

# Sürdürülebilir Tasarım İçin Sıcak Daldırma Galvaniz



**Hazırlayan**

American Galvanizers Association  
(AGA)

**Çeviri**

Çağ Çeviri - İzmit

**Editör**

Alper Akçam  
S.Burcu Akman

**Yönetim Yeri**

İçmeler Mahallesi Aydınli Yolu Cad.  
Kardelen Apt. No.10 K.6 Daire 24  
Tuzla - İstanbul - Türkiye

Tel : +90 216 445 71 21 - 57

Faks: +90 216 445 74 10

**Basım Tarihi:**

Şubat 2018 İstanbul

[www.galder.org.tr](http://www.galder.org.tr)

[info@galder.org.tr](mailto:info@galder.org.tr)

**Tasarım-Baskı**

Ege Reklam Basım Sanatları San. Tic. Ltd. Şti.

Esatpaşa Mah. Ziyapaşa Cad. No:4

34704 - Ataşehir / İSTANBUL

Tel : 0216 470 44 70

Faks: 0216 472 84 05

[www.egebasim.com.tr](http://www.egebasim.com.tr)

Her Hakkı Saklıdır © Genel Galvanizciler Derneği  
GALDER İktisadi İşletmesi.

Bu kitapta yayınlanan yazı, grafik, tablo ve resimler  
izinsiz kullanılamaz; kitabın tamamı ya da bir bölü-  
mü izin alınmadan çoğaltılamaz.  
Yukarıdaki maddeyle ilgili sorularınız ve izin işlemleri  
için lütfen derneğimizle görüşünüz.

**Genel Galvanizciler Derneği (GALDER)**

2008 yılında kurulan Genel Galvanizciler Derneği  
(GALDER) sektörün önde gelen firmalarını tek bir  
çatı altında toplamayı başarmıştır. Bugün, üyesi olan  
56 firmadan aldığı güçle sektöre ışık tutan derne-  
ğimiz, sıcak daldırma galvaniz kaplama kullanımını  
yaygınlaştırmayı hedefler. Yurt içinde ve yurt dışında  
resmi ve özel kuruluşlarla stratejik işbirlikleri yapar.  
Gerçekleştirdiği çalışmalarla sektörün büyümesine  
katkı sağlar. Meslek standartlarını ve iş etiğini geliş-  
tirir. Galvaniz sektörü ile ilgili hukuki, ekonomik ve  
teknik konularda kurum ve kuruluşlara danışmanlık  
hizmeti veren GALDER, sektör hakkında kamuoyunu  
bilgilendirir.

*Bu kitap Genel Galvanizciler Derneği GALDER  
tarafından Uluslararası Çinko Birliği'nin  
(International Zinc Association - IZA)  
desteğiyle yayınlanmıştır.*

# İçindekiler

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Giriş .....                                                            | 4         |
| <b>ÇELİK + ÇİNKO: SAĞLIKLI METAL .....</b>                             | <b>5</b>  |
| Sonsuz Yenilenebilir Kaynaklar .....                                   | 6         |
| <b>SICAK DALDIRMA GALVANİZ .....</b>                                   | <b>7</b>  |
| Yüzey Hazırlama .....                                                  | 7         |
| Galvanizleme .....                                                     | 7         |
| Kontrol .....                                                          | 7         |
| SDG Faydaları .....                                                    | 8         |
| <b>SICAK DALDIRMA GALVANİZLİ ÇELİĞİN ÇEVRESEL VERİMİ .....</b>         | <b>9</b>  |
| SDG & LEED .....                                                       | 9         |
| Çevresel Ürün Beyanı (EPD) .....                                       | 11        |
| Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA) .....                              | 15        |
| LCA Vaka Çalışmalarıyla Galvaniz Kaplama ve Boya Karşılaştırması ..... | 17        |
| Balkon Vaka Çalışması .....                                            | 17        |
| Otopark Vaka Çalışması .....                                           | 19        |
| <b>SICAK DALDIRMA GALVANİZLİ ÇELİĞİN EKONOMİK VERİMİ .....</b>         | <b>20</b> |
| Başlangıç Maliyeti .....                                               | 21        |
| Yaşam Döngüsü .....                                                    | 21        |
| LCC Vaka Çalışmalarıyla Galvaniz Kaplama ve Boya Karşılaştırması ..... | 21        |
| Balkon Vaka Çalışması .....                                            | 22        |
| Otopark Vaka Çalışması .....                                           | 23        |
| <b>SICAK DALDIRMA GALVANİZLİ ÇELİĞİN SOSYAL VERİMİ .....</b>           | <b>24</b> |
| <b>ÖZET .....</b>                                                      | <b>25</b> |

©2017 Amerikan Galvanizciler Birliği. (AGA) Burada sıralanan malzemeler, imalat sonrası sıcak daldırma galvanizli çelik hakkında doğru ve yetkili bilgi sağlamak için geliştirilmiştir. Bu materyal sadece genel bilgi sağlar; uygunluğun ve uygulanabilirliğin yetkili mesleki merciler tarafından muayene ve doğrulamasının yerini alması amaçlanmamıştır. Burada verilen bilgiler AGA'yı temsilen veya AGA'nın garantisi olarak verilmemiştir. Bu bilgileri kullanan herkes, bu tür bir kullanımdan kaynaklanan tüm yükümlülükleri üstlenir.

**S**anayi Devrimi 18. ve 19. yüzyıllara hakim oldu ve birçokları sanayi devriminin 20. yüzyıla teknoloji devrimini getirdiğini iddia ediyor. Son 300 yılda dünyanın kaydettiği tüm ilerlemeler göz önünde bulundurulduğunda, 21. yüzyılın hangi atılımlara gebe olduğu merak konusudur. Eğer ilk on yıl bir gösterge ise, bir sonraki devrim sürdürülebilir kalkınma olacaktır.



Sürdürülebilir gelişim (SG), gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama yeteneğinden ödün vermeksizin, bugünün ihtiyaçlarını karşılayan, büyüme ve gelişme için sosyal, ekonomik ve çevresel bir taahhüttür. Daha sürdürülebilir bir topluluk, ulus ve dünya yaratmak arzu edilmektedir ve insan yapısı çevrenin geliştiricileri (mimarlar, mühendisler, malzeme tedarikçileri, vb.) mevcut neslin ve gelecek nesillerin çıkarlarını korumak için büyük bir sorumluluk üstlenmektedir.

Çevre bilincinin artmasıyla birlikte, yeşil göz boyama olarak da bilinen yanlış veya yanıltıcı bilgi yaymak suretiyle yapılan yeşil pazarlama iddialarının sayısı da artmaktadır. Bu nedenle, teknik özellik belirleyicileri ve tüketicileri gerçek sürdürülebilirliği sahte iddialardan nasıl ayırt edebilecekleri konusunda eğitmek gereklidir. Sanayi devriminden bu yana modern inşaatın hayatı bir bileşeni olan çelikten yararlanma, dünyanın her yerinde altyapı konusunda sürdürülebilir kalkınmaya olumlu katkıda bulunabilir. Çelik sağlam bir yapı malzemesidir; ancak korumasız bırakıldığında ve atmosfere maruz kaldığında korozyona yenik düşebilir. Bu nedenle, bu ortamlarda kullanılan çelik, dayanıklılığını ve ömrünü artırmak için kaplanmalıdır.

Sürdürülebilirlik, sıcak daldırma galvanize (SDG) özgüdür, metalürjik olarak çinkoyu çeliğe bağlama sürecidir ve sürdürülebilir kalkınmanın bir eğilim olmasından çok önce galvanizleme endüstrisinin teşvik ettiği bir mesajdır. Sıcak daldırma galvaniz, sadece on yıllarca bakım gerektirmeyen uzun ömür sağlamakla kalmaz; ana bileşenleri olan çinko ve çeliğin doğal, bol miktarda bulunabilir ve % 100 geri dönüştürülebilir malzemeler olmasıyla galvanizli çeliği sonsuza kadar yenilenebilir bir yapı malzemesi yapar.



Sıcak daldırma galvaniz, minimum ekonomik veya çevresel etkiyle zamanı aşarak kendini kanıtlamış bir çelik korozyon koruma sistemidir. Sıcak daldırma galvanizli çelik kullanmak; doğal kaynakların daha az tüketilmesini, emisyon salınımının daha az olmasını ve bir projeye projenin ömrü boyunca daha az para harcanmasını sağlar.

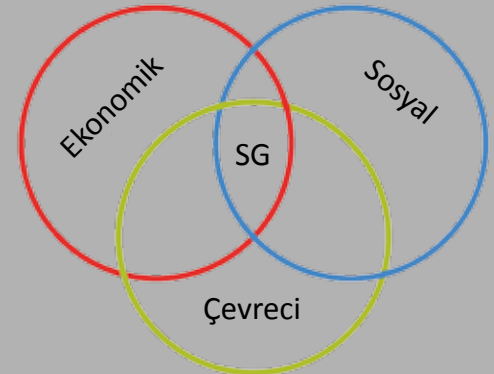
Bu yayın, sıcak daldırma galvanizli çeliğin sürdürülebilir gelişim devrimine nasıl olumlu katkıda bulunabileceğini ve gelecek nesillerin yaşam kalitesini nasıl koruyabileceğini açıklayacaktır.

### **Çelik + Çinko Sağlıklı Metal**

Sıcak daldırma galvanizli çeliğin çevreye etkisini incelemeden önce, korozyon koruma sisteminin birincil bileşenleri olan çinko ve demirin doğal olarak ve bol bulunan elementler olduğunu anlamak önemlidir. Demir cevheri (çelikteki ana bileşen), dünyanın kabuğunda bulunan dördüncü en bol elementtir ve sıcak daldırma galvaniz kaplamanın % 98'ini oluşturan çinko ise, yirmi dördüncüdür.

Çinko havada, suda ve toprakta doğal olarak bulunur - kayaların çoğunda ve birçok mineralde çinko miktarı değişir. Her yıl 5.8 milyon ton çinko, bitki ve hayvan yaşamı, yağış ve diğer doğal olaylar vasıtasıyla doğal bir devir daim içine girer. Çevredeki (ortamdaki) çinko miktarı yerden yere ve mevsimden mevsime göre değişir. Evrim sürecinde tüm canlı organizmalar çevrelerindeki çinkoya adapte olmuş ve onu belirli metabolik süreçler için kullanmışlardır.

“... yapılı çevre geliştiricileri, mevcut ve gelecek nesillerin çıkarlarını korumak için sorumluluğun büyük bir bölümünü üstlenmelidir.”



Aslında, sağlıklı metal olarak bilinen çinko, yaşam için çok önemlidir. En küçük mikro-organizmalardan insanlara kadar olan tüm canlılar yaşamak için çinkoya ihtiyaç duyarlar. Çinko, hücre bölünmesinde, büyümede ve yaraların iyileşmesinde kritik bir rol oynar. Aynı zamanda nefes alma, sindirim, üreme ve biliş gibi günlük vücut fonksiyonlarının yerine getirilmesinde de önemli paya sahiptir.

Hastalıkları önlemeye ve enfeksiyonla mücadeleye yardımcı olan bağışıklık sistemimiz üzerinde tüm mikro besinler arasında en güçlü etkiye sahip olan çinkodur.

Çinkonun fazlası zararlı olabilirse de, çinko eksikliği daha büyük bir endişe kaynağıdır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO), her yıl, gelişmekte olan ülkelerde, 800.000 kişinin diyetlerindeki çinko eksikliği nedeniyle öldüğünü tahmin ediyor. Yeterli miktarda çinko alamamaktan en çok çocuklar etkileniyor. Her yıl yaşanan ölümlerin yarısından fazlasını (450.000) beş yaşından küçük çocuklar oluşturuyor. Bu zayıf noktayla mücadele etmek için Uluslararası Çinko Birliği (IZA) Çinko Çocukları Kurtarır programını (zincsavekids.org) geliştirmek için UNICEF ile bir ortaklık kurdu.

Çinko günlük yaşamda da yaygın; aslında çinko oksitler ve diğer bileşikler birçok ev eşyasında kullanılır. Çinko destekli gıdalara ek olarak, çinko, tüm güneşten koruyucularda bulunur; çinko oksit, diğer tüm malzemeden daha fazla UV ışını engeller. Çinko aynı zamanda kozmetikte, lastiklerde ve gü-

neş yanığı, bebek bezi isiliği, akne, yaygın soğuk algınlığı, yanık ve daha birçok hastalığın tedavisinde kullanılır. Öte yandan, çinkonun en eski ve en yaygın kullanım alanlarından birisi; çelik için dayanıklı kaplamayla inşaattır.

## Sonsuz Yenilenebilir Enerji

Doğal ve bol olmalarının yanı sıra, hem çinko hem de çelik, herhangi bir fiziksel veya kimyasal özellik kaybı olmaksızın sonsuz geri dönüşümlüdür. Bu, diğer ürünleri kullanıp bir sonraki geri dönüşümde daha kalitesiz bir malzeme elde etmek yerine, çinko ve çeliğin bütünlüğünden ve kalitesinden ödün vermeden çinko ve çelik olarak tekrar tekrar geri dönüştürülüp kullanılabilir olduğu anlamına gelir. Bu nedenle, sıcak daldırma galvanizli çelik, evladiyelik bir üründür, çünkü çinko veya çelik için aslında “mezar” yoktur.

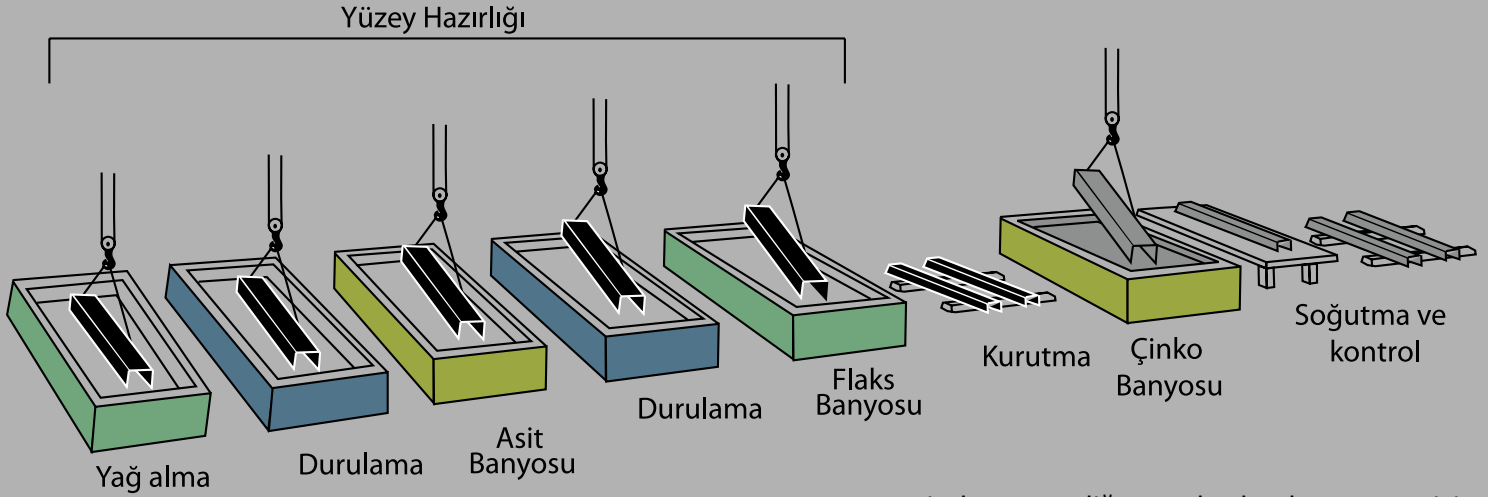
Sıcak daldırma galvanizli çeliklerin % 100 geri dönüşümlü olması çevresel etkiyi en aza indirmek için büyük bir fayda sağlamakla birlikte bu hikayenin yarısıdır. Hem çinko hem de çeliğin geri dönüştürülebilme yeteneği önemlidir, ancak bu pozitif katkıdan yararlanmak için, fiilen yeniden kullanım için geri çağırılmalıdır. Bu nedenle hem geri dönüştürülmüş içeriğin (geri dönüştürülmüş kaynaklardan üretilen bir ürünün miktarı) hem de ıslah oranının (bir ürünün faydalı ömrünün sonunda ne sıklıkta geri dönüştürüldüğü) dikkate alınması önemlidir. Çelik dünyada en çok geri dönüşümü yapılan malzemedir ve çinko da çok yüksek geri kazanım oranına sahiptir. Geri kazanılmış çinko ve çelik genelde tekrar kullanıma sokulur. (Tablo 1)

|                      | Çinko <sup>a</sup> | Çelik <sup>b</sup> |
|----------------------|--------------------|--------------------|
| Geri dönüşüm oranı   | %30                | %70                |
| Tüketim sonrası oran | % 14,6             | % 56,9             |
| Tüketim öncesi oran  | % 15,6             | % 31,4             |
| Islah oranı          | % 80               | % 100              |

<sup>a</sup> Uluslararası Çinko Birliği (IZA), Çinko Geri Dönüşümü, 2004

<sup>b</sup> Çelik Geri Dönüşüm Enstitüsü, Çelik Geri Dönüşümlü İçerikle LEED® i Alıyor, Mart 2009

Tablo 1



Şekil 1

## Sıcak Daldırma Galvaniz

Sıcak daldırma galvaniz (SDG), imal edilmiş çelik veya demirin erimiş çinko banyosuna daldırılması işlemidir. Sıcak daldırma galvaniz işleminde üç temel adım vardır: yüzey hazırlama, galvanizleme ve kontrol (Şekil 1).

### Yüzey Hazırlama

İşlenmiş çelik, galvanizleme tesisine geldiğinde telle asılır veya yük kaldırma vinçleri ile kaldırılıp taşınabilen bir raf sistemine yerleştirilir. Daha sonra çelik üç adımdan oluşan bir temizleme sürecinden geçer: yağ alma, asit banyosu, flaks banyosu. Yağ alma işlemiyle, kir, yağ ve organik kalıntılar giderilirken, asit banyosu malzemeyi hadde pulundan ve demir oksitten arındıracaktır. Yüzey hazırlamanın son aşaması olan flaks banyosu işlemi kalan oksitleri giderir ve galvanizleme öncesinde başka oksit oluşumunu önlemek için çeliği koruyucu bir tabaka ile kaplar. Uygun yüzey hazırlığı önemlidir, zira çinko kirli çelikle reaksiyona girmeyecektir.

### Galvanizleme

Yüzey hazırlandıktan sonra çelik, en az %98 çinko içeren eritilmiş (830 F / 450 °C) banyoya daldırılır. Çelik, havanın boru biçimle-

rinden veya diğer ceplerden kaçmasına izin veren bir açıyla banyoya indirilir ve çinko da parçanın içine, arasına ve üzerine akar. Kazana batırılırken, çeliğin içindeki demir çinko ile reaksiyona girerek bir dizi çinko-demir ara metalik katmanı ve saf bir çinko tabakası oluşturur.

### Kontrol

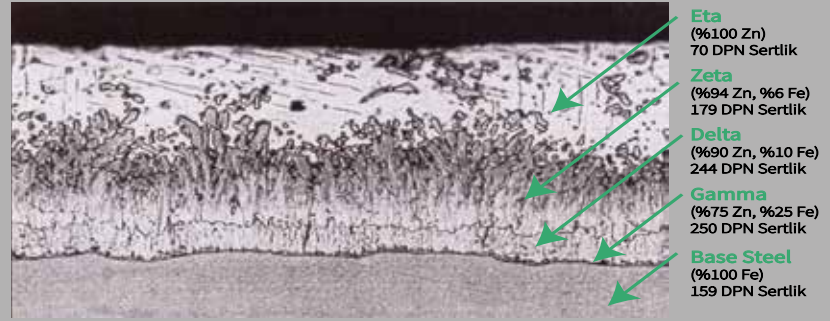
Son adım, kaplamanın kontrolüdür. Çinko kirli olmayan çelikle reaksiyona girmediği için parça üzerinde kaplanmamış bir alan bırakır, bu da görsel bir incelemede kaplamanın kalitesinin kesin bir şekilde belirlenmesini sağlar. Ayrıca, kaplama kalınlığının şartname gereklilikleriyle uyumlu olduğunu doğrulamak için bir manyetik kalınlık ölçer master kullanılabilir.

## SDG'nin Faydaları

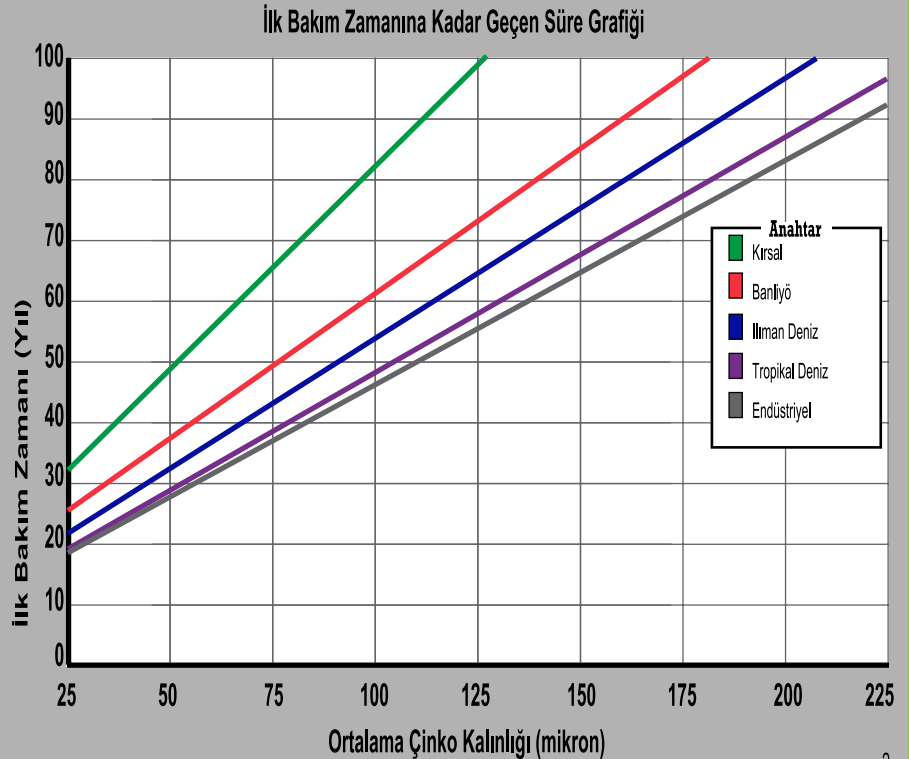
Sıcak daldırma galvaniz, koruduğu çeliğe bir takım avantajlar sağlar. Metalürjik olarak bağlı çinko-demir alaşımı tabakaları, sadece çelik ile çevre arasında bir bariyer oluşturmakla kalmayıp, çeliği katodik olarak da korur. Çinko tarafından sunulan katodik koruma, alttaki baz çeliğin korozyondan korunması için galvanizli kaplamanın kendisini feda etmesi anlamına gelir. Bağlanma mukavemeti yaklaşık 3,600 psi olan ve sıkıca yapışan kaplamada, intermetalik katmanlar taban çeliğinden daha sert olduğu için (Şekil 2) aşınmaya son derece dirençlidir. Bununla birlikte, kaplama hasar görse bile, çinkonun kendini feda etme işlemi, maruz kalmış çeliği yaklaşık 0,65 cm uzaklığa kadar koruyacaktır.

Sıcak daldırma galvaniz ile sunulan katodik korumaya ek olarak, kaplamanın ömrünü uzatan birkaç özelliği daha vardır. Birincisi, galvanizleme banyosu içerisinde gerçekleşen difüzyon reaksiyonu, kaplamanın yüzeye dik olarak büyümesine neden olur; tüm köşelerin ve kenarların düz yüzeylere en azından eşit kalınlığa sahip olmasını sağlar. Dahası, çinko banyosuna tam daldırma, içi oyuk yapıların içi de dahil olmak üzere çeliğin tamamının kaplanmasını sağlar. Son olarak, çinko kaplama doğal olarak, çinko patina olarak bilinen yüzey üzerinde geçirimsiz bir korozyon tabakası geliştirir. Patina, katodik koruma ve bütünsel kaplama, sıcak daldırma galvanizli çeliğe uzun süre bakım gerektirmeyen bir servis ömrü sağlar. Sıcak daldırma galvanizli çelik için ilk bakım zamanı Şekil 3'de görülebilir. Sıcak daldırma

galvanizli çelik kullanmanın faydaları hakkında daha fazla bilgi için GALDER yayınlarından Yeni Başlayanlar ve Kullanıcılar için Sıcak Daldırma Galvaniz kitapçığını inceleyebilirsiniz.



Şekil 2



\*İlk bakım zamanı alt tabaka çelik yüzeyin %5'inin paslanması için geçen süre olarak tanımlanır.

Şekil 3

## Sıcak Daldırma Galvanizli Çeliklerin Çevresel Verimi

Herhangi bir yapı malzemesinin üretimi, malzeme ve enerji girdileri; emisyon ve atık çıktıları gerektirir. Sürdürülebilir gelişimin anahtarı, imalatın optimizasyonu yoluyla ürün üretiminin çevresel etkilerini azaltmaktır.

Sürdürülebilir gelişimin sıkı sıkıya bağlı teknik özellik belirleyicileri, mevcut ve gelecek kuşaklara daha az yük olan yapı malzemelerinin seçimi için malzemelerin çevresel etkileri konusunda daha fazla şeffaf olunması ve objektif önlemler alınması için ısrarlı olmuştur.

### SDG & LEED®

2013'te Amerika Birleşik Devletleri Yeşil Bina Konseyi (the U.S. Green Building Council - USGBC), Ekim 2016'da tamamen entegre olan LEED® v4 derecelendirme sistemini onayladı. Yeni sistem, daha sürdürülebilir yapı ürünlerinin seçimini kolaylaştırmak için malzemelerin daha fazla şeffaf olmasını hedefleyen yenilenmiş Malzeme ve Kaynaklar kredi alanını içermektedir. Geçmişte, LEED® daha subjektif ve kuralcıydı, ancak v4 bir binanın sürdürülebilirliğini değerlendirmek için daha objektif önlemlere odaklandı. LEED® v4'te, Malzemeler Kaynaklar kredisi kategorisi, geri dönüştürülmüş içerik, VOC seviyeleri gibi tek kriterden, yapı malzemelerinin çevresel etkisini değerlendirmek için kapsamlı bir yaklaşıma geçmiştir. Yeni Yapı Malzemesi Bilgilendirme ve Optimizasyon (Building Product Disclosure & Optimization - BPDO) kredileri doğrudan malzeme şeffaflığı ve tedarik zinciri sorumluluğu ile ilgilidir.

Materyaller ve Kaynaklar alanı<sup>1</sup> içinde üç temel BPDO kredisi bulunmaktadır: Çevresel Ürün Beyanları (EPD'ler), Hammaddelerin Kaynağı ve Malzeme Bileşenleri (Sağlık Ürünü Beyanları – HPDs). Her BPDO kredisi bir ila üç arasında puanlandırılır ve proje ekibinin Seçenek 1 kapsamında bir noktaya ulaşmak için beş farklı üreticiden en az 20 malzeme hakkında bilgi toplamasını ve sunmasını gerektirir.

Buna ek olarak, AGA, galvanizcinin işleminde kullandığı çinko türüne (yüksek dereceli / özel yüksek dereceli veya prime western) dayalı Sağlık Ürün Bildirgeleri'ni (HPD) geliştirdi. Bu HPD'ler, gerekliliğe yönelik bir ürün saymak için gerekli kimyasal envanter verileri içeren çinko ürünlerinde Güvenlik Bilgi Formlarına (SDS) bağlanır. HPD'ler HPD Collaborative aracılığıyla bulunabilir veya [galvanizeit.org/hpd](http://galvanizeit.org/hpd) adresinden indirilebilir.

### Sürdürülebilir Gelişimin Ölçümü

Teknik özellik belirleyicileri bir ürün veya sürecin sürdürülebilirliğini ölçmek için bir takım çevresel etki değerlendirme yöntemleri kullanılabilir; Bununla birlikte, tüm yöntemlerin güçlü ve zayıf yönleri vardır. En tanınmış yeşil derecelendirme sistemlerinden biri ABD Yeşil Bina Konseyi tarafından hazırlanan Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik (LEED)'dir, ancak Uluslararası Yeşil İnşaat Kodu (IgCC) gibi diğer standartlar da daha olağan hale gelmektedir. Değerlendirme sistemlerinin ve standartların / kodların çoğu, kaynak / enerji girişlerini ve emisyon / atık çıktılarını ölçerek çevresel etkilerini değerlendirir. Sürdürülebilirlik göz önünde bulundurulduğunda yararlı olacak terimlerin bir listesi aşağıda verilmektedir.

Çevresel Ürün Beyanı (Environmental Product Declaration - EPD), belirlenen Ürün Kategorisi Kurallarına (Product Category Rules - PCR) göre bir LCA'dan gelen bir ürünün çevresel etkisini ölçmek için standartlaştırılmış bir yöntem olup, ISO 14025'e uyumlu bir şekilde bir üçüncü taraf tarafından doğrulanmıştır.

**Yeşil göz boyama:** bir şirketin çevreyle ilgili uygulamaları veya bir ürün ya da hizmetin faydaları hakkında tüketicileri yanıltma eylemidir.<sup>(2)</sup>

**Sağlık Ürünü Beyanı (Health Product Declaration - HPD):** bir Güvenlik Bilgi Formuna (SDS) benzer bir malzeme içerik listesi veya bir ürünün % 0.1'ine (1000 ppm) kadar olan kimyasal envanteridir.

**Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik (Leadership In Energy and Environmental Design - LEED):** ABD Yeşil Bina Konseyi (USGBC) tarafından yüksek performanslı yeşil binaların tasarımı, inşası ve işletilmesi için geliştirilen üçüncü taraf sertifikasyon derecelendirme sistemidir.

**Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (Life Cycle Assessment - LCA):** bir ürünün hammadde ediniminden kullanım ömrü sonuna kadar çevresel etkisini veya beşikten mezara bir çalışmayı hesaplamak için kullanılan bir yöntemdir.

**Yaşam Döngüsü Maliyeti (Life-cycle Costing - LCC):** bir ürünün ömrü boyunca toplam parasal maliyeti (başlangıç ve bakım) toplamıdır.

**Yaşam Döngüsü Envanteri (Life-Cycle Inventory - LCI):** LCA'nın veri toplama kısmı olup, hammadde, enerji ve emisyonlar dahil olmak üzere bir ürün sistemindeki tüm akışların ve çıkışların ayrıntılı bir şekilde izlenmesi, veya beşikten kapiya bir envanteridir.

**Ürün Kategorisi Kuralları (Product Category Rules - PCR):** belirli bir ürün kategorisinin EPD'lerine ilişkin kuralları ve gereklilikleri tanımlar. EPD'ler arasında şeffaflık ve karşılaştırılabilirlik sağladıkları için ISO 14025'in önemli bir parçasıdır.

**Sürdürülebilir Gelişim (SD):** gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılama kabiliyetinden ödün vermeden, bugünün ihtiyaçlarını karşılayan, büyüme ve gelişme için sosyal, ekonomik ve çevresel bir taahhüttür.

EPD ve LCA boyunca bir takım çevresel kriterler ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçlarını ortaya koymadan önce, kullanılan ölçütleri tanımlamak önemlidir.

**Birincil Enerji Talebi (Primary Energy Demand - PED):** mega Joule (MJ) olarak ölçülür ve bir ürünün imalatında tüketilen toplam yenilenebilir ve yenilenemez enerjidir.

**Jul (Joule - J):** işin veya enerjinin SI birimi; uygulama noktası, kuvvet yönünde bir metrelik bir mesafe boyunca ilerlediğinde, bir newtonun bir kuvveti tarafından yapılan işe eşit. Bir MegaJül (MJ) bir milyon Jül'dür.

**Küresel Isınma Potansiyeli (Global Warming Potential - GWP):** kilogram CO<sub>2</sub> Eşdeğeri (100 yıl) cinsinden ölçülür, troposferde sıkışan sera gazıdır ve zamanla dünya atmosferinin ortalama sıcaklığını kademeli olarak artırma potansiyeline sahiptir.

**Asitleştirme Potansiyeli (Acidification Potential - AP):** kilogram cinsinden SO<sub>2</sub> eşdeğeri olarak ölçülür, bir madde asit yağmuru olarak bilinen asit haline dönüştürüldüğünde oluşturulan hidrojen iyonlarının miktarıdır.

**Ötrofikasyon Potansiyeli (Eutrophication Potential - EP):** kilogram cinsinden N eşdeğeri olarak ölçülür, ekosistemi yok eden su / topraktaki besleyicilerin zenginleştirilmesidir.

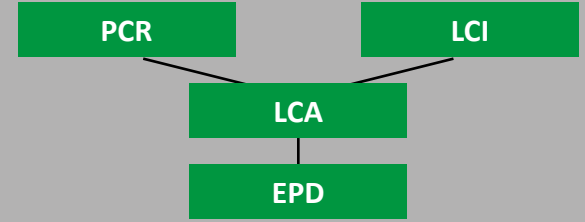
**Fotokimyasal Ozon Oluşturma Potansiyeli (Photochemical Ozone Creation Potential - POCP):** kilogram cinsinden ölçülmüş  $O_3$  eşdeğerdir, yazın dumanlı sis oluşumu veya yer seviyesindeki ozon seviyesinin artmasıdır.

### Çevresel Ürün Beyanı (EPD)

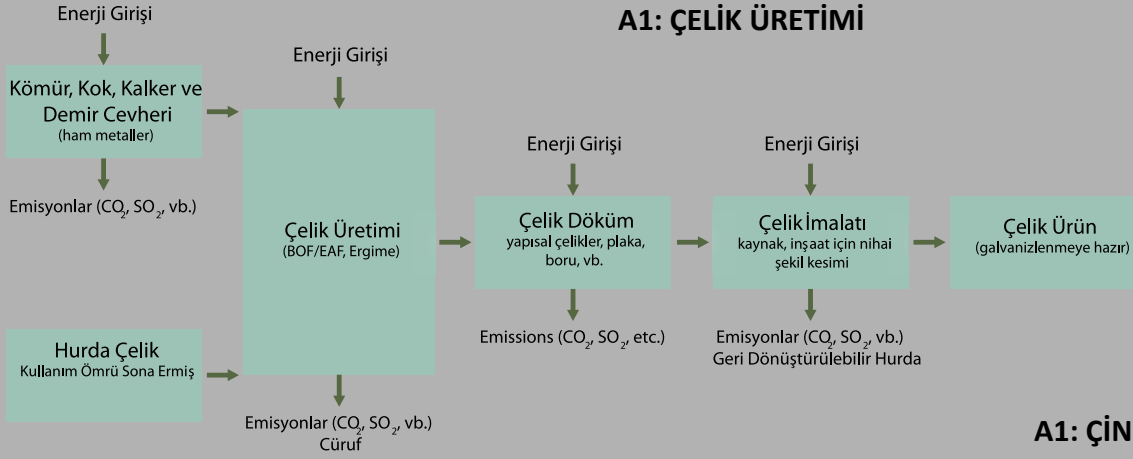
2016'da AGA, dünyaca ünlü çevre firması thinkstep, Inc. tarafından geliştirilen ve UL Environment, Inc. tarafından onaylanan endüstri çapında bir Çevre Ürün Beyanı'nı (EPD) yayımladı. Kullanım ömrünün arka plan değerlendirmesi için galvanizleme verileri AGA'dan, çinko bilgileri Uluslararası Çinko Birliği (IZA)'dan, çelik /imalat verileri ise Amerikan Çelik Enstitüsü Kurumu (AISC), Çelik Boru Enstitüsü (STI) ve GaBi veri tabanından alındı.

EPD, galvanizli sıcak haddelenmiş yapısal çelik, levha ve kutu profiller (KP) kapsar. AGA, tam EPD'ye ek olarak, her ürün türüne bir tane olmak üzere üç adet şeffaflık belgesi yayımladı. EPD ve belgeler, *Kuzey Amerika Belirlenmiş Çelik Yapı Ürünleri* için ürün kategorisi kuralına (PCR) göre ISO 14040/14044 standartlarına uygun olarak arka plan LCA da dahil olmak üzere ISO 14025 uyarınca geliştirildi.

EPD, sıcak daldırma galvanizli çeliklerin (A3) hammadde arzını (A1), nakliye (A2) ve üretim aşamalarını, ayrıca galvanizleme işlemi süresince çinko hurdaların geri kazanımı ile ilgili yararları ifade eden, beşikten kapıya yapılan bir çalışmadır (D). Hammadde safhasında (A1) hem çelik hem de çinkonun hammadde kazanımının yanı sıra çelik üretimi ve imalatı (Şekil 4) ile çinko konsantrasyonu ve rafine edilmesi (Şekil 5) hesaplanmaktadır. Üretim aşamasının (A3) hesaplanmasında, sıcak daldırma galvanizlemeyle çinko metalinin çeliğe uygulanmasını dikkate alınır. (Şekil 6). Kredi (D), sıcak daldırma galvaniz kaplamanın (çinko cürufu ve kül) üretimi esnasında yalnızca geri dönüşümü açıklar ama sıcak daldırma galvanizli çelik ürünün ömrünün sonunda tamamen geri dönüştürülebileceğini açıklamaz.

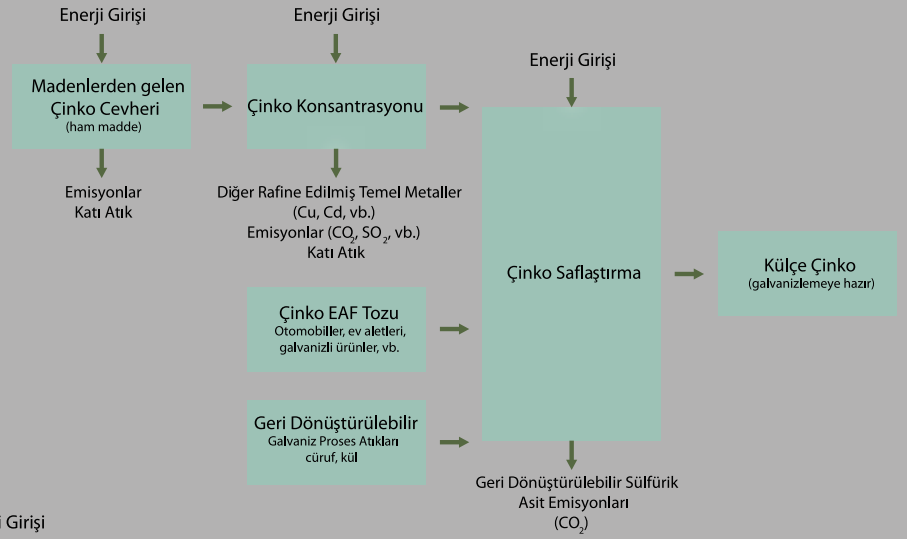


## A1: ÇELİK ÜRETİMİ



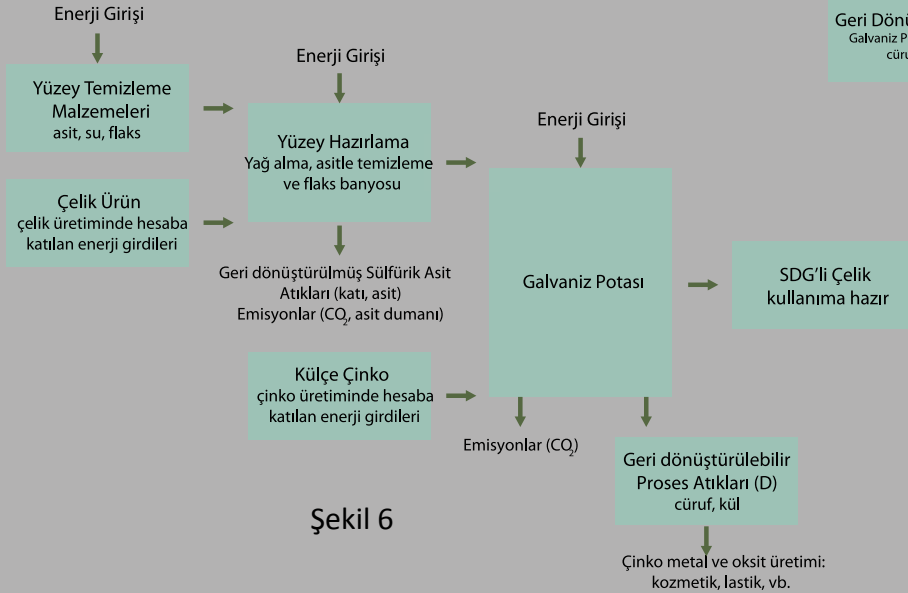
Şekil 4

## A1: ÇİNKO ÜRETİMİ



Şekil 5

## A3: SICAK DALDIRMA GALVANİZ



Şekil 6

## Çevresel Ürün Beyanı (EPD)

|                               | Sıcak Haddelenmiş Yapısal Çelikler | SDG Çelik Levha  | SDG Kutu Profiller | Çinko Geri Dönüşüm Kredisi (3'ü birden) |
|-------------------------------|------------------------------------|------------------|--------------------|-----------------------------------------|
|                               | A1- A3 Toplam                      | A1- A3 Toplam    | A1- A3 Toplam      | D                                       |
| Yenilenebilir Birincil Enerji | 1.010 MJ                           | 991 MJ           | 1.230 MJ           | -60,3 MJ                                |
| Yenilenemeyen Enerji          | 18.700 MJ                          | 22.200 MJ        | 31.200 MJ          | -162 MJ                                 |
| <b>Toplam Enerji</b>          | <b>19.700 MJ</b>                   | <b>23.200 MJ</b> | <b>32.400 MJ</b>   | <b>-222 MJ</b>                          |
| İkincil Malzemenin Kullanımı  | 1,02 mt                            | 0,81 mt          | 0,07 mt            | 0 mt                                    |
| Radyoaktif Atık               | 0,00876 mt                         | 0,000804 mt      | 0,000579 mt        | -0,0000147 mt                           |
| Geri Dönüşüm Malzemeleri      | 0,0205 mt                          | 0,0205 mt        | 0,0205 mt          | 0                                       |
| GWP (CO2)                     | 1,48 kg                            | 1,79 kg          | 2,68 kg            | -0,0156 kg                              |
| AP (SO2)                      | 0,00728 kg                         | 0,00728 kg       | 0,0100 kg          | -0,000117 kg                            |
| EP (IN)                       | 0,000216 kg                        | 0,00029 kg       | 0,000509 kg        | -0,00000702 kg                          |
| POCP (O3)                     | 0,0586 kg                          | 0,0892 kg        | 0,143 kg           | -0,00266 kg                             |
| ADP1 (MJ)                     | 16.500 MJ                          | 20.000 MJ        | 29.600 MJ          | -125 MJ                                 |

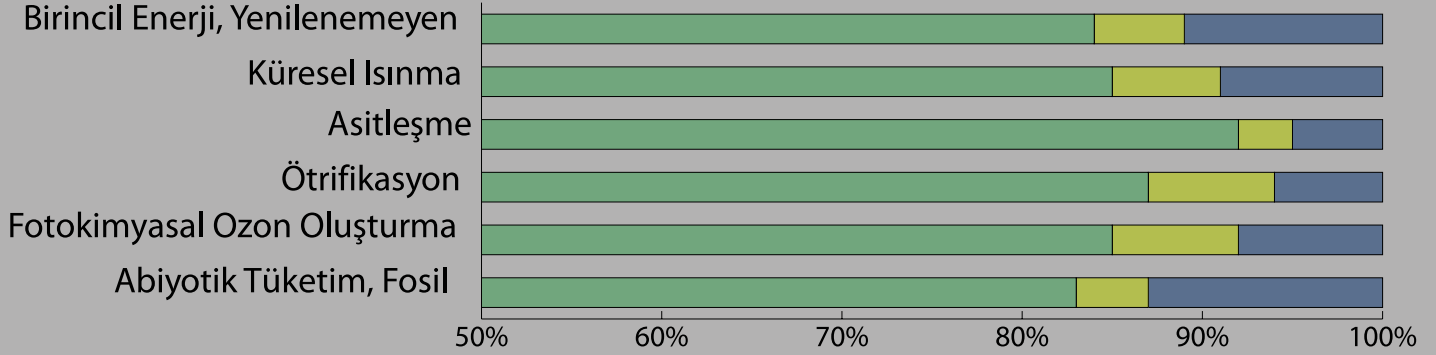
Çalışılan üç ürünün her birinde (sıcak haddelenmiş bölümler, levha ve kutu profiller (KP) ham maddeler ve enerji girdileri ve emisyon çıkışları neredeyse aynı olduğu için A2, A3 ve D için aynı veriler kullanıldı. Bununla birlikte A1 verileri, çelik üretimi ve imalat şartlarına (Tablo 2) dayalı olarak her ürün için değişir. US EPA'nın TRACI 2.1 metodolojisini kullanarak üç ürünün girdi ve çıktı akışına baktığımızda EPD, galvaniz işleminin genel etkisinin hammadde arzına kıyasla asgaride olduğunu gösteriyor. Her

üç üründe, sıcakdaldırma galvaniz kaplama uygulaması, toplam enerjinin veya etkinin % 15'inden, KP durumunda ise SDG % 10'dan fazlasına neden olmaz (Şekil 7). EPD ile ilgili detayları görmek için [galvanizeit.org/epd](http://galvanizeit.org/epd) adresini ziyaret edebilirsiniz.

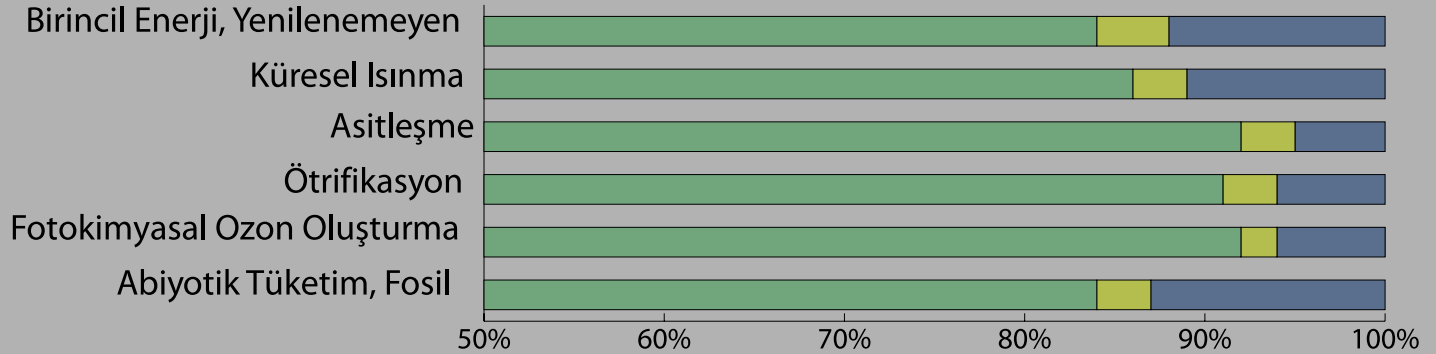


# ENERJİ & ETKİ DEĞERLENDİRMESİ

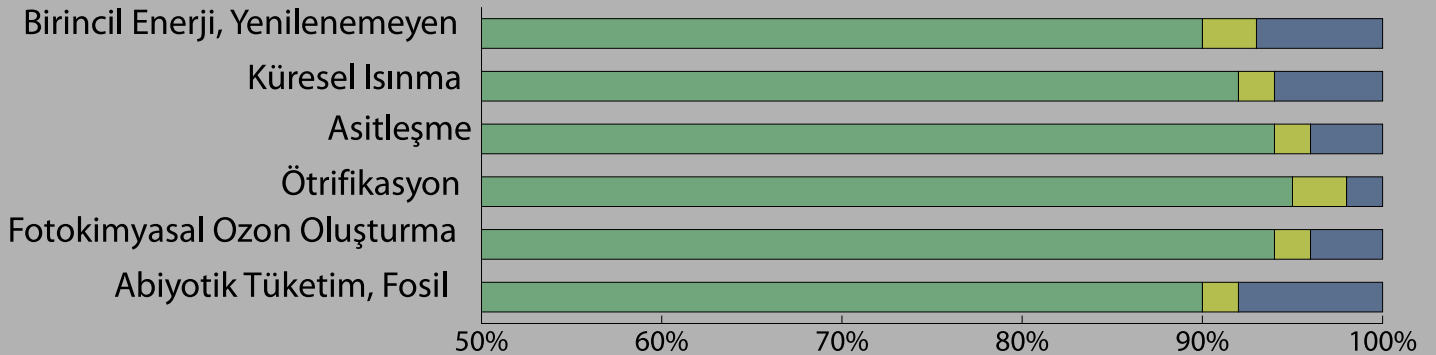
A1 Malzeme A2 Taşıma A3 Galvanizleme



*Galvanizli Yapısal Kesitler*



*Galvanizli Çelik Levha*



*Galvanizli Kutu Profiller (KP)*

Şekil 7

## Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (LCA)

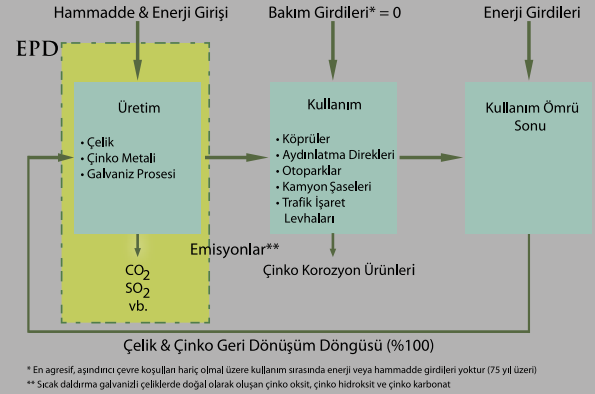
EPD'de temsil edilen beşikten kapıya çalışma, sıcak daldırma galvanizli çeliğin sürdürülebilirlik hikayesinin yalnızca bir parçasıdır. Sıcak daldırma galvaniz tam kullanım ömrü (beşikten mezara) bazında değerlendirildiğinde ek çevresel faydalarının da olduğu görülür. Sıcak daldırma galvanizli çelikler uzun ömürlü olması; çoğu ortamda 70 yıl ya da daha fazla bir sürede bakım ihtiyacı olmadan kullanılması, hammadde ve enerji girdilerinden olduğu kadar emisyon ve atık çıktılarında da üretim safhasına kadar izole edilmesi ile açıklanabilir ve SDG kullanım ömrünün sonunda %100 geri dönüşümlüdür.(Şekil 8).

Buna karşın, diğer pek çok korozyona karşı koruma sistemi, düzenli bakım ve onarım gerektirir. Bu bakım döngülerinden her biri, ilave hammadde ve enerji girdileri ile emisyon ve atık çıktıları gerektirecektir. EPD'de rapor edilen basit bir beşikten kapıya çalışmasına bakıldığında, ek etkiler değerlendirilmez - bu da teknik özellik belirleyicilerin yapı ürününün tam etkisini anlamasına engel olur. Sıcak daldırma galvanizli çelik kullanıldığında, eğer ürün 70 yılı aşkın bir süredir hizmet vermiyorsa, tek etki ilk çevresel etkidir.

2008'de AGA, sıcak daldırma galvanizli çeliklerin üretim aşamasından ömrünün sonuna kadar çevresel etkisini gösteren thinkstep, Inc. (eski adıyla PE International) ile bir kullanım ömrü değerlendirme (LCA) geliştirdi. Sıcak daldırma galvanizlemede çinko ve çelik %100 geri dönüştürülebildiğinden ve bu durum ürün için bir «mezar»ı ortadan kaldırdığından, beşikten mezara yapılan çalışma aslında bir beşikten beşiğe çalışması oldu. LCA, sıcak daldırma galvanizli çelik üretmenin çevresel etkisini tam olarak anlamak için yapısal çelik, çinko ve galvanizleme süreci için yaşam döngüsü envanterlerini ve ar-

dından kullanım ve yaşam ömrünün sona ermesi yönetimini göz önünde bulundurdu.

2008'deki LCA verilerini 2015'deki EPD araştırmasıyla karşılaştırmak için, her iki çalışmadan elde edilen veriler EPA'nın TRACI 2.0 standartlarına girildi (Tablo 3). 2015 yılındaki üç ürünün ortalaması 2008 ortalaması ile kıyaslandığında etkilerin çok



Şekil 8

### 2008 LCA Verileri

|                           | PED (MJ)      | GWP (kg)    | AP (kg)        | EP (kg)         | POCP (kg)       |
|---------------------------|---------------|-------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Çelik                     | 21.640        | 1,55        | 0,00459        | 0,000536        | 0,000763        |
| Çinko                     | 2.460         | 0,160       | 0,00115        | 0,0000614       | 0,0000614       |
| SDG Prosesi               | 1.800         | 0,0991      | 0,000407       | 0,0000320       | 0,0000265       |
| <b>Toplam LCA Üretimi</b> | <b>25.900</b> | <b>1,80</b> | <b>0,00615</b> | <b>0,000568</b> | <b>0,000824</b> |

### 2008 LCA'sı ile 2015 EPD'sinin Karşılaştırması\*

|                              | PED (MJ)    | GWP (kg)    | AP (kg)      | EP (kg)         | POCP (kg)     |
|------------------------------|-------------|-------------|--------------|-----------------|---------------|
| Yapısal (2015)               | 19,5        | 1,46        | 0,369        | 0,000201        | 0,0550        |
| Sac Plaka (2015)             | 23,0        | 1,77        | 0,374        | 0,000237        | 0,0856        |
| KP (2015)                    | 32,2        | 2,66        | 0,519        | 0,000362        | 0,1390        |
| <b>EPD (2015) Ortalaması</b> | <b>24,9</b> | <b>1,96</b> | <b>0,420</b> | <b>0,000267</b> | <b>0,0932</b> |
| <b>LCA (2008) Ortalaması</b> | <b>25,9</b> | <b>1,81</b> | <b>0,328</b> | <b>0,000222</b> | <b>0,1050</b> |

\*Etki Değerlendirmesi Yönetimi: TRACI 2.0

Tablo 3

benzer olduğu görülür; bu nedenle, 2015 çalışmasının kullanım ömrünü ve kullanım ömrünün tamamlanmasını kapsayacak şekilde genişletilmesi durumunda, etkilerin 2008 verileri ile uyumlu olacağını varsaymak mantıklıdır.

Etkilenen bazı alanlar 2008 yılından bu yana artmış görünse de, verilerde farklılıklar olduğunu anlamak önemlidir. En önemlisi, 2008 yılı çalışması GaBi veri tabanındaki çelik verilerine dayanıyordu ve çeliğin imalatını tamamen hesaba katmıyordu; oysa 2015 yılı çalışmasında Amerikan Çelik İnşaat Enstitüsü (AISC) ve Çelik Boru Enstitüsü (STI) tarafından sağlanan verileri kullanıldı ki imalat süreci burada tamamen hesaba katılmıştır. Ayrıca, 2008'deki çalışma uluslararası bir araştırmaydı ve 2015 çalışması sadece Kuzey Amerika verilerini içermektedir.

Sıcak daldırma galvanizli çeliklerin çevresel etkilerini tam olarak anlamak için, ürünün üretim aşamasının ötesine, kullanım ömrüne ve kullanım ömrü sonuna bakmak önemlidir. Sıcak daldırma galvaniz benzersizdir çünkü hemen hemen tüm çevresel etki, üretim sırasında gerçekleşir. En agresif, aşındırıcı ortamlar hariç, sıcak daldırma galvanizli çelik 70 yıl veya daha fazla bir süre bakım gerektirmez ve uzun ömür sağlar; böylece kullanım sırasında hiçbir şekilde çevreye zarar vermez veya çevreden etkilenmez (Şekil 9). Öte yandan, boya ve öteki korozyona karşı koruma sistemleri genelde enerji ve malzeme girdileri gerektiren; emisyon ve atık çıktıları oluşturan bir dizi bakım döngüsü gerektirir.

Ayrıca, ömrünün sonunda, sıcak daldırma galvanizli bir ürünün hem çinkosu hem de çeliği % 100 geri dönüştürülebilir ve daha fazla çinko ve çelik oluşturmak için üretim safhasına geri döndürülebilir (Şekil 10). Diğer kaplama sistemlerinde, kaplama patlatılır veya yakılır ve atık oluşur; emisyonlar oluşur, sadece çelik geri kazanılır. Hem çinko hem de çeliğin geri dönüştürülebilirliği, beşikten mezara (beşikten beşiğe) göz önüne alındığında birincil enerji talebi (PED) kredisi oluşturmaktadır.



## LCA Vaka Çalışmalarıyla Galvaniz Kaplama ve Boya Karşılaştırması

Çelik, sıcak daldırma galvanizli çeliğin ana bileşeni olmasına rağmen, sıcak daldırma galvaniz işleminin çevresel performansında diğer korozyona karşı koruma sistemlerine göre önemli bir fark vardır. Sıcak daldırma galvanizin boya gibi diğer kaplamalarla arasındaki iki önemli fark; SDG'nin bakım gerektirmeyip uzun ömürlü olması, kullanım sırasında ek çevresel etkileri ortadan kaldırması ve çinko kaplamanın ömrünün sonunda geri dönüştürülebilmesidir. Bu farklılıklar, aşağıdaki vaka analizlerinde görülebileceği gibi, çelik projelerinin çevresel etkilerinde belirgin bir ayrıma neden olabilir.

### Vaka Çalışması 1: Balkon Yapısı

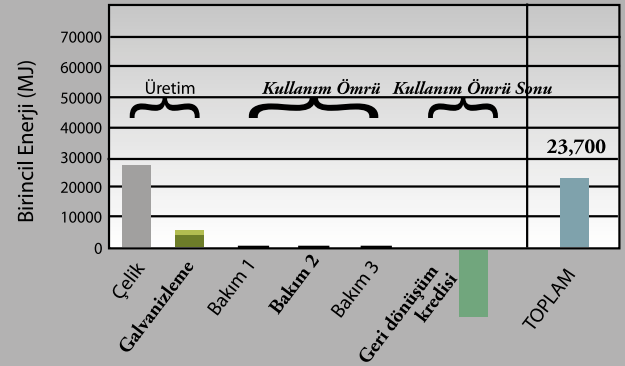
Yapı ürünleri için Çevresel Ürün Beyanları (EPDs) oluşturma konusunda tanınan VTT Technical Research, sıcak daldırma galvanizli balkonun, aynı tasarımdaki boyalı balkona kıyasla Kullanım Ömrü Değerlendirmelerini (LCAs) gerçekleştirdi.(3) Çalışmanın amacı, sadece sıcak daldırma galvanizli çeliklerin sürdürülebilirliğini ölçmek değil, aynı zamanda gelecekteki iyileştirmeler için bir temel oluşturmaktır. Çalışma, her iki balkonda da çelik olmasına rağmen, kaplamanın LCA profilinin önemli bir parçası olduğunu gösteriyor. Balkonların çevresel değerlendirmeleri aşağıdaki parametrelere dayanmaktadır:

- 60 yıllık servis ömrü
- 1,715 lbs (778 kg) galvanizli çelik balkon
  - . SDG Korozyon Hızı: yılda 0,5-1,0 mikron (ISO 14713)
  - . SDG bakımına gerek yok
- 420 ft<sup>2</sup> (39 m<sup>2</sup>) Boyalı Balkon
  - . Boya sistemi: Çinko bakımından zengin epoksi astar (40 mikron), epoksi ara madde (160 mikron), poliüretan son kat (40 mikron)
  - . Boya Bakımı: 15, 30 ve 45. Yıl (ISO 12944'e göre)

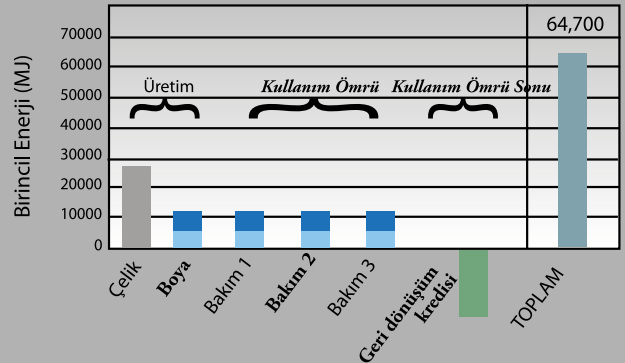
İncelenen çevresel etki kriterleri; Birincil Enerji Talebi (PED), Küresel Isınma Potansiyeli (GWP), Asitleşme Potansiyeli (AP)

ve Fotokimyasal Ozon Yaratma Potansiyeli (POCP) idi. Sonuçlar, kaplama nın dayanıklılığının genel çevresel etkide büyük bir rol oynadığını gösteriyor. Boyalı balkon için gereken üç bakım döngüsü, boyalı yapı için neredeyse enerji ihtiyacının yarısını oluştururken, galvaniz balkonda ilave malzeme veya enerji girişi gerekli değildir. Aşağıdaki grafikler, LCA'nın her fazının toplam PED'ini, kaplamanın tükettiği PED yüzdesini ve GWP, AP ve POCP değerlerini göstermektedir.

### SICAK DALDIRMA GALVANİZ

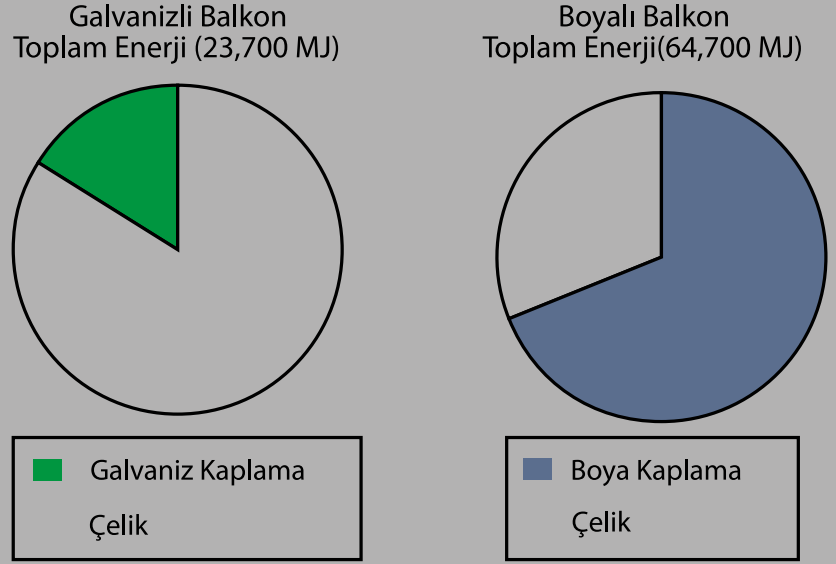


### BOYA

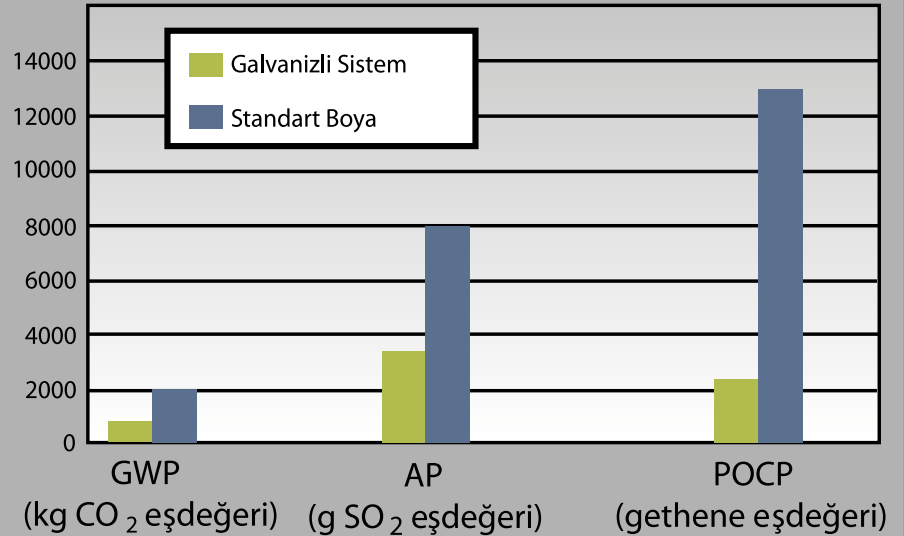


Şekil 11 - SDG VE Boyanın Yaşam Döngüsü Enerjisinin Karşılaştırması

Şekil 11, sıcak daldırma galvanizli balkon-  
da 23,700 MJ (30,5 MJ / kg) olan toplam  
birincil enerji talebinin (PED) veya 64,700  
MJ'nin (83,2 MJ kg) sadece %37'sinin boyalı  
balkon için gerekli olduğunu göstermekte-  
dir. Unutmayın, eğer boyalı balkon bir yıl  
daha kullanılmaya devam ederse, ilave bir  
bakım döngüsü gerekecek ve gösterilen de-  
ğerlere daha fazla enerji talebi ve emisyon  
eklenecekken, galvaniz balkona dokunul-  
mayacaktır. Her bir balkon yapısı için enerji  
talebindeki fark, kaplamaya atfedilen top-  
lam enerjinin yüzdesini düşündüğünüzde  
daha çarpıcıdır. Galvanizlemenin, 60 yıllık  
ömrün sonunda, toplam enerji talebinde-  
ki payı sadece %16 iken, boyanın payı %69  
olur. (Şekil 12). Çalışmaya göre, her bir boya  
bakım döngüsü orijinal üretimde kullanıla-  
na eşit miktarda enerji tüketirken, galvaniz  
ise çeliği bakım olmadan 60 yıllık ömrün  
tamamında korur. Enerji tasarrufuna ek ola-  
rak, GWP, AP ve POCP'de önemli farklılıklar  
bulunmaktadır. Her gösterge için galvaniz  
kaplama, boya kaplamanın çevresel etkisi-  
nin bir kısmına sahiptir (Şekil 13).



Şekil 12 SDG ve Boyanın Kaplama Enerji Tüketimi Karşılaştırması



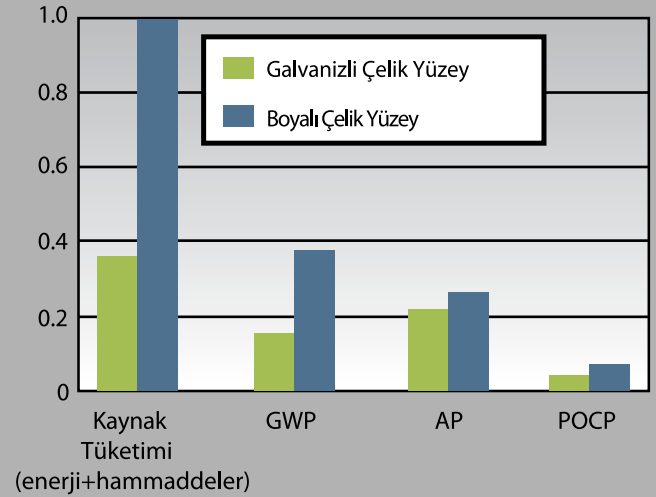
Şekil 13 SDG ve Boya Emisyonlarının Karşılaştırması

## Vaka Çalışması 2: Otopark

Berlin Teknik Üniversitesi Çevre Koruma Teknolojisi Enstitüsü, sıcak daldırma galvanizli otopark yapısını boyalı bir park yapısı ile karşılaştıran yaşam döngüsü değerlendirmelerini (LCAs) gerçekleştirdi. (4) Berlin Teknik Üniversitesi de VTT Technical Research araştırmasına benzer bir şekilde, sıcak daldırma galvanizin çevresel etkisini belirlemeye ve gelecekteki iyileştirmeler için bir kriter oluşturmaya çalıştı. Çalışmanın sonuçları, kaplamanın otoparkın genel çevresel etkisinde oynadığı önemli rolü bir kez daha ortaya koydu.

- 60 yıllık servis ömrü
- 1 m<sup>2</sup> çelik parça (20m<sup>2</sup> / metrik ton)
- Yılda 1 mikron galvanizli kaplama korozyon hızı (ISO 1461 ve C3 ortam koşullarına göre)
  - . SDG Bakımına gerek yok
- Boya sistemi: 3 katlı, 240 mikron kalınlığında
  - . Boya Bakımı: 20 ve 40. yıllar (ISO 12944'e göre)

Bu çalışmada aynı zamanda her sistem için PED, GWP, AP ve POCP değerleri incelendi. Her etki alanı için sonuçlar, sıcak daldırma galvanizli otopark için boyalı olandan daha azdır. Boyalı balkonda olduğu gibi, boyalı otopark için gereken iki bakım döngüsü, boyalı parkın kaynak ve enerji tüketimini önemli ölçüde artırıyor. Galvaniz kaplama, 60 yıllık ömrü boyunca bakım gerektirmediğinden, galvanizli yapı için toplam enerji ve kaynak tüketimi, boyalı garaj için gerekenin sadece% 32'sidir; ve GWP'nin% 38'i boyadır. Ayrıca, AP boya'dan % 15 ve POCP % 33 daha azdır (Şekil 14).



Şekil 14



## Sıcak Daldırma Galvanizli Çeliğin Ekonomik Verimi

Çevresel etkisine ek olarak, gerçek sürdürülebilir kalkınmada ekonomik etkiler de göz önüne alınmalıdır. Çevresel analizlere benzer şekilde, bir korozyona karşı koruma sisteminin tam maliyetini anlamak için başlangıç maliyetinden kullanım ömrü maliyetinin ötesine bakmak gerekir. Yaşam Döngüsü maliyeti (LCC), bir kaplama sisteminin tüm hizmet ömrü boyunca gerçek maliyetinin analizidir. LCC başlangıç /ilk uygulama maliyetlerini, rötuş / onarım masraflarını, bakım maliyetlerini, kaplama maliyetlerini, enflasyonu ve fırsat maliyetlerini göz önünde bulundurur. Teknik şartname hazırlayanlar, genellikle kararlarını sadece başlangıç masrafını baz alarak veriyor ancak bu, potansiyel olarak gelecek nesilleri zarara uğratabilecek bir hata. Yalnızca başlangıç maliyetini baz alıp bir korozyon koruma sistemi seçerken, teknik özellik belirleyicileri gelecekteki bakım masraflarını dikkate almazlar; bu, sıklıkla, gelecekteki bakım bütçelerine gerekli parayı tahsis etmekte başarısız olacakları anlamına gelir. Bu çok yaygın olan dikkatsizliğin, Türkiye genelinde artan korozyon sorununda payı vardır. Ülkemizdeki doğrudan korozyon maliyetinin GSYİH'nın % 3'ü veya 2016'da 26.560 milyon dolar olduğu tahmin edilmektedir. Fakat 26.560 milyon dolarlık tutar sadece doğrudan korozyon maliyetini yansıtır. Ayrıca göz önüne alınması gereken dolaylı maliyetler (trafikte gecikmeler, kaybedilen ticaret, emniyet, vb.) var ki bunlar doğrudan maliyetlerden 5 ila 11 kat daha fazla olabilir. (5) Korozyon doğal bir fenomen olmasına ve dolayısıyla tamamen orta-

dan kaldırılamamasına rağmen - bu duruma yapılacak hiçbir şey olmadığı gibi bir düşünce de yanlış bir kanıdır. Korozyonun maliyetini düşürmenin en hızlı ve en etkili yollarından biri, kullanım ömrü maliyetine dayanan korozyona karşı koruma sistemlerini belirlemek ve bütçelendirmektir.

**“Yaşam Döngüsü maliyeti (LCC), bir kaplama sisteminin tüm hizmet ömrü boyunca gerçek maliyetinin analizidir. LCC, başlangıç maliyetlerini, onarım maliyetlerini, bakım maliyetlerini, yeniden boyama maliyetlerini, enflasyonu ve fırsat maliyetlerini göz önünde bulundurur.”**



## Başlangıç Maliyeti

Korozyona karşı koruma sistemi seçerken, başlangıç maliyeti her zaman dikkate alınmalıdır. Başlangıç maliyeti, kaplanmış ürünün üretmek için tüm emek ve malzeme maliyetlerini hesaba katar. Çoğu şartname hazırlayıcısı, sıcak daldırma galvanizin başlangıç maliyeti temelinde ekonomik olmadığı gibi bir yanlış inanışa sahiptir. Oysaki korozyondan korunmak için yaygın olarak kullanılan iki ve üç kat boya sistemleri dikkate alındığında, sıcak daldırma galvaniz, maliyet açısından rekabetçi bir seviyededir.

## Yaşam Döngüsü Maliyeti

Sürdürülebilir gelişimin ekonomik bileşenini karşılamak için hesaplamaların oldukça külfetli olabildiği yaşam döngüsü maliyeti (LCC) de dikkate alınmalıdır. Sıcak daldırma galvaniz kaplama, çoğu ortamda 70 yıl veya daha fazla bakım gerektirmeyen performans sağladığı için, kullanım ömrü maliyeti hemen hemen her zaman başlangıç maliyetiyle aynıdır. Tersine, boyalı sistemler, projenin ömrü boyunca sistemin maliyetini artıran, öngörülebilir bir programda rutin bakımlar gerektirir. Sonuç olarak, LCC'yi analiz ederken, sıcak daldırma galvanizlemenin boya sistemlerine nazaran tartışılmaz bir avantaja sahip olduğu görülür.



## LCC Vaka Çalışmalarıyla Galvaniz Kaplama ve Boya Karşılaştırması

Yaşam döngüsü maliyetinin hesaplanması külfetli olabilir, bu nedenle Amerikan Galvanizciler Derneği (AGA) hesaplamayı kolaylaştırmak için [lccc.galvanizeit.org](http://lccc.galvanizeit.org) adresinde bir çevrimiçi hesap makinesi geliştirmiştir. Hesap makinesi, ASTM A1068 Demir ve Çelik Ürünlerinde Korozyona Karşı Koruma Sistemlerinin Kullanım Ömrü Maliyet Analizi Uygulamasındaki mevcut denklemi ve boya üreticilerinin ulusal bir araştırmasından elde edilen verileri karşılaştırır. Boya verileri KTA Tator, Inc. tarafından toplanıp, son olarak Korozyon Mühendisleri Ulusal Birliği (NACE) raporunun 2014 versiyonunda yayınlanmıştır.<sup>6</sup>Sıcak daldırma galvanizin maliyeti verilerinde, ise AGA'nın 2016 yılı Endüstri Anketi'nden elde edilen ulusal ortalama baz alınmıştır.

Sıcak daldırma galvanizli çelik kullanmanın ekonomik avantajlarını göstermek için otomatik hesap makinesinde aşağıdaki vaka incelemeleri gerçekleştirildi.

([www.lccc.galvanizeit.org](http://www.lccc.galvanizeit.org)). Ekonomik etkiyi çevresel etkiyle ilişkilendirmek için LCC analizleri, çevresel vaka incelemelerine benzer bir şekilde balkon ve otopark yapılarında yürütülmüştür. Elde mevcut bilgi olmadığında çelik ürünlerin karışımı, boya sistemi ve kullanılan uygulama vb. ile ilgili bazı mantıksal varsayımlar yapıldı. Çevresel etkilere benzer şekilde, kaplama sistemi LCC'de de büyük bir yere sahiptir.

## Vaka Çalışması 1: Balkon Yapısı

Balkon yapıları için LCC karşılaştırmasında aşağıdaki parametreler kullanılmıştır:

- 60 yıllık servis ömrü
- C3 Orta Korozyon ortamı
- Hafif yapısal parçalar: 1,05 ton (420 ft<sup>2</sup>)
- Yüzey Hazırlama: SP-10 otomatik
- Astar: İnorganik Çinko, sprej uygulaması
- Ara: Epoksi, dükkân sprej uygulaması
- Sonkat: Poliüretan, dükkân sprej uygulaması
- % 3 enflasyon, % 2 faiz

Boya ve galvaniz için başlangıç ve yaşam döngüsü maliyetleri aşağıda gösterilmektedir (Tablo 4).



| Kaplama Sistemi                              | İlk Maliyet            |          | Yaşam Döngüsü Maliyeti |           | AEAC <sup>a</sup>      |
|----------------------------------------------|------------------------|----------|------------------------|-----------|------------------------|
|                                              | Ft <sup>2</sup> başına | Toplam   | Ft <sup>2</sup> başına | Toplam    | Ft <sup>2</sup> başına |
| Sıcak Daldırma Galvaniz                      | 1,10 \$                | 462 \$   | 1,10 \$                | 462 \$    | 0,05 \$                |
| IOZ / Epoksi / Poliüretan                    | 4,83 \$                | 2.028 \$ | 29,31 \$               | 12.310 \$ | 0,84 \$                |
| <sup>a</sup> Ortalama Eşdeğer Yıllık Maliyet |                        |          |                        |           |                        |

Tablo 4

Nispeten az miktarda çelik için kullanılmış olsa bile sıcak daldırma galvanizli balkon, yapının ömrü boyunca toplam maliyeti %96 oranında azaltır. Burada görünen maliyetler çok olmaya bilir fakat kaplamalar arasındaki maliyet farkı nettir. Çoklu bir konut inşaatı yaptığınızı ve aynı balkondan 100 adet yerleştirmeyi planladığınızı düşünün. Hangi kaplamayı seçersiniz?

**“..sıcak daldırma galvanizli balkon, yapının ömrü boyunca toplam maliyeti %96 oranında azaltır.”**

## Vaka Çalışması 2: Otopark

Otoparkın LCC karşılaştırması aşağıdaki parametrelere dayanıyordu:

- C3 Orta Korozyon ortamı
- Tipik karışım boyutu / biçimleri: 3.000 ton çelik (750.000 ft<sup>2</sup>)
- Yüzey Hazırlama: SP-10 otomatik
- Astar: İnorganik Çinko, spreyci uygulaması
- Ara: Epoksi, işyeri spreyci uygulaması
- Sonkat: Poliüretan, dükkan spreyci uygulaması
- % 3 enflasyon, % 2 faiz

Boya ve galvaniz için başlangıç ve kullanım ömrü maliyetleri aşağıda gösterilmektedir (Tablo 5).

Otoparka uygulanan boya sisteminin aynısı balkona da uygulanmış ve biraz daha az mâl olmasına rağmen, başlangıç maliyeti sıcak daldırma galvanizden daha pahalıdır. İlk uygulamada sıcak daldırma galvanizli otopark yapısı boyaya göre % 54'lük bir tasarruf sağlar. Bununla birlikte, yaşam döngüsü maliyetleri düşünüldüğünde sıcak daldırma galvanizle, boyalı garaja göre %92 tasarruf sağlar.

**“Sıcak daldırma galvanizli otopark yapısı, boyaya göre %54'lük bir tasarruf sağlar .... Yaşam Döngüsü maliyetleri düşünüldüğünde SDG, boyalı garajda % 92'lik bir tasarruf sağlar.”**

| Kaplama Sistemi                              | İlk Maliyet            |              | Yaşam Döngüsü Maliyeti |               | AEAC <sup>a</sup>      |
|----------------------------------------------|------------------------|--------------|------------------------|---------------|------------------------|
|                                              | Ft <sup>2</sup> başına | Toplam       | Ft <sup>2</sup> başına | Toplam        | Ft <sup>2</sup> başına |
| Sıcak Daldırma Galvaniz                      | 1,76 \$                | 1.320.000 \$ | 1,76 \$                | 1.320.000 \$  | 0,05 \$                |
| IOZ / Epoksi / Poliüretan                    | 4,23 \$                | 3.172.500 \$ | 25,65 \$               | 19.237.500 \$ | 0,74 \$                |
| <sup>a</sup> Ortalama Eşdeğer Yıllık Maliyet |                        |              |                        |               |                        |

Tablo 5



## Sıcak Daldırma Galvanizli Çeliğin Sosyal Verimi

Sürdürülebilir gelişimin üçüncü boyutu olan sosyal etkileri ölçmek biraz daha zordur. Bununla birlikte, sıcak daldırma galvanizin bazı doğal pozitif sosyal etkileri vardır. Sürdürülebilir kalkınmanın sosyal boyutu hem çevresel hem de ekonomik etki dahilinde örülür; yaşam kalitesindeki ilerlemeler ve sosyal iyileştirmeler vasıtasıyla da kolaylıkla ölçülür. Sıcak daldırma galvaniz, bakım gerektirmeyen, dayanıklılık ve uzun ömür gibi daha önce ele alınan özelliklere ek olarak güvenlik alanında da olumlu bir sosyal etki sağlar. Sıcak daldırma galvaniz işleminin amacı, korozyonu en aza indirmektir. Altyapıların, binaların, elektrik ızgaralarının vb. daha az korozyona uğraması dünyayı daha sağlıklı, daha güvenli bir yere dönüştür. Türkiye'nin altyapısı eskimeye ve bakımlarından daha hızlı bozulmaya devam ettikçe, hayatı tehdit eden bir olası ihmal olasılığı da artıyor.

Buna ek olarak, sıcak daldırma galvaniz, doğal afetlerin yol açabileceği hasarları en aza indirmeye yardımcı olabilir. Sıcak daldırma galvaniz, depremlerde yapıları daha dayanıklı hale getiren yeni, daha katı sismik standartları karşılar. Ayrıca tarih göstermektedir ki galvanizli iletim ve dağıtım direkleri kasırgalar gibi doğal felaketlerde hizmet vermeye devam ederken, sıcak daldırma galvanizli toprak ankrajları, kasırgalar sırasında mobil evlere verilen hasarı en aza indirmektedir.

**“Sıcak daldırma galvaniz işleminin amacı, korozyonu en aza indirmektir. Altyapıların, binaların, elektrik ızgaralarının vb. daha az korozyona uğraması dünyayı daha sağlıklı, daha güvenli bir yere dönüştür.”**

Birçok sosyal faydanın yanı sıra sıcak daldırma galvaniz, yapıları çevreye atıfta bulunur; sıcak daldırma galvaniz sektörü mevcut sosyal, ekonomik ve çevresel konumumuzu iyileştirmeye çalışmaktadır. Endüstri, 2005 yılında, çalışanların, vatandaşların ve toplumun daha güvenli olmasını sağlayan tüm çevresel ve beşeri sağlık risklerini sorumlu bir şekilde yönetme taahhüdünü veren Sürdürülebilir Kalkınma Bildirgesi'ni kabul etti. Dahası, mevcut pozisyonumuzdan emin bir şekilde dinlenmek ve yerinde saymak yerine; sektör, galvaniz işleminin ve sıcak daldırma galvanizli ürünlerin sürdürülebilirliğini ve verimliliğini artırmayı amaçlayan araştırmalara aktif olarak katılmaktadır.





## Özet

Sürdürülebilir gelişim, bugünün ve geleceğin yapılı çevresi için hayati bir husustur. Sürdürülebilirliği ölçmek için bir takım farklı yöntemler olmasına rağmen hepsinin de aynı hedefi var gelecekte ödün vermeden mevcut için gerekli olanı inşa etmek. Sıcak daldırma galvanizli çelik, sürdürülebilir bir gelecek inşa etmeye büyük ölçüde katkıda bulunacak şekilde konumlandırılmıştır.

Tek başına çelik, modern inşaatın hayati ve gerekli bir parçasıdır, ancak korozyona maruz bırakıldığında korozyona karşı duyarlılığı sürdürülebilir kalkınmaya zarar verir. Çeliği sıcak daldırma galvaniz yöntemi ile kaplamak, çevreye, ekonomiye veya sosyal yapıya en az etkiyle onu korozyondan korur.





## Referanslar

- (1) LEED®-NC Sürüm 2.2 ve 2009.
- (2) *Altı Yeşil Göz Boyama Göstergesi*, TerraChoice Environmental Marketing Inc., 2007.
- (3) Vares, S., Tattari, K., Hakkinen, T. 2004. *Boyalı balkon sistemine kıyasla sıcak daldırma galvanizli balkon sistemi için Kullanım Ömrü Değerlendirme çalışması*, Sonuçlar. Araştırma raporu No. RTE1324 / 4 (gizli), VTT, 57. sayfa.
- (4) Woolley, Tom B. Mimari. *Doktora, Galvanizleme ve Sürdürülebilir İnşaat: Bir Teknik Özellik Belirleyici Kılavuzu*, 2008.
- (5) NACE, FHWA, CCTechnologies. FHWA-Rd-01-156.2002. *Birleşik Devletlerde Korozyon Maliyetleri ve Önleme Stratejileri*. (Brongers, Knoch, Pager, Thompson, Virmani).
- (6) NACE Raporu # 2016-7422 *Bakım ve Yeni İnşaat Koruyucu Kaplama Çalışması için Beklenen Hizmet Ömrü ve Maliyet Hususları* (Helsel, Lanterman).

NOTLAR:



İçmeler Mahallesi Aydınlı Yolu Caddesi Kardelen Apt. No: 10 K: 6 Daire: 24

Tuzla - İSTANBUL / TÜRKİYE

Tel: +90 216 445 71 21 - 57 Faks: +90 216 445 74 10

[www.galder.org.tr](http://www.galder.org.tr) - [info@galder.org.tr](mailto:info@galder.org.tr)