

## Trafik Kazalarında Yayaların Takla Atması

Derleyen: Mehmet ŞEN  
Emekli Emniyet Müdürü  
Sirius Kriminal Kurucu Ortak

Bir çarpışma sonucunda yayaların hareketi, olayın doğru şekilde yeniden yapılandırılması ve hızın belirlenebilmesi açısından son derece önemlidir. Eğer yaya, Şekil 8.3'te gösterildiği gibi kütle merkezinin altından çarpılırsa, vücudu saat yönünün tersine doğru dönmeye başlar. Bu tür bir çarpışma, vücudun kaputun üzerine doğru yükselmesine ve yayanın başının aracın ön camına çarpmasına neden olur. Araç hızı yeterince yüksekse, vücut aracın tavanı üzerinden takla atabilir. Araç-yaya kazalarında baş yaralanmaları, ölüm nedenleri arasında en yüksek orana sahiptir. Ciddi baş yaralanmaları, araç çarpma hızının **30 mph (yaklaşık 48 km/s)** üzerinde olduğu durumlarda meydana gelir.

Yayanın araç üzerinden izlediği uçuş yolu, Şekil 8.3'te gösterildiği gibi **"takla (vault)"** olarak değerlendirilir. Eğer yaya, kütle merkezinden veya daha yukarı bir noktadan çarpılırsa, yerinden savrulabilir ve aracın üzerinden geçmesi (run-over) olasıdır.

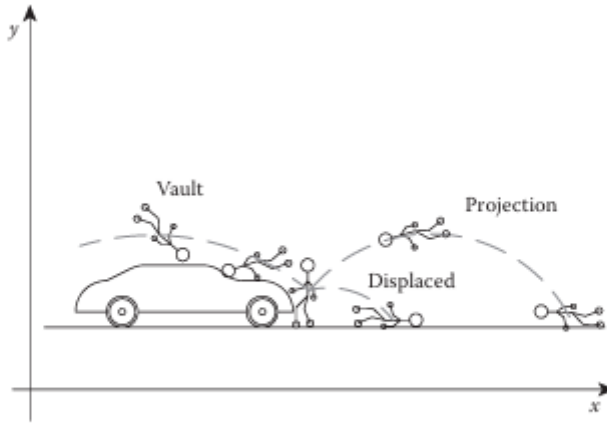


Figure 8.3 Pedestrian collision.

Alternatif olarak, **bir mermiye benzer bir uçuş yolu** yaya ileri doğru fırlatılabilir. Yayanın izlediği yolun doğru şekilde değerlendirilebilmesi için kaza yerinde yapılan dikkatli ölçümler ile araçtaki hasar ölçümleri gereklidir.

Araç hızına ilişkin tahminler çeşitli yöntemlerle yapılabilir. Çarpmanın tam noktası gibi önemli bilgiler her zaman mevcut olmayabilir. Bazen ayakkabı kalıntıları veya şapkalar gibi yardımcı (ikincil) bulgular, yaklaşık çarpma noktasının belirlenmesine yardımcı olur. Bazı durumlarda, çarpışmadan sonra vücudun ne kadar mesafe kaydığı (kayma mesafesi) tam olarak belirlenemeyebilir. Pek çok vakada araç, çarpışmadan önce veya sonra fren izi bırakmaz. Bu durum genellikle sürücülerin, park etmiş araçlar arasından aniden yola

çıkan yayalar gibi görüşü engelleyen durumlar nedeniyle dikkatsiz yakalanmasından kaynaklanır.

Bir diğer önemli husus, sürücünün gece koşullarında yayayı algılama veya görme durumudur. Bu görünürlük; yayanın giysisinin rengi, sokak aydınlatması ve farların ışık şiddeti gibi birçok faktöre bağlıdır. Normal koyu renk giysi giyen bir yayanın, gece düşük huzmeli farlar altında yaklaşık **150 fit (yaklaşık 46 metre)** mesafeden fark edilebildiği kabul edilmektedir.

Çarpma anındaki araç hızını tahmin etmek için analizlerde **dört yöntem** kullanılmaktadır. İlk yöntem, **takla (vault) denkleminin** kullanılmasını içerir. Bu denklem şu şekilde ifade edilir:

### 8.6 Takla (Vault) Denklemi

$$V_0 = \sqrt{\frac{gD_1^2}{2\cos^2 A_v (D_1 \tan A_v + h)}}$$

Bu denklem, **yayanın araç üzerinden takla atarak izlediği uçuş mesafesine** dayanarak çarpma anındaki araç hızını tahmin etmek için kullanılır.

---

### 8.7 İkinci analiz yöntemi: Yayanın kayma denklemi

$$V_s = \sqrt{V_f^2 - 2aD_2}$$

Bu yöntemde, çarpışmadan sonra **yayanın zeminde kayma mesafesi** dikkate alınarak hız hesabı yapılır.

---

### 8.8 Üçüncü analiz yöntemi: Ampirik denklem (Limpert, 1990)

$$V_e = 6.6\sqrt{8.4aD - 20a^2}$$

Bu denklem, **deneysel (ampirik) verilere** dayalı olarak geliştirilmiş olup, yaya–araç çarpışmalarında hız tahmini için sıkça kullanılır.

---

### 8.9 Dördüncü yöntem: Reaksiyon süresi dâhil toplam durma mesafesi

$$V_i = g a_2 t_r \left[ \sqrt{1 + \frac{2D_T}{g a_2 t_r^2}} - 1 \right]$$

Bu denklem, **sürücünün reaksiyon süresi + frenleme mesafesini** içeren toplam durma mesafesinden araç hızının hesaplanmasında kullanılır.

---

#### Denklemler 8.6 – 8.9 için tanımlanan parametreler

- $V_0$  = Takla (vault) denklemine göre hesaplanan hız (ft/sn)
- $V_s$  = Yayanın kayma denklemi esas alınarak hesaplanan hız (ft/sn)
- $V_e$  = Limpert (1990) tarafından geliştirilen ampirik denkleme göre hesaplanan hız (ft/sn)
- $V_i$  = Toplam durma mesafesine göre hesaplanan hız (ft/sn)
- $g$  = Yerçekimi ivmesi (ft/sn<sup>2</sup>)
- $D_1$  = Takla (vault) mesafesi (ft)
- $A_v$  = Takla açısı (derece)
- $h$  = Takla yüksekliği (ft)
- $V_f$  = Nihai hız (ft/sn)
- $a$  = Cismin ivmesi / yavaşlaması (ft/sn<sup>2</sup>)
- $D_2$  = Cismin zeminde kaydığı mesafe (ft)
- $a_2$  = Araç yavaşlaması (g cinsinden)
- $t_r$  = Sürücü reaksiyon süresi (sn)
- $D_T$  = Aracın toplam durma mesafesi (ft)

Denklemler **8.6 ile 8.9** kullanılarak hesaplanan hızlar için **ortalama bir çarpma hızı ( $V_a$ )**, bu hızların **ortanca (median) değeri** olarak alınır. Bu analiz, **yan çarpışmalar** değerlendirilirken yalnızca **yaklaşık bir yöntem** olarak kullanılabilir. Ön (frontal) çarpışmalar, tüm araç–yaya kazalarının yaklaşık **%75’ini** oluşturmaktadır.

Örnek olarak, çarpma noktasının yaklaşık olarak bilindiği **gerçek bir yaya–araç kazası** ele alınmıştır. Yaya, kırsal bir otoyolu, evinin karşısında park edilmiş aracına doğru geçerken

çarpılmıştır. Konutun yanında bir dere üzerinde köprü bulunmakta olup, araç konum olarak bu köprünün tam karşısında yer almaktadır. Bu nedenle çarpma noktası, yayanın köprüden aracına olan doğrusal hattın **10 ft (yaklaşık 3 m)** içerisinde kalmaktadır. Polis ölçümlerine göre, yayanın vücudu çarpma noktasından **91 ft (yaklaşık 28 m)** ileriye doğru fırlamıştır. Yayaya çarpan araç, yüksek ön yapıya sahip küçük bir kamyonettir. Yayanın boyu yaklaşık **5 ft (1,52 m)** olduğundan, yeniden yapılandırmada **Denklemler 8.6–8.8** kullanılmıştır. Polis, çarpma öncesinde ve sonrasında yolda **fren izleri** bulunduğunu belirtmiş olsa da, bu izler ölçülmemiş veya fotoğraflanmamıştır. Çarpışma **gece saatlerinde** meydana gelmiştir.

Sonuçların özeti, üç farklı analiz yöntemini karşılaştırmakta ve çarpma anındaki hızın **45–50 mph (yaklaşık 72–80 km/s)** aralığında olduğunu göstermektedir. Denklem **8.9** kullanılarak, **0,65** gibi (bazı fren izlerini temsil eden) **muhafazakâr bir sürtünme katsayısı** ile hesaplanan aracın durma mesafesinin yaklaşık **58 mph (yaklaşık 93 km/s)** olduğu belirtilmelidir. Bu analiz, çarpma öncesinde herhangi bir frenleme eylemi içermemektedir; dolayısıyla aracın **gerçek hızı normalde daha yüksek** olacaktır. Sonuçlar **Tablo 8.4 ve 8.5'te** sunulmuştur.

<b>D (ft)</b>	<b>(V<sub>0</sub>)</b>	<b>(V<sub>s</sub>)</b>	<b>(V<sub>e</sub>)</b>
86	46.5	48.3	44.1
87	46.8	48.6	44.4
88	47.1	48.9	44.7
89	47.4	49.2	45.0
90	47.7	49.5	45.4
91	48.0	49.7	45.7
92	48.3	50.0	46.0
93	48.5	50.3	46.3
94	48.8	50.5	46.6
95	49.1	50.8	46.9

Bu tablo, **yayanın yatay fırlatma mesafesi (D)** arttıkça, farklı yöntemlerle hesaplanan **çarpma hızlarının** ( $V_0$ : takla denklemi,  $V_s$ : kayma denklemi,  $V_e$ : ampirik denklem) nasıl değiştiğini göstermektedir.

f	(V <sub>0</sub> )D=86	(V <sub>0</sub> )D=91	(V <sub>0</sub> )D=95	(V <sub>s</sub> )D=86	(V <sub>s</sub> )D=91	(V <sub>s</sub> )D=95	(V <sub>e</sub> )D=86	(V <sub>e</sub> )D=91	(V <sub>e</sub> )D=95
0.7	46.5	48.0	49.1	42.6	43.9	44.8	42.4	43.9	45.0
0.8	46.5	48.0	49.1	45.6	46.9	47.9	43.5	45.0	46.2
0.9	46.5	48.0	49.1	48.3	49.7	50.8	44.1	45.7	46.9
1.0	46.5	48.0	49.1	51.0	52.4	53.6	44.3	46.0	47.3
1.1	46.5	48.0	49.1	53.4	55.0	56.2	44.2	45.9	47.3
1.2	46.5	48.0	49.1	55.8	57.4	58.7	43.9	45.6	47.0

Bu tablo, **vücut sürüklenme (drag) faktörü  $f$**  ile **yatay mesafenin (D)**, farklı hız hesaplama yöntemleri üzerindeki etkisini göstermektedir.

- $V_0$ : Takla (vault) denklemi
- $V_s$ : Yayanın kayma denklemi
- $V_e$ : Limpert (1990) ampirik denklemi

**Kaynak: Kazanın yeniden yapılandırılmasında matematik metotları, Adli mühendislik perspektifi, Harold Franck, Darrel Franck**