



Beton yollar, karayolu taşımacılığında kaynaklanan CO₂ emisyonlarının azaltılmasına önemli ölçüde katkıda bulunabilir



**Beton sayesinde
Küresel Isınma Potansiyelinde (KIP)'de
- 78 kg CO₂/m² tasarruf**

Yakıt tüketimi yalnızca araçtan (motor tipi, aerodinamik profil, lastikler...) etkilenmekle kalmaz kat edilen yol üstyapısından da etkilenir. Yol üstyapısının yüzeyi ile ilgili faktörler, düzgünsüzlük, yüzey dokusu ve esnemedir.

Doku ve düzgünsüzlük, asfalt ve beton yollar için aynı yapılabilirse de, bu durum esneme için geçerli değildir.

Çeşitli araştırmalar asfalt ile karşılaştırıldığında beton yolda giden kamyonlar için yaklaşık **%2 yakıt tasarrufuna** işaret etmektedir. Bu hem teorik çalışmalarla (MIT tarafından yapılan) hem de saha testleriyle ortaya konulmuştur.

Fark, **daha düşük hızlarda** ve **daha yüksek dış sıcaklıkta** daha fazladır.

Bir otoyolun Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi (YDD) yapılırken, daha düşük yakıt tüketimine bağlı olarak azalan sera gazı emisyonları yol üst yapısının kullanım aşamasında diğer etkileyen faktörlerle birlikte dikkate alınmalıdır. Avrupa karayolu taşımacılığı ağının verilerine göre esnek yapıya sahip asfalttan rijit yapıya sahip betona geçiş, **50 yıl içinde Küresel Isınma Potansiyelinde (KIP) kendi CO₂'sini telafi etmenin de ötesinde yaklaşık 78 kg CO₂/m² olduğu tahmin edilen bir fark** yaratmaktadır.

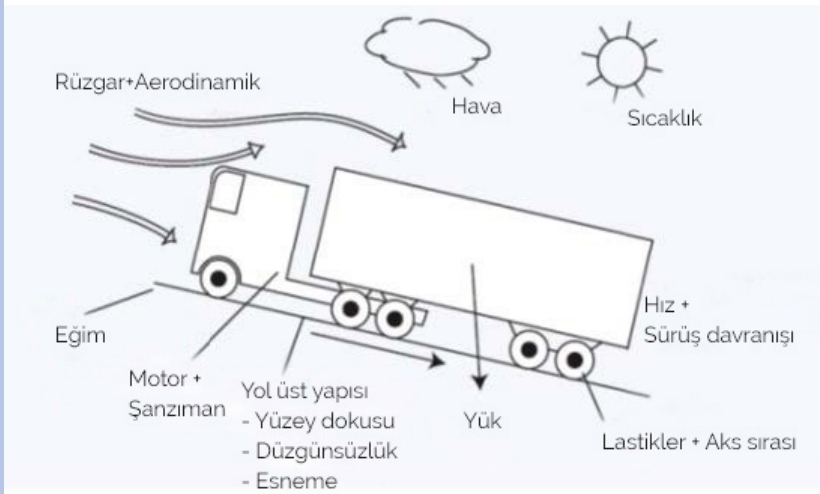
Avrupa'da toplam otoyol ağı ve karayolu yük taşımacılığı dikkate alındığında, **yılda toplam 2.5 milyon ton CO₂ tasarrufu** potansiyeli bulunmaktadır.

Ayrıca, azalan yakıt tüketimi kamyonla taşımacılık yapan şirketler açısından **daha az kirlilik ve daha az işletme maliyeti** anlamına gelmektedir.

DAHA FAZLA BİLGİ

Yalnızca elektrikli araçlar değil fiziki yol altyapısı da karayolu taşımacılığının neden olduğu CO2 emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunabilir. Çeşitli çalışmalar ve araştırmalar, esnek asfalt kaplamalar ile karşılaştırıldığında rijit beton kaplamalar üzerinde yol alan ağır araçların daha az yakıt tükettiğini göstermiştir.

Bir aracın yakıt tüketimini etkileyen çok sayıda faktör bulunmaktadır. Bunlardan bazıları araç, motoru ve aerodinamik araç mukavemetinin yanı sıra yol üstyapısının eğimidir. **Kaplama yüzeyi ile ilgili faktörler; düzgünsüzlük, yüzey dokusu ve esnemedir.**



Düzgünsüzlük ve doku hem beton hem de asfalt yollarda yapım kalitesine ve/veya güvenlik gereksinimlerine bağlıdır. Bunlara ek olarak, ondülasyonların, doğru uygulanmayan yamaların, tekerlek izinde oturmaların, çukurların ya da hasarlı derzlerin olmamasına da bağlıdır.

Esneme ise büyük ölçüde kaplamanın yapısına bağlıdır ve bu da beton ve asfalt arasındaki en büyük farktır.



Tekerlek yükü altında asfalt yolun esnemesi (tekerlek yükü altında sehim yapması), aracın daha fazla enerji, yakıt ve CO2 ihtiyacı duyarak yokuş yukarı çıkması ile aynı etkiye sahiptir.

Tekerlek yükü altında yol üstyapısının esnemesi, aracın sürekli yokuş yukarı çıkmasına benzer bir etki yaratarak daha fazla yakıt tüketimi ve daha fazla CO2 yaymasına neden olur. Beton yol kaplamaları, ağır trafik yükü altında daha az esneyen rijit yapılarıdır ve dolayısıyla daha az yakıt tüketimiyle daha az CO2 yayılmaktadır.

İlgili çalışmalardan ve araştırmalardan bazıları aşağıdaki sonuçları göstermektedir.

• KANADA ULUSAL ARAŞTIRMA KONSEYİ SAHA ARAŞTIRMASI

Çeşitli yol ve araç tipleri üzerinde farklı mevsimlerde, farklı istatistik modelleri kullanılarak dört incelemeden oluşan bir araştırma serisi gerçekleştirilmiştir. Araştırma kapsamında eşit düzgünsüzlük değerine sahip beton ve asfalt yollar üzerinde boş ve dolu ağır taşıtlar için yakıt tüketimi ölçülmüştür. Böylece, yüzey dokusunun ve kaplamanın esneme etkisinin de göz önünde alındığı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Yakıt tüketimi ölçümü sonuçları %95 güvenilirlikle beton ve asfalt kaplamalar arasında %0.8 ila %3.9 arasında değişiklik göstermiştir.

• İSVEÇ ULUSAL YOL VE ULAŞIM ENSTİTÜSÜ (VTI) SAHA ARAŞTIRMASI

VTI yol üstyapı tipinin yakıt tüketimi üzerindeki etkisini, İsveç'te Uppsala kentinin kuzeyinde yer alan, hem asfalt hem de beton kaplama içeren bir otoyol üzerinde ölçümler yaparak araştırmıştır. Binek bir araç – Volvo 940 – için yapılan ölçüm, asfalt yol kaplaması ile karşılaştırıldığında beton yol kaplaması üzerinde %1.1 daha az yakıt tüketimi olduğunu göstermiştir. Sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ve büyük ölçüde yüzey dokusundaki farklılıklara (taş mastik asfalt karşısında fırça çekilmiş beton, her iki kaplamada da agrega boyutu 16 mm) atfedilebilir. 80 km/sa hızda, toplamda 60 ton ağırlığında, dört akslı Scania R500+ 3 akslı römorku olan ağır yük kamyonunda yapılan ölçümlere göre, aracın beton yol üzerinde harcadığı yakıt miktarının asfalt kaplama üzerinde harcadığı yakıt miktarından ortalama %6,7 daha düşük olduğu görülmüştür. Bu durumda hem doku hem de kaplamadaki esneme saha testlerinin sonuçlarını etkilemiştir.

• FLORIDA ULUSLARARASI ÜNİVERSİTESİ SAHA ARAŞTIRMASI

İki saha araştırmasından elde edilen istatistiki sonuçlar, belirtilen test koşullarındaki rijit kaplama (beton) ve esnek kaplama (asfalt) üzerindeki yakıt tasarruflarını göstermektedir. Birinci aşamada elde edilen tasarruflar, 112 km/sa hızındaki bir binek araç için %2.50 iken 93 km/sa hızındaki 18 tekerlekli bir ağır taşıt için %4.04'tür. İkinci aşamada elde edilen tasarruflar, 93 km/sa ve 112 km/sa hızındaki bir binek araç için %2.25 ve %2.22 iken 89 km/sa ve 105 km/sa hızındaki 6 tekerlekli orta ağırlıklı bir kamyon için %3.57 ve %3.15'tir. Tüm tasarruflar, %95 güvenilirlik seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır ve tasarrufların kaplamanın esnemesi ve yüzey dokusundaki farklılıklardan kaynaklandığı tespit edilmiştir.

• MASSACHUSETTS TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (MIT) TEORİK MODELLEMESİ

Bu çalışmalar, kaplama-araċ etkileşimi teorik modeline dayanmaktadır ve yakıt tüketimi üzerindeki etkiyi tahmin etmek için kullanılan kaplama esnemesinin ölçülmesini amaçlamaktadır. Araştırmanın ikinci aşamasında sıcaklık ve hız etkileri dahil edilmiştir ve teorik sonuçları doğrulamak için bir masaüstü deneyi hazırlanmıştır. Yakıt tüketimindeki farklılıklar, aşağıdaki tabloda belirtilen şekilde geniş bir aralıktadır.

	DÜŞÜK DEĞER	ORTALAMA DEĞER	YÜKSEK DEĞER
Asfalt	0.21	1.07	6.25
Beton	0.07	0.25	0.50
Fark	0.14	0.82	5.75



Ortalama yakıt tüketimi farkı **0.8233 litre/100 km ya da yaklaşık %2.35'tir** (ortalama yakıt tüketimi 35 litre/100 km olarak dikkate alındığında). Bu, Kanada saha testlerinde bulunanla aynı büyüklüktedir.

• FRANSIZ ULAŞTIRMA, PLANLAMA VE AĞLAR BİLİM VE TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ (IFSTTAR) TEORİK MODELLEMESİ

Bu modelde, asfalt kaplamanın viskoelastik davranışından kaynaklanan esneme (sehim) ve yakıt tüketimi üzerindeki etkisi de incelenmiştir. Enerji kaybı, yüksek sıcaklıkta ve düşük hızda en yüksek seviyededir ve yakıtın toplam enerjisinin %0.5'ine kadar çıkabilmektedir.

Yoğun ağır taşıt trafiğinden kaynaklanan kaplamanın esnemeye bağlı yakıt tüketimi (litre/100 km)
[Akbarian, M. (2015)]





Avrupa karayolu taşımacılığı ağı ortalama verilerine dayanarak (80 000 km otoyol; yıllık karayolunda taşınan yük miktarı 1804 milyar ton; kilometre; ortalama 16 ton taşıma kapasitesi; değişen 2 yavaş geçiş şeridi ve emniyet şeridi, her bir taşıt yolu genişliği 10m, esnek asfalttan rijit beton yapıya), **50 yıl içinde KIP'deki farkın kaplamanın 78 kg CO₂ /m²'si ya da toplam tasarruf potansiyelinin yılda 2.5 milyon ton CO₂ olacağı tahmin edilmektedir.**

Ayrıca, azalan yakıt tüketimi kamyonla karayolu taşımacılığı yapan şirketler için **daha az kirlilik ve daha az işletme maliyeti** anlamına gelmektedir.



Her iki saha testinin (Kanada Ulusal Araştırma Konseyi) ve teorik çalışmaların (MIT) sonuçları, asfalt yollarla karşılaştırıldığında beton yollar üzerinde ağır araçlar için yakıt tüketiminde yaklaşık %2'lik bir fark göstermektedir. Yüksek sıcaklıklar ve düşük hızlar, farkları daha da yüksek hale getirmektedir. Trafikğin yavaş olduğu kentsel alanlarda ya da yoğun otoyollarda esneme, düzgünsüzlüğün etkisi ile karşılaştırıldığında daha büyük bir role sahip olacaktır.

Yakıt tüketimindeki küçük farklarla bile bu parametre ihmal edilmemelidir. Çünkü yoğun ve ağır trafik yükü olan yollar başta olmak üzere yol kaplamanın yaşam döngüsü değerlendirmesinin (YDD) sonuçlarını önemli ölçüde etkileyebilir.

Bir otoyol için YDD yapılırken, daha düşük yakıt tüketimi nedeniyle azaltılmış sera gazı emisyonları, diğer etkileyen faktörlerle birlikte kaplamanın kullanım aşamasında dikkate alınmalıdır.

Beton yollardan sağlanan daha fazla çevresel faydaya EUPAVE'in bilgi görselinden ulaşılabilir
"Beton Yollar Ulaşımında Daha Sürdürülebilir" (2019), <https://www.eupave.eu/resources-files/infographic>

Kaynaklar

- Akbarian, M. (2015) Kaplama-arac etkileşiminin nicel sürdürülebilirlik değerlendirmesi: masaüstü deneylerden entegre karayolu ağı analizine. MIT'de doktora tezi, Cambridge, Massachusetts, U.S.A.
- Akbarian, M., Ulm, F.-J., Xin-Xu, Kirchain, R., Gregory, J., Louhghalam, A., Mack, J. (2019) MIT Beton Sürdürülebilirlik Merkezi'nde kaplama yaşam döngüsü kullanım aşaması araştırmasına genel bakış.
- Chupin, O., Piau, J.-M. & Chabot, A. (2013) Viskoelastik Materyal Katmanlardan Oluşan Yol Üstyapıları için Yapı Kaynaklı Yuvarlanma Direncinin (SRR) Değerlendirmesi. Materyaller ve Yapılar, 6(4), p. Springer Hollanda.
- EUPAVE (2011). Beton kaplamalar ulaşımın karbondan arındırılmasına katkıda bulunur.
https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Road_freight_transport_by_journey_characteristics#Average_vehicle_loads
- Hultqvist, B.-A. (2010) İsveç'te asfalt kaplama ve beton kaplama üzerinde yakıt tüketimi ölçümleri. 11'inci Uluslararası Beton Yol Sempozyumu Bildiri Özetleri, Seville, Spain.
- Jiao, X. (2015) Kaplama-arac etkileşiminin karayolu yakıt tüketimi ve emisyonu üzerindeki etkisi. Florida Uluslararası Üniversitesi'nde Doktora Tezi, Miami, Florida, A.B.D., FIU Elektronik Tezler ve Bilimsel İncelemeler. 2251.
<https://digitalcommons.fiu.edu/etd/2251>
- Mack, J., Akbarian, M., Ulm, F.J., Louhghalam, A. (2018) 13'üncü Uluslararası Beton Yol Sempozyumu Bildiri Özetleri 2018, Berlin, Almanya.

Bu broşür, EUPAVE izni ile TÜRKÇİMENTO (Türkiye Çimento Sanayicileri Birliği) tarafından Türkçeye çevrilmiştir.