

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ATMOSFERİK KOROZYONA DAYANIKLI ÇELİKLERİN YAPILARDA CEPHE
ELEMANI OLARAK KULLANILABİLİRLİK ŞARTLARININ İNCELENMESİ

KÜBRA CANSU ES

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
YAPI PROGRAMI

DANIŞMAN
PROF. DR. ZEHRA CANAN GİRGIN

İSTANBUL, 2018

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATMOSFERİK KOROZYONA DAYANIKLI ÇELİKLERİN YAPILARDA CEPHE
ELEMANI OLARAK KULLANILABİLİRLİK ŞARTLARININ İNCELENMESİ**

Kübra Cansu ES tarafından hazırlanan tez çalışması 17.04.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Zehra Canan GİRGİN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Zehra Canan GİRGİN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Zafer AKDEMİR
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Kelami ŞEŞEN
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde gerçekleştirilen bu Yüksek Lisans Tezi kapsamında; özellikle estetik algı açısından gittikçe daha çok ilgi uyandıran Atmosferik Korozyona Dayanıklı Çelik'lerin yapılarda cephe elemanı olarak yer almasının yanı sıra peyzaj, heykel gibi uygulama alanlarında da kullanılabilirlik şartları incelenmiştir. Malzeme karakteristiklerinin anlaşılması, doğru uygulama koşullarının belirlenmesi ve uygulama alanında çalışan mimarların bilgilendirilmesi amaçlanmıştır.

Tez çalışma sürecim boyunca, kendisiyle çalışma imkanı bulduğum için çok şanslı hissettiğim, büyük emek ve özveriyle bana her an yol gösteren, araştırma disiplinini tüm sabrı ve içtenliğiyle öğreten, bu yolda her zaman destekçim olan değerli tez danışmanım Prof. Dr. Zehra Canan Girgin'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Her zaman bana yol gösteren babam Servet Es başta olmak üzere, annem Serap Es ve kardeşim Ali Tuna Es'e gerek bu süreçteki destekleri ve anlayışları gerek yaşamım boyunca her an sevgiyle yanımda olduklarını hissettirdikleri için sonsuz teşekkür ederim. Ailemden gördüğüm can dostum, kardeşim Mimar Ayşegül Yıldız'ın ve diğer dostlarımdan bu süreçteki tüm bocalama anlarımdaki desteği; en önemlisi hayatımdaki varlıkları için teşekkür ederim.

Bu süreçte çalışmakta olduğum Antre Design Mimarlık bünyesindeki tüm çalışma arkadaşlarıma, öncelikle patronum Mimar Levent METE ve eşi İç Mimar Özlem METE'nin anlayışı ve desteği için teşekkürü bir borç bilirim.

Nisan, 2018

Kübra Cansu ES

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ÖZET	1
ABSTRACT	3
BÖLÜM 1	
GİRİŞ	5
1.1 Literatür Özeti	5
1.2 Tezin Amacı	7
1.3 Hipotez	7
BÖLÜM 2	
TARİHÇE	8
2.1 Dünya Geneline Yapı Örnekleri	14
BÖLÜM 3	
ATMOSFERİK KOROZYONA KARŞI DAYANIKLI ÇELİKLER	23
3.1 Genel	23
3.2 Çelik ve Tipik Alaşım Elementleri	24
3.3 Atmosferik Korozyona Dayanıklı Çeliklerin Üretim Süreci	27
3.4 WS Çeliklerin Kimyasal ve Mekanik Karakteristikleri	28
3.5 WS Çeliğin Atmosferik Korozyon Dayanımı	29
3.6 Uygulama Detayları	45
BÖLÜM 4	
İSTANBUL VE ÇEVRESİNDEKİ UYGULAMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	57

4.1. İstanbul ve Çevresindeki Örnekler.....	57
4.2. Piri Reis Üniversitesi Örneği	73

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER.....	80
KAYNAKÇA.....	82

EK A

METALLERİN KİMYASAL REAKSİYONLARI	89
---	----

EK B

WS ELEMANLARIN ÇEKME TESTİ VE UYGULAMA ALANLARI	90
---	----

ÖZGEÇMİŞ	91
----------------	----

KISALTMA LİSTESİ

ASTM	American Society for Testing and Materials
CCT	Cyclic Corrosion Test
CS	Carbon Steel
EAF	Electric Arc Furnace
HSLA	High Strength Low Alloy Steels
UV	UltraViolet
WS	Weathering Steel

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1	a) Silo yapısı örneği, b) Yük vagonu örneği, c) Mavna örneği, d) Konteyner örneği 10
Şekil 2. 2	a) Elektrikli demiryolu örneği, b) PCC Örneği 10
Şekil 2. 3	Michigan'daki WS korkuluk örneği 11
Şekil 2. 4	Indaten® kullanılan a) Fondation FNEL (Luxembourg, 2013), b) Police station Clichy-Montfermeil (Paris, Fransa, 2011) , c) La Vicaria Arch Bridge (Albacate, İspanya, 2007) , d) Trençat Bridge (Sant Celoni and Santa Maria de Palautordera, İspanya, 2003), e) Four Indeterminate Lines (Arcs in Disorder, Exhibition Château de Versailles, Fransa, 2011) , f) 9 Lignes obliques (Arcs in Disorder, Exhibition Château de Versailles, Fransa, 2011) 13
Şekil 2. 5	Mayari R® kullanılan Former Bethlehem Steel Company Headquarters (Bethlehem, Pennsylvania, A.B.D,2011)..... 13
Şekil 2. 6	Solanum® kullanılan a) Dayton Residence in Vail (Colorado, A.B.D, 2009) b) The Guggenheim Museum (Las Vegas, A.B.D, 1992)..... 14
Şekil 2. 7	XLERPLATE® kullanılan a) Fitzgibbon Community Centre (Australia, 2012), b) South Australia's Snake Wall (Adelaide, South Australia, 2010) 14
Şekil 2. 8	John Deere World Headquarters (Moline, Illinois, A.B.D, 1964) 15
Şekil 2. 9	John Deere World Headquarters içeriden görünüm ve perspektif kesit detayı 15
Şekil 2. 10	IAIS Raccoon River Bridge (Booneville, Iowa, A.B.D,1964) 15
Şekil 2. 11	Chicago Civic Center, by Jacques Brownson, C. F. Murphy Associates(Chicago, A.B.D, 1965) 16
Şekil 2. 12	COR-TEN® Picasso Heykeli (Chicago, A.B.D, 1967) 16
Şekil 2. 13	York University Footbridge (İngiltere,1967) ve 2016'daki görünümü 16
Şekil 2. 14	U.S. Steel Pittsburgh Tower (Pittsburgh, Pennsylvania, A.B.D, 1971) 17
Şekil 2. 15	New River Gorge Bridge (West Virginia, A.B.D ,1977)..... 17
Şekil 2. 16	Newburgh-Beacon Bridge (Newburgh, A.B.D., 1963,1980)..... 18
Şekil 2. 17	Richard Serra'nın tasarımı Fulcrum (London, 1987)..... 18
Şekil 2. 18	Crystal Palace Konseri Platformu (London, 1996) 18
Şekil 2. 19	Sculptors of Richard Serra (Spain, 2005) 19
Şekil 2. 20	Can Gili Footbridge (Spain, 2009) 19
Şekil 2. 21	The Wyckoff Exchange (Brooklyn, New York,A.B.D, 2010)..... 19

Şekil 2. 22	The Wyckoff Exchange binası kesit detayı	20
Şekil 2. 23	Vanke Triple V Gallery (Tianjin, China,2011)	20
Şekil 2. 24	Sant Pere Sacarrera Footbridge (Spain,2012)	20
Şekil 2. 25	Kemenes Volcanopark Visitor Centre (Hungary,2013)	21
Şekil 2. 26	Tra Restroom (US, 2013)	22
Şekil 2. 27	The Elastic Perspective (Netherlands, 2014)	22
Şekil 2. 28	The Crescent (India, 2015)	22
Şekil 3. 1	a) Temel bazı elementler ile yapılan alaşımli çelikte sertleşebilirlik faktörü, b) Karbon yüzdesi ile temel mekanik karakteristikler arasındaki ilişki	25
Şekil 3. 2	WS Levha elemanlarda zaman içinde patina yüzey oluşumu	28
Şekil 3. 3	WS nin başlangıç görünümü ve hidrojen peroksit-tuz-sirke çözeltisi uygulandıktan sonraki oksitlenmiş görünümü.....	28
Şekil 3. 4	Korozyon kaybı grafiği	30
Şekil 3. 5	a) Karbon çeliği b) WS çeliğinde oluşan reaksiyonlar ve pas katmanları ..	31
Şekil 3. 6	a) Karbon çeliği b) WS çeliğinde katmanların sadeleştirilmiş biçimi	31
Şekil 3. 7	Korozyon hızının yıllar içindeki değişimi	32
Şekil 3. 8	Angel of the North (Newcastle, England)	34
Şekil 3. 9	Bakteri faaliyetleri ile korozyon-zaman ilişkisi.....	35
Şekil 3. 10	a) Atlantik Kıyısına 250 m mesafedeki Küre sahili (North Carolina) b) Kearny (New Jersey)'deki endüstriyel bölge c) South Bend (Pensylvania)'deki kırsal alanın harita üzerindeki konumları	35
Şekil 3. 11	Atlantiğe 250 m mesafede Cu ve P içeriğinin WS korozyonuna etkisi.....	36
Şekil 3. 12	Farklı tip WS numunelerinin atmosferik koşullara göre korozyonu	37
Şekil 3. 13	WS ve CS için endüstriyel-kırsal atmosfer koşullarında korozyon....	37
Şekil 3. 14	Farklı heykeller üzerindeki WS doku oluşumu.....	38
Şekil 3. 15	a) Kıyı atmosferinde CS ile WS çeliğinin korozyon hızları karşılaştırması, b) Dengeli durum korozyon oranı-tuzluluk değişimi.....	39
Şekil 3. 16	Farklı okyanus tuzluluk oranlarına göre WS tiplerinin performansı	39
Şekil 3. 17	Panama kanalı kıyı ikliminde Cr içeriğinin korozyona etkisi	40
Şekil 3. 18	Çevrim sayısı (CTT) ile korozyon hızı ve rengin değişimi.....	41
Şekil 3. 19	SO ₂ konsantrasyonuna bağlı olarak pas kalınlığındaki değişimi	41
Şekil 3. 20	Metalik yüzeyin yerleşim şekline göre korozyon kaybındaki değişim	41
Şekil 3. 21	Galvanik korozyon	43
Şekil 3. 22	Doğru-yanlış birleşim detayları.....	44
Şekil 3. 23	Kesilen panellerin kenarlarının yanlış ve doğru bantlanması sonucu paslanma durumu	44
Şekil 4. 1	Piri Reis Üniversitesi, Kreatif Mimarlık, Fotoğraf: Cemal Emden.....	73
Şekil 4. 2	Tuzla bölgesinin yıllık sıcaklık ve yağış grafiği	74
Şekil 4. 3	Piri Reis Üniversitesi, Vaziyet Planı	74
Şekil 4. 4	Piri Reis Üniversitesi uygulama örnekleri	79

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 3. 1	Alaşım elementleri ve çeliğe kazandırdıkları zellikler..... 25
Çizelge 3. 2	Yapısal eliklerde kimyasal bileşenler..... 26
Çizelge 3. 3	Alaşım elementlerinin çeliğe etkisi..... 26
Çizelge 3. 4	WS çelikte alaşım element yüzdeleri ve mekanik büyüklükler..... 30
Çizelge 3. 5	Farklı dış etkilerden dolayı pas oluşum reaksiyonları..... 34
Çizelge 3. 6	Müngsten Guests House 47
Çizelge 3. 7	Clubhouse in Benthuizen 48
Çizelge 3. 8	Weingut Abril..... 49
Çizelge 3. 9	Schloss Laufen..... 50
Çizelge 3. 10a	Commercial Structure of Gorredijk..... 51
Çizelge 3. 10b	Commercial Structure of Gorredijk 52
Çizelge 3. 11	Essen Building..... 53
Çizelge 3. 12	Navarro Correias Winery..... 54
Çizelge 3. 13	Audenasa Building..... 55
Çizelge 3. 14	Nestle Social Block..... 56
Çizelge 3. 15	Dovecote Studio 57
Çizelge 4. 1	Benetton (Tante Roza) binası..... 59
Çizelge 4. 2	Smokkin Restorant..... 62
Çizelge 4. 3	Leisure mağaza..... 64
Çizelge 4. 4	Raif Dinçkök Kültür Merkezi..... 66
Çizelge 4. 5	D Cafe..... 68
Çizelge 4. 6	Aztek Teknoloji..... 70
Çizelge 4. 7	Watergarden..... 72
Çizelge 4. 8	Piri Reis niversitesi kuzey cephesi görünümleri..... 76
Çizelge 4. 9	Piri Reis niversitesi güney cephesi görünümleri..... 77
Çizelge 4. 10	Piri Reis niversitesi doğu cephesi görünümleri 78
Çizelge 4. 11	Piri Reis niversitesi batı cephesi görünümleri 79
Çizelge Ek A.1	Elektrokimyasal reaksiyonlar ve farklı metallerin kullanımı sonucu galvanik korozyon oluşum şeması..... 90
Çizelge Ek B.1	Bazı WS tipleri üzerinde yapılan çekme testi sonuçları..... 91
Çizelge Ek B.2	WS elikler ve genel zellikleri..... 92

**ATMOSFERİK KOROZYONA DAYANIKLI ÇELİKLERİN YAPILARDA CEPHE
ELEMANI OLARAK KULLANILABİLİRLİK ŞARTLARININ İNCELENMESİ**

Kübra Cansu ES

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zehra Canan GİRĞİN

Yüksek mukavemetli ve düşük alaşımlı çelikler grubunda (HSLA) yer alan Atmosferik Korozyona Dayanıklı Çeliklerin (WS) karakteristiklerinin incelenmesi ve çevresel koşullara dayanıklılık kriterleri bu çalışmanın içeriğini oluşturmaktadır. Söz konusu malzeme; bina cephelerinde, köprülerde, anıtsal tasarımlarda ve peyzaj elemanlarında sıklıkla kullanılmaktadır. Araştırmanın temel amacı; atmosferik koşullar açısından malzemenin kimyasal içeriğini olumlu ve olumsuz yönleri ile irdelemek, en agresif koşullara karşı çözümler üretmek ve özellikle pratikteki uygulamalar konusunda ilgililere yol göstermektir.

Çalışma kapsamında; öncelikle malzemenin kimyasal içerik ve uygulama alanları bazında tarihsel gelişimi incelenmiştir. Alaşım elementleri, metal yüzeyindeki kimyasal reaksiyonlar, pas-patina tabakasının oluşum mekanizması ve çevresel koşullara bağlı olarak dayanıklılık ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Çevresel koşullara uygun tasarım gerekliliğine vurgu yapılarak, alaşım elementlerinin yüzdeleri ile atmosferik korozyonun zaman içindeki gelişimi arasındaki ilişki üç farklı çevresel koşulu esas alan test sonuçlarının ışığında irdelenmiştir. Özellikle endüstriyel ve deniz kıyısı atmosferik koşullarında, kimyasal elementlerin tip ve oranının seçimi son derece dikkat gerektirmektedir. Güncel araştırmalarda, bakır yerine nikel kullanımının özellikle kıyı atmosferi açısından bakıra olan ihtiyacı ortadan kaldırdığı, korozyon hızını büyük ölçüde azalttığı izlenmiştir. Alaşım elementi olarak eklenmesi daha zor olan bakır

yerine nikelin tercih edilmesi, aynı zamanda, maliyeti azaltan bir unsur olarak görülebilir.

En olumsuz atmosferik koşullar ve/veya hatalı detay uygulamaları durumunda, cephede ilerleyen korozyon sürecini geri çevirici/durdurucu önlemler gereklidir. Böylece, panelin estetik değerindeki kaybın yanı sıra, değiştirme maliyet kaybının da engellenmesi amaçlanmaktadır. Detay çözümlerine özellikle dikkat edilmeli, uzun süreli nemli ve gölge altında kalacak cephelere uygulanmamalıdır. Farklı metaller ile olan bileşimlerde galvanik korozyon oluşturmayacak, galvanik seride birbirine yakın metaller seçilmelidir.

Dünyadan ve Türkiye'den uygulanan örnekler, detay çözümleri ve çevresel etkileşimler ile birlikte incelenmiştir. Atmosferik koşullara -yağış, güneş alma durumu, rüzgar vs.-bağlı olarak; İstanbul ve civarındaki bazı cephe ve peyzaj uygulamaları incelenmiş, Tuzla bölgesinde yer alan Piri Reis Üniversitesi cephelerinde levha ve perfore panel olarak kullanılan kaplamalarının mevcut durumu ise çevresel parametreler ile daha detaylı olarak irdelenmiş, pas problemlili yüzeylerin oluşum nedenleri ve alınabilecek önlemler belirtilmiştir.

Tez, aşağıdaki bölümlerden oluşmaktadır:

Çalışmanın Birinci Bölümünde; çalışmanın amaç ve kapsamı belirtilmiştir.

İkinci Bölümde; atmosferik korozyona dayanıklı çeliklerin kimyasal içerik ve uygulama çeşitliliği olarak dünyadaki tarihsel gelişim süreci değerlendirilmiş, mimari örneklerle aktarılmıştır.

Üçüncü Bölümde; malzemedeki alaşım elementleri, tipleri ve içerik olarak çevresel koşullara dayanıklılık açısından incelenmiştir. Farklı atmosferik koşullar açısından kimyasal elementlerin etkinliği deneysel çalışmaların sonuçlarıyla karşılaştırmalı olarak grafiksel bazda incelenmiştir. Dünya genelinde uygulanmış mevcut mimari yapılar üzerinden cephe tasarım ve farklı detay çözümlerine örnekler verilmiştir.

Dördüncü Bölümde; İstanbul'daki peyzaj ve yapı cephe uygulamalarının mevcut durumu; dikkate alınan atmosferik veriler ve bu koşulların sonucunda gelişen yüzeyler; aldıkları renk, görünüm, doku ve korozyon hasarına bağlı olarak değerlendirilmiştir. Sorunlu olan paneller için çözüm önerileri getirilmiştir. Bu kapsamda tipik güncel bir örnek olarak, Tuzla'da yer alan Piri Reis Üniversitesi'nde yapılan cephe uygulaması detaylı olarak irdelenmiştir.

Beşinci Bölümde; çalışmada incelenen konulardan varılan sonuçlar sıralanmış ve çözüm önerileri getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Atmosferik korozyona dayanıklı çelik, korozyon, alaşım elementleri, pas, patina, HSLA çelik, WS.

**UTILIZATION AND DURABILITY CONDITIONS OF WEATHERING RESISTANT
STEEL AS FACADE PANEL UNDER ATMOSPHERIC CONDITIONS**

Kübra Cansu ES

Department of Architecture Program
MSc. Thesis

Advisor: Prof. Dr. Zehra Canan GİRGIN

The characteristics of the Weathering Steels (WS) in high strength-low alloy steels group (HSLA) and the criteria of resistance to environmental conditions are focused in this study. WS steels are frequently used in building facades, bridges, monumental designs and landscaping elements. The main aim of this study is to evaluate the material with positive and negative aspects in view of the chemical content, to develop solutions for the most aggressive environmental conditions and to lead to the concerned people about the matter to be paid attention in the applications.

In this study, first of all, the development of this material is addressed in view of historical perspective and the development of its chemical content. The chemical reactions and effectiveness of alloying elements in the surface of WS, the formation mechanism of rust-patina layer and resistance to atmospheric conditions are examined in detail. The usage percentages of alloying elements for highly resistant WS to atmospheric conditions are constituted on the basis of previous and current durability tests under three environmental conditions. Especially in industrial and marina atmospheric conditions, the choice of alloying elements is very important. In the current literature, the usage of nickel instead of copper has greatly reduced the rate of corrosion, especially from the point of view of the coastal atmosphere. The choice of

nickel instead of copper, which is more difficult to add as an alloying element, may provide cost reduction.

In the case of the most negative atmospheric conditions and wrong detailing, countermeasures against corrosion progression on the facade are necessary. It is aimed to prevent the increase of panel replacement cost. It should not be used for long periods of moisture. In the connections of different metals, metals should be chosen as compatible which do not cause galvanic corrosion.

Worldwide applications were examined with detailed solutions and environmental interactions. Depending on the atmospheric conditions, some façade and landscape applications in and around Istanbul have been examined. The present situation of the sheets used as plates and perforated panels on the facades of Piri Reis University in Tuzla district has been examined in detail by environmental parameters. The causes of formation of rust surfaces and precautions to be taken are stated. This Thesis consists of the following sections:

The First Chapter presents the purpose and scope of the study.

In the Second Chapter; the worldwide historical development has been evaluated as the chemical content and application variety of weathering steels. In addition, several architectural applications have been addressed.

In the Third Chapter; the alloying elements in the material have been investigated in terms of their resistance to environmental conditions as types and content. In terms of different atmospheric conditions, the effectiveness of chemical elements has been compared graphically with the results of previous experimental studies. Several worldwide applications are given on the basis of façade design with different detail solutions.

In the Fourth Chapter; the present applications and situations of building façades and landscapes in Istanbul and its neighborhood are evaluated regarding the atmospheric conditions together with the suggested solutions for problematic panels as well. In this context, as a typical example, the façade practice at Piri Reis University in Tuzla was examined in detail.

In the Fifth Chapter; the results obtained from the topics examined in the study are listed and solution proposals are introduced.

Keywords: Weathering Steel, corrosion, alloying elements, rust, patina, HSLA Steel, WS.

1.1 Literatür Özeti

Bu araştırma; atmosferik korozyona dayanıklı çeliklerin tarihçesini, alaşım elementlerinin malzemeye katkılarını, malzemenin atmosferik korozyon dayanımını ve uygulama yapılacak alan için önlemleri ortaya koymaktadır. Bu konuda yararlanılan kaynaklardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Malzemenin tarihsel gelişimi ve bileşimi konusunda yararlanılan belli başlı çalışmalar:

- Scott, J.C. and Searls, C.L. (1995). Weathering Steel. Twentieth-Century Building Materials History and Conservation. McGraw-Hill.39-44.
- Albrecht, P., T.T.Hall (2003). Atmospheric Corrosion Resistance of Structural Steels. Journal of Materials in Civil Engineering 15.
- Bashar McDad et al. (1991). Performance of Weathering Steel in TxDot Bridges.8-77.
- Zhang, X., Yang, S., Zhang, W., Guo, H., He, X, (2014). Influence of Outer Rust Layers on Corrosion of Carbon Steel and Weathering Steel During Wet–Dry Cycles. Corrosion Science 82, 165-172.
- Mizoguchi T., Ishii Y., Okada T., Kimura M., Kihira H., (2005). Magnetic Property Based Characterization of Rust on Weathering Steels, Corrosion Science 47. 2477-2491. Malzemenin korozyon dayanımı konusunda yararlanılan ana çalışmalar:

- Cook, D.C. (2004). The Corrosion of High Performance Steel in Adverse Environments, International Symposium on the Industrial Applications of the Mössbauer Effect, Madrid, pp. 63-72.
- Choi, Y.S., Shim, J.J., Kim, J.G., (2005). Effects of Cr, Cu, Ni and Ca on The Corrosion Behavior of Low Carbon Steel in Synthetic Tap Water, Journal of Alloys and Compounds. 391. 162–169.
- Zhou, Y., Chen, J., Xu, Y., Liu, Z., (2013). Effects of Cr, Ni and Cu on The Corrosion Behavior of Low Carbon Microalloying Steel in a Cl Containing Environment, Journal of Materials Science & Technology 29, 168–174.
- Morcillo, M., et al. (2013). Atmospheric Corrosion Data of Weathering Steels. A Review. Corrosion Science 77, 6 –24.
- Melchers, R.E., (2008). A New Interpretation of the Corrosion Loss Processes for Weathering Steels in Marine Atmospheres. Corrosion Science 76, 3446-3454.

Malzemenin zaman içindeki performansı üzerine bazı çalışmalar:

- Coburn, S.K., (1978). Increasing Container Service Life with Painted USS COR-TEN Steel. Container Technology, Vol.II, Proc.2nd Container Technology Conference, Brighton, England, 177-199.
- Cook, D.C. (2007). An Active Coating and New Protection Technology for Weathering Steel Structures in Chloride Containing Environments, NACE international, Tennessee, U.S.A.
- Knotkova, D. and Barton K., (1982). Corrosion Aggressivity of Atmospheres, STP. Atmospheric Corrosion of Metals. American Society for Testing and Materials, Editors: S.S.W. Dean and E.C. Rhea, Philadelphia, 225-249.

Ayrıca köprü örnekleri üzerine çalışmalar:

- National Cooperative Highway Research Program Report, (1985). Performance of Weathering Steel in Bridges, NCHRP, No 272.

- Krivy V., Kubzova M., Kreislova K., Urban V., (2017). "Characterization of Corrosion Products on Weathering Steel Bridges Influenced by Chloride Deposition" Metals, 7, p. 336 de köprü örnekleri incelenmiştir.

1.2 Tezin Amacı

Gelişen teknoloji ile birlikte farklılaşan malzeme ve uygulama yöntemleri, yapı malzemesi seçimini öne çıkarmıştır. Uzun ömür, düşük maliyet ve estetik görünüm vadeden atmosferik korozyona dayanıklı çeliklerin cephe malzemesi olarak kullanılabilirliği açısından; alaşım elementleri ve kullanım yüzdeleri, çevresel koşullara karşı dayanıklılık ve koruma kurallarının belirlenmesi bu tezin ana amacını oluşturmaktadır. Malzemenin geliştirilmesi ve sonraki aşamalarda yapılan uzun süreli atmosferik dayanıklılık testleri, bu çalışmada alaşım elementlerinin uygun seçimi ve tasarım kararları açısından yol göstermiştir. Ayrıca uygulama örnekleri ve detayları pozitif ve negatif yönleri ile incelenerek, yeni yapılacak uygulamalarda en doğru kararların alınabilmesi hedeflenmiştir.

1.3 Yöntem

Çalışma kapsamında, geçmişten günümüze atmosferik korozyona dayanıklı çeliklerin çevresel etkenler ile etkileşimi; teorik araştırmalar, deneysel veriler ve kısmen gözlemlerden yararlanılarak araştırılmıştır. Ayrıca; mimari çevrede bıraktığı etki nedeni ile, doğru ve nitelikli bilgi kaynağı oluşturmak için, günümüzdeki uygulamalar incelenmiştir. Ele alınan mimari uygulamalar bu kapsamda artı ve eksi yönleri ile değerlendirilmiş, çözüm önerileri getirilmiştir.

BÖLÜM 2

TARİHÇE

Atmosferik korozyona karşı dayanıklı çelikler A.B.D’de yapılan öncü çalışmalar ile üretilmiş, uygulama alanının genişlemesi ile diğer ülkelerde de ilgi görmüştür. Demiryolları, elektrik direkleri, konteyner ve köprülerde kullanılan malzeme; zamanla heykel, peyzaj ve mimari çevrede de yer bulmuştur. Atmosferin, metal yüzeyiyle reaksiyona girmesi ile çalışan malzeme ile ilgili yararlı ve zararlı etkiler zamanla saptanmış ve malzemenin içeriği ve kullanımda uygulanan sistemler geliştirilmiştir. Söz konusu sürecin anlatımında [1-4] ve [5] kaynaklarından yararlanılmıştır.

1800’lerin ortalarında çeliğin korozyon dayanımının geliştirilmesi amaçlı ilk deneysel çalışmalarda (Almanya); düşük oranda Cu ilavesinin, asidik ortamdaki demirin korozyon dayanımını önemli oranda arttırdığı görülmüştür.

1900’da Williams Cu ilave edilen demir örnekleri açık havaya maruz bırakılmıştır. Bir ay boyunca her gün bir miktar ıslatılan bu Cu içeren çeliklerde korozyon önemli ölçüde gecikmiştir.

1909 yılında Burgess ve Aston tarafından yapılan başka bir araştırmada (Wisconsin, ABD) saf elektrolitik demire teker teker alaşım elementleri eklenmiş ve hava koşullarına maruz bırakılmıştır. Cu elementinin demirin korozyon performansını arttırdığı anlaşılmıştır.

1916 yılında ASTM (American Society for Testing and Materials) tarafından yapılan testler ışığında %0.2-0.5 Cu (bakır) ve %0.07 P (kükürt)’nin çeliğe eklenmesinin yararlı olacağı ortaya konmuştur. Belirtilen oranda sadece Cu içeren çeliklerin bile, ıslanma-

kuruma döngüsüne maruz kaldığında, atmosferik korozyona karşı daha iyi dayanıklılık gösterdiği izlenmiştir.

- **U.S Steel Firması Kapsamında**

1911 sonrasında İngiltere’de (Pittsburgh) B.D.Saklatwalla’nın yürüttüğü çalışmaların ışığında, karbon çeliğine Vanadyum ekleme yöntemleri üzerinde durulmuştur. Dünya çapındaki araştırmalar, alaşım elementlerinin çelik üzerindeki etkisinin anlaşılmasını sağlamıştır. Alaşıma ilave edilecek elementler, oranları ve alaşım yapma yöntemleri araştırılmış; karışım oranları zaman içinde değişim göstermiştir.

1926’da B.D.Saklatwalla’nın, U.S. Steel işbirliği ile yürüttüğü çalışmalarda Cu (bakır), P (fosfor), Si (silisyum), N (nikel), Cr (krom) alaşım elementlerinin karbon çeliğine eklenmesinin, atmosferik korozyon direncini arttırdığı ve akma dayanımını 220 MPa dan 250 MPa’ya çıkarılabildiği anlaşılmıştır.

1920-1930 döneminde, demiryolu endüstrisi için yüksek mukavemetli ve düşük alaşımlı bir ürün geliştirilmiş, korozyona karşı dayanım gösterdiği anlaşılmıştır.

1929’da, düşük alaşımlı bu çelik tipinin korozyona karşı dayanım göstermesi üzerine malzeme dikkat çekmiş; araştırmaların sonucunda HSLA (*High Strength Low Alloy Steel*) olarak tescillenmiştir.

1930’larda A.B.D’de, HSLA’nın öncü uygulamaları olan silo yapıları (Şekil 2.1a) ve yük vagonları dikkat çekmiş (Şekil 2.1b), bunları dışı boyalı konteyner araçları (Şekil 2.1c) ve mavnalar (Şekil 2.1d) takip etmiştir. Dünya çapında kullanıma yönelik 1.000.000 dan fazla vagon imal edilmiştir.

1933’de U.S Steel, yapısal çeliğe¹ kıyasla daha yüksek akma ve çekme dayanımı olan HSLA grubundan ilk WS (*Weathering Steel*) çeliğin, COR-TEN^{®2} markası ile patentini alarak dünyaya tanıtmıştır. Aynı zamanda COR-TEN A[®] ve COR-TEN B[®] çeliklerinin bugünkü değerlerine ulaşması için çalışmalar başlamıştır.

¹ Yapısal çeliğin birleşimi %0.22-0,25 C, %0.05 P, %0.05 S, %0.05 Si, %1.60 Mn

² COR-TEN çeliğinin orijinal bileşimi %0.12 C, %0.07 P, %0.5 Si, %0.3 Cu, %0.2 Ni, %0.7 Cr’dur. İsmi ‘CORrosion resistance- TENSile strength’ ifadesinden gelmiştir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 2. 1 a) Silo yapısı örneği, b) Yük vagonu örneği, c) Mavna örneği, d) Konteyner örneği [6-9]

Bir sonraki uygulama A.B.D'deki Büyük Buhran'dan (1929) kaynaklanmıştır. Başkan Roosevelt, çelik endüstrisini geliştirmek adına, ülkenin ulaşım sisteminde belirli adımlar atmıştır. Elektrikli demiryolu (Şekil 2.2a) ve başkanlık konferans arabaları (PCC) için (Şekil 2.2b) standart bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Boyasız COR-TEN® Çeliği kullanılarak üretilmiş arabaların bir kısmı 1936-1939, geri kalan kısmı ise 1946-1949 döneminde hizmet vermiştir.



(a)



(b)

Şekil 2.2 a) Elektrikli demiryolu örneği [10], b) PCC Örneği [11]

1935'de B.D. Saklatwalla'ya paralel olarak J.Straus'ın çalışmaları sonucunda U.S Steel, Alloy Steel -US 2006304 A patentini bünyesine katmıştır.

1937 yılında COR-TEN® Çeliğinin temel özellikleri olan üç temel kriter ortaya konmuştur:

- Yüksek akma ve çekme dayanımı
- Minimum bakım ihtiyacı
- Gelişmiş pas patina yüzeyinin estetik değeri

Maliyet tasarrufu, belirli koşullar altında yalın karbon çeliğine kıyasla, daha az kalınlıklı COR-TEN® Çeliği kullanılması ve koruyucu boyaya gerek olmaması ile sağlanmaktadır. Ancak, bazı durumlarda koruyucu boya uygulaması tercih nedeni de olabilmektedir. Böyle bir durumda bile uygulanan boya/cila düşük karbonlu yalın çeliğe oranla daha uzun ömürlüdür.

1960'larda atmosferik korozyona karşı dirençli çeliklerin başka firmalar tarafından da üretilmeye başlanması sonucunda, COR-TEN® malzemesi marka kaybı olmaması düşüncesiyle, ürün ismi olarak kullanılmaya başlamıştır. Atmosferik korozyona karşı dayanıklı çeliklerin boya uygulanmadan tasarım imkanları ve kriterleri belirtilmiştir.

1960 başlarında elektrik iletim kuleleri için ilk WS test uygulaması, Indiana'da U.S Steel ve Bethlehem Steel firmalarının boyanmamış ürünleri ile gerçekleştirilmiş, ayrıca yol korkuluklarında da kullanılmaya başlamıştır (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Michigan'daki WS korkuluk örneği [12]

WS tipi çelikler için 1941, 1968 ve 1974 yıllarında üç Standart (ASTM A242³, A588⁴, ve A709⁵) yayınlanmıştır. A242 tip 1, mimari uygulamalara yönelik levha tipi elemanları tanımlar.

• **Diğer Firmalar Kapsamında:**

❖ **INDATEN® Çeliği:** 1930 yılından beri binalar köprüler ve heykeller yapan ArcelorMittal, korozyona dayanımlı ürünü Indaten®'i 2006 yılında Lüksemburg'da geliştirmiştir. Indaten®, birincil alaşım elementi olarak %0.55 Cu içermektedir, ASTM-A242 Standardına uygundur, uygulamaları günümüzde de devam etmektedir.



[a]



[b]



[c]



[d]

³ ASTM A242, ağırlık tasarrufu ve korozyon direnci sağlayan, düşük alaşımlı ince çelik elemanlar için hazırlanmıştır.

⁴ ASTM A588, A242 kadar olmasa da atmosferik korozyona dirençli, yüksek dayanımlı (akma dayanımı 345 MPa'a kadar olan çelikler), düşük alaşımlı, 10-20 cm kalınlıklı yapısal çelik elemanlar için hazırlanmıştır.

⁵ ASTM A709, köprülerde yapısal çelik için hazırlanmıştır.



[e]



[f]

Şekil 2. 4 Indaten® kullanılan a) Fondation FNEL (Luxembourg, 2013), b) Police station Clichy-Montfermeil (Paris, Fransa, 2011), c) La Vicaria Arch Bridge (Albacate, İspanya, 2007), d) Trencat Bridge (Sant Celoni and Santa Maria de Palautordera, İspanya, 2003), e) Four Indeterminate Lines (Arcs in Disorder, Exhibition Château de Versailles, Fransa, 2011), f) 9 Lignes obliques (Arcs in Disorder, Exhibition Château de Versailles, Fransa, 2011) [13]

- ❖ **Mayari R® Çeliği:** Bethlehem Steel'in ürettiği Mayari R®⁶, Ni-Cr içeriği ile ateşlenmiş görünümüne sahiptir. Mayari R®, COR-TEN®A çeliği ile aynı sınıfta (ASTM-A242) olup, en önemli rakibi olmuştur. Bethlehem Steel, bir süre sonra Mayari R® çeliğinin adını Weathering Steel (WS) olarak değiştirmiştir. WS'in inşaat sektöründe kullanılmasıyla malzeme kamuoyu tarafından tanınmaya başlamıştır. Bethlehem Steel günümüzde faaliyet göstermemektedir.



Şekil 2. 5 Mayari R® kullanılan Former Bethlehem Steel Company Headquarters (Bethlehem, Pennsylvania, A.B.D,2011) [14,15]

⁶ Küba, Mayari bölgesinde bulunan, Bethlehem Steel kuruluşuna ait üründür. R sembolü atmosferik dayanımlı anlamına gelmektedir.

- ❖ **Solanum® Çeliği:** Zahner® Steel ürünü olan atmosferik korozyona dayanıklı Solanum®, COR-TEN® ile aynı alaşım elementlerinden oluşmuştur. Malzemenin en büyük problemi olan pas akmasına karşın uygulamada farklı çözümlere gidilmiştir.



[a]

[b]

Şekil 2. 6 Solanum® kullanılan a) Dayton Residence in Vail (Colorado, A.B.D, 2009)
b) The Guggenheim Museum (Las Vegas, A.B.D, 1992) [16]

- ❖ **XLERPLATE® Çeliği:** 1990'larda Bluescope Steel tarafından üretilmeye başlayan, sıcak haddelenmiş yapısal atmosferik koşullara dayanıklı Xlerplate® çeliği AS/NZS 1594-HW350 sınıfında yer almaktadır, günümüzde aktif olarak kullanılmaktadır.



[a]

[b]

Şekil 2. 7 XLERPLATE® kullanılan a) Fitzgibbon Community Centre (Australia, 2012),
b) South Australia's Snake Wall (Adelaide, South Australia, 2010) [17]

3.1 Dünya Geneline Yapı Örnekleri

Atmosferik koşullara dayanıklı çeliklerin kullanımı zamanla dünyada yaygınlaşmıştır. Bu malzemenin kullanımıyla hem doğal etki, hem de endüstriyel çevre ile uyum sağlanmıştır. Bu uyum neticesinde WS ürünleri mimari/inşaat sektöründe uygulama alanı bulmuştur.

Eero Saarinen ve ortakları tarafından yapılan John Deere World Headquarters (Moline, Illinois, A.B.D, 1964), boyasız WS çeliğin⁷ ilk örneği ve uygulandığı ilk kompleks yapı olmuştur. Panellerin yanı sıra kolon, kiriş gibi taşıyıcı sistem elemanları da aynı çelikten imal edilmiştir.



Şekil 2. 8 John Deere World Headquarters (Moline, Illinois, A.B.D, 1964) [18,19]



Şekil 2. 9 John Deere World Headquarters içerden görünüm [20] ve perspektif kesit detayı [21]

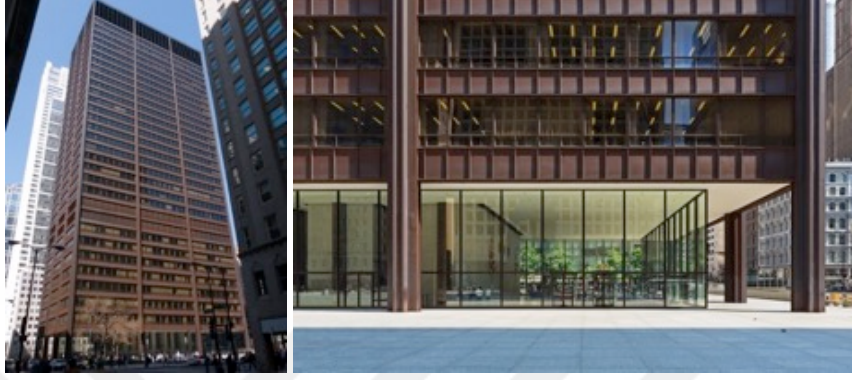
Boyanmamış, atmosferik korozyona dayanıklı ilk çelik köprü olan IAIS Raccoon River Bridge **1964**'de inşa edilmiştir.



Şekil 2. 10 IAIS Raccoon River Bridge (Booneville, Iowa, A.B.D,1964) [22]

⁷ COR-TEN® çeliğin uygulamasıdır.

WS çelik ile boyasız ilk çok katlı yüksek bina örneği, kentsel iş bölgesinde yer alan 32 katlı Chicago Civic Center binasıdır (1965). WS çelik; duvarlar, faysa, kolon, kapaklar ve pencere iskeletinde kullanılmıştır. Kullanılacak WS test panelleri inşaat öncesi binadan 800 m uzağa konulmuş, uygulanacağı iklimde ~3 sene sonra istenilen renge ulaştığı, çevresel etkenlerin malzeme için tatmin edici olduğu gözlenmiştir.



Şekil 2. 11 Chicago Civic Center, by Jacques Brownson, C. F. Murphy Associates(Chicago, A.B.D, 1965) [23,24]

1967’de Chicago Civic Centre önüne granit kaide üzerinde 15 m yüksekliğindeki Picasso Heykeli A588 COR-TEN® B Çeliğinden yapılmıştır.



Şekil 2. 12 COR-TEN® Picasso Heykeli (Chicago, A.B.D, 1967) [25,26]

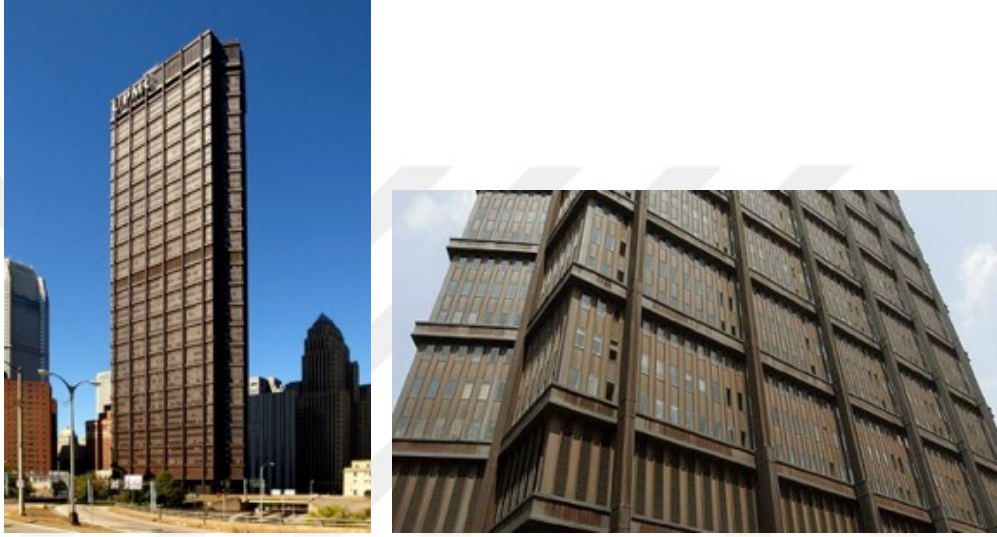
1967’de İngiltere’deki York Üniversitesi köprüsü ilk WS köprü uygulamalarındandır.



Şekil 2. 13 York University Footbridge (İngiltere,1967) [27] ve 2016’daki görünümü [28]

HSLA çelikler, ekonomik olarak sıcak haddelenmiş çeliklerdir; ancak plaka kalınlığı ve süneklikten gevrekliğe geçiş sıcaklığı arttıkça kaynaklanabilirliğin azaldığı belirlenmiştir. Gemilerde kırılan parçalar, basınçlı kaplar; dikkati malzemenin çekme dayanımı ve malzeme tokluğuna çekmiştir. **1968**'de kalın kesitli (10-20 cm), kaynaklanabilir, ASTM A588'e uygun HSLA çelikler geliştirilmiştir.

1971'de U.S. Steel Pittsburgh merkez binası WS çeliklerin en başarılı mimari örneklerinden olmuştur (Şekil 2.14).



Şekil 2. 14 U.S. Steel Pittsburgh Tower (Pittsburgh, Pennsylvania, A.B.D, 1971) [29,30]

New River Gorge Bridge'de COR-TEN®, Newburgh-Beacon Bridge uygulamasında Mayari R® Çeliği kullanılmıştır (Şekil 2.15,2.16).



Şekil 2. 15 New River Gorge Bridge (West Virginia, A.B.D ,1977) [31]



Şekil 2. 16 Newburgh-Beacon Bridge (Newburgh, A.B.D., 1963,1980) [32]

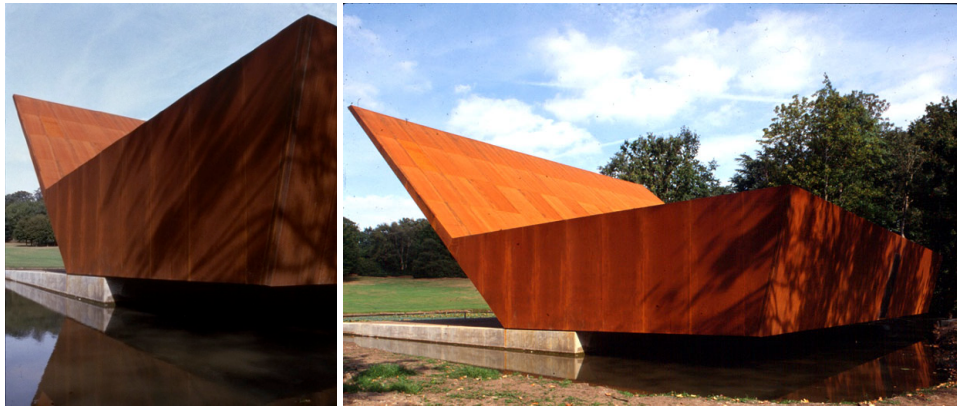
16.8 m yüksekliğindeki Fulcrum Heykeli'nde (Londra,1987), yüzeye patina eklenmesiyle istenilen yaşlandırılmış görünüme ulaşılmıştır.



Şekil 2. 17 Richard Serra'nın tasarımı Fulcrum (London, 1987) [33]

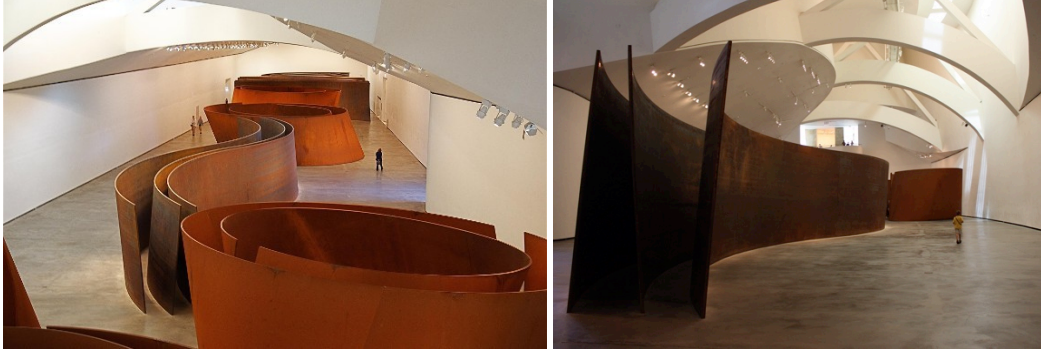
Faaliyetini devam ettiren COR-TEN® Çeliğin günümüzdeki bazı uygulamaları aşağıda verilmiştir.

- Londra'daki Crystal Palace Park'ta (Şekil 2.18) kalıcı bir konser platformu 1996'da Ian Ritchie Architects tarafından tasarlanmış, birçok ödül almıştır.



Şekil 2. 18 Crystal Palace Konseri Platformu (London, 1996) [34]

- Guggenheim Bilbao’da sergilenen Richard Serra imzalı ‘Zamanın Maddesi’ isimli devasa heykeller 1994 itibariyle yerleştirilmiş. 2005’de 8 parçalık dizin tamamlanmıştır (Şekil 2.19).



Şekil 2. 19 Sculptors of Richard Serra (Spain, 2005) [35,36]

- Maliyeti düşürmek ve estetik açıdan WS nin tercih edildiği Can Gili Footbridge, Avrupa’daki başlıca WS yaya köprüsü örneklerindedir (Şekil 2.20).

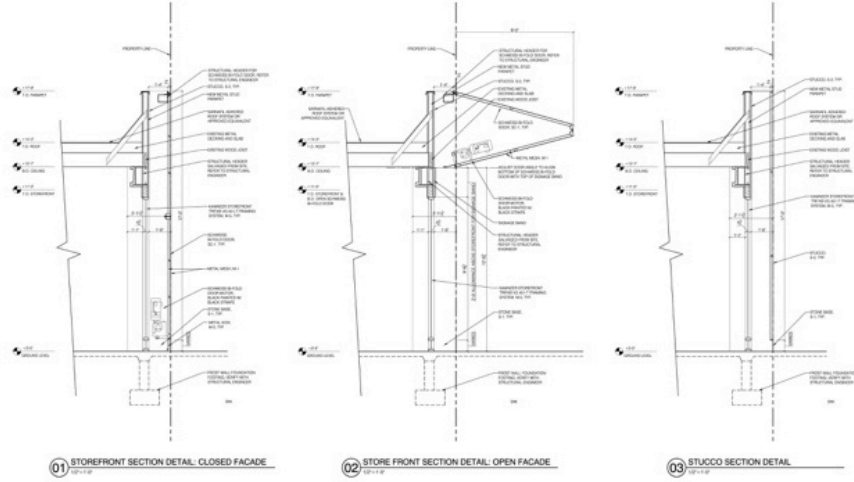


Şekil 2. 20 Can Gili Footbridge (Spain, 2009) [37]

- Yoğun yağış alan ve ılıman iklim görülen New York’da, Andre Kikoski Architect tarafından tasarlanan The Wyckoff Exchange binasında kentsel dokuya uygun görünümlü WS paneller kullanılmıştır (Şekil 2.21,2.22).

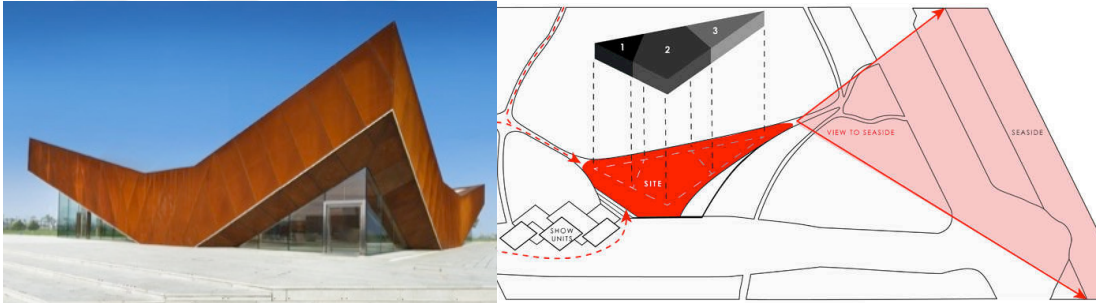


Şekil 2. 21 The Wyckoff Exchange (Brooklyn, New York,A.B.D, 2010) [38]



Şekil 2. 22 The Wyckoff Exchange binası kesit detayı [39]

- Çin Tianjin’de, Ministry of Design tarafından tasarlanan Vanke Triple V Gallery’nin cephesinde, WS paneller cam elemanlar ile birlikte kullanılmıştır (Şekil 2.23). Çok yağış almayan bölgede, soğuk ve ılıman iklim görülür. Yapı, deniz kenarında olmakla birlikte, denize karşıdan değil denizden esen rüzgar yapının etrafından geçecek şekilde konumlanmıştır. Deniz gören cephe üzerindeki görünüm değişimi, yapının tektonik anlamda karakteristiğini oluşturur.



Şekil 2. 23 Vanke Triple V Gallery (Tianjin, China,2011) [40,41]

- Barselona’da 2012 de yapılan yaya köprüsü WS profil elemanlar ile kafes giriş sistem olarak tasarlanmıştır (Şekil 2.24).



Şekil 2. 24 Sant Pere Sacarrera Footbridge (Spain,2012) [42]

- Günümüzde aktif olmasa da uzun yıllar önce Macaristan'da volkanik olarak aktif bir bölge olan Budapeşte'nin 200 km batısındaki Kemenes Volcanopark Visitor Centre'in iç ve dış tasarımında lavdan esinlenerek WS paneller kullanılmıştır (Şekil 2.25).



Şekil 2. 25 Kemenes Volcanopark Visitor Centre (Hungary,2013) [41]

- Colorado Nehri kıyısındaki doğal yürüyüş parkuru içerisinde bulunan WC yapısı ilk başta dinamik bir heykel olarak düşünülmüştü. Yapay ışık ve mekanik havalandırmaya ihtiyaç duyulmayan tasarımda kademeli yerleştirilen WS paneller kullanılmıştır (Şekil 2.26).



Şekil 2. 26 Tra Restroom (US, 2013) [41]

- Rotterdam banliyölerinden Carnisselande'deki bir çimen tepe üzerine 'sonsuz güzergah' temalı bir WS merdiven yapılmıştır (Şekil 2.27).



Şekil 2. 27 The Elastic Perspective (Netherlands, 2014) [41]

- Hindistan'da bulunan bir yol kavşağında inşa edilmiş tek katlı ofis binası, heykel hissiyatı vermektedir. Çok sıcak Hindistan ikliminde güneyden gelen sert güneş ışınlarını hafifletmek için kuzeye bakan bir havuz etrafına yapılan tasarımın cephesinde yoğun olarak WS kullanılmıştır (Şekil 2.28).



Şekil 2. 28 The Crescent (India, 2015) [42]

ATMOSFERİK KOROZYONA KARŞI DAYANIKLI ÇELİKLER

3.1 Genel

WS çelikler düşük alaşımlı çelik sınıfında yer almaktadır. Karbon çeliğine kıyasla daha düşük oranda karbon ve ilave metallere oluşmakta, 4-8 kat daha yüksek atmosferik korozyon dayanımı göstermektedir. Normal atmosferik koşullarda 18-36 ay süresince ıslanma-kuruma döngülerinin sonucunda yüzeyde “koruyucu” bir tabaka (*patina*) oluşumu gözlenmektedir. Başlangıçta kırmızımsı-kahverengi olan renk, patina oluşumu ile koyulaşmaktadır.

WS çelik sıklıkla aşağıdaki uygulamalarda kullanılmaktadır:

- Pencere kanadı, panel ve diğer yapı dış elemanları
- Kolon, giriş
- Denizcilik konteynirleri
- Hazır beton araçları
- Küçük kapasiteli kompresör tankı
- Köprüler
- Çelik kule
- Vinç ve diğer endüstriyel makineler
- Su tankları, düşük basınçlı gaz tutucu
- Büyük ölçekli gemiler

3.2 Çelik ve Tipik Alaşım Elementleri

Karbon çeliklerine bir veya birden fazla elementi ilave etmek suretiyle üretilen çelikler *alaşımli çelik* olarak isimlendirilir. Alaşım elementleri (karbon ve artırılmayan elementler dışında kalanlar) açısından iki ana grup söz konusudur [43] :

o alaşım elementleri toplamı \leq %5 \rightarrow *düşük alaşımli* çelikler

o alaşım elementleri toplamı $>$ %5 \rightarrow *yüksek alaşımli* çelikler

Günümüzde çelikte kendiliğinden bulunan veya alaşım amaçlı eklenen belli başlı elementler ve bunların çelik karakteristiklerine etkileri, muhtelif kaynaklardan üretilen Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Yapısal çelikte kendiliğinden bulunan ancak sünekliğe/kaynaklanabilirliğe olumsuz etkileri nedeni ile sınırlandırılmış elementler ve yüzdeleri, yapısal çelik için Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3. 1 Alaşım elementleri ve çeliğe kazandırdıkları özellikler

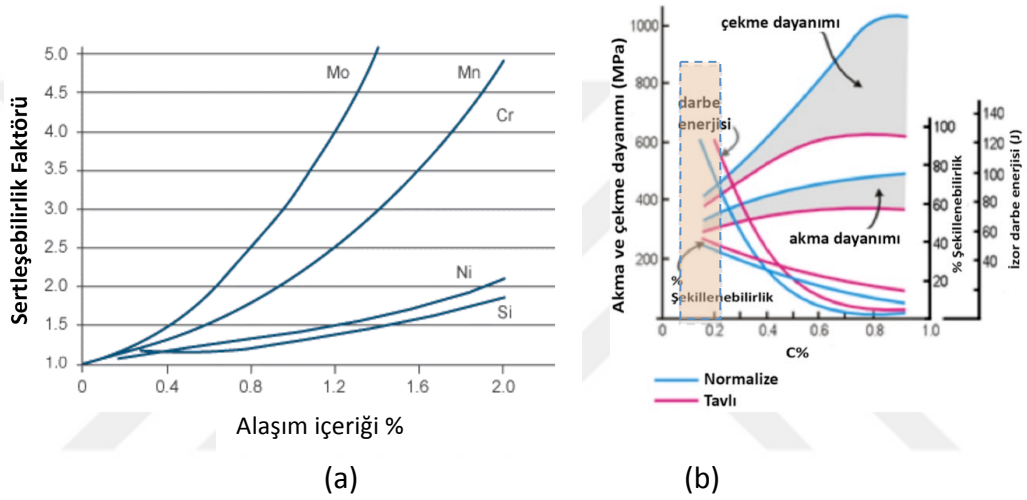
Özellikler/Alaşım Elementleri	C	Cr	Ni	Cu	Mo	V	Si	Mn	P	S
Akma / Çekme Mukavemeti	++	++	+	+	++	++	++	++	++	o
Korozyon Dayanıklılığı	+	++	++	++	+	+	+	+	+	-
Süneklik/Tokluk	-	-	+	+	+	+	-	+	-	-
Sıcakta Mukavemet	-	++	+	+	++	+	++	+	+	-
Kaynaklanabilirlik	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sertleşebilirlik	++	++	+	o	++	++	+	++	o	o
Soğuk Biçimlendirme	-	-	+	-	-	o	-	-	-	-
Aşınma Direnci	++	++	o	o	++	++	++	++	o	o

(++): Etkili Arttırma (+): Arttırma (-): Azaltma (o) : Etkisiz (veya göz ardı edilecek etki)

Çizelge 3. 2 Yapısal çeliklerde kimyasal bileşenler

Kimyasal Bileşen					
Sınıf	C	Si	Mn	P	S
ASTM A36	≤ 0.25	≤ 0.40	≤ 0.80-1.20	≤ 0.040	≤ 0.050
JIS SS400	-	-	-	≤ 0.050	≤ 0.050
S275JR	≤ 0.22	≤ 1.50	≤ 1.50	≤ 0.045	≤ 0.045
GB Q235A	0.14 -0.22	≤ 0.30	≤ 0.30 - 0.65	≤ 0.045	≤ 0.050

Sertleşebilirlik açısından en etkin alaşım elementleri Mo, Mn ve Cr'dur (Şekil 3.1a). Gerek yapısal çelikte gerekse WS çelikte, C yüzdesi süneklik açısından Şekil 3.1b'de görülen turuncu taralı aralık içinde tutulur.



Şekil 3. 1 a) Temel bazı elementler ile yapılan alaşımlı çelikte sertleşebilirlik faktörü [44], b) Karbon yüzdesi-temel mekanik karakteristikler ilişkisi [45]

Korozyona dayanıklı çelikler için önemli olan belli başlı alaşım elementleri Cu, Cr, Ni, P, Mo ve V'dır. Bunlar ve diğer elementlerin temel özellikleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.





Çizelge 3. 3 Alaşım elementlerinin çeliğe etkisi [46-49 'dan üretilmiştir]

Karbon (C)	<ul style="list-style-type: none"> • Çelik için temel alaşım elementidir. • %0.2-0.25 en ideal işlenebilirlik değerleridir. • C içeriği arttıkça çeliğin işlenebilirliği, akma, kopma, aşınma dayanımı ve Brinell sertliği artar. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Çeliğin sünekliği ve darbe dayanımını azaltır. 	

Çizelge 3. 3 Alaşım elementlerinin çeliğe etkisi (devamı)

Bakır (Cu)	<ul style="list-style-type: none"> • Cu, eski çağlardan beri bilinen korozyona dayanıklılık konusunda birincil elementtir, WS çeliğinde %0.6'ya kadar kullanılmaktadır. Özellikle sülfatlı veya klorür etkisine maruz ortamlarda çok etkindir. • Akma dayanımını artırır. 	
Krom (Cr)	<ul style="list-style-type: none"> • Paslanmaz çeliğin korozyon dayanımını sağlayan en önemli bileşenidir (%10-18). Çeliğin sertliğini, aşınma, çekme ve ısıl dayanımını artırır. WS çeliğine %0.30-1.25 eklenmektedir, deniz suyu ortamında da etkindir. 	
Nikel (Ni)	<ul style="list-style-type: none"> • Ni, tane hacminin küçülmesine neden olur. Böylece darbe ve korozyon dayanımını, sünekliği ve kaynaklanabilirliği artırır. • Özellikle paslanmaz çelikler için önemli bir tamamlayıcıdır. (%8-20), Fe-Cr-Ni-Mo veya Fe-Cr-Ni olarak kullanılır. • WS çeliğinde % 0.30-0.65 kullanılmaktadır. 	
Fosfor (P)	<ul style="list-style-type: none"> • Çekme dayanımı ve korozyon dayanımını iyileştirir. • WS çeliğine % 0.04-0.15 oranında eklenir. 	
Kükürt (S)	<ul style="list-style-type: none"> • İşlenebilirliği artırır. • Düşük karbon ve düşük manganez çeliklerde yüzey kalitesine zarar verir. • Sünekliği ve kaynaklanabilirliği azaltır. • Fe ile birleşerek FeS fazını oluşturur, kırılganlığa neden olur. • Çeliğin üretimi sırasında, istenmeyen özellikleri nedeniyle yapıdan uzaklaştırılır. 	
Mangan (Mn)	<ul style="list-style-type: none"> • Sıcak işleme özelliklerini geliştirmek, mukavemet, tokluk ve sertleştirilebilirliği arttırmak için çeliğe eklenir. • Karbon çeliklerinin akma ve çekme dayanımını artırır. • Çeliğin sertleştirilebilirliği konusunda diğer alaşım elementlerinden daha etkindir. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • % 0.30'dan daha az Mn içeriği, iç gözenekliliği ve çatlamayı artırırken, % 0.80'in üzerinde olan Mn çatlamalara neden olabilir. 	

Çizelge 3. 3 Alaşım elementlerinin çeliğe etkisi (devamı)

Silisyum (Si)	<ul style="list-style-type: none"> • Çeliğin dayanımını ve sertleştirilebilirliğini artırır. • En iyi kaynak koşulları için, Si içeriği % 0.10'u geçmemelidir. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • Karbon içeriği oldukça yüksek olan çeliklere eklenmesi çatlama eğilimi artırır. 	
Vanadyum (V)	<ul style="list-style-type: none"> • Düşük miktarları, düşük sıcaklıkta tokluğu ve yüksek sıcaklığa maruz çelikte çekme dayanımını artırır. 	
	<ul style="list-style-type: none"> • %0.05'ten fazla eklendiğinde ısı gerilmeyi düşürme işleminde çeliğin zayıflamasına neden olur. 	
Molibden (Mo)	<ul style="list-style-type: none"> • Sertleşebilirliği artırır. • Korozyon direncini ve yüksek sıcaklığa karşı dayanımı artırır. 	
Alüminyum (Al)	<ul style="list-style-type: none"> • Çeliğin tokluğunu artırır. • Yüksek miktarda eklendiğinde, oksidasyon direncini artırır ve bu amaçla belirli ısıya dayanıklı sınıflarda kullanılır. 	

3.3 Atmosferik Korozyona Dayanıklı Çeliklerin Üretim Süreci

Korozyona dayanıklı çeliklerin üretimi, demir cevherinden yüksek fırınlarda üretilen düşük karbonlu yapısal çeliklere benzerlik gösterir. Elektrik Ark Fırınları (EAF) gerek standart çelik, gerekse alaşımlı çeliklerin üretiminde yaygın şekilde kullanılır.

Atmosferik korozyona dayanıklı çeliklerin üretim süreci;

1. Alaşım Yapma
2. Sürekli Döküm
3. Haddeleme
4. Ebatlandırma
5. Şekillendirme
6. Kaynaklama
7. Yaşlandırma

olarak sıralanabilir. Alaşım yapma ve yaşlandırma dışındaki aşamalar yapısal çelikler ile aynıdır, bu iki aşama aşağıda özetlenmiştir:

- **Alaşım Yapma:** Sıvı halde çelik eldesi sonrası, istenen fiziksel ve mekanik özelliklere göre, belirlenen oranlarda alaşım elementleri sıvı halde eklenir. Oluşan fazın kararlı

hale gelmesi beklenir, sıvı halde eklenmeme durumunda elementler oksitlenerek kullanılmaz hale gelir. Daha sonra çelik karışımı sürekli döküm için hazır hale gelir.

- **Yaşlandırma:** Malzemenin yaşlanması (Şekil 3.2) istenirse hızlandırılabilir. Seyreltik asit çözeltilerine (HCl, H₂SO₄ veya pratik olarak hidrojen peroksit-tuz-sirke çözeltisi) daldırılan malzeme kurumaya bırakılır (Şekil 3.3). Bir kaç gün devam eden bu işlem ile yüzeyde oksitlenmiş görünüm elde edilir. İşlem tamamlandıktan sonra malzeme üstüne doğal yağlar (balık yağı, bezir yağı vb) veya bunların ticari ürünleri⁸ sürülerek işlem sabitlenebilir.



Şekil 3. 2 WS Levha elemanlarda zaman içinde patina yüzey oluşumu [50,51,52]



Şekil 3. 3 WS nin başlangıç görünümü ve hidrojen peroksit-tuz-sirke çözeltisi uygulandıktan sonraki oksitlenmiş görünümü [53]

3.4 WS Çeliklerin Kimyasal ve Mekanik Karakteristikleri

Temel mekanik büyüklükler akma ve çekme (kopma) dayanımı, elastisite modülü, kopma şekil değiştirmesi, tokluk ve darbe dayanımıdır. Elastisite modülü yapısal çelikte 210 GPa iken, WS çeliklerde 193-207 GPa düzeyindedir. Bilinen tescilli WS çeliklerin kimyasal bileşimleri ve 6-20 mm kalınlığındaki plakaların temel mekanik karakteristiklerinden akma ve çekme dayanımı ile kopma şekil değiştirmesi

⁸ Penetrol® bilinen bir ticari üründür.

büyükükleri Çizelge 3.4'de verilmiştir. Mekanik karakteristiklerde yapısal çelikten önemli farklılıklar izlenme-mektedir.

Çizelge 3. 4 WS çelikte alaşım element yüzdeleri ve mekanik büyükükler [1, 3, 54, 55]

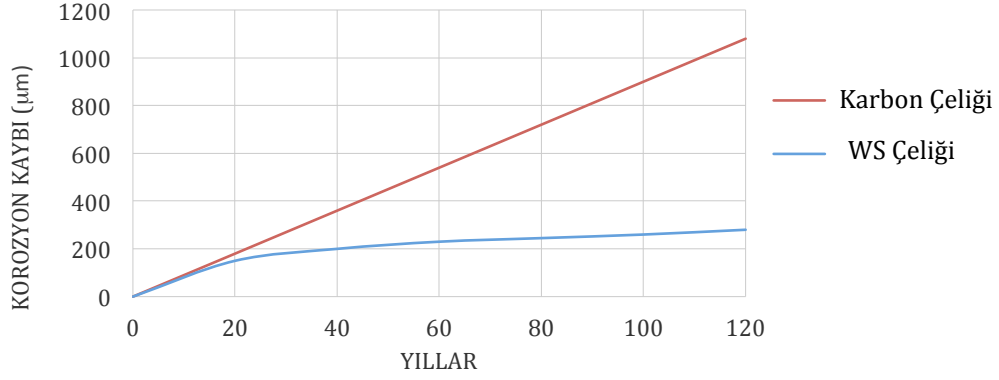
Marka	Güncel durum	Kimyasal Bileşenler (%)							Mekanik Büyükükler		
		C	Mn	P	Si	Ni	Cr	Cu	Akma Dayanımı (MPa)	Çekme Dayanımı (MPa)	Şekildeğ. (%)
Cor-Ten A	Aktif	0.10-0.30	0.10-0.20	0.50-1.00	0.50-1.50	-	0.50-1.50	0.30-0.50	350-410	450-520	27-22
Indaten	Aktif	0.12	1.0	0.15	0.20-0.50	0.30	0.30-0.80	0.25-0.55	355	490-630	27-22
Mayari R	Aktif	0.15	1.0	0.15	-	-	-	0.20	317	462	19
Yolloy	Aktif	0.20	0.67	-	0.25	2.00	-	1.00	410	610	27
Inland hi-Steel⁹	Aktif	0.10	0.50	0.12	0.15	0.50	-	1.00	410	555	22
Cromansil	-	0.20	1.24	-	0.76	-	0.47	0.50	450	635	25
Manten	-	0.23	1.40	-	0.23	-	-	0.30	445	645	19
R.D.S	-	0.08	0.70	-	-	0.75	-	1.40	445	510	31
Armco HT 50	-	0.12	0.60	0.10	-	0.50	-	0.50	325	480	28
Granite City	-	0.14	0.90	-	0.20	-	0.12	0.30	380	555	19
Centralloy	-	0.15	0.60	-	-	0.25	0.25	0.60	380	490	25
Lorning & Krause	-	0.07	0.47	-	0.02	-	-	1.40	445	555	27

3.5 WS Çeliğın Atmosferik Korozyon Dayanımı

Korozyon, metal ve alaşımlarının içinde buldukları ortamın etkisiyle, kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonlar sonucunda fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinde değışimlerin meydana gelmesi, diğeri bir deyişle bozunmalarıdır. Elektrokimyasal korozyon, sulu ortamda metal ve alaşımlarının bozulmaları ile meydana gelen korozyon

⁹ Ispat International N.V, Inland Steel Industries'in çelik üretim faaliyetlerini 1998'de satın almıştır.

türüdür. Elektrokimyasal korozyon mekanizmasının gerçekleşebilmesi için, aralarında potansiyel fark bulunan malzemelerin aynı ortamda olması ve elektron akışının sağlanabileceği bir elektrolit olması gereklidir [56]¹⁰.



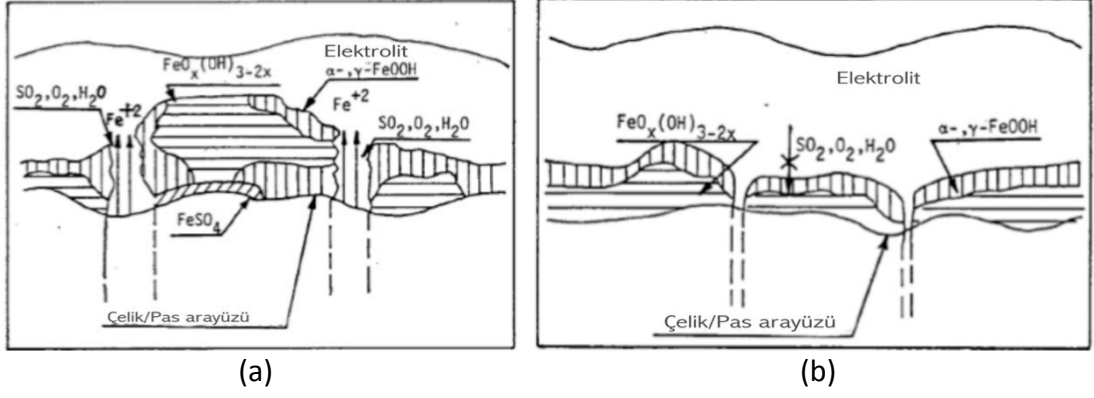
Şekil 3. 4 Korozyon kaybı grafiği

Atmosferik korozyona dayanıklı çeliklerin üzerinde oluşan oksit tabaka, ana metale sıkı şekilde bağlıdır ve gözenekli bir yapıya sahip değildir. Korozyon hızı eğrisi başlangıçta karbon çeliği ile aynı iken zaman içerisinde azalarak dengeye ulaşmaktadır (Şekil 3.4).

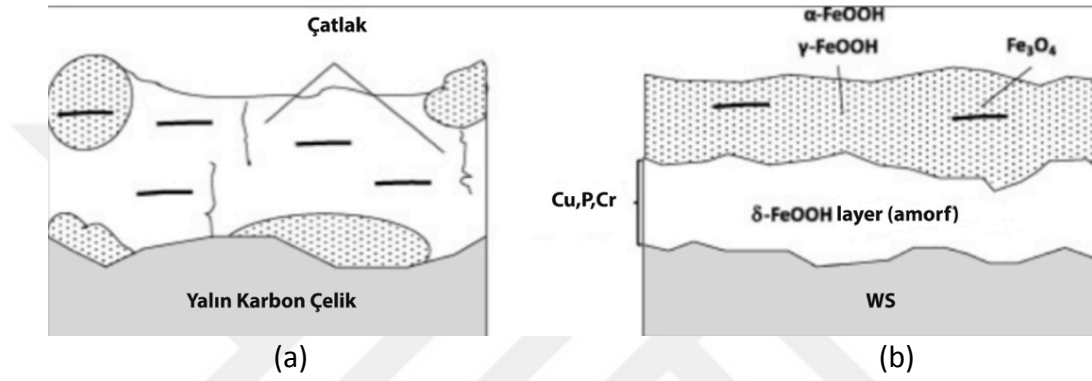
WS çeliklerin korozyon dayanıklılığına etki eden faktörler:

- WS çeliklerde yüzeyin kuruma hızı, yalın karbon çeliğine göre daha yavaştır, alaşım elementleri ile reaksiyona imkan sağlar. Düzenli ıslanma-kuruma çevrimleri [58] ile koruyucu bir iç pas (oksit) tabakası oluşur. Cu, P, Cr, Ni gibi alaşım elementleri iç pas tabakasını güçlendirerek sıkılaştırır. İç pas katmanındaki iki değerlikli Ni iyonları, elektrokimyasal olarak, Cl iyonlarının çelik/pas ara yüzeyinden itilmesini sağlar [59]. Üst tabaka gevşek ve süreksiz, iç tabaka ise karbon çeliğine kıyasla daha sıkı ve az çatlaklıdır (Şekil 3.5, 3.6) [60, 61].

¹⁰ Korozyon 4 kısımdan oluşur : Anot, Katot, Elektrolit, Metalik bağ. Metal kaybı (korozyon) anotta meydana gelir, katotta metal kaybı olmaz (Katot korunur). Anotta metalik iyonların üretimi sayesinde oluşan elektronlar elektriksel yol üzerinden geçerek elektrolit vasıtası (su vb) ile katodik yüzeye geçerler. Elektrolitte hidroksil iyonlarıyla birleşen metal iyonları, metal hidroksit (pas) oluşturarak metal yüzeyine çöker. Bu süreç devam ettikçe, metal oksidasyonu (korozyon) anotta, hidrojen iyonu indirgenmesi ise katotta oluşur (Ek A) [57].

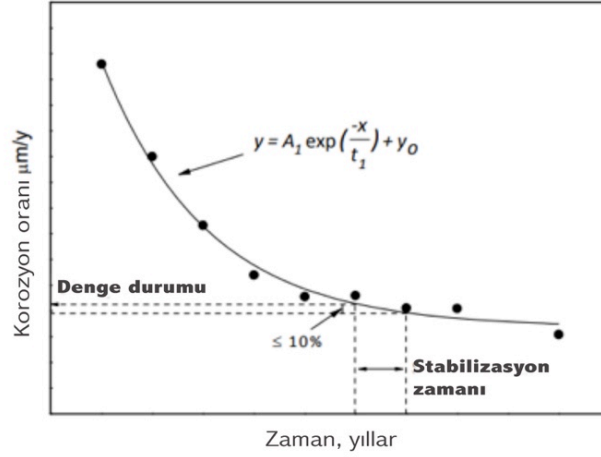


Şekil 3. 5 a) Karbon çeliği b) WS çeliğinde oluşan reaksiyonlar ve pas katmanları [5]



Şekil 3. 6 a) Karbon çeliği b) WS çeliğinde katmanların sadeleştirilmiş biçimi [5]

- Yalın karbon çeliğine kıyasla WS çeliğin korozyon kaybının eksponansiyel bir fonksiyon ile gitgide yavaşladığı, belirli bir değere yakınsadığı izlenir (Şekil 3.7) [62]. Ancak yüzey sürekli nemli kalıyorsa, yüzeyde biriken su tuz içeriyorsa (denize yakın cephe) yakınsama ve sıkı bir iç pas tabakası gözlenmeyebilir.
- Metal yüzeyin nemli kaldığı süre uzadıkça, ıslanma-kuruma periyodu tam oluşmuyorsa; içerisindeki suyun buharlaşması daha fazla vakit alacak, pas tabakası gitgide kalın-laşacaktır. Farklı etkileşim durumları için pas oluşum reaksiyonları Çizelge 3.5'de açıklanmaktadır.



Şekil 3. 7 Korozyon hızının yıllar içindeki değişimi [62]

- Endüstriyel bölgelerde SO_2 'nin varlığı, % 60 nem düzeyinden itibaren H_2SO_4 oluşumunun sonucu olarak korozyonu arttırıcı etkisi gözlenir; WS yüzeyi ile kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyon söz konusu olacaktır. %60'ın altındaki nem düzeylerinde yüzey üzerinde olumsuz bir etki söz konusu olmaz.
- Denize yakın yerlerde çelik yüzeyindeki tuz kristalleri nedeniyle, korozyon hızı diğer atmosferik ortamlara göre en yüksek olacaktır, yüzey kurusa da nemi tutmaya eğilimli olacaktır. Bu durumda sağlıklı bir döngü ancak, yağacak yağmur ile yüzeyden tuz kristallerinin yıkanması ve sonrası yüzeyin kuruması ile sağlanabilir. Diğer türlü, bu agresif ortam, sağlıklı patina tabakasının oluşumuna engel olacak, pas kalınlığı gittikçe artacaktır. Denize olan uzaklık arttıkça ve denize yakın da olsa yüzey nemden korundukça agresif korozif etki azalır.
- Kırsal bölgelerde başlıca korozif etkenler; % 70 ve üzeri nem ortamında SO_x , CO_2 ve ayrıca tarım bölgelerinde hayvan gübresi kaynaklı amonyak (NH_3) olup agresif bir korozif durum söz konusu değildir. İstenen görünüm, diğer atmosferik koşullara kıyasla çok daha uzun sürede elde edilecektir. Bu nedenle üretimin son aşamasında yaşlandırma işlemi uygulanması (seyreltik asit çözeltilisine daldırma vb. sonucu pas-patina oluşumunun hızlandırılması) önerilir.
- Agresif koşullar söz konusu ise, boyalı uygulama veya bir süre sonra pas katmanının çıkartılarak UV dayanımlı vernik uygulaması önerilebilir¹¹.

¹¹ Önlenemeyen pas oluşumlarında; okyanus kıyısına yakın bölgede levhanın yüzeyi ve kenarı için alkid bileşimleri en iyi sonucu vermiştir (Yalın karbon çeliği açısından ise siliko-kromat alkid uygundur, kenar bölgede tam performans yine de mevcut değildir) [63].

Çizelge 3.5 Farklı dış etkilere dolayı pas oluşum reaksiyonları [5]

Yüzeyde su filmi durumu	
<p>1) $Fe \xrightarrow{nem} Fe^{+2} + 2e^-$ (anodik reaksiyon) $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$ (katodik reaksiyon)</p> <p>2) $Fe^{+2} + 2OH^- \rightarrow Fe(OH)_2$</p> <p>3) $Fe(OH)_2 + 1/2O_2 \xrightarrow{pas} FeOOH + H_2O$</p> <p>veya</p> <p>2) $Fe^{+3} + 3OH^- \rightarrow Fe(OH)_3$</p> <p>3) $2Fe(OH)_3 \xrightarrow{dehidrasyon} 2FeOOH + 2H_2O$</p>	<p>Okisijen yeterli değilse :</p> <p>3) $3Fe(OH)_2 + 1/2O_2 \rightarrow Fe_3O_4 + 3H_2O$</p> <p>veya</p> <p>3) $Fe(OH)_2 + 2FeOOH \rightarrow Fe_3O_4 + 2H_2O$</p>
Asitli ortam	
<p>$SO_2 + H_2O + 1/2O_2 \xrightarrow{pas} H_2SO_4$</p> <p>$2H_2SO_4 + 2Fe + O_2 \rightarrow 2H_2O + 2FeSO_4$</p> <p>$6FeSO_4 + H_2O + 3/2O_2 \rightarrow 2Fe_2(SO_4)_3 + 2FeOOH$</p> <p>$Fe_2(SO_4)_3 + 4H_2O \rightarrow 2FeOOH + 3H_2SO_4$</p>	
Elektrokimyasal reaksiyon	
<p>$Fe \rightarrow Fe^{+2} + 2e^-$</p> <p>$Fe^{+2} + SO_4^{-2} \rightarrow FeSO_4$</p> <p>$8FeOOH + Fe^{+2} + 2e^- \rightarrow 3Fe_3O_4 + 4H_2O$</p> <p>$6FeOOH + 2H^+ + 2e^- \rightarrow 2Fe_3O_4 + 4H_2O$</p> <p>$2FeSO_4 + 3H_2O + 1/2O_2 \rightarrow 2FeOOH + 4H^+ + 2SO_4$</p> <p>$3Fe_3O_4 + 9/2H_2O + 3/2O \rightarrow 9FeOOH$</p> <p>$2Fe_3O_4 + 3/2H_2O + 1/2O_2 \rightarrow 6FeOOH$</p>	

- Batı ve güneye bakan yüzeyler yüksek oranda güneş ışığı aldığı için (Şekil 3.8), daha düzgün bir oksit tabakası oluştururken¹²; kuzey ve doğuya bakan yüzeyler daha uzun süre ıslak kalmaktadır, patina tabakası oluşumu özellikle kuzey cephede yavaştır.

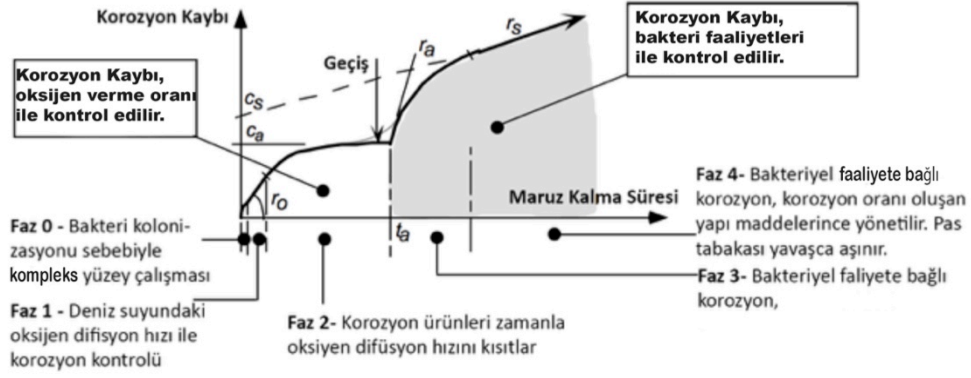
¹² İngiltere'yi İskoçya'ya bağlayan ana yol kenarında bulunan, 20 m yükseklik ve 54 m genişliğine sahip olan Kuzeyin Meleği (*Angel of the North*) kütle yapısı itibarıyla, yüzey üzerinde düzgün olarak yayılmış turuncu bir tabakaya sahiptir. Güney ve batı cephesi güneş enerjisini toplayıp emer, tutulan bu ısı heykelin geri kalan yüzeylerinde yağış meydana gelmesini önleyerek yeterli ısıyı iletir. Nem tutmaya meyilli olan kuzey ve doğu cephe yüzeyleri ısı iletimine izin veren kalınlığından dolayı kuruma imkanı bulabilmektedir.



Şekil 3. 8 Angel of the North (Newcastle, England) [64]

- Cephe kaplamasının kenar bölgesi, yüzey kısmına göre korozyon açısından (özellikle de yalın karbon çeliklerinde) daha kritiktir, uygulamada bu bölgelere dikkat edilmelidir.
- Güneş ve yağmur almayan yüzeylerde gevşek bir patina tabakası söz konusudur, ıslanma-kuruma çevrimlerinin düzenli olduğu yüzeyde istenen sıkı patina tabakası oluşmaktadır.
- Ağaçlardan dolayı gölge etkisi ve nem faktörü birlikteliği korozyonu arttırıcı bir etkindir.
- Farklı atmosferik koşullarda, yüzeyin yatay olması durumunda düşey olmasına kıyasla korozyon hızı daha yavaş olmakla birlikte; yüzeyde çukur/kesik, tuz, toz vb. birikmesi gibi nedenlerle kirlenmenin süreci negatif etkileyeceği unutulmamalıdır.
- Derzlerin su geçirmez olması sağlanmalı, korozyona neden olacak boşluk içeren birleşimlerden kaçınılmalıdır (Bkz. Bölüm 3.5.2).
- Malzemenin yerin altına gömülmesi gereken durumlarda -ki bu durumdan mümkün olduğunda kaçınılması gerekmektedir-, koruyucu önlemler nemden korunmakta veya katodik koruma¹³ uygulanabilmektedir.
- Dış tabakanın mekanik olarak çıkartılması korozyon davranışını değiştirebilir.
- Bina içi uygulamalarda CS ile WS arasında belirgin bir farklılık gözlenmemiştir [6].
- Panel yüzeyinde oksijensiz solunum yapan bakteri oluşumunun korozyonu etkilemesi de söz konusudur (Şekil 3.9).

¹³ Katodik koruma, metallerin birçoğu su veya hava ile temas ettiğinde korozyona uğrar. Bu, özellikle suyun içindeki veya toprağın altındaki metal borular için büyük bir risktir ve bu boruların yapıldığı metalin korozyona uğramaması için birçok koruma yöntemi geliştirilmiştir. Korozyonu önlemek için bu boruların yanına, onlarla temas edecek şekilde, daha reaktif bir metalin yerleştirildiği koruma metodudur [60].

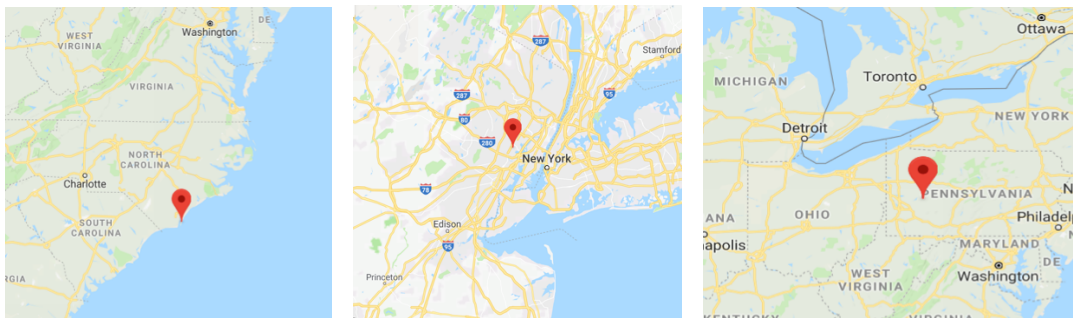


Şekil 3. 9 Bakteri faaliyetleri ile korozyon-zaman ilişkisi [65]

3.5.1 Deneysel Çalışmaların Değerlendirilmesi

Muhtelif çalışmalarda [58, 59, 61, 62, 65, 82], farklı korozif ortamlarda bırakılan WS çeliklerde yıllar içerisinde pas tabakasındaki gelişim izlenmiştir. Deneysel çalışmalarda yaygın konu, alaşım elementlerinin farklı atmosferik koşullarda pas oluşumu üzerindeki etkisi olup; elde edilen sonuçlar ve bu sonuçların ışığında belirlenen performans kriterleri bu bölümde ele alınacaktır.

WS çeliği üzerinde geçmişte yapılan en önemli çalışma; üç farklı atmosferik koşul için, 270 çelik levha üzerinde gerçekleştirilen uzun süreli deneysel incelemedir [58]. İlave edilen alaşım elementleri ve oranlarının pas oluşumuna etkisi araştırılmıştır. Referans olarak Karbon Çeliği (CS) kullanıldığında 15.5 yılda korozyon nedeniyle toplam kalınlık kaybı; Atlantik kıyısına¹⁴ 250 m mesafede 1320 μm olarak, endüstriyel alanda 732 μm , yarı kırsal yerleşim bölgesinde 312 μm olarak ölçülmüştür (Şekil 3.10).



(a)

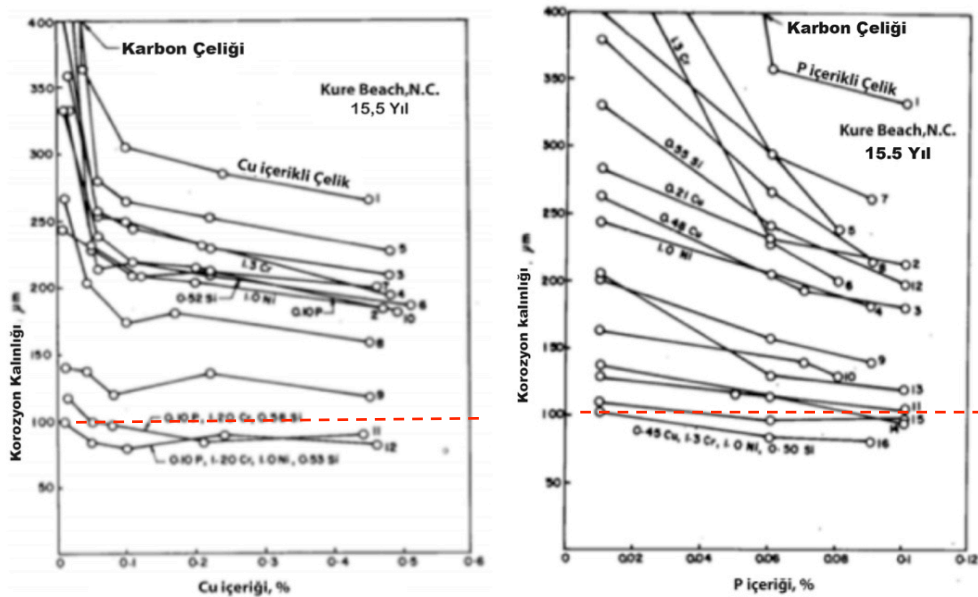
(b)

(c)

Şekil 3. 10 a) Atlantik Kıyısına 250 m mesafedeki Küre sahili (North Carolina) b) Kearny (New Jersey)'deki endüstriyel bölge c) South Bend (Pennsylvania)'deki kırsal alanın harita üzerindeki konumları [15]

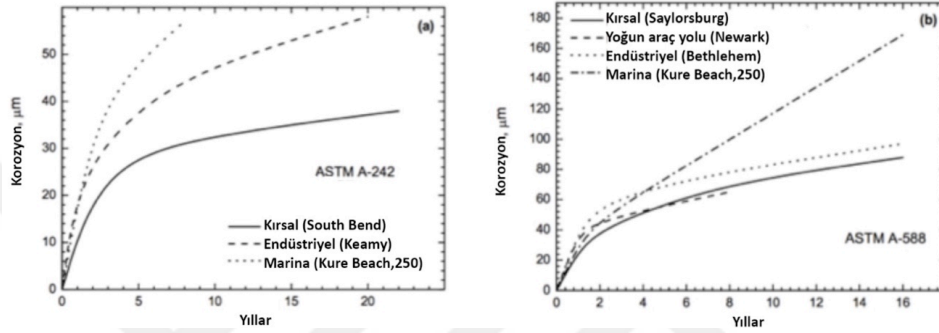
¹⁴ Tuzluluk oranı Atlantik ve Pasifik Okyanusunda 35 g/kg 'dır [83]. Karşılaştırma açısından tuzluluk oranı Akdeniz'de 38 g/kg, Karadeniz'de 13-23 g/kg, Baltık Denizi'nde 10 g/kg düzeyindedir.

- o Deneysel verilerin grafik gösterimleri incelendiğinde, alaşım elementlerinin tek başına kullanımının korozyon kaybını büyük ölçüde azalttığı, ama daha da azaltmak için bir kaç elementin kombinasyonunun gerekli olduğu görülmektedir.
- o Atlantik kıyısına 250 m mesafe için (ref:1320 μm); % 0.10 Cu, ~% 0.10 P, ~% 0.80 Ni ve % 0.61 Si'nin her biri; pas kalınlığını % 75 azaltma konusunda eşdeğer etkinliğe sahiptir. İkili uygulama ile, pas katmanında (% 1 Ni + % 0.57 Si) ~% 88 azalma sağlanmaktadır. 100 μm ve altının hedef alınması durumunda ise alaşım elementleri çok etkili olamamakta, dört ve daha fazla element ilavesi ile maliyet gitgide artmaktadır.
- o Endüstriyel alanlar için (ref:732 μm), % 0.80 Ni, % 0.10 P veya % 0.10 Cu eşdeğer etkinliğe sahiptir, her bir elementin belirtilen oranları ile pas kalınlığında ~%73 azalma izlenmiştir. 100 μm ve altı hedefe daha kolay ulaşılabilmektedir, % 0.46 Cu + % 1.30 Cr ile pas tabakasında % 90 azalma elde edilmiştir. Burada da 50 μm ve daha düşük hedef için dördü beşli alaşım gereklidir.
- o Kırsal bölgelerde pas kalınlığı (ref:312 μm) diğerlerine göre azdır ve yüksek azalma oranları konusunda alaşım elementleri çok etkili olamamaktadır. % 0.45 Cu, ~ % 0.10 P ayrı ayrı pas kalınlığını ~% 50 azaltabilmektedir. 100 μm ve daha düşük hedef için % 0.49 Cu +% 0.1 P (90 μm) , 50 μm ve altı hedefi için ise beşli kombinasyon gereklidir.



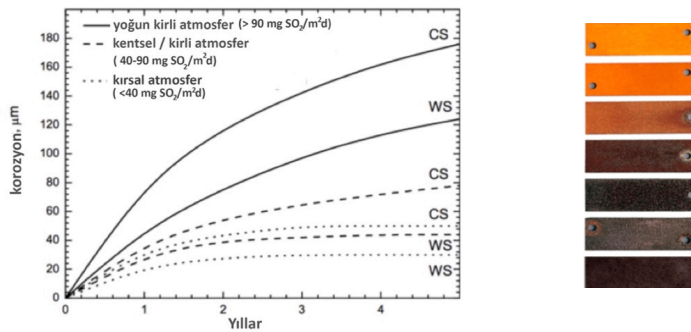
Şekil 3. 11 Atlantiğe 250 m mesafede Cu ve P içeriğinin WS korozyonuna etkisi

- 15 yıllık korozyon testlerinin sonuçlarına dayalı olarak, boyalı olmayan WS çelikleri için kabul edilebilir pas miktarı 100 yıllık süreçte $\leq 5 \mu\text{m}/\text{yıl}$ olarak tavsiye edilmektedir [66,67]. A.B.D’de ilk 20 yıllık süreçteki pas miktarı için $\leq 6 \mu\text{m}/\text{yıl}$ kabul edilebilir görülmüştür [68]. Ancak bu kriterin denize yakın uygulamalarda temenni olarak kalacağı test sonuçlarından izlenmiştir [69] (Şekil 3.12a).
- ASTM A-588’e uygun WS, ASTM A-242’ye uygun olana kıyasla daha düşük atmosferik dayanıklılık göstermektedir¹⁵ (Şekil 3.12) , pas tabakası oluşumu 1.5-2 kat daha hızlıdır.



Şekil 3. 12 Farklı tip WS numunelerinin atmosferik koşullara göre korozyonu [62]

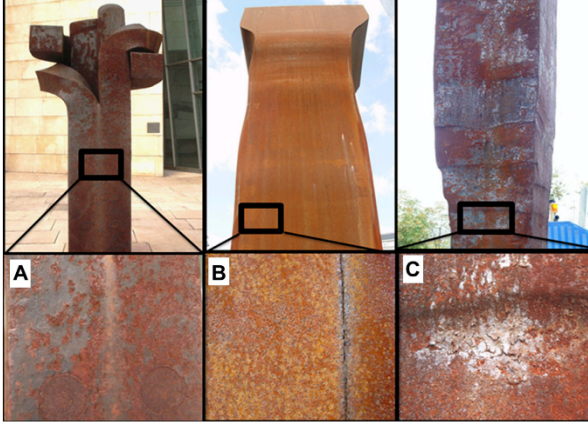
- Endüstriyel kirlilik açısından;
 - Enerji santrali, üretim tesisleri gibi endüstriyel tesis baca emisyonu açısından, $90 \text{ mg SO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{gün}$ düzeyinin aşılmaması durumunda yılda $2-6 \mu\text{m}/\text{yıl}$ korozyon derinliği sağlanır, ancak $90 \text{ mg SO}_2 / \text{m}^2 \cdot \text{gün}$ düzeyi aşıldığında korozyon kalınlığı yıllar içinde gittikçe artar [72], kalıcı patina tabakası oluşumu mümkün olmayabilir. Bu durumda oluşan koyu renkli yüzey, gevşek pas partiküllerinden oluşur; korozyon hızı, karbon çeliğine (CS) göre yavaş olmakla birlikte belirli bir değere yakınsama oluşmaz (Şekil 3.13).



Şekil 3. 13 WS ve CS için endüstriyel-kırsal koşullarında korozyon [62], [76]

¹⁵ Cor-Ten A ASTM A-242'ye, Cor-Ten B ASTM A-588'e uygundur.

- Kuzey İspanya'nın en büyük endüstri ve nüfus yoğunluklu bölgesi olan Bilbao'da Cor-Ten A çeliği kullanılmış üç heykelde yüzey bozulmasının nedeni araştırılmıştır [77].



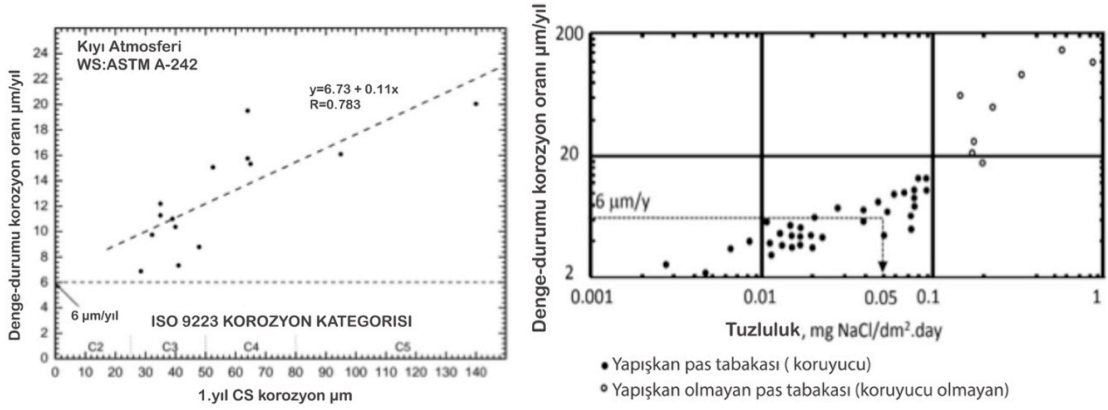
- A) Besarkada XI, kırık yüzeyi
- B) Buscando la Luz IV, yüzey istikrarlıdır
- C) Begirari IV, doğu yüzeyi sökülmiş ve beyaz parçacıklar görünmüştür.

Şekil 3. 14 Farklı heykeller üzerindeki WS doku oluşumu [77]

WS yüzey az gözenekli olmasına rağmen yüzey kirleticilerini biriktirme kapasitesi yüksektir. Yüzey bozunmasında en önemli etkenin atmosferik SO_x olduğu görülmüştür, diğer bir etken olan klor da yüzey bozunmasını olumsuz etkilemiştir. A ve C heykellerindeki yüzey bozunmalarındaki beyazlıklar kalsit $CaCO_3$ (kalsit) ve $CaSO_4$ 'dır. A ve C heykellerinde Cu oranı maks. % 0.15-0.35 bulunmuş olup, COR-TEN çeliklerinde genellikle kullanılan oranın biraz altındadır. Nemli/ıslak cephe nin elektrolit etkisi ile SO_x iyonları çözünmüş, atmosferik tozlardan kaynaklı $CaCO_3$ 'ün kalsiyumu ile birleşmiştir. Ayrıca A'nın kuzeye bakan cephesinde amonyum sülfat $(NH_4)_2SO_4$ ve $FeSO_4 \cdot 4H_2O$ izlenmiştir. B, klasik COR-TEN A ile yapılmıştır; A ve C den çok farklı bir yüzey görünümü mevcuttur, sülfatlı bileşik oluşumu yoktur.

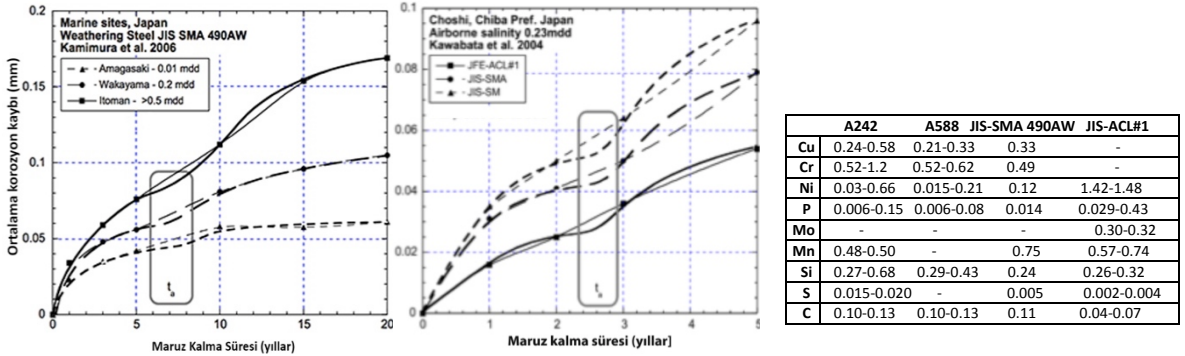
- Kıyı bölgelerinde;

- 6 μm /yıl şartının sağlanabilmesi için [70,71], metal yüzeyinde toplanan tuz miktarı 0.05 mg NaCl/dm².gün (mdd) değerini aşmamalıdır (Şekil 3.15b). Bu değer in 0.1 mg NaCl/dm².gün düzeyinin üzerine çıkması durumunda koruyucu iç pas tabakası söz konusu olamaz, gevşek yapılı katman yıllar içinde gittikçe artar.



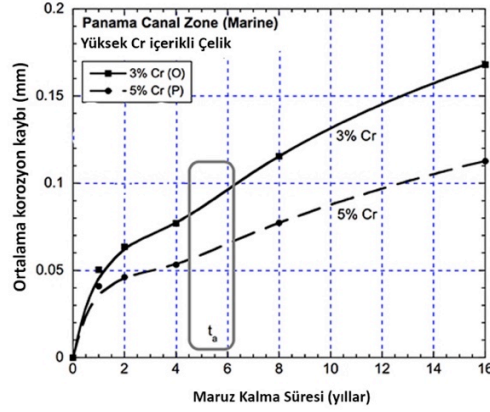
Şekil 3. 15 a) Kıyı atmosferinde CS ile WS çeliğinin korozyon hızları karşılaştırması, b) Dengeli durum korozyon oranı-tuzluluk değişimi [71]

- Japonya çalışmasına göre [73] tuz oranının yüksek olması durumunda (> 0.5 mdd) ASTM A-242'ye uygun özellikteki çelik için korozyon hızı, 5 senelik aralıklar bazında bakıldığında, sınır olan 30 µm'dan (5 yıl * 6 µm/yıl) 10 µm daha fazla bulunmuştur, 15 seneden itibaren korozyon hızı sınırlar içerisinde kalmaktadır. Ortalama tuzluluk oranının söz konusu olduğu bir araştırmada [74] ASTM A-242'ye kıyasla, Cr ve Cu kullanılmadığı, P ve Ni yüzdesinin arttırıldığı ayrıca Mo eklendiği görülmektedir. Bu durumda ilk yıldan sonra korozyon hızında 6 µm/yıl sınır değerinin sağlandığı görülmektedir (Şekil 3.16).



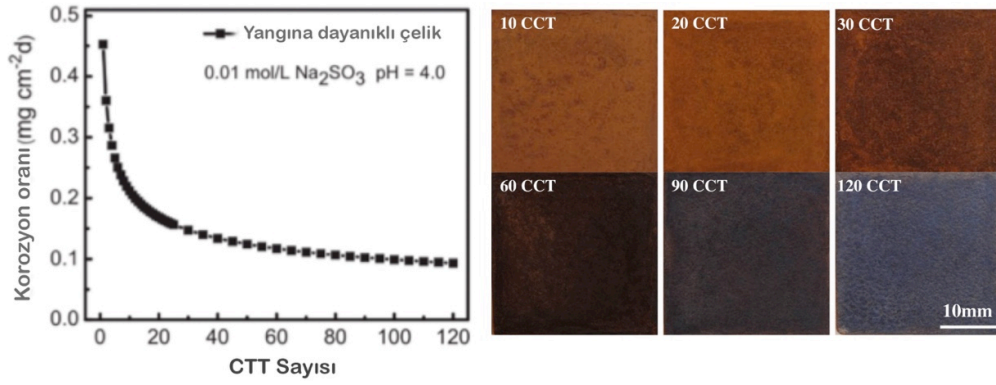
Şekil 3. 16 Farklı okyanus tuzluluk oranlarına göre WS tiplerinin performansı [73], [74]

- Panama Kanalı kıyı bölgesine yerleştirilen panellerde [75] yüksek Cr içeriğinin kısa dönem için korozyonu azalttığı ama uzun süreçte etkili olmadığı izlenmektedir (Şekil 3.17). JFE-ACL#1 gibi yeni nesil WS çeliklerde Cr kullanımına gerek olmamaktadır.



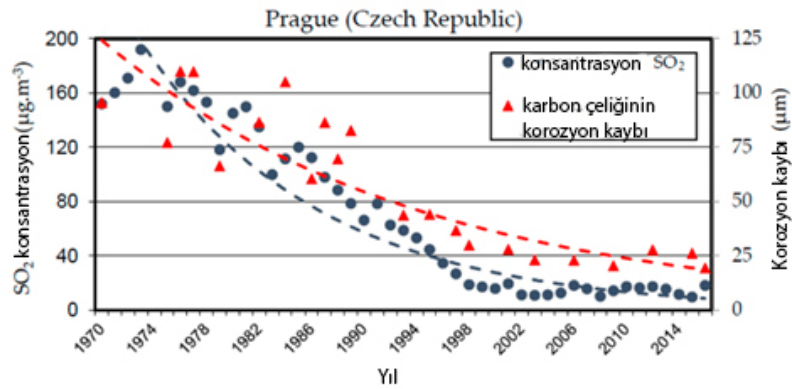
Şekil 3. 17 Panama kanalı kıyı ikliminde Cr içeriğinin korozyona etkisi [75]

- Son dönemde fark edildiği üzere, WS yüzeyinde bakteri aktivitesi söz konusu olmaktadır. Uzun süreçte Cr ve Cu'nun, bakteriyolojik kaynaklı H₂S oluşumuna dayanıklı olmadığı bilinmektedir [78,79]. Bakteriler, besin ihtiyaçlarını (karbon, nitrat, sülfat) deniz suyundan, endüstriyel bölgeden veya kırsal bölgelerdeki çiftlik vb. yerlerden elde edebilir.
- Diğer taraftan yeni nesil WS'de Ni oranı artırılmıştır, Ni'in toksik etkisi metal yüzeyinde bakteriyolojik oluşumlara izin vermeyecektir. Ni %1-3 oranında eklenebilir, pas tabakasının pH'ını arttıracak böylece Cl iyonlarının elektrokimyasal olarak yayılımını azaltacaktır [74]. % 0.2-0.6 Mo de pH düzeyini arttıracaktır.
- Na₂SO₃ çözeltisi (pH=4) ile ıslanma-kuruma çevrimlerine maruz bırakılan [80] Mo-Cu alaşımli yangın dayanımlı çeliklerde, korozyon hızının çevrim sayısı arttıkça azaldığı görülmektedir (Şekil 3.18). İlerleyen çevrimlerde iç tabakada gelişen kompakt yapı nedeniyle Na'nın yok olduğu, S'in ise çok büyük oranda azaldığı izlenmiştir. Mo, iç tabakanın güçlendirilmesi konusunda oldukça etkindir. İlk çevrimlerde, WS çeliklerde olduğu gibi, γ -FeOOH (lepidocrocite, sarı-turuncu renk) ve Fe₃O₄ pas karakteristiğinde etkin iken, artan çevrim sayısı ile birlikte daha ince dane yapıli α -FeOOH (goethite, koyu kahverengi renk) oluşumu artmaktadır. α -FeOOH, γ -FeOOH'in aksine, termodinamik olarak stabil olup elektrokimyasal olarak aktif değildir.



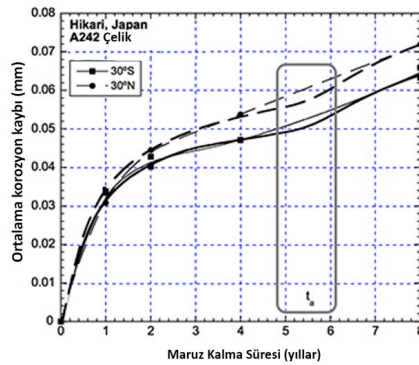
Şekil 3. 18 Çevrim sayısı (CTT) ile korozyon hızı ve rengin değişimi [80]

- Prague'da 1970-2017 döneminde yapılan ölçümlerde [81], korozyon kayıplarının atmosferdeki SO₂ konsantrasyonu ile doğrudan ilişkili olduğu görülmektedir (Şekil 3.19). Atmosferik yüksek SO₂ içeriği (160 µg/m³) için korozyon hızı 100 µm/yıl olurken; yıllar içerisinde SO₂ 10-40 µg/m³, pas kaybı ise 20-25 µm/yıl düzeyine gerilemiştir.



Şekil 3. 19 SO₂ konsantrasyonuna bağlı olarak pas kalınlığındaki değişim [81]

- Metal yüzeyin 30° açı ile kuzey ve güneye yönlendirilmesi durumunda, kuzeye bakan yüzeydeki korozyon kaybının 7-8 µm daha fazla olduğu görülmüştür [82].



Şekil 3. 20 Metalik yüzeyin yerleşim şekline göre korozyon kaybındaki değişim [82]

3.5.2 Bozulmaya Bağlı Koruma Yöntemleri ve Detaylandırma Prensipleri

WS çeliklerde oluşan iki katmanlı pas tabakasının ana iç katmanı¹⁶, sıkıştırılmış yapıda amorf ve az miktarda kristalleşen hidro oksitlerden (OH) oluşmaktadır. Malzemedeki değişim aşağıda verilen sürece göre ilerler:

- Cu ve P gibi alaşım elementlerinin, pas ısladığında iç katmanda oluşan yarıklar içinde çözünmesi ile başlar.
- Goetitler kuruma esnasında yarıkların doldurulmasına yardımcı olmaktadır.
- Ana iç katman için koruyucu görev üstlenen kristalize dış tabaka (γ -FeOOH), pas yüzeyi altında amorf tabakayı koruyarak alaşım elementlerinin reaksiyonlarına imkan sağlar.
- Çelik kuru kaldığı zaman, ortamda elektrokimyasal reaksiyonu meydana getirecek elektrolit olmayacağından süreç uzar. İstenilen doku ve renk değişimine ulaşmak zorlaşır ancak malzeme zarar görmez.
- Çelik ıslak kalıp kurduğunda, koruyucu tabakanın üstündeki dış tabaka çözünmeye başlar ve korozyon ilerler.
- Hacimce genişleyen pas¹⁷, malzemede bozulmaya neden olur.
- Koruyucu pas tabakası bozulduğunda pullanma oluşur. Dökülen pulların altında kalan tabaka hızla aşınır ve genişler.

Malzemenin birleşim detayları doğru şekilde çözümlenip uygulanmalıdır, dikkat edilmesi gereken durumlar ve çözüm önerileri aşağıda incelenmektedir:

- Somun ve civata ile birleşim yaygın bir uygulama yöntemidir, birleşim elemanları korozyonu önlemek için sızdırmaz ve sıkı olmalıdır (Nem, civata içine sızar veya aralıklı olarak uygulanmış kaynak bağlantısı zarar görür). Böylece korozyon, civata ve kaynakların kırılmasına neden olacak yüksek bir basıncın oluşmasına neden olur (Şekil 3.21).
- Metallerin elektrokimyasal serileri (galvanik seri) ile ilgili kurallar dikkate alınmalıdır¹⁸. Burada, elektrolit deniz suyu veya yoğunlaştırılmış ince bir tabaka

¹⁶ Goetit (α -FeOOH), oksijen ve metaldeki korozif alanları tutarak demir iyonlarının çözünmesini engeller [1].

¹⁷ Örneğin donatı çeliklerinde pas nedeniyle orjinal hacme kıyasla 6-10 kat genişleme söz konusudur.

olabilir. Genel kural olarak, farklı metallerin birlikte kullanılması gerekiyorsa, metallerin elektrolit vasıtası ile elektron alışverişi, pasif bir ayraç ile engellenmelidir [84].



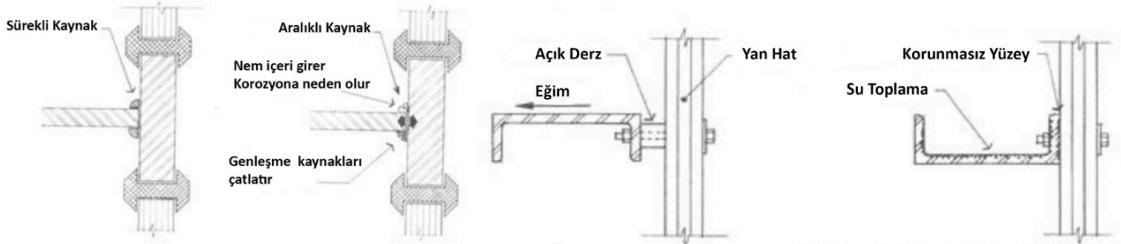
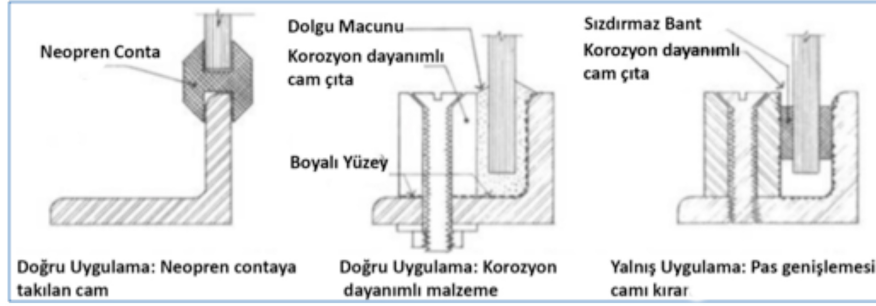
Şekil 3. 21 Galvanik korozyon [85]

- o Anodik reaksiyon oluşmaması koşulu ile, birleşim elemanları paslanmaz çelik veya galvanizli çelik olabilir.
- o Sürekli nemli kalacak yüzeylerin boyalı olması tercih edilir. WS çeliğin toprak temasına karşı korunması gerekmektedir.
- o Korozyon hızında yakınsama söz konusu olmayan çevre koşullarında yüzey aşındırması bir çözümdür, ancak bir süre sonra tekrar aynı sorunla karşılaşılacaktır. Bu nedenle aşındırma sonrası cila, boya gibi çözümler düşünülmelidir.
- o Yüksek basınçlı su püskürtme ile dış ve iç pas tabakası kaldırılabilir. Kumlamadan kaçınılması gerekmektedir.
- o Çaprazlar veya açık cephelerde görülen drenajsız yüzeyler çabuk paslanır, korumada özen gösterilmelidir.
- o Perde duvar üzerine direkt olarak uygulanan panellerin arkasında biriken ve tahliye edilemeyen/kurutulamayan nem nedeniyle, çelik levha ve arkasında kalan yapı elemanında korozyon problemi yaşanır.
- o WS çelikler ile birlikte kurulmuş cam, pas akışı sonucu lekelenir, tabaka kurudukça leke görünür hale gelir. Hafif aşındırıcı özellikteki temizleyiciler bu tabakayı kaldırmada yardımcı olur.

¹⁸ Galvanik korozyon, farklı metallerin elektriksel olarak bağlandıkları ve su (elektrolit) içinde oldukları durumlarda oluşur. Bir metal anottur, diğer metal katottur. Anot olan metal, normalden daha çabuk aşınacaktır. Metaller, ancak aralarında yeterli potansiyel fark varsa birbirlerini aşındırırlar, korozyonun oranı aralarındaki potansiyel farkın kuvveti ile tanımlanır. Örneğin; alüminyum ve çelik uygulamasından kaçınılmalıdır, aksi takdirde çelik alüminyumu aşındırabilir (Ek A) [85, 86].

- Drene edilmemiş, eğimli yüzeylerde delikler açılarak suyun tahliyesi sağlanmalıdır. Delik, göze çarpmayan ancak su tahliyesine engel olmayacak büyüklükte olmalıdır. Eğimi olmayan drenajsız yüzeylerde ise mümkünse eğim oluşturulmalı, değilse yüzey boyanmalıdır.
- Drenaj delikleri yapıya dâhil edilmeli ya da yeterli havalandırma sağlanmalıdır.
- Dolgu, duvar içindeki suyu negatif hava basıncıyla çeker, korozyonda artışa neden olur. Su birikmesi oluşacak yarık vb olmamalı, boşluklar mastikle doldurulmalı veya suyun birikebileceği yüzeylerde delikler açılmalıdır.
- Yatay yapısal elemanı cepheye bağlanırken açık mafsallı bağlantısının yapılması tercih edilmelidir.
- Bitişik yüzeyler için kaynaklama yerine, arasına dolgu yapmak daha uygundur.

Uygulamadaki yanlış ve doğru bazı detaylar Şekil 3.22’de verilmiştir.



Şekil 3. 22 Doğru-yanlış birleşim detayları [87]



Şekil 3. 23 Kesilen panellerin kenarlarının yanlış ve doğru bantlanması sonucu paslanma durumu [88]

3.6 Uygulama Detayları

Projeye uygun malzeme seçimini sağlayabilmek için öncelikle malzemenin performans değerlerini doğru anlamak, daha sonra ise doğru detay çözümlerinin saptanması gerekir. Atmosferik korozyona dayanıklı çeliklerin genel özelliklerine bağlı olarak uygulama alanları (Ek B)'de gösterilmiştir.

HSLA çeliklerinin kullanıldığı bazı proje ve uygulama detayı çözümleri Çizelge 3.6 - 3.15'de verilmiş ve [41], [42], [89] kaynaklarından yararlanılmıştır.

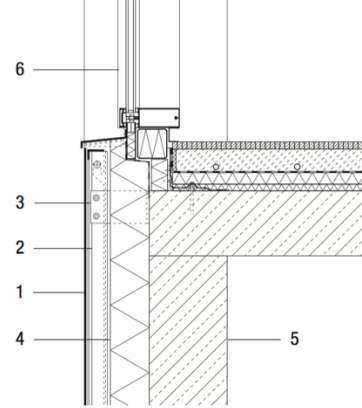
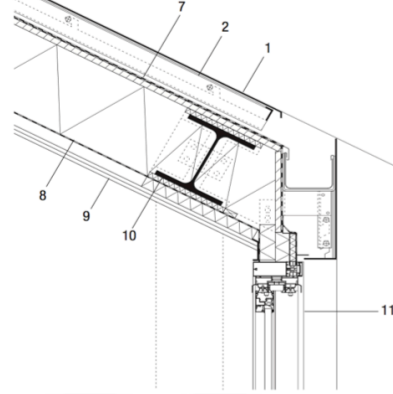


Çizelge 3. 6 Müngsten Guests House

Müngsten Guests House

Mimari:Tore Pape, Pool 2 Architekten,Kassel

Cephe Yapımını Üstlenen Firma: Keskin Fensterbau GmbH



- 1) WS çelik 5 mm
- 2) Alüminyum kaplı dikey U profil
- 3) Alüminyum bağlama aparatı
- 4) Mineral yünden yalıtım levhası 140 mm
- 5) Betonarme 240 mm
- 6) Pencere
- 7) Çatı üstüne 2 kat 20 mm OSB panel
- 8) 120/320 mm mertek arasına 320 mm mineral elyaf izolasyon
- 9) Alçıpan tavan
- 10) HEA 260 Çelik profil
- 11) Sürgülü Kapı

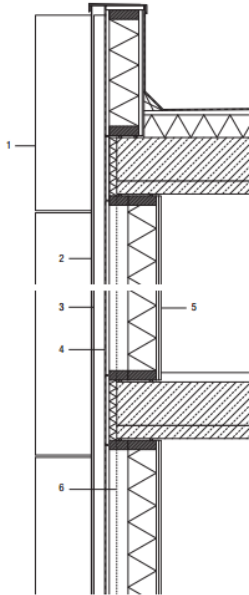
Almanya'nın en yüksek demiryolu olan Mungsten Köprüsü, Wupper vadisi altında yer alır. Yeşillik ve demiryolu ile uyumlu bir kombinasyon sağlayan WS yüzeylerdeki renk değişimi ile bina, içinde bulunduğu endüstriyel arka plan ve yeşil alan arasında başarılı bir görünüm sağlamıştır.

Çizelge 3. 7 Clubhouse in Benthuizen

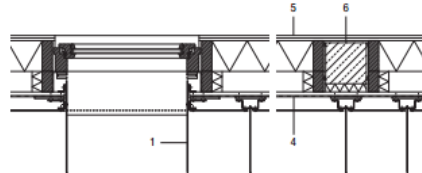
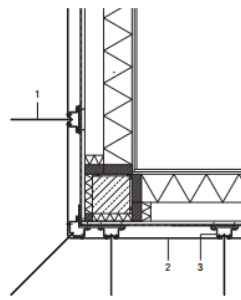
Clubhouse in Benthuizen

Mimari: ZILT Architecten, Jenny van Heeringen en Rindert Gerritsma

Cephe Yapımını Üstlenen Firma: Ridder Metalen Daken Wandsystemen BV, Zwaag



- 1) WS çelik 4 mm-kaynaklanmış şapka profil
- 2) Atmosferik korozyona dayanıklı çelik 3 mm-vidalanmış şapka profil
- 3) Atmosferik korozyona dayanıklı çelik 3 mm - 12 mm kontrplak ile uygulanan şapka profil
- 4) Sızdırmazlık için conta
- 5) Kereste
- 6) Betonarme



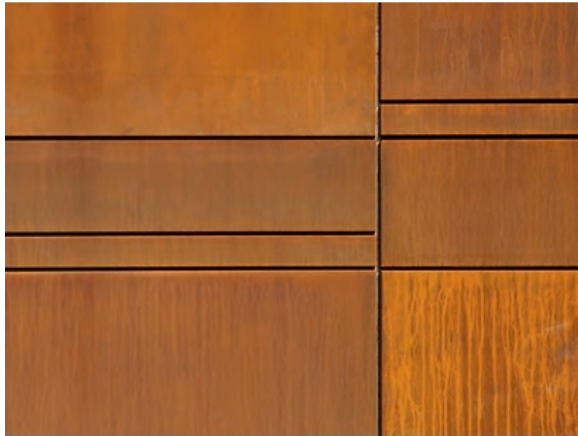
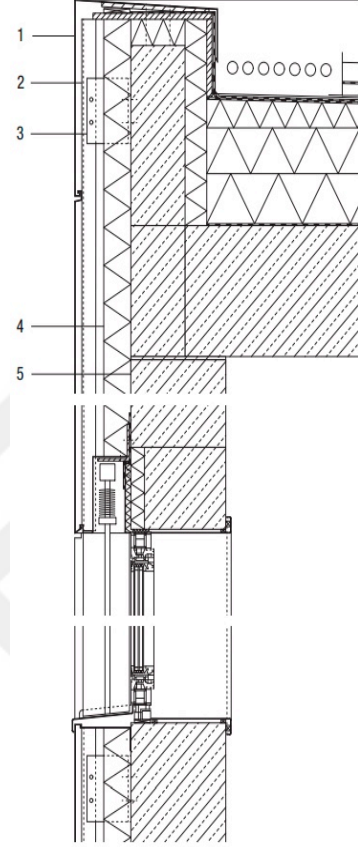
Güney Hollanda, bulunan doğa rezervi projesi içindeki yaklaşık 1300 hektar üzerinde yer alan Bentwoud parkındaki Kulüp Binası'nın cephesinde, doğal yaşama uygun kabul eden WS çelik cephe uygulaması yapılmıştır, 30 cm derinliğindeki düşey plakalar, cephenin derinlik etkisini güçlendirir.

Çizelge 3. 8 Weingut Abril

Weingut Abril

Mimari: Planungsbüro Münzing GmbH

Cephe Yapımını Üstlenen Firma: Reinhardt GmbH, Bad Rappenau-Fürfeld



- 1) WS çelik 2 mm – yapıya yaylarla tutturulmuştur.
- 2) Alüminyum korniyer 50x50x5 mm
- 3) Açı alüminyum profil 170x60x8 mm
- 4) Isı yalıtım 100 mm
- 5) Betonarme 350 mm

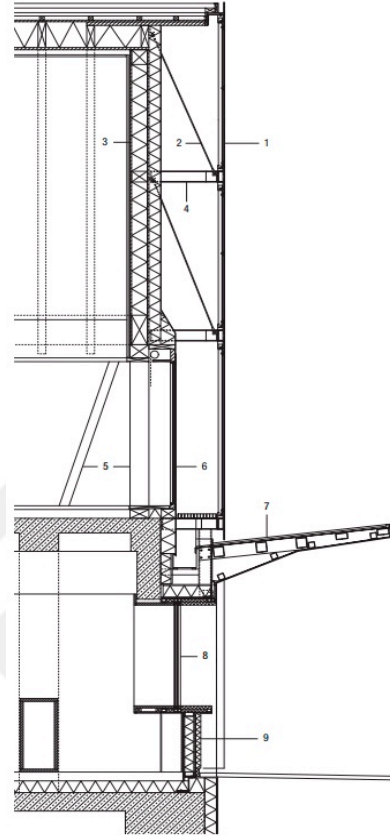
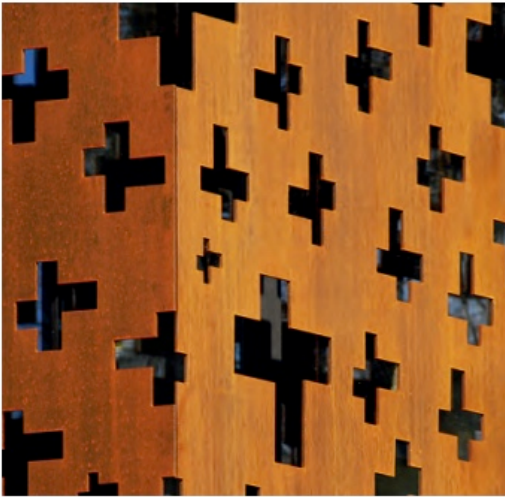
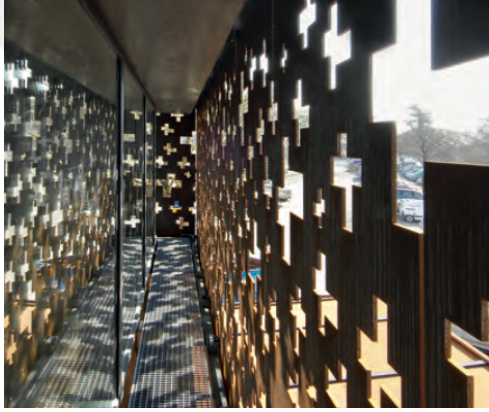
Bir şarap imalathanesi olan Weingut Abril binası Almanya'da Baden-Wuerttemberg bölgesinde Bischoffingen'da bulunmaktadır. WS cephe yüzeyinde mümkün olduğunca hızlı olarak pas patina elde edilmesi için, kaset plakaların kurulumundan önce yaşlandırma işlemi yapılmıştır. Cephe, üzüm bağlarının önemli karakteriyle bütünleşmektedir.

Çizelge 3.9 Schloss Laufen

Schloss Laufen

Mimari: Leuppi & Schafroth Architekten AG

Cephe Yapımını Üstlenen Firma: Aepli Metallbau AG, Gossau



- 1) WS çelik 10 mm – perfore lazer kesim
- 2) Paslanmaz çelik çekme kolu $\varnothing 10$
- 3) Ahşap çerçeve, mineral yünü ve her iki tarafta lambri
- 4) UPE 140 profil
- 5) Ahşap çerçeve, 240-120 mm payandalar
- 6) Sürgülü pencere
- 7) WS çelik 6 mm
- 8) Isı geçirmez sabit cam
- 9) Çelik sac

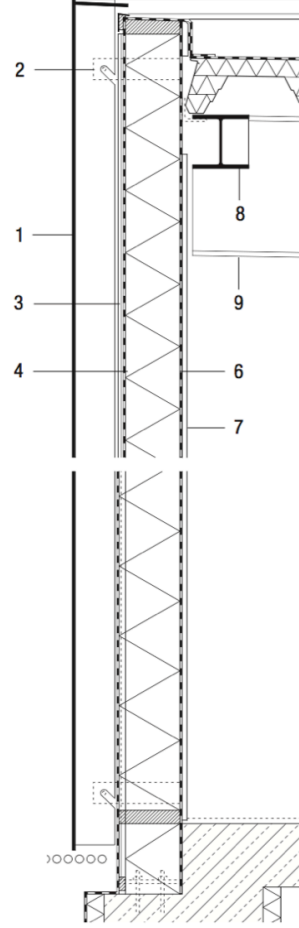
İsviçre’de Ren Şelalesinde bulunan Schloss Laufen Kilisesi için, 10 mm kalınlığındaki WS cephe panelleri lazer ile kesilerek üretilmiştir. Cephe panelleri hava akışı ve yapıyı hafifletme açısından son derece başarılı bulunmuştur.

Çizelge 3. 10a Commercial Structure of Gorredijk

Commercial Structure of Gorredijk

Mimari: Architectuurbureau Sluimer & van Leeuwen

Cephe Yapımını Üstlenen Firma: Van den Berg Staalbouw BV, Joure



1) WS çelik 8 mm – kancalama yöntemi ile, 2) Çelik çerçeve, 3) Nefes alabilir film, 4) Mineral yün 160 mm, 5) IPE 180 cephe desteği, 6) Buhar bariyeri, 7) Alçıpan Levha, 8) HEA 160 Kenar kiriş, 9) IPE 400

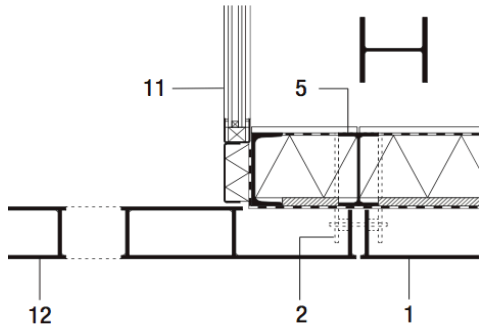
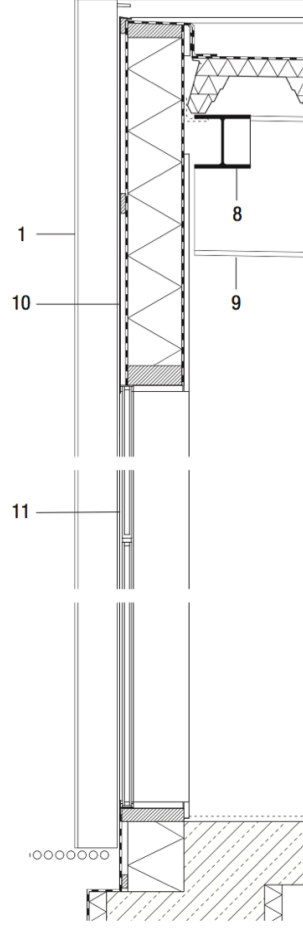
Hollanda'nın Gorredeijk bölgesinde bulunan Gorredijk Ticari Yapısı çift cidarlı olup, 6.300 m² lik alana kurulmuştur. Sanayi bölgesinde yer alan binanın WS cephe panelleri, yaklaşık 7 m yüksekliğinde olup düzensiz renk değişimi nedeniyle, doğal desen görünümüne ulaşmıştır.

Çizelge 3. 10b Commercial Structure of Gorredijk

Commercial Structure of Gorredijk

Mimari: Architectuurbureau Sluijmer & van Leeuwen

Cephe Yapımını Üstlenen Firma: Van den Berg Staalbouw BV, Joure



- 1) WS çelik 8 mm – kancalama yöntemi ile
- 2) Çelik çerçeve
- 5) IPE 180 cephe desteği
- 8) HEA 160 Kenar desteği
- 9) IPE 400
- 10) Çelik Saç 3 mm
- 11) Güvenlik Camı
- 12) Atmosferik korozyona dayanıklı çelik 8 mm-plazma kesim kaynaklı

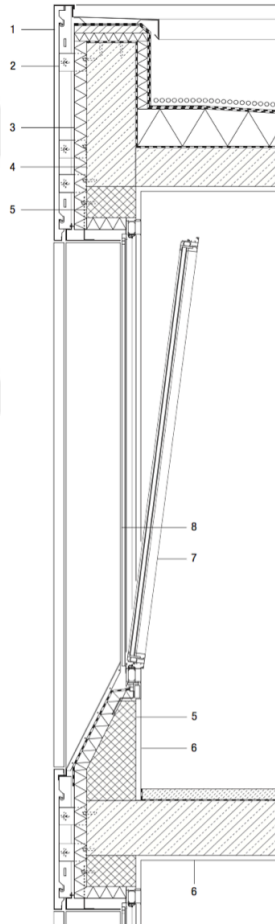
Cephedeki klasik pencere ve kapı açıklıkları kasıtlı olarak ihmal edilmiştir. Bunun yerine düzensiz aralıkların olduğu WS panel açıklıklarından erişim sağlanması hedeflenmiştir. Depo bölümünde ise sürekli olarak kapalı bir cephe oluşturulmuştur.

Çizelge 3. 11 Essen Building

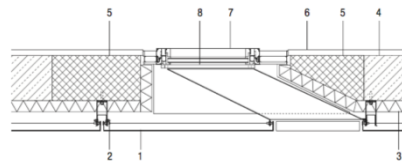
Essen Building

Mimari: Ahlbrecht Felix Scheidt Kasprusch

Cephe Yapımını Üstlenen Firma: Limeparts NV, Genk, B



- 1) WS çelik 3 mm – katlanmış panel
- 2) Gizlenmiş alüminyum
- 3) Mineral izolasyon 60 mm
- 4) Beton 240 mm
- 5) Ön üretilmiş beton eleman
- 6) İç sıva
- 7) Merkezi kontrol mekanizmalı pencere
- 8) Sineklik

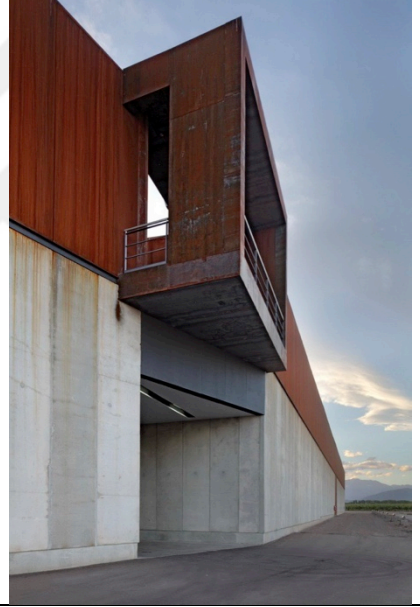
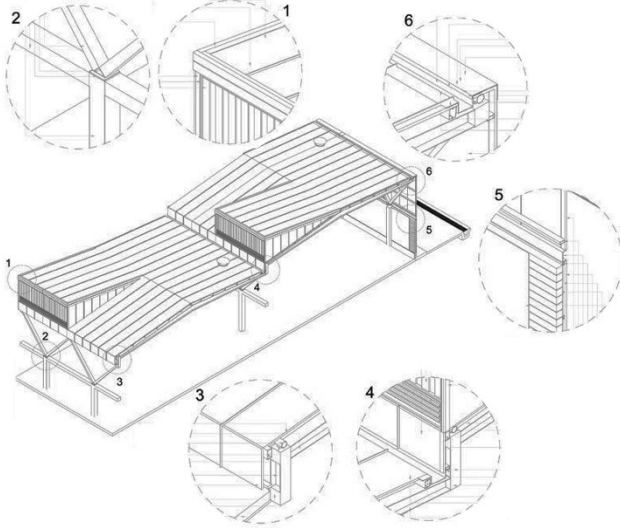


Almanya'nın Essen bölgesinde yer alan tarihi Essen Binası'nda (Haus der Essemers Geschichte) kullanılan 3 mm kalınlığındaki WS paneller U profil ile iskelete vidalanır. Cephe boyunca aralıklarla uzanan eğimli paneller havalandırma sağlar. Aynı zamanda arşiv odaları doğrudan gelen güneş ışığını ve havayı önlemiş olur.

Çizelge 3. 12 Navarro Correas Winery

Navarro Correas Winery

Mimari:Aft Arquitectos



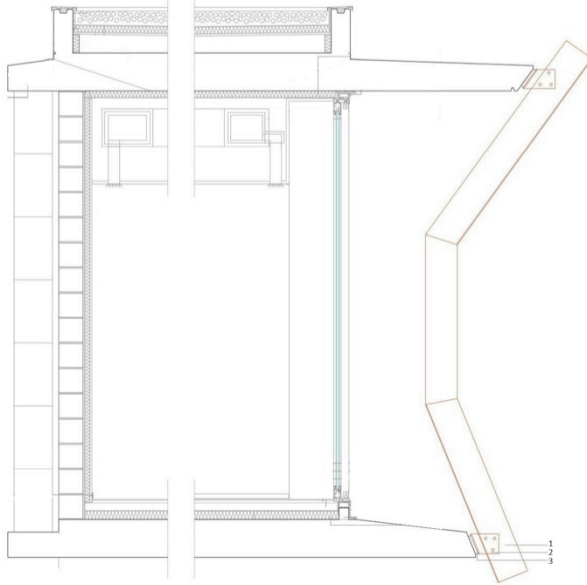
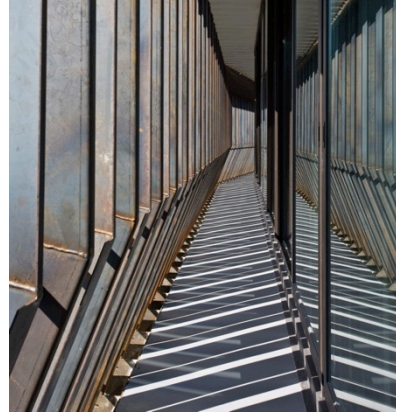
Arjantin’de yer alan 15.000m² alan üzerine konumlanmış projede, beton ve WS bir arada kullanılmıştır. Malzeme karakteristik renk ve dokusu, çevreyle ve endüstriyel amaçla örtüşmektedir. Korozyona karşı özel bir önlem gerekmediği için bakım ihtiyacı minimumdur.

Çizelge 3. 13 Audenasa Building

Audenasa Building

Mimari: Vaillo + Irigaray

Cephe Yapımını Üstlenen Firma: LARUMBE ; ALTRES



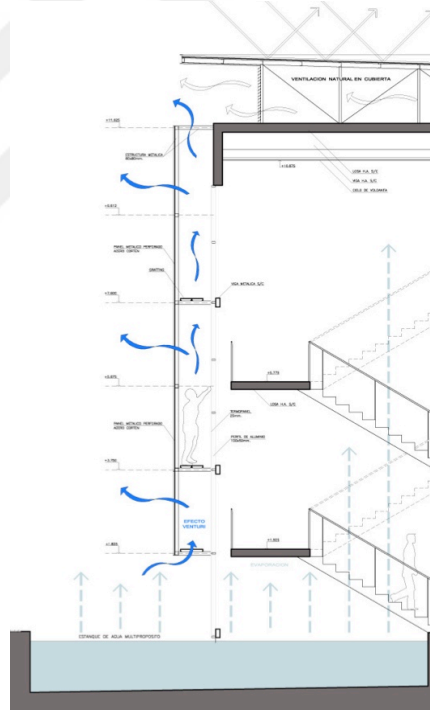
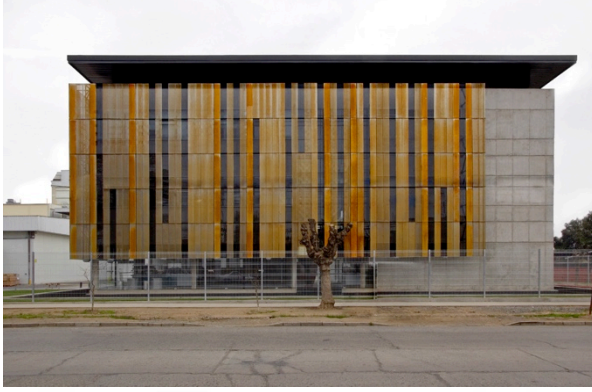
- 1) Lama levhalarla oluşturulan katlanabilir kaynaklı WS, 250mm * 3/4 mm
- 2) WS çelik kaplama ve panjur tutucu 8 mm, atölye kaynaklı ankraj plakası
- 3) WS çelik bağlantı 10 mm, değişken kalınlıkta teflon ara parçalar

İspanya'nın Noain bölgesinde bulunan ofis projesi kendine özgü morfolojik bir yapıdır. Cephelelerinde bükümlü WS uygulanmıştır.

Çizelge 3. 14 Nestlé Social Block

Nestlé Social Block

Mimari: GH+A Guillermo Hevia

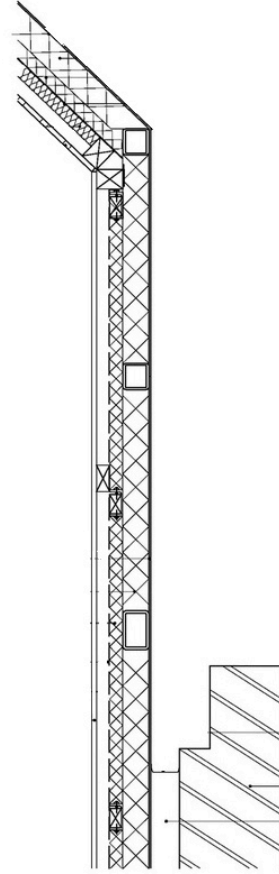


Şili’de bulunan Granero fabrikasındaki Nestles Sosyal Bloğu çift cidarlıdır ve WS perfore paneller kendini korumak için kısa vadede bozulmayı nötralize eder ve binayı doğrudan gelen güneş ışınlarından korur.

Çizelge 3. 15 Dovecote Studio

Dovecote Studio

Mimari: Haworth Tompkins



Terk edilmiş bir bina kabuğu içine prefabrik olarak yerleştirmiş WS kabuk, mevcut malzemeyle bütünlük sağlamıştır. Londra'daki Dovecate Stüdyosu İngiltere'de bulunmaktadır.







İSTANBUL VE ÇEVRESİNDEKİ UYGULAMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu bölümde öncelikle İstanbul ve çevresinde bulunan yapı, heykel, peyzaj gibi örneklerin dıştan genel ve cephe görünümlemleri fotoğraflanmıştır. Ayrıca buldukları konuma bağlı olarak sıcaklık, rüzgar ve yağış verileri elde edilmiştir. Yüzeyler; aldıkları renk, görünüm, doku ve korozyon hasarına bağlı olarak değerlendirilmiştir. Söz konusu örneklerin ardından Piri Reis Üniversitesi cephe panelleri ve peyzaj elemanları daha detaylı bir şekilde incelenmiştir.




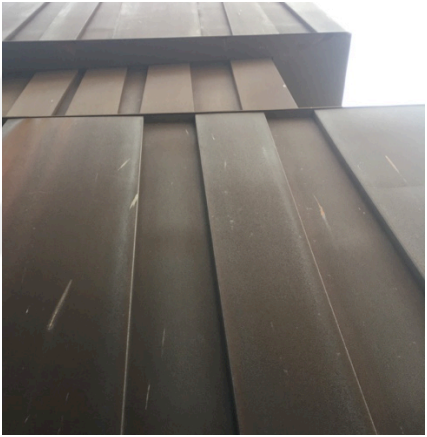
4.1. İstanbul ve Çevresindeki Örnekler

İstanbul ve çevresinde bulunan başlıca WS panel uygulama örnekleri Çizelge 4.1-4.7; yapı güncel görselleri, yerleşim konumu ve yönleri, ve yağış verileri [90] değerlendirilerek oluşturulmuştur.

Çizelge 4. 1 Benetton (Tante Roza) Binası- Suadiye 2009

		
<p>Piero Lissoni tarafından tasarlanan Benetton binası (şimdi Tante Roza) Suadiye' de konumlandırılmıştır. Üst üste konmuş küplerden oluşan yapı, WS ile camın bir arada kullanımı ile dikkat çekmektedir.</p>		
1.Görsel		2.Görsel (Yakın görünüş)
(a) Kuzey Cephesi		
<p>Kuzey cephesi yola dönük ve önü açıktır. Ön tarafında bulunan yüksek ağaçlardan dolayı zaman zaman gölge almaktadır. Oluşan pas kırmızı görünümlüdür.</p>		
(b) Güney Cephesi		
<p>Güney cephesi önü kot farkı nedeni ile açıktır, denize bakmaktadır. Denize 550 m mesafede olması nedeniyle belirgin bir klorid korozyonu söz konusu değildir. Yüzey, yoğun turuncu / kahve renk almıştır.</p>		

Çizelge 4. 1 Tante roza (Benetton) Binası- Suadiye 2009 (devamı)

<p>(c) Doğu Cephesi</p>																																									
<p>(d) Batı Cephesi</p>																																									
<p>Doğu (c) ve Batı (d) cephesi önünde komşu bina bulunmaktadır. Cephe, yoğun gölgeye maruz kalmaktadır. Gri/kahve renk almış yüzeyler ıslanma-kuruma döngüsünü tamamlama konusunda diğer cephelere nazaran daha çok zorlanmaktadır. Doğu cephesinde, yüzeyde kalsit birikimi olduğu düşünülen beyaz lekelenmeler mevcuttur.</p>																																									
<p>Sıcaklık</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ay</th> <th>Oca</th> <th>Şub</th> <th>Mar</th> <th>Nis</th> <th>May</th> <th>Haz</th> <th>Tem</th> <th>Ağu</th> <th>Eyl</th> <th>Eki</th> <th>Kas</th> <th>Ara</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>En yüksek sıcaklık (°C)</td> <td>10</td> <td>12</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>28</td> <td>30</td> <td>28</td> <td>22</td> <td>18</td> <td>15</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>En düşük sıcaklık (°C)</td> <td>5</td> <td>7</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>18</td> <td>20</td> <td>18</td> <td>15</td> <td>12</td> <td>10</td> <td>8</td> <td>5</td> </tr> </tbody> </table>			Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	En yüksek sıcaklık (°C)	10	12	15	20	25	28	30	28	22	18	15	12	En düşük sıcaklık (°C)	5	7	10	15	18	20	18	15	12	10	8	5
Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara																													
En yüksek sıcaklık (°C)	10	12	15	20	25	28	30	28	22	18	15	12																													
En düşük sıcaklık (°C)	5	7	10	15	18	20	18	15	12	10	8	5																													
<p>Yağış</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ay</th> <th>Oca</th> <th>Şub</th> <th>Mar</th> <th>Nis</th> <th>May</th> <th>Haz</th> <th>Tem</th> <th>Ağu</th> <th>Eyl</th> <th>Eki</th> <th>Kas</th> <th>Ara</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Yağış radarı (mm)</td> <td>100</td> <td>70</td> <td>65</td> <td>55</td> <td>40</td> <td>30</td> <td>25</td> <td>30</td> <td>45</td> <td>75</td> <td>90</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>Günler</td> <td>12</td> <td>10</td> <td>9</td> <td>7</td> <td>5</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>7</td> <td>9</td> <td>12</td> </tr> </tbody> </table>			Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yağış radarı (mm)	100	70	65	55	40	30	25	30	45	75	90	120	Günler	12	10	9	7	5	3	3	3	4	7	9	12
Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara																													
Yağış radarı (mm)	100	70	65	55	40	30	25	30	45	75	90	120																													
Günler	12	10	9	7	5	3	3	3	4	7	9	12																													


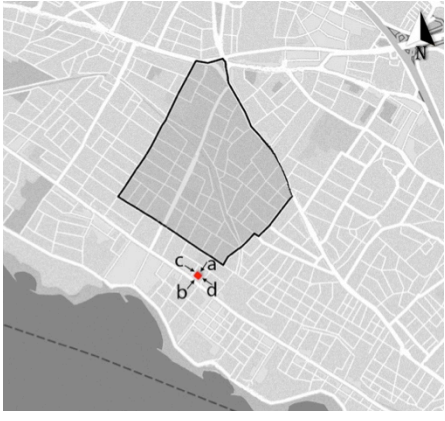




Çizelge 4. 1 Tante roza (Benetton) Binası- Suadiye 2009 (devamı)

Suadiye bölgesi ortalama miktarda yağış almaktadır. Yıllık olarak en yüksek sıcaklığa temmuz-ağustos aylarında ulaşırken, en düşük sıcaklığa ortalama 3°C ile ocak ayında ulaşmaktadır. En fazla yağışlı gün sayısı (12 gün) aralık ve ocak aylarında gözlenirken, ay genelinde ortalama 120 mm ile, aralık en yoğun yağış alan aydır. Yaz aylarında yağış düzeyi düşüktür. Tam olarak güneş ışığını alamayan yapıda yer yer pas akma problemi gözlenir.



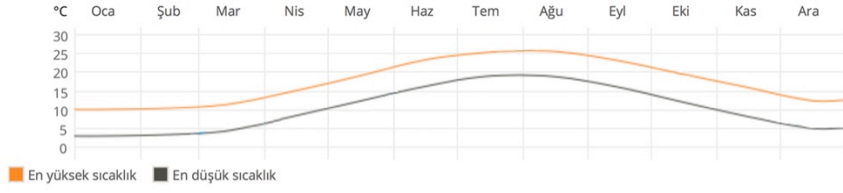
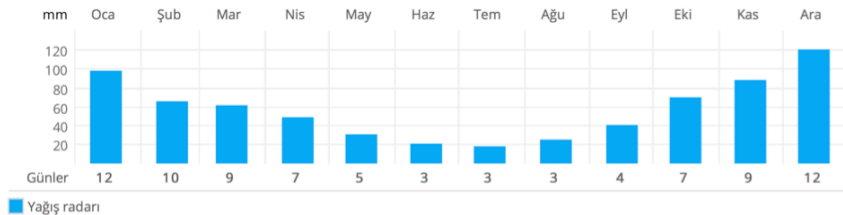


Zeminde beton veya ahşap yerine, toprak/taş kullanıldığı için sulama ile lineer pas şeridi temizlenebilmektedir, ancak geçici bir çözümdür. Panelin detay çözümünden kaynaklı pas akmasının engellenmesi ve malzemenin kütlice zarar görmemesi gerekir. Yüzeyle oluşacak dış pas katmanına karşı korozyonun ileriki aşamalarında dış pas katmanı alınarak koruyucu vernik uygulanabilir.







Çizelge 4. 2 Smokkin Restorant – Erenköy 2015

		
<p>Geomim yapı ve Emrah Halimoğlu tasarımıyla 2015 senesinde yapılan Smokkin Restaurant, Benetton binasına yakın konumda, Erenköy’de yer almaktadır. Peyzaj ile iç içe olan cephe modüllerinin sulama nedeniyle ıslak kalma süreci artmaktadır.</p>		
<p>(a) Kuzey Cephesi</p>	<p>1.Görsel</p>	<p>2.Görsel (Yakın görünüş)</p>
		
<p>Caddenin iç kısımda kalan cephesi, komşu binalardan alçak kaldığından güneş ışığını yeterince alamamaktadır.</p>		
<p>(b) Güney Cephesi</p>		
	<p>Yapı, iç tarafta kaldığından yoğun gölge almaktadır. Girişteki modülde kopmalar meydana gelmiştir. Bu durumun tasarımsal bir karar ile malzemenin aşındırılması ile oluşturulduğu söylenebilir, çünkü diğer modüllerde bu tip bir durum söz konusu değildir.</p>	

Çizelge 4. 2 Smokkin Restorant – Erenköy 2015 (devamı)

(c) Doğu Cephesi	Doğu cephesinde uygulama yoktur.																																								
(d) Batı Cephesi																																									
Yoğun olarak gölgede kalan batı cephesi (d) görünümü de diğer cephelere benzerlik gösterir. Güney cephesinde bahsedilen problem batı cephesinde de izlenmektedir.																																									
Sıcaklık  <table border="1"><thead><tr><th>Ay</th><th>Oca</th><th>Şub</th><th>Mar</th><th>Nis</th><th>May</th><th>Haz</th><th>Tem</th><th>Ağu</th><th>Eyl</th><th>Eki</th><th>Kas</th><th>Ara</th></tr></thead><tbody><tr><td>En yüksek sıcaklık (°C)</td><td>12</td><td>13</td><td>15</td><td>18</td><td>22</td><td>25</td><td>28</td><td>25</td><td>20</td><td>15</td><td>12</td><td>10</td></tr><tr><td>En düşük sıcaklık (°C)</td><td>5</td><td>5</td><td>7</td><td>10</td><td>13</td><td>16</td><td>18</td><td>16</td><td>12</td><td>8</td><td>5</td><td>5</td></tr></tbody></table>			Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	En yüksek sıcaklık (°C)	12	13	15	18	22	25	28	25	20	15	12	10	En düşük sıcaklık (°C)	5	5	7	10	13	16	18	16	12	8	5	5
Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara																													
En yüksek sıcaklık (°C)	12	13	15	18	22	25	28	25	20	15	12	10																													
En düşük sıcaklık (°C)	5	5	7	10	13	16	18	16	12	8	5	5																													
Yağış  <table border="1"><thead><tr><th>Ay</th><th>Oca</th><th>Şub</th><th>Mar</th><th>Nis</th><th>May</th><th>Haz</th><th>Tem</th><th>Ağu</th><th>Eyl</th><th>Eki</th><th>Kas</th><th>Ara</th></tr></thead><tbody><tr><td>Yağış radarı (mm)</td><td>120</td><td>70</td><td>65</td><td>55</td><td>35</td><td>25</td><td>20</td><td>25</td><td>45</td><td>75</td><td>95</td><td>120</td></tr></tbody></table>			Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yağış radarı (mm)	120	70	65	55	35	25	20	25	45	75	95	120													
Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara																													
Yağış radarı (mm)	120	70	65	55	35	25	20	25	45	75	95	120																													
Sıcaklık ve yağış değerleri Suadiye bölgesiyle büyük benzerlik göstermektedir. Yapı genel olarak sürekli gölgede kalmaktadır, bu nedenle malzemenin yağış sonrasında kuruma süreci uzun sürmektedir.																																									

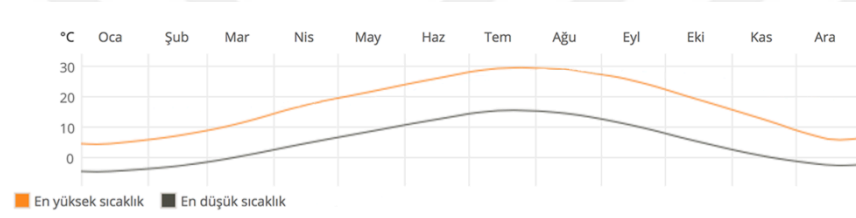
Çizelge 4. 3 Leisure Mağaza - Caddebostan

		
<p>Caddebostan'da yer alan Leisure mağazasının tasarımında cam ile birlikte kullanılan WS modülleri, cephede kullanıldığı gibi peyzajda da yoğun olarak kullanılmıştır.</p>		
	<p>1.Görsel</p>	<p>2.Görsel (Yakın görünüş)</p>
<p>(a) Kuzey Cephesi</p>	<p>-</p>	<p>-</p>
<p>Kuzey cephesinde uygulama yoktur.</p>		
<p>(b) Güney Cephesi</p>		
<p>Doğrudan denize bakmayan güney cephesinin önü açık ve denize 250 m uzaklıktadır. Doğu ve batı cephelerine göre daha turuncu bir renk almıştır.</p>		
<p>(c) Doğu Cephesi</p>		
<p>Yakınında aynı yükseklikte bina bulunan doğu cephesi sınırlı düzeyde ışık alır. Yoğunluklu olarak kahve ve ara ara gri /turuncu renk almıştır.</p>		

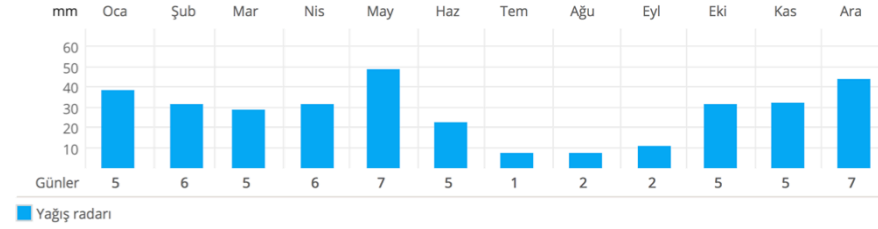
Çizelge 4. 3 Leisure Mağaza – Caddebostan (devamı)



Sıcaklık






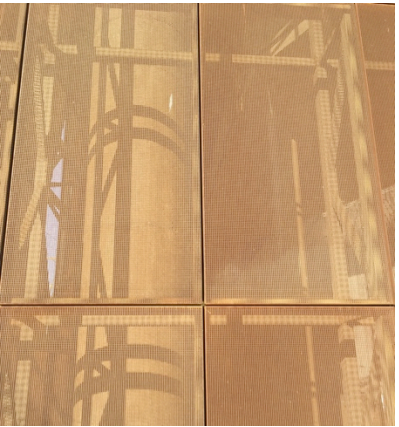


Yağış


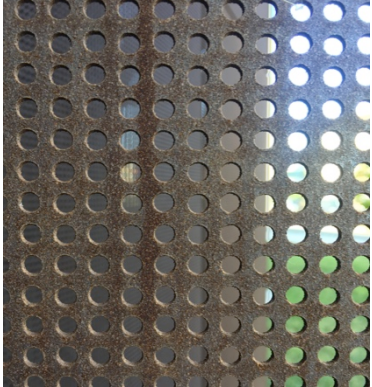

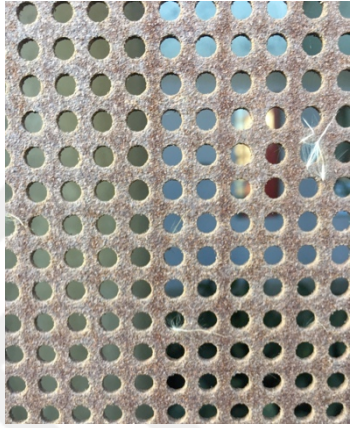


Yıllık yağışın en fazla olduğu aylar mayıs ve aralıktır. Yıllık sıcaklık eğrisine göre, temmuz ve ağustos aylarında 30°C ile en yüksek sıcaklığa ulaşılırken, ocak ve aralık aylarında en düşük değerler görülür.

Çizelge 4. 4 Raif Dinçkök Kültür Merkezi – Yalova 2010

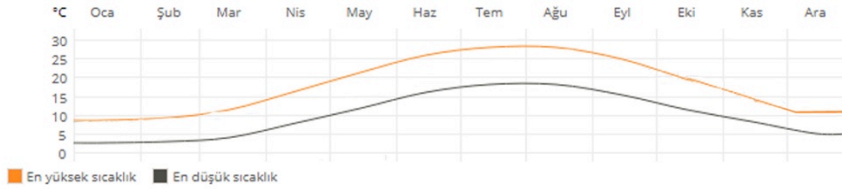
		
<p>Tasarımını Emre Arolat Architects'in üstlendiği Raif Dinçkök Kültür Merkezi 2010 yılında tamamlanmıştır. Gerek yapı işlevi, gerekse seçilen malzeme itibarı ile sürdürülebilir tasarım kriterleri ön planda tutulmuştur. İkincil cephe olarak perforated WS paneller, nefes alabilecek ve ışığı kırarak yapı bünyesine alacak şekilde kullanılmıştır.</p>		
	<p>1.Görsel</p>	<p>2.Görsel (Yakın görünüş)</p>
<p>(a) Kuzey Cephesi</p>		
<p>(b) Güney Cephesi</p>		

Çizelge 4. 4 Raif Dinçkök Kültür Merkezi – Yalova 2010 (devamı)

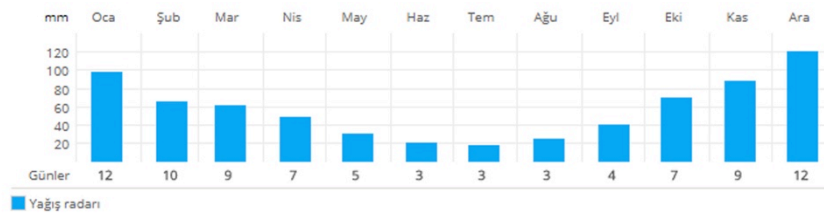
<p>(c) Doğu Cephesi</p>		
<p>(d) Batı Cephesi</p>		

Tasarım dış kabuğu tamamen WS olup tüm cephelerin önü açıktır, perfore gözenekli panellerin daha hızlı kurumasından dolayı önemli bir problem gözlenmemiştir.

Sıcaklık


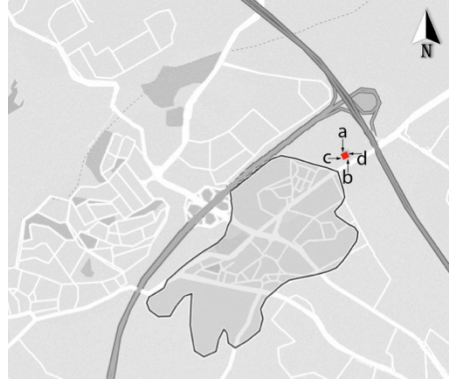
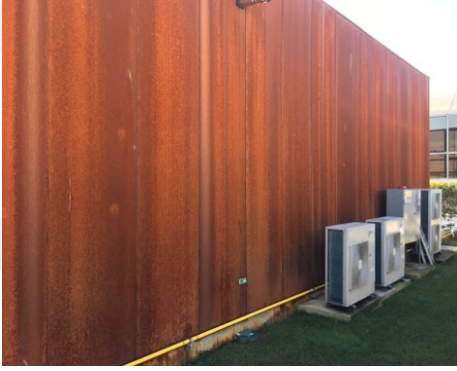





Yağış





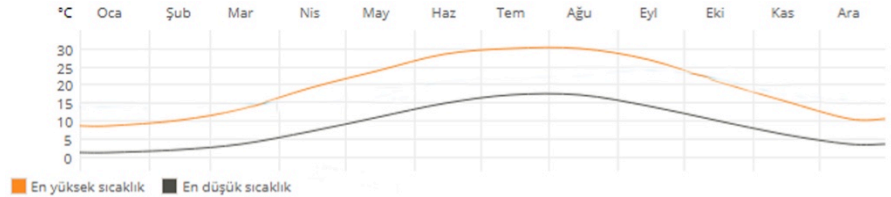
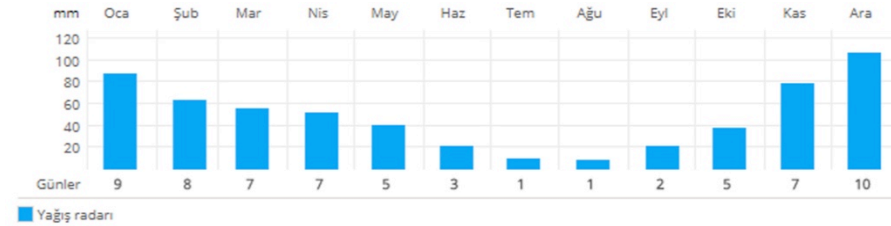


Yalova bölgesinde yıllık en yüksek sıcaklık 28°C ile temmuz ve ağustos aylarında oluşurken, en düşük sıcaklık 3°C ile ocak ayında gözlenmektedir. Aralık ayında 12 gün ve 121.7 mm yağış alan bölge, temmuz ayında 3 gün ve 19.1 mm yağış almaktadır.


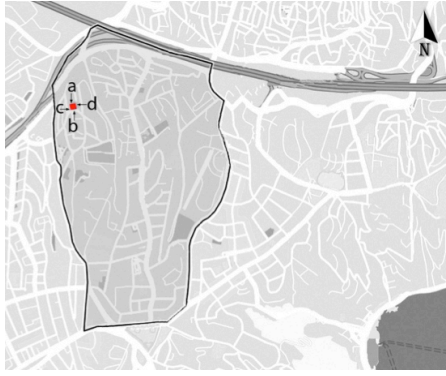

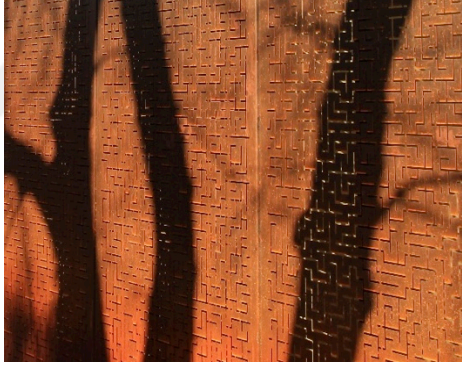
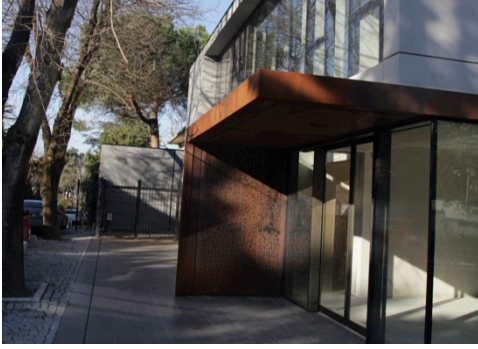
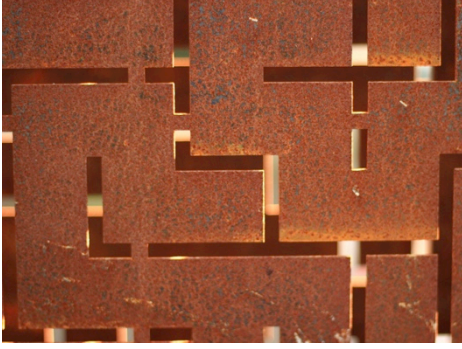
Çizelge 4. 5 D Cafe – Şekerpınar 2015

		
	<p>MuuM Mimarlık tarafından tasarlanan D Café 2015’de tamamlanmıştır. Doğu Otomotiv Lojistik Merkez Binası bünyesinde, Kocaeli’ye bağlı Şekerpınar bölgesinde yer almaktadır. Minimal ve insan ölçeğine hitap eden tasarımda WS levhalar, cam ile birlikte kullanılmıştır.</p>	
	1.Görsel	2.Görsel (Yakın görünüş)
(a) Kuzey Cephesi		
	<p>Soğuk cephe olan kuzey cephesinin yüzeyi, diğer cephelere göre farklı bir yüzey görünümüne sahiptir.</p>	
(b) Güney Cephesi		
	<p>Güney cephesinde cam ile birlikte kullanım gören WS panelleri güneş ışığını sorunsuz olarak almaktadır, dengeli bir renk görünümü oluşmuştur.</p>	



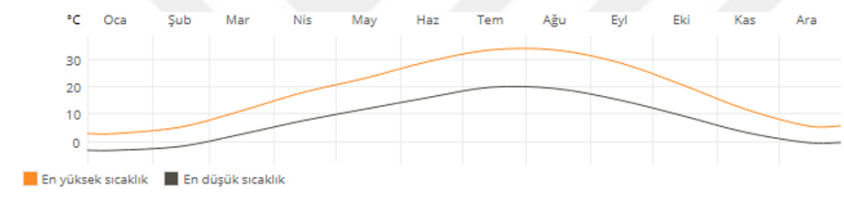
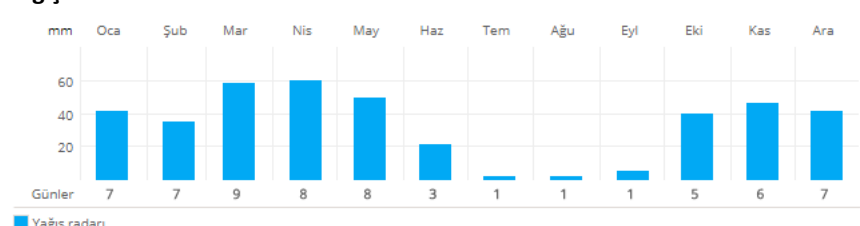
Çizelge 4. 5 D Cafe – Şekerpınar 2015 (devamı)

<p>(c) Doğu Cephesi</p>																																									
<p>Doğu cephesinin önü açıktır, doğrudan güneş almaktadır. Dengeli bir doku oluşmuştur.</p>																																									
<p>(d) Batı Cephesi</p>																																									
<p>Yakınında aynı yükseklikte bina bulunmaktadır, arada kalan batı cephesi üzerinde kuzey cephesi gibi dengesiz renk oluşmuştur.</p>																																									
<p>Sıcaklık</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ay</th> <th>Oca</th> <th>Şub</th> <th>Mar</th> <th>Nis</th> <th>May</th> <th>Haz</th> <th>Tem</th> <th>Ağu</th> <th>Eyl</th> <th>Eki</th> <th>Kas</th> <th>Ara</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>En yüksek sıcaklık (°C)</td> <td>10</td> <td>12</td> <td>15</td> <td>20</td> <td>25</td> <td>28</td> <td>30</td> <td>30</td> <td>25</td> <td>18</td> <td>12</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>En düşük sıcaklık (°C)</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>15</td> <td>18</td> <td>18</td> <td>15</td> <td>10</td> <td>5</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table>			Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	En yüksek sıcaklık (°C)	10	12	15	20	25	28	30	30	25	18	12	10	En düşük sıcaklık (°C)	1	2	3	5	10	15	18	18	15	10	5	1
Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara																													
En yüksek sıcaklık (°C)	10	12	15	20	25	28	30	30	25	18	12	10																													
En düşük sıcaklık (°C)	1	2	3	5	10	15	18	18	15	10	5	1																													
<p>Yağış</p>  <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ay</th> <th>Oca</th> <th>Şub</th> <th>Mar</th> <th>Nis</th> <th>May</th> <th>Haz</th> <th>Tem</th> <th>Ağu</th> <th>Eyl</th> <th>Eki</th> <th>Kas</th> <th>Ara</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Yağış (mm)</td> <td>94</td> <td>65</td> <td>58</td> <td>55</td> <td>45</td> <td>25</td> <td>10</td> <td>9.4</td> <td>20</td> <td>40</td> <td>75</td> <td>107.8</td> </tr> </tbody> </table>			Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yağış (mm)	94	65	58	55	45	25	10	9.4	20	40	75	107.8													
Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara																													
Yağış (mm)	94	65	58	55	45	25	10	9.4	20	40	75	107.8																													
<p>Bölgede yıllık en yoğun yağış 107.8 mm ile aralık ayında görülürken, 9.4 mm ile ağustos ayı en az yağış alan aydır. Aylık ortalama %79 ile nemin en yoğun görüldüğü ay aralık iken, temmuz ayında nem düzeyi %53 dür. Yaz aylarında en yüksek sıcaklık 30°C iken, aralık ocak aylarında 1°C'ye kadar azalır.</p>																																									

Çizelge 4. 6 Aztek Teknoloji – Levent 2015

		
<p>Habif Mimarlık tasarımı olan Aztek Teknoloji Ofis Binası 2015 yılında Loft yapı işbirliğinde tamamlanmıştır. Cephenin bir kısmında kullanılan WS paneller dikkat çekmektedir.</p>		
<p>1.Görsel</p>		<p>2.Görsel (Yakın görünüş)</p>
<p>(a) Kuzey Cephesi</p>	<p>Kuzey cephesinde uygulama bulunmamaktadır.</p>	
<p>(b) Güney Cephesi</p>		
<p>(c) Doğu Cephesi</p>		
<p>Güney (b) ve doğu (c) cephesinin önü açıktır, ancak çevredeki yüksek ağaçlar panellerin gölgede kalmasına neden olmaktadır.</p>		

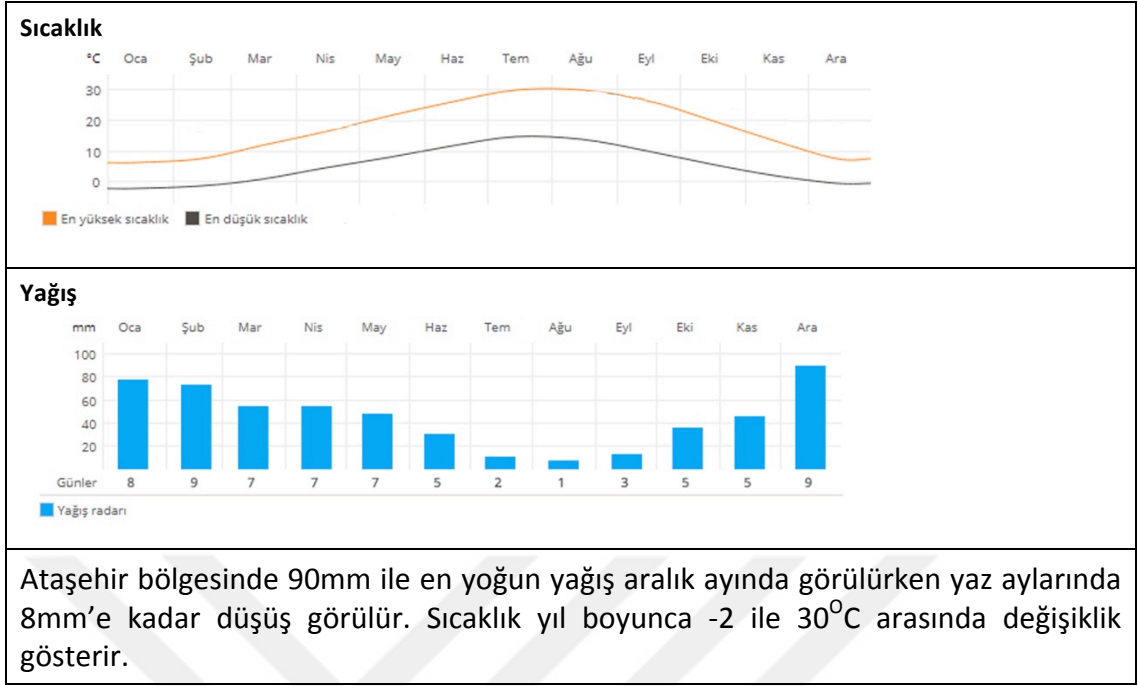
Çizelge 4. 6 Aztek Teknoloji – Levent 2015 (devamı)

<p>(d) Batı Cephesi</p>																																									
<p>Batı cephesinin önü açıktır.</p>																																									
<p>Yapı deniz kıyısına uzakta olup cephe önleri kapalı değildir. Yapılaşmanın içerisinde bulunan bina açıklığı genel olarak 15 m'den fazla değildir. Cephe panelleri cepheler arasında dengeli, kendi içinde farklı tonların bulunduğu pas görünümüne ulaşmıştır. Pas akma problemine genel olarak rastlanmaz iken kuzey cephesinde (soğuk cephe) panel kullanılmamıştır.</p>																																									
<p>Sıcaklık</p>  <table border="1"><thead><tr><th>Ay</th><th>Oca</th><th>Şub</th><th>Mar</th><th>Nis</th><th>May</th><th>Haz</th><th>Tem</th><th>Ağu</th><th>Eyl</th><th>Eki</th><th>Kas</th><th>Ara</th></tr></thead><tbody><tr><td>En yüksek sıcaklık (°C)</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>30</td><td>33</td><td>33</td><td>25</td><td>15</td><td>10</td><td>5</td></tr><tr><td>En düşük sıcaklık (°C)</td><td>-3</td><td>0</td><td>5</td><td>10</td><td>15</td><td>20</td><td>25</td><td>25</td><td>15</td><td>5</td><td>0</td><td>-3</td></tr></tbody></table>			Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	En yüksek sıcaklık (°C)	5	10	15	20	25	30	33	33	25	15	10	5	En düşük sıcaklık (°C)	-3	0	5	10	15	20	25	25	15	5	0	-3
Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara																													
En yüksek sıcaklık (°C)	5	10	15	20	25	30	33	33	25	15	10	5																													
En düşük sıcaklık (°C)	-3	0	5	10	15	20	25	25	15	5	0	-3																													
<p>Yağış</p>  <table border="1"><thead><tr><th>Ay</th><th>Oca</th><th>Şub</th><th>Mar</th><th>Nis</th><th>May</th><th>Haz</th><th>Tem</th><th>Ağu</th><th>Eyl</th><th>Eki</th><th>Kas</th><th>Ara</th></tr></thead><tbody><tr><td>Yağış radarı (mm)</td><td>40</td><td>35</td><td>55</td><td>55</td><td>45</td><td>20</td><td>5</td><td>5</td><td>5</td><td>40</td><td>45</td><td>40</td></tr></tbody></table>			Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara	Yağış radarı (mm)	40	35	55	55	45	20	5	5	5	40	45	40													
Ay	Oca	Şub	Mar	Nis	May	Haz	Tem	Ağu	Eyl	Eki	Kas	Ara																													
Yağış radarı (mm)	40	35	55	55	45	20	5	5	5	40	45	40																													
<p>Levent bölgesi 8-9 günde toplam 60mm'lik yağışı mart ve nisan aylarında almaktadır. En yüksek sıcaklık temmuz ve ağustos aylarında (33°C), en düşük sıcaklık ocak ayında (-3°C) görülmektedir.</p>																																									

Çizelge 4. 7 Watergarden – Ataşehir 2015

	
<p>MDArch Mimarlık tasarımı olan WaterGarden Alışveriş Merkezinin inşaatı 2015 yılında Batı Ataşehir bölgesinde tamamlanmıştır, peyzajda WS saksılıklar kullanılmıştır. Saksılıklar yeşillik ve toprakla ilişkilendirilmiş ve beğeni toplayan bir görünüm elde edilmiştir. 5 bin m² lik meydan üzerinde bulunan gösteri havuzu etrafındaki saksılıklar güneş ışığını problemsiz olarak almaktadır.</p>	
<p>(a) Kuzey Cephesi</p>	<p>(b) Güney Cephesi</p>
	
<p>(c) Doğu Cephesi</p>	<p>(d) Batı Cephesi</p>
	

Çizelge 4. 7 Watergarden – Ataşehir 2015 (devamı)

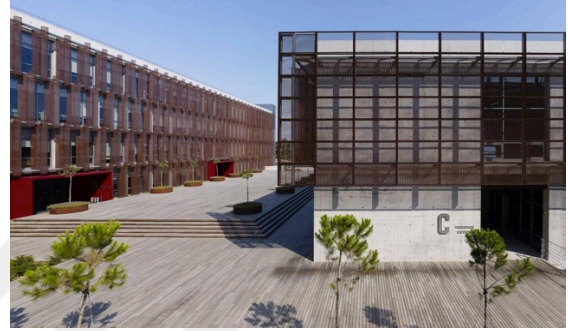


4.2. Piri Reis Üniversitesi Örneği

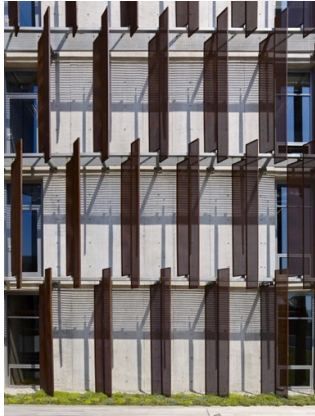
2014 yılında Kreatif Mimarlık tarafından projelendirilen Piri Reis Üniversitesi, İstanbul Tuzla yerleşkesinde bulunmaktadır. Ana strüktür üzerine brüt beton ile inşa edilmiştir. Beton üzerine kendini taşıyabilen bir ızgara sistemi uygulanmış ve üzerine WS¹⁹ paneller monte edilmiştir. Paneller bütün olarak kullanıldığı gibi perfore olarak da kullanılmıştır.



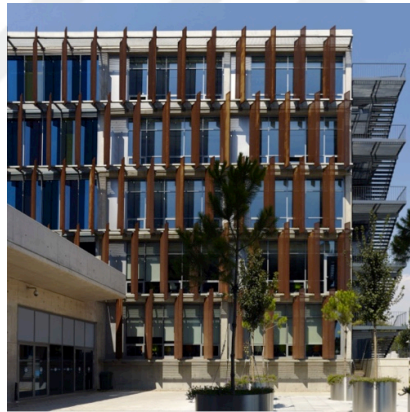
(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

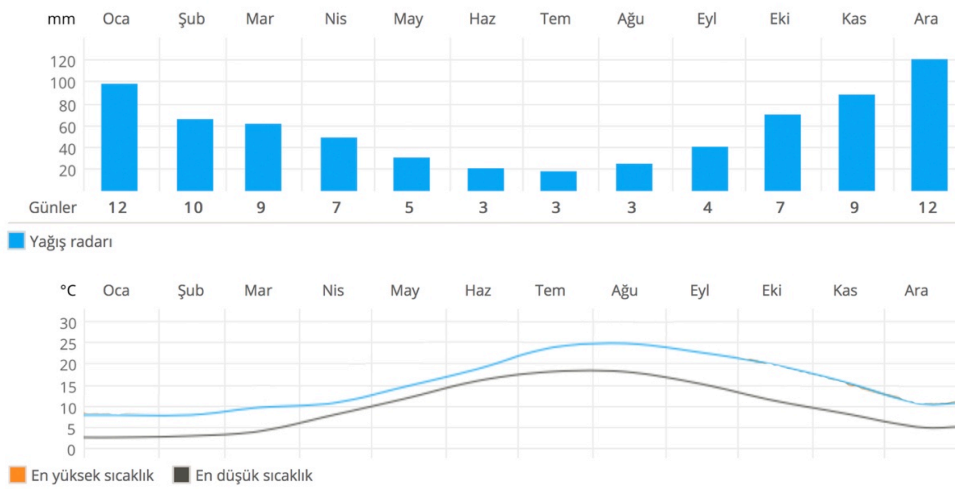
Şekil 4. 1 Piri Reis Üniversitesi, Kreatif Mimarlık, Fotoğraf: Cemal Emden [41]

Tasarım parametreleri doğrultusunda doğal görünümlü, sade ve yaşayan bir yapı elde edilmek istenmiştir. Gemi, tersane, deniz gibi kavramlardan esinlenilmiştir. Gemi gövdelerinin üretiminde de kullanılan WS; mimari çevredeki ilgi, düşük bakım giderleri ve doğal yüzey görünümü nedeniyle bu projede tercih edilmiştir. Perfore ve genişletilmiş sac olarak uygulanan yapı, Türkiye’de WS’in kullanıldığı başlıca mimari örnekler arasında yer alır. Güneye bakan bloklarda güneş ışığının ultraviyole etkisini

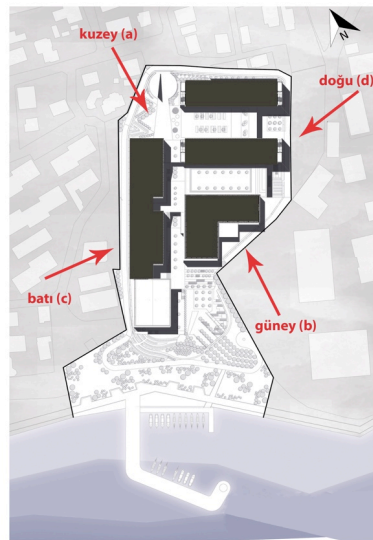
¹⁹ COR-TEN kullanılmıştır.

kontrol etmek ve iç mekândaki mekanik soğutma yüklerini azaltmak için; %100 geri dönüşüm olan WS perfore paneller kullanılmıştır.

Tuzla bölgesinde ortalama 102 mm yağış miktarı ile en yoğun yağış aralık ayında görülürken en az yağış 19 mm ile temmuz ayında görülmektedir. İlman bir iklim görülmesine rağmen bölgede belirgin bir yağış hâkimiyeti vardır. Tuzla bölgesinde yıllık ortalama yağış 87 mm'dir. 2.8-8.8°C aralığında sıcaklık ile ocak ayı yılın en soğuk zamanı iken, 18.5-28 °C aralığındaki temmuz ve ağustos yılın en sıcak aylarıdır. Yıl boyunca ortalama sıcaklık 20°C civarındadır.




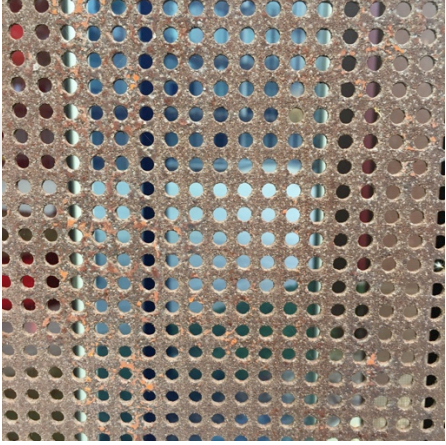




Şekil 4. 2 Tuzla bölgesinin yıllık sıcaklık ve yağış grafiği


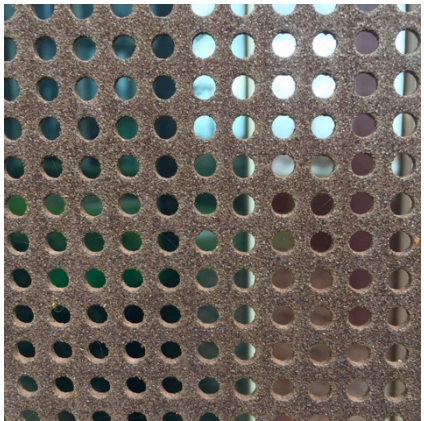





Şekil 4. 3 Piri Reis Üniversitesi, Vaziyet Planı





Çizelge 4. 8 Piri Reis Üniversitesi Kuzey Cephesi Görünümleri

	Görsel	Yakın Görsel
(a) Kuzey Cephesi		
		
		


Çizelge 4. 9 Piri Reis Üniversitesi Güney Cephesi Görünümleri

	1.Görsel	Yakın Görsel
(b) Güney Cephesi		
		
		

Çizelge 4. 10 Piri Reis Üniversitesi Doğu Cephesi Görünümleri

	1.Görsel	Yakın Görsel
(c) Doğu Cephesi		
		

Çizelge 4. 11 Piri Reis Üniversitesi Batı Cephesi Görünümleri

	1. Görsel	Yakın Görsel
(d) Batı Cephesi		
		

O Açık bir alanda yerleşmiş olan yapı, güneş ışığı alma ile ilgili bir problem yaşamamaktadır.

O Çevresinin açık olmasından dolayı ıslanma-kuruma döngüsünü tamamlaması beklenirken, deniz kenarında yer alması ve yoğun yağış alan bir bölgede olması nedeniyle malzeme, kuruma periyodunu tamamlamakta zorlandığı gibi, deniz kenarına yakınlığı nedeniyle klorid korozyonu gözlenir.

O Özellikle, arada kalan soğuk cephe kuzey/kuzey batı ve denize bakan güney cephesinde yoğun bir pas kuma gözlenirken, diğer cephelerde de aynı problem söz konusudur.

O Betona bağlı ve ahşap döşeme üstüne denk gelen panellerin uzun vadede zemini kirletmesini önlemek pek mümkün olmayacağı gibi çakıl, toprak ve çim üzerine

oturan paneller (Şekil 4.4), zeminin yıkanması ile kısa vadeli bir çözüm olarak pastan arındırılabilir. Şekil 4.4 Piri Reis Üniversitesi uygulama örnekleri.



Şekil 4. 4 Piri Reis Üniversitesi uygulama örnekleri

Yapının cephe panelleri, İstanbul ve civarı örnekler ile birlikte incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılır:

O Tüm örneklerde soğuk cephe, yeterli güneş ışığı alamama durumu, yoğun yağış ve kıyı kesimine yakınlık; ıslanma-kuruma döngüsünde nem + tuz etkisinin daha uzun süreli yaşanmasına neden olur, bu durum pas akma problemini tetikler.

O Hedeflenen görünüm için malzemenin ıslanması ile beraber, yüzeyde farklı renk tonlarının oluşması istenir. Malzemedeki kütle kaybı yaşanmadığı sürece, bir miktar pas akması normaldir.

O Henüz birkaç yıllık bir örnek olan Piri Reis Üniversitesi cepheleri için uygulanabilecek en geçerli çözüm, malzemenin yüzeyinde aşındırma ve ardından koruyucu vernik uygulaması olacaktır. Bu çözüm malzemenin uzun vadeli olarak başka bir bakıma ihtiyaç duymamasını sağlayacaktır.

O Çözüm için, sadece yüzey aşındırması yapıldığı takdirde, bir süre sonra tekrar aynı sorunla karşılaşılacak ve uygulanan işlem nedeniyle malzeme incelmeye başlayacaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapı malzemesi seçimi; teknik değerler, estetik kaygılar, maliyet ve ihtiyaca göre değişebilecek kişisel parametreler göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmelidir. Bu tez kapsamında, atmosferik korozyona dayanıklı çeliklerin cephe malzemesi olarak kullanımında dayanıklılık faktörü; alaşım elementlerinin tipleri, oranları ve çevresel koşullar açısından deneysel verilere dayalı olarak araştırılmıştır.

- Islanma-kuruma çevrimleri düzenli oluşmalı, nemli kalma süresi uzun olmamalıdır. Bu koşulun sağlanması durumunda zaman içinde, WS çeliğin korozyon kaybı eksponansiyel bir fonksiyon ile yavaşlayacak, istenen koruyucu ve çatlaksız pas-patina katmanı oluşacaktır.
- Farklı atmosferik koşullar için, pas miktarı olarak 6 $\mu\text{m}/\text{yıl}$ uygun maksimum değerdir; yakınsamayan ve gittikçe artan pas oluşumları için, yüzeyde aşındırma ve UV dayanımlı koruyucu uygulaması çözüm olacaktır.
- Farklı iklim koşulları altında incelendiğinde, en iyi sonuç kırsal koşullarda alınır; alaşım elementleri olarak % 0.5 Cu + % 0.1 P bileşimi yeterlidir. Atmosferik koşullar için istenilen görünümün hızlandırılması açısından üretim sonrası ilave yaşlandırma uygulanması uygundur.
- Endüstriyel iklim koşullarında uygulanabilirlik açısından, % 60 nem ve 90 mg $\text{SO}_2/\text{m}^2.\text{gün}$ düzeyinin aşılması önerilir. Aksi takdirde panel üzerindeki asidik elektrolit ortam vasıtası ile korozyonun gittikçe artması söz konusu olacaktır, 4-5 element ile alaşım yapılarak pahalı çözümlere gidilmesi gerekecektir.
- Deniz kıyısına yakın yapılarda WS yüzeyde biriken tuz, nemi muhafaza eder. Yüzeydeki günlük tuz birikintisinin tercihen günlük 0.05 mg/dm^2 düzeyini

aşmaması gerekir, 0.1 mg/dm²'nin aşılması durumunda ise koruyucu pas tabakasının oluşması mümkün olmayacaktır, WS çelikler için en agresif ortamdır. Maliyeti arttıracak, en az 4-5 elementle alaşım yapılması bir ölçüde çözüm sağlayacaktır.

- Doğu ve özellikle kuzey cephede, cephenin kuruma süresinin daha uzun olması nedeniyle WS panel kullanımı özel dikkat gerektirir. Ayrıca uygulama yapılan cephenin komşu binalar, ağaçlar vb. nedenler ile sürekli gölgede ve nemli kalması sağlanmalıdır. Bu durum, denize yakın konumdaki binalar için çok daha önemlidir.
- Ni yüzdesinin arttırılmasının çeliğin korozyon dayanımına etkisinin anlaşılması ile, yeni nesil WS çeliklerde Cr ve Cu kullanılmadığı, P ve Ni yüzdesinin arttırıldığı, ayrıca Mo eklendiği görülmektedir, böylece denize yakın koşullarda da WS uygulaması mümkün olabilmektedir. Cu ve Cr bakteriyolojik oluşumlardan negatif etkilenir, %1-3 eklenen Ni'in toksik etkisi metal yüzeyinde bakteriyolojik oluşumlara da izin vermeyecektir. İçerikte Ni kullanılması, eklenmesi daha zor olan Cu yerine maliyetleri olumlu yönde etkileyecektir.
- Su biriktirecek ve pas akmasına neden olacak detaylardan kaçınılmalı, birleşim elemanı seçiminde paslanmaz çelik kullanılmalı, ayrıca galvanik seride birbirine yakın metallerin bir arada kullanılmasına dikkat edilmelidir.
- WS levhaların yüzey alanının küçültülmesi faydalı olacaktır. İnce levhalar kullanılabileceği gibi perfore levhalar da kullanılabilir. WS panel markasının seçiminde, içeriğindeki kimyasal elementler ve oranlarının çevresel koşullar ile örtüşmesine özellikle dikkat edilmelidir.
- İstanbul ve çevresindeki örnekler incelenmiş, sık yerleşim planı ve denize yakınlığın yüzeyde kurumasında gecikme oluşturacağı ve korozyon hızını arttıracığı gözlenmiştir.
- Tuzla'da deniz kıyısındaki Piri Reis Üniversitesi'nin WS panellerindeki inceleme sonucunda; yoğun tuz ve nem altında yüzeyde pas akması sonucu kütle kaybı gibi istenmeyen sonuçların olduğu gözlenmiştir, yüzeyin aşındırılarak UV dayanımlı vernik uygulaması gerekliliği mevcuttur.

KAYNAKÇA

- [1] Scott, J.C and Searls, C.L. (1995). "Weathering Steel". Twentieth-Century Building Materials History and Conservation. New York: McGraw-Hill.73-77.
- [2] Latro, P. (2013). Few Materials Express Values as Powerfully as Cor-ten
- [3] Albrecht, P. and Hall, T.T. (2003). "Atmospheric Corrosion Resistance of Structural Steels". Journal of Materials in Civil Engineering 15 (1). 2-24.
- [4] Bashar,M.et.al. (1991). Performance of Weathering Steel in TxDot Bridges.8-77
- [5] National Cooperative Highway Research Program Report,(1985). Performance of Weathering Steel in Bridge, NCHRP, No 272.
- [6] Silo yapısı örneğinin alındığı website adresi, 10.04.2018.
<https://www.flickr.com/photos/traveller2020/3090599981>,
- [7] Yük vagonu örneğinin alındığı website adresi, 10.04.2018.
<http://modelingthesp.blogspot.com.tr/2013/01/rust-part-2-car-roofs.html>,
- [8] Mavna örneğinin resminin alındığı website adresi, 10.04.2018.
<http://www.kansascity.com/news/business/article31562315.html>,
- [9] Konteyner örneğinin resminin alındığı website adresi, 10.04.2018.
<http://www.alconet-containers.com/containers/zeecontainers/40FT-Shipping-container-High-Cube/>
- [10] Elektrikli demiryolu örneğinin resminin alındığı website adresi, 10.04.2018.
http://www.wikiwand.com/en/Overhead_line,
- [11] PCC örneğinin resminin alındığı website adresi, 10.04.2018.
https://en.wikipedia.org/wiki/PCC_streetcar,
- [12] Korkuluk örneğinin resminin alındığı website adresi, 10.04.2018.
<http://findpik.com/corten-steel>,
- [13] Indaten projelerinden görsel örneklerinin alındığı website adresi, 10.04.2018.
http://flateurope.arcelormittal.com/repository2/fce/Brochures/Indaten_brochure_EN.pdf,
- [14] Mayari R® kullanılan Former Bethlehem Steel Company Headquarters görselinin alındığı website adresi, 10.04.2018.
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Former_Bethlehem_Steel_HQ_Oct_11.JPG,

- [15] Mayari R® kullanılan Former Bethlehem Steel Company Headquarters görselinin alındığı website adresi 10.04.2018.
<http://www.nationalartsprogram.org/users/andreasp/main-lobby>,
- [16] The Guggenheim Museum görselinin alındığı website adresi 10.04.2018
<http://www.azahner.com/solanum-steel.cfm>,
- [17] Bluescope® Websitesi adresi <http://www.steel.com.au/products/uncoated-steel/xlerplate-steel/weathering-steel>, 10.04.2018.
- [18] John Deere World Headquarters görselinin alındığı website adresi,
http://qctimes.com/john-deere-world-headquarters/image_1ea1923e-ec15-527c-aec4-57ba386b4885.html, 10.04.2018.
- [19] John Deere World Headquarters görselinin alındığı website adresi
<http://www.architectmagazine.com/project-gallery/deere-company-administrative-center>, 10.04.2018.
- [20] John Deere World Headquarters içeriden görünümünün alındığı websitesi adresi, <http://ncrsresearch.blogspot.com.tr/2015/05/>, 10.04.2018.
- [21] Eero Saarinen: shaping the future (2006), Eero Saarien, Edited by Eeva-Liisa Pelkonen, Donald Albrecht.
- [22] IAIS Raccoon River Bridge görselinin alındığı website adresi, 10.04.2018.
<http://johnmarvigbridges.org/IAIS%20Raccoon%20River%20Bridge.html>,
- [23] Chicago Civic Center görselinin alındığı website adresi, 10.04.2018.
<http://www.flickrriver.com/photos/faasant/3453078793/>
- [24] Chicago Civic Center görselinin alındığı website adresi, , 10.04.2018.
<http://www.archdaily.com/570427/last-is-more-the-miesian-lesson/546f93c2e58ece2295000010-william-zbaren-co>
- [25] COR-TEN® Picasso Heykeli görselinin alındığı website adresi, 10.04.2018.
<http://www.widewalls.ch/pablo-picasso-sculpture/>
- [26] COR-TEN® Picasso Heykeli görselinin alındığı website adresi,
<http://kids.britannica.com/comptons/art-181458/A-welded-steel-sculpture-by-Pablo-Picasso-stands-in-the>, 10.04.2018.
- [27] York University Footbridge görselinin alındığı website adresi,
http://www.steelconstruction.info/Weathering_steel, 10.04.2018.
- [28] York University Footbridge güncel görselinin alındığı website adresi,
<http://happyontist.blogspot.com.tr/2016/04/yorkshire-bridges-8-weathering-steel.html>, 10.04.2018.
- [29] U.S. Steel Pittsburgh Tower görselinin alındığı website adresi,
<http://legacy.skyscrapercenter.com/pittsburgh/us-steel-tower/801/>, 10.04.2018.
- [30] U.S. Steel Pittsburgh Tower görselinin alındığı website adresi, 10.04.2018.
<http://www.post-gazette.com/business/development/2016/09/19/Sources-Owner-of-U-S-Steel-Tower-exploring-possible-sale/stories/201609190174>,

- [31] New River Gorge Bridge görselinin alındığı website adresi, 10.04.2018.
<https://tr.pinterest.com/pin/281543703524354/>,
- [32] Newburgh-Beacon Bridge görselinin alındığı website adresi, 10.04.2018.
<http://keywordsuggest.org/gallery/321731.html>,
- [33] Richard Serra'nın tasarımı Fulcrum görselinin alındığı website adresi,
[https://en.wikipedia.org/wiki/Fulcrum_\(sculpture\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Fulcrum_(sculpture)), 10.04.2018.
- [34] Crystal Palace Konseri Platformu görselinin alındığı websitesi adresi,
http://www.ianritchearchitects.co.uk/projects/concert_stand/, 10.04.2018.
- [35] Sculptors of Richard Serra görselinin alındığı websitesi adresi,
<http://www.ideelart.com/module/csblog/post/227-1-richard-serra.html>,
10.04.2018.
- [36] Mimari yapı görsel örneklerinin alındığı websitesi adresi, 10.04.2018.
<https://tr.pinterest.com/>
- [37] Can Gili Footbridge görselinin alındığı websitesi adresi, 10.04.2018.
<http://www.architravel.com/architravel/building/can-gili-footbridge/>
- [38] The Wyckoff Exchange görselinin alındığı website adresi, 10.04.2018.
<http://www.contemporist.com/11-examples-of-architecture-using-weathering-steel/>
- [39] The Wyckoff Exchange binası kesit detayı görselinin alındığı website adresi,
<http://openbuildings.com/buildings/wyckoff-exchange-profile-42573/media#>
10.04.2018.
- [40] Vanke Triple V Gallery görselinin alındığı website adresi, 10.04.2018.
<http://www.contemporist.com/11-examples-of-architecture-using-weathering-steel/>
- [41] Mimari yapı görsel örneklerinin alındığı websitesi adresi, 10.04.2018.
<https://www.archdaily.com>
- [42] Mimari yapı görsel örneklerinin alındığı websitesi adresi, 10.04.2018.
<https://www.dezeen.com>
- [43] Alaşım Elementlerinin Çeliğin Yapısına Etkisi
<http://www.haddemetal.com/tr/Download/Alasim%20Elementlerinin%20Celi gin%20Yapisina%20Etkisi.pdf>
- [44] Moser, A., and Leget, A., (1969). "Determining Hardenability from Composition", Harterei- Techn.Mitt., 24, No. 2, 100-105.
- [45] Akma-çekme dayanımı diyagramının alındığı websitesi adresi, 10.04.2018.
<https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=400>
- [46] Alaşım elementlerinin alındığı websitesi adresi,
<https://dokumhane.net/2017/01/25/celiklerde-alasim-elementlerinin-etkileri/>,10.04.2018.
- [47] Alaşım elementlerinin alındığı websitesi adresi, 10.04.2018.
<http://www.teknikguc.com/alasim-elementleri.php>

- [48] Alaşım elementlerinin alındığı websitesi adresi, 10.04.2018.
<https://www.linkedin.com/pulse/21-chemical-elements-effects-steel-mechanical-properties-jeremy-he>
- [49] Alaşım elementlerinin alındığı websitesi adresi, 10.04.2018.
<https://www.steeltank.com/Portals/0/Articles>.
- [50] Malzeme yaşlanma örneğinin alındığı websitesi adresi, 10.04.2018.
<https://www.indiamart.com/proddetail/corten-steel-14413415830.html>,
- [51] Malzeme yaşlanma örneğinin alındığı websitesi adresi, 10.04.2018.
<https://www.buymetalonline.co.uk/product-ranges/mild-steel/corten-steel-en.html>
- [52] Malzeme yaşlanma örneğinin alındığı websitesi adresi, 10.04.2018.
<http://www.bespokeplanters.co.uk/product/corten-steel-planters/>,
- [53] Malzeme yaşlanma örneğinin alındığı websitesi adresi,
<http://www.instructables.com/id/Produce-a-Rich-Rust-Patina-on-Iron-and-Steel-Safe/>>, 10.04.2018.
- [54] Indaten[®] and Arcorox[®], ArcelorMittal, 10.04.2018.
http://industry.arcelormittal.com/repository2/fce/Brochures/Indaten_brochure_EN.pdf,
- [55] Cone, E. F. (1934), “Low-alloy high tensile steels” Steel, 41–44.
- [56] Prof.Dr. Ayşegül Akdoğın Eker, Korozyon Sunumu
http://www.yildiz.edu.tr/~akdogan/lessons/korozyonvekoruma/Korozyon_Korozyon_Mekanizmalari.pdf
- [57] Corrosion & Degradation of Materials, Materials Science and Engineering. Chapter 11, 10.04.2018.
<http://www.ndhu.edu.tw/ezfiles/29/1029/img/2481/Chapter17Corrosion&DegradationofMaterials.pdf>,
- [58] Zhang X., Yang S., Zhang W., Guo H., He, X, (2014). “Influence of Outer Rust Layers on Corrosion of Carbon Steel and Weathering Steel During Wet–Dry Cycles”. Corrosion Science 82, 165-172.
- [59] Mizoguchi, T. Ishii, Y. Okada, T. Kimura, M. Kihira, H.(2005). “Magnetic Property Based Characterization of Rust on Weathering Steels”, Corrosion Science 47, 2477– 2491.
- [60] Choi, Y.S. Shim, J.J. Kim, J.G. (2005). “Effects of Cr, Cu, Ni and Ca on the Corrosion Behavior of Low Carbon Steel in Synthetic Tap Water”, Journal of Alloys and Compounds,391.162–169.
- [61] Zhou, Y., Chen, J. , Xu, Y., Liu, Z. (2013). “Effects of Cr, Ni and Cu on the Corrosion Behavior of Low Carbon Microalloying Steel in a Cl Containing Environment”, Journal of Materials Science & Technology 29,168–174.
- [62] Morcillo, M., et al. (2013). “Atmospheric Corrosion Data of Weathering Steels. A Review”. Corrosion Science 77, 6 –24.

- [63] Coburn, S.K, (1978). "Increasing Container Service Life with Painted USS COR-TEN Steel. Container Technology", Vol.II, Proc.2nd Container Technology Conference, Brighton, England, 177-199.
- [64] Angel of the North, Newcastle – England görselinin alındığı website adresi, <https://tr.pinterest.com/annegela/angel-of-the-north/?!p=true>
- [65] Melchers, R.E. (2008). "A New Interpretation of the Corrosion Loss Processes for Weathering Steels in Marine Atmospheres". Corrosion Science 76, 3446-3454.
- [66] Laarabee, C.P, Coburn, S.K, (1961). "The Atmospheric Corrosion of Steels As Influenced by Changes in Chemical Composition". Proc. of the 1st International Congress on Metallic Corrosion, Butterworth Press, London, 276-285.
- [67] Specification for Highway Bridges, Japan Road Association, Tokio, 2002.
- [68] Cook, D.C, (2007). "An Active Coating and New Protection Technology for Weathering Steel Structures in Chloride Containing Environments", NACE international, Tennessee, U.S.A.
- [69] Cook, D.C (2005). "Spectroscopic Identification of Protective and Non protective Corrosion Coatings on Steel Structures in Marine Environments", Corrosion Science 47, 2550-2570.
- [70] Technical Report: Guideline for Designing and Construction of Bridges by Weathering Steel, Kozai Club (Ed.), Tokyo, 1993.
- [71] Cook, D.C. (2004). "The Corrosion of High Performance Steel in Adverse Environments", International Symposium on the Industrial Applications of the Mössbauer Effect, Madrid, pp. 63-72.
- [72] Knotkova, D., Barton, K, (1982). "Corrosion Aggressivity of Atmospheres, STP. Atmospheric Corrosion of Metals". American Society for Testing and Materials, Editors: S.S.W. Dean and E.C. Rhea, Philadelphia, 225-249.
- [73] T. Kamimura, S. Hara, H. Miyuki, M. Yamahita, H. Uchida, (2006). "Composition and protective ability of rust layer formed on weathering steel exposed to various environments". Corrosion Science 48. 2709–2812.
- [74] Kawabata, F. Matsui, K. Obinata, T. Komori, T. Takemura, M. Kubo, T. (2004). "Steel plates for bridge use and their application Technologies", JFE Technical Report No. 2, JFE Steel, Japan.
- [75] Southwell, C.R. Bultman, J.D. Alexander, A.L. (1976). "Corrosion Of Metals In Tropical Environments. Final Report Of 16-Year Exposures", Materials Performance 15 (7). 9–25
- [76] Cor-Ten (2008) , Prepered by Nippon Steel & Sunitomo Metal , 10.04.2018. https://www.nssmc.com/product/catalog_download/pdf/A006en.pdf
- [77] Aramendia, J. et al. (2013). "Multianalytical Approach to Study the Dissolution Process of Weathering Steel: The Role of Urban Pollution", Corrosion Science 50 , 154 –162.

- [78] Melchers, R.E., Wells, P.A. (2006). "Models for the anaerobic phases of marine immersion corrosion". *Corrosion Science* 48. 1791–1811.
- [79] Melchers, R.E. (2008). "A New Interpretation of the Corrosion Loss Processes for Weathering Steels in Marine Atmospheres". *Corrosion Science* 76, 3446-3454
- [80] Long, H. Sixun, Z. Junhua, D. Wei, K. (2012). "A Study of the Evolution of Rust on Mo–Cu-Bearing Fire-Resistant Steel Submitted to Simulated Atmospheric Corrosion" *Corrosion Science* 54, 244–250.
- [81] Vit, K., Monika, K., Katerina, K., Viktor, U. (2017). "Characterization of Corrosion Products on Weathering Steel Bridges Influenced by Chloride Deposition" *Metals*, 7, p. 336
- [82] M.E. Komp, S.K. Coburn, S.C. Lore, (1993). "Worldwide Data on the Atmospheric Corrosion Resistance of Weathering Steels, in: Proc. 12th Int. Corrosion Congress", NACE International, Houston TX, pp. 509–52
- [83] www.wikipedia.org tr
- [84] The History Of Corten, All Steel Fabrications, 10.04.2018.
<http://allsteelsculpture.com/history-of-corten-sculptures>
- [85] Metaller-3(2016), Idmaterial <http://idmaterial.com/2016/02/24/metaller-3/>
- [86] Galvanik Korozyon, 10.04.2018.
<http://www.ndhu.edu.tw/ezfiles/29/1029/img/2481/Chapter17-Corrosion&DegradationofMaterials.pdf> , 10.04.2018.
- [87] Thomassen, Sven E. /Ewart, Carolyn S. (1985). Detailing of Weathering Steel Facades. <https://www.e-periodica.ch/cntmng?pid=bse-re-003:1985:48::28>
- [88] The Salt Spray Test and Its Use in Ranking Stainless Steels, (2008). International Stainless Steel Forum, http://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/ISSF_The_salt_spray_test_and_its_use_in_ranking_stainless_steels.pdf, 10.04.2018.
- [89] Fassaden aus wetterfestem baustahl, 10.04.2018.
http://www.stahl-online.de/wp-content/uploads/2013/10/D585_Fassaden_aus_Wetterfestem_Baustahl.pdf
- [90] İklim değerlerinin alındığı websitesi adresi, <http://www.meteovista.com.tr>, 10.04.2018.

METALLERİN KİMYASAL REAKSİYONLARI

Çizelge Ek A. 1 Elektrokimyasal reaksiyonlar ve farklı metallerin kullanımı sonucu galvanik korozyon oluşum şeması

	Elektrot Reaksiyonu (İndirgeme)	Potansiyel Elektrot Potansiyeli, V° (V)
İndirgeme	$Au^{3+} + 3e^- \rightarrow Au$	+1.420
	$O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$	+1.229
Durağanlaşma (katodik)	$Pt^{2+} + 2e^- \rightarrow Pt$	~+1.200
	$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	+0.800
	$Fe^{3+} + e^- \rightarrow Fe^{2+}$	+0.771
	$O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4(OH^-)$	+0.401
	$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	+0.340
	$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	0.000
	$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	-0.126
	$Sn^{2+} + 2e^- \rightarrow Sn$	-0.136
	$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$	-0.250
	$Co^{2+} + 2e^- \rightarrow Co$	-0.277
Aktifleşme (anotik)	$Cd^{2+} + 2e^- \rightarrow Cd$	-0.403
	$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$	-0.440
	$Cr^{3+} + 3e^- \rightarrow Cr$	-0.744
	$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$	-0.763
	$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	-1.662
	$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	-2.363
	$Na^+ + e^- \rightarrow Na$	-2.714
	$K^+ + e^- \rightarrow K$	-2.924
(Oksidasyon)		

Galvanik serisi

Durağanlaşma (katodik)	Platin
	Altın
	Granit
	Titanyum
	316 Paslanmaz çelik(pasif)
	304 Paslanmaz çelik (pasif)
	Inconel (80Ni-13Cr-7Fe)(pasif)
	Nikel(pasif)
	Monel (70Ni-30Cu)
	Bakır-Nikel alaşımı
Aktifleşme (anotik)	Bronzlar (Cu-Sn alaşımları)
	Bakır
	Pirinç (Cu-Zn alaşımı)
	Inconel (aktif)
	Bikel (aktif)
	Kalay
	Kurşun
	316 Paslanmaz çelik(aktif)
	304 Paslanmaz çelik (aktif)
	Dökme demir
Demir ve çelik	
Alüminyum alaşımı	
Kadmiyum	
Ticari saf alüminyum	
Çinko	
Magnezyum ve alaşımları	

WS ELEMANLARIN ÇEKME TESTİ VE UYGULAMA ALANLARI

Çizelge Ek B. 1 Bazı WS tipleri üzerinde yapılan çekme testi sonuçları [76]

İsim	Ürün	Çekme Testi				
		Kalınlık, Çap mm	Akma Dayanımı (MPa)	Kopma Dayanımı (MPa)	Kalınlık, Çap mm	Şekildeğ. (%)
COR-TEN O	SOĞUK HADDE. LEVHA	$t \leq 2.3$	≥ 315	≥ 450	-	≥ 24
	SICAK HADDE. LEVHA, PLAKA	$t \leq 20$	≥ 355	≥ 490	$t \leq 5$	≥ 22
		$38 \geq t > 20$	≥ 325	≥ 460	$16 \geq t > 5$	≥ 18
		$t > 38$	≥ 295	≥ 430	$38 \geq t > 16$	≥ 21
					$t > 38$	≥ 21
	ÇUBUK, BOBİN	$D \leq 38$	≥ 325	≥ 460	$D \leq 25$	≥ 20
$D > 38$		≥ 295	≥ 430	$D > 25$	≥ 23	
COR-TEN 490 A/B/C	SICAK HADDE. LEVHA, PLAKA	$t \leq 16$	≥ 360	490~610	$t \leq 16$	≥ 15
		$40 \geq t > 16$	≥ 355		$t > 16$	≥ 19
		$t > 40$	≥ 335		$t > 40$	≥ 21
COR-TEN 570	SICAK HADDE. LEVHA, PLAKA	$t \leq 16$	≥ 460	570~720		≥ 19
		$40 \geq t > 16$	≥ 450			≥ 26
		$t > 40$	≥ 430			≥ 20
NAW™ 400	SICAK HADDE. LEVHA, PLAKA	-	≥ 245	400~510		≥ 21
NAW™ 490	SOĞUK HADDE. LEVHA	-	≥ 345	≥ 460		≥ 17
	SICAK HADDE. LEVHA, PLAKA	-	≥ 390	≥ 490		≥ 22
NAW-TEN™12-400 A/B/C NAW-TEN™15-400 A/B/C	SICAK HADDE. LEVHA, PLAKA	$t \leq 16$	≥ 245	400~540		≥ 23
		$40 \geq t > 16$	≥ 235			≥ 21
		$100 \geq t > 40$	≥ 215			≥ 23
NAW-TEN™12-490 A/B/C NAW-TEN™15-490 A/B/C	SICAK HADDE. LEVHA, PLAKA	$t \leq 16$	≥ 365	490~610		≥ 15
		$40 \geq t > 16$	≥ 355			≥ 19
		$75 \geq t > 40$	≥ 335			≥ 21
		$100 \geq t > 40$	≥ 325			≥ 21
NAW-TEN12-570 NAW-TEN15-570	SICAK HADDE. LEVHA, PLAKA	$t \leq 16$	≥ 460	570~720		≥ 19
		$40 \geq t > 16$	≥ 450			≥ 26
		$75 \geq t > 40$	≥ 430			≥ 20
		$100 \geq t > 40$	≥ 420			≥ 20

Atmosferik korozyona dayanıklı çeliklerin karakteristiklerine bağlı olarak uygulama alanları Çizelge Ek B .2'de gösterilmiştir.

Çizelge Ek B. 2 WS Çelikler ve Genel Özellikleri [76]

ÇELİK SINIFI	İSİM	UYGULANABİLİR KALINLIK (mm)	ÖZELLİK	ANA UYGULAMALAR
YÜKSEK WS ÜRÜNLERİ	COR-TEN O	SICAK HADDE. LEVHA ve PLAKA $1.6 \leq t \leq 76$ SOĞUK HADDE. PLAKA $0.4 \leq t \leq 2.3$ ÇUBUK $5.5 \leq t \leq 44$ DİĞER* $6 \leq t \leq 38$	•Atmosferik koşullara dayanımda yüksek performans gösterdiği için boyasız kullanımlar için en uygun çeşittir.	•Pencere kanadı, panel ve diğer yapı dış elemanları •Denizcilik konteynerleri •Çelik kulelerde
BOYASIZ KAYNAKLI YAPILARDA BOYASIZ WS ÜRÜNLERİ	COR-TEN 490A/B/C	SICAK HADDE. LEVHA ve PLAKA $6 \leq t \leq 50$ DİĞER $6 \leq t \leq 38$	•Atmosferik koşullara dayanımı yüksektir, boyasız kullanılabilir. •Yüksek kaynaklanabilirlik ve tokluk nedeniyle, kaynaklı yapılar için önerilir.	•Köprüler •Çelik iskelet, çelik kule vb •Vinç ve diğer endüstriyel makineler •Su tankları, düşük basınçlı gaz tutucu •Büyük ölçekli gemiler
	COR-TEN 570	SICAK HADDE. LEVHA ve PLAKA $6 \leq t \leq 76$		
GENEL WS ÜRÜNLERİ	NAW™ 400	SICAK HADDE. LEVHA ve PLAKA $1.6 \leq t \leq 12.7$ DİĞER $3.2 \leq t \leq 12.7$	•Özellikle ekonomik açıdan boyanarak kullanılması tavsiye edilir. •Yüksek dayanımlıdır, yüksek nem oranına dayanıklıdır.	•Kolon, kiriş ve konteynır dış panelleri •Hazır beton araçları •Küçük kapasiteli kompresör tankı
	NAW™ 490	SICAK HADDE. LEVHA ve PLAKA $1.6 \leq t \leq 76$ SOĞUK HADDE. PLAKA $0.4 \leq t \leq 2.3$ DİĞER $6 \leq t \leq 38$		
Nİ TİPİ YÜKSEK WS ÜRÜNLERİ	NAW-TEN™ 12 -400A/B/C -490A/B/C -570	SICAK HADDE. LEVHA ve PLAKA $6 \leq t \leq 100$	•Atmosferik koşullara dayanımda yüksek performans gösterdiği için boyasız kullanımlar için en uygun çeşittir. •Yüksek kaynaklanabilirlik ve çentik tokluğu nedeniyle bu sınıfın kaynaklı yapılar için kullanılması önerilir. •Mekanik özellikler, kimyasal bileşim hariç olmak üzere JIS SMA* standardına uygundur.	•Köprü •Çelik kuleler •Bina dış üniteleri
	NAW-TEN™ 15 -400A/B/C -490A/B/C -570			
* Levha, plaka ve çubuk haricindeki şekilli elemanlar ** Sıcak haddelenmiş konteyner çelik levha malzemesi olan SMA400BW; Cu, Cr ve Ni ilavesi ile oluşturulan, atmosferik koşullara dayanıklı bir konteyner çeliğidir. ** Tokyo, Japonya baz alınmıştır.				

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Kübra Cansu ES
Doğum Tarihi ve Yeri : 19.03.1991, Üsküdar
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : kubracansues@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Mimarlık/ Yapı	Yıldız Teknik Üniversitesi	2018
Lisans	Mimarlık	Beykent Üniversitesi	2013
Lise	Fen	Erkut Soyak Anadolu Lisesi	2009

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2016	Antre Design Mimarlık	3d Görselleştirme Uzmanı / Tasarım / Ofis Mimarı
2015	Delta Mobilya	3d Görselleştirme Uzmanı / Ofis Mimarı
2013	Cevahir Holding	Saha Mimarı

YAYINLARI

Uluslararası Makale

1. Es,K.C. ve Girgin,Z.C., (2017). “Cephe Malzemesi Olarak Atmosferik Korozyona Dayanıklı Çelikler ve Dayanıklılığa Etki Eden Faktörler” AURUM-Journal of Engineering Systems and Architecture, Vol 1, Sayı 2, s.109-120.

Ulusal Bildiri

Es,K.C. ve Girgin,Z.C., (2018). “Atmosferik Korozyona Dayanıklı Çelik Cephe Panellerinin Çevresel Koşullar Açısından Değerlendirilmesi”, 9.Ulusal Çatı&Cephe Konferansı, Çatıder, Kültür Üniversitesi Yerleşkesi, İstanbul.

