

YAYA GÜVENLİĞİNE YÖNELİK AKTİF KAPUT SİSTEMİ

Hüseyin Çetin*

Toksan Otomotiv AR-GE Merkezi, Bursa
huseyincetin1987@hotmail.com

Tanya A. Başer

Toksan Otomotiv AR-GE Merkezi, Bursa
tbaser@toksanotomotiv.com

Eres Söylemez

Prof. Dr.,
Emekli Öğretim Üyesi,
Orta Doğu Teknik Üniversitesi,
Makine Mühendisliği Bölümü, Ankara
eres@metu.edu.tr

ÖZET

Olası araba kazalarında yaya güvenliği günümüzde önemli bir araştırma konusu olmuştur. Bu nedenle, çeşitli yaya koruma sistemleri son yıllarda otomotiv firmaları tarafından geliştirilmeye çalışılırken, çeşitli resmi ve özel kuruluşlar konu ile ilgili kriterleri ve regülasyonları belirlemek için çalışmaktadır. Bu çerçevede aktif kaput sistemi, yaya güvenliğini artırmak ve istatistiklerle belirlenen yaya ölüm oranını ve ciddi yaralanma olasılığını düşürmek amacıyla geliştirilmiş bir yaya güvenlik sistemidir. Bu çalışmada, yaya güvenliğini artırmaya yönelik geliştirilebilecek yeni bir sistem tasarımı için yasal regülasyonlar ve Euro NCAP gereklilikleri detaylı olarak incelenmiş, ayrıca sistem kritik değerleri, sistem çeşitleri ve alt sistemler açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yaya güvenliği, aktif ve pasif yaya güvenlik sistemleri, aktif kaput sistemi

ACTIVE BONNET SYSTEM FOR PEDESTRIAN PROTECTION

ABSTRACT

Pedestrian protection in car accident has become an important research subject in recent years. Various pedestrian protection systems are being developed by automotive companies. Also relevant public and private organizations work to determine the criterias and regulations for the systems to be used as pedestrian protection. Using experimental techniques, the risk of death or serious injury can be determined by statistical means and the active hood systems are being developed in order to reduce mentioned risks. In this study, legal regulations and Euro NCAP requirements are examined in details. Also system types and their subsystems are described.

Keywords: Pedestrian safety, active and passive pedestrian safety systems, active bonnet system

* İletişim Yazarı

Geliş tarihi : 29.05.2014

Kabul tarihi : 27.10.2014

Çetin, H. Başer, T. A., Söylemez, E. 2014. "Yaya Güvenliğine Yönelik Aktif Kaput Sistemi," Mühendis ve Makina, cilt 55, sayı 659, s. 43-49.

1. GİRİŞ

Gerçekleşen araç-yaya kazalarının büyük bir bölümünde yaya ölümleri de gerçekleşmektedir. İstatistiklere göre Amerika'da, yılda yayaların dahil olduğu 70.000 kaza gerçekleşmekte ve bunların 5000'den fazlasında yaya ölümü gerçekleşmektedir [1]. Yol raporlarına göre, araç-yaya kazaları genel olarak %22 oranla ölümle sonuçlanmaktadır [2]. Japonya'da yaya ölüm oranı %35 iken, bu oran Amerika'da %14 (Tablo 1) ve Avrupa genelinde ortalama %20 oranında gerçekleşmektedir [3].

Tablo 1. Amerika İçin Raporlanan Yol Kullanıcı Gruplarının Ölüm Oranları [3]

	1990		2000		2010		2011	
Bisikletliler	859	2%	693	2%	623	2%	677	2%
Motorlu İki Tekerli Taşıt	3244	7%	2897	7%	4518	14%	4612	14%
Araç İçindeki Yolcular	24092	54%	20699	49%	12491	38%	11981	37%
Yayalar	6482	15%	4763	11%	4302	13%	4432	14%
Diğerleri, SUV Dahil	9922	22%	12893	31%	11065	34%	10665	33%
Toplam	44599	100%	41945	100%	32999	100%	32367	100%

Tablo 1'de görüldüğü gibi, Amerika'da yıllara göre toplam kaza sayısı düşmesine rağmen yaya ölüm oranı son yıllarda artış göstermiştir. Ülkemiz için ne yazık ki bu tür istatistiklere erişilememiştir.

Kerkeling ve çalışma arkadaşları [4], araç-yaya kazaları sonrası yaya ölüm oranını düşürmeye yönelik bazı kanunların ve çalışmaların olduğunu göstermiştir. Bu çalışmalar; kaput tasarımının ve sertliğinin modifikasyonu, motor kompartımanı değişiklikleri ve aktif kaput sistemi çalışmalarıdır. Huang ve Yang [5], tekrar kullanılabilir bir kaput sistemini optimize ederek, kaputun üç farklı açıdaki pozisyonu için kaput üzerinde belirlenen yedi farklı muhtemel yaya kafasının çarpışma noktasının HIC (Head Injury Criteria-Kafa yaralanma kriteri) [5, 6] değerlerini kıyaslamışlardır. Bahsedilen çalışmalarında, kafa çarpması öncesinde gerçekleşmesi gereken kaput hareketi mesafesinin büyüklüğünün, ölüm oranını düşürecek etkili kriterlerden biri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ancak geliştirilecek sistemlerin belirli bir süre içerisinde hareketini tamamlayarak, yaya kafasını çarpmadan hazır konumda olması gerektiği için kaput açılma mesafesi bu süre ile kısıtlanmaktadır.

Avrupa regülasyonları, "European Enhanced Vehicle-Safety Committee" (EEVC) tarafından "Working Group 17" (WG17) raporu olarak yayınlanmıştır [7]. Ayrıca yayınlanan direktifler ise üst bacak, alt bacak ve kafa çarpmaları ile ilgili yasal gereklilikleri içermektedir [8].

Aktif kaput sistemi, yayanın ciddi yaralanma olasılığını düşürebilmek ve kaza esnasında kaputu kaldırarak daha fazla alan oluşturup kafa çarpma enerjisini absorbe edebilmek için tasar-

lanmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalarda geliştirilen sistemlerin birçoğunda kaputu ters yönde kaldırabilmek için yaylar, piroteknik patlayıcılar ya da hava yastıkları kullanılmaktadır. Euro NCAP (European New Car Assessment Programme-Avrupa Yeni Araç Değerlendirme Programı) yaya güvenliği ile ilgili çocuk ve yetişkin yayaların karıştığı ve çarpışmaların 40 km/s hız ile gerçekleştiği kafa fırlatma testleri uygulamaktadır [9]. Bu testlerin uygulandığı aktif kaput sistemi, üç farklı alt sistemden oluşmaktadır. Bunlar; kaput menteşeleri, eyleyiciler ve sensörlerle birlikte elektronik kontrol ünitesidir. Sensörler, yayanın araca temas etmesiyle birlikte yayayı algılamakta ve elektronik kontrol ünitesine bilgi iletmektedir. Buradan araç hız bilgisi de alınarak eyleyicilere açılma komutu gönderilmektedir. Eyleyiciler, yaya kafasını kaputa vurmada önce kaputu ters yönde açabilen sistemlerdir. Aktif kaput sistemi için tasarlanmış olan ön kaput menteşeleri ise iki kollu ve dört kollu mekanizma mantığı ile çalışabilmekte olup, kaputun ters yönde açılabilmesini de sağlayabilmektedir. Bu çalışmada, yaya güvenliğine yönelik yeni bir sistemin tasarlanabilmesi için gereken yasal kurallar ve sınırlarla birlikte, daha önceki yapılan çalışmalar derlenmiş, aktif kaput alt sistemleri hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

2. AKTİF KAPUT SİSTEMİ

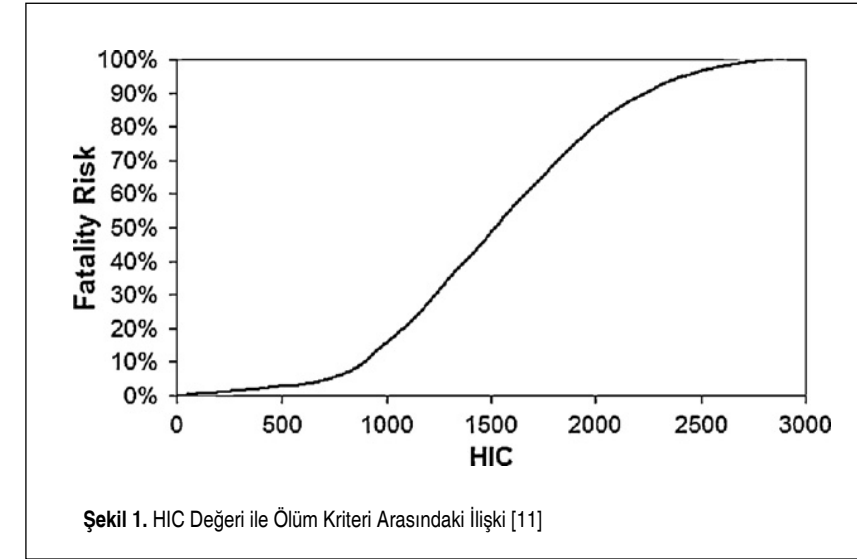
2.1 HIC (Head Injury Criteria- Kafa Yaralanma Kriteri)

Kafa yaralanma kriteri (HIC) aşağıdaki formülden hesaplanmaktadır [6]:

$$HIC = (t_2 - t_1) \left[\frac{\int_{t_1}^{t_2} A_R \cdot dt}{(t_2 - t_1)} \right]^{2.5} \quad (1)$$

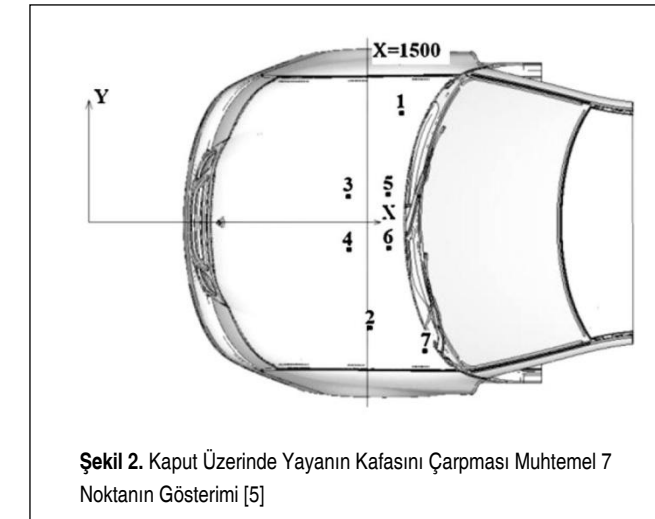
Bu formülde yaya bacağının çarpması t_1 , yaya kafasının kaportaya çarpma kadar geçen süre t_2 , A_R ise bileşke ivme değerini göstermektedir.

Yoshida ve arkadaşları [10], HIC değerleriyle ölüm riski arasındaki ilişkinin Şekil 1'deki gibi olduğunu göstermişlerdir. Huang ve Yang [5], aktif kaput sisteminin HIC değerine olan etkisini yaptıkları çalışma ile test etmişlerdir. Bu çalışma da bir araç kaputu baz alınmış ve Euro NCAP yetişkin kafa formu testleri gerçekleştirilmiştir. Kaput üzerindeki 7 farklı nok-



Şekil 1. HIC Değeri ile Ölüm Kriteri Arasındaki İlişki [11]

ta için (Şekil 2), kaputun 3 farklı pozisyonunda gerçekleştirilen testlerde istatistiksel metot kullanılarak A (aktif kaputsuz araç), B (aktif kaputu 53 mm açılan araç) ve C (aktif kaputu



Şekil 2. Kaput Üzerinde Yayanın Kafasını Çarpması Muhtemel 7 Noktanın Gösterimi [5]

Tablo 2. Kafa Çarpma Test Sonuçları [5]

Çarpışma Noktası	Kaput Pozisyonları					
	A Pozisyonu		B Pozisyonu		C Pozisyonu	
	HIC Değeri	Ölüm Riski	HIC Değeri	Ölüm Riski	HIC Değeri	Ölüm Riski
1	1862	73%	922	11,5%	468	3%
2	3294	100%	1395	41,5%	422	2%
3	5111	100%	887	9%	588	4%
4	1650	59%	981	15%	572	4%
5	856	10%	832	7,5%	493	3%
6	902	13%	783	7%	508	3%
7	3461	100%	2971	100%	1258	27%

107 mm açılan araç) durumları kıyaslanmış olup, Tablo 2'de gösterilmektedir.

Yasalarla 1000 değeriyle sınırlanan HIC değeri, Şekil 1'de gösterildiği gibi, 800 değerinden sonra yaya ölüm riski hızla artmaktadır. Tablo 2'deki HIC değerleri dikkate alındığında, A pozisyonunda ölüm riskinin oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Kaputun kısmen açıldığı B pozisyonunda ise ölüm riski düşmekte olduğu, ancak 5 testin çarpışma sonuçlarının sınırdan, diğer ikisinde ise ölüm riskinin oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Kaput C pozisyonunda iken uygulanan 7 testten 6'sının ölüm riski taşımadığı, sadece kaput menteşesi üzerinde ölüm riskinin hala oldukça yüksek olduğu görülmektedir.

Kafa Temas Süresi

Yaya güvenlik sistemi, yaya ile araç arasındaki ilk temas gerçekleştiğinde yayayı algılayarak aktif hale gelmektedir. Bu sistem, yayanın kafasını araç kaputuna vurmada önce tüm işlemleri tamamlayarak hazır hale gelmesi gerekmektedir. Aksi takdirde kaput açılmaya devam ederken yaya kafasını kaputa vurursa, çok daha ölümcül sonuçlarla karşılaşılabilir. Bu sebeple gerçekleştirilen bazı çalışmalarda kafa çarpma süreleri elde edilmeye çalışılmıştır. Nagatomi ve çalışma arkadaşlarının [12] yaptıkları araştırmalarda, kafa çarpışma süreleri yaya tipine göre farklılık göstermekte ve yayanın boyu en etkili faktör olmaktadır. Bu sebeple yapılacak tasarım çalışmaları, en kritik çarpışma süresine sahip olan çocuklar dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir. Tablo 3'te yaya yüksekliklerine göre hesaplanan kafa çarpma süreleri gösterilmektedir.

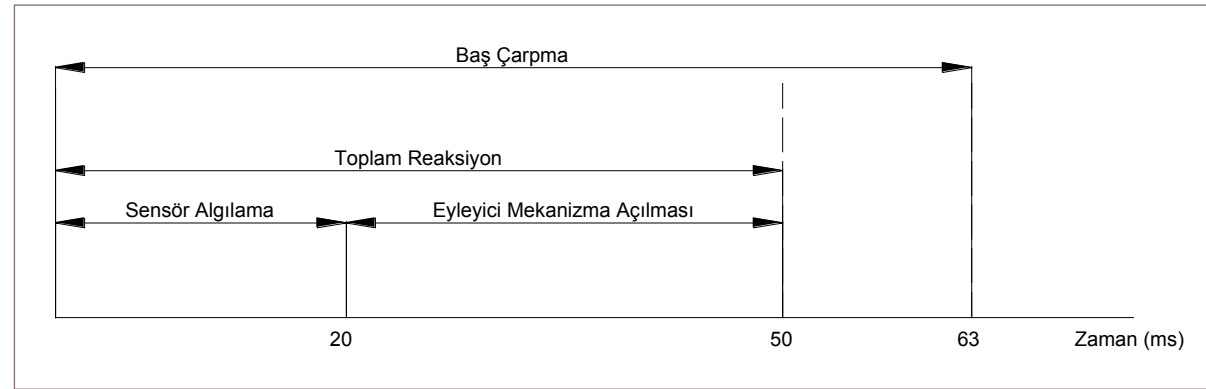
Tablo 3'te üç farklı yaya tipi dikkate alınmıştır. Bunlar; çocuk, erkek, erkek yetişkin yaya modelleridir.

Tablo 3. Yaya Yükseklikleri ve Kafa Çarpma Süreleri [12]

Özellikler	Çocuk	Erkek	Erkek Yetişkin
Yayanın Boyu [m]	1,15	1,52	1,77
Kafa Çarpma Süresi [ms]	63	97	140

Aktif Kaput Sistemi Çalışma Süreleri

Araç-yaya kazalarında aktif kaput sistemi, yayanın kafasını kaputa vurmadan önce devreye girmiş olması ve tüm işlemlerini tamamlaması gerekmektedir. Ayrıca ters yönde ani bir açılma gösteren kaputun yapacağı salınım hareketinin de kısmen sönmülenebilmesi için, sistemin tamamen açılmasından yayanın kafasını vuruncaya kadar bir miktar zaman gerekmektedir. Bunlar dikkate alınarak, en kısa kafa çarpma süresine sahip çocuklar (63 ms) (Tablo 3) baz alındığında, bir aktif kaput sisteminin başarılı olabilmesi için bu toplam sürenin kafa çarpma süresinden daha kısa olmalıdır (Şekil 3).

**Şekil 3.** Bir Aktif Kaput Sisteminin Çalışma Süreleri ve Yayaların Kafa Çarpma Süresi

Şekil 3'te bir aktif kaput sisteminin çalışma süreleri ve yayaların kafa çarpma süresi açıklanmaktadır. Burada "Toplam Reaksiyon", aktif kaput sisteminin, yayanın algılanmasından, eyleyici mekanizmanın açılmasıyla kaputun tamamen konumlanmasına kadar geçen toplam süreyi göstermektedir.

2.2 Yasal Gereklilikler

Aktif kaput sisteminin genel sınır şartları, EEVC gibi komiteler, ülkeler (ABD, Japonya) ve bunların testlerini uygulayabilen Euro NCAP tarafından yayaların güvenliğini artırabilmek için belirlenmiştir.

Regülasyonlar

Yaya güvenlik sistemi için EEVC tarafından yayınlanmış bazı direktifler bulunmaktadır [8]. Bu direktiflerde, Avrupa için yetişkin ve çocuk olmak üzere iki tip yaya dikkate alınmıştır. EEVC raporuna göre, aktif kaput sistemi testlerinde yayaların kafa çarpışmalarını temsil etmek üzere kafa form bilgileri verilmiştir. Buna göre, çocuk kafa formunun $2,5 \pm 0,05$ kg ağırlıkta olup, zemin ile $50^\circ \pm 2^\circ$ açı yapacak şekilde araç

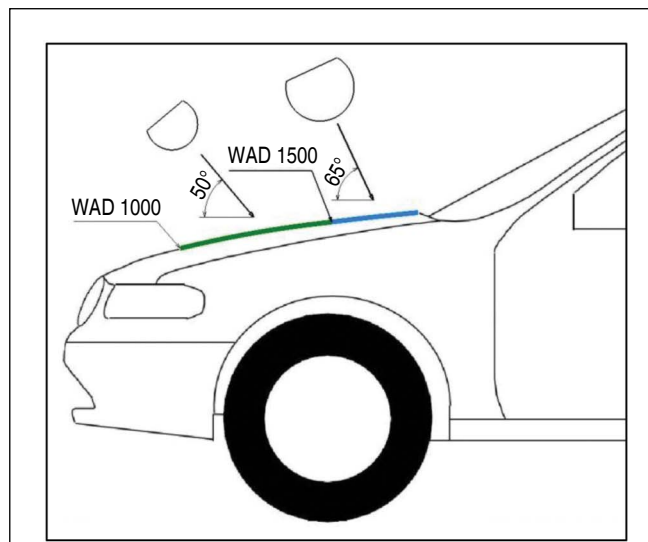
kaputuna fırlatılması gerekmektedir. Yetişkin kafa formu ise $4,8 \pm 0,1$ kg ağırlıkta olup, zemin ile $65^\circ \pm 2^\circ$ açı yapacak şekilde fırlatılmalıdır. Test esnasında araç hızının 40 km/sa alınması gerekmektedir [7].

Çocuk ve yetişkin kafa formu test kriterleri Tablo 4'te açıklanmış olup, Şekil 1'de gösterilmektedir. Elde edilen bulgular ışığında, yapılan testlerde oluşacak en yüksek HIC değerinin 1000'den az olması gerekmektedir.

Tablo 4. EEVC Test Bilgilerine Göre Olması Gereken Çocuk ve Yetişkin Kafa Formu Kriterleri [7]

Özellikler	Çocuk Kafası	Yetişkin Kafası
Hız [km/sa]	40	40
Kafa Ağırlığı [kg]	2,5	4,8
En Yüksek HIC Değeri	1000	1000

Şekil 4'te gösterilen sarım mesafesi (WAD-Wrap Around Distance), zeminden aracın üzerine çekilen bir şeridin uzun-

**Şekil 4.** Avrupa Regülasyonlarına Göre Kafa Form Kriterleri

luğunu temsil etmektedir. Bu ölçü, kaza esnasında yayaların kafalarının nereye gelebileceğinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Çocuklar için 1000-1500 mm, yetişkinler için 1500-2100 mm aralıkları dikkate alınmaktadır [13].

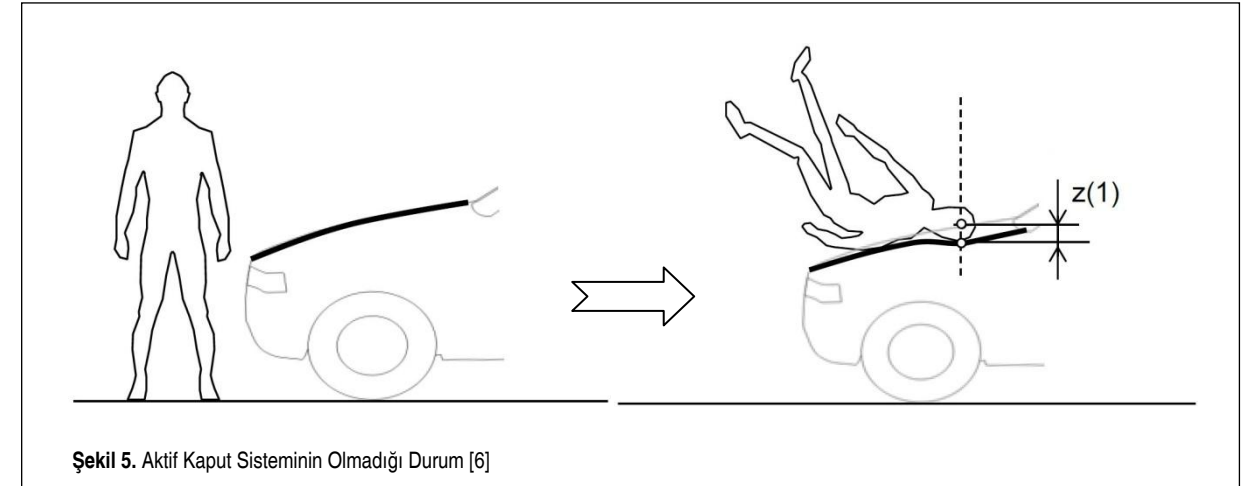
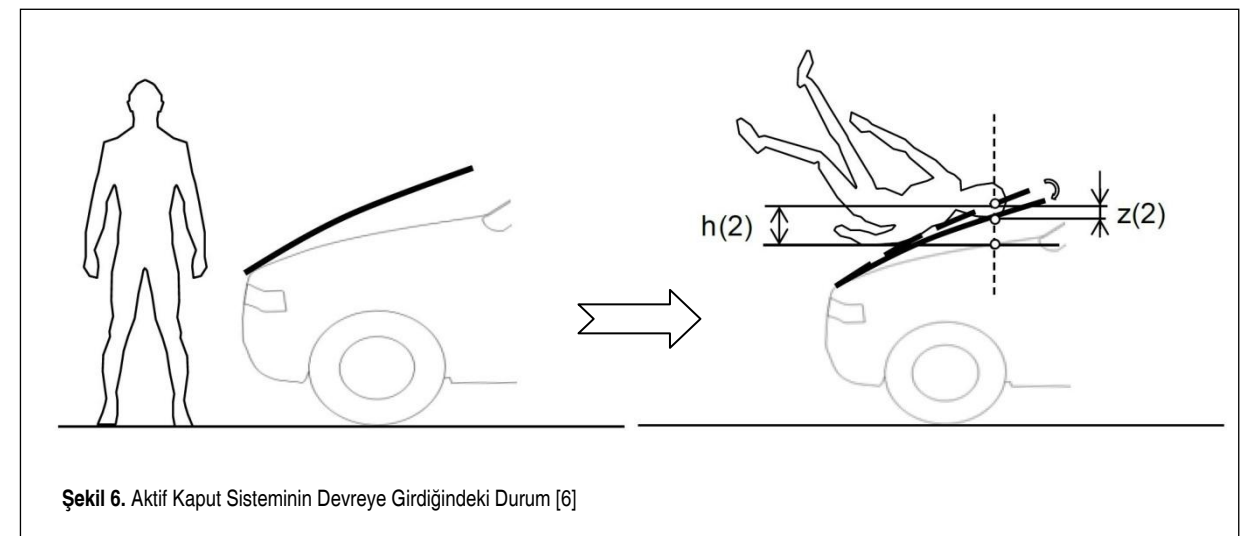
Euro NCAP Gereklilikleri

Yaya güvenliği ile ilgili olarak Euro NCAP bazı testler uygulamaktadır. Araç üreticileri araçlarını bu testlere tabi tutarak Euro NCAP'ten sonuçları alabilmektedirler. Bu testlerde aracın ön tamponu ve kaputu test edilmektedir. Aracın güvenlik dereceleri Euro NCAP tarafından yayımlanmaktadır.

Euro NCAP testlerde, çocuk ve yetişkin mankenlerin kütleleri, çarpışma hız ve açıları için Avrupa regülasyonları ile aynı

Tablo 5. Euro NCAP HIC Limitleri [6]

HIC Sınırı	Kaza Sonucu
$HIC \leq 1000$	Yaya Kurtulabilir
$1000 < HIC < 1350$	Ölüm Riskinde Ekspansiyel Artış
$1350 \leq HIC$	Ölümcül Risk

**Şekil 5.** Aktif Kaput Sisteminin Olmadığı Durum [6]**Şekil 6.** Aktif Kaput Sisteminin Devreye Girdiğindeki Durum [6]

değerleri kullanılmaktadır (Tablo 4). Ancak, HIC değeri için farklı bir sınıflandırma yaparak sonuçları derecelendirmektedir (Tablo 5). HIC değeri 1000'in altında ise sistem, kaza esnasında yayanın ölüm riskini düşürerek yayayı kurtarabilmektedir. Bu değer 1000 ile 1350 arasında ise yayanın ölüm riski ekspansiyel olarak artmaktadır. 1350'den daha büyük sonuçlar için ise ölümcül risk söz konusu olmaktadır.

Hızı 40 km/sa olan bir araca yayanın ortadan vurmasıyla kafa fırlatma testleri gerçekleştirilmektedir. Aktif kaput sisteminin olmadığı durumda yaya, kafasını kaputa vurduğu esnada kaput z (1) mesafesi kadar esneyebilmektedir (Şekil 5). Bu değer, kaputun motor bloğu gibi sert cisimle arasında olan mesafedir. Çünkü aktif kaput sisteminin amacı bu çarpışmaları engelleyerek kaput altında daha fazla alan oluşturmaktır. Sistem aktif hale geldiğinde, kaput h (2) mesafesi kadar yükselmekte ve yayanın kafasını vurmasıyla kaput z (2) kadar esneyebilmektedir (Şekil 6). z (2) ölçüsünün belirli sınırlar altında kalması gerekmektedir. Ancak bu sayede yayanın kafasını sert cisimlere vurması engellenebilir.

Şekil 5 ve Şekil 6'dan da görüldüğü gibi, her araç için ideal kaput yüksekliği değişmektedir. Bunun için Euro NCAP, bu değerlerden yola çıkarak araçların testlerden geçebilmesi için uyması gereken bir şart ortaya koymuştur [6]. Bu şart, aşağıdaki formülle gösterilir.

$$Z(2) - Z(1) < 75\% \cdot h$$

Burada z (1), aktif kaputsuz araçta çarpma sonucu göçüklük değerini; z (2), aktif kaputlu araçta çarpma sonrası kaput yer değiştirmesini; h (2), aktif kaputun yüksekliğini göstermektedir. Aktif kaput sistemi devreye girdiğinde, kaput bir miktar yükselmektedir (h (2)). Yaya, kafasını kaputa vurduğu esnada kaputun en fazla %75'lik bir geri yaylanma yapmasına izin verilmektedir.

2.3 Aktif Kaput Sistemlerini Oluşturan Alt Sistemler

Aktif kaput sistemi, üç alt sistem içermektedir; yayanın araca olan temasını algılayabilen sensörler, kaza esnasında kaputun altında "hayat boşluğu" oluşturabilmek amacıyla kaputu ters yönde açabilen kaput menteşeleri ve yayanın kafasını vurmada önce menteşenin ters yönde açılmasını sağlayarak kaputu kaldıran eyleyicilerdir. Bu sayede yayanın kafasını kaputa

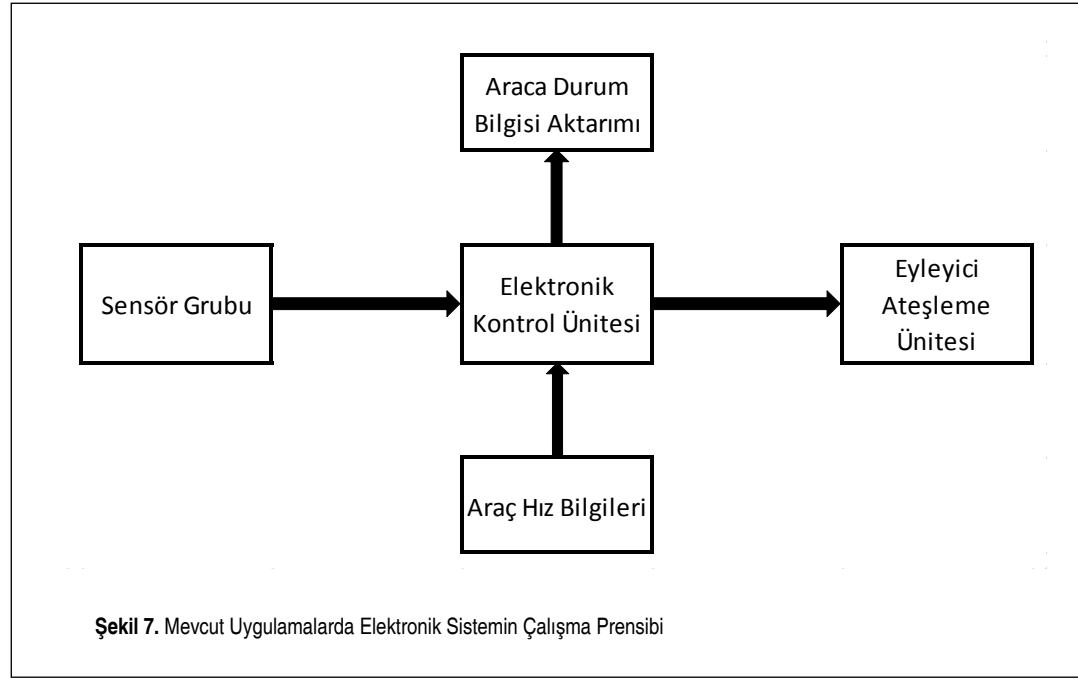
dört kol ve iki kol menteşe mekanizmaları olarak iki gruba ayrılmaktadır.

Eyleyici

Eyleyiciler, kullanım yöntemleri sebebiyle ikiye ayrılmaktadır. Lee ve arkadaşlarının çalışmasına göre eyleyici sistemler, kaput menteşesi ile bağlantısı olmadan, kaza esnasında doğrudan kaputa temas edebilmektedir [14]. Bu sistemler motor kompartımanında ilave bir alana ihtiyaç duymaktadır. Başka bir eyleyici tipi ise menteşe bünyesine adapte edilmiş olup, motor kompartımanında ek bir alana ihtiyaç duymayan ve kaza esnasında menteşenin diğer yöne açılabilmesini de sağlayabilen sistemlerdir.

Sensörler ve EKÜ

Sistemin çevreyi algılaması ve yönetimi elektronik sistemlerle yapılmaktadır. Sensörler, aracın yayaya çarptığını algılayıp işaret üretmektedir. Sensörlerin ürettiği işaret Elektronik Kontrol Ünitesine (EKÜ) girmektedir. Burada EKÜ, aracın hız bilgilerini ve sensör bilgilerini istenen fonksiyona göre işleyerek, gerekirse eyleyici sistemi harekete geçirecek işareti üretmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Mevcut Uygulamalarda Elektronik Sistemin Çalışma Prensipleri

vurması ile kaput yeterince esneyebilmekte ve motor bloğu gibi sert cisimlerle çarpışma engellenebilmektedir.

Menteşe Mekanizması

HIC değerlerini 1000 değerinin altına düşürerek yaya güvenliğini sağlayabilmek için geliştirilen menteşe mekanizmasının aynı zamanda normal çalışma koşullarını da sağlayabiliyor olması gerekmektedir. Literatürde menteşe mekanizmaları,

Aktif kaput uygulamalarında genellikle harici elektronik kontrol ünitesi yerine, araçlar üzerinde bulunan genel araç kontrol ünitesi kullanılmaktadır.

Aktif kaput sisteminde kullanılacak sensörler, emniyet amaçlı olduğundan, mutlaka %100 doğrulukla çalışmalı, aracın sarsıntılarında zarar görmemeli ve açık hava şartlarına dayanıklı olmalıdır. Sensörler, yaya çarpması dışındaki etkilerden

kaynaklı sinyal üretip, yaya güvenlik sisteminin gereksiz yere aktif olmasına sebebiyet vermemelidir. Sinyal üretme süresi, sistemin devreye girmesini etkilediğinden çok hızlı çalışmaları gerekmektedir.

3. SONUÇ

Bu çalışmada, günümüzde önemi gittikçe artan yaya güvenliğine yönelik sistemlerden biri olan aktif kaput sistemi anlatılmıştır. Dünya genelinde birçok ülkede açıklanan kaza istatistikleri sonuçları incelendiğinde, yaya ölümlerinin bu istatistiklerin önemli bir bölümünü oluşturduğu görülmektedir. Bu konuda geliştirilecek sistemlerin ve mevcut araçların kaza sonrası yaya ölüm olasılığını hesaplayabilmek için geliştirilen formül ve bu formülden elde edilen HIC değerlerinin karşılık geldiği ölüm kriteri açıklanmıştır. Yaya ölümlerini önlenmesi için geliştirilen aktif kaput sistemi hakkında yayınlanan bazı regülasyonlar bulunmaktadır. Bu regülasyonlar ve araç-yaya kazaları için kritik olan değerler açıklanmıştır. Aktif kaput sistemini oluşturan alt sistemler gösterilmiştir. Yaya güvenliği sistemleri ile ilgili olarak birçok otomotiv firmasının ve araştırma kuruluşlarının aktif kaput sistemi üzerine yoğun olarak çalıştığı gözlenmektedir. İlerleyen süreçte regülasyonlarla zorunlu hale geleceği tahmin edilmektedir. Bu araştırmalar neticesinde yeni bir sistem geliştirme çalışmaları, Toksan yürütücülüğünde, Oyak-Renault firmasıyla birlikte, ortaklı proje kapsamında gerçekleştirilecektir.

KAYNAKÇA

1. NHTSA, "Analysis of Pedestrian Crashes," Nisan 2003.
2. Durna, T. 2013. Dünya Sağlık Örgütü Karayolu Güvenliği Küresel Durum Raporu 2013.
3. International Transport Forum, 2013. Road Safety Annual Report 2013.
4. Kerkeling, C., Schäfer, J., Thompson, G-M. 2005. "Structural Hood and Hinge Concepts for Pedestrian Protection," Proceedings of the 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), 6-9 June 2005, Washington, DC., USA.
5. Huang S., Yang J. 2010. "Optimization of a Reversible Hood for Protecting a Pedestrian's Head During Car Collisions," Elsevier, Accident Analysis and Prevention, vol. 42, p.1136-1143.
6. Euro NCAP Pedestrian Testing Protocol, Version 7.0.
7. EEVC WG 17 Report, "Improved Test Methods To Evaluate Pedestrian Protection Afforded By Passenger Cars," December 1998.
8. "Directive 2003/102/EC of the European Parliament and of the Council," Official Journal of the European Union, 17 November 2003.
9. <http://tr.euroncap.com/Content-Web-Page/7f61fb1a-7dbf-4d65-ac82-051ebb9d2dda/yayalarn-korunmas.aspx>, son erişim tarihi: 22.10.2013
10. Yoshida, S., Matsubashi, T. 1998. "Simulation of Car-Pedestrian Accident for Evaluate Car Structure," 16th ESV Conference, 31 May-04 June 1998, Ontario, Kanada.
11. Yoshida, S., Igarashi, N., Takahashi, A., Imaizumi, I. 1999. "Development of a Vehicle Structure with Protective Features For Pedestrians," SAE International Congress and Exposition, March 1999, Detroit, U.S.A.
12. Nagatomi, K., Hanayama, K. 2005 "Development and Full-Scale Dummy Tests of a Pop-Up Hood System for Pedestrian Protection," Proceedings of the 19th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), 6-9 June 2005, Washington, DC., USA.
13. Shin, M-K., Park, K-T., Park, G-J. 2008 "Design of the Active Hood Lift System Using Orthogonal Arrays," J. Automobile Engineering, p.705-717.
14. Lee, K. B., Jung, H. J., Bae, H. I. 2007. "The Study on Developing Active Hood Lift System for Decreasing Pedestrian Head Injury," Proceedings of the 20th International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), 18-21 June 2007, Lyon, Fransa.