenlerinin şantiye alanına ulaştırılması ve şantiyede yapıya uygulanması sırasında tüketilen toplam enerjidir. Dolaylı Enerji ise, hammaddenin çıkarılması, işlenmesi, yapı malzeme ve bileşeninin üretimi ile tüm bu işlemler sırasında yapılan taşıma (nakliyat) faaliyetleri sırasında tüketilen toplam enerji miktarıdır (URL-25).

Yinelenen (Recurring) Gömülü Enerji; Yapıların yaşam ömrü boyunca gerçekleştirilen bakım, onarım, yenileme gibi işlemler sırasında tüketilen yenilenemeyen enerji miktarıdır (URL-25).

Gömülü enerji yapı malzeme ve bileşenlerinin, standardize bir nicelik oluşturularak çevresel etkileri açısından karşılaştırma yapma olanağı sağlar (Emmer, 2009). Gömülü enerji, kaynak tüketimi, sera gazı salınımı, biyoçeşitliliğin azalması gibi birçok çevresel etkinin göstergesidir (URL-25). Herhangi bir yapı malzemesi veya bileşeninin atık olarak yok edilmesi, gömülü enerjinin de atılması anlamını taşır (Vijayalaxmi, 2010).

Yukarıda sözü geçen “Çelik Konstrüksiyonlar için YDD Değerlendirmesi” adlı çalışma ile literatür araştırması sırasında rastlanan çalışmalarda, yapısal çeliğin yaşam döngüsünde enerji tüketimi ve çevresel etki açısından çeliğin üretim aşamasının önemli bir rol oynadığı görülmüştür. Bu sebeple yapısal çeliğin geri kazanım olanakları önem kazanmaktadır. Çizelge 4.1.’de bazı yapı malzemelerinin gömülü enerji miktarları yer almaktadır.

Çizelge 4.2.’de ise bazı çelik ürünlerin geri dönüşüm, yeniden kullanım ve atık oluşumu oranları yer almakta olup, Çizelge 4.2.’ye göre yapısal çeliğin ortalama %83’ünün geri dönüştürüldüğü, %14’ünün yeniden kullanıldığı ve %3’ünün ise atık haline dönüştürüldüğü söylenebilir. Bu oranlar, yapısal çeliğin daha çok kapalı döngüye sahip olduğunu göstermektedir. Yapısal çeliğin çok ciddi bir oranının geri

dönüştürüldüğü ve yarı mamul ürünlerin ve bitmiş çelik ürünlerin üretimi aşamalarının yapısal çeliğin YDD sürecinde çevresel etkilerin en fazla olduğu göz önüne alındığında, geri dönüşüm olanaklarından çok yapısal çeliğin yeniden kullanım olanaklarının artırılması çevresel açıdan önem gösterdiğini söylemek mümkündür (Durmisevic ve Noort, 2003). Bu bölümde, yapı endüstrisinde atık yönetimi ve geri kazanım olanaklarından bahsedilmiş ve sonrasında yapısal çeliğin yaşam ömrünün son bulması aşamasında geri kazanım olanakları anlatılmıştır. Sonuç olarak da tez çalışması kapsamında, YDD Yöntemi kullanılarak; yapısal çeliğin yaşam döngüsü içerisinde yaşam ömrünün son bulması aşamasında geri dönüşüm ve yeniden kullanımı, yapı bileşeni ölçeğinde örnek bir çalışma ile, etki sınıflarına göre çevresel açıdan karşılaştırma yapılacaktır.

Çizelge 4.1. Bazı Yapı Malzemelerinin Gömülü Enerji Miktarları (Kibert, 2012'den uyarlanmıştır.)

Malzeme	Gömülü Enerji (MJ/kg)	Gömülü Enerji (MJ/m³)
Agrega	0.1	150
Beton (30Mpa)	1.3	3180
Kereste	2.5	1380
Tuğla	2.5	5170
Selüloz Yalıtım Malzemesi	3.3	112
Mineral Yün Yalıtım Malzemesi	14.6	139
Cam Yünü Yalıtım Malzemesi	30.3	970
Polistren Yalıtım Malzemesi	117	3770
Alçı Panel Levha	6.1	5890
Ahşap Yonga Levha	8	4400
Plywood Levha	10.4	5720
Alüminyum	227	515700
Geri Dönüştürülmüş Alüminyum	8.1	21870
Çelik	32	251200
Çeliğin Yeniden Kullanımı	2.9	23000
Geri Dönüştürülmüş Çelik	8.9	37210

Çizelge 4.2. Bazı Çelik Ürünlerin Geri Dönüşüm, Yeniden Kullanım ve Atık Oluşumu Oranları (Durmisevic ve Noort, 2003'ten uyarlanmıştır.)

Yapı Malzeme ve Bileşeni	Geri Dönüşüm Oranı %	Yeniden Kullanım Oranı %	Atık Oluşumu Oranı %
Çelik Putrel	88	11	1
Lento	88	10	2
Çelik Yol Kenarı Bariyerleri	65	34	1
Kapı Doğraması	90	9	1
Kompozit Zemin Kaplaması	81	15	4
Kompozit Sandviç Panel	53	37	10
Metal Çatı Kaplaması	81	15	4
Çelik Strüktürel Bileşenler	87	11	2
Hafif Çelik Strüktürel Bileşenler	87	11	2
Metal Çatı Konstrüksiyonu	87	11	2

4.1. Yapı Endüstrisinde Atık Yönetimi ve Geri Kazanım

Mevcut yapılar, yapı malzemesi ve bileşenlerinin elde edilmesi açısından önemli bir rezerv olma özelliği gösterirler. (Kohler ve Hassler, 2002) Malzemenin geri kazanımı ve bileşenlerin yeniden kullanımı, sanayi devriminden önce de bilinen bir uygulamadır (Talbot, 1920; Strausser 1999; Gorgolewski, 2008). Örneğin Eski Roma'da deprem, savaş gibi dış etkiler sebebiyle yıkılan yapıların kagir bileşenlerinin, yeni yapılarda kullanıldığı bilinmektedir. Ayrıca M.Ö. 25 yılında, Romalı Vitruvius tarafından eski yapı malzemelerinin kullanımına ilişkin tavsiye ve bilgilerin yer aldığı yazılı bir kaynak oluşturulduğu bilinirler arasındadır (Addis, 2006). Malzemenin geri kazanımı, ekonomi, teknolojik olanaklar vs. gibi etmenlerden büyük ölçüde etkilenmekle birlikte, metallerin geri dönüşümü ve yeniden kullanımı, metal malzemenin kullanımından buyana var olmuştur (Gorgolewski, 2008; Strausser 1999). Romalıların, M.Ö. 100 ile M.S. 500 yılları arasında yapılarında milyonlarca ton dövme demir kullanmış olduğu ve kullanılan bu demirlerin neredeyse tamamının yeni yapılar ile makine ve silah yapımında kullanılmak üzere yeniden kullanımının sağlandığı ya da geri dönüştürüldüğü bilinmektedir (Addis, 2006).

Başka bir örnek olarak ise birçok ortaçağ katedralinin, eski kilise yapılarının temelleri üzerine inşa edildiği ve eski yapı kalıntılarının bileşenlerinin yeni yapıda kullanıldığı bilinmektedir. 19. yüzyıl sonlarından itibaren çelik malzemeler, maliyetin azaltılması amacıyla birçok demir ve çelik hurdaların geri dönüşümü sağlanarak üretilmeye başlanmıştır (Addis, 2006). 19. yüzyılda Londra, New York, Honkong gibi endüstriyel şehirlerde toplanan çelik tencere, tava gibi ürünlerin geri dönüştürüldüğü bilinmektedir (URL-23). 20. yüzyılda ise bu anlayış çelik kullanıcıları tarafından çok fazla benimsenmemiş ve geri dönüşümlü malzeme kullanılarak üretilen çelikte kalite açısından herhangi bir bozulma olmamasına rağmen, ikinci el malzeme satın almaya pek sıcak bakılmamıştır. Bu tarihte genellikle alüminyum üreticileri tarafından geri dönüşümde yüksek oranlar yakalanmıştır. Son 50 yılda ise mimari hurda firmalarında büyük bir oranda artış görülmektedir (Addis, 2006).

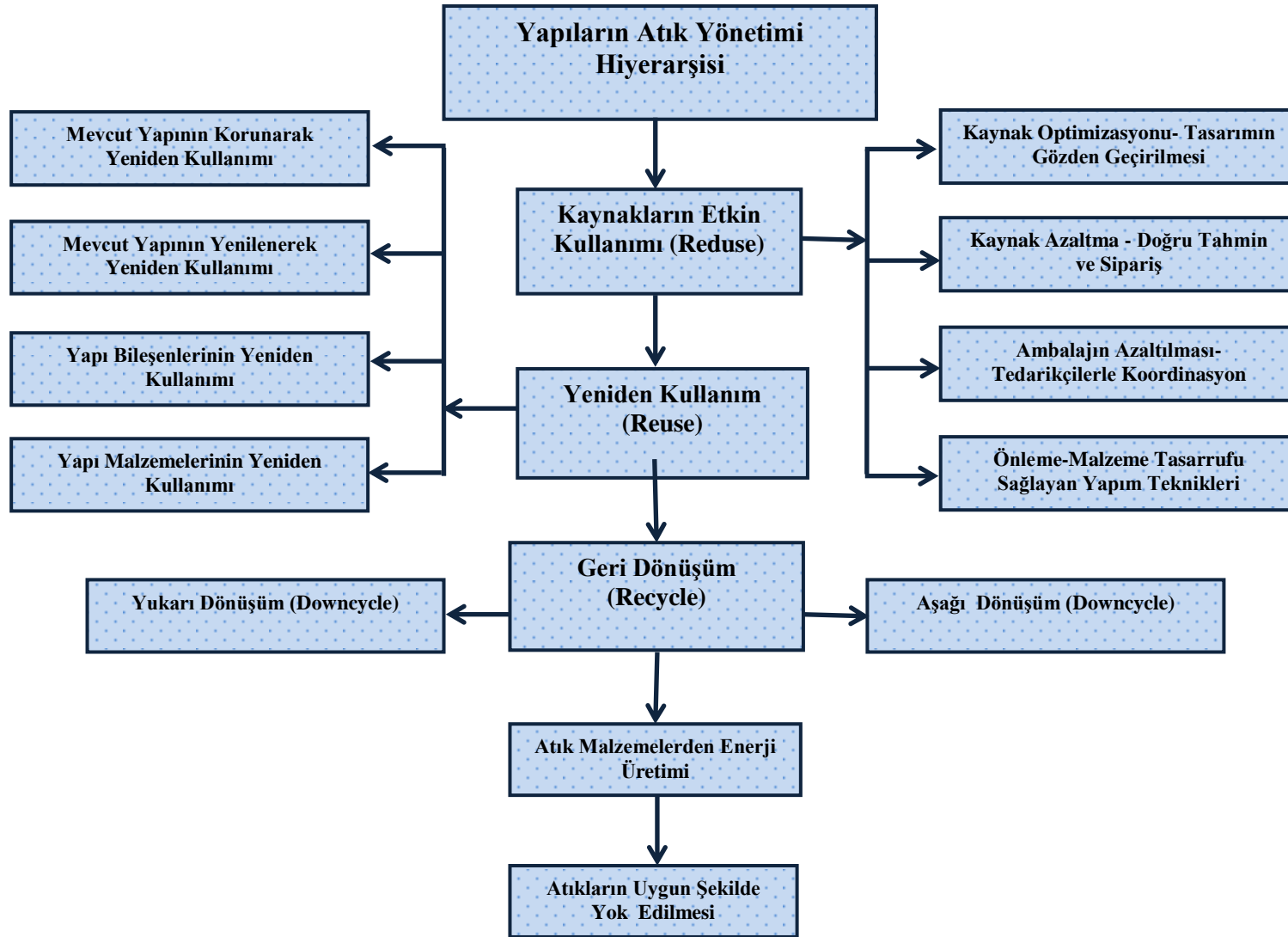
Günümüzde, nüfus yoğunluğundaki hızlı artış ile birlikte, kısa sürede çok sayıda yapı yapma ihtiyacının ortaya çıkması gibi nedenlerle geleneksel tasarım ve yapım yöntemlerinden büyük ölçüde uzaklaşmıştır. Yapıların artan çevresel etkileri ile birlikte, yapma çevrenin doğal çevre ile bütünleştirilerek ekolojik sistem üzerindeki etkinin azaltılması; enerji, malzeme, su kaynakları ile diğer biyolojik kaynakların etkin kullanımı; yaşam döngüsü tasarımı; atıkların geri kazanımı gibi konular ön plana çıkarak, “güneş mimarlığı”, “yeşil mimarlık”, “enerji etkin tasarım”, “sürdürülebilir mimarlık”, “ekolojik” ya da “eko-tasarım” gibi yaklaşım ve kavramlar yapı sektöründe yerlerini almıştır (Sev, 2009; Yeang, 2008).

Yapı sektöründe çevresel etkilerinin azaltılması, yapımda maliyetin düşürülmesi ve bu iki unsurda sürekliliğin sağlanması açısından geri kazanım olanaklarının arttırılarak, atık miktarının azaltılması önem kazanmıştır (Addis, 2006). Atık ile başa çıkmanın en iyi yolu, atık üretmemektir. Bu sebeple tasarımcı tasarladığı “yapı ürününün” kullanım ömrünü tamamladıktan sonraki durumunu, henüz tasarım aşamasındayken düşünmek zorundadır. Kullanılan malzeme ve bileşenleri yaşam ömrü sonunda problem olarak görmek yerine fırsat olarak değerlendirip; mümkün olduğunca kendi döngüsü içerisinde kalmasını sağlayarak, doğal denge içerisinde var olan kapalı döngüyü, yapma çevre için de sağlamamız gerekmektedir. Yakın gelecekte bunun tamamen sağlanması mümkün görülmemekle beraber, yapı

endüstrisinde tasarımda ve yapımda geri dönüşümü ve yeniden kullanımı mümkün kılacak yaklaşımlar sergilendiği takdirde, doğal dengeye büyük ölçüde katkı sağlamak mümkündür (Addis, 2006; Boonstra ve diğ., 2000;Yeang, 2008).

Geri kazanım olanakları değerlendirilirken yapısal atık endüstrisi de dikkate alınmalıdır. Yapısal atık endüstrisindeki olanak ve gelişmeler tasarımcılara yol gösterir niteliktedir. Örneğin konuyla ilgili olarak, bir İngiliz yapısal atık firması olan “Salvo”; yeniden kullanım ve geri dönüşüm hiyerarşisine dayanan, “geri dönüşüm protokolü” (recycling protocol) adıyla bir protokol geliştirmiştir. Bu protokolde, yapı sektöründe geri kazanım olanakları, öncelikli tercihe göre sıralanmıştır (Addis, 2006).

Atık Yönetiminde kaynak kullanımı üstünlüğü genel olarak kabul gören bir strateji olup, yapısal atıkların çevresel yönetimine ilişkin uygulamaların öncelikli tercihi “Atık Yönetimi Hiyerarşisi” (Waste Management Hierarchy) olarak adlandırılmaktadır (Gorgolewski ve diğ, 2006). (Şekil 4.2.) Atık Yönetimi Hiyerarşisine (AYH) göre, kullanılan kaynak miktarının azaltılarak oluşacak atık ve kirliliğin azaltılması en önemli unsurdur. Eğer kullanılan kaynak miktarının azaltılması mümkün değilse, yapıların yeniden kullanımı (reuse) ve yenilenmesi (refurnishment) tercih edilen bir yaklaşımdır. Yapının bütünüyle yeniden kullanımının mümkün olmadığı durumlarda ise yapı bileşenlerinin yeniden kullanım olanağı önem kazanmaktadır. Yapı bileşenin yeniden kullanım olanağı bulunmadığı durumlarda ise en son olarak geri dönüşüm tercih edilmelidir. Geri dönüşüm; yıkım, malzeme ayıklama, nakliyat, depolama ve malzemenin işlenmesi aşamalarından oluşmakta ve her bir aşamada ek çevresel etkiler ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple geri dönüşüm atık yönetiminde en son tercih edilmesi gereken geri kazanım yöntemidir (Gorgolewski ve diğ, 2006). Yapılan literatür araştırmasında; geri kazanım olanaklarının, çevresel açıdan öncelikli tercihi konusunda çeşitli çalışmalar yapılmış olduğu görülmüştür. Anink ve arkadaşları (1996); Woolley ve arkadaşları (1997); Woolley ve Kimmis (2000) olmak üzere çeşitli araştırmacılarla çalışılan konu, “Çevresel Tercih Metodu” (Environmental Preference Method) olarak literatürde yer almaktadır (Addis, 2006).



Şekil 4.2. Yapıların Atık Yönetim Hiyerarşisi (Gorgolewski ve diğ, 2006 ve Kibert ve Chini, 2000'den uyarlanmıştır.)

Atık yönetimi ile ilgili bir diğer kayda değer gelişme ise Hollanda Hükümeti tarafından ilk olarak 1980 yılında “Ladder of Landsick” adıyla, daha sonra ise genişletilerek “Delft Ladder” (Delft Merdiveni) adıyla yayınlanan atık yönetimine ilişkin bir düzenlemedir. Yine bu düzenlemede de atık yönetiminde uygulanması gerekenler öncelik sırasına göre yer almaktadır (Boonstra ve diğ., 2000). Delft Ladder’a göre tasarım kararları alınırken, yaşam döngüsünün her aşaması için sırası ile aşağıda yer alan basamaklar dikkate alınmalıdır. Bu basamaklar (Addis, 2006);

- Önleme (Prevention); Tasarım aşamasında atık oluşumunun azaltılmasına yönelik önlemler almak,
- Onarım /Yenileme (Object Renovation); Yapı bileşenlerinin bakımının yapılarak yaşam ömrünün uzatılmasına yönelik önlemler almak ve böylece atık oluşumunu azaltmak,
- Bileşenlerin Yeniden Kullanımı (Element Reuse); Yapı elemanlarının yeniden kullanımının sağlanması,
- Parçaların Yeniden Kullanımı (Material Reuse); Örneğin bir tuğlanın yeniden kullanımının sağlanması,
- Yararlı Uygulamalar (Useful Application); Malzeme veya bileşenin farklı bir şekilde kullanım olanaklarının araştırılması, örneğin tuğla parçalarının blokaj yapımında kullanılması, şeklinde sıralanmaktadır.

Atık yönetimine ilişkin gelişmeler ve uygulamalar bu tez çalışmasının konusu olmayıp, literatür araştırması sırasında rastlanan bu çalışmalardan bahsetmek yeterli görülmüştür. Tez çalışması kapsamında, AYH’de kullanılan kaynakların etkin kullanımı (reduce), yeniden kullanım (reuse) ve geri dönüşüm (recycle) “Yapısal Çeliğin Yaşam Döngüsü İçerisinde Atık Yönetimi ve Geri Kazanım” başlığı altında ayrıca ele alınmıştır.

Yapılarda geri kazanıma yönelik önlemlerin alınması (Boonstra ve diğ., 2000);

- Tasarım Aşaması,
- Yıkım Aşaması olmak üzere iki aşamada mümkün olmaktadır.

Tasarım Aşaması: Yapı malzemesi veya bileşeninin mümkün olduğunca kendi döngüsü içerisinde kalmasının sağlanması için, tasarım aşamasında sökülebilir bir yapı sistemi seçilmesi ve tasarımın, sökülme sonrası yapı bileşenlerinin yeniden

kullanımına olanak sağlayacak (reuse) şekilde kurgulanması gerekmektedir (Boonstra ve diğ., 2000). Yapı malzeme ve bileşenlerinin sökülerek yeniden kullanımının sağlanmasına yönelik tasarım anlayışı literatürde “Design for Dismantling” (DfD) veya “Design for Deconstruction” (DFD) olmak üzere iki farklı şekilde rastlanmıştır olup, tez kapsamında “Dekonstrüksiyona Yönelik Tasarım” şeklinde bir başlık altında ele alınmıştır.

Bir diğer tasarım yaklaşımı ise geri dönüşüme yönelik tasarım (Design for Recycling-DfR) anlayışıdır. Bu tasarım anlayışında yapıların tasarım aşamasında, yıkım sonrası oluşacak atıklar ile ilgili geri dönüşümün sağlanabilmesine yönelik çeşitli kararlar alınmaktadır (Boonstra ve diğ., 2000). Örneğin kompozit malzemelerin kullanımı geri dönüşümü zorlaştırmaktadır Yapıda kullanılacak malzemelerin geri dönüşümlü malzemelerden seçilmesi önem göstermektedir (Boonstra ve diğ., 2000).

Yıkım Aşaması: Yapıların yıkım yöntemleri, yapının bulunduğu konuma, taşıyıcı sistem çeşidine, ayrıştırma ve depolama işlevleri için saha olanaklarına, yıkım sırasında alınması gereken güvenlik önlemlerine ve maddi olanaklar gibi etmenlere göre belirlenmektedir (Addis, 2006). Ancak geri kazanımın sağlanabilmesi için yapıların yıkımı gerçekleştirilirken, yapıyı küçük parçalara ayıran iş makineleri ile yıkım ya da patlayıcı kullanılarak yıkım (Şekil 4.3.) gibi klasik yöntemler yerine; yapı eleman ve bileşenlerine zarar vermeyen, mekanik kesme (mechanical cutting), aşındırma (grinding), termal kesim (thermal cutting), basınçlı su ile kesim (water jet cutting) lazer kesimi, (laser cutting) gibi yöntemlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Şekil 4.4.’te yapı eleman ve bileşenlerine zarar vermeden gerçekleştirilen bir söküm çalışması yer almaktadır. Bu güne kadar üretilen yapıların büyük çoğunluğu söküme uygun tasarlanmamış ve üretilmemiştir. Bu nedenle, günümüzde yaşam ömrünü tamamlayan yapılarda en çok uygulanan yöntem, yıkım sonrası geri dönüşümün sağlanmasına yönelik çalışmalardır. Dekonstrüksiyona uygun üretilmeyen yapılarda yıkım sahasında geri dönüşümün sağlanmasına yönelik her türlü önlemin alınarak, uygulaması gerekmektedir (Boonstra ve diğ., 2000). Yapısal çeliğin kullanımının ve dekonstrüksiyona yönelik tasarım anlayışının yaygınlaşması ile birlikte, günümüzde bu anlayış ile üretilen yapıların gelecekte yaşam ömrünün sonlanması sonucu, yeniden kullanım olanaklarının yaygınlaşacağı düşünülmektedir.



Şekil 4.3. Patlayıcı Kullanılarak Yıkım Çalışmasının Yapılması ve Geri Kazanım (Blengini, 2009)



Çatı Strüktürü

Bulonların Kesimi



Çatı Strüktürünün Sökümü

Kirişlerin Sökümü Sonrası

Şekil 4.4. Yapı Elaman ve Bileşenlerine Zarar Vermeden Gerçekleştirilen Söküm Çalışması (Fujita ve Iwata, 2008)

4.1.1. Dekonstrüksiyonun Tanımı ve Dekonstrüksiyona Yönelik Tasarım

Dekonstrüksiyon (deconstruction)/Söküm (Disassembly) yapı malzeme ve bileşenlerinin kapalı yaşam döngüsü oluşturulması ve sürdürülebilirlik açısından önemli rol oynar (Pulaski ve diğ., 2003). Dekonstrüksiyon, yapıların yaşam ömrü sonunda, yapıyı oluşturan bileşen ve malzemelerin yeniden kullanım amacıyla sökümü yapılması (dismantling) işlemidir. Söküm işleminde, maksimum sayıda bileşenin en yüksek kalitede elde edilmesi amaçlanmaktadır (Emmer, 2009).

EPA'nın 1996 yılı verilerine göre, yapım (construction), onarım (renovation), yıkım (demolition) sırasında ortaya çıkan atık miktarı, İngiltere'de oluşan yıllık atık miktarının yaklaşık %25-%30'unu oluşturmaktadır. Yine aynı verilere göre yapı sektöründe oluşan bu atık miktarının %92'sinin onarım (renovation) ve yıkım (demolition) sırasında; sadece %8'i ise yeni yapılarda ortaya çıkmaktadır (Fishbourne 1998). Bu oranlar da dikkate alındığında dekonstrüksiyona yönelik tasarım anlayışı, kaynak tüketimini ve açığa çıkan atık miktarını azaltarak, çevresel ve ekonomik açıdan önemli katkı sağlar (Pulaski ve diğ., 2003). Durmusevic'e (2003) göre bir yapının dekonstrüksiyona yönelik tasarlanması, yapının yaşam döngüsü aşamalarının tamamını etkilemektedir. Ancak dekonstrüksiyon günümüzde yeterince anlaşılammış ve modern yapım tekniklerinin sabit birleşim detayları nedeniyle de yeterince yaygın olarak uygulanma olanağı bulmamıştır. Bu nedenle yapıların dekonstrüksiyona yönelik tasarlanması malzeme ve bileşenlerin yeniden kullanımın sağlanması açısından önem gösterir (Çakıcı, F., 2005).

Yapıların tasarım aşamasında, dekonstrüksiyonun sağlanabilmesi için çeşitli kriterleri sağlaması gerekmektedir. Dekonstrüksiyona Yönelik Tasarım Kriterleri (Pulaski ve diğ., 2003);

- Dekonstrüksiyona yönelik tasarım anlayışı ile modüler yapı tasarımı arasında önemli bir benzerlik bulunmaktadır. Modüler bir şekilde tasarlanmış, prefabrike bileşenlerin kullanıldığı bir yapı kolay inşa edilmekle kalmaz aynı zamanda sökümü de kolay yapılabilir. Proje, ön yapımlı bileşenlerin kullanıldığı, modüler bir şekilde, uygulama kolaylığı düşünülerek tasarlanmalıdır.








































































- Projedeki strüktürel bağlantı detayları ile yapı elemanlarının bağlantıları ve birleşim detayları basit ve standart olmalıdır.
- Mekanik, elektrik vb. tesisatlar yapının dekonstrüksiyonu sırasında döşeme ve duvarlar vs. ile birleşimlerindeki karmaşıklık sorun çıkaracağından, bu detaylar basit bir şekilde çözülmelidir.
- İşçi sağlığı ve güvenliği göz önüne alınmalıdır.
- Söküm çalışmalarının hızlı ve güvenli bir şekilde yapılması, sökülen bileşen ve malzemelerin şantiye alanından hızlı bir şekilde uzaklaştırılabilmesi ve sağlığa zararlı maddelerin ayrıştırılmasının sağlanması,
- Projede kullanılan yapı bileşen ve malzemeleri minimum çeşitlilik ve miktarda tutulmalıdır.
- Projedeki armatürler, yapıştırıcılar, sızdırmazlık ve yalıtım ürünleri gibi ürünlerin kolay sökülebilen, geri dönüşümü veya yeniden kullanımı yapılacak malzemelerden ve kolay temizlenebilir ürünlerden seçilmesine özen gösterilmelidir.
- Dekonstrüksiyon sırasında sökümü yapılan ürünlerin depolama alanları ve saklanması ile ilgili kriterlerin tasarım aşamasında ele alınması gerekmektedir.
- Yapı karmaşıklığının azaltılarak, tasarımda esneklik ve uyum göz önüne alınmalıdır.
- Tasarımda yeniden kullanım olanağı bulunan malzeme ve bileşenler kullanılmalı şeklinde sıralanmaktadır.

Bazı tasarım kararlarının erken alınması tasarımı sınırlandırabileceği gibi, geç alınması tasarımın yeniden ele alınarak projenin revize edilmesi gerekliliğini doğurabilir. Bu nedenle doğru kararların doğru zamanda alınması önem gösterir. Şekil 4.2.'de Dekonstrüksiyona Yönelik Tasarım Kriterlerinin yapı tasarımının hangi aşamalarında alınması gerektiğine ilişkin bilgiler yer almaktadır (Pulaski ve diğ., 2003).

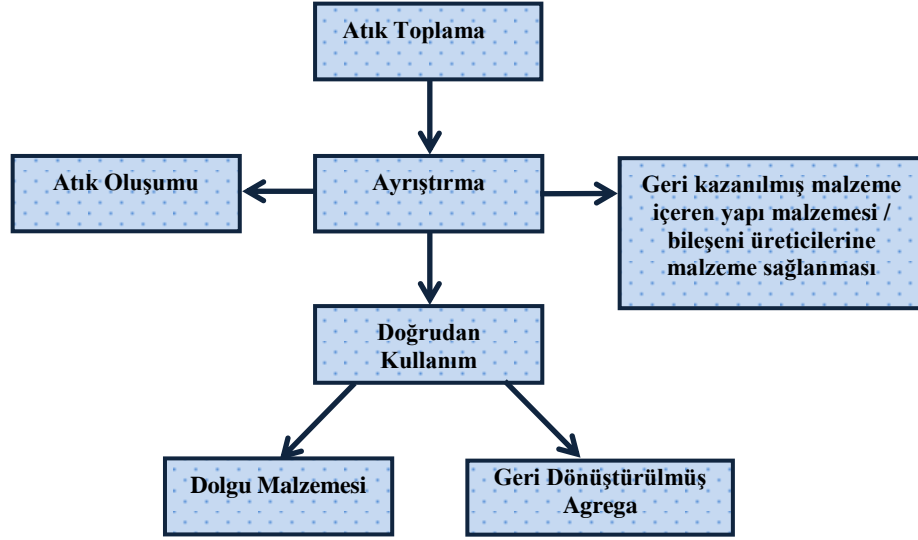
Dekonstrüksiyon (Emmer, 2009);

- Strüktürel Olmayan Dekonstrüksiyon (non-structural ya da soft-stripping)
- Strüktürel Dekonstrüksiyon (structural) olarak iki sınıfa ayrılmaktadır.

Çizelge 4.3. Dekonstrüksiyona Yönelik Tasarım Kriterleri ve Tasarım Aşamaları (Pulaski ve diğ., 2000'den uyarlanmıştır.)

DEKONSTRÜKSİYONA YÖNELİK TASARIM KRİTERLERİ  Yüksek Oranda İlişkili  Orta Oranda İlişkili	Program Geliştirme	Şematik Tasarım	Tasarımın %35 Geliştirilmesi	Tasarımın % 70 Geliştirilmesi	Tasarımın % 100 Geliştirilmesi	Uygulama Verileri	Uygulama / Yapım
	Modüler Tasarım						
Basit ve Standardize Yapı Bileşeni Bağlantı Detayları							
Basit ve Standardize Strüktürel Bağlantı Detayları							
İşçi Sağlığı ve Güvenliği							
Yapı Bileşen ve Malzemelerinin En Az Çeşitlilik ve Miktarda Tutulması							
Armatürler, Yapıştırıcılar, Yalıtım Ürünleri vb. Kolay Sökülebilir ve Temizlenebilir Ürünlerden Seçilmesi							
Depolama Alanları ve Saklanması ile İlgili Kriterlerin dikkate alınması							
Yapı Karmaşıklığının Azaltılması							
Yeniden Kullanım Olanğı Bulunan Malzeme ve Bileşenlerin Kullanımı							
Tasarımda Esneklik ve Uyum							

Strüktürel Olmayan Dekonstrüksiyon kapılar, pencereler, zemin kaplamaları, aydınlatma armatürleri, borular, elektrik bağlantıları vs. gibi taşıyıcı niteliği olmayan bileşenlerin sökülmesinin yapılmasıdır. Yeniden kullanıma yönelik en değerli malzeme ve bileşenler bu aşamada elde edilmektedir. Strüktürel Dekonstrüksiyon ise yapının kolon, kiriş gibi strüktürel bileşenlerinin söküm işlemi olarak tanımlanmaktadır (Addis, 2006; Emmer, 2009).



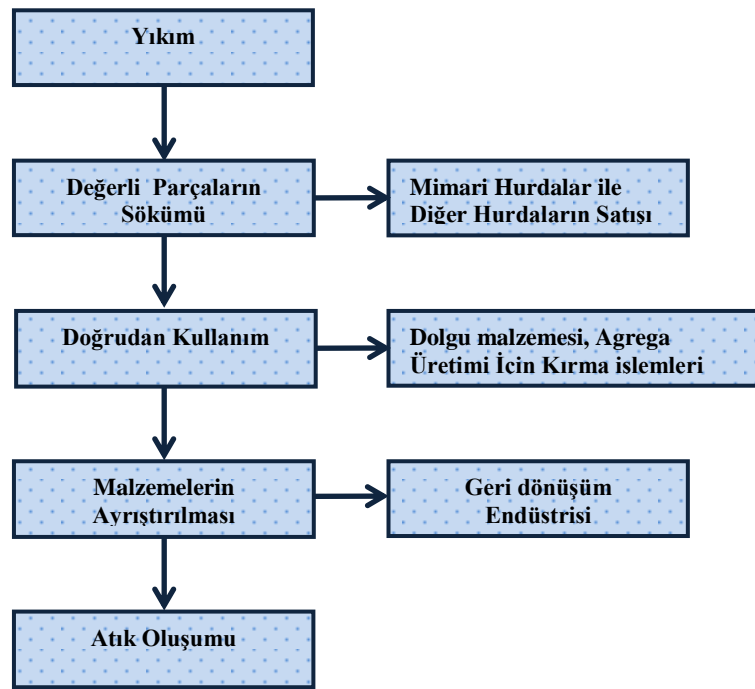
Şekil 4.5. Atık Toplayıcısı Tarafından Yapılan İşlemler (Addis, 2006'dan uyarlanmıştır.)

Dekonstrüksiyon yapım aşamasının tersi bir işlem olup, yapının inşası sırasında yapıya en son monte edilen bileşen, dekonstrüksiyonda ilk olarak sökülmesi yapılmaktadır (Pun ve diğ., 2006). Yapılarda söküm işlemleri sırası ile (Addis, 2006; Çakıcı, F., 2005);

- Dolapların Sökümü,
- Armatürlerin Sökümü,
- Pencere Doğramalarının Sökümü,
- Kapı Doğramalarının Sökümü,
- Zemin Kaplamasının Sökümü,
- Çatı Strüktürünün Sökümü,
- Duvarların Sökümü,
- Döşemeler, Kolon, Kiriş gibi Taşıyıcı Bileşenlerin Sökümü,
- Temeller, şeklinde gerçekleştirilmektedir.

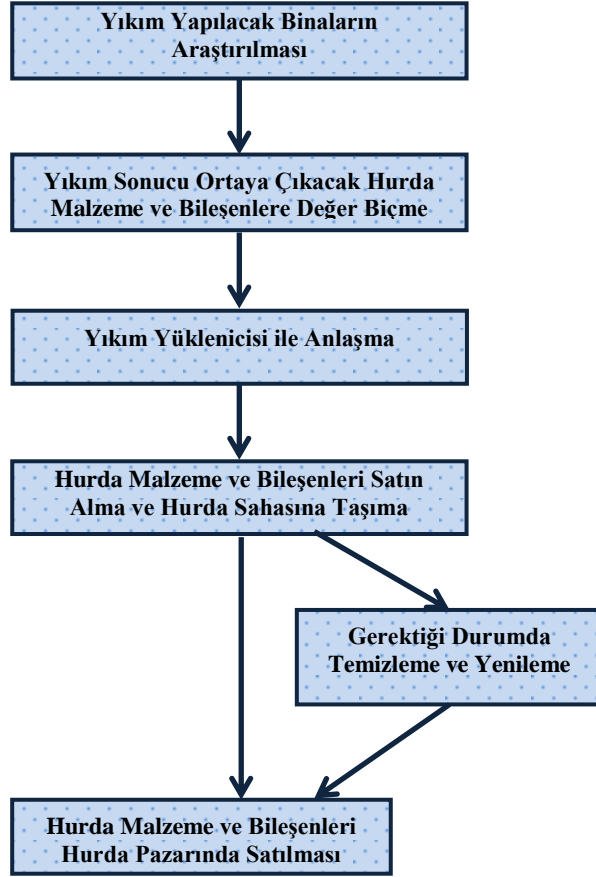
Tüm işlemlerin yapılması ve yapı sektöründeki AYH uygulanmasında çeşitli aktörler rol oynamaktadır. Yapı sektöründeki AYH uygulanmasında rol alan aktörler (Addis, 2006);

- Atık Toplayıcısı, (Şekil 4.5.)
- Yıkım Yüklenicisi/Ekibi, (Şekil 4.6.)
- Hurda Tedarikçisi /Endüstrisi, (Şekil 4.7.)
- Geri Kazanılmış Malzeme-Bileşen Üreticisi, (Şekil 4.8.)
- Tasarım Ekibi ve Müşteri (Şekil 4.9.) şeklinde sıralanmaktadır.

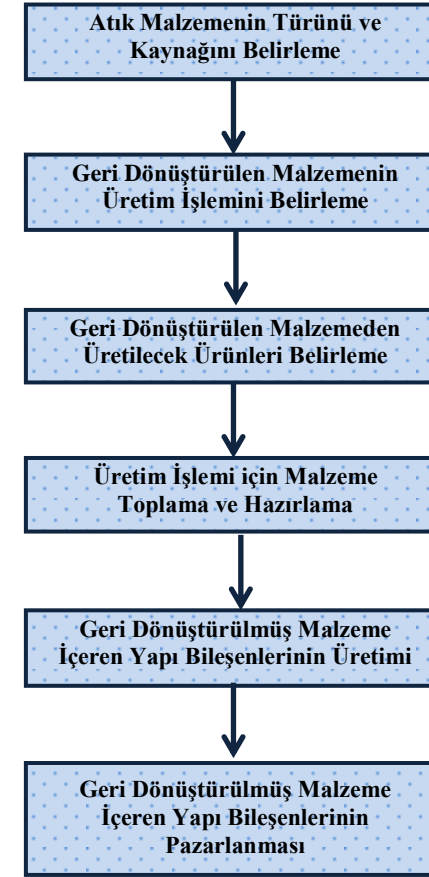


Şekil 4.6. Yıkım Yüklenicisi/Ekibi Tarafından Yapılan İşlemler (Addis, 2006'dan uyarlanmıştır.)

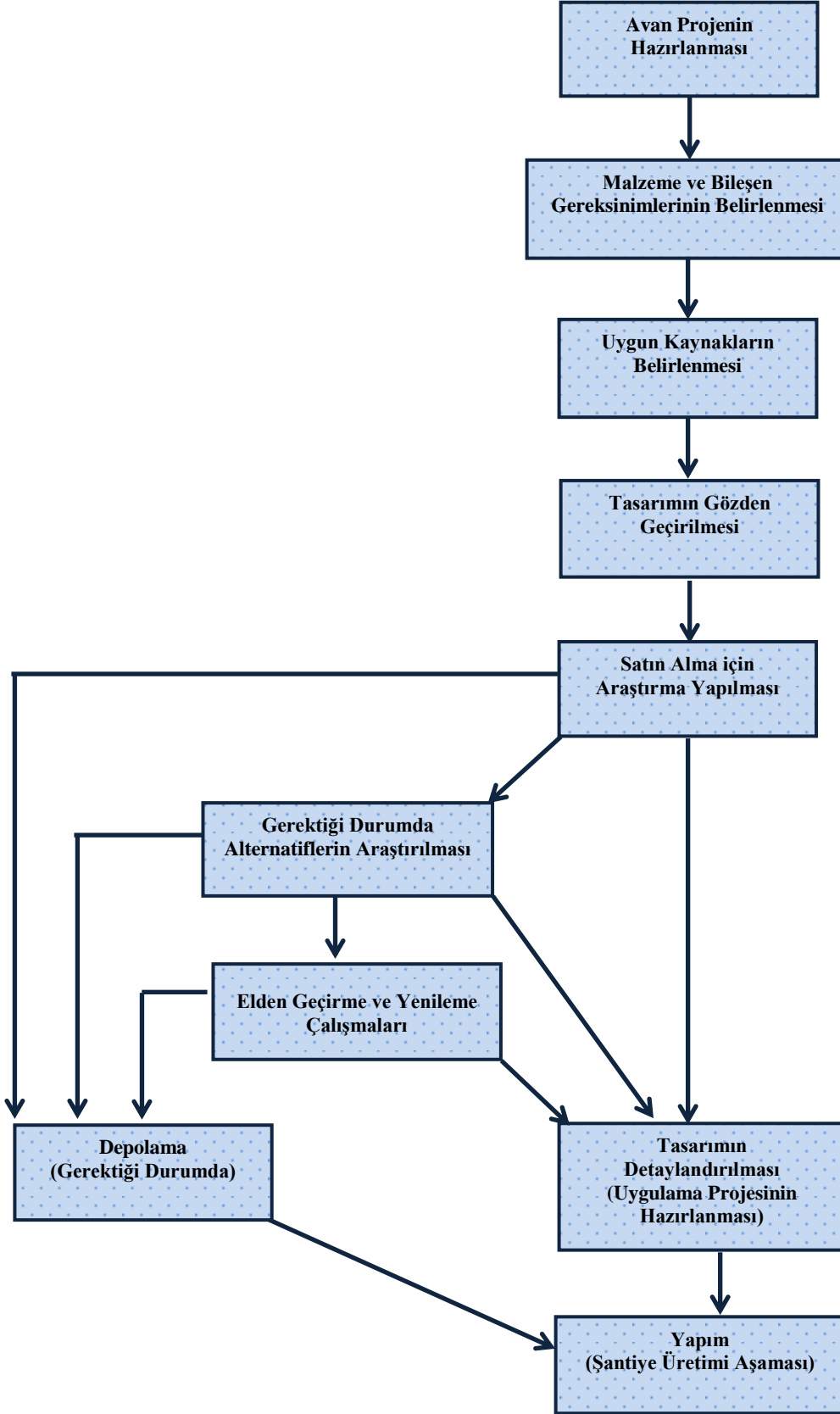
Geri kazanılmış malzeme ve bileşenler kullanılarak tasarlanan bir yapı ile geri kazanılmış malzeme ve bileşen kullanılmadan tasarlanan yapılar “Tasarım Ekibi” tarafından yürütülen süreç birbirlerinden farklılık gösterir. Geri kazanılmış malzeme veya bileşen kullanılmadan yapılacak olan yapıda tasarımın detaylandırılmasından sonra uygun ürünler araştırılarak satın alma işlemi yapılırken; geri kazanılmış malzeme veya bileşen kullanılarak tasarlanan yapılarda, malzeme ve bileşenlerin satın alma işlemleri henüz tasarım detaylanmadan gerçekleştirilmektedir (Addis, 2006).



Şekil 4.7. Hurda Tedarikçisi /Endüstrisi Tarafından Yapılan İşlemler (Addis, 2006'dan uyarlanmıştır.)



Şekil 4.8. Geri Kazanılmış Malzeme-Bileşen Üreticisi Tarafından Yapılan İşlemler (Addis, 2006'dan uyarlanmıştır.)



Şekil 4.9. Tasarım Ekibi ve Müşteri Tarafından Yapılan İşlemler (Addis, 2006'dan uyarlanmıştır.)

4.2. Yapısal Çeliğin Yaşam Döngüsü İçerisinde Atık Yönetimi ve Geri Kazanım

Enerji ve kaynakların etkin bir şekilde kullanılmaması sonucunda atık üretimi meydana gelmekte olup; atık toplama, ayrıştırma, atık işleme ve atık sahasına gönderme gibi işlemler yapıların çevresel ve ekonomik açıdan etkisinin artmasına sebep olmaktadır (Simion ve diğ., 2013). Yok edilen birçok atığın, genellikle hurda değeri bulunmaktadır. Hurda değeri bulunan atıkların geri kazanımı atık maliyetini azaltmakla birlikte çevresel açıdan önemli etkiye sahiptir (Pulaski ve diğ., 2003). Yapısal atık miktarının ve kirliliğin azaltılabilmesi için, kullanılan yapı malzeme ve bileşenlerinin performanslarının ve yaşam ömürlerinin dikkate alınması gerekmektedir (Yeang, 2008). Çelik yapılarla ilgili yapılan bir çalışmada, geliştirilen senaryolara göre yapının yaşam döngüsü boyunca açığa çıkan CO₂ emisyonları karşılaştırılmış olup (Fujita ve Iwata, 2008);

- Çelik bir yapının 1000 yıl süreli kullanımı durumunda, yaşam döngüsü boyunca açığa çıkan CO₂ emisyonu ile yapının her 100 yılda bir yıkılarak, yıkım sonrası oluşan atıklar geri kazanılmadan, her 100 yılda bir yeniden inşa edilmesi sırasında açığa çıkan CO₂ emisyonu karşılaştırılmış ve yapının 1000 yıl kullanımı durumunda açığa çıkan CO₂ emisyonunun her bir yıl için diğer senaryoya göre %50 oranında daha az olduğu;
- Çelik yapının, her 100 yılda bir, çelik bileşenlerin yeniden kullanımı sağlanarak, yeniden inşa edildiği takdirde bu oranın %30 azaldığı;
- Çelik yapının, her 100 yılda bir, çeliğin geri dönüşümü sağlanarak yeniden inşa edildiği takdirde bu oranın %20 azaltıldığı; sonuçlarına ulaşılmıştır (Iwata et al. 2000, Yamada et al.2002).

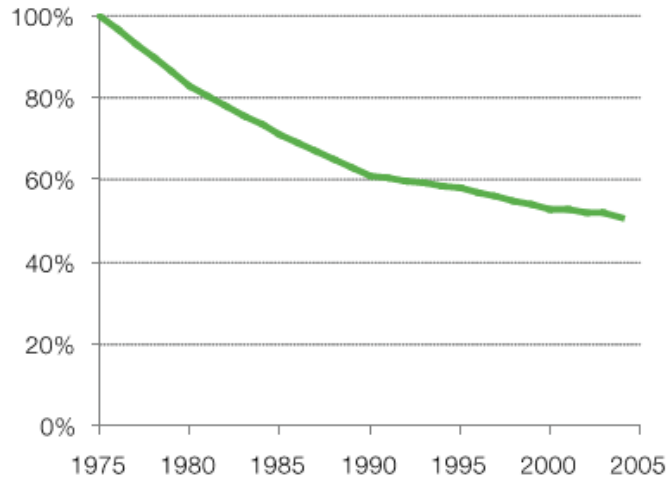
Çalışmanın sonucunda elde edilen verilere göre, çelik yapıların çevresel etkilerinin azaltılması için en önemli etmen yapının yaşam ömrünün uzatılmasıdır. Ancak yapının yaşam ömrünün uzatılması sosyal, ekonomik, fiziksel veya mimari kaygılar sebebiyle her zaman mümkün olmayabilir. Yapısal çelik, yeniden işlenebilen tek strüktürel öge olma özelliği göstermektedir (Fujita ve Iwata, 2008). Bu bağlamda “kaynakların etkin kullanımı” (reduce), “yeniden kullanım” (reuse) ve “geri

dönüşüm” (recycle); yapısal çeliğin sürdürülebilirliğinin üç ana ögesi olarak karşımıza çıkmakta olup, aşağıda bu üç kavramın tanımları yer almaktadır (URL-23).

4.2.1. Kaynakların Etkin Kullanımı (Reduce)

Kaynakların etkin kullanımı; tasarımda ve üretim yöntemlerinde çeşitli düzenlemeler yapılarak (Gorgolewski ve diğ, 2006; Vijayalaxmi, 2010);

- Yapı malzeme ve bileşenleri ile “yapı” üretiminde hammadde ve kaynak kullanımının azaltılması,
- Üretim, kullanım ve yaşam ömrü sonunda açığa çıkan çevresel açıdan zararlı atıkların azaltılması,
- Üretim, kullanım ya da yaşam ömrü sonunda oluşan kirliliğin azaltılmasına yönelik düzenlemeler ve önlemlerin alınması,
- Mümkün olduğunca yapı malzeme ve bileşeni seçiminde yerel kaynakların kullanılarak taşıma (nakliyat) gibi çevresel etkilerin azaltılması,
- Yapı Kabuğunda gerekli yalıtım önlemlerinin alınarak yapıların kullanım sırasında enerji kullanımının azaltılmasına yönelik önlemler alınması şeklinde sıralanabilir.



Şekil 4.10. Kuzey Amerika, Japonya ve Avrupa’da 1 ton ham çelik üretiminde enerji tüketiminin yıllara göre değişimi (1975 yılı, %100 olarak değerlendirilmiştir.) (URL-23)

Gelişen teknoloji ile birlikte yapısal çeliğin üretiminde, kaynakların etkin kullanımı açısından önemli gelişmeler olmuştur. Örneğin 1970 ve 1980 yıllarında modern çelik üretim tesislerinde 100 kg çelik üretimi için, yaklaşık 144 kg hammaddeye ihtiyaç duyulurken, gelişen teknoloji ile birlikte bu rakam 100 kg çelik üretimi için yaklaşık %21 oranında azalarak, 115 kg hammadde gereksinimine kadar indirgenmiştir. World Steel Association'ın verilerine göre, 2008 yılında dünyada 1.3 milyar ton çelik üretilmiş ve üretimde 1,48 milyar ton hammadde kullanılmıştır. Aynı üretimin 1970 yılında yapılmış olması durumunda, aynı miktarda çelik üretimi için gereksinim duyulan hammadde miktarının 470 milyon ton daha fazla olması beklenirdi. Bu da daha fazla CO₂ salınımı anlamı taşımaktadır. Bu nedenle çelik malzemesinin üretiminde kullanılması gereken çelik miktarının azaltılması sürdürülebilirlik açısından önem taşımaktadır. Bir diğer teknolojik gelişme ise 1 ton çelik üretimde gereksinim duyulan enerji miktarı 1975'ten bu yana %50 oranında azalmış olmasıdır. Şekil 4.10.'da Kuzey Amerika, Japonya ve Avrupa'da 1 ton ham çelik üretimindeki enerji tüketiminin yıllara göre değişimi yer almaktadır (URL-23).

4.2.2. Yeniden Kullanım (Reuse);

Çelik malzemenin yüksek dayanımlı olması yeniden kullanılabilirlik özelliğini arttırmakta olup, çeliğin yeniden kullanımı, kullanım ömrünün sona ermesiyle birlikte, çeliğin eritilmeden başka bir ürünün üretim safhasına girmesi ile başlar. Örneğin Kuzey Amerika demir yolu hattında kullanılan çelik rayların %33'ü, iyileştirme çalışması yapılan hatlardan sökülen kullanılmış raylardan oluşmaktadır. Demiryolu endüstrisi raporlarına göre Amerika Birleşik Devletleri'nde 2007 yılında 1.46 milyon ton çelik ray döşenmiş olup, bu miktarın yaklaşık 340000 tonu çelik rayların yeniden kullanımı şeklinde gerçekleştirilmiştir (URL-23).

Yeniden kullanım, henüz geri dönüşüm kadar yaygın olmamakla birlikte, çevresel etki bakımından geri dönüşüm oranları, çok daha avantajlıdır. SBI tarafından yapılan araştırmaya göre, çelik yapı ürünlerinin yaklaşık %14'ü yeniden kullanım olanağı bulmaktadır ancak yeniden kullanım ile ilgili çeşitli standartların geliştirilmesi ve olanakların artırılması gerekmektedir. Yeniden kullanım olanakları; inşaat sektöründe ön yapım (prefabrikasyon) olanaklarının geliştirilmesi, yapıların yeniden kullanıma olanak sağlayacak şekilde tasarlanması (dekonstrüksiyona yönelik

tasarım), yeniden kullanıma ilişkin çeşitli standartların geliştirilmesi gibi faktörlerin uygulanmasına bağlıdır (URL-13).

Yeniden kullanım çelik bileşene yapılacak; kesme, delme ve kaynak gibi ufak müdahalelerle mümkün hale gelmektedir. Yapısal çelik zaman içerisinde paslanma veya büyük depremler sonrası malzemenin plastikleşmesi dışında yapısında ve özelliğinde önemli bir değişikliğe uğramamaktadır. Paslanma sorununun boya yapılarak önüne geçmek mümkün olmaktadır. Depremler sonrası malzemenin plastikleşmesinin önüne ise sismik tasarım yöntemi (seismic design approach) benimsenerek, hasar kontrollü tasarım (damage-controlled-design) ile geçmek mümkündür (Fujita ve Iwata, 2008; Wadaet al. 1998). Yapılarda yeniden kullanımı üç şekilde uygulanmaktadır, bunlar;

Mevcut Yapının Yeniden Kullanımı; “Uyarlanır Yeniden Kullanım” (adaptive reuse) olarak da adlandırılmakta olup, yapının bulunduğu yerde korunması şeklinde tanımlanmaktadır. Bu yaklaşım, genellikle kültür varlığı özelliği gösteren yapılarda daha çok uygulanmakta olup, fonksiyon değişikliğinin getirdiği mekan gereksinimine göre yapıya ek müdahalelerde bulunmak mümkündür (Gorgolewski, 2008). Yapının özgün haliyle korunarak, farklı bir işlevde kullanılmasına örnek olarak, yapıldığı dönemde istasyon yapısı olarak inşa edilen, Paris’te yer alan Orsay İstasyon Binası (Gare d’Orsay, Şekil 4.11.) verilebilir. Orsay İstasyon Binası, günümüzde müze olarak kullanılmaktadır (URL-24; URL-26). Şekil 4.12.’de ise Hollanda Naaldwijk’te yer alan bir gaz deposunun ofis işlevine dönüştürülerek yeniden kullanımı örneği görülmektedir (URL-26).



Şekil 4.11. Orsay Müzesi (Musée d'Orsay) Paris, Fransa (URL-24)



Şekil 4.12. Ofis Binası (HET Architectural Office Building) Hollanda, Naaldwijk (URL-26)

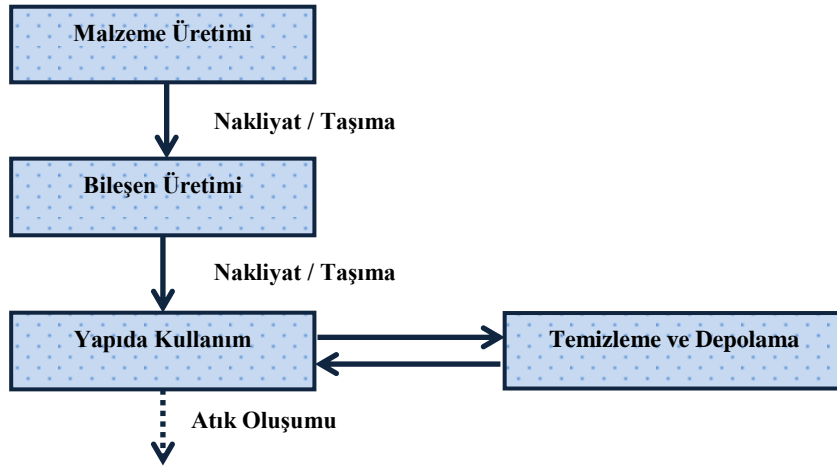
Mevcut Yapının Tamamının veya Bir Kısımının, Yeni Bir Yere Taşınarak Yeniden Kullanımı; Bu yaklaşım genellikle geçici işlevli yapılar, ambar ve depo yapıları, sanayi yapıları vs. gibi yapılar için uygulanmaktadır (Gorgolewski, 2008). Ayrıca Avrupa Mimari Mirasının Korunması Sözleşmesi doğrultusunda kültür varlığının korunmasının maddi koşulların tehlikeye düşürdüğü durumlarda korunmaya alınan bir anıtın tümünün ya da bir bölümünün taşınması şeklinde de uygulanabilmektedir.

Şekil 4.13.'te Massachusetts'de yer alan Salem Kilisenin yeni adliye binasının yapımı için taşınması sırasında çekilen bir fotoğraf yer almaktadır. 1806 yılında inşa edilen kilise yapısı hukuk kütüphanesi olarak kullanılmaktadır (URL-27).



Şekil 4.13. Massachusetts'de yer alan Salem Kilisesi'nin Taşınması (URL-27).

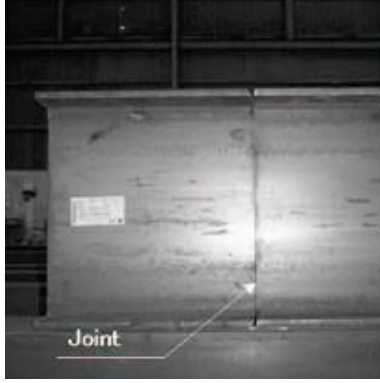
Mevcut Bir Yapının Bileşenlerinin Yıkım/Söküm Sonrası Başka Bir Yapıda Yeniden Kullanılması; Yapı malzeme ve bileşenlerinin yeniden kullanımı yapılarda gömülü enerjiyi azaltan önemli bir geri kazanım yöntemidir (Vijayalaxmi, 2010). Bu yaklaşım “bileşenin yeniden kullanımı” (component reuse, Şekil 4.14.) olarak da adlandırılmakta olup; kiriş, kolon gibi strüktürel bileşenlerin başka bir yapıda yeniden kullanımı ile kaplama panelleri, merdivenler gibi bileşenleri başka bir yapıda yeniden kullanımı şeklinde uygulanmaktadır (Gorgolewski, 2008).



Şekil 4.14. Bileşenlerin Yeniden kullanımı (Component Reuse) (Gorgolewski ve diğ., 2006'dan uyarlanmıştır.)

Mevcut bir yapının yenilenmesi veya yıkım/sökümü sırasında çıkarılan yapı bileşenleri belirli standartlara getirmek üzere çeşitli işlemlerden geçirilerek başka bir yapıda kullanılabilir. Sökümü gerçekleştirilen yapı bileşeni ilk olarak, doğrudan kullanıma uygun olup olmadığının ve istenilen performans kriterlerini sağlayıp sağlayamadığının belirlenmesi amacıyla akma dayanımı, çekme dayanımı ve germe/uzama dayanımı gibi çeşitli testlere ve incelemeye tabi tutulmakta ve söküm sonucu elde edilen yapı bileşenlerine çeşitli iyileştirme işlemleri uygulanmaktadır. Sökümü yapılan farklı ürünler için farklı müdahalelere gerek duyulmaktadır. Bu müdahalelere örnek olarak; çelik bir kirişin temizlenerek, istenilen ebatlarda kesilmesi-birleştirilmesi (Şekil 4.15.), montaj deliklerinin kaynak ile kapatılması, korozyona karşı önlem alınması ve yeni bağlantı detaylarının adapte edilmesi işlemleri verilebilir. Bu şekilde elden geçirilerek yeniden kullanıma hazırlanan yapı bileşeni, “geri kazanılmış bileşen” (reclaimed products) olarak adlandırılmakta olup,

geri kazanılmış bileşenler için çeşitli sertifikalandırma sistemleri de bulunmaktadır. Örneğin Hollanda'da yürürlükteki yasalara göre sertifikalandırılmamış geri kazanılmış bileşenlerin kullanım olanağı bulunmamaktadır. Hollanda'da geri kazanılmış bileşenlerin sertifikalandırılması bağımsız enstitüler tarafından gerçekleştirilmektedir (Addis, 2006; Boonstra ve diğ., 2000; Fujita ve Iwata, 2008).



Şekil 4.15. Çelik kirişlerin Kaynak Yapılarak Birleştirilmesi (Fujita ve Iwata, 2008)

Toronto Üniversitesi, Scarborough Kampüsü Öğrenci Merkezi Binası, Mevcut Bir Yapının Bileşenlerinin Yıkım/Söküm Sonrası Başka Bir Yapıda Yeniden Kullanılması örneğidir. Ottawa, Kanada'da yer alan yapı, 2004 yılında tamamlanmış olup, yapımında 300 ton yapısal çelik kullanılmıştır. Kullanılan yapısal çelik miktarının yaklaşık 16 tonu Gallery of Royal Ontario Museum (ROM) Binasının mekanik katının dekonstrüksiyonu sonucu elde edilen geri kazanılmış yapısal çeliktir (Gorgolewski ve diğ, 2006). Şekil 4.16'da Toronto Üniversitesi, Scarborough Kampüsü Öğrenci Merkezi Binası yer almaktadır.

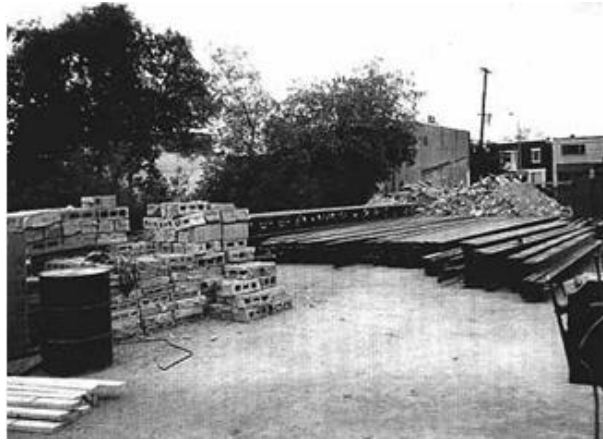


Şekil 4.16. Toronto Üniversitesi Scarborough Kampüsü Öğrenci Merkezi (URL-28)

Bir diğerk örnek ise, Ottawa, Kanada’da yer alan MEC Binasıdır. (Şekil 4.17.) Yapımı 2000 yılında tamamlanan yapının zemin katı ahşap, birinci katı ise çelik olarak inşa edilmiştir. MEC Binasının çelik olan birinci katının yapımında, yapının bulunduğu alanda önceden var olan çelik konstrüksiyonlu bir market yapısının dekonstrüksiyonu yapılarak, geri kazanılan çelik strüktürel bileşenler yeniden kullanılmıştır. Sökümü yapılan bileşenler etiketlenerek şantiye sahası dışında bir alanda depolanmıştır. (Şekil 4.18.) Mevcut market yapısının söküm sonrası ağırlığının yaklaşık %75’i MEC binasının yapımında yeniden kullanılmış olup, geri kalan miktar geri dönüşüm ve farklı bir yapıda yeniden kullanım amaçlı ayrıştırılmıştır (Gorgolewski, 2008).



Şekil 4.17. MEC Binası (TheMountainEquipment Co-op) Ottawa, Kanada (URL-29)



Şekil 4.18. Sökümü Yapılan Bileşenlerin Depolanması (Gorgolewski, 2008)

BedZED Binası (Şekil 4.19.) Londra’da bulunmakta olup, konut ve ofis işlevlerinin yer aldığı karma fonksiyonlu yapılarıdır. 2002 yılında tamamlanan yapının ofis

bölümleri çelik olarak inşa edilmiştir (Gorgolewski ve diğ, 2006). Yapıda 98 ton yapısal çelik geri kazanılarak yeniden kullanılmıştır (Addis, 2006).



Şekil 4.19. BedZED Binası Londra (Addis, 2006)

Yapısal çeliğin yeniden kullanıma yönelik pazar, henüz yeterince gelişmemekle birlikte, yapı sektöründe standartlaşmanın artmasıyla beraber, çelik yapı malzeme ve bileşenlerin yeniden kullanımına yönelik ikinci el pazarı gün geçtikçe gelişmektedir (URL-13). Geri kazanılmış yapı malzemesi ve bileşenler kullanılarak yapımı tamamlanan birçok yapı bulunmakta olup, tez çalışması kapsamında incelenen yapılar;

- Toronto Üniversitesi, Scarborough Kampüsü Öğrenci Merkezi Binası,
- MEC (TheMountainEquipment Co-op) Binası,
- BedZED Binası (Beddington Zero Energy Development),
- 740 Rue Bel Air,
- Roy Stibbs Ortaokulu,
- BMW Galerisi, Toronto,
- Parkwood Residences, Oshawa,
- Angus Technopol, Montreal,
- Baile-St-Paul City Hall Binası, Qubec, Kanada
- Tohu Chapiteau Des Arts, Cite Des Arts Du Cirque,
- The Eaten Building, şeklinde özetlenebilir. Sözü geçen yapılara ilişkin

bilgiler “Yapısal Çeliğin Yeniden Kullanımına İlişkin Proje Örnekleri” adlı Çizelge Ek-A’da yer almaktadır.

4.2.3. Geri Dönüşüm

Geri dönüşüm (recycle), atık bir malzeme veya bileşenin, yeni bir ürünün üretim sürecine malzeme girdisi olarak dahil olmasıyla geri kazanımının sağlanması şeklinde tanımlanabilir (Gorgolewski ve diğ, 2006). Yapısal çeliğin geri dönüşümü ise yapılarda kullanılan çelik malzeme veya bileşenlerin, yaşam ömrü sonunda atık haline dönüşmesi ile birlikte açığa çıkan hurda çeliğin eritilerek yeniden üretime dahil olması işlemi olarak tanımlanabilir.

Yapısal çeliğin geri dönüşümünün sağlanabilmesi için yıkımı gerçekleşen yapılardan hurda çeliğin ayrıştırılması gerekmektedir. Yapı malzemelerinin geri dönüşüm için yapısal atıktan ayrıştırılması oldukça zahmetlidir ve ayrıştırma işleminin çoğu zaman elle veya görsel inceleme yapılarak gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Çelik ve alüminyum gibi metal malzemeler, elektromanyetik yöntemler kullanılarak, diğer yapı malzemelerine oranla, yapısal atıktan kolaylıkla ayrıştırılabilmektedir. Günümüzde yapısal atıkların ayrıştırılmasına yönelik çeşitli otomasyon sistemleri geliştirilmiş olup, bu yönetime örnek olarak tuğlaların ayrıştırılması için renk tanıma yöntemi ile plastik şişelerin ayrıştırılabilmesi için şekil tanıma teknolojilerini örnekleri verilebilir (Addis, 2006).

Hurda çelik: Fabrika Hurdası (Home Scrap); İşlem Hurdası (Process/ Prompt Scrap); Temel Hurda (Obsolete/ Capital Scrap) olmak üzere üç şekilde sınıflandırılmaktadır. Fabrika hurdası, çeliğin üretimi sırasında açığa çıkan hurda çeşididir ve üretim tekniklerinde sağlanan gelişmeler ile birlikte fabrika üretimi sırasında açığa çıkan hurda miktarı gün geçtikçe azalmaktadır. İşlem hurdası, çelik malzemedan, çelik ürünlerin üretimi sırasında açığa çıkan hurda çeşididir. Temel hurda ise ürünlerin kullanımı sonrası yaşam ömrünün son bulması ile ortaya çıkan hurda çeşidi olup, araba hurdası, çelik elektrikli ev aletleri, çelik kiriş/kolon gibi yapısal çelik çeşitleri bu gruba örnek olarak verilebilir (Richardson, 2013).

Çelik geri dönüşüm açısından eşi benzeri olmayan bir malzeme olup, kalitesinde herhangi bir azalma olmadan defalarca geri dönüşümü sağlanabilmektedir. Geri dönüşümü sağlanan çelik bir ürün, atık ürün ile aynı malzeme/bileşen üretiminde kullanılabilirdiği gibi, farklı bir çelik malzeme/bileşen üretiminde kullanılabilir (URL-23; URL-13).

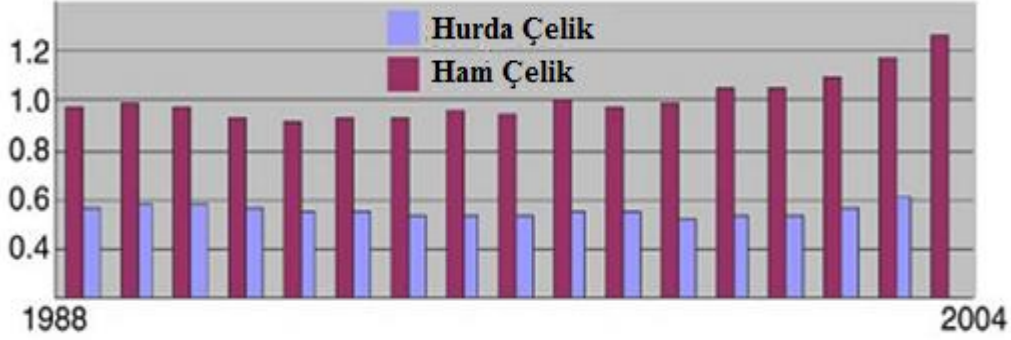
Geri dönüşümün, atık ürünün kendisinden daha düşük kalitede ve özellikte bir ürünün üretimi için gerçekleştirilmesine “aşağı dönüşüm” (down-cycling); düşük kalitede bir ürünün kendisinden daha iyi kalitede bir ürün elde edilmesi için geri dönüştürülmesi ”yukarı dönüşüm” (up-cycling) olarak adlandırılmaktadır (Gorgolewski ve diğ, 2006). Örneğin hurdaya ayrılan bir otomobile ait çelik aksamlar eritilerek elde edilen çeliğin bir konserve kutusu imalatında kullanılabilirdiği gibi, çelik kiriş ve kolon üretiminde de kullanılabilir. Çeliğin geri dönüşüm olanakları gün geçtikçe yaygınlaşmakla beraber ilgili örnekleri çoğaltmak mümkündür (URL-30). The World Steel Association’ın tahminlerine göre 2007 yılı içerisinde endüstrilere göre çeliğin geri dönüşüm oranları ve 2050 yılı olası oranlar Çizelge 4.4.’te yer almaktadır. Çizelge 4.4.’te yer alan tahminlerin gerçekleşmesi durumunda, 2050 yılında dünya çapında 38 milyon ton çeliğin geri dönüştürülmesi beklenmekte olup, bu rakam 54 milyon ton daha az CO₂ emisyonu salınımı anlamını taşımaktadır (URL-23).

Çizelge 4.4. 2007 yılı içerisinde endüstrilere göre çeliğin geri dönüşüm oranları ve 2050 yılı olası oranlar (URL-23)

Endüstri Türü	Tahmini 2007 Yılı Geri Dönüşüm Oranları	2050 Yılı Olası Geri Dönüşüm Oranları
İnşaat Endüstrisi	% 85	% 90
Otomotiv Endüstrisi	% 85	% 95
Makine Endüstrisi	% 90	% 95
Elektronik Aletler	% 50	% 75
Konteyner	% 69	% 75
Toplam	% 83	% 90

Yapısal çelik ürünler belirli oranlarda geri dönüştürülmüş çelik malzeme içerebilmektedir. Bu oranlar; kullanılan çeliğin niteliği, atık çelik (hurda) fiyatları ve atık çeliğin nakliye olanakları gibi etmenlere bağlı olarak %10 ile %100 arasında değişmektedir. Şekil 4.20.’de 1988-2004 yılları arasında küresel ölçekteki çelik malzeme gereksinimi ile mevcut atık çelik oranlarının yıllara göre değişimi yer almaktadır. Şekil 4.20.’deki verilere göre küresel ölçekteki çelik talebi, atık çelik

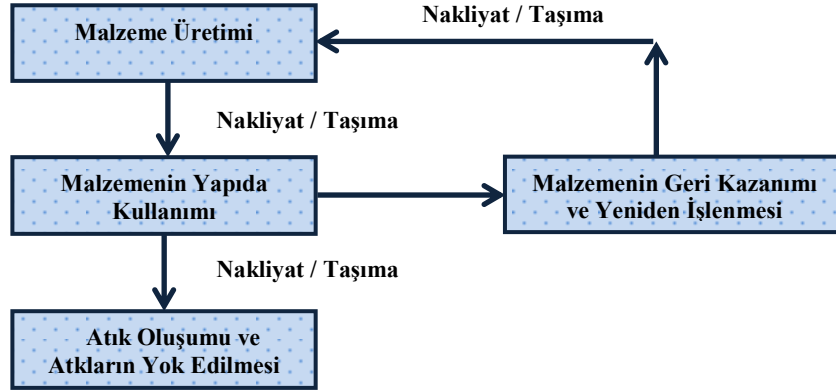
arzının yaklaşık iki katı kadardır. Bu veriler ışığında küresel ölçekteki çelik talebinin tamamının, atık çelikten karşılanma olanağı bulunmamaktadır. Bununla İngiltere’de yapılan bir araştırmaya göre yapı sektöründe çeliğin geri kazanım oranı % 94 olup bunun %69’lük bölümünü geri dönüşüm oluşturmaktadır (Burgan ve Sansom, 2006).



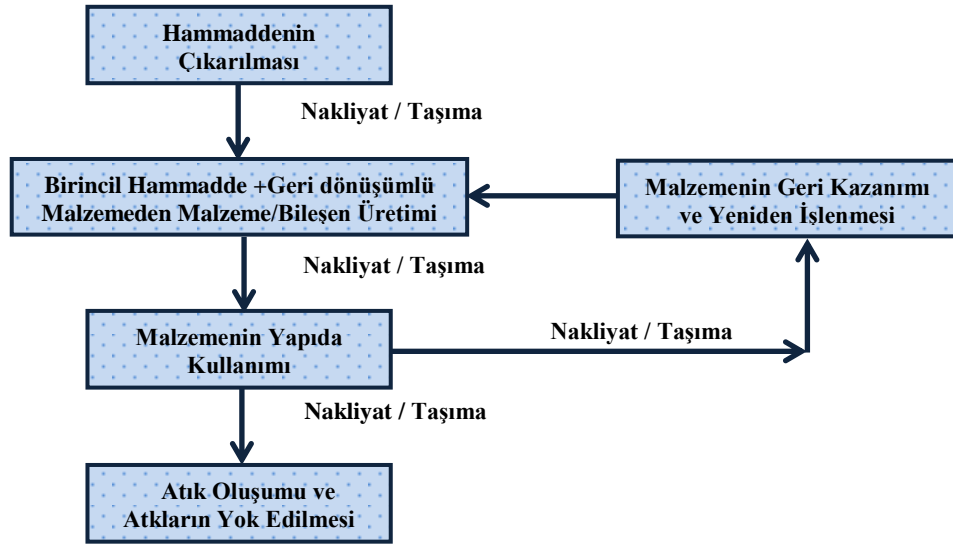
Şekil 4.20. Dünya Hurda Çelik ve Ham çelik Üretimi (Milyon Ton) (Burgan ve Sansom, 2006)

Geri dönüşümü sağlanan her 1 ton çelik için yaklaşık 1134 kg demir cevheri, 635 kg kömür ve 54 kg kireçtaşı korunmaktadır. Ayrıca geri dönüşümü sağlanarak çelik üretiminde gereksinim duyulan enerji miktarı, demir cevherinden çelik üretiminde gereksinim duyulan enerji miktarının %20’si kadardır. Günümüzde geri dönüşüm sağlanarak çelik üretiminde, Bazik Oksijen Fırını ve Elektrik Ark Ocağı ile üretim olmak üzere iki farklı üretim yöntemi kullanılmaktadır. Bazik Oksijen Fırınında gerçekleştirilecek çelik üretiminde %25 ile % 35 oranında hurda çelik içerirken, Elektrik Ark Ocağında gerçekleştirilecek çelik üretiminde %100 oranına kadar hurda çelik içerebilmektedir (Kibert, 2012).

Yapısal çeliğin, geri dönüşüm ile “Katıksız Geri Dönüşüm” ve “Katışık Üretim” olmak üzere iki farklı üretim şekli bulunmaktadır. Katıksız geri dönüşüm (Şekil 4.21.) yaşam ömrü sonunda atık şekline dönüşen yapısal çeliğin eritilerek yeniden üretime dahil olması şeklindedir. Katışık üretim (Şekil 4.22.) ise yaşam ömrü sonunda atık şekline dönüşen yapısal çeliğin eritilerek yeniden üretime dahil edilmesinin yanı sıra, ham çeliğin de üretim aşamasına dahil olması şeklinde özetlenebilir (Gorgolewski ve diğ, 2006).



Şekil 4.21. Katıksız Geri Dönüşüm (Pure Recycling) (Gorgolewski ve diğ, 2006'dan uyarlanmıştır.)



Şekil 4.22. Katışık Üretim (Mixed production) (Gorgolewski ve diğ, 2006'dan uyarlanmıştır.)

Yaklaşık 180 m² .lik iki katlı çelik çerçeve sistemli bir konutun yapımı için gereksinim duyulan yapısal çelik miktarı, altı adet arabanın geri dönüşümü sağlanarak elde edilebilmekte olup, aynı büyüklükte bir yapının ahşap çerçeve sistem ile inşa edilmesi durumunda yaklaşık 40 adet ağaç kesilmesi gerekmektedir (URL-3).

Bu da yapısal çeliğin kullanımının yaygınlaşması ve geri dönüşümün sürdürülebilirlik açısından önemini ortaya koyan bir örnek olarak verilebilir.

Yapısal çeliğin geri dönüşüm ile geri kazanımına, İngiltere’de bulunan, 1956 yılında inşa edilen Lackenby Çelik Yapım Tesisi örnek olarak verilebilir. (Şekil 4.23.) 330 m uzunluğunda, 70 m genişliğinde ve 39 m yüksekliğinde olan yapının inşasında 20000 ton çelik kullanılmıştır (URL-26).



Şekil 4.23. Lackenby Çelik Yapım Tesisi, İngiltere (URL-26)

1976 yılına kadar üretim tesisi olarak işlevini koruyan yapı, 1976 yılından sonra depolama işlevi ile kullanılmış ve 2004 yılında ise yıkımına karar verilmiştir. Yıkım sonrası elde edilen yapısal çeliğin (URL-26);

- Londra'da bulunan Heathrow Havaalanı'nın Terminal 5 binasında, (Şekil 4.24.)
- Londra'da bulunan Oval Cricket Ground Stadyumu Tribünlerinde, (Şekil 4.25.)
- Londra'da bulunan Paddington İstasyonu'nda bulunan köprünün yapımında, (Şekil 4.26.)
- Isle of Sheppey, A249-Yolu köprü girişlerinde bulunan çelik levhaların yapımında,
- Çelik çerçeveli yapılar için galvaniz çelik şerit yapımında,
- Otomobil parçaları için çelik şerit yapımında,
- Madeni para basımında kullanılan çelik şeritlerin yapımında olmak üzere geri dönüşümü sağlanmıştır.



Şekil 4.24. Heathrow Havaalanı Terminal 5 Binasında, Londra (URL-26)



Şekil 4.25. Oval Cricket Ground Stadyumu (URL-26)



Şekil 4.26. Paddington İstasyonunda Yer Alan Köprü, Londra (URL-26)

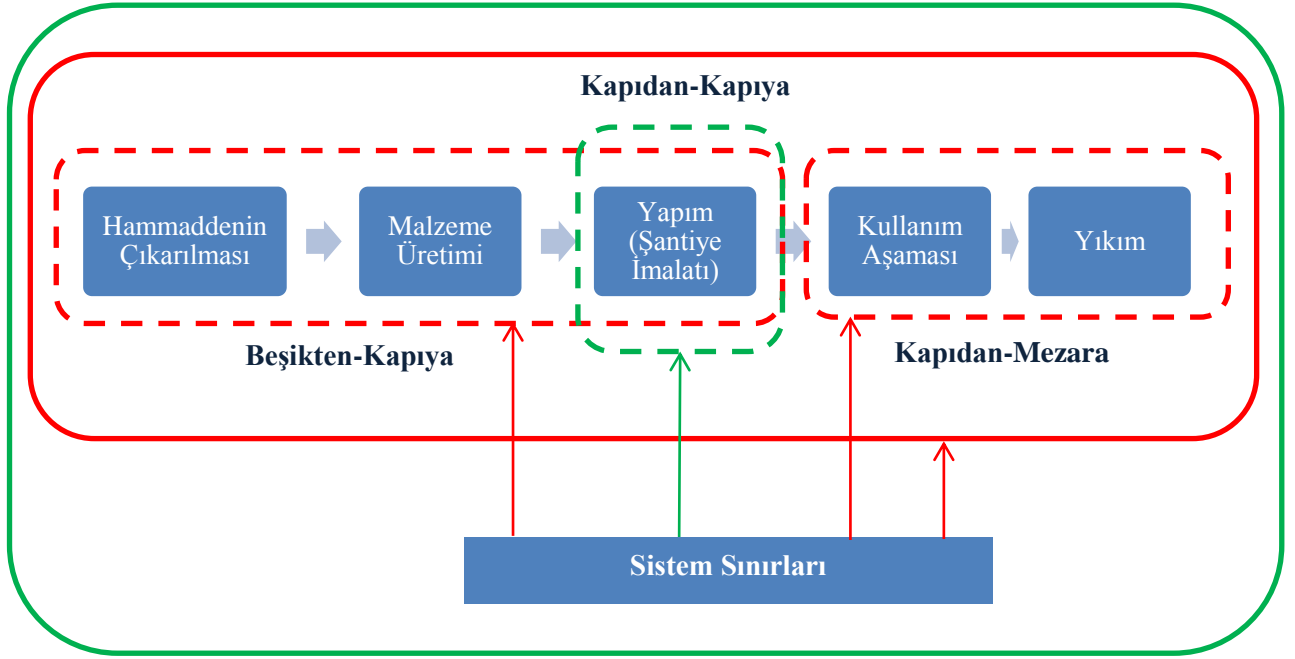
4.3.Yapısal Çeliğin Yeniden Kullanım ve Geri Dönüşüm ile Hammaddeden Doğrudan Üretiminin Çevresel Açıdan Karşılaştırılması

Bu başlık altında, literatürde yer alan verilere dayalı bir çevresel etki karşılaştırması yapılacaktır. Öncelikle hammaddeden doğrudan çelik üretimi, geri dönüşüm ve yeniden kullanıma ait yaşam döngüsü aşamaları oluşturulacak ve hammaddeden doğrudan çelik üretimi ile geri dönüşüm ile çelik üretimine ait ürün sistemindeki girdi ve çıktıların listesi sunulacaktır. Ayrıca GaBi yazılımı kullanılarak örnek bir çalışma yapılacaktır.

Geri kazanım olanaklarından yeniden kullanıma yönelik veriler, projeye ve yapının sökülme aşaması ile sökülme sonrası uygulanacak işlemler gibi bilgilere göre değişkenlik göstermektedir. Dolayısıyla, yeniden kullanımda, yaşam döngüsü içerisinde ürün sistemindeki girdi ve çıktıları net bir şekilde ortaya koyma olanağı bulunmamaktadır. Bu nedenle, yapısal çeliğin geri kazanım olanaklarından yeniden kullanıma ait tez çalışmasının 3. Bölümünde yer alan “Atık Yönetim Hiyerarşisine” ve literatürde yer alan (Örneğin; Addis, 2012; Emmer, 2009; Fujita & Iwata, 2008; Gorgolewski ve diğ., 2006) çalışmalardaki verilere dayanarak, yeniden kullanımın çevresel üstünlüğünü kabul eder bir karşılaştırma yapılacaktır. Bu bağlamda tez çalışmasında yeniden kullanıma ait yaşam döngüsü şemasının oluşturulması ve literatürdeki verilerin ortaya konularak karşılaştırmaya konu edilmesi yeterli görülmüştür.

Literatürde bir ürünün yaşam döngüsüne ilişkin “beşikten mezara” tanımının yanı sıra çalışmanın kapsamına göre; “beşikten kapıya”, “kapıdan kapıya” ve “kapıdan mezara” şeklinde üç alt kavrama rastlanmıştır. Şekil 4.27.’de, sözü geçen kavramların tanımladığı yaşam döngüsü aşamaları yer almaktadır. Çalışmanın bu bölümünde yapılacak değerlendirmede, yaşam döngüsü aşamaları “beşikten kapıya” şeklinde ele alınmıştır. “Beşikten kapıya” tanımı çalışmada, çelik üretimi için gerekli olan hammaddenin çıkarılmasından başlayarak, çelik bileşenlerin üretilmesi ve şantiye alanına ulaştırılmasına kadar geçen süreci ifade etmektedir. Çeliğin üretim yöntemleri tez çalışmasının 2. Bölümünde aktarılmış olup, bu bölümde tekrar ele alınmayacaktır.

Doğal Sistem



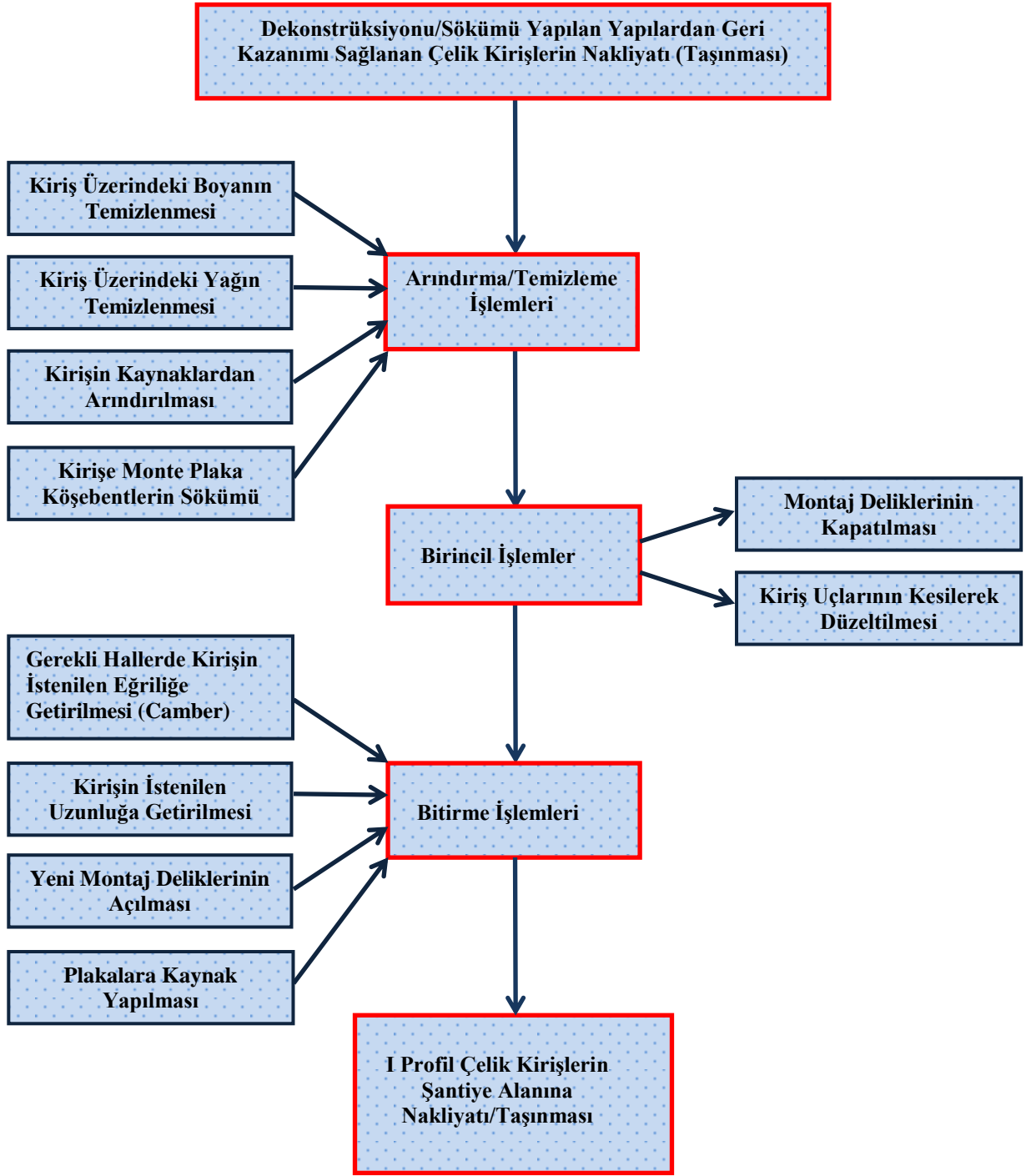
Şekil 4.27. Yapının Yaşam Döngüsü İçerisindeki Kapsam Tanımları (URL-31'den uyarlanmıştır.)

İşlevsel birim, World Steel Association'ın çalışmaları doğrultusunda "1 kg I Profil Çelik Kiriş Üretimi" olarak belirlenmiştir. Şekil 4.28'de "I" profil çelik kirişin yeniden kullanımına yönelik beşikten kapıya yaşam döngüsü; Şekil 4.29'da ise geri dönüşüme yönelik beşikten kapıya yaşam döngüsü aşamaları yer almaktadır.

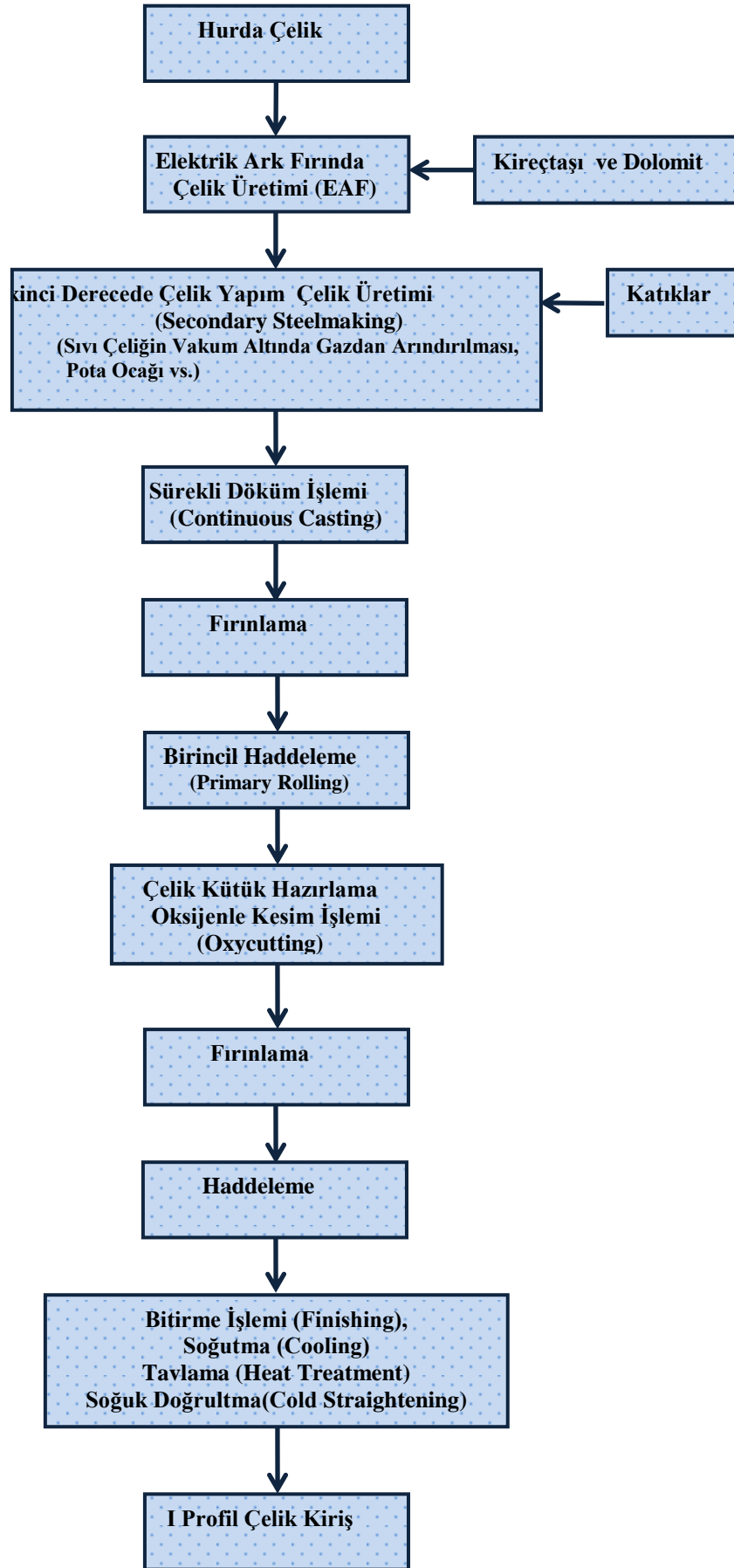
Yapısal Çeliğin Yeniden Kullanımı ve Geri Dönüşümün Çevresel Açından Karşılaştırılması;

Yeniden kullanım ve geri dönüşümün çevresel açıdan avantajları (Gorgolewski ve diğ, 2006);

- Her iki olanak da her birim ürün için üretimdeki birincil kaynak tüketimini azaltmaktadır,
- Her iki olanak da her birim ürün için oluşan atık miktarını azaltmaktadır,
- Her iki olanak da her birim ürün için kullanılan yenilenemeyen enerji tüketimini azaltmaktadır,
- Her iki olanak da sera gazı salınımı ve diğer emisyonları azaltmaktadır, şeklinde dört madde halinde özetlenebilir.

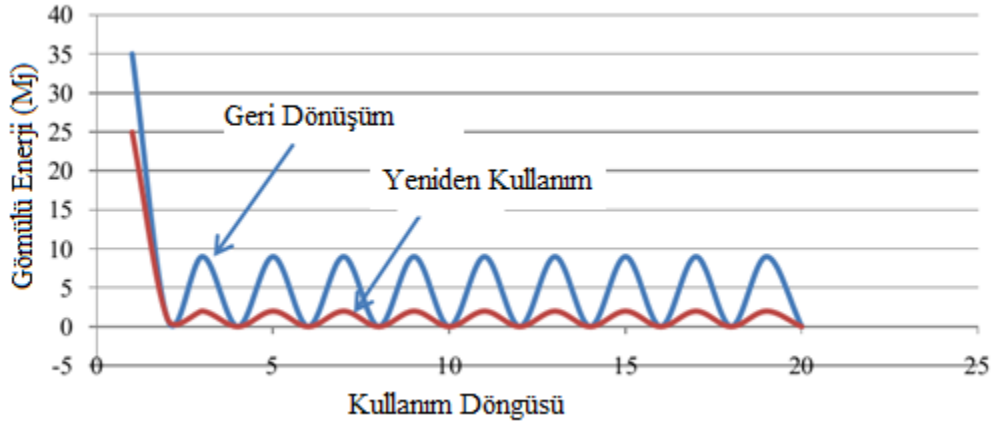


Şekil 4.28. Çelik Kirişin Yeniden Kullanımının Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü (Emmer, 2009'dan uyarlanmıştır.)



Şekil 4.29. Hurda Çelik Kullanılarak Çelik Üretimini Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü Aşamaları (Geri dönüşüm) (URL-1’den uyarlanmıştır.)

Yeniden kullanım ile geri kazanılan çelik bileşenlerin, geri dönüşüm ile üretimi gerçekleştirilen çelik bileşenlere oranla gömülü enerjisi oldukça düşüktür. (Çizelge 4.1.) Bu değerlendirmede madencilik, üretim ve nakliyat (taşıma) gibi işlemler de dikkate alınmıştır (Emmer, 2009). Şekil 4.30'da yapısal çeliğin kullanım döngüsüne göre, yeniden kullanım ve geri dönüşüm ile geri kazanım olanaklarının gömülü enerji miktarları yer almaktadır.



Şekil 4.30. Yapısal Çeliğin Kullanım Döngüsüne Göre, Yeniden Kullanım ve Geri Dönüşüm ile Geri Kazanım Olanaklarının Gömülü Enerji Miktarları (Emmer, 2009)

Tez çalışmasının 4. Bölümünde gömülü enerjinin tanımı yapılmış olup, gömülü enerjinin yapı malzeme ve bileşenlerine standardize bir nicelik oluşturduğu ve böylece çevresel etkiler açısından karşılaştırma yapma olanağı sağladığı belirtilmiştir. Bu bağlamda, Şekil 4.30'da yer alan her bir kullanım döngüsündeki gömülü enerji miktarı farkının, yapısal çelik bileşenin üretiminden, yapıya uygulanmasına kadar yaşam döngüsü içerisinde yer alan tüm aktivitelerdeki toplam enerji tüketimi, dolayısıyla toplam salınımı ifade ettiği söylenebilir.

USEPA tarafından yapılan bir çalışmada, yapısal çeliğin geri dönüşümündeki sera gazı salınımı ve enerji tüketiminin, yeniden kullanıma oranla % 60 daha fazla olduğu ortaya konulmuştur (Vijayalaxmi, 2010). Yapısal çeliğin geri dönüşüm ile üretiminde hurda çeliğin eritilebilmesi için enerji tüketimine gereksinim duyulmakta ve bu da daha fazla CO₂ salınımı anlamını taşımaktadır. Yeniden kullanımda geri dönüşümden farklı olarak, Şekil 4.28'de yer alan, söküm, depolama, nakliyat gibi çeşitli ek işlemler uygulanmaktadır. Tüm bu ek işlemlere rağmen, yeniden kullanım ve geri

dönüşüm çevresel açıdan karşılaştırıldığında; yeniden kullanım geri dönüşüme kıyasla çevresel açıdan üstünlük sağlamaktadır (Emmer, 2009; Fujita ve Iwata, 2008).

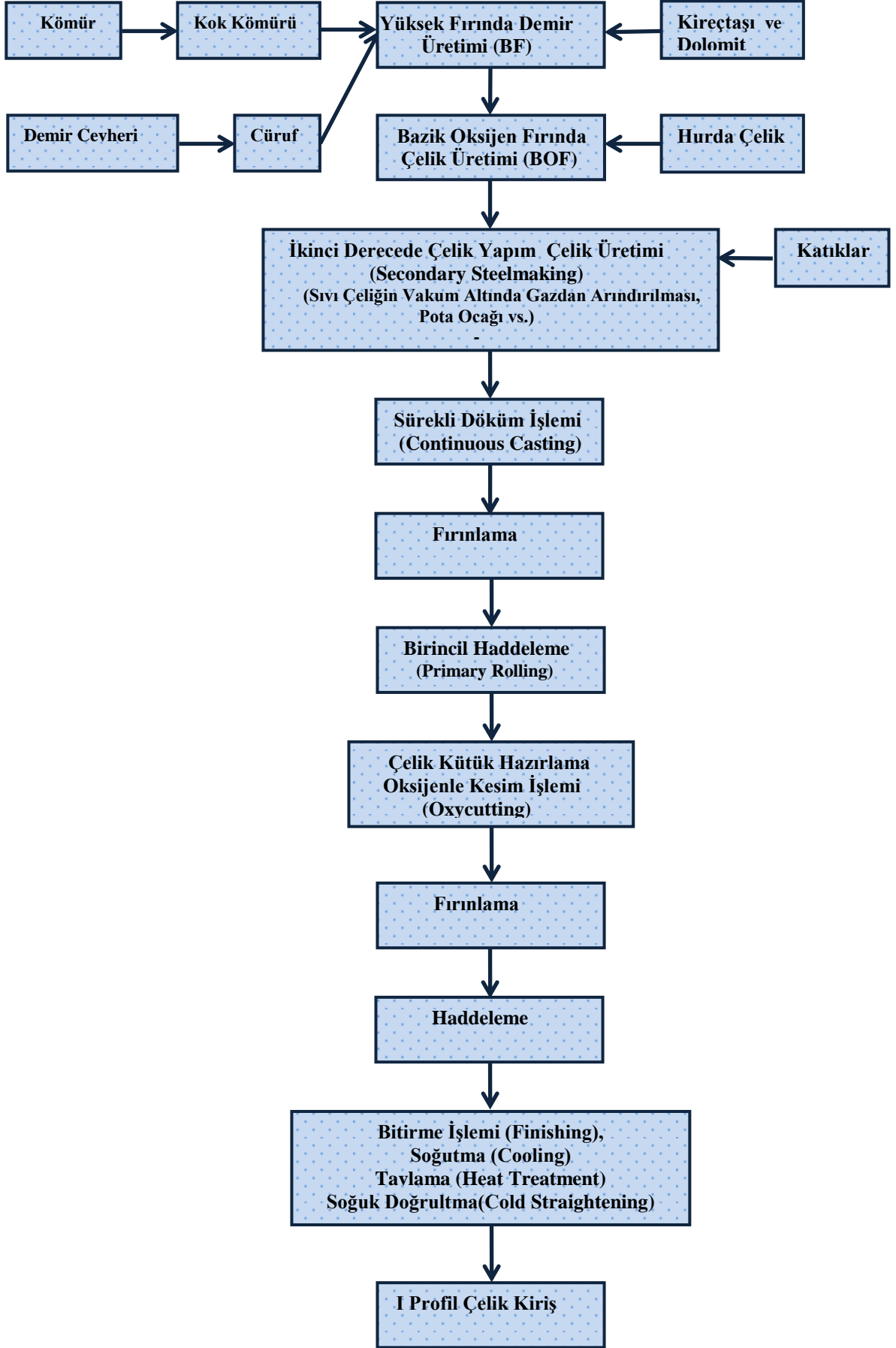
Yapısal Çeliğin Geri Dönüşümü ile Hammaddeden Doğrudan Üretimnin Çevresel Açısından Karşılaştırılması;

Şekil 4.29’da beşikten kapıya yaşam döngüsü aşamaları yer alan geri dönüşüm ile çelik üretiminin EAF’ında; Şekil 4.31’de beşikten kapıya yaşam döngüsü aşamaları yer alan hammadden doğrudan çelik üretiminin ise BOF’ında gerçekleştiği varsayılmış olup, World Steel Association’ın verilerine göre BOF’ında 1 kg sıvı çelik üretimi ile EAF’ında hurda çelik kullanılarak 1 kg sıvı çelik üretime ait beşikten kapıya yaşam döngüsünde ürün sistemindeki girdi ve çıktı verileri Çizelge 4.5’te; gaz salınımları Çizelge 4.6.da; su ve toprak salınımları ise Çizelge 4.7.de yer almaktadır. World Steel Association tarafından yapılan çalışmada çeliğin geri dönüşüm oranı %90 olarak ele alınmıştır.

Çizelge 4.5. 1 kg Sıvı Çeliği Bazık Oksijen Fırını (BOF) ile Elektrik Ark Fırınında (EAF) Üretimine Ait Girdiler (URL-1’den uyarlanmıştır).

Girdiler	Birim	Bazık Oksijen Fırını ile Çelik Üretimi (BOF)	Elektrik Ark Fırını ile Çelik Üretimi (EAF)
Kömür ve Kok Kömürü	Gram (g)	686	78
Cüruf	Gram (g)	60	70
Demir Cevheri	Gram (g)	1725	
Demir ve Çelik Hurdası	Gram (g)	148	1065
Su	Litre (lt)	11.5	1
Hava	Metreküp (m ³)	0.0012	
Toplam Birincil Enerji Tüketimi	Megajul (Mj)	21.71	7.43

Çizelgede 4.5’te yer alan veriler incelendiğinde; EAF’ında gerçekleştirilen çelik üretimde 1725 g demir cevheri ile 608 g kömürün korunduğu görülmektedir. Ayrıca çeliğin BOF’ında üretimi ile EAF’ında üretimi karşılaştırıldığında, BOF’ında gerçekleştirilen üretimdeki toplam birincil enerji tüketiminin EAF’ında gerçekleşen üretimin yaklaşık üç katı olduğu görülmektedir.



Şekil 4.31. I Profil Çelik Kirişin Hammadden Doğrudan Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü Aşamaları (URL-1'den uyarlanmıştır.)

Çizelge 4.6. 1 kg Sıvı Çeliğin Bazık Oksijen Fırını (BOF) ile Elektrik Ark Fırınında (EAF) Üretiminde Gerçekleşen Gaz Salınımları (URL-1’den uyarlanmıştır).

Çıktılar Hava Salınımları	Birim	Bazık Oksijen Fırını ile Çelik Üretimi (BOF)	Elektrik Ark Fırını ile Çelik Üretimi (EAF)
CO ₂	Gram (g)	1987	365
CO	Gram (g)	25.9	3
SO ₂	Gram (g)	2.1	1
NO _x	Gram (g)	2.4	0.8
Metan	Gram (g)	0.2	0.7
Diğer Hidrokarbonlar	Gram (g)	14	0.1
H ₂ S	Gram (g)	0.1	0
VOC _s	Gram (g)	0.1	0.1
Tanecikler (Partikül)	Gram (g)	1.8	0.3
Su Buharı	Gram (g)	7.5	0

Çizelge 4.7. 1 kg Sıvı Çeliğin Bazık Oksijen Fırını (BOF) ile Elektrik Ark Fırınında (EAF) Üretiminde Gerçekleşen Su ve Toprak Salınımları (URL-1’den uyarlanmıştır).

Çıktılar Suya Salınımlar	Birim	Bazık Oksijen Fırını ile Çelik Üretimi (BOF)	Elektrik Ark Fırını ile Çelik Üretimi (EAF)
Klorür	Gram (g)	0.3	1
Asılı Katı Maddeler	Gram (g)	0.1	0.1
Amonyak	Gram (g)	0.1	0
Atık Su	Litre (lt)	0.28	0.21
Toprak Salınımları			
Maden Atıkları	Gram (g)	2394	
Cüruf	Gram (g)	25	11
Toz ve Çamur	Gram (g)	10	
Tortu ve ince taneler	Gram (g)	17	
Diğer Atıklar	Gram (g)	13	12.5

Çizelge 4.6.'da yer alan veriler incelendiğinde her iki üretim yöntemi arasında CO₂ salınımı açısından önemli bir fark olduğu göze çarpmaktadır. Çizelge 4.6.'da, geri dönüşüm ile EAF'ında gerçekleşen üretimde açığa çıkan CO₂ salınımının, BOF'ında gerçekleşen üretimde açığa çıkan CO₂ salınımından 1622 g daha az olduğu görülmektedir. Ayrıca EAF'ında hurda çelik kullanılarak geri dönüşüm ile çelik üretiminde, madencilik faaliyetleri ile hammadden demir üretimi aşamalarında ortaya çıkacak olan çevresel etkilerden kaçınılmış olunmaktadır.

Yapısal çeliğin geri dönüşüm ile elde edilmesinde, yaşam döngüsü içerisinde, ayrıştırma, depolama, taşıma (nakliye), çeliğin eritilmesi ve işlenmesi gibi geri kazanım süreçleri bulunmaktadır. Tez çalışması kapsamında yapılan karşılaştırmada, hurda çeliğin ayrıştırılması, depolanması ve taşınması gibi süreçler dahil edilmemiştir. Ancak tüm bu ek süreçler olmasına rağmen, Lambert ve Gupta'ya göre geri dönüşüm sırasında oluşan çevresel etki, hammadden doğrudan üretime kıyasla çok daha azdır. (Lambert ve Gupta, 2004)

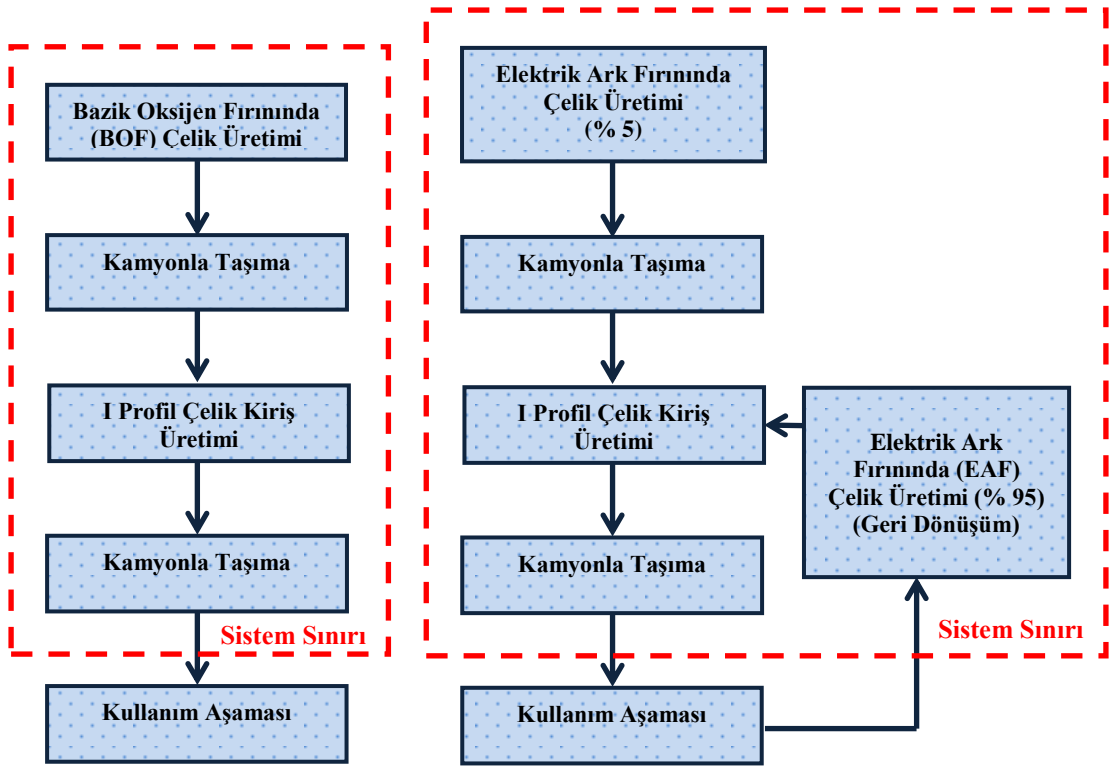
Sonuç olarak Çizelge 4.5., Çizelge 4.6. ve Çizelge 4.7.'de yer alan veriler değerlendirildiğinde; çeliğin geri dönüşüm ile üretiminin ile hammadden doğrudan üretimine göre enerji ve kaynak tüketimi başta olmak üzere çeşitli salınımlar açısından çevresel açıdan üstünlük sağladığı sonucuna ulaşılmaktadır. Ancak sözü geçen çizelgelerdeki verilere dayanarak, enerji ve kaynak tüketimi ile çeşitli salınımların çevresel etkilerini, etki sınıflarına göre ortaya koymak mümkün olmamaktadır. Bu sebeple, çevresel etkilerin etki sınıflarına göre değerlendirilebilmesi ve YDD Yönteminin yapı sektöründe kullanımına açıklık getirilebilmesi için, ürün tabanlı bir yazılım olan ve "Birinci Basamak Ürün Karşılaştırma Araçları" grubunda tanımlanan GaBi yazılımı kullanılarak yapısal çeliğin hammadden doğrudan üretimi ile geri dönüşüm ile üretimi çevresel açıdan karşılaştırılacaktır. Çalışmada hammadden çelik üretimi ile geri dönüşüm ile çelik üretiminin yaşam döngüsü modellenecek ve programdan elde edilen veri ve grafikler tez çalışması kapsamında irdelenecektir.

4.3.1. Örnek Çalışma

Çalışmanın Amaç ve Kapsam Tanımı: Yapısal çeliğin hammadden doğrudan üretimi ile geri dönüşüm ile üretiminin, yaşam döngüsü içerisinde beşikten kapıya çevresel etkilerinin ortaya konularak, çalışmanın çevresel karar alma açısından yol gösterici olması hedeflenmektedir. Çalışma kapsamında, “T” profil çelik bir kirişin hammaddeden doğrudan üretimi ile geri dönüşüm ile üretimi, belirlenen etki sınıflarına göre çevresel açıdan karşılaştırılacaktır. Çalışmada, 3. Bölümde özellikleri açıklanan GaBi yazılımı kullanılacaktır. Çalışma kapsamında, “T” profil çelik kirişin hammadden doğrudan üretiminin Bazık Oksijen Fırınında (BOF) gerçekleştiği, geri dönüşüm ile üretiminin ise Elektrik Ark Fırınında (EAF) gerçekleştiği ve iki farklı üretim yönteminin de yaşam döngüsü içerisinde çeşitli çevresel etkiler oluşturduğu varsayılmaktadır. BOF’ında gerçekleştirilen çelik üretiminde yaklaşık %15 oranında (çalışmada 1 kg çelik üretimi için 155 g hurda çelik olarak ele alınmıştır.) hurda çelik kullanıldığı; EAF’ında gerçekleştirilen üretimde ise %95 oranında hurda çeliğin geri dönüştürüldüğü varsayılmıştır. Bu oranlar, GaBi yazılımının veri tabanında tanımlı bulunan oranlardır.

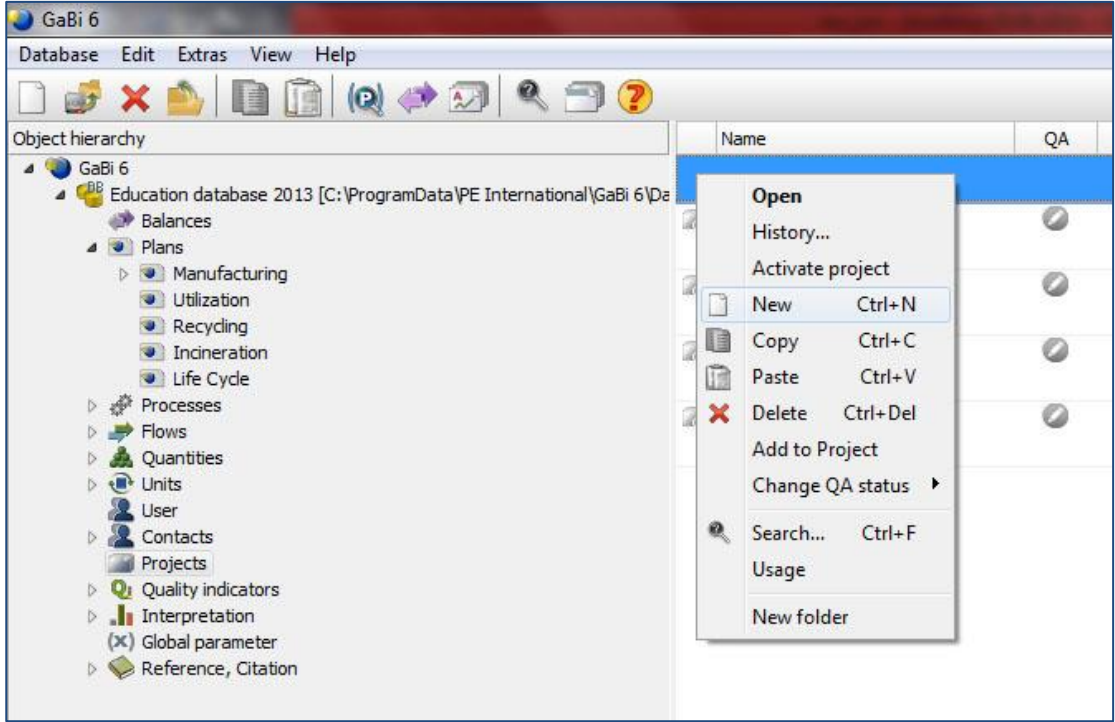
Çalışmada işlevsel birim; “1 kg I Profil Çelik Kiriş Üretimi” şeklinde ele alınmıştır. İşlevsel birim belirlenirken, yapısal çeliğe ilişkin “World Steel Association” tarafından yapılan çeşitli YDD çalışmaları referans alınmıştır. Hammaddenin çıkarılmasından, şantiye alanına getirilmesine kadar geçen süreçte yer alan girdi ve çıktılar sistem sınırı içerisinde tanımlanmıştır. Çalışmaya konu çelik kirişe ait yıkım/söküm ve kullanım aşaması verileri bulunmaması sebebiyle bu aşamalardaki çevresel etkiler, sistem sınırları dışında tutulmuştur. Çalışmada nakliye mesafeleri 100’er km, taşıma yöntemi ise kara yolu ile taşımacılık (kamyon ile taşımacılık) olarak belirlenmiştir.

Veri kalite gerekleri, yapısal çelik için teknoloji ve zaman ile ilgili değişkenleri içermemekte olup, bölgesel koşullar ihmal edilecektir. YDD Çalışması ISO 14040 ve ISO 14044 Standartlarına dayanılarak, gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.32.’de, tez kapsamında uygulanan örnek çalışmaya dahil edilen yaşam döngüsü aşamaları yer almaktadır.



Şekil 4.32. I Profil Çelik Kirişin Çalışmaya Konu Hammadden Doğrudan Üretimi ile Geri Dönüşüm ile Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü Aşamaları.

GaBi yazılımı kullanılarak gerçekleştirilecek bir YDD çalışması, Şekil 4.33.'te gösterildiği üzere “projects” (projeler) sekmesi kullanılarak, yeni bir proje oluşturulması, adlandırılması ve aktif hale getirilmesi işlemi ile başlamaktadır. Daha sonra yazılımda “plans” olarak belirtilen ürün sistemi modellenmelidir. Plan, çalışmaya dahil olan yaşam döngüsü aşamaları ile bu aşamalarda yer alan birim süreçleri ve birim süreçlere ait girdi (input) ve çıktı (output) bilgilerini içermektedir. Birim süreçler birbirlerine akışlar (flows) ile bağlıdır. Çalışmaya dahil edilmek istenilen birim süreçler ve akışlar yazılımının veri tabanında yer almakta olup, programda yeni bir birim süreç tanımlama olanağı da ayrıca bulunmaktadır. Şekil 4.33'te GaBi yazılımı veri tabanındaki bazı sekmeler yer almaktadır. Şekil 4.34.'de ise GaBi yazılımının veri tabanında tanımlı birim süreçlerden (processes) örnek çalışmada yararlanılan sırasıyla; “production” (üretim), “material production” (malzeme üretimi), “metal production” (metal üretimi) sekmeleri altında bulunan “BOF’ında Metal Üretimi” birim süreci görülmektedir. Şekil 4.35.'te ise GaBi yazılımı veri tabanında bulunan “BOF’ında Metal Üretimi” birim sürecine ait girdi ve çıktılarının listesi yer almaktadır.



Şekil 4.33. GaBi Yazılımına Ait Veri Tabanında Yer Alan Sekmeler

Nation	Name	Type / Shi	QA	Source	Last change
Metal production					
DE	Aluminium sheet mix	agg	✓	PE	01.12.2013 02:00:00
technology mix consumption mix, at consumer aluminium sheet thickness between 0.2 and ...					
DE	Copper mix (99,999% from electrolysis)	agg	✓	PE	01.12.2013 02:00:00
from electrolysis consumption mix, at consumer 99,999% Cu					
DE	Zinc redistilled mix	agg	✓	PE	01.12.2013 02:00:00
primary production consumption mix, at consumer					
DE	Lead (99,995%)	agg	✓	PE	01.12.2013 02:00:00
primary production production mix, at plant 99,995 % Pb					
DE	Ferro chrome mix	agg	✓	PE	01.12.2013 02:00:00
primary production consumption mix, at consumer 60 % chrome, high carbon					
EU-27	Aluminium ingot mix	agg	✓	PE	01.12.2013 02:00:00
primary production consumption mix, at consumer aluminium ingot product, including primary...					
DE	Steel sheet HDG	agg	✓	PE	01.12.2013 02:00:00
BF route - Flat C-steel production mix, at producer Steel sheet 0.75mm HDG (0.02mm Zn; 2sides)					
DE	Aluminium ingot mix	agg	✓	PE	01.12.2013 02:00:00
primary production consumption mix, at consumer aluminium ingot product, including primary...					
EU-27	Aluminium foil	agg	✓	PE	01.12.2013 02:00:00
primary production production mix, at plant 5-200 micro metres					
GLO	Silicon mix (99%)	agg	✓	PE	01.12.2013 02:00:00
technology mix production mix, at plant					
DE	BF Steel billet / slab / bloom	agg	✓	PE	01.12.2013 02:00:00
BF route production mix, at producer Crude steel					
EU-27	Aluminium hydroxide mix (bauxite tre	agg	✓	PE	01.12.2013 02:00:00
technology mix consumption mix, at consumer					
GLO	Ferro silicon mix	agg	✓	PE	01.12.2013 02:00:00
primary production production mix, at plant 91%, silicon					
ZA	Ferro manganese	agg	✓	PE	01.12.2013 02:00:00
primary production production mix, at plant 77 % manganese, high carbon					
DE	Aluminium extrusion profile mix	agg	✓	PE	01.12.2013 02:00:00

Şekil 4.34. BOF'ında Metal Üretimi Birim Süreci

DE: BF Steel billet / slab / bloom PE [Metal production] -- DB Process

Object Edit View Help

Name DE BF Steel billet / slab / bloom

Parameter

Parameter	Formula	Value	Minimum	Maximum	Standar	Commer
Parameter						

LCA LCC: 17,2 EUR LCWE Documentation

Completeness All relevant flows recorded

Inputs

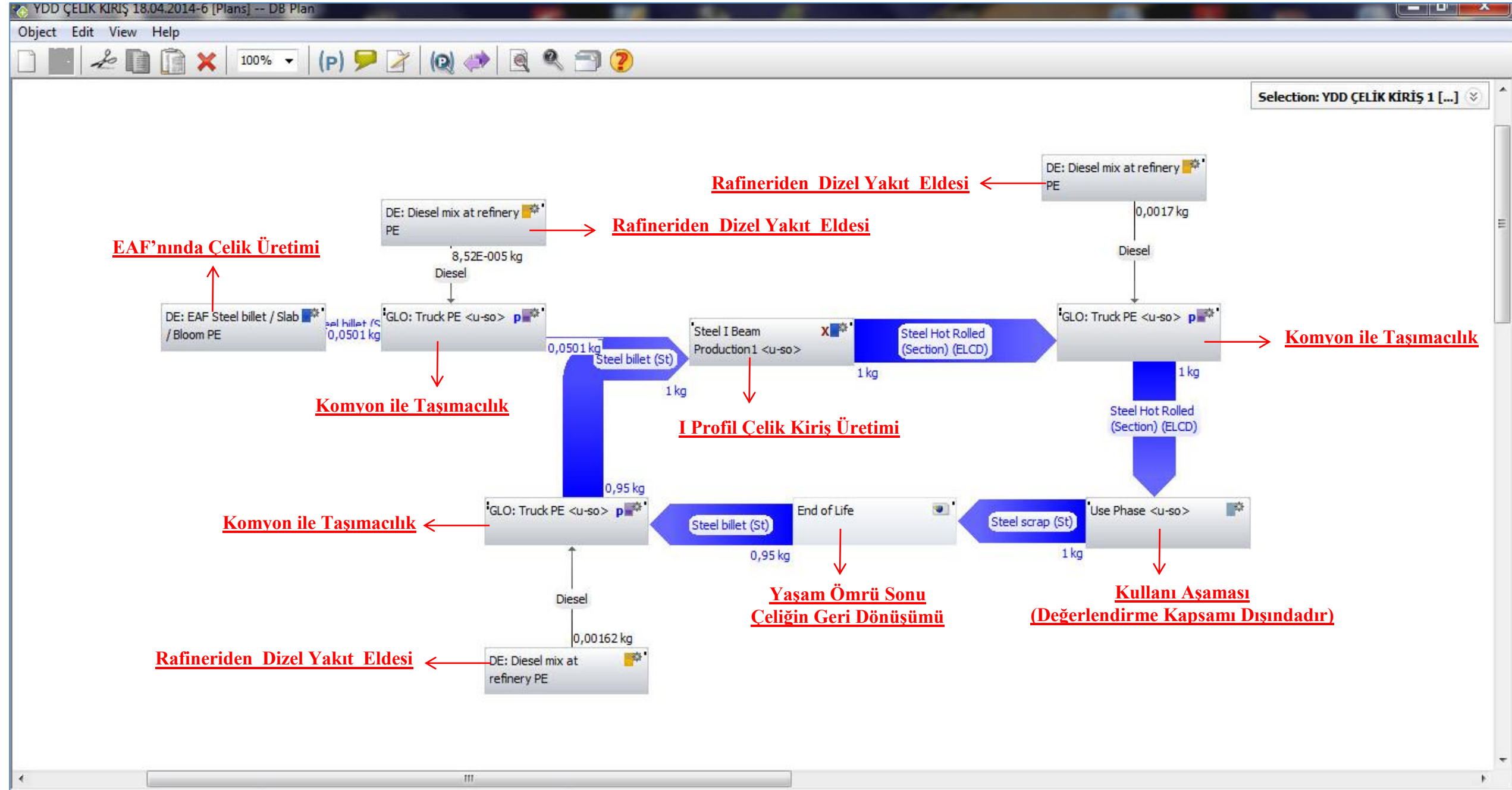
Flow	Quantity	Amount	Unit	Trz	Standar	Origin	Comment
Steel scrap (St) [Waste for recovery]	Mass	0,155	kg	* 0 %		(No statement)	
Air [Renewable resources]	Mass	2,7	kg	0 %		(Calculated)	
Antimony [Non renewable elements]	Mass	1,51E-011	kg	0 %		(No statement)	
Barium sulphate [Non renewable resou]	Mass	1,11E-015	kg	0 %		Literature	
Basalt [Non renewable resources]	Mass	2,22E-008	kg	0 %		Calculated	
Bauxite [Non renewable resources]	Mass	-0,000101	kg	0 %		(Literature)	
Bentonite [Non renewable resources]	Mass	-0,00017	kg	0 %		Literature	
Biotic Production [Transformation]	Biotic Production	0,0025	kg/a	0 %		Literature	

Outputs

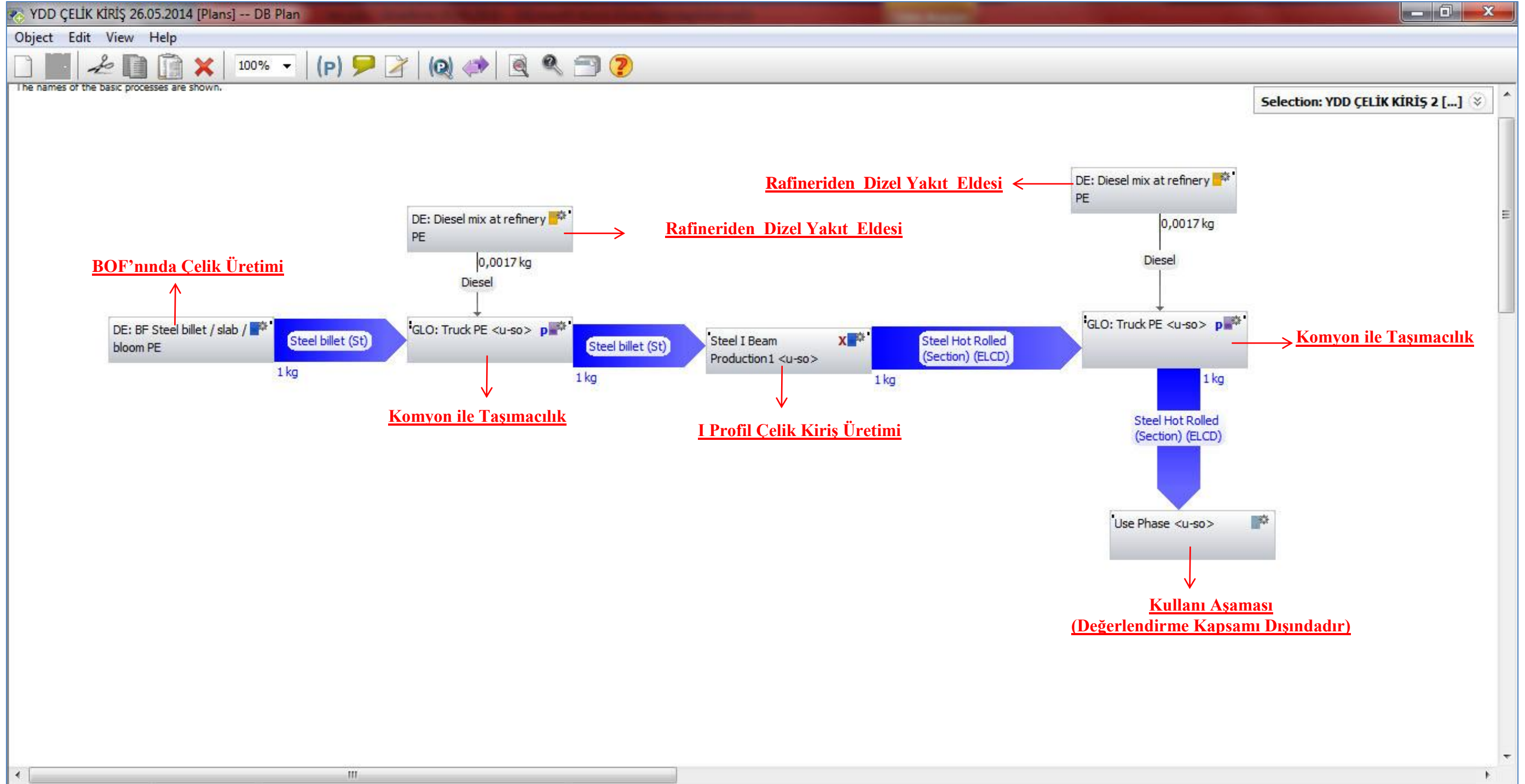
Flow	Quantity	Amount	Unit	Trz	Standar	Origin	Comment
Nitrogen trifluoride [Inorganic emission]	Mass	1,11E-012	kg	0 %		Measured	
Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (2,3	Mass	6,44E-022	kg	0 %		(Estimated)	
Hydrogen phosphorous [Inorganic em	Mass	4,33E-013	kg	0 %		Measured	
Rhodium [Heavy metals to air]	Mass	3,03E-018	kg	0 %		Measured	
Thallium [Heavy metals to fresh water	Mass	3,73E-013	kg	0 %		(Measured)	
Hydrogen fluoride (hydrofluoric acid)	Mass	9,11E-010	kg	0 %		(Measured)	
Ammonium [Inorganic emissions to air]	Mass	2,55E-010	kg	0 %		Measured	
n-Butyl acetate [Group NMVOC to air]	Mass	4,44E-015	kg	0 %		Measured	
Aluminium oxide (dust) [Particles to air]	Mass	1,3E-009	kg	0 %		Measured	
Diethylamine [Group NMVOC to air]	Mass	-1,22E-018	kg	0 %		Measured	
Arsenic (+V) [Heavy metals to industr	Mass	2,23E-013	kg	0 %		Measured	
Hexamethylene diamine (HMDA) [Grou	Mass	2,88E-020	kg	0 %		Measured	
Butadiene [Group NMVOC to air]	Mass	1,72E-016	kg	0 %		Measured	
Tellurium [Heavy metals to air]	Mass	-3.05E-010	kg	0 %		(Measured)	

Şekil 4.35. GaBi Yazılımı Veri Tabanında Bulunan “BOF”ında Metal Üretimi” Birim Sürecine Ait Girdi ve Çıktılar.

Envanter Analizi: Envanter Analizi, ürün sistemindeki girdi ve çıktı verilerinin toplandığı aşama olup, çalışmada birim süreçlere (processes) ait GaBi yazılımı veri tabanında tanımlı bulunan girdi ve çıktılar kullanılacaktır. GaBi yazılımda “plan” olarak belirtilen yaşam döngüsünün modellenmesi ile birlikte ürün sistemine ait girdi ve çıktı verileri de oluşturulmuş olacaktır.



Şekil 4.36. EAF'ında Gerçekleştirilen Geri dönüşüm ile Yapısal Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü (GaBi Yazılımında Modellenmiştir.)



Şekil 4.37. BOF'ında Gerçekleştirilen Hammadden Doğrudan Yapısal Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü (GaBi Yazılımında Modellenmiştir.)

Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi: Çalışmada YDD çalışmalarında yaygın olarak kullanılan CML 2001 metodu kullanılacak olup, etki sınıfları;

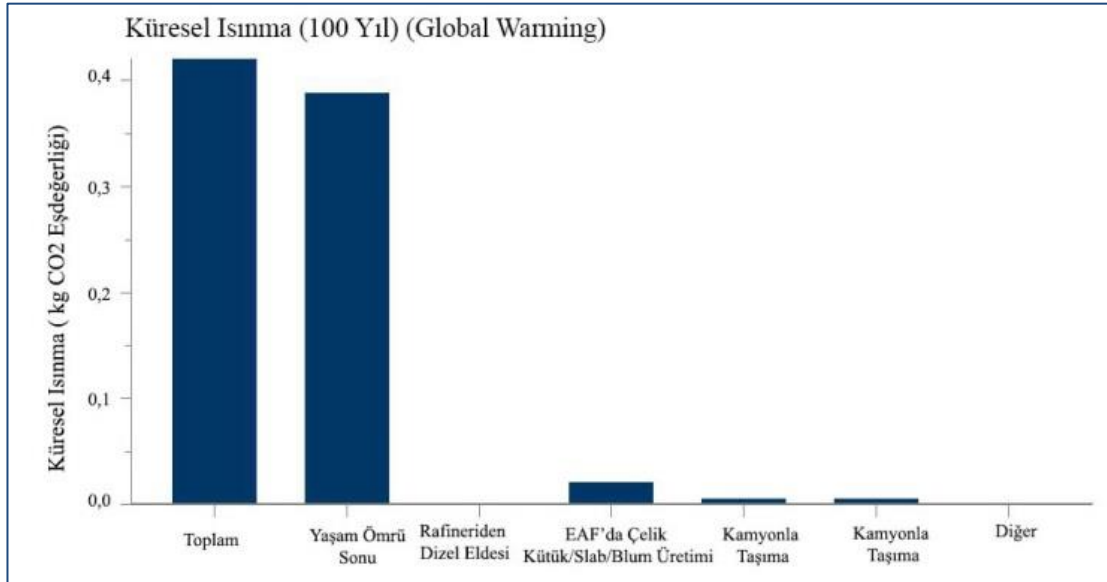
- Küresel Isınma (Global Warming)
- Asitleşme (Acidification)
- Ozon İncelmesi (Ozone Depletion)
- Ötrofikasyon (Eutrophication)
- İnsan Zehirlenmesi (Human Toxicity) olarak, Çizelge 3.2.'de yer alan, yaygın olarak kullanılan etki sınıfları şeklinde belirlenmiştir.

GaBi yazılımında planın modellenmesi sonrası, yazılımın “balance calculation” (denklik hesaplama) sekmesi kullanılarak, belirlenen etki sınıflarına göre yaşam döngüsü aşamaları çevresel etkileri hesaplanmaktadır. Denklik hesaplama sonuçları, yaşam döngüsü aşamalarına göre girdi ve çıktı listesi ile belirlenen etki sınıflarına göre çevresel etkileri grafikler şeklinde sunmaktadır. Aynı zamanda, denklik hesaplarını bir rapor olarak elde etme olanağı da bulunmaktadır.

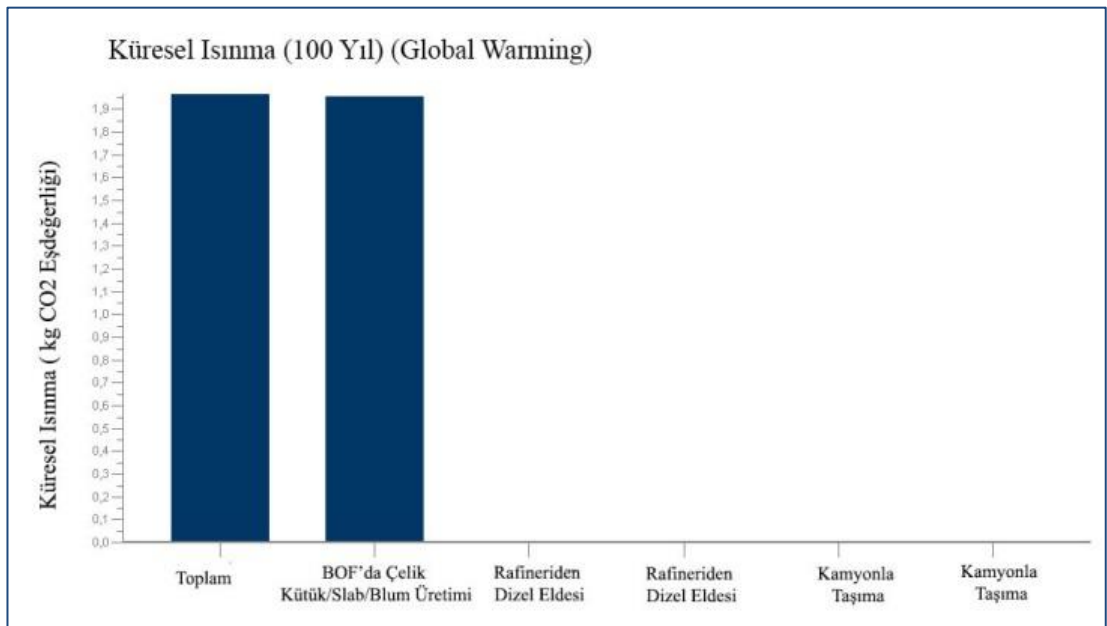
Tez çalışması kapsamında GaBi yazılımında modellenen; “EAF’ında Geri dönüşüm ile Yapısal Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü” Şekil 4.36’da; “BOF’ında Gerçekleştirilen Hammadden Doğrudan Yapısal Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü” ise Şekil 4.37’de yer almakta olup, sözü geçen şekillerde yaşam döngüsünde yer alan birim süreçlere ilişkin Türkçe açıklamalar da bulunmaktadır. Çalışmaya ait denklik hesapları (balances) sonuçları grafikler şeklinde bu başlık altında, yaşam döngüsündeki girdi ve çıktılarının listesi ise EK-B ve EK-C’de yer almaktadır.

Yorum Aşaması: Şekil 4.38.’de “EAF’ında Geri dönüşüm ile Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsündeki 100 yıllık Küresel Isınma Potansiyeli” yer almaktadır. Şekil 4.38’de “Yaşam Ömrü Sonu” olarak adlandırılan aşama, yapısal çeliğin %95 oranında geri kazanılarak EAF’ında geri dönüşüm ile I profil çelik giriş üretiminin gerçekleştirildiği aşama olup, bu aşamadaki küresel ısınma potansiyelinin yaklaşık 0,4 kg CO₂ eşdeğerliğinde olduğu görülmektedir. Şekil 4.39.’da ise “BOF’ında Gerçekleştirilen Hammaddeden Doğrudan Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsünde Küresel Isınma Potansiyeli” yer almaktadır. Elde edilen sonuçlara göre BOF’ında gerçekleştirilen çelik üretiminde 100 yıl için küresel

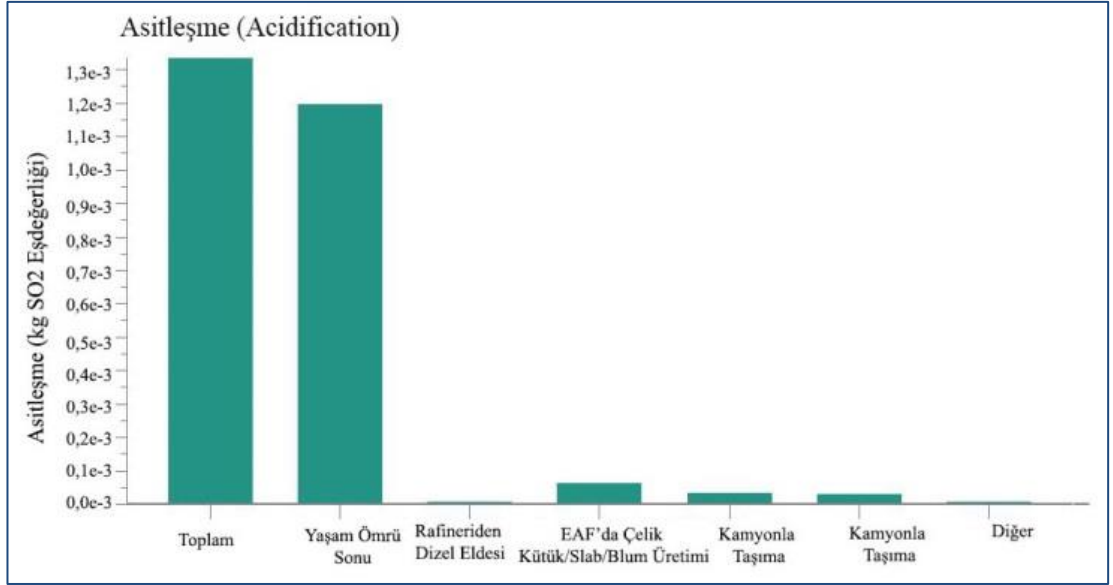
ısınma potansiyelinin oldukça yüksek olduğu ve bu oranının yaklaşık olarak 1.9 kg CO₂ eşdeğeri olarak hesaplanmış olduğu görülmektedir. EAF'ında gerçekleştirilen geri dönüşüm ile çelik üretiminin, BOF'ında gerçekleştirilen hammaddeden doğrudan üretimine kıyasla küresel ısınma potansiyeline göre çevresel açıdan üstünlük sağladığı sonucuna ulaşılmaktadır.



Şekil 4.38. EAF'ında Geri dönüşüm ile Çelik Üretimi Ait Beşikten Kapiya Yaşam Döngüsünde Küresel Isınma (Global Warming)

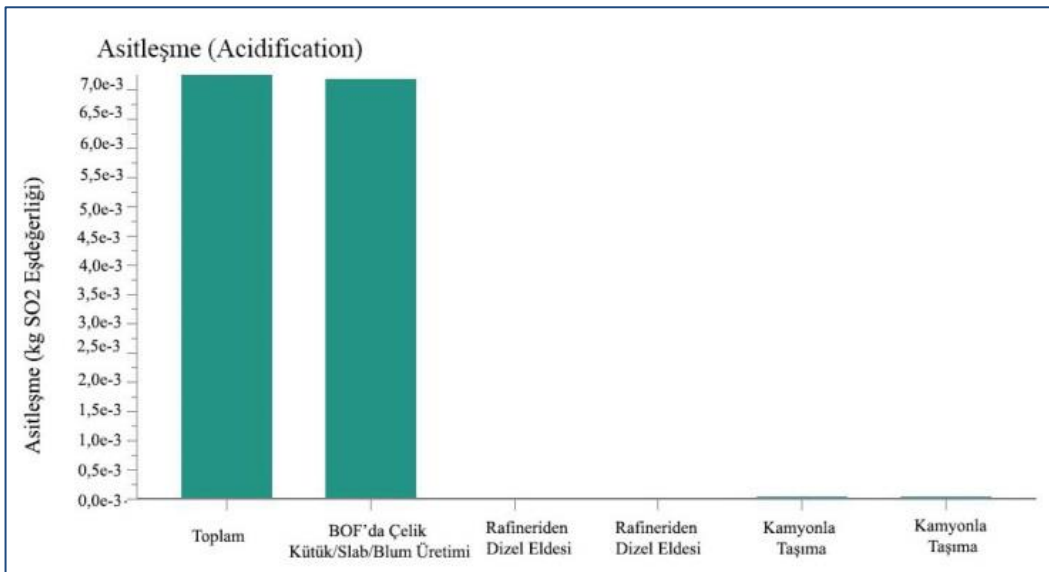


Şekil 4.39. BOF'ında Gerçekleştirilen Hammaddeden Doğrudan Çelik Üretiminin Beşikten Kapiya Yaşam Döngüsünde Küresel Isınma (Global Warming)



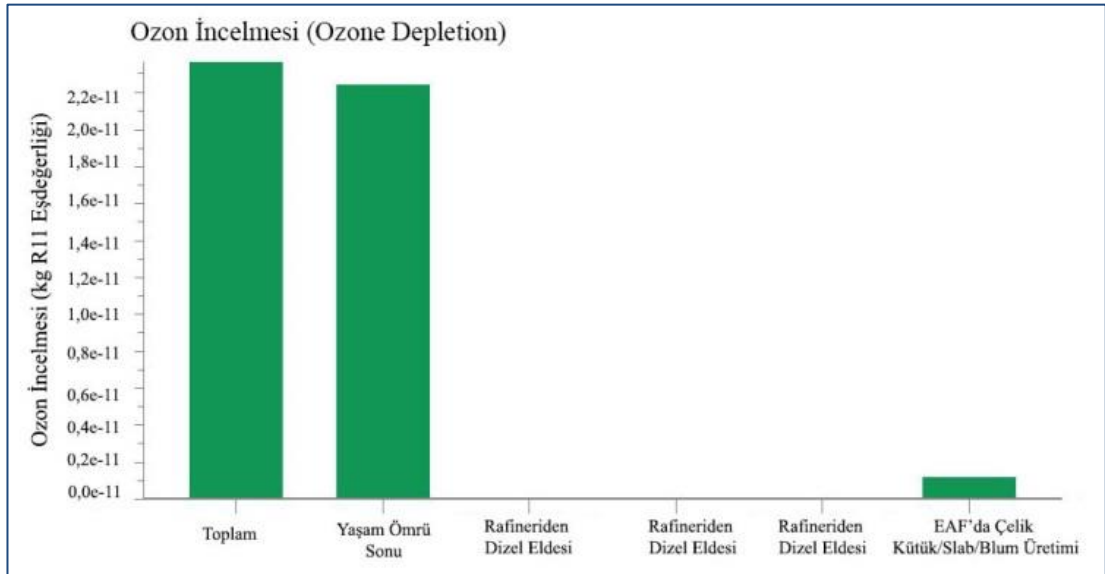
Şekil 4.40. EAF’ında Geri dönüşüm ile Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapağa Yaşam Döngüsünde Asitleşme (Acidification)

Şekil 4.40.’da “EAF’ında Geri dönüşüm ile Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapağa Yaşam Döngüsündeki Asitleşme Potansiyeli” kg SO₂ eşdeğeri olarak yer almaktadır. Şekil 4.40.’ta “Yaşam Ömrü Sonu” olarak adlandırılan aşamada yapısal çeliğin %95 oranında EAF’ında geri dönüşüm ile “T” profil çelik kirişin üretimi sırasındaki asitleşme potansiyelinin diğer aşamalara göre oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Toplam asitleşme potansiyeli ise 1.3 kg SO₂ eşdeğerliğini aşmaktadır.



Şekil 4.41. BOF’ında Gerçekleştirilen Hammaddeden Doğrudan Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapağa Yaşam Döngüsünde Asitleşme (Acidification)

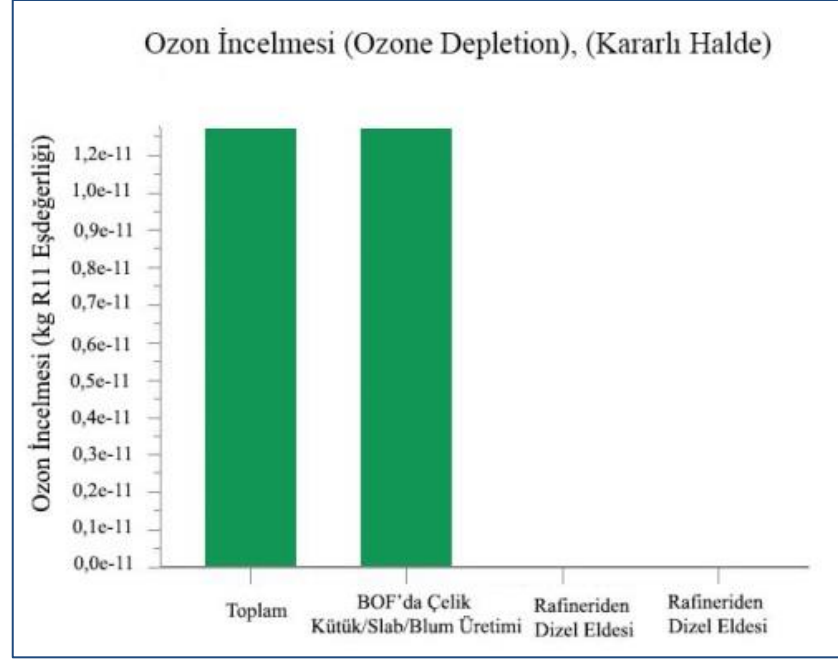
Şekil 4.41.'de “BOF’ında Gerçekleştirilen Hammaddeden Doğrudan Çelik Üretiminin Beşikten Kapağa Yaşam Döngüsünde Asitleşme Potansiyeli” kg SO₂ eşdeğerliği olarak yer almaktadır. Şekil 4.41.'de BOF’ında gerçekleştirilen hammaddeden doğrudan çelik üretiminin beşikten kapağa yaşam döngüsünde asitleşmenin oldukça yüksek olduğu, bu oranın yaklaşık 7.00 kg SO₂ eşdeğerliğinde olduğu görülmektedir. Şekil 4.40. ve Şekil 4.41.'deki asitleşme potansiyeli oranları karşılaştırıldığında EAF’ında gerçekleştirilen geri dönüşüm ile çelik üretiminin BOF’ında gerçekleştirilen hammaddeden doğrudan çelik üretimine kıyasla asitleşme potansiyeline göre çevresel açıdan üstünlük sağladığı sonucuna ulaşılmaktadır.



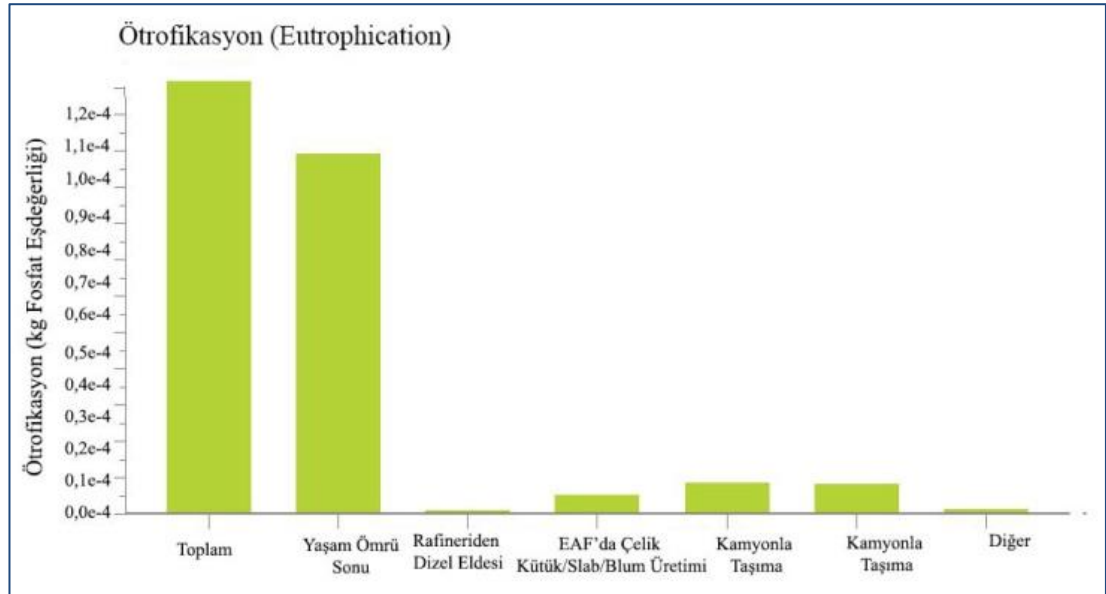
Şekil 4.42. EAF’ında Geri dönüşüm ile Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapağa Yaşam Döngüsünde Ozon İncelmesi (Ozone Depletion)

Şekil 4.42.'de “EAF’ında Geri dönüşüm ile Çelik Üretimi Ait Beşikten Kapağa Yaşam Döngüsündeki Ozon Tabakası İncelmesi Potansiyeli” yer almakta olup, bu değer yaklaşık olarak 2.2 kg R₁₁ eşdeğerliğinde olduğu görülmektedir. Şekil 4.43.'te ise, “BOF’ında Gerçekleştirilen Hammaddeden Doğrudan Çelik Üretiminin Beşikten Kapağa Yaşam Döngüsünde Ozon İncelmesi Potansiyeli” yer almaktadır. BOF’ında gerçekleştirilen çelik üretiminde ozon tabakası incelmesi potansiyelinin yaklaşık 1.2 kg R₁₁ eşdeğerliğinde olduğu görülmektedir. Çalışma sonuçlarına göre

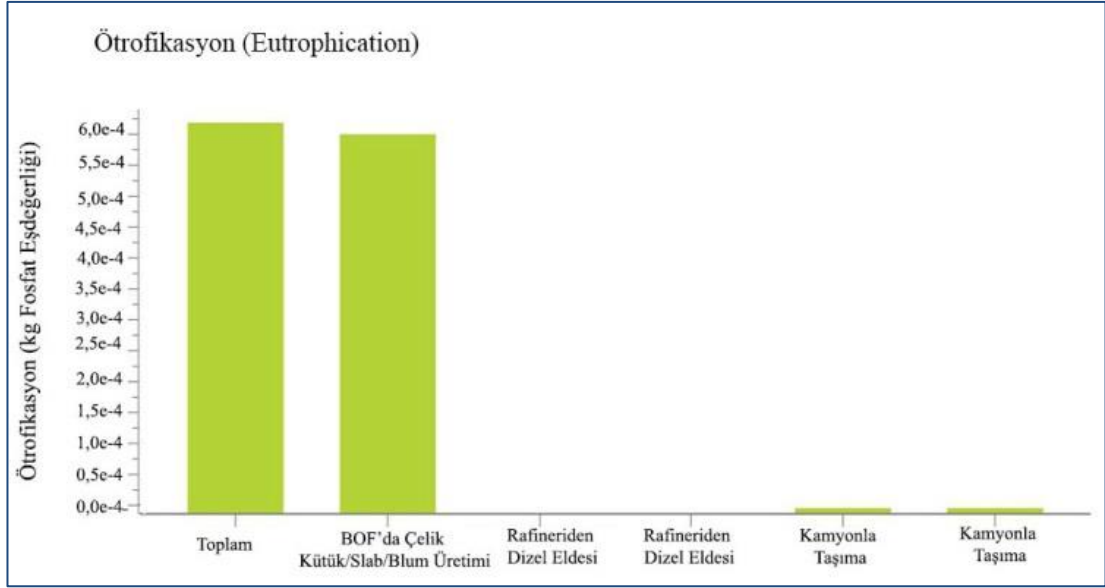
BOF’ında çelik üretimi ozon tabakası incelmesi potansiyeli açısından EAF’ında geri dönüşüm ile üretime göre çevresel açıdan üstünlük sağlamaktadır.



Şekil 4.43. BOF’ında Gerçekleştirilen Hammaddeden Doğrudan Çelik Üretiminin Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsünde Ozon İncelmesi (Ozone Depletion)



Şekil 4.44. EAF’ında Geri dönüşüm ile Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsünde Ötrofikasyon (Eutrophication)

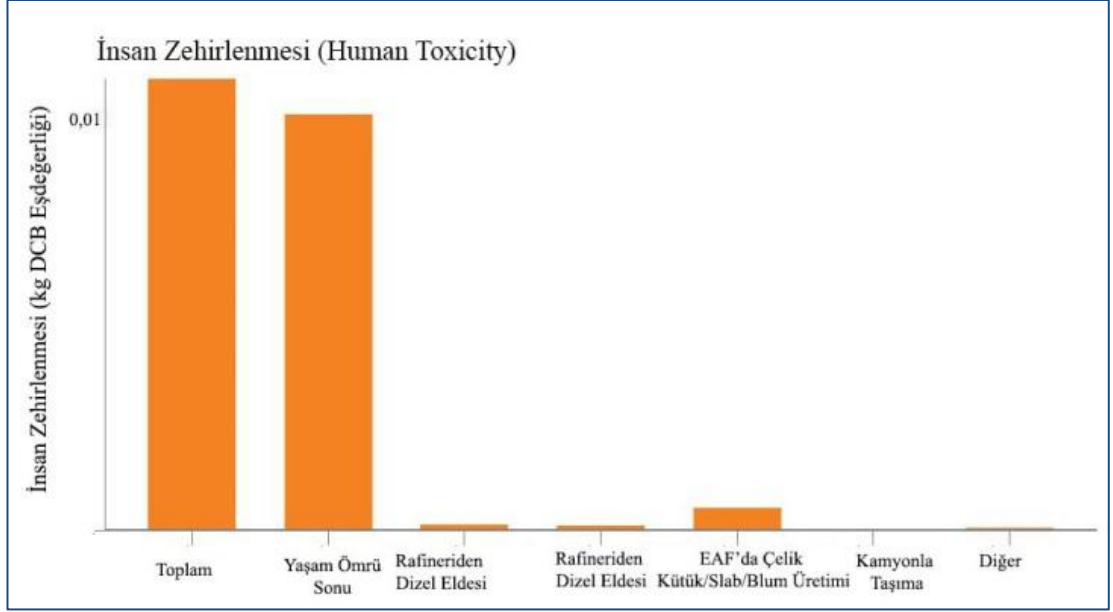


Şekil 4.45. BOF’ında Gerçekleştirilen Hammaddeden Doğrudan Çelik Üretimine Beşikten Kapağa Yaşam Döngüsünde Ötrofikasyon (Eutrophication)

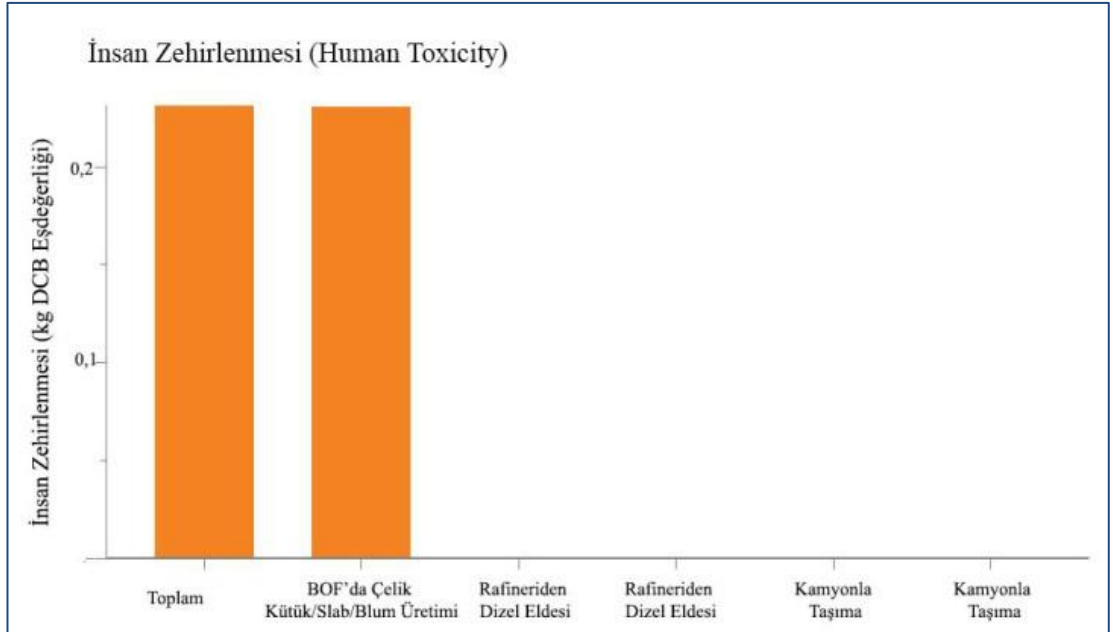
Şekil 4.44.’te “EAF’ında Geri dönüşüm ile Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapağa Yaşam Döngüsündeki Ötrofikasyon Potansiyeli” yer almakta olup, bu oranın 1 kg.Fosfat eşdeğerliği üzerinde olduğu görülmektedir. Şekil 4.45.’te “BOF’ında Gerçekleştirilen Hammaddeden Doğrudan Çelik Üretimine Beşikten Kapağa Yaşam Döngüsünde Ötrofikasyon Potansiyeli” yer almakta olup, bu oran yaklaşık olarak 6.0 kg.Fosfat eşdeğerliğindedir. Çalışma sonuçlarına göre, EAF’ında çelik üretiminin BOF’ında çelik üretime ötrofikasyon potansiyeli bakımında çevresel açıdan üstünlük sağladığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Şekil 4.46.’da “EAF’ında Geri dönüşüm ile Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapağa Yaşam Döngüsündeki İnsan Zehirlenmesi” çevresel etki oranları yer almakta olup, bu oranın 0.01 kg.DCB eşdeğerliğinde olduğu görülmektedir. Şekil 4.48.’de ise “BOF’ında Gerçekleştirilen Hammaddeden Doğrudan Çelik Üretimine Beşikten Kapağa Yaşam Döngüsünde İnsan Zehirlenmesi” çevresel etki oranları yer almakta olup, bu oranın ise yaklaşık 0.2 kg.DCB eşdeğerliğinde olduğu görülmektedir. Çalışmadan elde edilen verilere göre EAF’ında geri dönüşüm ile çelik üretiminin, BOF’ında çelik üretime, İnsan Zehirlenmesi potansiyeli bakımından çevresel açıdan üstünlük sağladığı sonucuna ulaşılmaktadır. Çalışmada belirlenen etki sınıflarına göre elde edilen sonuçların çalışmanın işlevsel birimi ile geri kazanım

olanakları ile ilişkili olduğu ve farklı işlevsel birim ve geri kazanım oranlarına göre değişkenlik gösterebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 4.46. EAF'nında Geri dönüşüm ile Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsünde İnsan Zehirlenmesi (Human Toxicity)



Şekil 4.47. BOF'nında Gerçekleştirilen Hammaddeden Doğrudan Çelik Üretiminin Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsünde İnsan Zehirlenmesi (Human Toxicity)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yeryüzündeki nüfus artışına paralel olarak yapı üretimi gün geçtikçe artmakta ve bununla birlikte doğal kaynak tüketimi, atık oluşumu ve iklim değişikliği gibi çeşitli çevresel etkilerde de artış gözlenmektedir. Çevresel sorunlardaki bu artış, insanoğlunu zorunlu olarak çözüm geliştirme ve önlem alma düşüncesi ile karşı karşıya bırakmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte, günden güne doğaya yabancılaşan insan, doğal döngü içerisinde var olmayan birçok atık oluşturmaktadır. Yapı sektörünün, insan eliyle gerçekleştirilen aktivitelerin neden olduğu çevresel etkilerin önemli bir bölümünü oluşturduğu ve bu çevresel etkilerin genellikle uzun süreli sonuçlar doğurmakla birlikte, insan sağlığı ve yaşamın devamının açısından tehdit oluşturduğu tez çalışmasında belirtilmiştir. Tez çalışmasının 1. Bölümünde; sosyal, ekonomik ve çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması açısından yapı sektörünün önemi vurgulanmış; çalışmanın 2. Bölümde çelik üretim süreci anlatılarak, yapısal çeliğin özellikleri ve kullanım avantajları aktarılmış ve 4. Bölümde ise yapısal çeliğin geri kazanım olanakları ele alınarak, çevresel açıdan karşılaştırma yapılmış ve örnek bir çalışma ortaya konulmuştur.

Tez çalışması kapsamında aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Sürdürülebilir bir gelişmenin sağlanabilmesi için, yapıların beşikten mezara yaşam döngüsündeki çevresel etkilerin bütüncül bir şekilde ele alınarak, çevresel açıdan karar alma olanaklarının geliştirilmesi gerekmektedir.
- Ülkemizde yaşam döngüsü değerlendirme yönteminin yapı sektöründe kullanımı yeterince yaygınlaşmamıştır. Gerek ülkemizdeki ekonomik koşullar, gerek küresel ölçekteki çevresel etkiler göz önüne alındığında; yaşam döngüsü değerlendirme yönteminin yapı sektöründe kullanımının çevresel karar alma açısından ülkemizde yaygınlaştırılması gerekmektedir. Yapıların yaşam döngüsü içerisinde ortaya çıkan çevresel etkiler, bölgesel koşullar ve buldukları ülke veya konumdaki teknolojik olanaklar ile doğrudan ilişkilidir. Literatür araştırması sırasında, Amerika Birleşik Devletleri ile Avrupa Birliği üyesi çeşitli ülkelerdeki kuruluş, üniversite veya enstitülerce, ürünlerin yaşam döngüsünü değerlendirmeye yönelik birçok

çalışma yapılmış ve YDD Yöntemini kullanımına yönelik çeşitli yazılımlar geliştirilmiş olduğu ayrıca YDD Yöntemine ilişkin geliştirilen bu yazılımların veritabanında bölgesel ve teknolojik koşullara yönelik ürün ya da süreç bilgilerinin tanımlı olduğu görülmüştür. Ancak ülkemizde yapı malzeme ve bileşenlerinin yaşam döngüsü içerisindeki çevresel etkilerine yönelik bir veritabanı bulunmamaktadır. Yapı malzeme/bileşen üreticileri ile kamu kurum kuruluşları ve üniversiteler işbirliği ile malzeme ve bileşenlerin yaşam döngülerindeki girdi ve çıktı verileri ile bölgesel koşulların yer aldığı ulusal bir veritabanı geliştirilmesi gerekmektedir.

- Ülkemizdeki mevcut yapı stokunun önemli bir bölümü depremsellik açısından risk oluşturmaktadır. Bu riskin ortadan kaldırılabilmesi için, çeşitli yasa ve yönetmeliklerle (Örnek; Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun), özellikle İstanbul İli özelinde, kentsel dönüşüm adı altında çalışmalar yürütülmektedir. Ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan sürdürülebilirliğin sağlanması için; tez çalışmasının 2. bölümünde; uzun ömürlü olması ve geri kazanımlı bir malzeme olması gibi avantajları aktarılan yapısal çeliğin kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu kapsamda yıkılarak yeniden inşa edilecek yapıların çelik olarak ve dekonstrüksiyona/söküme uygun tasarlanması; yapıların henüz tasarım aşamasında yaşam döngüsü boyunca oluşturacağı çevresel etkilerin ortaya konularak önlemler alınması; yine tasarım aşamasında yapıların yaşam ömrü sonu müdahalelerinin belirlenerek, geri kazanım yöntemlerinin ortaya konulması; konuyla ilgili yerel yönetimler ve üniversiteler işbirliği ile bir yönetim planı oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca gerekli denetimlerin sağlanabilmesi için yapılarda uygulama projelerine ek olarak, yaşam döngüsü aşamaları ve bu aşamalarda olası çevresel etkilerine ilişkin YDD raporlarının konulması ve tüm bu raporlara dayanarak çevresel etkilere yönelik ulusal bir ağ oluşturulması ve böylece yapı sektörünün çevresel etkiler açısından denetiminin sağlanması gerekmektedir.
- Ülkemizdeki mevcut yapılardan, yaşam ömrünü tamamlayan yapıların, yıkım işlemi gerçekleştirilmeden önce, geri kazanım olanaklarının incelenerek raporlandırılması ve bu inceleme sonucunda geri kazanımın sağlanması için

yapı sahibi ya da yatırımcı tarafından önlemler alınması, yerel yönetimlerin bu konuda yol gösterici olması ve konuyla ilgili mevzuatlar oluşturularak bu mevzuatların sürekli güncel tutulması gerekmektedir.

- Türkiye’de yapısal çeliğin kullanımının yeterince yaygınlaşmamış olması ve mevcut çelik yapıların yaşam ömürlerini tamamlamamış olması gibi nedenlerle, geri kazanılmış malzeme ve bileşen üretimine ilişkin ülkemizde henüz bir pazar oluşmamıştır. İlgili pazarın oluşturulabilmesi için, üniversiteler ve araştırma merkezleri ile kamu kurum ve kuruluşları bünyesinde çeşitli merkez ve laboratuvarların kurularak, geri kazanılmış malzeme/bileşenlerinin performans kriterleri açısından gerekli testlerin yapılması ve böylece ürünlerin etiketlenilebilmesi ve ayrıca geri kazanılmış malzeme/bileşen üretimine ilişkin özel yatırımcıların teşvik edilmesi gerekmektedir.
- Yapısal çeliğin geri kazanım olanaklarının artırılarak çevresel etkilerden kaynak tüketiminin, dolayısıyla madencilik faaliyetlerinin azaltılması ve böylece tehlikeli iş sınıfında tanımlanan madencilik faaliyetleri ile ilgili iş kazalarının önüne geçilmesi gerektiği sonuçlarına ulaşılmıştır.

KAYNAKLAR

Addis, B., (2006), Building with reclaimed components and materials: a design handbook for reuse and recycling. Routledge.

Altay, G. Güneyisi, E., M., (2005), "Türkiye'de YAPISAL Çelik sektörü Yeni Gelişmeler A.Ş.", Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Antalya, 22-24 Eylül 2005 s.27-35

Apak, K., (2003), Büyük açıklıklı çelik yapı sistemleri ve uygulanan örneklerin incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, MSGSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Artel, T., Dibağ, G., (1969), Yapı malzemesi. Osman Yalçın Matbaası.

Asdrubali, F., Baldassarri, C., & Fthenakis, V., (2013), Life cycle analysis in the construction sector: Guiding the optimization of conventional Italian buildings. Energy and Buildings, 64, 73-89.

Asif, M., Muneer, T., & Kelley, R., (2007), Life cycle assessment: a case study of a dwelling home in Scotland. Building and Environment, 42(3), 1391-1394.

Balanlı, A. ve Öztürk A., (1993-4), Yapı Biyolojisi-Kavram; Sistem Yaklaşımı ile Yapı Biyolojisi, yayınlanmamış Araştırma Ders Notu, YTÜ Mimarlık Fak., İstanbul.

Balanlı, A., (1997), Yapıda Ürün Seçimi, YÜMFED Yayınları, İstanbul.

Balanlı, A., Tuna, Taygun, G., (2005), Yaşam Döngüsü Süreçlerinde Yapı Ürünü-Çevre Etkileşimi, Megaron, Cilt 1, Sayı 1

Bayraktar, F. T., (2010), Türkiye' de Yapı Malzemesi Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi İçin Bir Sistem Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Blengini, G. A., (2009), Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: a case study in Turin, Italy. Building and Environment, 44(2), 319-330.

Boonstra, C., Rovers, R., & Pauwels, S. (Eds.), (2000), Sustainable Building 2000, 22-25 October 2000, Maastricht, The Netherlands: proceedings. Uitgeverij Aeneas BV.

Burgan, B. A., & Sansom, M. R., (2006), Sustainable steel construction. Journal of Constructional Steel Research, 62(11), 1178-1183.

Burgan, B. A., & Sansom, M. R., (2006), Sustainable steel construction. Journal of Constructional Steel Research, 62(11), 1178-1183.

Cabeza, L. F., Rincón, L., Vilariño, V., Pérez, G., & Castell, A., (2014), Life cycle assessment (LCA) and life cycle energy analysis (LCEA) of buildings and the building sector: a review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 29, 394-416.

Commission of The European Communities, (2001), Green Paper on Integrated Product Policy, COM(2001) 68 final, Brussels

Crawford, R., (2011), Life cycle assessment in the built environment. Taylor & Francis.

Curran, M. A. (Ed.), (2012), Life cycle assessment handbook: A guide for environmentally sustainable products. John Wiley & Sons.

Çakıcı, F., Z., (2005), The Process and Feasibility of Building Deconstruction: A Case Study In Ankara, Yüksek Lisans Tezi, METU, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

Çamur, C., (2010), Isı Yalıtım Malzemelerinin Yaşam Döngüsü Değerlendirme Yöntemiyle Çevresel Etkilerinin değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Demir, A., (2013), Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fak., Metalürji ve Malzeme Müh. Böl., Demir-çelik Üretim Metalurjisi Ders Notu. <http://trdocs.org/docs/index-125834.html>, 03.02.2014

Durmisevic, E., & Noort, N., (2003), Re-use potential of steel in building construction. In *Deconstruction and Materials Reuse Proceedings of the 11th Rinker International Conference*.

Ekinci, S., (2006), Hafif çelik yapı sistemleri, taşıyıcı sistem, yapı fiziği etkileri ve mimari tasarım ilkeleri açısından analizi. Yüksek Lisans Tezi, MSGSÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Elliott, C. D., (1992), *Technics and architecture: the development of materials and systems for buildings*. Mit Press.

Emmer, M. J., (2009), A decision process model for closing the structural steel materials loop in construction (Doctoral dissertation, University of Florida).

Eren, Ö., (2007), Çelik Yapılar Tasarım Konstrüksiyon Uygulama, Arı Sanat Yayınları, İstanbul.

Eriç, M., (1994), Yapı fiziği ve malzemesi. Literatür yayıncılık, İstanbul.

Erlandsson, M., & Borg, M., (2003), Generic LCA-methodology applicable for buildings, constructions and operation services—today practice and development needs. *Building and environment*, 38(7), 919-938.

Felekoğlu, B., Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fak., İnşaat Müh. Böl. Alternatif Yapı Malzemeleri Ders Notu. <http://kisi.deu.edu.tr/burak.felekoglu>, 20.01.2014

Fujita, M., & Iwata, M., (2008), Reuse system of building steel structures. *Structure and Infrastructure Engineering*, 4(3), 207-220.

Gorgolewski, M., (2008), The Deconstruction and Rebuilding of 740 Rue Bel-Air Montreal, Quebec, Advantage Steel, No 33, Winter, 2008, Canadian Institute of Steel Construction.

Gorgolewski, M., (2008), Designing with reused building components: some challenges. *Building Research & Information*, 36(2), 175-188.

Gorgolewski, M., Straka, V., Edmonds, J., & Sergio, C., (2006), Facilitating Greater Reuse and Recycling of Structural Steel in the Construction and Demolition Process. Ryerson University. *Can. Inst. Steel Construct.*

Guinée, J. B. (Ed.), (2002), Handbook on Life Cycle Assessment: Operational Guide to the ISO Standards, Springer Kluwer Academic Publishers: Dordrecht, The Netherlands.

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

Haapio, A., & Viitaniemi, P., (2008), A critical review of building environmental assessment tools. *Environmental impact assessment review*, 28(7), 469-482.

Hsu, S. L., (2010), Life cycle assessment of materials and construction in commercial structures: variability and limitations, Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology.

ISO 14040 (2006), Environmental management—Life cycle assessment—Principles and framework, (ISO 14040:2006). International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland

ISO 14044 (2006), Environmental management—Life cycle assessment—Requirements and guidelines, (ISO 14044:2006). International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland

Jensen A. A., Hoffman L., Møller B. T., Schmidt A., Christiansen K., Elkington J., (1997), Life Cycle Assessment (LCA); A guide to approaches, experiences and information sources, Environmental Issues Series, No:6, European Environment Agency (EEA).

Khasreen, M. M., Banfill, P. F., & Menzies, G. F. (2009), Life-cycle assessment and the environmental impact of buildings: a review. *Sustainability*, 1(3), 674-701.

Kibert, C. J., & Chini, A. R., (2000), Overview of Deconstruction in Selected Countries. CIB Report, Task Group, 39.

Kibert, C. J., (2012), Sustainable construction: green building design and delivery. wiley.

Kotaji, S. (Ed.), Schuurmans, A., & Edwards, S., (2003), Life-Cycle Assessment in Building and Construction: A state-of-the-art report, 2003. SETAC.

Kurtay, C. & Badem, M. (2004), Avrupa Ülkeleri ve Türkiye'deki Çelik Yapı Uygulama Olanak ve Kısıtlarının İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 19, No 4, 351-363, 2004

Lambert, A. F., & Gupta, S. M., (2004), Disassembly modeling for assembly, maintenance, reuse and recycling. CRC press.

Li, Z., (2006), A new life cycle impact assessment approach for buildings. Building and Environment, 41(10), 1414-1422.

Mateus, R., & Bragança, L., (2012), LCA database of steel building technologies. University of Minho, 1st Luso-African Conference on Sustainable Steel Construction, Luanda, Angola

Mutluay, H., Demirak, A., (1996), Malzeme bilgisi. Beta yayınları.

Ortiz, O., Castells, F., & Sonnemann, G., (2009), Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. Construction and Building Materials, 23(1), 28-39.

Ortiz, O., Castells, F., & Sonnemann, G., (2009), Sustainability in the construction industry: A review of recent developments based on LCA. Construction and Building Materials, 23(1), 28-39.

Önel, H., (1978),Yapılarda Alınacak Önlemlerle Hava Kirliliğinin Azaltılması Üzerine Bir İnceleme, Doçentlik Tezi, İDMMA (yayımlanmamış), İstanbul.

Özhendekci, D., YTÜ İnşaat Müh. Böl. Çelik Yapılar I Ders Notu. http://www.yildiz.edu.tr/~devrimo/Devrim_Ozhendekci_Celik1_Ders-Notu-1.pdf, 01.02.2014

Özkan, E., (1976),Yapım Sistemleri'nin Seçimi için Bir Yöntem, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (yayımlanmamış), Trabzon

Öztürk, R., & Fındık, M., (2012), Türkiye'de Demir Çelik Sektörü'nün Yapısal Analizi. International Iron & Steel Symposium, 02-04 April Karabük, Türkiye

Paulsen, J. (2001), Life Cycle Assessment for Building Products-The significance of the usage phase. Doctoral Thesis, Kungliga Tekniska Högskolan Uni.

Pryshlakivsky, J., & Searcy, C., (2013), Fifteen years of ISO 14040: a review. *Journal of Cleaner Production*, 57, 115-123.

Pulaski, M., Hewitt, C., Horman, M., & Guy, B., (2003), Design for deconstruction: Material reuse and constructability. *The Pittsburgh Papers: Best of Greenbuild 2003*, 74-81.

Pun, S. K., Liu, C., & Langston, C., (2006), Case study of demolition costs of residential buildings. *Construction management and economics*, 24(9), 967-976.

Richardson, A. (Ed.), (2013), *Reuse of Materials and Byproducts in Construction: Waste Minimization and Recycling*. Springer.

Rogers, L., *Future Steel Buildings*. Lisa Rogers.

Roselli, F., Straka, V., & Gorgolewski, M., (2007), BMW Sales and Service Centre, Downtown Toronto, Advantage Steel, No 29, Summer, 2007, Canadian Institute of Steel Construction.

Seetharaman, S. (Ed.), Jalkanen H., Holappa L., (2014), *Treatise on Process Metallurgy, Volume 3: Industrial Processes*. pages 223–270, Elsevier.

Sergio, C., Gorgolewski, M., (2006), Parkwood Residences – Revitalizing Downtown Oshawa With The Reuse of an Old Steel Frame Building, Advantage Steel, No 25, Spring, 2006, Canadian Institute of Steel Construction.

Sev, A., & Canbay, N., (2009), Dünya Geneline Uygulanan Yeşil Bina Değerlendirme ve Sertifika Sistemleri. *Yapı Dergisi*, 45.

Sev, A., (2009), *Sürdürülebilir mimarlık*. YEM Yayın.

Simion, I. M., Fortuna, M. E., Bonoli, A., & Gavrilescu, M., (2013), Comparing environmental impacts of natural inert and recycled construction and demolition waste processing using LCA. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 21(4), 273-287.

Syal, M., Hastak, M., Mullens, M., & Sweaney, A., (2006), United States–India collaborative research directions in urban housing and supporting infrastructure. *Journal of architectural engineering*, 12(4), 163-167.

Şentürk, H., (2008), *Yapı Ürünlerinin Çevresel Etkileri: Bütünleşik Ürün Politikası Bağlamında Bir İrdeleme*, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Şimşek, O., (2003), *Yapı malzemesi II*. Beta yayınları.

Tatlıdil, F., F., Sayın, E.,R. (Ed.) (2011), *Demir Çelik Sektörü Mevcut Durum Analizi*, Batı Karadeniz Kalkınma Ajansı (BAKKA)

Tuna Taygun, G., (2005), Yapı ürünlerinin yaşam döngüsü değerlendirmesine yönelik bir model önerisi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Türkiye Odalar Ve Borsalar Birliği (TOBB), (2014), Türkiye Demir ve Demir Dışı Metaller Meclisi Sektör Raporu

Vefago, L. H. M., & Avellaneda, J., (2013), Recycling concepts and the index of recyclability for building materials. *Resources, Conservation and Recycling*, 72, 127-135.

Vijayalaxmi, J., (2010), Towards sustainable architecture—a case with Greentainer. *Local environment*, 15(3), 245-259.

Yardımcı, N., (2005), “Türkiye’de Çelik Yapılar”, *TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri*, Sayı 435 - 2005/1

Yeang, K., (2008), Ekotasarım: Ekolojik Tasarım Rehberi, Yem Yayınları.

Yellishetty, M., Mudd, G. M., Ranjith, P. G., & Tharumarajah, A., (2011), Environmental life-cycle comparisons of steel production and recycling: sustainability issues, problems and prospects. *Environmental Science & Policy*, 14(6), 650-663.

Zabalza Bribián, I., Aranda Usón, A., & Scarpellini, S., (2009), Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification. *Building and Environment*, 44(12), 2510-2520.

Zabalza Bribián, I., Valero Capilla, A., & Aranda Usón, A., (2011), Life cycle assessment of building materials: comparative analysis of energy and environmental impacts and evaluation of the eco-efficiency improvement potential. *Building and Environment*, 46(5), 1133-1140.

Zhang, Z., Wu, X., Yang, X., & Zhu, Y., (2006), BEPAS—a life cycle building environmental performance assessment model. *Building and Environment*, 41(5), 669-675.

URL-1,

<http://www.steeluniversity.org/content/html/eng/default.asp?catid=147&pageid=2081271438>, 23.04.2014.

URL-2, <http://www.ghgprotocol.org/standards/corporate-standard>, 22.04.2014.

URL-3,

http://www.steel.org/en/sitecore/content/RecycleSteel_org/Web%20Root/Steel%20Markets/Construction.aspx, 24.04.2014

URL-4,

<http://www.worldsteel.org/publications/position-papers/Steel-s-contribution-to-a-low-carbon-future.html>, 21.01.2014

URL-5, www.greatbuildings.com, 18.01.2014

URL-6,

http://en.wikipedia.org/wiki/File:Brittania_Bridge_Train_crossing_3.JPG, 19.01.2014

URL-7, <http://www.enciklopedija.hr/ispis.aspx?ID=7276>, 03.02.2014.

URL-8, <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=218056>, 04.02.2014

URL-9, http://amsections.arcelormittal.com/fileadmin/redaction/4-Library/1-Sales_programme_Brochures/ACB/ACB_EN.pdf, 06.02.2014

URL-10, <http://www.guggenheim.org/bilbao>, 26.01.2014.

URL-11,

http://www.aisc.org/uploadedFiles/Steel_Solutions_Center/Conceptual/My_Project/Files/Talking%20Points%20-%202010.2009.pdf, 02.02.2014

URL-12, <http://architecture.about.com/od/greatbuildings/ig/Stadium-and-Arena-Pictures/National-Stadium.htm>, 26.01.2014.

URL-13 http://www.sbi.nu/uploaded/dokument/files/SBI-Sustainability_of_steel_framed_buildings.pdf, 10.09.2013

URL-14, <http://www.kardemir.com/frmKurum.aspx?id=1&SectionID=kurum>, 25.05.2014

URL-15, <http://www.dcu.org.tr/tr/page.asp?id=12>, 20.05.2014

URL-16, http://www.aksanyapi.com/tr_TR/referans-projeler/horizon-sky/.30,05.201

URL-17, <http://v2.arkiv.com.tr/p7959-kayseri-bati-ilce-terminali.html>, 30.05.2014

URL-18, <http://www.arkiv.com.tr/proje/doubletree-hilton-avcilar/1657>, 22.05.2014

URL-19, <http://ec.europa.eu/environment/ipp/>, 07.11.2013

URL-20, <http://www.environdec.com/en/>, 21.02.2014

URL-21, http://www.pre-sustainability.com/download/misc/Whitepaper_Standards_and_guidelines.pdf, 21.02.2014

URL-22, http://www.uni-stuttgart.de/forschung/orp/inst_profile/fak02/lbp/abteilung2.en.html, 11.04.2014

URL-23, http://www.worldsteel.org/dms/internetDocumentList/fact-sheets/Fact-sheet_3Rs/document/Fact%20sheet_3Rs.pdf, 20.04.2014

URL-24, http://en.wikipedia.org/wiki/Mus%C3%A9_d'Orsay, 18.04.2014

URL-25,
http://www.canadianarchitect.com/asf/perspectives_sustainability/measures_of_sustainability/measures_of_sustainability_embodied.htm, 10.04.2014

URL-26, http://www.sustainableinsteel.eu/p/536/recycling_example.html, 10.09.2013

URL-27, http://en.wikipedia.org/wiki/File:Salem_Church_Relocation.JPG, 08.04.2014

URL-28, <http://www.topboxdesign.com/university-of-toronto-at-scarborough-new-student-centre-in-toronto-canada/>, 08.04.2014

URL-29,
http://www.mec.ca/Main/content_text.jsp?CONTENT%3C%3Ecnt_id=10134198673220255, 08.04.2014

URL-30, <http://www.recycle-steel.org/Recycling%20Resources/LEED%20Documentation.aspx>, 25.04.2014

URL-31, <http://www.gabi-software.com/turkey/overview/what-is-gabi-software/>, 10.04.2014

URL-32 <http://www.reuse-steel.org/files/projects/740%20BeI%20Air/740%20Be%20Air%20case%20study%205-5.pdf> , 30.05.2014

URL-33, <http://www.reuse-steel.org/files/projects/Roy%20Stibbs/Roy%20Stibbs%20case%20study%205-5.pdf>

URL-34, <http://m.aedifica.com/en/expertise/sustainable-design/technopole-angus>, 31.05.2014

URL-35, <http://archidose.blogspot.com.tr/2005/01/partial-dose-1-baie-st-paul-city-hall.html>, 30.05.2014

URL-36, <http://www.tboake.com/steel/tohu.html>, 30.05.2014

URL-37, <http://www.canadianconsultingengineer.com/news/award-of-excellence-eaton-building-redevelopment/1000155861/?&er=NA>, 30.05.2014

URL-38, http://www.durhamcondos.ca/oshawa/condos/44_bond.html, 30.05.2014

- EK A -

**YAPISAL ÇELİĞİN YENİDEN KULLANIMINA İLİŞKİN PROJE
ÖRNEKLERİ**

Çizelge EK-A. Yapısal Çeliğin Yeniden Kullanımına İlişkin Proje Örnekleri, (Addis, 2006; Emmer, 2009; Gorgolewski ve diğ., 2006; Gorgolewski, 2008; Gorgolewski, 2008; Roselli ve diğ., 2007; Sergio ve Gorgolewski, 2006); URL 28; URL- 29; URL-32; URL-33; URL-34; URL-35; URL-36; URL-37; URL-38)

	YAPI ADI	YAPI HAKKINDA GENEL BİLGİLER	DEKONSTRÜKSİYON/ SÖKÜME İLİŞKİN BİLGİLER	YAPIYA AİT FOTOĞRAFLAR
1	TORONTO ÜNİVERSİTESİ SCARBOROUGH KAMPÜSÜ ÖĞRENCİ MERKEZİ BİNASI	Toronto Üniversitesi Scarborough Kampüsü Öğrenci Merkezi Binası, Ontario, Kanada'da yer almaktadır. Dunlop Architects tarafından tasarlanan yapı, 2004 yılında tamamlanmıştır. Üç kattan oluşan ve 4700 m ² kullanım alanına sahip olan yapı, geri kazanılmış yapısal çelik de dahil olmak üzere toplam 300 ton çelik kullanılarak inşa edilmiştir.	Royal Ontario Müzesi'nin (ROM) 1970'lerin sonunda inşa edilen mekanik tesisatın yer aldığı çatı katının dekonstrüksiyonu/sökümü yapılarak elde edilmiştir. Royal Ontario Müzesi'nin çatı katının sökümü yapılarak geri kazanılan yapısal çelik miktarı yaklaşık 18 tondur.	
2	MOUNTAIN EQUIPMENT CO-OP BİNASI (MEC)	MEC Binası Ottawa, Ontario, Kanada'da yer almaktadır. Yapı Linda Chapman ve Christopher Simmonds Mimarlık tarafından tasarlanmış olup, 2000 yılında yapımı tamamlanmıştır. İki katlı olan yapı 2500 m ² kullanım alanına sahiptir. Yapının zemin katı ahşap, birinci katı ise çelik olarak inşa edilmiştir. MEC Binasının çelik olan birinci katının yapımında, yapının bulunduğu alanda önceden var olan çelik konstrüksiyonlu bir market yapısının dekonstrüksiyonu/sökümü sonucu elde edilen çelik strüktürel bileşenler yeniden kullanılmıştır.	Söküm işlemi öncesinde mevcut market yapısının yeniden işlevlendirilerek kullanım olanağı bulunup, bulunmadığı araştırılmış olup, var olan yapının yeniden kullanım olanağı bulunmaması sebebiyle, söküm işlemi yapılmasına karar verilmiştir. Sökümü yapılan bileşenler etiketlenerek şantiye sahası dışında bir alanda depolanmıştır. Mevcut market yapısının söküm sonrası ağırlığının yaklaşık %75'i MEC binasının yapımında yeniden kullanılmış olup, geri kalan miktar geri dönüşüm ve farklı bir yapıda yeniden kullanım amaçlı ayrıştırılmıştır	 
3	THE BEDDINGTON ZERO ENERGY DEVELOPMENT (BedZED) BİNASI	BedZED, Londra, İngiltere'de bulunmakta olup, Bill Dunster Architects tarafından tasarlanan, konut ve ofis işlevlerinin yer aldığı karma fonksiyonlu yapı kompleksleridir. Projede 82 adet konut yapısı, 18 adet ofis+konut yapısı olmak üzere 8500 m ² kullanım alanı bulunmaktadır. 2002 yılında tamamlanan projedeki yapılar yığma kagir olarak tasarlanmış olup, ofis bölümleri çelik olarak inşa edilmiştir. Yapıda 100 tonun üzerinde yapısal çelik kullanılmıştır.	Projede kullanılan çelik yapı bileşenlerinin yaklaşık %80'i Brighton Tren İstasyonu Binasının sökümü yapılarak elde edilmiştir. Projede 98 ton yapısal çelik bileşen geri kazanılarak yeniden kullanılmıştır. Kalan çelik gereksinimi ise iki farklı yerel kaynaktan sağlanmıştır. Projede çeliğin yanı sıra başta ahşap taşıyıcılar olmak üzere bir çok geri kazanılmış bileşen ve malzeme kullanılmıştır.	 



Çizelge EK-A. (Devam) Yapısal Çeliğin Yeniden Kullanımına İlişkin Proje Örnekleri

4	740 RUE BEL-AIR BİNASI	<p>740 Rue Bel-Air Binası bir kamu yapısı olup, Montreal, Quebec, Kanada'da yer almaktadır. Mimari tasarımı Provencher Roy ve Ortakları Mimarlık ile Busby Perkins + Will'den oluşan bir konsorsiyum tarafından gerçekleştirilmiştir. Yapı, 1851 yılına ait endüstriyel yapıların bulunduğu bir alanda yer almaktadır. Var olan endüstriyel yapılar zamanla işlevlerini yitirmiş olup, genellikle depolama amaçlı kullanılmaktadır.</p>	<p>Alanda var olan endüstri yapılarının sökülmesi yapılarak elde edilen yapısal çelik bileşenler 740 Rue Bel-Air Binası'nda yeniden kullanılmıştır. Söküm sonrası, yeniden kullanıma uygun yaklaşık olarak 325 adet çelik düzlem kafes kiriş elde edilmiştir. Elde edilen bu kirişlerden 100 adeti Rue Bel-Air Binasında kullanılmak üzere ayrılmış ve projede toplamda 65 adet kirişin yeniden kullanımı gerçekleştirilmiştir. Kalan kirişler başka projelerde kullanılmak üzere depolanmıştır.</p>	
5	ROY STIBBS ORTAOKULU BİNASI	<p>Yapı, West Coquitlam, Britanya Kolombiyası, Kanada'da yer almaktadır. Alanda var olan okul binasının yangın geçirerek yok olması sonucu, bölgede acilen yeni bir okul binasına gereksinim duyulmuştur. Yapı, 2,470 m² yeniden yapım, 975 m² yenileme çalışmaları yapılarak bir yıl içerisinde tamamlanmıştır.</p>	<p>Northern BC'de yer alan ve bulunduğu bölgedeki işlevini yitirmiş Cassiar Okul Binasının sökülmesi yapılarak elde edilen çelik bileşenlerin yeniden kullanımı sağlanmıştır. Söküm sonucu elde edilen 466 adet çelik düzlem kafes kiriş Roy Stibbs Orta Okulunda yeniden kullanılmıştır.</p>	
6	BMW SATIŞ VE SERVİS MERKEZİ	<p>Yapı, Toronto, Ontario, Kanada'da yer almaktadır. Quandrangle Architects tarafından tasarlanan ve 2003 yılında yapımı tamamlanan BMW Satış ve Servis Merkezi Binasında 4000 m² galeri alanı ve 600 m² servis alanı bulunmaktadır.</p>	<p>BMW Satış ve Servis Merkezi Binası uygulaması, 1960'lı yıllarda yapılmış olan çelik strüktürlü bir fabrika binasının mevcut strüktüründe iyileştirme yapılması şeklinde gerçekleştirilmiştir.</p>	

Çizelge EK-A. (Devam) Yapısal Çeliğin Yeniden Kullanımına İlişkin Proje Örnekleri

7	PARKWOOD RESİDENCES	<p>Parkwood Residences, Oshawa, Ontario, Kanada’da yer almaktadır. Yapı Core Architects Incorporated tarafından tasarlanmış olup, projede eski bir ofis yapısının strüktürü ara katlar eklenerek konut yapısına dönüştürülmüştür. Yapıda toplam 8,900 m² kullanım alanı ile 45 m²’den 115 m²’ye kadar değişen 120 adet daire bulunmaktadır.</p>	<p>Uygulama, alanda daha önce var olan 1970 yılına ait eski bir ofis yapısının strüktürünün yeniden kullanımı şeklinde gerçekleştirilmiştir. Var olan yapının çelik iskeleti iyileştirme ve kat ilaveleri (2 kat) ile yeniden kullanılmıştır.</p>	
8	ANGUS TECHNOPOLE BİNASI	<p>Angus Technopole Binası, Montreal, Quebec, Kanada’da yer almaktadır. AEdifica - Guy Favreau Mimarlık tarafından tasarlanan projede, Kanada Pasifik Demiryolu (Canadian Pacific Railway-CPR) tarafından kullanılan eski bir lokomotif montaj fabrikası, hafif sanayi atölyeleri ve ofislere dönüştürülmüştür.</p>	<p>Alanda bulunan endüstriyel yapıya ait çelik strüktürün yeniden kullanımı sağlanmıştır. Yeniden kullanılan çelik bileşenler 1900 ile 1950 yılları arasında tarihlenmektedir. Yapının çelik strüktürü dahil alanda bulunan malzeme ve bileşenlerin yaklaşık olarak %85’inin geri kazanıldığı tahmin edilmektedir.</p>	
9	BAIE-ST-PAUL CITY HALL BİNASI	<p>Saint-Paul City Hall Binası Quebec, Kanada’da yer almaktadır. Anne Carrier Mimarlık tarafından tasarlanan yapı, 2003 yılında tamamlanmıştır.</p>	<p>Uygulama, 1960’lı yıllara ait bir endüstri yapısının, daha önce yangın geçiren bölümü dışında, çelik strüktürünün korunarak yeniden kullanımı şeklinde gerçekleştirilmiştir.</p>	

Çizelge EK-A. (Devam) Yapısal Çeliğin Yeniden Kullanımına İlişkin Proje Örnekleri

10	TOHU CHAPITEAU DES ARTS, CÎTE DES ARTS DU CIRQUE	Yapı, Montreal, Quebec, Kanada'da yer almaktadır. Jacques Plante ile Jodoin Lamarre Pratte ve Ortakları Mimarlık tarafından tasarlanan yapı, 2003 yılında tamamlanmıştır.	Uygulama çeşitli yapılardan sökülmesi yapılan çelik bileşenlerin yeniden kullanımı şeklinde gerçekleştirilmiştir. Yeniden kullanılacak çelik bileşenler, piyasadan proje için uygun ürün araştırılarak satın alma yoluyla elde edilmiştir.	
11	THE EATON BUILDING	Yapı, Montreal, Quebec, Kanada'da yer almaktadır	Uygulama, 1925 yılında betonarme ve çelik olarak inşa edilen 10 katlı bir yapının yeniden kullanımı şeklinde gerçekleştirilmiştir.	

- EK B -

**EAF’NINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN GERİ DÖNÜŞÜM İLE
YAPISAL ÇELİK ÜRETİMİNE AIT BEŞİKTEN KAPIYA
YAŞAM DÖNGÜŐÜ İÇERİSİNDE ÜRÜN SİSTEMİNDEKİ GİRDİ
VE ÇIKTILARA İLİŐİN GaBi YAZILIMI DENKLİK
HESAPLARI**

Çizelge EK-B.1. EAF'ında Gerçekleştirilen Geri Dönüşüm İle Yapısal Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapağa Yaşam Döngüsü İçerisinde Ürün Sistemindeki Girdiler (GaBi Yazılımı Denklik Hesapları)

<u>INPUTS</u>	Total	End Of Life	EAF	Diesel Mix	Diesel Mix	Diesel Mix	EAF
Flows	800,0416904	759,2949862	759,295	0,365929	0,34761	0,018319	40,01485
Resources	800,0416904	759,2949862	759,295	0,365929	0,34761	0,018319	40,01485
Energy resources	0,204840037	0,190960969	0,190961	0,001908	0,001812	9,55E-05	0,010064
Non renewable energy resources	0,204840037	0,190960969	0,190961	0,001908	0,001812	9,55E-05	0,010064
Crude oil (resource)	0,008078297	0,004381503	0,004382	0,001733	0,001646	8,68E-05	0,000231
Crude oil (in MJ)	0,007986175	0,004301061	0,004301	0,001729	0,001643	8,66E-05	0,000227
Oil sand (10% bitumen) (in MJ)	8,47E-05	7,40E-05	7,40E-05	3,42E-06	3,25E-06	1,71E-07	3,90E-06
Oil sand (100% bitumen) (in MJ)	7,40E-06	6,46E-06	6,46E-06	2,99E-07	2,84E-07	1,50E-08	3,40E-07
Hard coal (resource)	0,055847786	0,053029584	0,05303	1,18E-05	1,12E-05	5,89E-07	0,002795
Hard coal (in MJ)	0,055847786	0,053029584	0,05303	1,18E-05	1,12E-05	5,89E-07	0,002795
Lignite (resource)	0,096766701	0,091882614	0,091883	2,09E-05	1,99E-05	1,05E-06	0,004842
Lignite (in MJ)	0,096766701	0,091882614	0,091883	2,09E-05	1,99E-05	1,05E-06	0,004842
Natural gas (resource)	0,044116657	0,041638248	0,041638	0,000142	0,000135	7,11E-06	0,002194
Coalbed methane (in MJ)	6,19E-06	5,87E-06	5,87E-06	7,50E-09	7,12E-09	3,75E-10	3,09E-07
Natural gas (in MJ)	0,043627154	0,041173562	0,041174	0,000142	0,000135	7,10E-06	0,00217
Pit Methane (in MJ)	0,00047586	0,000451838	0,000452	1,05E-07	9,98E-08	5,26E-09	2,38E-05
Shale gas (in MJ)	3,02E-06	2,86E-06	2,86E-06	6,55E-09	6,22E-09	3,28E-10	1,51E-07
Tight gas (in MJ)	4,43E-06	4,12E-06	4,12E-06	4,46E-08	4,24E-08	2,23E-09	2,17E-07
Peat (resource)	2,78E-05	2,64E-05	2,64E-05	2,31E-08	2,19E-08	1,16E-09	1,39E-06
Peat (in MJ)	2,78E-05	2,64E-05	2,64E-05	2,31E-08	2,19E-08	1,16E-09	1,39E-06
Uranium (resource)	2,78E-06	2,64E-06	2,64E-06	6,23E-10	5,92E-10	3,12E-11	1,39E-07
Uranium natural (in MJ)	2,78E-06	2,64E-06	2,64E-06	6,23E-10	5,92E-10	3,12E-11	1,39E-07
Renewable energy resources	2,49E-12	2,37E-12	2,37E-12	4,36E-16	4,14E-16	2,18E-17	1,25E-13
Primary energy from geothermics	0	0	0	0	0	0	0
Primary energy from hydro power	0	0	0	0	0	0	0
Primary energy from solar energy	0	0	0	0	0	0	0

Primary energy from waves	0	0	0	0	0	0	0
Primary energy from wind power	0	0	0	0	0	0	0
Primary forest	2,49E-12	2,37E-12	2,37E-12	4,36E-16	4,14E-16	2,18E-17	1,25E-13
Land use	0	0	0	0	0	0	0
Material resources	799,8368503	759,1040253	759,104	0,364021	0,345798	0,018224	40,00478
Non renewable elements	0,009665126	0,009174019	0,009174	3,82E-06	3,63E-06	1,91E-07	0,000483
Antimony	7,99E-11	7,58E-11	7,58E-11	1,51E-14	1,43E-14	7,54E-16	4,00E-12
Chromium	2,50E-06	2,37E-06	2,37E-06	1,64E-09	1,56E-09	8,20E-11	1,25E-07
Cobalt	6,87E-11	6,52E-11	6,52E-11	1,40E-14	1,33E-14	6,99E-16	3,44E-12
Copper	1,49E-05	1,41E-05	1,41E-05	4,80E-09	4,56E-09	2,40E-10	7,45E-07
Gold	2,07E-10	1,97E-10	1,97E-10	3,77E-14	3,58E-14	1,89E-15	1,04E-11
Iridium	1,27E-13	1,21E-13	1,21E-13	2,59E-17	2,46E-17	1,29E-18	6,36E-15
Iron	0,00218262	0,002070675	0,002071	1,41E-06	1,34E-06	7,06E-08	0,000109
Lead	1,65E-06	1,51E-06	1,51E-06	2,71E-08	2,58E-08	1,36E-09	7,98E-08
Magnesium	-6,61E-08	-6,28E-08	-6,28E-08	1,46E-21	1,39E-21	7,31E-23	-3,31E-09
Manganese	0,007448811	0,007075856	0,007076	2,90E-08	2,75E-08	1,45E-09	0,000373
Mercury	1,99E-16	1,89E-16	1,89E-16	4,82E-20	4,58E-20	2,42E-21	9,96E-18
Molybdenum	1,61E-07	1,52E-07	1,52E-07	4,17E-11	3,96E-11	2,09E-12	8,04E-09
Nickel	-8,00E-07	-7,59E-07	-7,59E-07	-1,72E-10	-1,63E-10	-8,61E-12	-4,00E-08
Osmium	1,55E-13	1,47E-13	1,47E-13	3,16E-17	3,00E-17	1,58E-18	7,76E-15
Palladium	2,25E-12	2,14E-12	2,14E-12	4,58E-16	4,35E-16	2,29E-17	1,13E-13
Phosphorus	1,38E-05	8,67E-06	8,67E-06	2,34E-06	2,22E-06	1,17E-07	4,57E-07
Platinum	3,81E-12	3,62E-12	3,62E-12	7,76E-16	7,37E-16	3,88E-17	1,91E-13
Rhodium	3,82E-13	3,62E-13	3,62E-13	7,76E-17	7,37E-17	3,89E-18	1,91E-14
Ruthenium	7,53E-13	7,15E-13	7,15E-13	1,53E-16	1,45E-16	7,67E-18	3,77E-14
Silicon	-7,30E-08	-6,94E-08	-6,94E-08	1,91E-14	1,82E-14	9,57E-16	-3,66E-09
Silver	4,07E-09	3,85E-09	3,85E-09	9,22E-12	8,76E-12	4,61E-13	2,03E-10
Sulphur	1,20E-11	1,14E-11	1,14E-11	2,80E-15	2,66E-15	1,40E-16	6,01E-13
Tantalum	4,02E-09	3,82E-09	3,82E-09	7,81E-13	7,42E-13	3,91E-14	2,01E-10
Tin	4,46E-16	4,23E-16	4,23E-16	7,81E-16	7,42E-16	3,91E-16	2,23E-12

			16	20	20	21	17
Titanium	4,38E-09	4,16E-09	4,16E-09	1,37E-12	1,30E-12	6,86E-14	2,19E-10
Vanadium	1,91E-08	1,82E-08	1,82E-08	3,34E-12	3,17E-12	1,67E-13	9,57E-10
Zinc	1,61E-06	1,51E-06	1,51E-06	9,22E-09	8,76E-09	4,62E-10	7,97E-08
Zirconium	3,75E-14	3,56E-14	3,56E-14	5,68E-18	5,40E-18	2,84E-19	1,88E-15
Non renewable resources	1,618152273	1,536021855	1,536022	0,000591	0,000561	2,96E-05	0,080948
Barium sulphate	5,27E-16	4,99E-16	4,99E-16	6,64E-19	6,31E-19	3,33E-20	2,63E-17
Basalt	1,04E-07	9,85E-08	9,85E-08	2,22E-11	2,11E-11	1,11E-12	5,19E-09
Bauxite	-4,08E-05	-3,88E-05	-3,88E-05	2,35E-08	2,23E-08	1,18E-09	-2,04E-06
Bentonite	1,89E-05	1,38E-05	1,38E-05	2,22E-06	2,11E-06	1,11E-07	7,27E-07
Calcium chloride	5,40E-14	5,11E-14	5,11E-14	6,80E-17	6,46E-17	3,41E-18	2,69E-15
Clay	-0,000669696	-0,000637277	-0,00064	5,83E-07	5,54E-07	2,92E-08	-3,36E-05
Colemanite ore	1,67E-06	1,56E-06	1,56E-06	1,71E-08	1,63E-08	8,57E-10	8,20E-08
Dolomite	0,00899767	0,008547228	0,008547	1,53E-09	1,46E-09	7,68E-11	0,00045
Feldspar (aluminium silicates)	4,15E-21	3,94E-21	3,94E-21	7,85E-25	7,46E-25	3,93E-26	2,08E-22
Ferro manganese	6,26E-17	5,94E-17	5,94E-17	1,09E-20	1,04E-20	5,47E-22	3,13E-18
Fluorspar (calcium fluoride; fluorite)	3,49E-06	3,28E-06	3,28E-06	1,82E-08	1,73E-08	9,11E-10	1,73E-07
Granite	4,14E-21	3,93E-21	3,93E-21	7,24E-25	6,88E-25	3,62E-26	2,07E-22
Graphite	1,92E-10	1,82E-10	1,82E-10	2,97E-14	2,82E-14	1,49E-15	9,60E-12
Gypsum (natural gypsum)	1,05E-05	9,82E-06	9,82E-06	8,15E-08	7,75E-08	4,08E-09	5,17E-07
Heavy spar (BaSO4)	3,33E-09	3,11E-09	3,11E-09	2,52E-11	2,40E-11	1,26E-12	1,64E-10
Ilmenite (titanium ore)	-9,05E-07	-8,60E-07	-8,60E-07	3,76E-10	3,58E-10	1,88E-11	-4,53E-08
Inert rock	1,717585068	1,630713407	1,630713	0,000467	0,000443	2,34E-05	0,085939
Kaolin ore	3,22E-06	3,00E-06	3,00E-06	3,07E-08	2,92E-08	1,54E-09	1,58E-07
Limestone (calcium carbonate)	0,003753323	0,003513138	0,003513	2,75E-05	2,61E-05	1,38E-06	0,000185
Magnesit (Magnesium carbonate)	1,14E-05	1,08E-05	1,08E-05	3,18E-09	3,02E-09	1,59E-10	5,69E-07
Magnesium chloride leach (40%)	0,00019066	0,000180842	0,000181	1,44E-07	1,37E-07	7,20E-09	9,53E-06
Manganese ore	-2,15E-12	-2,04E-12	-2,04E-12	-2,78E-15	-2,64E-15	-1,39E-16	-1,07E-13
Natural Aggregate	-0,0997007	-0,0947113	-0,0947	9,37E-07	8,90E-07	4,69E-08	-0,0049

	66	52	1				9
Olivine	8,03E-16	7,62E-16	7,62E-16	5,28E-19	5,02E-19	2,64E-20	4,01E-17
Potashsalt, crude (hard salt, 10% K ₂ O)	0,000164933	-6,75E-06	-6,75E-06	8,60E-05	8,17E-05	4,31E-06	-3,56E-07
Potassium chloride	1,37E-12	1,30E-12	1,30E-12	3,17E-15	3,01E-15	1,59E-16	6,84E-14
Pyrite	-2,57E-08	-2,44E-08	-2,44E-08	0	0	0	-1,29E-09
Quartz sand (silica sand; silicon dioxide)	0,003063073	0,002908626	0,002909	5,81E-07	5,52E-07	2,91E-08	0,000153
Raw pumice	3,52E-07	3,35E-07	3,35E-07	9,73E-11	9,24E-11	4,87E-12	1,76E-08
Sodium chloride (rock salt)	0,000851893	0,000803662	0,000804	2,94E-06	2,79E-06	1,47E-07	4,24E-05
Sodium nitrate	1,15E-21	1,09E-21	1,09E-21	3,40E-24	3,23E-24	1,70E-25	5,73E-23
Sodium sulphate	6,35E-14	6,00E-14	6,00E-14	1,66E-16	1,58E-16	8,32E-18	3,16E-15
Soil	-0,016122653	-0,015321746	-0,01532	3,27E-06	3,11E-06	1,64E-07	-0,00081
Stone from mountains	3,07E-05	2,89E-05	2,89E-05	1,06E-07	1,01E-07	5,30E-09	1,52E-06
Talc	-8,05E-10	-7,65E-10	-7,65E-10	2,19E-13	2,08E-13	1,10E-14	-4,03E-11
Tin ore	1,33E-07	1,26E-07	1,26E-07	3,28E-11	3,11E-11	1,64E-12	6,66E-09
Titanium ore	1,03E-14	9,83E-15	9,83E-15	1,60E-18	1,52E-18	7,99E-20	5,18E-16
Renewable resources	798,2090329	757,5588294	757,5588	0,363427	0,345233	0,018194	39,92335
Water	795,7358019	755,2122218	755,2122	0,361948	0,343828	0,01812	39,79968
Water (ground water)	1,280470771	1,211020048	1,21102	0,002815	0,002674	0,000141	0,063821
Water (lake water)	12,94400843	12,28146756	12,28147	0,007654	0,007271	0,000383	0,647233
Water (rain water)	1,497299712	1,196404187	1,196404	0,118923	0,112969	0,005953	0,063051
Water (river water)	779,0769413	739,6335492	739,6335	0,232352	0,22072	0,011632	38,97869
Water (sea water)	0,937081662	0,889780895	0,889781	0,000205	0,000194	1,02E-05	0,046891
Air	2,419689909	2,296502114	2,296502	0,001081	0,001027	5,41E-05	0,121026
Carbon dioxide	0,05519519	0,051676032	0,051676	0,000398	0,000378	1,99E-05	0,002723
Nitrogen	8,00E-12	7,59E-12	7,59E-12	6,62E-15	6,29E-15	3,31E-16	4,00E-13
Oxygen	-0,001654038	-0,001570596	-0,00157	-3,36E-07	-3,19E-07	-1,68E-08	-8,28E-05

Çizelge EK-B.2. EAF'ında Gerçekleştirilen Geri Dönüşüm İle Yapısal Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapağa Yaşam Döngüsü İçerisinde Ürün Sistemindeki Çıktılar (GaBi Yazılımı Denklik Hesapları)

OUTPUTS	Total	End of Life	EAF	Diesel Mix	Diesel Mix	Diesel Mix	EAF	Truck	Truck	Truck
Flows	799,93 73389	759,18 92685	759,18 92685	0,363 93053	0,34 5712	0,01 8219	40,0 0927	0,00 5467	0,00 0274	0,00 5194
Deposited goods	1,6961 9586	1,6103 74629	1,6103 74629	0,000 47724	0,00 0453	2,39 E-05	0,08 4867	0	0	0
Radioactive waste	0,0004 9828	0,0004 73123	0,0004 73123	1,12E -07	1,06 E-07	5,61 E-09	2,49 E-05	0	0	0
High radioactive waste	6,23E- 07	5,92E- 07	5,92E- 07	1,40E -10	1,33 E-10	7,00 E-12	3,12 E-08	0	0	0
Low radioactive wastes	1,01E- 05	9,58E- 06	9,58E- 06	2,23E -09	2,12 E-09	1,12 E-10	5,05 E-07	0	0	0
Medium radioactive wastes	5,15E- 06	4,89E- 06	4,89E- 06	1,12E -09	1,06 E-09	5,59 E-11	2,58 E-07	0	0	0
Radioactive tailings	0,0004 82416	0,0004 58059	0,0004 58059	1,08E -07	1,03 E-07	5,43 E-09	2,41 E-05	0	0	0
Stockpile goods	1,6956 97579	1,6099 01506	1,6099 01506	0,000 47713	0,00 0453	2,39 E-05	0,08 4842	0	0	0
Hazardous waste (deposited)	0,0012 87351	0,0012 22226	0,0012 22226	3,56E -07	3,39 E-07	1,78 E-08	6,44 E-05	0	0	0
Overburden (deposited)	1,7077 37834	1,6213 97874	1,6213 97874	0,000 44615	0,00 0424	2,23 E-05	0,08 5448	0	0	0
Spoil (deposited)	- 0,0201 7663	- 0,0191 75763	- 0,0191 75763	4,85E -06	4,61 E-06	2,43 E-07	- 0,00 101	0	0	0
Tailings (deposited)	0,0046 98096	0,0044 4304	0,0044 4304	1,05E -05	9,93 E-06	5,23 E-07	0,00 0234	0	0	0
Waste (deposited)	0,0021 50925	0,0020 14128	0,0020 14128	1,53E -05	1,46 E-05	7,67 E-07	0,00 0106	0	0	0
Emissions to air	5,6826 95527	5,1537 35731	5,1537 35731	0,123 21152	0,11 7043	0,00 6168	0,27 1602	0,00 5467	0,00 0274	0,00 5194
Heavy metals to air	2,34E- 06	2,22E- 06	2,22E- 06	1,27E -09	1,20 E-09	6,35 E-11	1,17 E-07	0	0	0
Antimony	1,33E- 08	1,26E- 08	1,26E- 08	9,44E -13	8,96 E-13	4,72 E-14	6,63 E-10	0	0	0
Arsenic (+V)	1,53E- 08	1,45E- 08	1,45E- 08	9,83E -12	9,34 E-12	4,92 E-13	7,66 E-10	0	0	0
Arsenic trioxide	1,77E- 14	1,61E- 14	1,61E- 14	3,65E -16	3,47 E-16	1,83 E-17	8,51 E-16	0	0	0
Cadmium (+II)	2,69E- 09	2,55E- 09	2,55E- 09	5,55E -12	5,28 E-12	2,78 E-13	1,34 E-10	0	0	0
Chromium (+III)	- 2,16E- 10	- 2,05E- 10	- 2,05E- 10	1,30E -13	1,23 E-13	6,50 E-15	- 1,08 E-11	0	0	0
Chromium (+VI)	9,52E- 16	9,03E- 16	9,03E- 16	9,04E -19	8,59 E-19	4,52 E-20	4,76 E-17	0	0	0
Chromium (unspecified)	5,26E- 08	4,99E- 08	4,99E- 08	2,50E -11	2,37 E-11	1,25 E-12	2,63 E-09	0	0	0
Cobalt	8,00E- 09	7,58E- 09	7,58E- 09	1,02E -11	9,71 E-12	5,12 E-13	3,99 E-10	0	0	0
Copper (+II)	3,40E- 08	3,23E- 08	3,23E- 08	2,64E -11	2,51 E-11	1,32 E-12	1,70 E-09	0	0	0
Heavy metals to air	9,01E- 10	8,55E- 10	8,55E- 10	2,14E -13	2,18 E-13	1,15 E-14	4,51 E-11	0	0	0

(unspecified)										
Hydrogen arsenic (arsine)	1,47E-12	1,34E-12	1,34E-12	3,03E-14	2,88E-14	1,52E-15	7,06E-14	0	0	0
Iron	1,35E-08	1,24E-08	1,24E-08	2,17E-10	2,06E-10	1,08E-11	6,54E-10	0	0	0
Lanthanides	5,31E-18	5,03E-18	5,03E-18	4,66E-21	4,43E-21	2,33E-22	2,65E-19	0	0	0
Lead (+II)	8,62E-08	8,16E-08	8,16E-08	1,15E-10	1,09E-10	5,74E-12	4,30E-09	0	0	0
Manganese (+II)	1,05E-07	9,93E-08	9,93E-08	1,40E-10	1,33E-10	7,00E-12	5,23E-09	0	0	0
Mercury (+II)	5,87E-09	5,29E-09	5,29E-09	1,47E-10	1,39E-10	7,35E-12	2,79E-10	0	0	0
Molybdenum	2,46E-08	2,34E-08	2,34E-08	9,11E-12	8,65E-12	4,56E-13	1,23E-09	0	0	0
Nickel (+II)	4,88E-08	4,62E-08	4,62E-08	1,22E-10	1,15E-10	6,08E-12	2,43E-09	0	0	0
Palladium	1,49E-18	1,42E-18	1,42E-18	1,88E-21	1,79E-21	9,43E-23	7,46E-20	0	0	0
Rhodium	1,44E-18	1,37E-18	1,37E-18	1,82E-21	1,73E-21	9,10E-23	7,20E-20	0	0	0
Selenium	4,91E-08	4,66E-08	4,66E-08	1,98E-11	1,88E-11	9,91E-13	2,46E-09	0	0	0
Silver	1,65E-09	1,57E-09	1,57E-09	2,90E-13	2,76E-13	1,45E-14	8,26E-11	0	0	0
Tellurium	- 7,63E-11	- 7,25E-11	- 7,25E-11	7,28E-15	6,92E-15	3,65E-16	- 3,82E-12	0	0	0
Thallium	- 2,13E-10	- 2,03E-10	- 2,03E-10	5,25E-14	4,99E-14	2,63E-15	- 1,07E-11	0	0	0
Tin (+IV)	3,78E-08	3,59E-08	3,59E-08	1,24E-11	1,18E-11	6,20E-13	1,89E-09	0	0	0
Titanium	2,52E-10	2,36E-10	2,36E-10	1,85E-12	1,76E-12	9,26E-14	1,24E-11	0	0	0
Vanadium (+III)	7,23E-08	6,80E-08	6,80E-08	3,46E-10	3,29E-10	1,73E-11	3,58E-09	0	0	0
Zinc (+II)	1,77E-06	1,68E-06	1,68E-06	6,12E-11	5,81E-11	3,06E-12	8,87E-08	0	0	0
Inorganic emissions to air	3,8801 30369	3,4427 84831	3,4427 84831	0,122 49063	0,11 6359	0,00 6132	0,18 1435	0,00 5465	0,00 0274	0,00 5191
Ammonia	7,85E-06	5,44E-06	5,44E-06	1,03E-06	9,76E-07	5,14E-08	2,87E-07	3,40E-08	1,70E-09	3,23E-08
Ammonium	3,45E-10	3,28E-10	3,28E-10	1,01E-13	9,59E-14	5,05E-15	1,73E-11	0	0	0
Ammonium nitrate	2,55E-18	2,41E-18	2,41E-18	3,24E-21	3,08E-21	1,62E-22	1,27E-19	0	0	0
Argon	3,09E-07	2,93E-07	2,93E-07	5,52E-11	5,25E-11	2,76E-12	1,55E-08	0	0	0
Barium	2,01E-07	1,91E-07	1,91E-07	2,64E-11	2,50E-11	1,32E-12	1,01E-08	0	0	0
Beryllium	1,49E-09	1,41E-09	1,41E-09	1,87E-13	1,77E-13	9,34E-15	7,45E-11	0	0	0
Boron	1,46E-14	1,33E-14	1,33E-14	2,99E-16	2,84E-16	1,50E-17	6,99E-16	0	0	0
Boron	7,06E-	6,70E-	6,70E-	2,05E	1,95	1,03	3,53	0	0	0

compounds (unspecified)	07	07	07	-10	E-10	E-11	E-08			
Bromine	1,45E-07	1,37E-07	1,37E-07	4,64E-11	4,41E-11	2,32E-12	7,24E-09	0	0	0
Carbon dioxide	0,40039329	0,369390286	0,369390286	0,00062596	0,000595	3,13E-05	0,019467	0,005142	0,000257	0,004885
Carbon dioxide (biotic)	0,050635298	0,047563196	0,047563196	1,21E-05	1,15E-05	6,07E-07	0,002507	0,000271	1,35E-05	0,000257
Carbon disulphide	1,34E-16	1,27E-16	1,27E-16	4,76E-20	4,53E-20	2,39E-21	6,68E-18	0	0	0
Carbon monoxide	0,001099616	0,001027448	0,001027448	7,33E-07	6,96E-07	3,67E-08	5,41E-05	8,28E-06	4,14E-07	7,86E-06
Chloride (unspecified)	1,44E-08	1,03E-08	1,03E-08	1,79E-09	1,70E-09	8,94E-11	5,41E-10	0	0	0
Chlorine	6,65E-08	6,31E-08	6,31E-08	3,79E-11	3,60E-11	1,90E-12	3,32E-09	0	0	0
Cyanide (unspecified)	5,06E-10	4,00E-10	4,00E-10	4,22E-11	4,01E-11	2,11E-12	2,11E-11	0	0	0
Fluoride	9,27E-08	8,63E-08	8,63E-08	9,58E-10	9,10E-10	4,80E-11	4,55E-09	0	0	0
Fluorine	1,40E-10	1,33E-10	1,33E-10	3,05E-14	2,90E-14	1,53E-15	7,01E-12	0	0	0
Helium	3,82E-11	3,62E-11	3,62E-11	6,92E-15	6,58E-15	3,47E-16	1,91E-12	0	0	0
Hydrogen	3,50E-07	2,97E-07	2,97E-07	1,84E-08	1,75E-08	9,20E-10	1,57E-08	0	0	0
Hydrogen bromine (hydrobromic acid)	3,31E-12	3,15E-12	3,15E-12	7,88E-16	7,49E-16	3,95E-17	1,66E-13	0	0	0
Hydrogen chloride	1,23E-05	1,16E-05	1,16E-05	6,10E-09	5,79E-09	3,05E-10	6,13E-07	0	0	0
Hydrogen cyanide (prussic acid)	1,39E-10	1,32E-10	1,32E-10	3,24E-14	3,08E-14	1,62E-15	6,95E-12	0	0	0
Hydrogen fluoride	9,05E-07	8,59E-07	8,59E-07	4,80E-10	4,56E-10	2,40E-11	4,53E-08	0	0	0
Hydrogen iodide	5,10E-19	4,83E-19	4,83E-19	9,71E-22	9,23E-22	4,86E-23	2,54E-20	0	0	0
Hydrogen phosphorous	2,30E-12	2,19E-12	2,19E-12	4,34E-16	4,13E-16	2,17E-17	1,15E-13	0	0	0
Hydrogen sulphide	2,66E-05	2,53E-05	2,53E-05	1,58E-08	1,50E-08	7,92E-10	1,33E-06	0	0	0
Lead dioxide	2,95E-15	2,80E-15	2,80E-15	7,36E-19	6,99E-19	3,69E-20	1,48E-16	0	0	0
Nitrogen (atmospheric nitrogen)	4,38E-05	4,15E-05	4,15E-05	8,21E-08	7,80E-08	4,11E-09	2,18E-06	0	0	0
Nitrogen dioxide	5,91E-06	-2,63E-07	-2,63E-07	5,60E-11	5,32E-11	2,80E-12	-1,39E-08	3,09E-06	1,55E-07	2,94E-06
Nitrogen monoxide	8,23E-05	1,10E-06	1,10E-06	5,42E-08	5,15E-08	2,71E-09	5,80E-08	4,05E-05	2,03E-06	3,85E-05
Nitrogen oxides	0,000610648	0,000577427	0,000577427	1,40E-06	1,33E-06	6,98E-08	3,04E-05	0	0	0
Nitrogen trifluoride	5,85E-12	5,55E-12	5,55E-12	1,10E-15	1,05E-15	5,53E-17	2,93E-13	0	0	0

Nitrous oxide (laughing gas)	1,32E-05	1,21E-05	1,21E-05	1,92E-07	1,83E-07	9,63E-09	6,39E-07	4,37E-08	2,19E-09	4,15E-08
Oxygen	0,007886444	0,007488916	0,007488916	1,43E-06	1,36E-06	7,16E-08	0,000395	0	0	0
Scandium	2,65E-18	2,52E-18	2,52E-18	2,41E-21	2,29E-21	1,21E-22	1,33E-19	0	0	0
Silicium tetrafluoride	1,07E-12	1,02E-12	1,02E-12	2,01E-16	1,91E-16	1,01E-17	5,35E-14	0	0	0
Strontium	1,05E-16	9,93E-17	9,93E-17	9,27E-20	8,81E-20	4,64E-21	5,23E-18	0	0	0
Sulphur	7,39E-10	7,02E-10	7,02E-10	1,78E-13	1,69E-13	8,92E-15	3,70E-11	0	0	0
Sulphur dioxide	0,000748245	0,000705427	0,000705427	2,79E-06	2,65E-06	1,40E-07	3,72E-05	3,41E-08	1,70E-09	3,23E-08
Sulphur hexafluoride	5,90E-15	5,59E-15	5,59E-15	1,25E-17	1,18E-17	6,24E-19	2,94E-16	0	0	0
Sulphur trioxide	8,17E-10	7,76E-10	7,76E-10	1,36E-13	1,29E-13	6,79E-15	4,09E-11	0	0	0
Sulphuric acid	1,38E-10	1,28E-10	1,28E-10	1,63E-12	1,55E-12	8,15E-14	6,76E-12	0	0	0
Tin oxide	1,87E-20	1,77E-20	1,77E-20	3,56E-23	3,38E-23	1,78E-24	9,35E-22	0	0	0
Water (evapotranspiration)	1,641188889	1,328821391	1,328821391	0,12116931	0,115103	0,006066	0,070029	0	0	0
Water vapour	1,777373125	1,687111353	1,687111353	0,0006755	0,000642	3,38E-05	0,088911	0	0	0
Zinc chloride	7,46E-20	6,92E-20	6,92E-20	8,90E-22	8,45E-22	4,45E-23	3,65E-21	0	0	0
Zinc oxide	3,75E-20	3,55E-20	3,55E-20	7,13E-23	6,77E-23	3,57E-24	1,87E-21	0	0	0
Zinc sulphate	3,10E-11	2,82E-11	2,82E-11	6,37E-13	6,05E-13	3,19E-14	1,49E-12	0	0	0
Organic emissions to air (group VOC)	0,0009359	0,000871196	0,000871196	7,62E-06	7,24E-06	3,81E-07	4,59E-05	1,78E-06	8,90E-08	1,69E-06
Group NMVOC to air	0,00012282	0,000110557	0,000110557	1,48E-06	1,41E-06	7,42E-08	5,83E-06	1,74E-06	8,69E-08	1,65E-06
Group PAH to air	3,49E-09	3,27E-09	3,27E-09	2,47E-11	2,35E-11	1,24E-12	1,72E-10	0	0	0
Anthracene	2,80E-12	2,51E-12	2,51E-12	7,80E-14	7,41E-14	3,90E-15	1,32E-13	0	0	0
Benzo{a}anthracene	1,41E-12	1,27E-12	1,27E-12	3,94E-14	3,74E-14	1,97E-15	6,69E-14	0	0	0
Benzo{a}pyrene	3,22E-11	3,05E-11	3,05E-11	5,87E-14	5,58E-14	2,94E-15	1,60E-12	0	0	0
Benzo{ghi}perylene	1,26E-12	1,13E-12	1,13E-12	3,52E-14	3,34E-14	1,76E-15	5,97E-14	0	0	0
Benzofluoranthene	2,52E-12	2,26E-12	2,26E-12	7,03E-14	6,68E-14	3,52E-15	1,19E-13	0	0	0
Chrysene	3,48E-12	3,12E-12	3,12E-12	9,69E-14	9,20E-14	4,85E-15	1,64E-13	0	0	0
Dibenz(a)anthracene	7,87E-13	7,06E-13	7,06E-13	2,19E-14	2,08E-14	1,10E-15	3,72E-14	0	0	0
Indeno [1,2,3-c]pyrene	9,41E-13	8,44E-13	8,44E-13	2,62E-14	2,49E-14	1,31E-15	4,45E-14	0	0	0

Naphthalene	2,96E-10	2,65E-10	2,65E-10	8,23E-12	7,82E-12	4,12E-13	1,40E-11	0	0	0
Phenanthrene	9,28E-11	8,32E-11	8,32E-11	2,58E-12	2,45E-12	1,29E-13	4,39E-12	0	0	0
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH)	3,06E-09	2,88E-09	2,88E-09	1,35E-11	1,28E-11	6,75E-13	1,52E-10	0	0	0
Halogenated organic emissions to air	2,33E-09	2,21E-09	2,21E-09	1,45E-12	1,38E-12	7,27E-14	1,16E-10	0	0	0
1,1,1-Trichloroethane	6,52E-15	6,15E-15	6,15E-15	1,93E-17	1,83E-17	9,64E-19	3,24E-16	0	0	0
Chloromethane (methyl chloride)	1,03E-16	9,76E-17	9,76E-17	1,57E-20	1,49E-20	7,87E-22	5,15E-18	0	0	0
Dichloroethane (ethylene dichloride)	7,09E-19	6,70E-19	6,70E-19	2,03E-21	1,93E-21	1,02E-22	3,53E-20	0	0	0
Dichloromethane (methylene chloride)	1,77E-13	1,68E-13	1,68E-13	3,37E-17	3,21E-17	1,69E-18	8,86E-15	0	0	0
Dioxins (unspec.)	3,84E-14	3,65E-14	3,65E-14	7,15E-18	6,80E-18	3,58E-19	1,92E-15	0	0	0
Halon (1301)	2,76E-18	2,62E-18	2,62E-18	4,82E-22	4,58E-22	2,41E-23	1,38E-19	0	0	0
Hydrocarbons, chloro-/fluoro-	4,10E-13	3,90E-13	3,90E-13	7,68E-17	7,30E-17	3,84E-18	2,05E-14	0	0	0
Hydrocarbons, halogenated	1,21E-13	1,15E-13	1,15E-13	2,12E-17	2,02E-17	1,06E-18	6,06E-15	0	0	0
Methyl bromide	1,60E-16	1,52E-16	1,52E-16	2,79E-20	2,65E-20	1,40E-21	8,00E-18	0	0	0
Polychlorinated biphenyls (PCB unspecified)	1,64E-12	1,46E-12	1,46E-12	5,41E-14	5,14E-14	2,71E-15	7,67E-14	0	0	0
Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (2,3,7,8 - TCDD)	1,79E-14	1,70E-14	1,70E-14	5,57E-18	5,29E-18	2,79E-19	8,94E-16	0	0	0
R 11 (trichlorofluoromethane)	4,43E-15	4,21E-15	4,21E-15	7,75E-19	7,36E-19	3,88E-20	2,22E-16	0	0	0
R 114 (dichlorotetrafluoroethane)	2,46E-11	2,33E-11	2,33E-11	1,48E-14	1,41E-14	7,42E-16	1,23E-12	0	0	0
R 116 (hexafluoroethane)	6,58E-11	6,25E-11	6,25E-11	1,37E-14	1,31E-14	6,88E-16	3,29E-12	0	0	0
R 12 (dichlorodifluoromethane)	9,53E-16	9,05E-16	9,05E-16	1,67E-19	1,58E-19	8,34E-21	4,77E-17	0	0	0
R 124 (chlorotetrafluoroethane)	1,93E-16	1,83E-16	1,83E-16	3,07E-20	2,92E-20	1,54E-21	9,64E-18	0	0	0

R 125 (pentafluoroethane)	5,01E-11	4,75E-11	4,75E-11	1,27E-14	1,21E-14	6,38E-16	2,51E-12	0	0	0
R 13 (chlorotrifluoromethane)	5,99E-16	5,69E-16	5,69E-16	1,05E-19	9,94E-20	5,24E-21	3,00E-17	0	0	0
R 134a (tetrafluoroethane)	3,16E-11	3,00E-11	3,00E-11	7,97E-15	7,57E-15	3,99E-16	1,58E-12	0	0	0
R 143 (trifluoroethane)	4,47E-11	4,25E-11	4,25E-11	1,14E-14	1,08E-14	5,70E-16	2,24E-12	0	0	0
R 22 (chlorodifluoromethane)	1,02E-11	9,66E-12	9,66E-12	2,50E-15	2,37E-15	1,25E-16	5,09E-13	0	0	0
R 23 (trifluoromethane)	3,44E-10	3,26E-10	3,26E-10	8,74E-14	8,31E-14	4,38E-15	1,72E-11	0	0	0
R 245fa	8,90E-10	8,45E-10	8,45E-10	2,27E-13	2,15E-13	1,13E-14	4,45E-11	0	0	0
R32 (difluoromethane)	7,51E-12	7,13E-12	7,13E-12	1,91E-15	1,82E-15	9,57E-17	3,76E-13	0	0	0
Tetrachloroethene (perchloroethylene)	1,24E-15	1,18E-15	1,18E-15	1,99E-19	1,89E-19	9,94E-21	6,23E-17	0	0	0
Tetrafluoromethane	6,90E-10	6,55E-10	6,55E-10	1,43E-13	1,36E-13	7,18E-15	3,45E-11	0	0	0
Trichloroethene (isomers)	4,89E-11	4,64E-11	4,64E-11	9,24E-15	8,78E-15	4,63E-16	2,45E-12	0	0	0
Vinyl chloride (VCM; chloroethene)	1,21E-10	1,13E-10	1,13E-10	8,67E-13	8,23E-13	4,34E-14	5,96E-12	0	0	0
1,3,5-Trimethylbenzene	1,83E-19	1,73E-19	1,73E-19	3,47E-22	3,30E-22	1,74E-23	9,11E-21	0	0	0
Acenaphthene	6,98E-12	6,16E-12	6,16E-12	2,46E-13	2,34E-13	1,23E-14	3,25E-13	0	0	0
Acetaldehyde (Ethanal)	1,61E-08	1,52E-08	1,52E-08	3,40E-11	3,23E-11	1,70E-12	8,01E-10	0	0	0
Acetic acid	1,58E-07	1,50E-07	1,50E-07	1,70E-10	1,61E-10	8,51E-12	7,88E-09	0	0	0
Acetone (dimethylceton)	1,52E-08	1,44E-08	1,44E-08	3,11E-11	2,95E-11	1,56E-12	7,60E-10	0	0	0
Acrolein	1,86E-11	1,67E-11	1,67E-11	5,08E-13	4,83E-13	2,54E-14	8,79E-13	0	0	0
Acrylonitrile	3,24E-14	3,08E-14	3,08E-14	5,66E-18	5,38E-18	2,83E-19	1,62E-15	0	0	0
Aldehyde (unspecified)	4,36E-09	4,14E-09	4,14E-09	8,83E-13	8,39E-13	4,42E-14	2,18E-10	0	0	0
Alkane (unspecified)	1,05E-06	9,94E-07	9,94E-07	2,45E-10	2,32E-10	1,22E-11	5,24E-08	0	0	0
Alkene (unspecified)	9,93E-07	9,43E-07	9,43E-07	1,56E-10	1,48E-10	7,82E-12	4,97E-08	0	0	0
Benzene	2,61E-07	1,90E-07	1,90E-07	1,04E-09	9,89E-10	5,21E-11	1,00E-08	2,92E-08	1,46E-09	2,77E-08

Butadiene	7,33E-18	6,95E-18	6,95E-18	5,60E-21	5,32E-21	2,80E-22	3,66E-19	0	0	0
Butane (n-butane)	4,69E-06	4,26E-06	4,26E-06	1,04E-07	9,92E-08	5,23E-09	2,24E-07	0	0	0
Butene	7,52E-10	6,98E-10	6,98E-10	8,80E-12	8,36E-12	4,41E-13	3,68E-11	0	0	0
Caprolactam	2,13E-12	2,02E-12	2,02E-12	4,25E-16	4,03E-16	2,13E-17	1,07E-13	0	0	0
Cumene (isopropylbenzene)	8,67E-16	8,23E-16	8,23E-16	2,53E-19	2,40E-19	1,27E-20	4,34E-17	0	0	0
Cyclohexane (hexahydrobenzene)	5,06E-11	4,81E-11	4,81E-11	1,06E-14	1,01E-14	5,32E-16	2,53E-12	0	0	0
Diethylamine	-3,67E-17	-3,49E-17	-3,49E-17	-5,21E-21	-4,95E-21	-2,61E-22	-1,84E-18	0	0	0
Dimethylamine	3,18E-14	3,02E-14	3,02E-14	5,97E-18	5,67E-18	2,99E-19	1,59E-15	0	0	0
Ethane	1,40E-05	1,28E-05	1,28E-05	2,79E-07	2,65E-07	1,40E-08	6,75E-07	0	0	0
Ethanol	3,00E-08	2,84E-08	2,84E-08	4,69E-11	4,46E-11	2,35E-12	1,49E-09	0	0	0
Ethene (ethylene)	7,73E-10	7,29E-10	7,29E-10	2,54E-12	2,42E-12	1,27E-13	3,84E-11	0	0	0
Ethyl benzene	9,90E-07	9,40E-07	9,40E-07	1,53E-10	1,45E-10	7,66E-12	4,96E-08	0	0	0
Fluoranthene	9,16E-12	8,22E-12	8,22E-12	2,55E-13	2,42E-13	1,28E-14	4,33E-13	0	0	0
Fluorene	2,91E-11	2,61E-11	2,61E-11	8,11E-13	7,70E-13	4,06E-14	1,38E-12	0	0	0
Formaldehyde (methanal)	1,03E-06	9,74E-07	9,74E-07	6,55E-10	6,22E-10	3,28E-11	5,13E-08	0	0	0
Heptane (isomers)	1,78E-08	1,01E-08	1,01E-08	3,58E-09	3,40E-09	1,79E-10	5,33E-10	0	0	0
Hexamethylene diamine (HMDA)	1,36E-19	1,29E-19	1,29E-19	2,93E-22	2,79E-22	1,47E-23	6,79E-21	0	0	0
Hexane (isomers)	2,23E-07	6,82E-08	6,82E-08	7,57E-08	7,19E-08	3,79E-09	3,60E-09	0	0	0
Hydrocarbons, aromatic	5,67E-09	5,37E-09	5,37E-09	9,30E-12	8,83E-12	4,66E-13	2,83E-10	0	0	0
Isopropanol	1,89E-09	1,80E-09	1,80E-09	3,46E-13	3,29E-13	1,73E-14	9,48E-11	0	0	0
Mercaptan (unspecified)	1,51E-09	1,41E-09	1,41E-09	1,15E-11	1,09E-11	5,75E-13	7,44E-11	0	0	0
meta-Cresol	2,06E-13	1,96E-13	1,96E-13	3,87E-17	3,68E-17	1,94E-18	1,03E-14	0	0	0
Methacrylate	4,54E-14	4,31E-14	4,31E-14	3,52E-17	3,35E-17	1,76E-18	2,27E-15	0	0	0
Methanol	2,84E-08	2,69E-08	2,69E-08	4,65E-11	4,42E-11	2,33E-12	1,42E-09	0	0	0
Methyl methacrylate (7,14E-12	6,77E-12	6,77E-12	5,11E-15	4,85E-15	2,56E-16	3,57E-13	0	0	0
n-Butyl acetate	1,92E-14	1,81E-14	1,81E-14	5,66E-17	5,38E-17	2,83E-18	9,54E-16	0	0	0
NM VOC (unspecified)	8,07E-05	7,25E-05	7,25E-05	4,82E-07	4,58E-07	2,41E-08	3,82E-06	1,71E-06	8,54E-08	1,62E-06

Octane	9,79E-09	5,56E-09	5,56E-09	1,97E-09	1,87E-09	9,85E-11	2,93E-10	0	0	0
para-Cresol	2,04E-13	1,94E-13	1,94E-13	3,83E-17	3,64E-17	1,92E-18	1,02E-14	0	0	0
Pentane (n-pentane)	3,45E-06	3,21E-06	3,21E-06	3,60E-08	3,42E-08	1,80E-09	1,69E-07	0	0	0
Phenol (hydroxy benzene)	7,51E-11	7,13E-11	7,13E-11	1,52E-14	1,44E-14	7,59E-16	3,76E-12	0	0	0
Propane	1,04E-05	8,98E-06	8,98E-06	4,97E-07	4,72E-07	2,49E-08	4,73E-07	0	0	0
Propene (propylene)	9,42E-08	8,92E-08	8,92E-08	1,60E-10	1,52E-10	8,03E-12	4,70E-09	0	0	0
Propionic acid (propane acid)	5,44E-12	5,12E-12	5,12E-12	2,40E-14	2,28E-14	1,20E-15	2,70E-13	0	0	0
Propylene glycol methyl ether acetate	3,83E-10	3,64E-10	3,64E-10	7,19E-14	6,83E-14	3,60E-15	1,92E-11	0	0	0
Styrene	9,22E-12	8,76E-12	8,76E-12	1,68E-15	1,59E-15	8,39E-17	4,62E-13	0	0	0
Toluene (methyl benzene)	4,51E-07	4,29E-07	4,29E-07	9,30E-11	8,83E-11	4,65E-12	2,26E-08	0	0	0
Xylene (dimethyl benzene)	4,14E-06	3,93E-06	3,93E-06	6,57E-10	6,24E-10	3,29E-11	2,07E-07	0	0	0
Acenaphthylene	1,38E-11	1,21E-11	1,21E-11	4,85E-13	4,61E-13	2,43E-14	6,40E-13	0	0	0
Hydrocarbons (unspecified)	3,38E-07	2,95E-07	2,95E-07	1,36E-08	1,29E-08	6,81E-10	1,55E-08	0	0	0
Methane	0,000812743	0,000760344	0,000760344	6,12E-06	5,82E-06	3,06E-07	4,01E-05	4,20E-08	2,10E-09	3,99E-08
Organic chlorine compounds	4,65E-15	4,39E-15	4,39E-15	1,37E-17	1,30E-17	6,85E-19	2,31E-16	0	0	0
Other emissions to air	1,80150774	1,709966222	1,709966222	0,00071315	0,0006677	3,57E-05	0,090115	0	0	0
Clean gas	7,98E-05	1,42E-05	1,42E-05	3,24E-05	3,08E-05	1,62E-06	7,46E-07	0	0	0
Exhaust	1,570039525	1,490215731	1,490215731	0,00064471	0,000612	3,23E-05	0,078534	0	0	0
Unused primary energy from solar energy	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unused primary energy from wind power	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Used air	0,231388437	0,219736338	0,219736338	3,60E-05	3,42E-05	1,80E-06	0,01158	0	0	0
Waste heat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Particles to air	0,000119175	0,000111258	0,000111258	1,14E-07	1,08E-07	5,71E-09	5,86E-06	9,13E-07	4,57E-08	8,67E-07
Aluminium	1,65E-09	1,57E-09	1,57E-09	2,90E-13	2,76E-13	1,45E-14	8,26E-11	0	0	0
Aluminium	7,36E-	6,99E-	6,99E-	1,50E-	1,43	7,52	3,68	0	0	0

oxide (dust)	09	09	09	-12	E-12	E-14	E-10			
Dust (> PM10)	4,78E-05	4,54E-05	4,54E-05	1,04E-08	9,88E-09	5,21E-10	2,39E-06	0	0	0
Dust (PM10)	1,17E-07	1,11E-07	1,11E-07	0	0	0	5,84E-09	0	0	0
Dust (PM2,5 - PM10)	2,95E-06	2,68E-06	2,68E-06	6,15E-08	5,85E-08	3,08E-09	1,41E-07	0	0	0
Dust (PM2.5)	6,83E-05	6,30E-05	6,30E-05	4,21E-08	4,00E-08	2,11E-09	3,32E-06	9,13E-07	4,57E-08	8,67E-07
Metals (unspecified)	9,79E-15	9,28E-15	9,28E-15	1,01E-17	9,55E-18	5,03E-19	4,89E-16	0	0	0
Silicon dioxide (silica)	1,55E-10	1,48E-10	1,48E-10	2,73E-14	2,59E-14	1,37E-15	7,78E-12	0	0	0
Pesticides to air	-	-	-	0	0	0	-	0	0	0
	7,77E-13	7,38E-13	7,38E-13				3,89E-14			
Acetochlor	-	-	-	0	0	0	-	0	0	0
	2,59E-13	2,46E-13	2,46E-13				1,30E-14			
Atrazine	-	-	-	0	0	0	-	0	0	0
	4,54E-13	4,31E-13	4,31E-13				2,27E-14			
Benomyl	7,21E-16	6,85E-16	6,85E-16	0	0	0	3,61E-17	0	0	0
Deltamethrin	5,43E-14	5,16E-14	5,16E-14	0	0	0	2,72E-15	0	0	0
Dicamba	-	-	-	0	0	0	-	0	0	0
	1,73E-14	1,65E-14	1,65E-14				8,68E-16			
Dimethenamid	-	-	-	0	0	0	-	0	0	0
	5,14E-14	4,88E-14	4,88E-14				2,57E-15			
Fipronil	-	-	-	0	0	0	-	0	0	0
	1,76E-15	1,68E-15	1,68E-15				8,83E-17			
Glyphosate	-	-	-	0	0	0	-	0	0	0
	4,24E-14	4,03E-14	4,03E-14				2,12E-15			
Mancozeb	4,13E-15	3,93E-15	3,93E-15	0	0	0	2,07E-16	0	0	0
Methomyl	8,03E-19	7,63E-19	7,63E-19	0	0	0	4,02E-20	0	0	0
Terbufos	-	-	-	0	0	0	-	0	0	0
	1,95E-14	1,85E-14	1,85E-14				9,76E-16			
Trifluralin	8,65E-15	8,22E-15	8,22E-15	0	0	0	4,33E-16	0	0	0
Radioactive emissions to air	1,36E-14	1,29E-14	1,29E-14	2,24E-17	2,13E-17	1,12E-18	6,80E-16	0	0	0
Antimony (Sb124)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Argon (Ar41)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carbon (C14)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cesium (Cs134)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cesium (Cs137)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Cobalt (Co58)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cobalt (Co60)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrogen-3, Tritium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inert gases	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iodine (I129)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iodine (I131)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krypton (Kr85)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Krypton (Kr85m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lead (Pb210)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plutonium (Pu alpha)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polonium (Po210)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protactinium (Pa234m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Radioactive emissions (general)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Radium (Ra226)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Radon (Rn222)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thorium (Th230)	9,27E- 16	8,80E- 16	8,80E- 16	2,08E -19	1,98 E-19	1,04 E-20	4,64 E-17	0	0	0
Thorium (Th234)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uranium (total)	1,27E- 14	1,20E- 14	1,20E- 14	2,22E -17	2,11 E-17	1,11 E-18	6,34 E-16	0	0	0
Uranium (U234)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uranium (U235)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Uranium (U238)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xenon (Xe131m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xenon (Xe133)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xenon (Xe133m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xenon (Xe135)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xenon (Xe135m)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xenon (Xe137)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Xenon (Xe138)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Emissions to fresh water	791,62 64294	751,54 03054	751,54 03054	0,239 97499	0,22 7961	0,01 2014	39,6 0617	0	0	0
Analytical measures to fresh water	0,0003 90641	0,0003 70372	0,0003 70372	3,75E -07	3,56 E-07	1,88 E-08	1,95 E-05	0	0	0

Adsorbable organic halogen compounds (AOX)	2,18E-07	2,06E-07	2,06E-07	8,44E-10	8,01E-10	4,22E-11	1,09E-08	0	0	0
Biological oxygen demand (BOD)	2,81E-06	2,66E-06	2,66E-06	8,89E-09	8,45E-09	4,45E-10	1,40E-07	0	0	0
Chemical oxygen demand (COD)	0,00038677	0,000366745	0,000366745	3,49E-07	3,31E-07	1,75E-08	1,93E-05	0	0	0
Nitrogenous Matter (unspecified, as N)	5,22E-07	4,95E-07	4,95E-07	1,47E-10	1,40E-10	7,38E-12	2,61E-08	0	0	0
Solids (dissolved)	1,14E-06	1,08E-06	1,08E-06	7,07E-10	6,72E-10	3,54E-11	5,71E-08	0	0	0
Total dissolved organic bounded carbon	1,60E-10	1,52E-10	1,52E-10	3,68E-14	3,50E-14	1,84E-15	8,00E-12	0	0	0
Total organic bounded carbon	-8,25E-07	-8,14E-07	-8,14E-07	1,60E-08	1,52E-08	7,99E-10	-4,29E-08	0	0	0
Heavy metals to fresh water	0,000193254	0,000183443	0,000183443	7,21E-08	6,85E-08	3,61E-09	9,67E-06	0	0	0
Antimony	2,68E-10	2,54E-10	2,54E-10	4,10E-14	3,89E-14	2,05E-15	1,34E-11	0	0	0
Arsenic (+V)	3,69E-08	2,60E-08	2,60E-08	4,78E-09	4,55E-09	2,40E-10	1,37E-09	0	0	0
Cadmium (+II)	1,00E-08	5,64E-09	5,64E-09	2,05E-09	1,95E-09	1,03E-10	2,97E-10	0	0	0
Chromium (+III)	5,34E-09	4,93E-09	4,93E-09	7,31E-11	6,94E-11	3,66E-12	2,60E-10	0	0	0
Chromium (+VI)	1,98E-09	1,88E-09	1,88E-09	9,86E-13	9,37E-13	4,94E-14	9,89E-11	0	0	0
Chromium (unspecified)	4,71E-08	3,05E-08	3,05E-08	7,50E-09	7,13E-09	3,76E-10	1,61E-09	0	0	0
Cobalt	1,32E-10	1,25E-10	1,25E-10	6,57E-14	6,24E-14	3,29E-15	6,59E-12	0	0	0
Copper (+II)	5,04E-08	3,42E-08	3,42E-08	7,17E-09	6,82E-09	3,59E-10	1,80E-09	0	0	0
Heavy metals to water (unspecified)	1,86E-15	1,76E-15	1,76E-15	1,37E-18	1,31E-18	6,88E-20	9,30E-17	0	0	0
Iron	0,000192209	0,000182503	0,000182503	4,41E-08	4,19E-08	2,21E-09	9,62E-06	0	0	0
Lead (+II)	4,87E-08	4,29E-08	4,29E-08	1,73E-09	1,65E-09	8,68E-11	2,26E-09	0	0	0
Manganese (+II)	3,81E-07	3,61E-07	3,61E-07	5,78E-10	5,49E-10	2,89E-11	1,90E-08	0	0	0
Mercury (+II)	9,35E-10	8,64E-10	8,64E-10	1,24E-11	1,18E-11	6,22E-13	4,56E-11	0	0	0
Molybdenum	7,72E-08	7,33E-08	7,33E-08	2,32E-11	2,21E-11	1,16E-12	3,86E-09	0	0	0

Nickel (+II)	3,42E-08	2,68E-08	2,68E-08	2,96E-09	2,82E-09	1,48E-10	1,41E-09	0	0	0
Selenium	9,94E-09	9,42E-09	9,42E-09	1,12E-11	1,07E-11	5,63E-13	4,96E-10	0	0	0
Silver	2,85E-10	2,70E-10	2,70E-10	1,36E-13	1,29E-13	6,81E-15	1,42E-11	0	0	0
Strontium	2,77E-07	2,62E-07	2,62E-07	8,18E-10	7,77E-10	4,10E-11	1,38E-08	0	0	0
Tantalum	1,91E-15	1,82E-15	1,82E-15	3,81E-19	3,62E-19	1,91E-20	9,57E-17	0	0	0
Thallium	6,22E-13	5,67E-13	5,67E-13	1,28E-14	1,22E-14	6,41E-16	2,99E-14	0	0	0
Tin (+IV)	2,07E-14	1,97E-14	1,97E-14	4,84E-18	4,60E-18	2,42E-19	1,04E-15	0	0	0
Titanium	8,93E-09	8,48E-09	8,48E-09	2,94E-12	2,80E-12	1,47E-13	4,47E-10	0	0	0
Tungsten	1,15E-10	1,09E-10	1,09E-10	2,14E-14	2,03E-14	1,07E-15	5,75E-12	0	0	0
Vanadium (+III)	1,34E-08	1,27E-08	1,27E-08	1,23E-11	1,17E-11	6,16E-13	6,67E-10	0	0	0
Zinc (+II)	4,12E-08	3,86E-08	3,86E-08	2,60E-10	2,47E-10	1,30E-11	2,04E-09	0	0	0
Inorganic emissions to fresh water	0,004410891	0,00378012	0,00378012	0,00021578	0,000205	1,08E-05	0,000199	0	0	0
Acid (calculated as H+)	6,22E-09	5,91E-09	5,91E-09	1,30E-12	1,23E-12	6,51E-14	3,11E-10	0	0	0
Aluminium (+III)	1,63E-06	1,55E-06	1,55E-06	7,35E-10	6,98E-10	3,68E-11	8,15E-08	0	0	0
Ammonia	9,44E-07	8,97E-07	8,97E-07	1,94E-10	1,84E-10	9,70E-12	4,73E-08	0	0	0
Ammonium (total N)	1,54E-14	1,46E-14	1,46E-14	4,60E-18	4,37E-18	2,30E-19	7,71E-16	0	0	0
Ammonium / ammonia	1,26E-06	1,18E-06	1,18E-06	8,56E-09	8,14E-09	4,29E-10	6,21E-08	0	0	0
Barium	1,81E-07	9,25E-08	9,25E-08	4,17E-08	3,96E-08	2,09E-09	4,88E-09	0	0	0
Beryllium	6,23E-11	5,92E-11	5,92E-11	1,40E-14	1,33E-14	7,01E-16	3,12E-12	0	0	0
Boron	8,34E-07	7,92E-07	7,92E-07	1,67E-10	1,59E-10	8,38E-12	4,18E-08	0	0	0
Bromate	5,88E-19	5,58E-19	5,58E-19	1,98E-22	1,88E-22	9,93E-24	2,94E-20	0	0	0
Bromine	1,60E-15	1,52E-15	1,52E-15	3,59E-19	3,41E-19	1,80E-20	7,99E-17	0	0	0
Calcium (+II)	0,000146486	0,000138956	0,000138956	1,03E-07	9,83E-08	5,18E-09	7,32E-06	0	0	0
Carbonate	1,31E-05	7,04E-06	7,04E-06	2,84E-06	2,70E-06	1,42E-07	3,71E-07	0	0	0
Chlorate	2,87E-14	2,73E-14	2,73E-14	6,95E-18	6,60E-18	3,48E-19	1,44E-15	0	0	0
Chloride	0,002637918	0,002110473	0,002110473	0,00020811	0,000198	1,04E-05	0,000111	0	0	0
Chlorine	2,48E-12	2,36E-12	2,36E-12	4,35E-16	4,13E-16	2,18E-17	1,24E-13	0	0	0
Chlorine (dissolved)	2,22E-06	2,11E-06	2,11E-06	5,29E-10	5,03E-10	2,65E-11	1,11E-07	0	0	0

Cyanide	2,16E-09	2,03E-09	2,03E-09	9,27E-12	8,81E-12	4,64E-13	1,07E-10	0	0	0
Fluoride	0,00037857	0,000359473	0,000359473	7,61E-08	7,23E-08	3,81E-09	1,89E-05	0	0	0
Fluorine	2,17E-10	1,99E-10	1,99E-10	3,86E-12	3,67E-12	1,93E-13	1,05E-11	0	0	0
Hydrogen chloride	-4,01E-11	-3,88E-11	-3,88E-11	3,71E-13	3,53E-13	1,86E-14	-2,04E-12	0	0	0
Hydrogen cyanide (prussic acid)	3,82E-16	3,62E-16	3,62E-16	3,00E-19	2,85E-19	1,50E-20	1,91E-17	0	0	0
Hydrogen fluoride (hydrofluoric acid)	9,28E-11	8,71E-11	8,71E-11	5,76E-13	5,47E-13	2,88E-14	4,59E-12	0	0	0
Hydrogen peroxide	2,83E-07	2,68E-07	2,68E-07	5,27E-11	5,01E-11	2,64E-12	1,41E-08	0	0	0
Hydroxide	2,16E-10	2,05E-10	2,05E-10	5,14E-14	4,88E-14	2,57E-15	1,08E-11	0	0	0
Inorganic dissolved matter (unspecified)	2,69E-16	2,55E-16	2,55E-16	4,69E-20	4,46E-20	2,35E-21	1,34E-17	0	0	0
Inorganic salts and acids (unspecified)	2,73E-22	2,59E-22	2,59E-22	4,77E-26	4,53E-26	2,39E-27	1,37E-23	0	0	0
Iodide	1,33E-16	1,27E-16	1,27E-16	2,33E-20	2,21E-20	1,17E-21	6,67E-18	0	0	0
Iron ion (+III)	5,42E-15	5,14E-15	5,14E-15	9,46E-19	8,99E-19	4,74E-20	2,71E-16	0	0	0
Magnesium (+III)	2,55E-05	2,42E-05	2,42E-05	6,51E-09	6,18E-09	3,26E-10	1,27E-06	0	0	0
Magnesium chloride	6,96E-10	6,61E-10	6,61E-10	1,23E-13	1,17E-13	6,15E-15	3,48E-11	0	0	0
Magnesium ion (+II)	6,71E-12	6,37E-12	6,37E-12	1,18E-15	1,12E-15	5,88E-17	3,36E-13	0	0	0
Metal ions (unspecific)	3,49E-09	3,32E-09	3,32E-09	6,96E-13	6,61E-13	3,49E-14	1,75E-10	0	0	0
Nitrate	8,43E-05	7,64E-05	7,64E-05	1,92E-06	1,83E-06	9,62E-08	4,03E-06	0	0	0
Nitrite	1,69E-10	1,61E-10	1,61E-10	5,22E-14	4,96E-14	2,61E-15	8,47E-12	0	0	0
Nitrogen	-5,46E-10	-5,18E-10	-5,18E-10	9,07E-14	8,62E-14	4,54E-15	-2,73E-11	0	0	0
Nitrogen (as total N)	5,84E-09	5,54E-09	5,54E-09	1,31E-12	1,25E-12	6,57E-14	2,92E-10	0	0	0
Nitrogen organic bounded	1,65E-06	1,37E-06	1,37E-06	1,08E-07	1,02E-07	5,38E-09	7,19E-08	0	0	0
Phosphate	3,27E-07	2,62E-07	2,62E-07	2,58E-08	2,45E-08	1,29E-09	1,38E-08	0	0	0
Phosphorus	3,80E-07	3,60E-07	3,60E-07	1,90E-10	1,81E-10	9,53E-12	1,90E-08	0	0	0
Potassium	3,73E-06	2,99E-06	2,99E-06	2,91E-07	2,76E-07	1,46E-08	1,58E-07	0	0	0
Silicate particles	3,13E-11	2,98E-11	2,98E-11	5,50E-15	5,22E-15	2,75E-16	1,57E-12	0	0	0

Sodium (+I)	0,0003 80818	0,0003 61124	0,0003 61124	3,32E -07	3,15 E-07	1,66 E-08	1,90 E-05	0	0	0
Sodium chloride (rock salt)	5,75E- 08	5,46E- 08	5,46E- 08	1,01E -11	9,57 E-12	5,05 E-13	2,88 E-09	0	0	0
Sodium hypochlorite	1,25E- 06	1,18E- 06	1,18E- 06	6,27E -10	5,96 E-10	3,14 E-11	6,23 E-08	0	0	0
Sodium sulphate	5,79E- 06	5,50E- 06	5,50E- 06	1,09E -09	1,03 E-09	5,43 E-11	2,90 E-07	0	0	0
Sulphate	0,0007 21374	0,0006 8254	0,0006 8254	1,43E -06	1,36 E-06	7,17 E-08	3,60 E-05	0	0	0
Sulphide	2,03E- 06	1,02E- 06	1,02E- 06	4,78E -07	4,54 E-07	2,39 E-08	5,40 E-08	0	0	0
Sulphite	2,52E- 07	2,40E- 07	2,40E- 07	5,04E -11	4,79 E-11	2,52 E-12	1,26 E-08	0	0	0
Sulphur	1,95E- 12	1,85E- 12	1,85E- 12	3,41E -16	3,24 E-16	1,71 E-17	9,75 E-14	0	0	0
Sulphur trioxide	1,33E- 09	1,26E- 09	1,26E- 09	2,20E -13	2,09 E-13	1,10 E-14	6,64 E-11	0	0	0
Sulphuric acid	2,69E- 10	2,55E- 10	2,55E- 10	4,76E -14	4,52 E-14	2,38 E-15	1,34 E-11	0	0	0
Organic emissions to fresh water	2,33E- 05	1,88E- 05	1,88E- 05	1,71E -06	1,62 E-06	8,56 E-08	9,93 E-07	0	0	0
Halogenated organic emissions to fresh water	9,59E- 13	9,11E- 13	9,11E- 13	1,73E -16	1,64 E-16	8,65 E-18	4,80 E-14	0	0	0
1,2-Dibromoethane	4,70E- 20	4,44E- 20	4,44E- 20	1,39E -22	1,32 E-22	6,95 E-24	2,34 E-21	0	0	0
Chlorinated hydrocarbons (unspecified)	2,08E- 16	1,98E- 16	1,98E- 16	4,09E -20	3,89 E-20	2,05 E-21	1,04 E-17	0	0	0
Chloromethane (methyl chloride)	2,25E- 15	2,14E- 15	2,14E- 15	2,90E -18	2,75 E-18	1,45 E-19	1,13 E-16	0	0	0
Dichloroethane (ethylene dichloride)	1,12E- 20	1,06E- 20	1,06E- 20	3,16E -23	3,00 E-23	1,58 E-24	5,56 E-22	0	0	0
Dichloropropane	9,38E- 22	8,85E- 22	8,85E- 22	2,68E -24	2,55 E-24	1,34 E-25	4,67 E-23	0	0	0
Pentachlorophenol (PCP)	4,18E- 13	3,97E- 13	3,97E- 13	7,30E -17	6,93 E-17	3,65 E-18	2,09 E-14	0	0	0
Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (2,3,7,8 - TCDD)	2,38E- 21	2,25E- 21	2,25E- 21	6,94E -24	6,59 E-24	3,47 E-25	1,18 E-22	0	0	0
Tetrachloroethene (perchloroethylene)	5,55E- 15	5,27E- 15	5,27E- 15	9,70E -19	9,22 E-19	4,86 E-20	2,78 E-16	0	0	0
Trichloromethane (chloroform)	5,56E- 15	5,28E- 15	5,28E- 15	9,71E -19	9,22 E-19	4,86 E-20	2,78 E-16	0	0	0
Vinyl chloride (VCM; chloroethene)	5,28E- 13	5,01E- 13	5,01E- 13	9,50E -17	9,02 E-17	4,76 E-18	2,64 E-14	0	0	0

Hydrocarbons to fresh water	1,71E-06	1,32E-06	1,32E-06	1,60E-07	1,52E-07	8,02E-09	6,94E-08	0	0	0
Acenaphthene	2,98E-11	1,54E-11	1,54E-11	6,80E-12	6,46E-12	3,41E-13	8,11E-13	0	0	0
Acenaphthylene	1,26E-11	6,46E-12	6,46E-12	2,92E-12	2,78E-12	1,46E-13	3,40E-13	0	0	0
Acetic acid	1,16E-09	1,10E-09	1,10E-09	2,16E-13	2,05E-13	1,08E-14	5,79E-11	0	0	0
Acrylonitrile	2,59E-16	2,46E-16	2,46E-16	4,85E-20	4,61E-20	2,43E-21	1,30E-17	0	0	0
Alkane (unspecified)	1,74E-16	1,65E-16	1,65E-16	3,04E-20	2,89E-20	1,52E-21	8,72E-18	0	0	0
Anthracene	5,60E-11	2,91E-11	2,91E-11	1,27E-11	1,21E-11	6,37E-13	1,53E-12	0	0	0
Aromatic hydrocarbons (unspecified)	1,77E-09	1,57E-09	1,57E-09	6,02E-11	5,72E-11	3,02E-12	8,26E-11	0	0	0
Benzene	6,67E-08	3,36E-08	3,36E-08	1,56E-08	1,48E-08	7,83E-10	1,77E-09	0	0	0
Benzo{a}anthracene	3,33E-12	1,68E-12	1,68E-12	7,80E-13	7,41E-13	3,90E-14	8,86E-14	0	0	0
Benzofluoranthene	4,04E-13	2,03E-13	2,03E-13	9,51E-14	9,03E-14	4,76E-15	1,07E-14	0	0	0
Chrysene	1,21E-11	6,11E-12	6,11E-12	2,86E-12	2,71E-12	1,43E-13	3,22E-13	0	0	0
Cresol (methyl phenol)	2,13E-17	2,02E-17	2,02E-17	1,13E-20	1,07E-20	5,64E-22	1,06E-18	0	0	0
Ethyl benzene	3,63E-09	1,83E-09	1,83E-09	8,51E-10	8,08E-10	4,26E-11	9,65E-11	0	0	0
Fluoranthene	4,40E-12	2,50E-12	2,50E-12	8,84E-13	8,40E-13	4,43E-14	1,32E-13	0	0	0
Formaldehyde (methanal)	7,57E-16	7,19E-16	7,19E-16	1,51E-19	1,44E-19	7,56E-21	3,79E-17	0	0	0
Hexane (isomers)	2,33E-18	2,22E-18	2,22E-18	1,26E-21	1,19E-21	6,29E-23	1,17E-19	0	0	0
Hydrocarbons (unspecified)	1,82E-08	1,72E-08	1,72E-08	4,77E-12	4,53E-12	2,39E-13	9,08E-10	0	0	0
Methanol	4,11E-07	3,81E-07	3,81E-07	5,25E-09	4,99E-09	2,63E-10	2,01E-08	0	0	0
Naphthalene	2,09E-09	1,05E-09	1,05E-09	4,91E-10	4,67E-10	2,46E-11	5,54E-11	0	0	0
Oil (unspecified)	1,08E-06	8,16E-07	8,16E-07	1,09E-07	1,04E-07	5,47E-09	4,30E-08	0	0	0
Phenol (hydroxy benzene)	6,88E-08	3,53E-08	3,53E-08	1,58E-08	1,50E-08	7,92E-10	1,86E-09	0	0	0
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH, unspec.)	3,48E-11	3,15E-11	3,15E-11	8,46E-13	8,03E-13	4,23E-14	1,66E-12	0	0	0
Toluene (methyl benzene)	4,05E-08	2,04E-08	2,04E-08	9,51E-09	9,03E-09	4,76E-10	1,08E-09	0	0	0
Triethylene glycol	7,31E-17	6,94E-17	6,94E-17	1,28E-20	1,21E-20	6,39E-22	3,66E-18	0	0	0

Xylene (isomers; dimethyl benzene)	1,45E-08	7,31E-09	7,31E-09	3,40E-09	3,23E-09	1,70E-10	3,85E-10	0	0	0
Carbon, organically bound	1,96E-05	1,57E-05	1,57E-05	1,55E-06	1,47E-06	7,75E-08	8,26E-07	0	0	0
Organic chlorine compounds (unspecified)	1,90E-15	1,81E-15	1,81E-15	6,74E-19	6,40E-19	3,37E-20	9,52E-17	0	0	0
Organic compounds (dissolved)	1,99E-14	1,88E-14	1,88E-14	3,41E-17	3,24E-17	1,71E-18	9,92E-16	0	0	0
Organic compounds (unspecified)	1,96E-06	1,86E-06	1,86E-06	9,80E-10	9,31E-10	4,91E-11	9,80E-08	0	0	0
Other emissions to fresh water	791,6210573	751,5356528	751,5356528	0,23973781	0,227736	0,012002	39,60593	0	0	0
Pesticides to fresh water	-2,02E-14	-1,92E-14	-1,92E-14	0	0	0	-1,01E-15	0	0	0
Acetochlor	-1,62E-14	-1,54E-14	-1,54E-14	0	0	0	-8,10E-16	0	0	0
Alachlor	2,84E-14	2,70E-14	2,70E-14	0	0	0	1,42E-15	0	0	0
Atrazine	-2,84E-14	-2,69E-14	-2,69E-14	0	0	0	-1,42E-15	0	0	0
Benomyl	4,50E-17	4,28E-17	4,28E-17	0	0	0	2,26E-18	0	0	0
Deltamethrin	3,39E-15	3,22E-15	3,22E-15	0	0	0	1,70E-16	0	0	0
Dicamba	-1,08E-15	-1,03E-15	-1,03E-15	0	0	0	-5,42E-17	0	0	0
Dimethenamid	-3,21E-15	-3,05E-15	-3,05E-15	0	0	0	-1,61E-16	0	0	0
Fipronil	-1,10E-16	-1,05E-16	-1,05E-16	0	0	0	-5,52E-18	0	0	0
Glyphosate	-2,65E-15	-2,52E-15	-2,52E-15	0	0	0	-1,33E-16	0	0	0
Mancozeb	2,58E-16	2,45E-16	2,45E-16	0	0	0	1,29E-17	0	0	0
Methomyl	5,02E-20	4,77E-20	4,77E-20	0	0	0	2,51E-21	0	0	0
Terbufos	-1,22E-15	-1,16E-15	-1,16E-15	0	0	0	-6,10E-17	0	0	0
Trifluralin	5,41E-16	5,13E-16	5,13E-16	0	0	0	2,71E-17	0	0	0
Detergent (unspecified)	7,32E-20	6,95E-20	6,95E-20	1,28E-23	1,22E-23	6,40E-25	3,66E-21	0	0	0

Unused primary energy from geothermal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Unused primary energy from hydro power	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Waste heat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Water (groundwater from technosphere, waste water)	7,52E-07	7,09E-07	7,09E-07	2,85E-09	2,71E-09	1,43E-10	3,73E-08	0	0	0
Water (river water from technosphere, cooling water)	20,59732315	19,55582846	19,55582846	0,00545126	0,005178	0,000273	1,030592	0	0	0
Water (river water from technosphere, turbined)	770,0499567	731,0560827	731,0560827	0,23360925	0,221914	0,011695	38,52666	0	0	0
Water (river water from technosphere, waste water)	0,973776634	0,923740891	0,923740891	0,0006773	0,000643	3,39E-05	0,048681	0	0	0
Particles to fresh water	0,000354087	0,000299811	0,000299811	1,92E-05	1,83E-05	9,63E-07	1,58E-05	0	0	0
Metals (unspecified)	1,87E-13	1,78E-13	1,78E-13	3,73E-17	3,54E-17	1,87E-18	9,36E-15	0	0	0
Silicon dioxide (silica)	4,57E-11	4,34E-11	4,34E-11	6,99E-15	6,64E-15	3,50E-16	2,29E-12	0	0	0
Soil loss by erosion into water	0,000179782	0,000143389	0,000143389	1,44E-05	1,37E-05	7,22E-07	7,56E-06	0	0	0
Solids (suspended)	0,000174305	0,000156421	0,000156421	4,82E-06	4,58E-06	2,41E-07	8,24E-06	0	0	0
Emissions to sea water	0,932011675	0,884846891	0,884846891	0,00026668	0,000253	1,34E-05	0,046631	0	0	0
Analytical measures to sea water	7,51E-07	6,05E-07	6,05E-07	5,74E-08	5,45E-08	2,87E-09	3,19E-08	0	0	0
Adsorbable organic halogen compounds (AOX)	3,91E-14	3,58E-14	3,58E-14	7,05E-16	6,69E-16	3,53E-17	1,88E-15	0	0	0
Biological oxygen demand (BOD)	4,31E-08	3,95E-08	3,95E-08	7,78E-10	7,39E-10	3,90E-11	2,08E-09	0	0	0
Chemical oxygen demand (COD)	6,65E-07	5,26E-07	5,26E-07	5,59E-08	5,31E-08	2,80E-09	2,77E-08	0	0	0
Total organic bounded carbon	4,31E-08	3,95E-08	3,95E-08	7,78E-10	7,39E-10	3,90E-11	2,08E-09	0	0	0

Heavy metals to sea water	3,54E-08	2,19E-08	2,19E-08	6,16E-09	5,85E-09	3,08E-10	1,15E-09	0	0	0
Arsenic (+V)	5,58E-09	3,13E-09	3,13E-09	1,14E-09	1,08E-09	5,71E-11	1,65E-10	0	0	0
Cadmium (+II)	2,39E-09	1,35E-09	1,35E-09	4,88E-10	4,64E-10	2,44E-11	7,09E-11	0	0	0
Chromium (unspecified)	1,01E-08	6,01E-09	6,01E-09	1,87E-09	1,78E-09	9,38E-11	3,17E-10	0	0	0
Cobalt	5,51E-13	5,23E-13	5,23E-13	1,20E-16	1,14E-16	6,03E-18	2,76E-14	0	0	0
Copper (+II)	1,02E-08	6,56E-09	6,56E-09	1,67E-09	1,58E-09	8,35E-11	3,46E-10	0	0	0
Iron	1,37E-11	1,30E-11	1,30E-11	2,96E-15	2,82E-15	1,48E-16	6,88E-13	0	0	0
Lead (+II)	2,11E-09	1,37E-09	1,37E-09	3,35E-10	3,18E-10	1,68E-11	7,20E-11	0	0	0
Manganese (+II)	2,20E-12	2,09E-12	2,09E-12	4,72E-16	4,48E-16	2,36E-17	1,10E-13	0	0	0
Mercury (+II)	2,46E-11	1,83E-11	1,83E-11	2,66E-12	2,53E-12	1,33E-13	9,64E-13	0	0	0
Molybdenum	6,25E-18	5,93E-18	5,93E-18	3,31E-21	3,14E-21	1,66E-22	3,13E-19	0	0	0
Nickel (+II)	3,60E-09	2,22E-09	2,22E-09	6,28E-10	5,97E-10	3,14E-11	1,17E-10	0	0	0
Silver	1,86E-17	1,76E-17	1,76E-17	9,82E-21	9,33E-21	4,92E-22	9,28E-19	0	0	0
Strontium	8,93E-10	8,18E-10	8,18E-10	1,61E-11	1,53E-11	8,07E-13	4,31E-11	0	0	0
Tin (+IV)	2,22E-17	2,11E-17	2,11E-17	1,18E-20	1,12E-20	5,89E-22	1,11E-18	0	0	0
Titanium	2,26E-18	2,15E-18	2,15E-18	1,20E-21	1,14E-21	5,99E-23	1,13E-19	0	0	0
Vanadium (+III)	2,21E-15	2,09E-15	2,09E-15	2,46E-18	2,34E-18	1,23E-19	1,10E-16	0	0	0
Zinc (+II)	4,56E-10	4,18E-10	4,18E-10	8,08E-12	7,68E-12	4,05E-13	2,20E-11	0	0	0
Inorganic emissions to sea water	0,00024649	0,000138213	0,000138213	5,05E-05	4,80E-05	2,53E-06	7,28E-06	0	0	0
Aluminium (+III)	1,42E-11	1,35E-11	1,35E-11	3,03E-15	2,88E-15	1,52E-16	7,12E-13	0	0	0
Ammonia	2,17E-15	2,05E-15	2,05E-15	1,15E-18	1,09E-18	5,74E-20	1,08E-16	0	0	0
Ammonium / ammonia	3,84E-12	3,64E-12	3,64E-12	8,17E-16	7,76E-16	4,09E-17	1,92E-13	0	0	0
Barium	4,82E-08	2,68E-08	2,68E-08	9,96E-09	9,46E-09	4,98E-10	1,41E-09	0	0	0
Barytes	1,30E-15	1,23E-15	1,23E-15	2,27E-19	2,16E-19	1,14E-20	6,50E-17	0	0	0
Beryllium	1,83E-16	1,74E-16	1,74E-16	2,04E-19	1,94E-19	1,02E-20	9,15E-18	0	0	0
Boron	1,18E-15	1,12E-15	1,12E-15	6,23E-19	5,92E-19	3,12E-20	5,89E-17	0	0	0
Calcium (+II)	2,30E-13	2,18E-13	2,18E-13	8,58E-17	8,15E-17	4,30E-18	1,15E-14	0	0	0
Carbonate	3,03E-06	1,69E-06	1,69E-06	6,26E-07	5,95E-07	3,14E-08	8,90E-08	0	0	0
Chloride	0,0002	0,0001	0,0001	4,95E	4,70	2,48	7,09	0	0	0

	40571	34549	34549	-05	E-05	E-06	E-06			
Cyanide	4,69E-15	4,46E-15	4,46E-15	8,22E-19	7,81E-19	4,12E-20	2,35E-16	0	0	0
Fluoride	5,06E-09	4,80E-09	4,80E-09	1,04E-12	9,85E-13	5,19E-14	2,53E-10	0	0	0
Magnesium	7,53E-09	6,90E-09	6,90E-09	1,36E-10	1,29E-10	6,80E-12	3,63E-10	0	0	0
Nitrate	1,35E-07	1,27E-07	1,27E-07	8,40E-10	7,98E-10	4,20E-11	6,67E-09	0	0	0
Nitrite	1,86E-09	1,77E-09	1,77E-09	3,97E-13	3,77E-13	1,99E-14	9,32E-11	0	0	0
Phosphorus	3,34E-11	3,17E-11	3,17E-11	7,12E-15	6,77E-15	3,57E-16	1,67E-12	0	0	0
Potassium	2,89E-14	2,74E-14	2,74E-14	5,06E-18	4,81E-18	2,53E-19	1,45E-15	0	0	0
Sodium (+I)	8,62E-07	7,89E-07	7,89E-07	1,55E-08	1,48E-08	7,78E-10	4,16E-08	0	0	0
Sulphate	1,28E-06	7,12E-07	7,12E-07	2,64E-07	2,51E-07	1,32E-08	3,75E-08	0	0	0
Sulphide	5,52E-07	3,07E-07	3,07E-07	1,14E-07	1,08E-07	5,71E-09	1,62E-08	0	0	0
Sulphur	4,27E-10	4,06E-10	4,06E-10	9,11E-14	8,65E-14	4,56E-15	2,14E-11	0	0	0
Organic emissions to sea water	1,47E-07	8,27E-08	8,27E-08	2,99E-08	2,84E-08	1,50E-09	4,36E-09	0	0	0
Halogenated organic emissions to sea water	2,29E-18	2,17E-18	2,17E-18	4,00E-22	3,80E-22	2,00E-23	1,15E-19	0	0	0
Tetrachloroethene (perchloroethylene)	2,29E-18	2,17E-18	2,17E-18	4,00E-22	3,80E-22	2,00E-23	1,15E-19	0	0	0
Hydrocarbons to sea water	1,46E-07	8,24E-08	8,24E-08	2,98E-08	2,83E-08	1,49E-09	4,34E-09	0	0	0
Acenaphthene	8,03E-12	4,52E-12	4,52E-12	1,64E-12	1,55E-12	8,19E-14	2,38E-13	0	0	0
Acenaphthylene	3,42E-12	1,92E-12	1,92E-12	7,01E-13	6,66E-13	3,51E-14	1,01E-13	0	0	0
Acetic acid	3,34E-16	3,17E-16	3,17E-16	4,63E-19	4,39E-19	2,32E-20	1,67E-17	0	0	0
Anthracene	1,51E-11	8,49E-12	8,49E-12	3,06E-12	2,91E-12	1,53E-13	4,48E-13	0	0	0
Aromatic hydrocarbons (unspecified)	4,31E-10	3,95E-10	3,95E-10	7,78E-12	7,39E-12	3,90E-13	2,08E-11	0	0	0
Benzene	1,81E-08	1,01E-08	1,01E-08	3,74E-09	3,55E-09	1,87E-10	5,32E-10	0	0	0
Benzo{a}anthracene	9,04E-13	5,05E-13	5,05E-13	1,87E-13	1,77E-13	9,34E-15	2,66E-14	0	0	0
Benzofluoranthene	1,10E-13	6,12E-14	6,12E-14	2,27E-14	2,16E-14	1,14E-15	3,23E-15	0	0	0
Chrysene	3,30E-12	1,84E-12	1,84E-12	6,83E-13	6,48E-13	3,42E-14	9,70E-14	0	0	0
Cresol (methylphenol)	1,63E-17	1,55E-17	1,55E-17	8,65E-21	8,21E-21	4,33E-22	8,17E-19	0	0	0
Ethyl benzene	9,86E-	5,50E-	5,50E-	2,03E	1,93	1,02	2,90	0	0	0

	10	10	10	-10	E-10	E-11	E-11			
Fluoranthene	1,14E-12	6,69E-13	6,69E-13	2,18E-13	2,07E-13	1,09E-14	3,53E-14	0	0	0
Hexane (isomers)	1,78E-18	1,69E-18	1,69E-18	9,44E-22	8,97E-22	4,73E-23	8,92E-20	0	0	0
Hydrocarbons (unspecified)	2,69E-13	2,55E-13	2,55E-13	4,70E-17	4,46E-17	2,35E-18	1,35E-14	0	0	0
Oil (unspecified)	9,36E-08	5,28E-08	5,28E-08	1,90E-08	1,81E-08	9,51E-10	2,78E-09	0	0	0
Phenol (hydroxy benzene)	1,83E-08	1,02E-08	1,02E-08	3,78E-09	3,59E-09	1,89E-10	5,37E-10	0	0	0
Toluene (methyl benzene)	1,10E-08	6,14E-09	6,14E-09	2,27E-09	2,16E-09	1,14E-10	3,24E-10	0	0	0
Xylene (isomers; dimethyl benzene)	3,94E-09	2,20E-09	2,20E-09	8,12E-10	7,72E-10	4,07E-11	1,16E-10	0	0	0
Naphthalene	5,68E-10	3,17E-10	3,17E-10	1,17E-10	1,12E-10	5,88E-12	1,67E-11	0	0	0
Other emissions to sea water	0,931729917	0,884676529	0,884676529	0,00021547	0,000205	1,08E-05	0,046622	0	0	0
Waste heat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Water (sea water from technosphere, cooling water)	0,929878322	0,88298881	0,88298881	0,000178	0,000169	8,91E-06	0,046534	0	0	0
Water (sea water from technosphere, waste water)	0,001851594	0,001687719	0,001687719	3,75E-05	3,56E-05	1,88E-06	8,89E-05	0	0	0
Particles to sea water	3,43E-05	3,14E-05	3,14E-05	6,19E-07	5,88E-07	3,10E-08	1,66E-06	0	0	0
Solids (suspended)	3,43E-05	3,14E-05	3,14E-05	6,19E-07	5,88E-07	3,10E-08	1,66E-06	0	0	0
Emissions to agricultural soil	3,28E-07	1,86E-07	1,86E-07	6,63E-08	6,29E-08	3,32E-09	9,80E-09	0	0	0
Heavy metals to agricultural soil	3,28E-07	1,86E-07	1,86E-07	6,63E-08	6,29E-08	3,32E-09	9,80E-09	0	0	0
Cadmium (+II)	3,38E-09	2,54E-09	2,54E-09	3,55E-10	3,37E-10	1,78E-11	1,34E-10	0	0	0
Chromium (+III)	4,43E-08	2,64E-08	2,64E-08	8,23E-09	7,82E-09	4,12E-10	1,39E-09	0	0	0
Chromium (unspecified)	-	-	-	-	-	-	-	0	0	0
	5,97E-12	5,66E-12	5,66E-12	1,35E-15	1,28E-15	6,76E-17	2,99E-13	0	0	0
Copper (+II)	2,76E-08	1,06E-08	1,06E-08	8,23E-09	7,81E-09	4,12E-10	5,58E-10	0	0	0
Lead (+II)	5,53E-08	2,91E-08	2,91E-08	1,23E-08	1,17E-08	6,18E-10	1,53E-09	0	0	0
Mercury (+II)	4,43E-10	2,64E-10	2,64E-10	8,23E-11	7,82E-11	4,12E-12	1,39E-11	0	0	0
Nickel (+II)	2,19E-	1,30E-	1,30E-	4,11E	3,91	2,06	6,84	0	0	0

	08	08	08	-09	E-09	E-10	E-10			
Zinc (+II)	1,75E-07	1,04E-07	1,04E-07	3,29E-08	3,13E-08	1,65E-09	5,49E-09	0	0	0
Emissions to industrial soil	6,13E-06	5,75E-06	5,75E-06	3,57E-08	3,39E-08	1,79E-09	3,03E-07	0	0	0
Heavy metals to industrial soil	5,86E-10	5,50E-10	5,50E-10	3,60E-12	3,42E-12	1,80E-13	2,90E-11	0	0	0
Antimony	1,47E-15	1,39E-15	1,39E-15	5,05E-19	4,80E-19	2,53E-20	7,34E-17	0	0	0
Arsenic (+V)	8,53E-13	8,10E-13	8,10E-13	2,93E-16	2,79E-16	1,47E-17	4,27E-14	0	0	0
Cadmium (+II)	2,98E-12	2,79E-12	2,79E-12	2,07E-14	1,97E-14	1,04E-15	1,47E-13	0	0	0
Chromium (+III)	3,75E-13	3,56E-13	3,56E-13	1,05E-16	9,98E-17	5,26E-18	1,88E-14	0	0	0
Chromium (+VI)	4,33E-15	4,12E-15	4,12E-15	1,26E-18	1,20E-18	6,33E-20	2,17E-16	0	0	0
Chromium (unspecified)	9,97E-13	9,40E-13	9,40E-13	3,62E-15	3,44E-15	1,81E-16	4,96E-14	0	0	0
Cobalt	1,27E-12	1,20E-12	1,20E-12	3,98E-16	3,78E-16	1,99E-17	6,34E-14	0	0	0
Copper (+II)	9,56E-11	8,94E-11	8,94E-11	7,17E-13	6,81E-13	3,59E-14	4,71E-12	0	0	0
Iron	4,47E-10	4,19E-10	4,19E-10	2,83E-12	2,69E-12	1,42E-13	2,21E-11	0	0	0
Lead (+II)	5,85E-12	5,55E-12	5,55E-12	1,61E-15	1,53E-15	8,06E-17	2,93E-13	0	0	0
Manganese (+II)	7,38E-12	6,99E-12	6,99E-12	1,14E-14	1,08E-14	5,70E-16	3,68E-13	0	0	0
Mercury (+II)	3,09E-14	2,93E-14	2,93E-14	5,65E-18	5,37E-18	2,83E-19	1,55E-15	0	0	0
Nickel (+II)	1,40E-11	1,32E-11	1,32E-11	4,39E-15	4,17E-15	2,20E-16	6,98E-13	0	0	0
Selenium	6,94E-15	6,58E-15	6,58E-15	8,59E-18	8,16E-18	4,30E-19	3,47E-16	0	0	0
Strontium	7,29E-13	6,90E-13	6,90E-13	1,67E-15	1,59E-15	8,36E-17	3,63E-14	0	0	0
Zinc (+II)	9,56E-12	9,07E-12	9,07E-12	4,87E-15	4,63E-15	2,44E-16	4,78E-13	0	0	0
Inorganic emissions to industrial soil	6,13E-06	5,75E-06	5,75E-06	3,57E-08	3,39E-08	1,79E-09	3,03E-07	0	0	0
Aluminium (+III)	1,14E-09	1,07E-09	1,07E-09	8,83E-12	8,39E-12	4,42E-13	5,62E-11	0	0	0
Ammonia	7,06E-09	6,69E-09	6,69E-09	8,39E-12	7,97E-12	4,20E-13	3,52E-10	0	0	0
Beryllium	5,02E-18	4,57E-18	4,57E-18	1,03E-19	9,81E-20	5,17E-21	2,41E-19	0	0	0
Bromide	2,81E-14	2,67E-14	2,67E-14	6,88E-18	6,54E-18	3,44E-19	1,41E-15	0	0	0
Calcium (+II)	4,41E-06	4,12E-06	4,12E-06	3,47E-08	3,30E-08	1,74E-09	2,17E-07	0	0	0
Chloride	1,70E-06	1,61E-06	1,61E-06	9,17E-10	8,71E-10	4,59E-11	8,49E-08	0	0	0
Chlorine	1,01E-12	9,60E-13	9,60E-13	2,95E-16	2,80E-16	1,48E-17	5,06E-14	0	0	0
Fluoride	1,81E-	1,72E-	1,72E-	6,13E	5,83	3,07	9,06	0	0	0

	09	09	09	-13	E-13	E-14	E-11			
Magnesium (+III)	3,61E-09	3,38E-09	3,38E-09	2,45E-11	2,32E-11	1,23E-12	1,78E-10	0	0	0
Nitric acid	4,10E-15	3,89E-15	3,89E-15	7,18E-19	6,82E-19	3,59E-20	2,05E-16	0	0	0
Nitrogen	1,17E-13	1,11E-13	1,11E-13	2,06E-17	1,95E-17	1,03E-18	5,87E-15	0	0	0
Phosphorus	1,08E-09	1,01E-09	1,01E-09	4,90E-12	4,66E-12	2,45E-13	5,33E-11	0	0	0
Potassium (+I)	3,10E-09	2,92E-09	2,92E-09	1,49E-11	1,42E-11	7,46E-13	1,54E-10	0	0	0
Sodium (+I)	3,09E-09	2,90E-09	2,90E-09	1,88E-11	1,79E-11	9,42E-13	1,53E-10	0	0	0
Sulphate	3,05E-10	2,87E-10	2,87E-10	1,30E-12	1,24E-12	6,51E-14	1,51E-11	0	0	0
Sulphide	9,37E-10	8,89E-10	8,89E-10	7,66E-13	7,28E-13	3,83E-14	4,68E-11	0	0	0
Sulphur	2,55E-10	2,42E-10	2,42E-10	4,45E-14	4,23E-14	2,23E-15	1,27E-11	0	0	0
Organic emissions to industrial soil	2,02E-10	1,92E-10	1,92E-10	8,92E-14	8,47E-14	4,46E-15	1,01E-11	0	0	0
Oil (unspecified)	1,80E-10	1,71E-10	1,71E-10	8,49E-14	8,07E-14	4,25E-15	8,99E-12	0	0	0
Polycyclic aromatic hydrocarbons (unspecified)	2,26E-11	2,15E-11	2,15E-11	4,25E-15	4,04E-15	2,13E-16	1,13E-12	0	0	0
Other emissions to industrial soil	1,23E-18	1,17E-18	1,17E-18	1,87E-22	1,77E-22	9,35E-24	6,15E-20	0	0	0
Different pollutants	1,23E-18	1,17E-18	1,17E-18	1,87E-22	1,77E-22	9,35E-24	6,15E-20	0	0	0

- EK C -

**BOF’NINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN HAMMADDEDEN
DOĞRUDAN YAPISAL ÇELİK ÜRETİMİNE AİT BEŞİKTEN
KAPIYA YAŞAM DÖNGÜSÜ İÇERİSİNDE ÜRÜN
SİSTEMİNDEKİ GİRDİ VE ÇIKTILARA İLİŐİN GaBi YAZILIMI
DENKLİK HESAPLARI**

Çizelge EK-C.1. EAF’ında Gerçekleştirilen Geri Dönüşüm İle Yapısal Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü İçerisinde Ürün Sistemindeki Girdiler (GaBi Yazılımı Denklik Hesapları)

<u>INPUTS</u>	Total	BOF Steel Billet/slab /bloom	DE: Diesel mix at refinery	DE: Diesel mix at refinery
Flows	425,9368591	425,2050008	0,365929172	0,365929172
Resources	425,9368591	425,2050008	0,365929172	0,365929172
Energy resources	0,762985119	0,759169694	0,001907713	0,001907713
Non renewable energy resources	0,762985119	0,759169694	0,001907713	0,001907713
Crude oil (resource)	0,057683947	0,054218058	0,001732944	0,001732944
Crude oil (in MJ)	0,042800756	0,039342308	0,001729224	0,001729224
Oil sand (10% bitumen) (in MJ)	0,013688148	0,013681304	3,42E-06	3,42E-06
Oil sand (100% bitumen) (in MJ)	0,001195043	0,001194446	2,99E-07	2,99E-07
Hard coal (resource)	0,732783194	0,732759651	1,18E-05	1,18E-05
Hard coal (in MJ)	0,732783194	0,732759651	1,18E-05	1,18E-05
Lignite (resource)	0,022210884	0,022169011	2,09E-05	2,09E-05
Lignite (in MJ)	0,022210884	0,022169011	2,09E-05	2,09E-05
Natural gas (resource)	-0,049709059	-0,049993132	0,000142036	0,000142036
Coalbed methane (in MJ)	0,000236636	0,000236621	7,50E-09	7,50E-09
Natural gas (in MJ)	-0,052752101	-0,053035847	0,000141873	0,000141873
Pit Methane (in MJ)	0,001881199	0,001880989	1,05E-07	1,05E-07
Shale gas (in MJ)	0,000208393	0,00020838	6,55E-09	6,55E-09
Tight gas (in MJ)	0,000716814	0,000716725	4,46E-08	4,46E-08
Peat (resource)	1,54E-05	1,54E-05	2,31E-08	2,31E-08
Peat (in MJ)	1,54E-05	1,54E-05	2,31E-08	2,31E-08
Uranium (resource)	7,37E-07	7,36E-07	6,23E-10	6,23E-10
Uranium natural (in MJ)	7,37E-07	7,36E-07	6,23E-10	6,23E-10
Renewable energy resources	4,05E-13	4,05E-13	4,36E-16	4,36E-16
Primary energy from geothermics	0	0	0	0
Primary energy from hydro power	0	0	0	0
Primary energy from solar energy	0	0	0	0
Primary energy from waves	0	0	0	0
Primary energy from wind power	0	0	0	0
Primary forest	4,05E-13	4,05E-13	4,36E-16	4,36E-16
Land use	0	0	0	0
Hemeroby	0	0	0	0
Occup. as Convent. arable land	0	0	0	0
Occup. as Forest land	0	0	0	0
Occupation	0	0	0	0
Biotic Production	0	0	0	0

Erosion Resistance	0	0	0	0
Groundwater Replenishment	0	0	0	0
Land Occupation	0	0	0	0
Mechanical Filtration	0	0	0	0
Physicochemical Filtration	0	0	0	0
Transformation	0	0	0	0
Biotic Production	0	0	0	0
Erosion Resistance	0	0	0	0
Groundwater Replenishment	0	0	0	0
Land Transformation	0	0	0	0
Mechanical Filtration	0	0	0	0
Physicochemical Filtration	0	0	0	0
Material resources	425,173874	424,4458311	0,364021459	0,364021459
Non renewable elements	1,192854646	1,19284701	3,82E-06	3,82E-06
Antimony	1,51E-11	1,51E-11	1,51E-14	1,51E-14
Chromium	1,63E-06	1,63E-06	1,64E-09	1,64E-09
Cobalt	1,62E-11	1,62E-11	1,40E-14	1,40E-14
Copper	7,09E-06	7,08E-06	4,80E-09	4,80E-09
Gold	3,60E-11	3,59E-11	3,77E-14	3,77E-14
Iridium	3,01E-14	3,00E-14	2,59E-17	2,59E-17
Iron	1,180405157	1,180402336	1,41E-06	1,41E-06
Lead	8,76E-07	8,21E-07	2,71E-08	2,71E-08
Magnesium	-2,61E-07	-2,61E-07	1,46E-21	1,46E-21
Manganese	0,012479056	0,012478998	2,90E-08	2,90E-08
Mercury	3,27E-17	3,26E-17	4,82E-20	4,82E-20
Molybdenum	1,40E-07	1,40E-07	4,17E-11	4,17E-11
Nickel	-4,10E-07	-4,09E-07	-1,72E-10	-1,72E-10
Osmium	3,67E-14	3,66E-14	3,16E-17	3,16E-17
Palladium	5,32E-13	5,32E-13	4,58E-16	4,58E-16
Phosphorus	-3,87E-05	-4,34E-05	2,34E-06	2,34E-06
Platinum	9,03E-13	9,01E-13	7,76E-16	7,76E-16
Rhodium	9,01E-14	9,00E-14	7,76E-17	7,76E-17
Ruthenium	1,78E-13	1,78E-13	1,53E-16	1,53E-16
Silicon	-2,88E-07	-2,88E-07	1,91E-14	1,91E-14
Silver	5,98E-10	5,79E-10	9,22E-12	9,22E-12
Sulphur	2,02E-12	2,02E-12	2,80E-15	2,80E-15
Tantalum	7,98E-10	7,97E-10	7,81E-13	7,81E-13
Tin	7,26E-17	7,24E-17	7,81E-20	7,81E-20
Titanium	1,78E-09	1,78E-09	1,37E-12	1,37E-12
Vanadium	3,11E-09	3,10E-09	3,34E-12	3,34E-12
Zinc	3,38E-07	3,19E-07	9,22E-09	9,22E-09
Zirconium	6,09E-15	6,08E-15	5,68E-18	5,68E-18

Non renewable resources	10,46347015	10,46228808	0,000591033	0,000591033
Barium sulphate	1,11E-15	1,11E-15	6,64E-19	6,64E-19
Basalt	2,22E-08	2,22E-08	2,22E-11	2,22E-11
Bauxite	-0,000100508	-0,000100555	2,35E-08	2,35E-08
Bentonite	-0,000165285	-0,000169719	2,22E-06	2,22E-06
Calcium chloride	1,14E-13	1,13E-13	6,80E-17	6,80E-17
Clay	-0,002196084	-0,00219725	5,83E-07	5,83E-07
Colemanite ore	8,30E-07	7,95E-07	1,71E-08	1,71E-08
Dolomite	2,49E-06	2,49E-06	1,53E-09	1,53E-09
Feldspar (aluminium silicates)	6,77E-22	6,76E-22	7,85E-25	7,85E-25
Ferro manganese	1,02E-17	1,02E-17	1,09E-20	1,09E-20
Fluorspar (calcium fluoride; fluorite)	1,10E-06	1,06E-06	1,82E-08	1,82E-08
Granite	6,73E-22	6,72E-22	7,24E-25	7,24E-25
Graphite	4,02E-11	4,01E-11	2,97E-14	2,97E-14
Gypsum (natural gypsum)	7,29E-06	7,12E-06	8,15E-08	8,15E-08
Heavy spar (BaSO ₄)	-6,04E-09	-6,09E-09	2,52E-11	2,52E-11
Ilmenite (titanium ore)	-2,09E-08	-2,17E-08	3,76E-10	3,76E-10
Inert rock	10,6449101	10,64397704	0,000466532	0,000466532
Kaolin ore	1,33E-06	1,26E-06	3,07E-08	3,07E-08
Limestone (calcium carbonate)	0,221238616	0,221183573	2,75E-05	2,75E-05
Magnesit (Magnesium carbonate)	7,54E-06	7,53E-06	3,18E-09	3,18E-09
Magnesium chloride leach (40%)	0,000108783	0,000108496	1,44E-07	1,44E-07
Manganese ore	-4,65E-12	-4,65E-12	-2,78E-15	-2,78E-15
Natural Aggregate	-0,397455629	-0,397457503	9,37E-07	9,37E-07
Olivine	1,95E-16	1,94E-16	5,28E-19	5,28E-19
Potashsalt, crude (hard salt, 10% K ₂ O)	-0,000309757	-0,000481799	8,60E-05	8,60E-05
Potassium chloride	3,73E-13	3,67E-13	3,17E-15	3,17E-15
Pyrite	-9,61E-10	-9,61E-10	0	0
Quartz sand (silica sand; silicon dioxide)	0,044893672	0,044892509	5,81E-07	5,81E-07
Raw pumice	2,52E-07	2,52E-07	9,73E-11	9,73E-11
Sodium chloride (rock salt)	0,0002437	0,000237822	2,94E-06	2,94E-06
Sodium nitrate	2,73E-22	2,66E-22	3,40E-24	3,40E-24
Sodium sulphate	3,87E-14	3,84E-14	1,66E-16	1,66E-16
Soil	-0,047727068	-0,047733616	3,27E-06	3,27E-06
Stone from mountains	8,77E-06	8,56E-06	1,06E-07	1,06E-07
Talc	-7,29E-09	-7,29E-09	2,19E-13	2,19E-13
Tin ore	2,21E-08	2,21E-08	3,28E-11	3,28E-11
Titanium ore	2,06E-15	2,06E-15	1,60E-18	1,60E-18
Renewable resources	413,5175492	412,790696	0,363426608	0,363426608

Water	410,7927691	410,0688731	0,361947962	0,361947962
Water (ground water)	1,121542458	1,115912492	0,002814983	0,002814983
Water (lake water)	102,2909178	102,2756103	0,007653765	0,007653765
Water (rain water)	1,346892396	1,109047372	0,118922512	0,118922512
Water (river water)	305,55674	305,092036	0,232352045	0,232352045
Water (sea water)	0,476676328	0,476267014	0,000204657	0,000204657
Air	2,70206376	2,699901627	0,001081067	0,001081067
Carbon dioxide	0,021618371	0,02082254	0,000397916	0,000397916
Nitrogen	1,44E-12	1,43E-12	6,62E-15	6,62E-15
Oxygen	0,001098022	0,001098694	-3,36E-07	-3,36E-07

Çizelge EK-C.2. EAF'nında Gerçekleştirilen Geri Dönüşüm İle Yapısal Çelik Üretimine Ait Beşikten Kapıya Yaşam Döngüsü İçerisinde Ürün Sistemindeki Çıktılar (GaBi Yazılımı Denklik Hesapları)

<u>OUTPUTS</u>	Total	BF Steel billet / slab / bloom	Diesel mix at refinery	Diesel mix at refinery	Truck	Truck
Flows	424,45625 9	423,71746 31	0,3639305 26	0,3639305 26	0,00546 7	0,00546 7
Deposited goods	10,902553 06	10,901598 57	0,0004772 44	0,0004772 44	0	0
Radioactive waste	0,0001324 71	0,0001322 47	1,12E-07	1,12E-07	0	0
High radioactive waste	1,63E-07	1,63E-07	1,40E-10	1,40E-10	0	0
Low radioactive wastes	2,63E-06	2,63E-06	2,23E-09	2,23E-09	0	0
Medium radioactive wastes	1,31E-06	1,31E-06	1,12E-09	1,12E-09	0	0
Radioactive tailings	0,0001283 69	0,0001281 52	1,08E-07	1,08E-07	0	0
Stockpile goods	10,902420 59	10,901466 32	0,0004771 32	0,0004771 32	0	0
Hazardous waste (deposited)	0,0002253 92	0,0002246 79	3,56E-07	3,56E-07	0	0
Overburden (deposited)	10,198662 67	10,197770 38	0,0004461 46	0,0004461 46	0	0
Spoil (deposited)	- 0,0893598 63	- 0,0893695 63	4,85E-06	4,85E-06	0	0
Tailings (deposited)	0,7686379 61	0,7686170 54	1,05E-05	1,05E-05	0	0
Waste (deposited)	0,0242544 24	0,0242237 71	1,53E-05	1,53E-05	0	0
Emissions to air	6,5782841 5	6,3209262 26	0,1232115 17	0,1232115 17	0,00546 7	0,00546 7
Heavy metals to air	0,0002407 29	0,0002407 26	1,27E-09	1,27E-09	0	0
Antimony	5,08E-08	5,08E-08	9,44E-13	9,44E-13	0	0
Arsenic (+V)	3,99E-07	3,99E-07	9,83E-12	9,83E-12	0	0
Arsenic trioxide	1,13E-14	1,06E-14	3,65E-16	3,65E-16	0	0
Cadmium (+II)	3,00E-09	2,99E-09	5,55E-12	5,55E-12	0	0
Chromium (+III)	-1,70E-09	-1,70E-09	1,30E-13	1,30E-13	0	0
Chromium (+VI)	2,72E-16	2,70E-16	9,04E-19	9,04E-19	0	0
Chromium (unspecified)	3,03E-06	3,03E-06	2,50E-11	2,50E-11	0	0
Cobalt	3,10E-08	3,10E-08	1,02E-11	1,02E-11	0	0
Copper (+II)	3,51E-06	3,51E-06	2,64E-11	2,64E-11	0	0
Heavy metals to air (unspecified)	5,95E-10	5,94E-10	2,29E-13	2,29E-13	0	0
Hydrogen arsenic (arsine)	9,42E-13	8,81E-13	3,03E-14	3,03E-14	0	0
Iron	7,38E-05	7,38E-05	2,17E-10	2,17E-10	0	0
Lanthanides	6,15E-18	6,14E-18	4,66E-21	4,66E-21	0	0
Lead (+II)	5,24E-05	5,24E-05	1,15E-10	1,15E-10	0	0
Manganese (+II)	0,0001047 95	0,0001047 94	1,40E-10	1,40E-10	0	0

Mercury (+II)	9,99E-09	9,70E-09	1,47E-10	1,47E-10	0	0
Molybdenum	2,63E-10	2,45E-10	9,11E-12	9,11E-12	0	0
Nickel (+II)	2,44E-07	2,43E-07	1,22E-10	1,22E-10	0	0
Palladium	3,14E-18	3,14E-18	1,88E-21	1,88E-21	0	0
Rhodium	3,03E-18	3,03E-18	1,82E-21	1,82E-21	0	0
Selenium	9,17E-08	9,17E-08	1,98E-11	1,98E-11	0	0
Silver	2,68E-10	2,68E-10	2,90E-13	2,90E-13	0	0
Tellurium	-3,05E-10	-3,05E-10	7,28E-15	7,28E-15	0	0
Thallium	2,43E-08	2,43E-08	5,25E-14	5,25E-14	0	0
Tin (+IV)	9,20E-08	9,19E-08	1,24E-11	1,24E-11	0	0
Titanium	1,47E-06	1,47E-06	1,85E-12	1,85E-12	0	0
Vanadium (+III)	3,19E-07	3,18E-07	3,46E-10	3,46E-10	0	0
Zinc (+II)	4,64E-07	4,64E-07	6,12E-11	6,12E-11	0	0
Inorganic emissions to air	5,8027589	5,5468481	0,1224906	0,1224906	0,00546	0,00546
Ammonia	1,01E-05	8,01E-06	1,03E-06	1,03E-06	3,40E-08	3,40E-08
Ammonium	2,55E-10	2,55E-10	1,01E-13	1,01E-13	0	0
Ammonium nitrate	4,72E-18	4,71E-18	3,24E-21	3,24E-21	0	0
Argon	5,22E-08	5,21E-08	5,52E-11	5,52E-11	0	0
Barium	7,14E-07	7,14E-07	2,64E-11	2,64E-11	0	0
Beryllium	5,80E-09	5,80E-09	1,87E-13	1,87E-13	0	0
Boron	9,31E-15	8,72E-15	2,99E-16	2,99E-16	0	0
Boron compounds (unspecified)	4,27E-07	4,27E-07	2,05E-10	2,05E-10	0	0
Bromine	1,46E-07	1,46E-07	4,64E-11	4,64E-11	0	0
Carbon dioxide	1,9194945	1,9079584	0,0006259	0,0006259	0,00514	0,00514
Carbon dioxide (biotic)	0,0236481	0,0230826	1,21E-05	1,21E-05	0,00027	0,00027
Carbon disulphide	2,24E-17	2,23E-17	4,76E-20	4,76E-20	0	0
Carbon monoxide	0,0224961	0,0224780	7,33E-07	7,33E-07	8,28E-06	8,28E-06
Chloride (unspecified)	3,57E-08	3,22E-08	1,79E-09	1,79E-09	0	0
Chlorine	3,51E-07	3,51E-07	3,79E-11	3,79E-11	0	0
Cyanide (unspecified)	3,17E-08	3,16E-08	4,22E-11	4,22E-11	0	0
Fluoride	2,90E-08	2,71E-08	9,58E-10	9,58E-10	0	0
Fluorine	3,49E-11	3,48E-11	3,05E-14	3,05E-14	0	0
Helium	6,60E-12	6,59E-12	6,92E-15	6,92E-15	0	0
Hydrogen	1,03E-06	9,90E-07	1,84E-08	1,84E-08	0	0
Hydrogen bromine (hydrobromic acid)	7,70E-13	7,68E-13	7,88E-16	7,88E-16	0	0
Hydrogen chloride	1,62E-05	1,62E-05	6,10E-09	6,10E-09	0	0
Hydrogen cyanide (prussic acid)	1,84E-08	1,84E-08	3,24E-14	3,24E-14	0	0
Hydrogen fluoride	3,55E-06	3,55E-06	4,80E-10	4,80E-10	0	0
Hydrogen iodide	1,07E-19	1,05E-19	9,71E-22	9,71E-22	0	0

Hydrogen phosphorous	4,34E-13	4,33E-13	4,34E-16	4,34E-16	0	0
Hydrogen sulphide	1,51E-05	1,50E-05	1,58E-08	1,58E-08	0	0
Lead dioxide	2,25E-15	2,24E-15	7,36E-19	7,36E-19	0	0
Nitrogen (atmospheric nitrogen)	0,000487902	0,000487738	8,21E-08	8,21E-08	0	0
Nitrogen dioxide	4,12E-06	-2,07E-06	5,60E-11	5,60E-11	3,09E-06	3,09E-06
Nitrogen monoxide	7,42E-05	-7,00E-06	5,42E-08	5,42E-08	4,05E-05	4,05E-05
Nitrogen oxides	0,004146386	0,004143596	1,40E-06	1,40E-06	0	0
Nitrogen trifluoride	1,11E-12	1,11E-12	1,10E-15	1,10E-15	0	0
Nitrous oxide (laughing gas)	2,30E-05	2,25E-05	1,92E-07	1,92E-07	4,37E-08	4,37E-08
Oxygen	0,0063207	0,006317838	1,43E-06	1,43E-06	0	0
Scandium	3,14E-18	3,14E-18	2,41E-21	2,41E-21	0	0
Silicium tetrafluoride	2,02E-13	2,01E-13	2,01E-16	2,01E-16	0	0
Strontium	1,20E-16	1,19E-16	9,27E-20	9,27E-20	0	0
Sulphur	2,16E-10	2,16E-10	1,78E-13	1,78E-13	0	0
Sulphur dioxide	0,004213122	0,00420748	2,79E-06	2,79E-06	3,41E-08	3,41E-08
Sulphur hexafluoride	6,81E-15	6,79E-15	1,25E-17	1,25E-17	0	0
Sulphur trioxide	1,51E-10	1,50E-10	1,36E-13	1,36E-13	0	0
Sulphuric acid	6,04E-11	5,72E-11	1,63E-12	1,63E-12	0	0
Tin oxide	3,92E-21	3,85E-21	3,56E-23	3,56E-23	0	0
Water (evapotranspiration)	1,58995684	1,347618229	0,121169305	0,121169305	0	0
Water vapour	2,231846073	2,23049507	0,000675502	0,000675502	0	0
Zinc chloride	2,75E-20	2,58E-20	8,90E-22	8,90E-22	0	0
Zinc oxide	7,84E-21	7,70E-21	7,13E-23	7,13E-23	0	0
Zinc sulphate	1,98E-11	1,85E-11	6,37E-13	6,37E-13	0	0
Organic emissions to air (group VOC)	0,001714661	0,001695869	7,62E-06	7,62E-06	1,78E-06	1,78E-06
Group NMVOC to air	0,000182743	0,000176307	1,48E-06	1,48E-06	1,74E-06	1,74E-06
Group PAH to air	-5,23E-10	-5,72E-10	2,47E-11	2,47E-11	0	0
Anthracene	1,48E-12	1,33E-12	7,80E-14	7,80E-14	0	0
Benzo{a}anthracene	7,48E-13	6,69E-13	3,94E-14	3,94E-14	0	0
Benzo{a}pyrene	1,14E-09	1,14E-09	5,87E-14	5,87E-14	0	0
Benzo{ghi}perylene	6,68E-13	5,98E-13	3,52E-14	3,52E-14	0	0
Benzofluoranthene	1,33E-12	1,19E-12	7,03E-14	7,03E-14	0	0
Chrysene	1,84E-12	1,64E-12	9,69E-14	9,69E-14	0	0
Dibenz(a)anthracene	4,16E-13	3,72E-13	2,19E-14	2,19E-14	0	0
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	4,97E-13	4,45E-13	2,62E-14	2,62E-14	0	0
Naphthalene	1,56E-10	1,40E-10	8,23E-12	8,23E-12	0	0
Phenanthrene	4,90E-11	4,39E-11	2,58E-12	2,58E-12	0	0
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH)	-1,88E-09	-1,91E-09	1,35E-11	1,35E-11	0	0

Halogenated organic emissions to air	6,11E-10	6,08E-10	1,45E-12	1,45E-12	0	0
1,1,1-Trichloroethane	1,55E-15	1,51E-15	1,93E-17	1,93E-17	0	0
Chloromethane (methyl chloride)	1,89E-17	1,89E-17	1,57E-20	1,57E-20	0	0
Dichloroethane (ethylene dichloride)	1,67E-19	1,63E-19	2,03E-21	2,03E-21	0	0
Dichloromethane (methylene chloride)	2,89E-14	2,88E-14	3,37E-17	3,37E-17	0	0
Dioxins (unspec.)	4,55E-13	4,55E-13	7,15E-18	7,15E-18	0	0
Halon (1301)	4,48E-19	4,47E-19	4,82E-22	4,82E-22	0	0
Hydrocarbons, chloro-/fluoro-	7,65E-14	7,63E-14	7,68E-17	7,68E-17	0	0
Hydrocarbons, halogenated	1,97E-14	1,97E-14	2,12E-17	2,12E-17	0	0
Methyl bromide	2,60E-17	2,59E-17	2,79E-20	2,79E-20	0	0
Polychlorinated biphenyls (PCB unspecified)	3,58E-12	3,47E-12	5,41E-14	5,41E-14	0	0
Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (2,3,7,8 - TCDD)	1,18E-12	1,18E-12	5,57E-18	5,57E-18	0	0
R 11 (trichlorofluoromethane)	7,21E-16	7,20E-16	7,75E-19	7,75E-19	0	0
R 114 (dichlorotetrafluoroethane)	1,32E-11	1,32E-11	1,48E-14	1,48E-14	0	0
R 116 (hexafluoroethane)	1,12E-11	1,12E-11	1,37E-14	1,37E-14	0	0
R 12 (dichlorodifluoromethane)	1,55E-16	1,55E-16	1,67E-19	1,67E-19	0	0
R 124 (chlorotetrafluoroethane)	3,84E-17	3,83E-17	3,07E-20	3,07E-20	0	0
R 125 (pentafluoroethane)	1,47E-11	1,46E-11	1,27E-14	1,27E-14	0	0
R 13 (chlorotrifluoromethane)	9,74E-17	9,72E-17	1,05E-19	1,05E-19	0	0
R 134a (tetrafluoroethane)	9,17E-12	9,15E-12	7,97E-15	7,97E-15	0	0
R 143 (trifluoroethane)	1,31E-11	1,31E-11	1,14E-14	1,14E-14	0	0
R 22 (chlorodifluoromethane)	2,85E-12	2,85E-12	2,50E-15	2,50E-15	0	0
R 23 (trifluoromethane)	1,00E-10	1,00E-10	8,74E-14	8,74E-14	0	0
R 245fa	2,60E-10	2,60E-10	2,27E-13	2,27E-13	0	0
R32 (difluoromethane)	2,20E-12	2,19E-12	1,91E-15	1,91E-15	0	0
Tetrachloroethene (perchloroethylene)	2,48E-16	2,48E-16	1,99E-19	1,99E-19	0	0
Tetrafluoromethane	1,19E-10	1,19E-10	1,43E-13	1,43E-13	0	0
Trichloroethene (isomers)	9,27E-12	9,25E-12	9,24E-15	9,24E-15	0	0

Vinyl chloride (VCM; chloroethene)	4,94E-11	4,77E-11	8,67E-13	8,67E-13	0	0
1,3,5-Trimethylbenzene	3,82E-20	3,75E-20	3,47E-22	3,47E-22	0	0
Acenaphthene	3,46E-12	2,97E-12	2,46E-13	2,46E-13	0	0
Acetaldehyde (Ethanal)	1,28E-07	1,28E-07	3,40E-11	3,40E-11	0	0
Acetic acid	4,27E-07	4,27E-07	1,70E-10	1,70E-10	0	0
Acetone (dimethylcetone)	1,28E-07	1,28E-07	3,11E-11	3,11E-11	0	0
Acrolein	9,86E-12	8,85E-12	5,08E-13	5,08E-13	0	0
Acrylonitrile	6,74E-15	6,73E-15	5,66E-18	5,66E-18	0	0
Aldehyde (unspecified)	2,35E-09	2,34E-09	8,83E-13	8,83E-13	0	0
Alkane (unspecified)	2,30E-06	2,30E-06	2,45E-10	2,45E-10	0	0
Alkene (unspecified)	1,82E-06	1,82E-06	1,56E-10	1,56E-10	0	0
Benzene	-1,30E-07	-1,90E-07	1,04E-09	1,04E-09	2,92E-08	2,92E-08
Butadiene	1,72E-16	1,72E-16	5,60E-21	5,60E-21	0	0
Butane (n-butane)	-2,24E-06	-2,45E-06	1,04E-07	1,04E-07	0	0
Butene	-4,50E-11	-6,26E-11	8,80E-12	8,80E-12	0	0
Caprolactam	4,48E-13	4,47E-13	4,25E-16	4,25E-16	0	0
Cumene (isopropylbenzene)	6,39E-16	6,38E-16	2,53E-19	2,53E-19	0	0
Cyclohexane (hexahydro benzene)	5,45E-11	5,45E-11	1,06E-14	1,06E-14	0	0
Diethylamine	-1,23E-18	-1,22E-18	-5,21E-21	-5,21E-21	0	0
Dimethylamine	5,96E-15	5,95E-15	5,97E-18	5,97E-18	0	0
Ethane	-8,85E-06	-9,40E-06	2,79E-07	2,79E-07	0	0
Ethanol	2,56E-07	2,56E-07	4,69E-11	4,69E-11	0	0
Ethene (ethylene)	2,10E-10	2,05E-10	2,54E-12	2,54E-12	0	0
Ethyl benzene	1,79E-06	1,79E-06	1,53E-10	1,53E-10	0	0
Fluoranthene	4,84E-12	4,33E-12	2,55E-13	2,55E-13	0	0
Fluorene	1,54E-11	1,38E-11	8,11E-13	8,11E-13	0	0
Formaldehyde (methanal)	2,90E-07	2,89E-07	6,55E-10	6,55E-10	0	0
Heptane (isomers)	9,21E-08	8,50E-08	3,58E-09	3,58E-09	0	0
Hexamethylene diamine (HMDA)	2,94E-20	2,88E-20	2,93E-22	2,93E-22	0	0
Hexane (isomers)	4,62E-07	3,11E-07	7,57E-08	7,57E-08	0	0
Hydrocarbons, aromatic	5,11E-08	5,11E-08	9,30E-12	9,30E-12	0	0
Isopropanol	3,36E-10	3,35E-10	3,46E-13	3,46E-13	0	0
Mercaptan (unspecified)	6,38E-10	6,15E-10	1,15E-11	1,15E-11	0	0
meta-Cresol	3,87E-14	3,86E-14	3,87E-17	3,87E-17	0	0
Methacrylate	7,83E-15	7,76E-15	3,52E-17	3,52E-17	0	0
Methanol	2,56E-07	2,55E-07	4,65E-11	4,65E-11	0	0
Methyl methacrylate (MMA)	1,24E-12	1,23E-12	5,11E-15	5,11E-15	0	0
n-Butyl acetate	4,55E-15	4,44E-15	5,66E-17	5,66E-17	0	0
NMVOC (unspecified)	0,0001747	0,0001704	4,82E-07	4,82E-07	1,71E-	1,71E-

	9	13			06	06
Octane	5,07E-08	4,67E-08	1,97E-09	1,97E-09	0	0
para-Cresol	3,82E-14	3,82E-14	3,83E-17	3,83E-17	0	0
Pentane (n-pentane)	-9,17E-07	-9,89E-07	3,60E-08	3,60E-08	0	0
Phenol (hydroxy benzene)	1,61E-11	1,61E-11	1,52E-14	1,52E-14	0	0
Propane	3,53E-06	2,54E-06	4,97E-07	4,97E-07	0	0
Propene (propylene)	1,65E-07	1,65E-07	1,60E-10	1,60E-10	0	0
Propionic acid (propane acid)	8,95E-11	8,94E-11	2,40E-14	2,40E-14	0	0
Propylene glycol methyl ether acetate	7,18E-11	7,16E-11	7,19E-14	7,19E-14	0	0
Styrene	1,94E-12	1,93E-12	1,68E-15	1,68E-15	0	0
Toluene (methyl benzene)	8,18E-07	8,18E-07	9,30E-11	9,30E-11	0	0
Xylene (dimethyl benzene)	7,51E-06	7,50E-06	6,57E-10	6,57E-10	0	0
Acenaphthylene	6,82E-12	5,85E-12	4,85E-13	4,85E-13	0	0
Hydrocarbons (unspecified)	5,44E-05	5,44E-05	1,36E-08	1,36E-08	0	0
Methane	0,0014775 18	0,0014651 9	6,12E-06	6,12E-06	4,20E-08	4,20E-08
Organic chlorine compounds	1,13E-15	1,10E-15	1,37E-17	1,37E-17	0	0
Other emissions to air	0,7720952 89	0,7706689 91	0,0007131 49	0,0007131 49	0	0
Clean gas	0,0001793 22	0,0001144 43	3,24E-05	3,24E-05	0	0
Exhaust	0,1092653 26	0,1079759	0,0006447 13	0,0006447 13	0	0
Unused primary energy from solar energy	0	0	0	0	0	0
Unused primary energy from wind power	0	0	0	0	0	0
Used air	0,6626506 41	0,6625786 47	3,60E-05	3,60E-05	0	0
Waste heat	0	0	0	0	0	0
Particles to air	0,0014745 71	0,0014725 17	1,14E-07	1,14E-07	9,13E-07	9,13E-07
Aluminium	2,68E-10	2,68E-10	2,90E-13	2,90E-13	0	0
Aluminium oxide (dust)	1,30E-09	1,30E-09	1,50E-12	1,50E-12	0	0
Dust (> PM10)	0,0002571 49	0,0002571 28	1,04E-08	1,04E-08	0	0
Dust (PM10)	2,13E-05	2,13E-05	0	0	0	0
Dust (PM2,5 - PM10)	1,99E-05	1,98E-05	6,15E-08	6,15E-08	0	0
Dust (PM2.5)	0,0011762 23	0,0011743 13	4,21E-08	4,21E-08	9,13E-07	9,13E-07
Metals (unspecified)	2,06E-15	2,04E-15	1,01E-17	1,01E-17	0	0
Silicon dioxide (silica)	2,53E-11	2,52E-11	2,73E-14	2,73E-14	0	0
Pesticides to air	-3,10E-12	-3,10E-12	0	0	0	0
Acetochlor	-1,02E-12	-1,02E-12	0	0	0	0
Atrazine	-1,79E-12	-1,79E-12	0	0	0	0

Benomyl	-1,87E-16	-1,87E-16	0	0	0	0
Deltamethrin	2,37E-13	2,37E-13	0	0	0	0
Dicamba	-6,84E-14	-6,84E-14	0	0	0	0
Dimethenamid	-2,03E-13	-2,03E-13	0	0	0	0
Fipronil	-6,96E-15	-6,96E-15	0	0	0	0
Glyphosate	-1,67E-13	-1,67E-13	0	0	0	0
Mancozeb	-1,07E-15	-1,07E-15	0	0	0	0
Methomyl	-2,08E-19	-2,08E-19	0	0	0	0
Terbufos	-7,69E-14	-7,69E-14	0	0	0	0
Trifluralin	-2,24E-15	-2,24E-15	0	0	0	0
Radioactive emissions to air	3,86E-15	3,82E-15	2,24E-17	2,24E-17	0	0
Antimony (Sb124)	0	0	0	0	0	0
Argon (Ar41)	0	0	0	0	0	0
Carbon (C14)	0	0	0	0	0	0
Cesium (Cs134)	0	0	0	0	0	0
Cesium (Cs137)	0	0	0	0	0	0
Cobalt (Co58)	0	0	0	0	0	0
Cobalt (Co60)	0	0	0	0	0	0
Hydrogen-3, Tritium	0	0	0	0	0	0
Inert gases	0	0	0	0	0	0
Iodine (I129)	0	0	0	0	0	0
Iodine (I131)	0	0	0	0	0	0
Krypton (Kr85)	0	0	0	0	0	0
Krypton (Kr85m)	0	0	0	0	0	0
Lead (Pb210)	0	0	0	0	0	0
Plutonium (Pu alpha)	0	0	0	0	0	0
Polonium (Po210)	0	0	0	0	0	0
Protactinium (Pa234m)	0	0	0	0	0	0
Radioactive emissions (general)	0	0	0	0	0	0
Radium (Ra226)	0	0	0	0	0	0
Radon (Rn222)	0	0	0	0	0	0
Thorium (Th230)	2,47E-16	2,46E-16	2,08E-19	2,08E-19	0	0
Thorium (Th234)	0	0	0	0	0	0
Uranium (total)	3,62E-15	3,57E-15	2,22E-17	2,22E-17	0	0
Uranium (U234)	0	0	0	0	0	0
Uranium (U235)	0	0	0	0	0	0
Uranium (U238)	0	0	0	0	0	0
Xenon (Xe131m)	0	0	0	0	0	0
Xenon (Xe133)	0	0	0	0	0	0
Xenon (Xe133m)	0	0	0	0	0	0
Xenon (Xe135)	0	0	0	0	0	0
Xenon (Xe135m)	0	0	0	0	0	0
Xenon (Xe137)	0	0	0	0	0	0

Xenon (Xe138)	0	0	0	0	0	0
Emissions to fresh water	406,4998086	406,0198586	0,239974987	0,239974987	0	0
Analytical measures to fresh water	0,000365232	0,000364482	3,75E-07	3,75E-07	0	0
Adsorbable organic halogen compounds (AOX)	4,81E-07	4,79E-07	8,44E-10	8,44E-10	0	0
Biological oxygen demand (BOD)	1,51E-05	1,51E-05	8,89E-09	8,89E-09	0	0
Chemical oxygen demand (COD)	0,000261612	0,000260914	3,49E-07	3,49E-07	0	0
Nitrogenous Matter (unspecified, as N)	9,10E-05	9,10E-05	1,47E-10	1,47E-10	0	0
Solids (dissolved)	2,65E-07	2,64E-07	7,07E-10	7,07E-10	0	0
Total dissolved organic bounded carbon	4,38E-11	4,38E-11	3,68E-14	3,68E-14	0	0
Total organic bounded carbon	-3,27E-06	-3,30E-06	1,60E-08	1,60E-08	0	0
Heavy metals to fresh water	0,000172108	0,000171964	7,21E-08	7,21E-08	0	0
Antimony	4,43E-11	4,42E-11	4,10E-14	4,10E-14	0	0
Arsenic (+V)	1,25E-07	1,16E-07	4,78E-09	4,78E-09	0	0
Cadmium (+II)	4,95E-08	4,54E-08	2,05E-09	2,05E-09	0	0
Chromium (+III)	2,14E-09	1,99E-09	7,31E-11	7,31E-11	0	0
Chromium (+VI)	1,12E-08	1,12E-08	9,86E-13	9,86E-13	0	0
Chromium (unspecified)	4,92E-07	4,77E-07	7,50E-09	7,50E-09	0	0
Cobalt	7,47E-10	7,47E-10	6,57E-14	6,57E-14	0	0
Copper (+II)	1,93E-07	1,79E-07	7,17E-09	7,17E-09	0	0
Heavy metals to water (unspecified)	2,18E-15	2,18E-15	1,37E-18	1,37E-18	0	0
Iron	0,000166448	0,00016636	4,41E-08	4,41E-08	0	0
Lead (+II)	5,43E-08	5,08E-08	1,73E-09	1,73E-09	0	0
Manganese (+II)	8,28E-07	8,26E-07	5,78E-10	5,78E-10	0	0
Mercury (+II)	1,20E-09	1,18E-09	1,24E-11	1,24E-11	0	0
Molybdenum	2,23E-08	2,22E-08	2,32E-11	2,32E-11	0	0
Nickel (+II)	1,73E-07	1,67E-07	2,96E-09	2,96E-09	0	0
Selenium	2,94E-09	2,91E-09	1,12E-11	1,12E-11	0	0
Silver	1,50E-09	1,50E-09	1,36E-13	1,36E-13	0	0
Strontium	3,55E-06	3,55E-06	8,18E-10	8,18E-10	0	0
Tantalum	4,02E-16	4,01E-16	3,81E-19	3,81E-19	0	0
Thallium	3,98E-13	3,73E-13	1,28E-14	1,28E-14	0	0
Tin (+IV)	5,80E-15	5,79E-15	4,84E-18	4,84E-18	0	0
Titanium	2,83E-09	2,82E-09	2,94E-12	2,94E-12	0	0
Tungsten	2,12E-11	2,11E-11	2,14E-14	2,14E-14	0	0
Vanadium (+III)	4,80E-09	4,77E-09	1,23E-11	1,23E-11	0	0
Zinc (+II)	1,40E-07	1,40E-07	2,60E-10	2,60E-10	0	0
Inorganic emissions to fresh water	0,010003155	0,009571597	0,000215779	0,000215779	0	0

Acid (calculated as H+)	1,20E-09	1,20E-09	1,30E-12	1,30E-12	0	0
Aluminium (+III)	1,16E-06	1,15E-06	7,35E-10	7,35E-10	0	0
Ammonia	3,58E-05	3,58E-05	1,94E-10	1,94E-10	0	0
Ammonium (total N)	1,01E-14	1,01E-14	4,60E-18	4,60E-18	0	0
Ammonium / ammonia	5,74E-06	5,72E-06	8,56E-09	8,56E-09	0	0
Barium	9,57E-07	8,74E-07	4,17E-08	4,17E-08	0	0
Beryllium	1,66E-11	1,65E-11	1,40E-14	1,40E-14	0	0
Boron	3,35E-07	3,34E-07	1,67E-10	1,67E-10	0	0
Bromate	9,82E-20	9,78E-20	1,98E-22	1,98E-22	0	0
Bromine	1,92E-16	1,91E-16	3,59E-19	3,59E-19	0	0
Calcium (+II)	5,60E-05	5,58E-05	1,03E-07	1,03E-07	0	0
Carbonate	5,34E-05	4,77E-05	2,84E-06	2,84E-06	0	0
Chlorate	4,72E-15	4,71E-15	6,95E-18	6,95E-18	0	0
Chloride	0,0086587 97	0,0082425 73	0,0002081 12	0,0002081 12	0	0
Chlorine	4,03E-13	4,03E-13	4,35E-16	4,35E-16	0	0
Chlorine (dissolved)	5,92E-07	5,91E-07	5,29E-10	5,29E-10	0	0
Cyanide	2,96E-07	2,96E-07	9,27E-12	9,27E-12	0	0
Fluoride	0,0001649 89	0,0001648 37	7,61E-08	7,61E-08	0	0
Fluorine	1,28E-10	1,21E-10	3,86E-12	3,86E-12	0	0
Hydrogen chloride	8,26E-11	8,19E-11	3,71E-13	3,71E-13	0	0
Hydrogen cyanide (prussic acid)	6,59E-17	6,53E-17	3,00E-19	3,00E-19	0	0
Hydrogen fluoride (hydrofluoric acid)	9,12E-10	9,11E-10	5,76E-13	5,76E-13	0	0
Hydrogen peroxide	5,24E-08	5,23E-08	5,27E-11	5,27E-11	0	0
Hydroxide	3,77E-11	3,76E-11	5,14E-14	5,14E-14	0	0
Inorganic dissolved matter (unspecified)	4,37E-17	4,36E-17	4,69E-20	4,69E-20	0	0
Inorganic salts and acids (unspecified)	4,44E-23	4,43E-23	4,77E-26	4,77E-26	0	0
Iodide	2,17E-17	2,16E-17	2,33E-20	2,33E-20	0	0
Iron ion (+III)	8,81E-16	8,79E-16	9,46E-19	9,46E-19	0	0
Magnesium (+III)	1,01E-05	1,01E-05	6,51E-09	6,51E-09	0	0
Magnesium chloride	1,14E-10	1,14E-10	1,23E-13	1,23E-13	0	0
Magnesium ion (+II)	1,09E-12	1,09E-12	1,18E-15	1,18E-15	0	0
Metal ions (unspecific)	7,34E-10	7,33E-10	6,96E-13	6,96E-13	0	0
Nitrate	0,0001144 4	0,0001105 98	1,92E-06	1,92E-06	0	0
Nitrite	1,17E-10	1,17E-10	5,22E-14	5,22E-14	0	0
Nitrogen	-4,10E-09	-4,10E-09	9,07E-14	9,07E-14	0	0
Nitrogen (as total N)	1,55E-09	1,55E-09	1,31E-12	1,31E-12	0	0
Nitrogen organic bounded	3,50E-06	3,29E-06	1,08E-07	1,08E-07	0	0
Phosphate	4,41E-07	3,89E-07	2,58E-08	2,58E-08	0	0
Phosphorus	2,38E-06	2,38E-06	1,90E-10	1,90E-10	0	0
Potassium	-1,63E-06	-2,21E-06	2,91E-07	2,91E-07	0	0

Silicate particles	5,10E-12	5,09E-12	5,50E-15	5,50E-15	0	0
Sodium (+I)	0,000128172	0,000127508	3,32E-07	3,32E-07	0	0
Sodium chloride (rock salt)	9,26E-09	9,24E-09	1,01E-11	1,01E-11	0	0
Sodium hypochlorite	6,66E-06	6,66E-06	6,27E-10	6,27E-10	0	0
Sodium sulphate	1,08E-06	1,08E-06	1,09E-09	1,09E-09	0	0
Sulphate	0,000748531	0,000745667	1,43E-06	1,43E-06	0	0
Sulphide	1,12E-05	1,03E-05	4,78E-07	4,78E-07	0	0
Sulphite	1,00E-07	1,00E-07	5,04E-11	5,04E-11	0	0
Sulphur	3,17E-13	3,16E-13	3,41E-16	3,41E-16	0	0
Sulphur trioxide	2,45E-10	2,44E-10	2,20E-13	2,20E-13	0	0
Sulphuric acid	4,37E-11	4,36E-11	4,76E-14	4,76E-14	0	0
Organic emissions to fresh water	0,000152582	0,000149162	1,71E-06	1,71E-06	0	0
Halogenated organic emissions to fresh water	1,60E-13	1,59E-13	1,73E-16	1,73E-16	0	0
1,2-Dibromoethane	1,12E-20	1,09E-20	1,39E-22	1,39E-22	0	0
Chlorinated hydrocarbons (unspecified)	3,40E-17	3,39E-17	4,09E-20	4,09E-20	0	0
Chloromethane (methyl chloride)	3,93E-15	3,92E-15	2,90E-18	2,90E-18	0	0
Dichloroethane (ethylene dichloride)	2,62E-21	2,55E-21	3,16E-23	3,16E-23	0	0
Dichloropropane	2,20E-22	2,15E-22	2,68E-24	2,68E-24	0	0
Pentachlorophenol (PCP)	6,79E-14	6,78E-14	7,30E-17	7,30E-17	0	0
Polychlorinated dibenzo-p-dioxins (2,3,7,8 - TCDD)	6,58E-22	6,44E-22	6,94E-24	6,94E-24	0	0
Tetrachloroethene (perchloroethylene)	9,03E-16	9,01E-16	9,70E-19	9,70E-19	0	0
Trichloromethane (chloroform)	9,03E-16	9,02E-16	9,71E-19	9,71E-19	0	0
Vinyl chloride (VCM; chloroethene)	8,60E-14	8,58E-14	9,50E-17	9,50E-17	0	0
Hydrocarbons to fresh water	0,000122994	0,000122674	1,60E-07	1,60E-07	0	0
Acenaphthene	1,93E-10	1,79E-10	6,80E-12	6,80E-12	0	0
Acenaphthylene	7,60E-11	7,01E-11	2,92E-12	2,92E-12	0	0
Acetic acid	2,14E-10	2,14E-10	2,16E-13	2,16E-13	0	0
Acrylonitrile	8,60E-15	8,60E-15	4,85E-20	4,85E-20	0	0
Alkane (unspecified)	2,83E-17	2,83E-17	3,04E-20	3,04E-20	0	0
Anthracene	3,72E-10	3,47E-10	1,27E-11	1,27E-11	0	0
Aromatic hydrocarbons (unspecified)	1,61E-09	1,49E-09	6,02E-11	6,02E-11	0	0
Benzene	3,66E-07	3,35E-07	1,56E-08	1,56E-08	0	0
Benzo{a}anthracene	1,85E-11	1,69E-11	7,80E-13	7,80E-13	0	0
Benzofluoranthene	2,16E-12	1,97E-12	9,51E-14	9,51E-14	0	0

Chrysene	6,56E-11	5,99E-11	2,86E-12	2,86E-12	0	0
Cresol (methyl phenol)	3,66E-18	3,64E-18	1,13E-20	1,13E-20	0	0
Ethyl benzene	1,99E-08	1,82E-08	8,51E-10	8,51E-10	0	0
Fluoranthene	4,70E-11	4,52E-11	8,84E-13	8,84E-13	0	0
Formaldehyde (methanal)	1,59E-16	1,59E-16	1,51E-19	1,51E-19	0	0
Hexane (isomers)	4,02E-19	4,00E-19	1,26E-21	1,26E-21	0	0
Hydrocarbons (unspecified)	3,02E-07	3,02E-07	4,77E-12	4,77E-12	0	0
Methanol	1,08E-06	1,07E-06	5,25E-09	5,25E-09	0	0
Naphthalene	1,13E-08	1,03E-08	4,91E-10	4,91E-10	0	0
Oil (unspecified)	0,0001203 19	0,0001201	1,09E-07	1,09E-07	0	0
Phenol (hydroxy benzene)	5,94E-07	5,62E-07	1,58E-08	1,58E-08	0	0
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH, unspec.)	4,79E-11	4,62E-11	8,46E-13	8,46E-13	0	0
Toluene (methyl benzene)	2,22E-07	2,03E-07	9,51E-09	9,51E-09	0	0
Triethylene glycol	1,19E-17	1,19E-17	1,28E-20	1,28E-20	0	0
Xylene (isomers; dimethyl benzene)	7,96E-08	7,28E-08	3,40E-09	3,40E-09	0	0
Carbon, organically bound	1,84E-05	1,53E-05	1,55E-06	1,55E-06	0	0
Organic chlorine compounds (unspecified)	4,98E-16	4,97E-16	6,74E-19	6,74E-19	0	0
Organic compounds (dissolved)	4,06E-15	3,99E-15	3,41E-17	3,41E-17	0	0
Organic compounds (unspecified)	1,12E-05	1,12E-05	9,80E-10	9,80E-10	0	0
Other emissions to fresh water	406,48861 09	406,00913 53	0,2397378 12	0,2397378 12	0	0
Pesticides to fresh water	-2,01E-13	-2,01E-13	0	0	0	0
Acetochlor	-6,38E-14	-6,38E-14	0	0	0	0
Alachlor	-7,36E-15	-7,36E-15	0	0	0	0
Atrazine	-1,12E-13	-1,12E-13	0	0	0	0
Benomyl	-1,17E-17	-1,17E-17	0	0	0	0
Deltamethrin	1,48E-14	1,48E-14	0	0	0	0
Dicamba	-4,27E-15	-4,27E-15	0	0	0	0
Dimethenamid	-1,27E-14	-1,27E-14	0	0	0	0
Fipronil	-4,35E-16	-4,35E-16	0	0	0	0
Glyphosate	-1,05E-14	-1,05E-14	0	0	0	0
Mancozeb	-6,70E-17	-6,70E-17	0	0	0	0
Methomyl	-1,30E-20	-1,30E-20	0	0	0	0
Terbufos	-4,81E-15	-4,81E-15	0	0	0	0
Trifluralin	-1,40E-16	-1,40E-16	0	0	0	0
Detergent (unspecified)	1,19E-20	1,19E-20	1,28E-23	1,28E-23	0	0
Unused primary energy	0	0	0	0	0	0

from geothermal						
Unused primary energy from hydro power	0	0	0	0	0	0
Waste heat	0	0	0	0	0	0
Water (groundwater from technosphere, waste water)	5,88E-05	5,88E-05	2,85E-09	2,85E-09	0	0
Water (river water from technosphere, cooling water)	4,225608079	4,214705553	0,005451263	0,005451263	0	0
Water (river water from technosphere, turbinated)	399,3072962	398,8400777	0,233609247	0,233609247	0	0
Water (river water from technosphere, waste water)	2,955647839	2,954293241	0,000677299	0,000677299	0	0
Particles to fresh water	0,000504592	0,000466116	1,92E-05	1,92E-05	0	0
Metals (unspecified)	6,39E-14	6,38E-14	3,73E-17	3,73E-17	0	0
Silicon dioxide (silica)	7,56E-12	7,55E-12	6,99E-15	6,99E-15	0	0
Soil loss by erosion into water	0,000172901	0,000144066	1,44E-05	1,44E-05	0	0
Solids (suspended)	0,000331691	0,00032205	4,82E-06	4,82E-06	0	0
Radioactive emissions to fresh water	0	0	0	0	0	0
Americium (Am241)	0	0	0	0	0	0
Antimony (Sb124)	0	0	0	0	0	0
Antimony (Sb125)	0	0	0	0	0	0
Carbon (C14)	0	0	0	0	0	0
Cesium (Cs134)	0	0	0	0	0	0
Cesium (Cs137)	0	0	0	0	0	0
Cobalt (Co58)	0	0	0	0	0	0
Cobalt (Co60)	0	0	0	0	0	0
Curium (Cm alpha)	0	0	0	0	0	0
Hydrogen-3, Tritium	0	0	0	0	0	0
Iodine (I129)	0	0	0	0	0	0
Iodine (I131)	0	0	0	0	0	0
Manganese (Mn54)	0	0	0	0	0	0
Plutonium (Pu alpha)	0	0	0	0	0	0
Protactinium (Pa234m)	0	0	0	0	0	0
Radioactive isotopes (unspecific)	0	0	0	0	0	0
Radium (Ra224)	0	0	0	0	0	0
Radium (Ra226)	0	0	0	0	0	0
Radium (Ra228)	0	0	0	0	0	0
Ruthenium (Ru106)	0	0	0	0	0	0
Silver (Ag110m)	0	0	0	0	0	0
Strontium (Sr90)	0	0	0	0	0	0
Thorium (Th228)	0	0	0	0	0	0

Thorium (Th230)	0	0	0	0	0	0
Thorium (Th234)	0	0	0	0	0	0
Uranium	0	0	0	0	0	0
Uranium (U234)	0	0	0	0	0	0
Uranium (U235)	0	0	0	0	0	0
Uranium (U238)	0	0	0	0	0	0
Emissions to sea water	0,475606288	0,475072936	0,000266676	0,000266676	0	0
Analytical measures to sea water	1,00E-06	8,85E-07	5,74E-08	5,74E-08	0	0
Adsorbable organic halogen compounds (AOX)	-2,14E-14	-2,28E-14	7,05E-16	7,05E-16	0	0
Biological oxygen demand (BOD)	-2,36E-08	-2,52E-08	7,78E-10	7,78E-10	0	0
Chemical oxygen demand (COD)	1,05E-06	9,36E-07	5,59E-08	5,59E-08	0	0
Total organic bounded carbon	-2,36E-08	-2,52E-08	7,78E-10	7,78E-10	0	0
Heavy metals to sea water	1,59E-07	1,47E-07	6,16E-09	6,16E-09	0	0
Arsenic (+V)	3,04E-08	2,81E-08	1,14E-09	1,14E-09	0	0
Cadmium (+II)	1,30E-08	1,20E-08	4,88E-10	4,88E-10	0	0
Chromium (unspecified)	4,97E-08	4,60E-08	1,87E-09	1,87E-09	0	0
Cobalt	9,88E-14	9,86E-14	1,20E-16	1,20E-16	0	0
Copper (+II)	4,21E-08	3,87E-08	1,67E-09	1,67E-09	0	0
Iron	2,46E-12	2,46E-12	2,96E-15	2,96E-15	0	0
Lead (+II)	8,41E-09	7,74E-09	3,35E-10	3,35E-10	0	0
Manganese (+II)	3,94E-13	3,93E-13	4,72E-16	4,72E-16	0	0
Mercury (+II)	5,80E-11	5,27E-11	2,66E-12	2,66E-12	0	0
Molybdenum	1,08E-18	1,07E-18	3,31E-21	3,31E-21	0	0
Nickel (+II)	1,61E-08	1,49E-08	6,28E-10	6,28E-10	0	0
Silver	3,19E-18	3,18E-18	9,82E-21	9,82E-21	0	0
Strontium	-4,89E-10	-5,21E-10	1,61E-11	1,61E-11	0	0
Tin (+IV)	3,83E-18	3,80E-18	1,18E-20	1,18E-20	0	0
Titanium	3,90E-19	3,87E-19	1,20E-21	1,20E-21	0	0
Vanadium (+III)	4,15E-16	4,10E-16	2,46E-18	2,46E-18	0	0
Zinc (+II)	-2,44E-10	-2,60E-10	8,08E-12	8,08E-12	0	0
Inorganic emissions to sea water	0,001345788	0,001244795	5,05E-05	5,05E-05	0	0
Aluminium (+III)	2,55E-12	2,54E-12	3,03E-15	3,03E-15	0	0
Ammonia	3,73E-16	3,71E-16	1,15E-18	1,15E-18	0	0
Ammonium / ammonia	6,88E-13	6,86E-13	8,17E-16	8,17E-16	0	0
Barium	2,66E-07	2,46E-07	9,96E-09	9,96E-09	0	0
Barytes	2,11E-16	2,11E-16	2,27E-19	2,27E-19	0	0
Beryllium	3,44E-17	3,40E-17	2,04E-19	2,04E-19	0	0
Boron	2,03E-16	2,02E-16	6,23E-19	6,23E-19	0	0
Calcium (+II)	3,86E-14	3,84E-14	8,58E-17	8,58E-17	0	0

Carbonate	1,67E-05	1,55E-05	6,26E-07	6,26E-07	0	0
Chloride	0,001319145	0,001220214	4,95E-05	4,95E-05	0	0
Cyanide	7,63E-16	7,62E-16	8,22E-19	8,22E-19	0	0
Fluoride	8,86E-10	8,84E-10	1,04E-12	1,04E-12	0	0
Magnesium	-4,12E-09	-4,39E-09	1,36E-10	1,36E-10	0	0
Nitrate	4,51E-08	4,35E-08	8,40E-10	8,40E-10	0	0
Nitrite	3,34E-10	3,33E-10	3,97E-13	3,97E-13	0	0
Phosphorus	5,99E-12	5,98E-12	7,12E-15	7,12E-15	0	0
Potassium	4,70E-15	4,69E-15	5,06E-18	5,06E-18	0	0
Sodium (+I)	-4,72E-07	-5,03E-07	1,55E-08	1,55E-08	0	0
Sulphate	7,04E-06	6,51E-06	2,64E-07	2,64E-07	0	0
Sulphide	3,04E-06	2,82E-06	1,14E-07	1,14E-07	0	0
Sulphur	7,66E-11	7,64E-11	9,11E-14	9,11E-14	0	0
Organic emissions to sea water	7,97E-07	7,38E-07	2,99E-08	2,99E-08	0	0
Halogenated organic emissions to sea water	3,72E-19	3,72E-19	4,00E-22	4,00E-22	0	0
Tetrachloroethene (perchloroethylene)	3,72E-19	3,72E-19	4,00E-22	4,00E-22	0	0
Hydrocarbons to sea water	7,94E-07	7,35E-07	2,98E-08	2,98E-08	0	0
Acenaphthene	4,36E-11	4,04E-11	1,64E-12	1,64E-12	0	0
Acenaphthylene	1,87E-11	1,73E-11	7,01E-13	7,01E-13	0	0
Acetic acid	6,53E-17	6,43E-17	4,63E-19	4,63E-19	0	0
Anthracene	8,16E-11	7,55E-11	3,06E-12	3,06E-12	0	0
Aromatic hydrocarbons (unspecified)	-2,36E-10	-2,52E-10	7,78E-12	7,78E-12	0	0
Benzene	9,98E-08	9,23E-08	3,74E-09	3,74E-09	0	0
Benzo{a}anthracene	4,98E-12	4,61E-12	1,87E-13	1,87E-13	0	0
Benzofluoranthene	6,06E-13	5,61E-13	2,27E-14	2,27E-14	0	0
Chrysene	1,82E-11	1,69E-11	6,83E-13	6,83E-13	0	0
Cresol (methyl phenol)	2,81E-18	2,79E-18	8,65E-21	8,65E-21	0	0
Ethyl benzene	5,43E-09	5,03E-09	2,03E-10	2,03E-10	0	0
Fluoranthene	5,80E-12	5,37E-12	2,18E-13	2,18E-13	0	0
Hexane (isomers)	3,07E-19	3,05E-19	9,44E-22	9,44E-22	0	0
Hydrocarbons (unspecified)	4,37E-14	4,36E-14	4,70E-17	4,70E-17	0	0
Oil (unspecified)	5,06E-07	4,68E-07	1,90E-08	1,90E-08	0	0
Phenol (hydroxy benzene)	1,01E-07	9,33E-08	3,78E-09	3,78E-09	0	0
Toluene (methyl benzene)	6,07E-08	5,61E-08	2,27E-09	2,27E-09	0	0
Xylene (isomers; dimethyl benzene)	2,17E-08	2,01E-08	8,12E-10	8,12E-10	0	0
Naphthalene	3,13E-09	2,90E-09	1,17E-10	1,17E-10	0	0
Other emissions to sea water	0,47427734	0,473846406	0,000215467	0,000215467	0	0
Waste heat	0	0	0	0	0	0
Water (sea water from	0,4731630	0,4728070	0,0001780	0,0001780	0	0

technosphere, cooling water)	68	67	01	01		
Water (sea water from technosphere, waste water)	0,001114271	0,001039339	3,75E-05	3,75E-05	0	0
Particles to sea water	-1,88E-05	-2,00E-05	6,19E-07	6,19E-07	0	0
Solids (suspended)	-1,88E-05	-2,00E-05	6,19E-07	6,19E-07	0	0
Radioactive emissions to sea water	0	0	0	0	0	0
Carbon (C14)	0	0	0	0	0	0
Cesium (Cs134)	0	0	0	0	0	0
Cesium (Cs137)	0	0	0	0	0	0
Cobalt (Co60)	0	0	0	0	0	0
Hydrogen-3, Tritium	0	0	0	0	0	0
Iodine (I131)	0	0	0	0	0	0
Ruthenium (Ru106)	0	0	0	0	0	0
Strontium (Sr90)	0	0	0	0	0	0
Uranium (U234)	0	0	0	0	0	0
Uranium (U238)	0	0	0	0	0	0
Emissions to agricultural soil	3,13E-07	1,80E-07	6,63E-08	6,63E-08	0	0
Heavy metals to agricultural soil	3,13E-07	1,80E-07	6,63E-08	6,63E-08	0	0
Cadmium (+II)	2,46E-09	1,75E-09	3,55E-10	3,55E-10	0	0
Chromium (+III)	4,08E-08	2,43E-08	8,23E-09	8,23E-09	0	0
Chromium (unspecified)	-1,55E-10	-1,55E-10	-1,35E-15	-1,35E-15	0	0
Copper (+II)	3,62E-08	1,97E-08	8,23E-09	8,23E-09	0	0
Lead (+II)	5,80E-08	3,33E-08	1,23E-08	1,23E-08	0	0
Mercury (+II)	4,08E-10	2,43E-10	8,23E-11	8,23E-11	0	0
Nickel (+II)	1,98E-08	1,16E-08	4,11E-09	4,11E-09	0	0
Zinc (+II)	1,55E-07	8,97E-08	3,29E-08	3,29E-08	0	0
Emissions to industrial soil	6,64E-06	6,57E-06	3,57E-08	3,57E-08	0	0
Heavy metals to industrial soil	3,62E-07	3,62E-07	3,60E-12	3,60E-12	0	0
Antimony	9,41E-16	9,40E-16	5,05E-19	5,05E-19	0	0
Arsenic (+V)	2,24E-13	2,23E-13	2,93E-16	2,93E-16	0	0
Cadmium (+II)	1,64E-08	1,64E-08	2,07E-14	2,07E-14	0	0
Chromium (+III)	2,50E-13	2,50E-13	1,05E-16	1,05E-16	0	0
Chromium (+VI)	3,19E-15	3,19E-15	1,26E-18	1,26E-18	0	0
Chromium (unspecified)	4,93E-13	4,86E-13	3,62E-15	3,62E-15	0	0
Cobalt	8,20E-13	8,19E-13	3,98E-16	3,98E-16	0	0
Copper (+II)	4,12E-11	3,98E-11	7,17E-13	7,17E-13	0	0
Iron	3,46E-07	3,46E-07	2,83E-12	2,83E-12	0	0
Lead (+II)	1,71E-12	1,70E-12	1,61E-15	1,61E-15	0	0
Manganese (+II)	3,86E-12	3,84E-12	1,14E-14	1,14E-14	0	0
Mercury (+II)	5,07E-15	5,06E-15	5,65E-18	5,65E-18	0	0

Nickel (+II)	1,05E-11	1,05E-11	4,39E-15	4,39E-15	0	0
Selenium	4,79E-15	4,77E-15	8,59E-18	8,59E-18	0	0
Strontium	1,60E-13	1,57E-13	1,67E-15	1,67E-15	0	0
Zinc (+II)	2,89E-12	2,88E-12	4,87E-15	4,87E-15	0	0
Inorganic emissions to industrial soil	6,28E-06	6,21E-06	3,57E-08	3,57E-08	0	0
Aluminium (+III)	4,91E-10	4,73E-10	8,83E-12	8,83E-12	0	0
Ammonia	1,28E-09	1,26E-09	8,39E-12	8,39E-12	0	0
Beryllium	3,21E-18	3,01E-18	1,03E-19	1,03E-19	0	0
Bromide	3,17E-15	3,16E-15	6,88E-18	6,88E-18	0	0
Calcium (+II)	1,92E-06	1,85E-06	3,47E-08	3,47E-08	0	0
Chloride	4,35E-06	4,35E-06	9,17E-10	9,17E-10	0	0
Chlorine	7,45E-13	7,45E-13	2,95E-16	2,95E-16	0	0
Fluoride	4,74E-09	4,74E-09	6,13E-13	6,13E-13	0	0
Magnesium (+III)	1,39E-09	1,34E-09	2,45E-11	2,45E-11	0	0
Nitric acid	6,66E-16	6,65E-16	7,18E-19	7,18E-19	0	0
Nitrogen	1,91E-14	1,91E-14	2,06E-17	2,06E-17	0	0
Phosphorus	3,27E-10	3,18E-10	4,90E-12	4,90E-12	0	0
Potassium (+I)	9,71E-10	9,41E-10	1,49E-11	1,49E-11	0	0
Sodium (+I)	8,66E-10	8,29E-10	1,88E-11	1,88E-11	0	0
Sulphate	9,20E-11	8,94E-11	1,30E-12	1,30E-12	0	0
Sulphide	1,64E-10	1,62E-10	7,66E-13	7,66E-13	0	0
Sulphur	4,14E-11	4,13E-11	4,45E-14	4,45E-14	0	0
Organic emissions to industrial soil	6,66E-10	6,66E-10	8,92E-14	8,92E-14	0	0
Oil (unspecified)	6,62E-10	6,62E-10	8,49E-14	8,49E-14	0	0
Polycyclic aromatic hydrocarbons (unspecified)	4,24E-12	4,23E-12	4,25E-15	4,25E-15	0	0
Other emissions to industrial soil	1,99E-19	1,99E-19	1,87E-22	1,87E-22	0	0
Different pollutants	1,99E-19	1,99E-19	1,87E-22	1,87E-22	0	0

ÖZGEÇMİŞ

1985 yılında İstanbul'da doğan Havva AKSEL, Yeşilköy Anadolu Lisesi'den 2003 yılında mezun olmuştur. Aynı sene lisans eğitimine başladığı Yıldız Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümündeki eğitimini 2008 yılında tamamlamış ve mezuniyet sonrası sırasıyla; 2008-2010 yılları arasında Küçükçekmece Belediye Başkanlığı, Plan ve Proje Müdürlüğünde; 2010-2012 yılları arasında Edirne Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü ve 2012-2014 yılları arasında İstanbul I Numaralı Yenileme Alanları Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğünde Mimar olarak görev yapmıştır. İstanbul I Numaralı Yenileme Alanları Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğünde görev yaptığı sırada Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Mimarlık Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Programında Yüksek lisans eğitimine başlamıştır. Bilimsel araştırmaya olan merakı ve akademik çalışma yapma istediği sebebiyle, 2014 Ocak ayı içerisinde girmiş olduğu Araştırma Görevliliği sınavını kazanarak, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Yapı Anabilim Dalı, Yapı Bilgisi Bilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak göreve başlamış ve halen görevine devam etmektedir.