NEDEN BETON YOL?

Prof. Dr. İsmail Özgür YAMAN

MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY

TÇMB
TÜRKİYE ÇİMENTO MÜSTAHSİLLERİ BİRLİĞİ

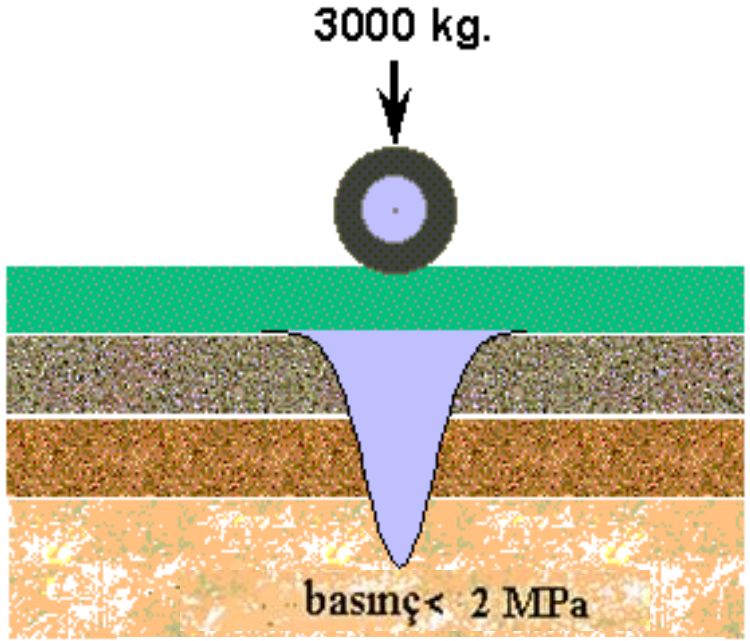
Yol Üstyapıları

Bitüm

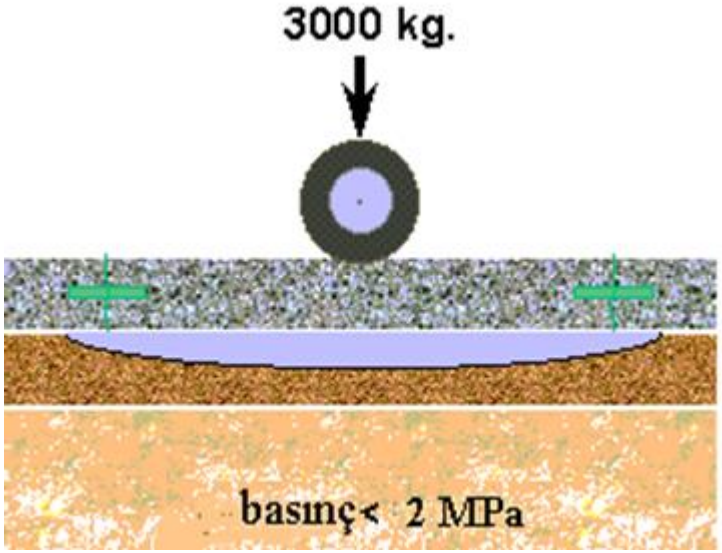
Ham Petrol Atığı
Yanürün
Dışa bağımlı!

Çimento

Kalker/Kil
Sınai Ürün
Yerli ve Milli!

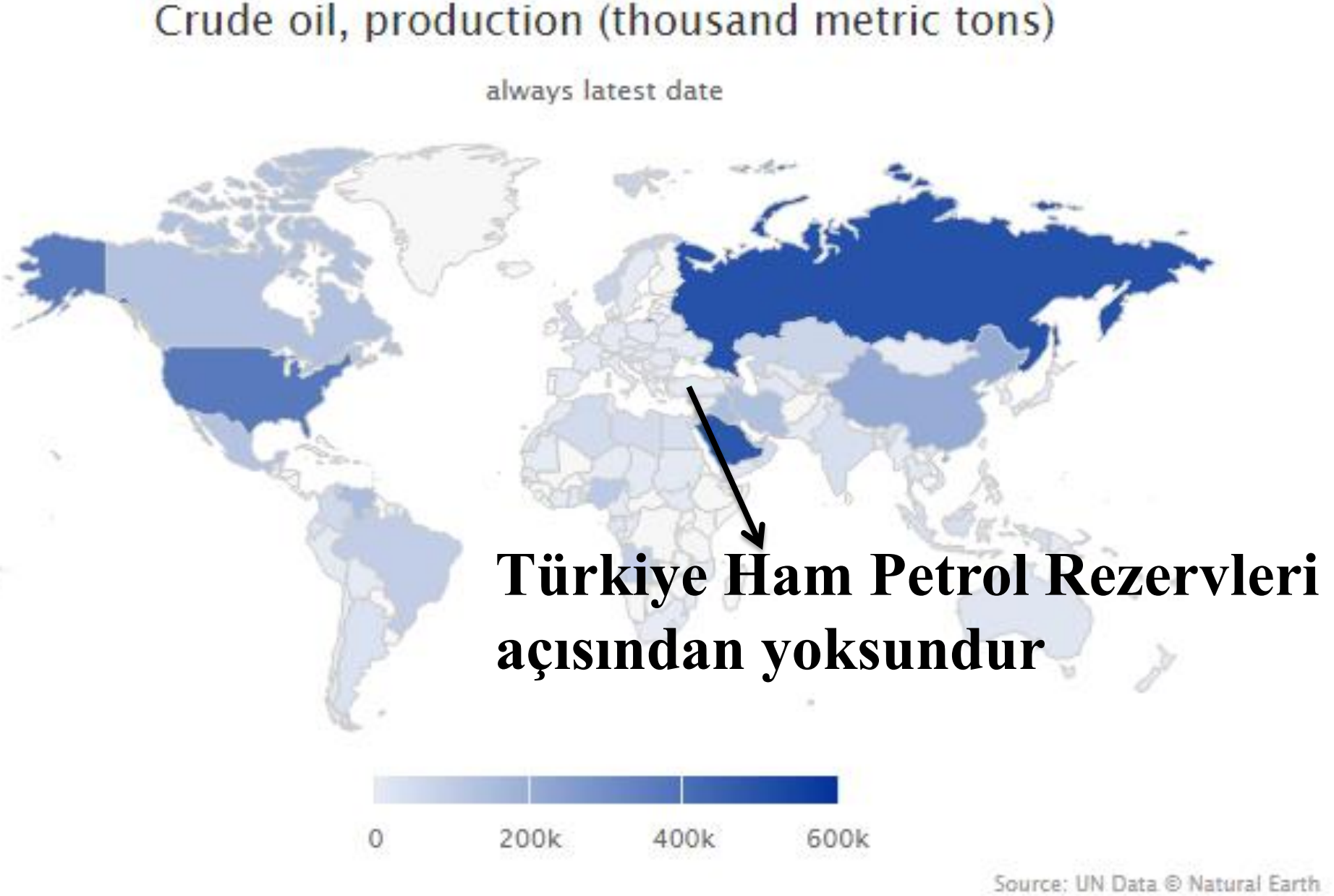


Esnek Kaplama



Rijit Kaplama

Dünya Ham Petrol Rezervleri



Türkiye Ham Petrol Rezervleri açısından yoksundur

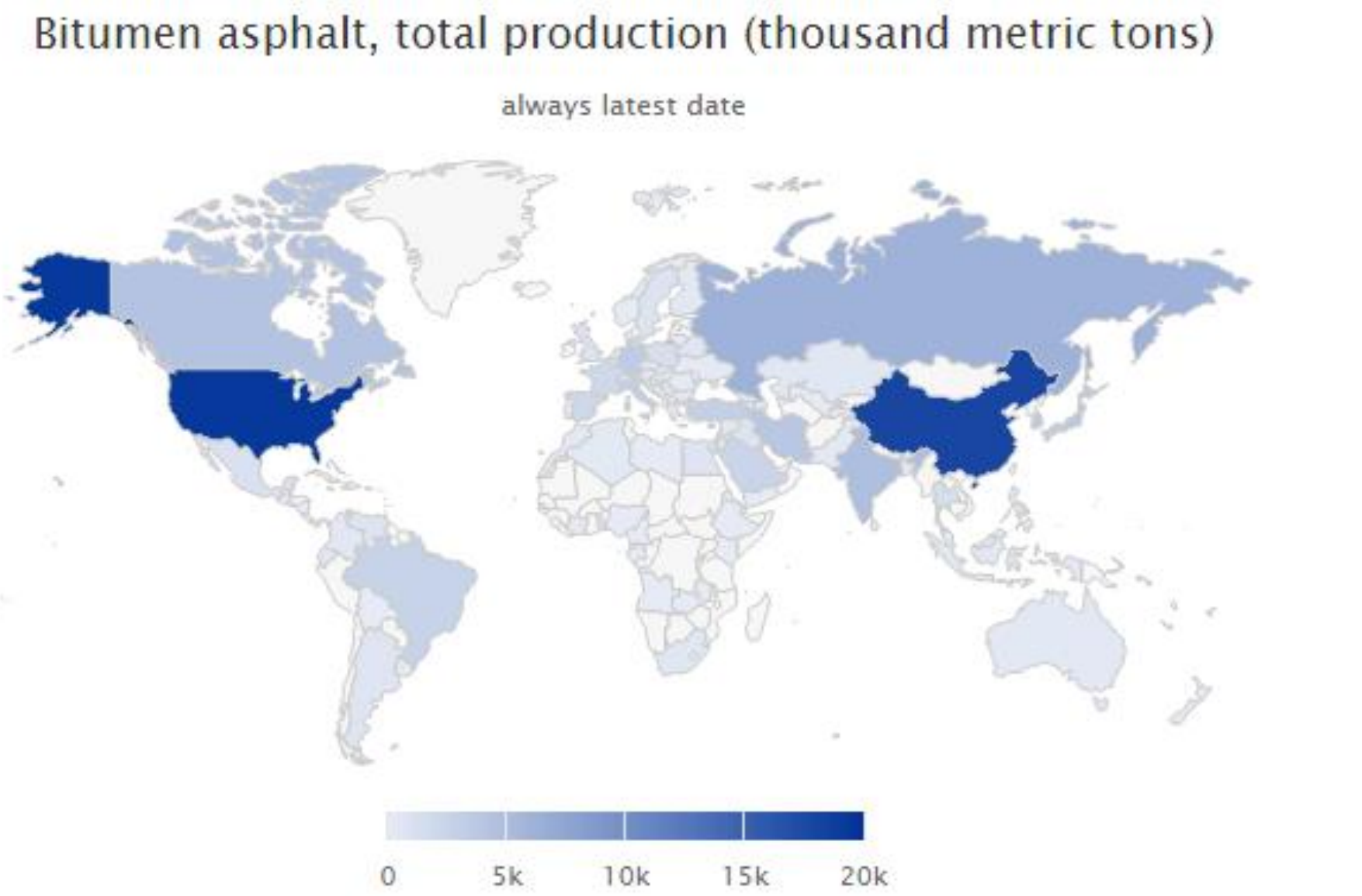
Dünya Ham Petrol Rezervleri

Crude oil, production (thousand metric tons)

Country	Rank	Crude oil, production (thousand metric tons)		Year
		Value as Number	Value as Bar	
Russia	1	497,483		2013
Saudi Arabia	2	480,352		2013
United States	3	368,133		2013
China	4	209,919		2013
Germany	55	2,636		2013
Syria	56	2,544		2013
Turkey	57	2,399		2013
Ukraine	58	2,172		2013
Belarus	59	1,645		2013

Source: UN Data © Natural Earth

Dünya Bitüm Üretimi



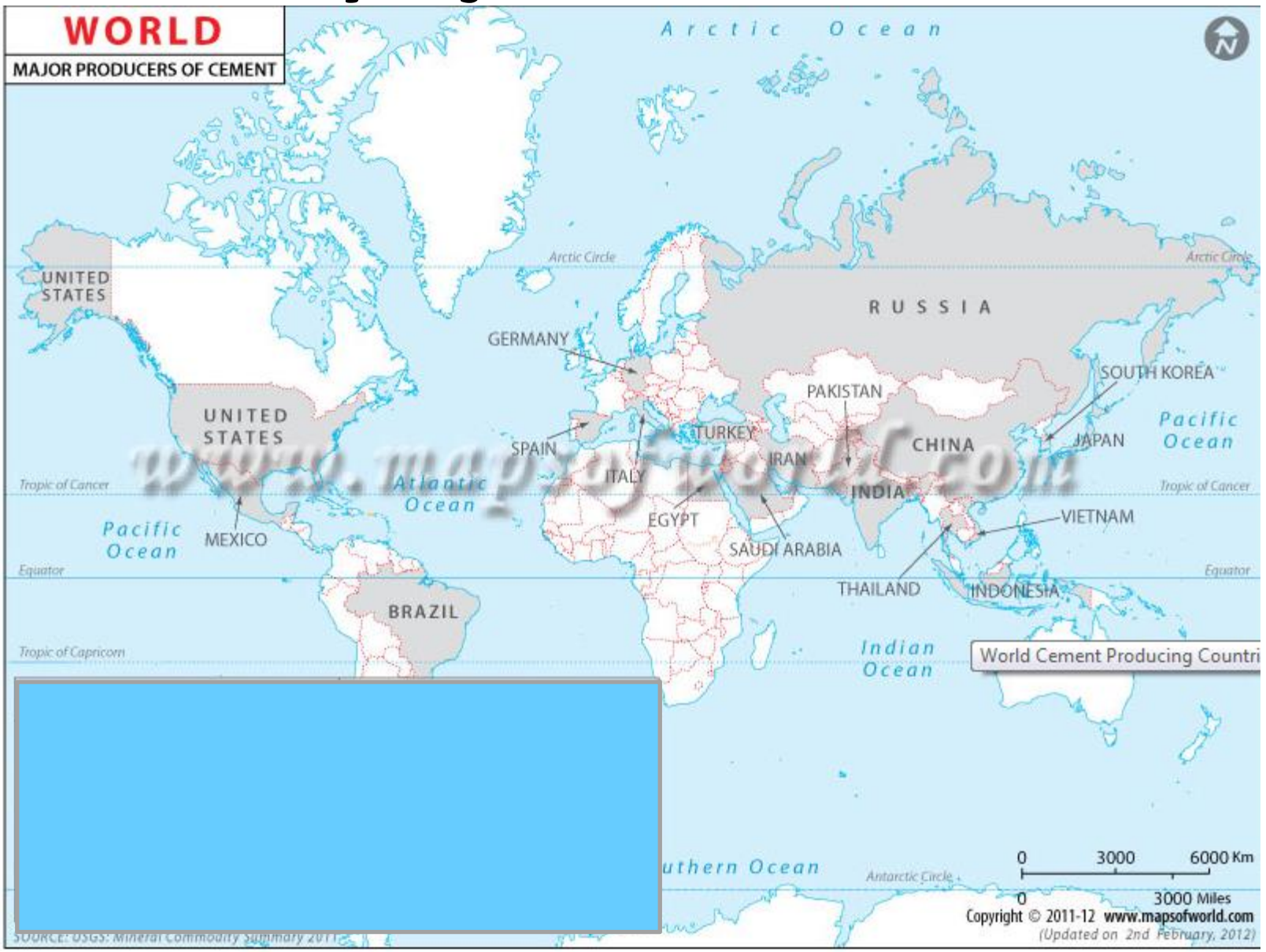
Dünya Bitüm Üretimi

Bitumen asphalt, total production (thousand metric tons)

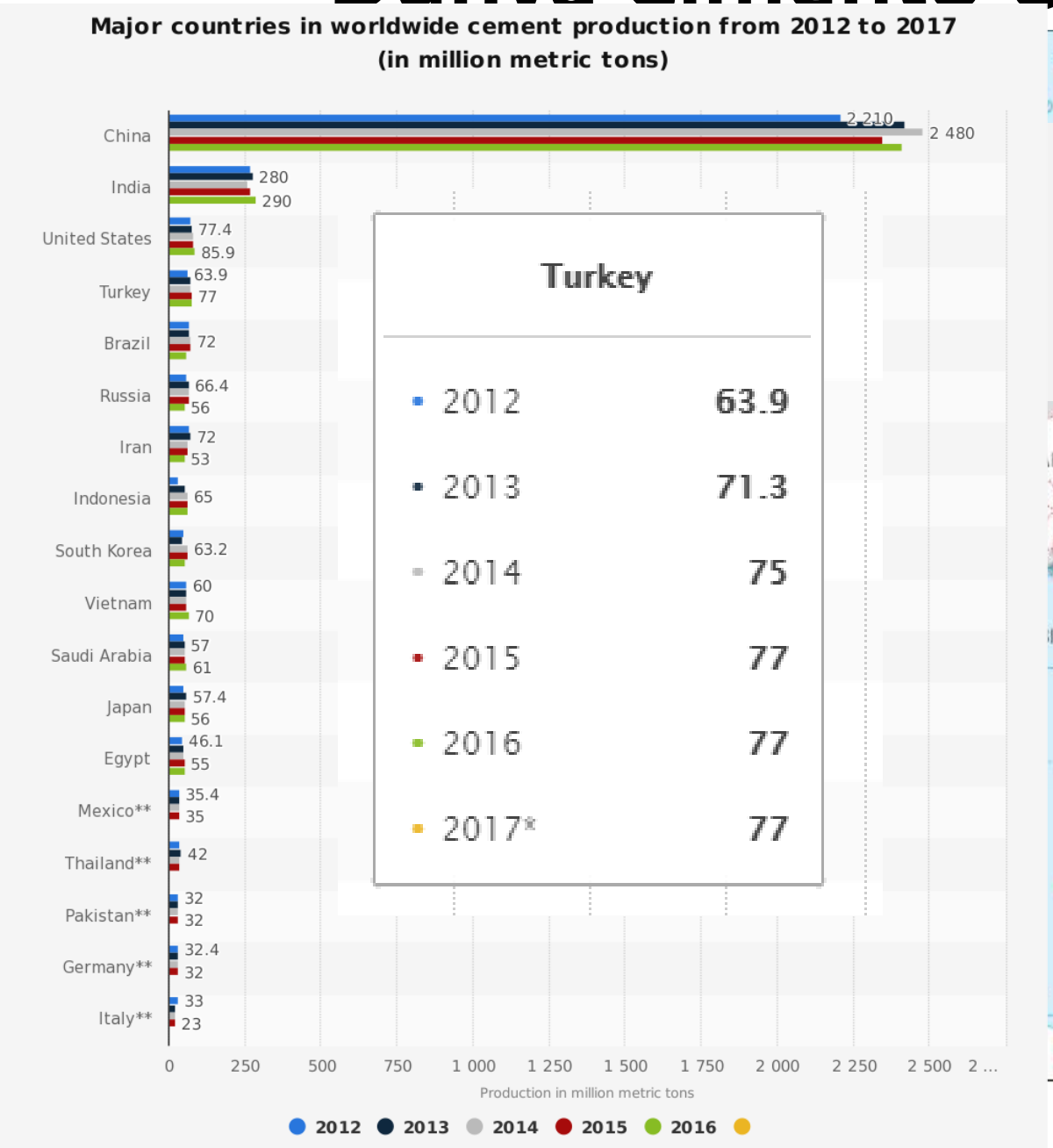
Country	Rank	Bitumen asphalt, total production (thousand metric tons)		Year
		Value as Number	Value as Bar	
United States	1	19,365		2013
China	2	17,938		2013
Russia	3	6,193		2013
India	4	4,785		2013
Canada	5	4,335		2013
Iran	6	3,896		2013
Japan	7	3,659		2013
Korea, South	8	3,614		2013
Germany	9	3,410		2013
Italy	10	3,104		2013
Turkey	11	2,925		2013

Source: UN Data © Natural Earth

Dünya Çimento Üretimi



Dünya Cimento Üretimi



Türkiye Dünya'da önemli bir oyuncu
Avrupa'da birinci
İhracatta ilk üçte

Bağlayıcıların Ülkemizde Dağılımı

- **54 Entegre + 20 Öğütme**
- **Çimento üreticileri ülkemizde oldukça homojen bir şekilde dağılmıştır**

TÜRKİYE’DE YOLLAR

TÜRKİYE'DE YOLLAR

- Karayolları Genel Müdürlüğü

TÜRKİYE'DE YOLLAR

- Karayolları Genel Müdürlüğü

  1 Ocak 2018 → 67.119 km

  Beton yol kullanımı?

TÜRKİYE'DE YOLLAR

- Karayolları Genel Müdürlüğü

  1 Ocak 2018 → 67.119 km

  Beton yol kullanımı?

  4 pilot uygulamada toplam 8.1 km

BETON YOLLAR	#1	#2	#3	#4
Yer	Afyonkarahisar – Emirdağ	Hasdal – Kemerburgaz	Ordu – Ulubey	İzmit – Karamürsel
Uzunluk	2 km	3.5 km	1 km	1.6 km
Şerit Sayısı	3	2	2x2	2x2
Yapım Yılı	2004	2006	2007	2010

TÜRKİYE'DE YOLLAR

- Belediyeler ve İl Özel İdareleri

  >350.000 km

Kocaeli, Denizli, Samsun, Trabzon, Tekirdağ, Şanlıurfa, Sinop, Giresun, Rize, Gümüşhane, Kastamonu, Edirne, Kırklareli, Bartın, Amasya, Osmaniye, Erzurum, Van, Ağrı, Gaziantep...

gibi illerimizde beton yollar kullanılıyor ancak net bir istatistiki bilgi yok!

NEDEN BETON YOL?

1. Seçeneğinizin olması, sektörler-arası rekabetin oluşması iyidir. **REKABET KAMU YARARINADIR.**

ABD örneği

https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/statistics/2016/hm12.cfm

https://www.fhwa.dot.gov/policyinformation/statistics/2016/hm12.cfm

PUBLIC ROAD LENGTH - 2016 (1)

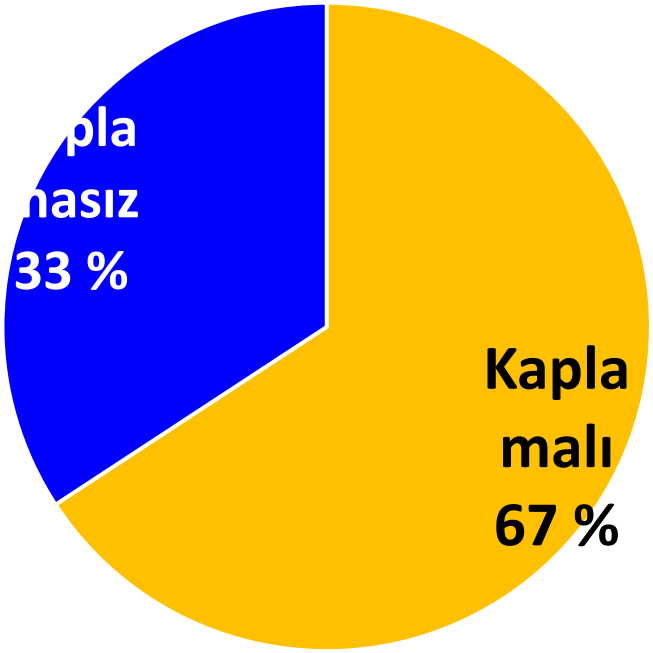
MILES BY TYPE OF SURFACE AND OWNERSHIP/

FUNCTIONAL SYSTEM NATIONAL SUMMARY

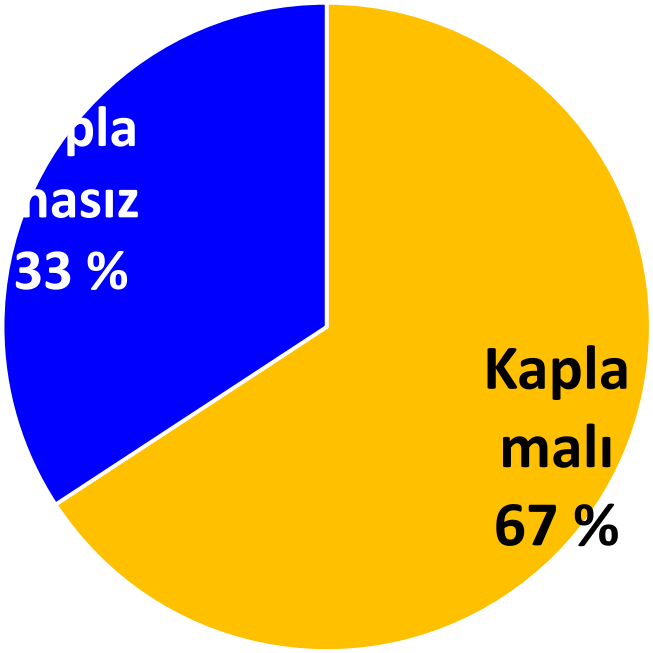
September 18, 2017
Table HM-12

OWNERSHIP/ FUNCTIONAL SYSTEM	UNPAVED	PAVED (2)				TOTAL
		BITUMINOUS	CONCRETE	COMPOSITE	TOTAL	
Rural:						
State Highway Agency: (3)						
Interstate	0	16,821	5,523	5,411	27,755	27,755
Other Freeways & Expressways	0	3,537	1,732	852	6,121	6,121
Other Principal Arterial	330	68,417	4,916	14,845	88,178	88,508
Minor Arterial	78	101,534	2,386	19,427	123,347	123,424
Major Collector	1,187	196,418	4,900	12,992	214,310	215,497
Subtotal	1,595	386,726	19,457	53,527	459,710	461,305
Other Jurisdictions:						
Interstate	-	557	124	610	1,291	1,291
Other Freeways & Expressways	-	34	120	14	168	168
Other Principal Arterial	-	721	263	54	1,038	1,038
Minor Arterial	291	5,850	65	404	6,319	6,609
Major Collector	38,503	127,118	6,381	6,870	140,369	178,871
Subtotal	38,793	134,280	6,953	7,951	149,184	187,977
Federal Agency:						
Interstate	-	-	-	-	0	0
Other Freeways & Expressways	-	-	-	-	0	0
Other Principal Arterial	-	81	1	-	83	83
Minor Arterial	-	900	0	-	900	900
Major Collector	330	1,711	9	55	1,775	2,105
Subtotal	330	2,692	11	55	2,758	3,087
Subtotal	40,718	523,698	26,421	61,533	611,652	652,370
Minor Collector	76,224				182,260	258,484
Local	1,170,057				832,818	2,002,875
Total Rural	1,286,999				1,626,730	2,913,729
Urban:						
State Highway Agency: (3)						
Interstate	-	7,817	4,969	4,858	17,644	17,644
Other Freeways & Expressways	-	5,333	3,040	2,595	10,968	10,968
Other Principal Arterial	4	31,168	4,447	13,958	49,572	49,577
Minor Arterial	0	27,276	1,410	10,146	38,832	38,832

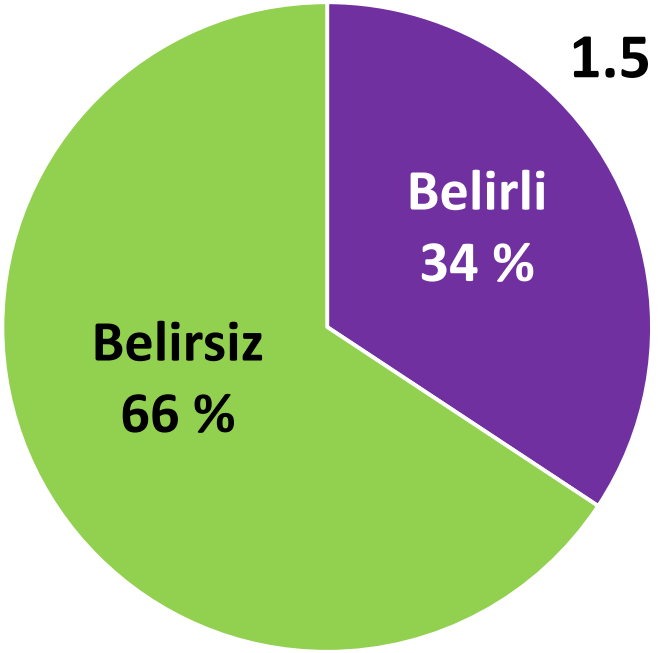
ABD Yol Ağı (6.6 milyon km)



ABD Yol Ağı (6.6 milyon km)

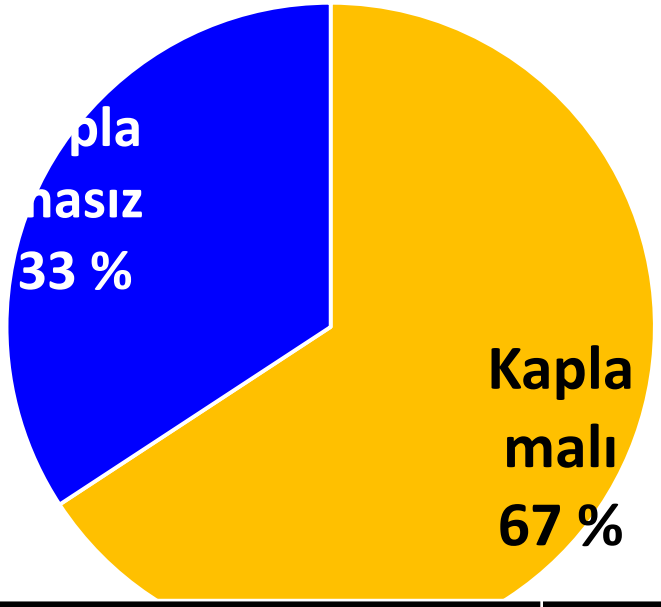


Kaplama Tipi

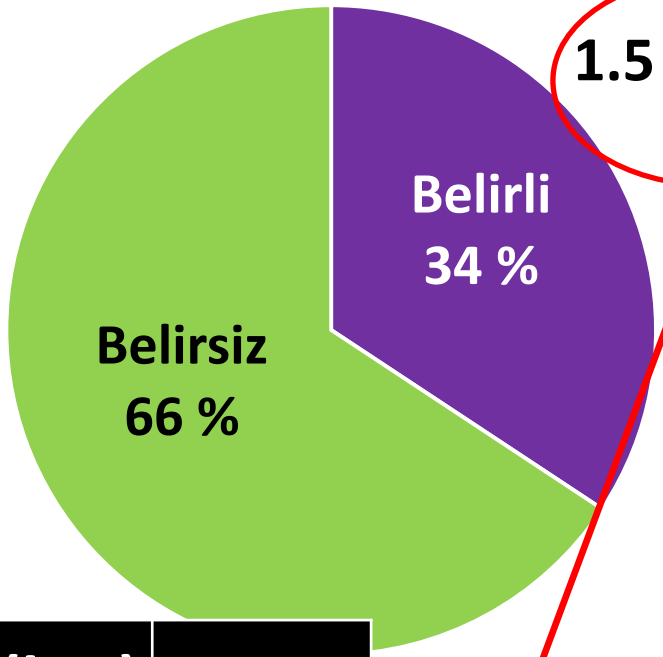


1.5 milyon km

ABD Yol Ağı (6.6 milyon km)



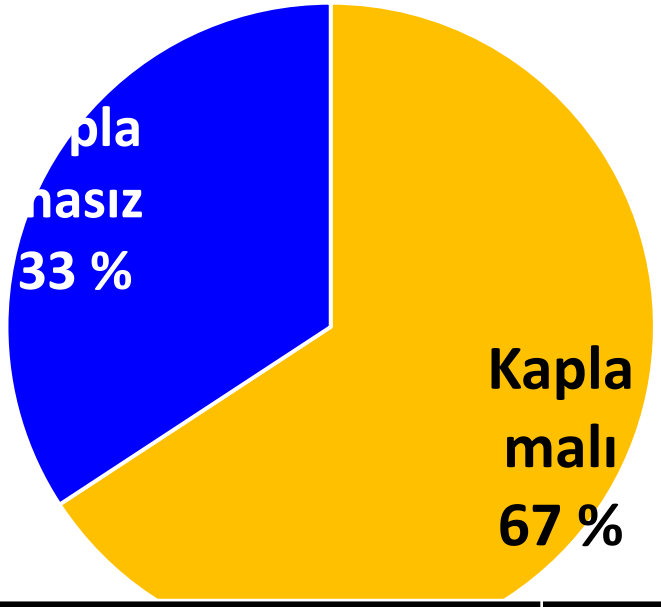
Kaplama Tipi



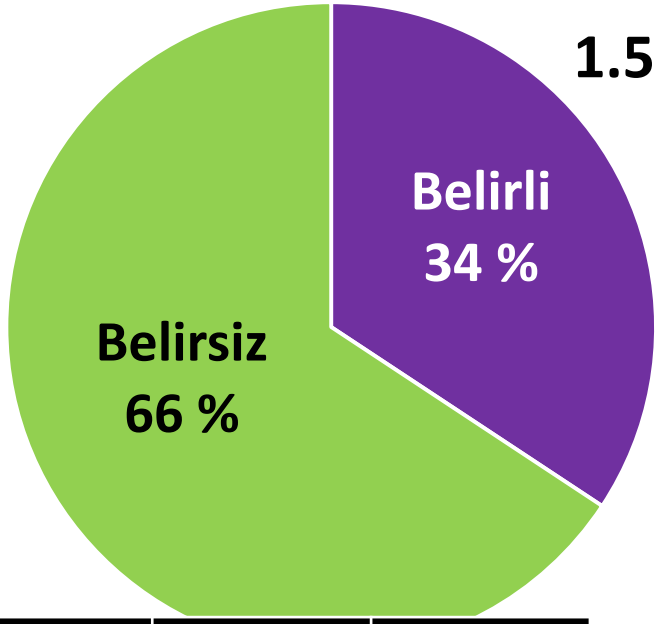
1.5 milyon km

YOL KATEGORİSİ	Kaplama Tipi (km)			∑
	Esnek	Rijit	Kompozit	
Eyaletlerarası yol	41138	17350	18514	77002
Diğer Devlet Yolları	15513	8174	5912	29599
Ana Arterler	182037	17774	49379	249191
İkincil Arterler	309366	17270	58106	384741
Ana Toplayıcı Yollar	691731	30441	46709	768881
Toplam	**1239784**	**91009**	**178620**	**1509413**

ABD Yol Ağı (6.6 milyon km)



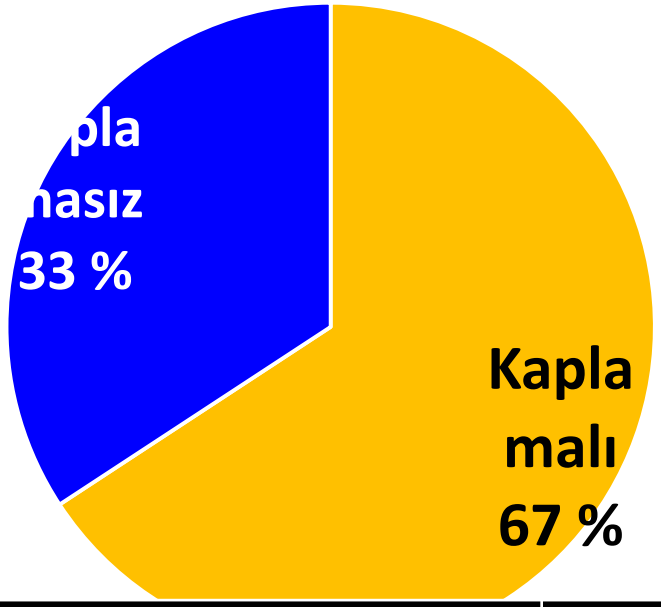
Kaplama Tipi



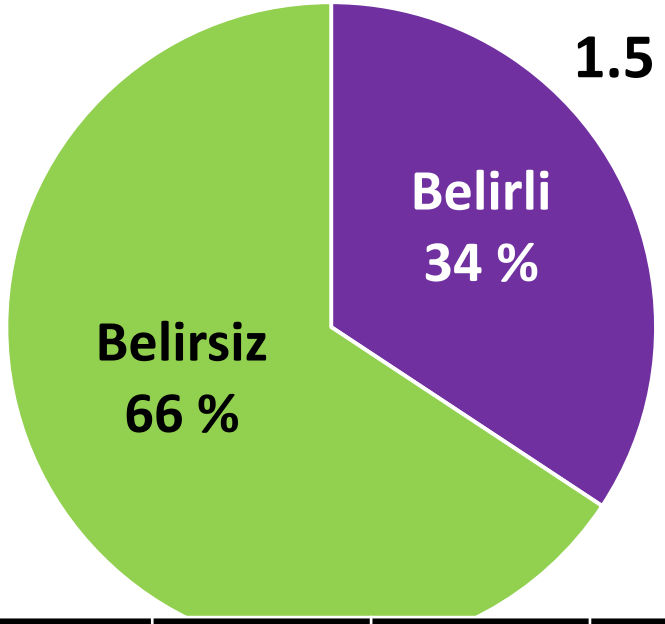
1.5 milyon km

YOL KATEGORİSİ	Kaplama Tipi (km)			Σ	Rijit (%)
	Esnek	Rijit	Kompozit		
Eyaletlerarası yol	41138	17350	18514	77002	23%
Diğer Devlet Yolları	15513	8174	5912	29599	28%
Ana Arterler	182037	17774	49379	249191	7%
İkincil Arterler	309366	17270	58106	384741	4%
Ana Toplayıcı Yollar	691731	30441	46709	768881	4%
Toplam	**1239784**	**91009**	**178620**	**1509413**	**6%**

ABD Yol Ağı (6.6 milyon km)

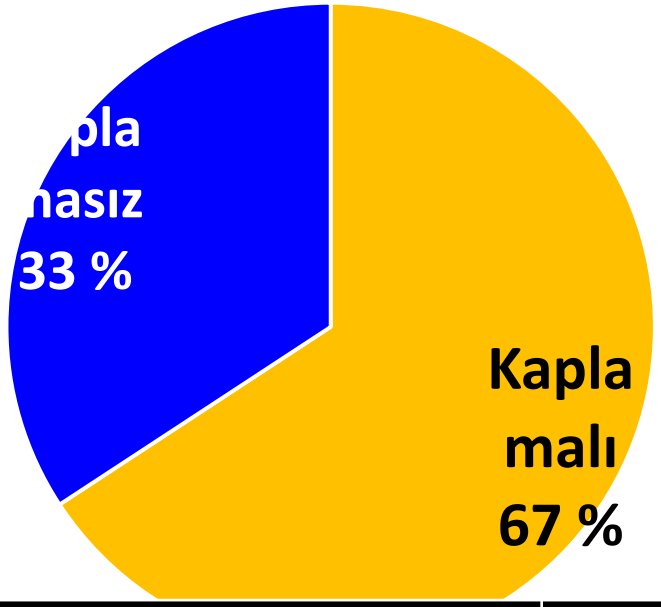


Kaplama Tipi

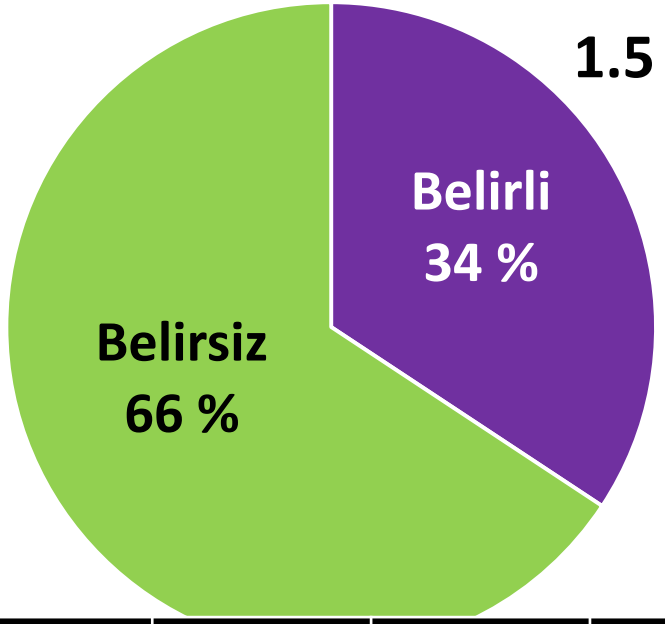


YOL KATEGORİSİ	Kaplama Tipi (km)			Σ	Rijit (%)	Kompozit (%)
	Esnek	Rijit	Kompozit			
Eyaletlerarası yol	41138	17350	18514	77002	23%	24%
Diğer Devlet Yolları	15513	8174	5912	29599	28%	20%
Ana Arterler	182037	17774	49379	249191	7%	20%
İkincil Arterler	309366	17270	58106	384741	4%	15%
Ana Toplayıcı Yollar	691731	30441	46709	768881	4%	6%
Toplam	**1239784**	**91009**	**178620**	**1509413**	**6%**	**12%**

ABD Yol Ağı (6.6 milyon km)



Kaplama Tipi



YOL KATEGORİSİ	Kaplama Tipi (km)			Σ	Rijit (%)	Kompozit (%)
	Esnek	Rijit	Kompozit			
Eyaletlerarası yol	41138	17350	18514	77002	23%	24%
Diğer Devlet Yolları	15513	8174	5912	29599	28%	20%
Ana Arterler	182037	17774	49379	249191	7%	20%
İkincil Arterler	309366	17270	58106	384741	4%	15%
Ana Toplayıcı Yollar	691731	30441	46709	768881	4%	6%
Toplam	**1239784**	**91009**	**178620**	**1509413**	**6%**	**12%**

SEKTÖRLER-ARASI REKABET

- Dünya'nın en büyük bitüm üreticisi olan ABD'de beton yollar ve asfalt yollar rekabet halinde!
- Sadece ABD'de değil,
  - Almanya, Belçika, Avusturya gibi Avrupa ülkelerinde,
  - Azerbaycan, Kazakistan gibi eski Rus Cumhuriyetlerinde,
  - İran'da, Hindistan'da dahi kullanılıyor.

- SEKTÖRLER-ARASI REKABET neyi getiriyor?

REKABET KAZANDIRIR → ABD örneği !!!

2014
12TH ISCR
PRAGUE
CZECH REPUBLIC
Innovative Solutions – Benefiting Society
12TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM
ON CONCRETE ROADS 2014
September 23–26, 2014
Prague, Czech Republic
PROCEEDINGS
EUPAVE
VUMO
SVAZ VÝROBCŮ CEMENTU ČR
GUARANT INTERNATIONAL

→ ABD örneği !!!

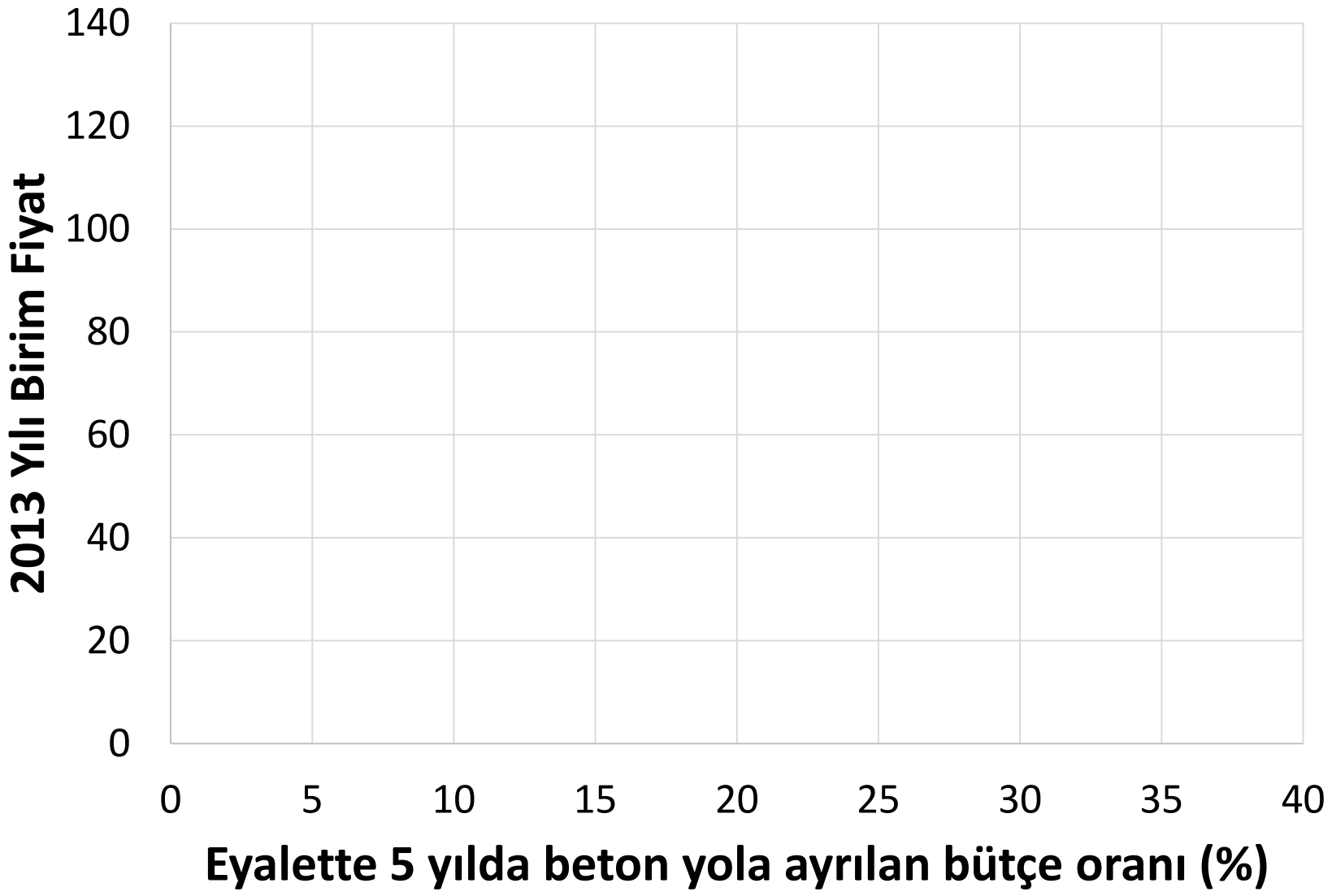
PAVEMENT TYPE SELECTION: WHAT IS THE IDEAL PROCESS?

L. Wathne
American Concrete Pavement Association, Washington, DC, U.S.A.
lwathne@acpa.org

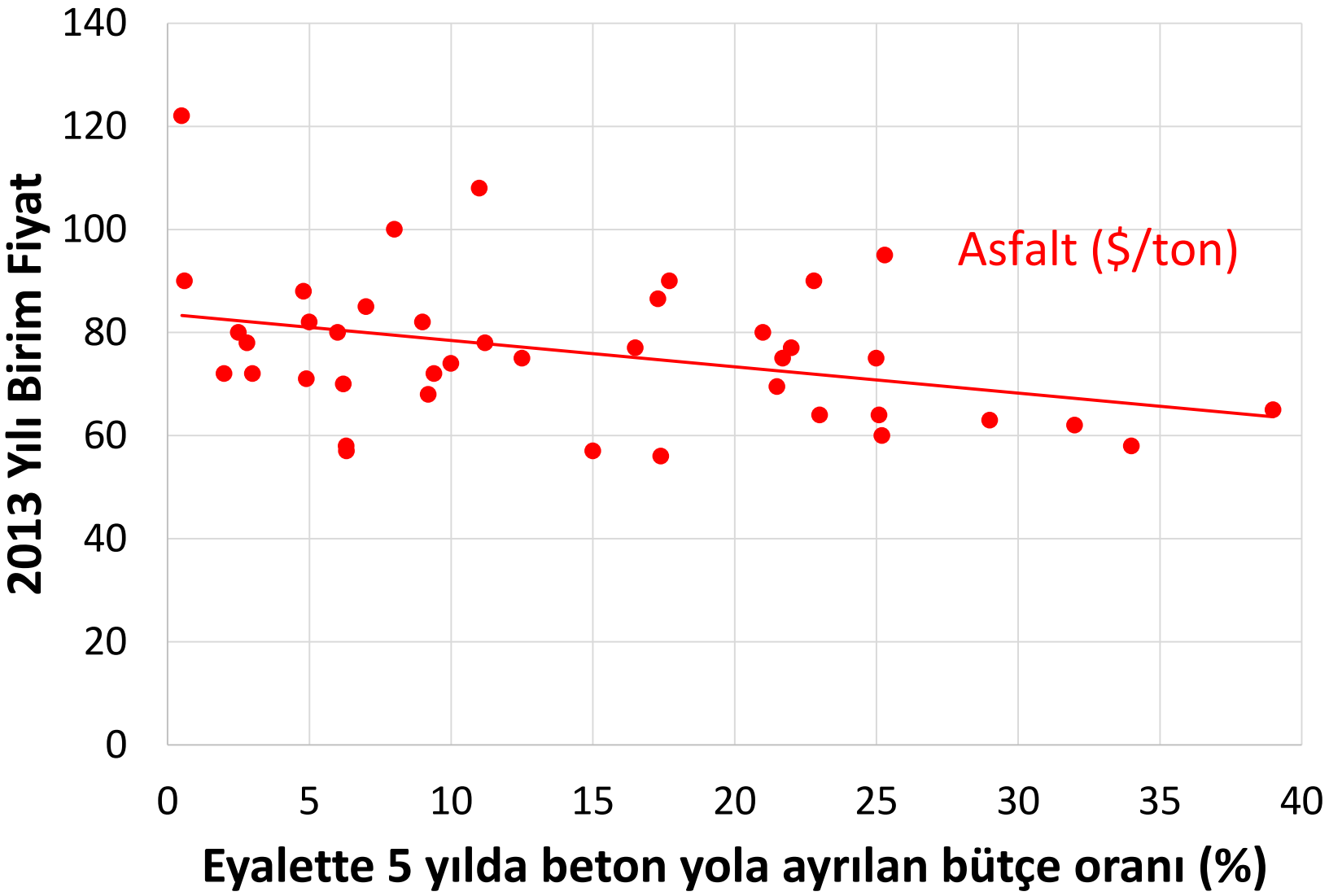
ABSTRACT

Pavement type selection is often one of the more challenging and controversial decisions highway administrators face. The process involves weighing engineering factors such as materials, structural, and even long term performance against initial and life-cycle costs to help agencies decide between various pavement alternatives. Given the expenditure of significant public monies invested in pavement construction and rehabilitation, concerns have arisen recently about the equity and effectiveness of the pavement type selection process, particularly in light of ever-increasing needs, construction inflation, and dwindling resources to address the needs of the nation's highways. In the United States, pavement type selection has been the subject of numerous publications over the last 50 years. This paper explores the history of pavement type selection in the U.S.; the guidance behind these practices; and a proposed pavement type selection process that attempts to include all possible and proper measures to ensure the taxpaying public receives full value of every highway dollar spent. This process considers pavement design equivalence, life cycle cost analysis, transparency, and most notably, the benefits that healthy competition between paving industries can provide.

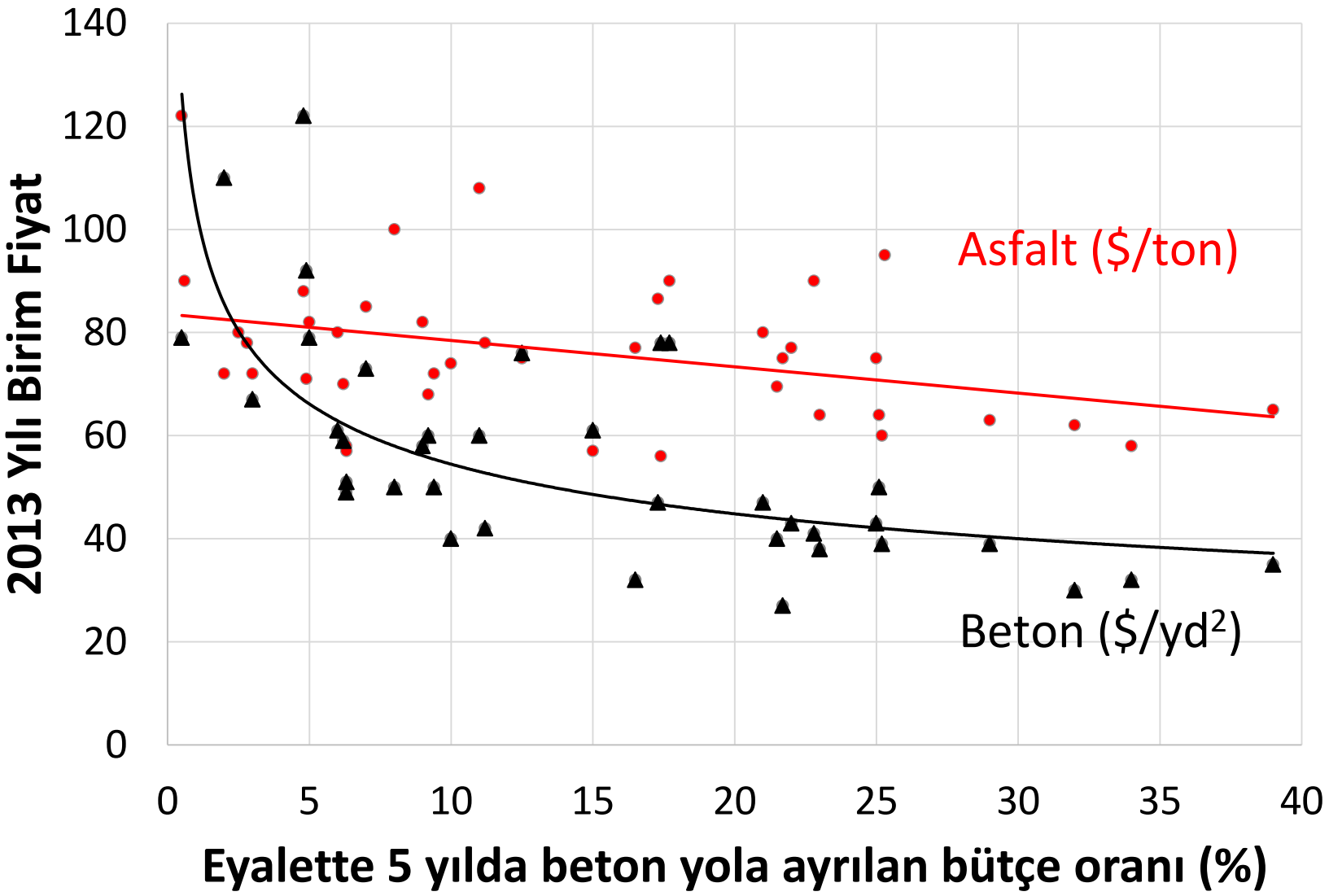
REKABET KAZANDIRIR → ABD örneği !!!



REKABET KAZANDIRIR → ABD örneği !!!



REKABET KAZANDIRIR → ABD örneği !!!



CSHub
MIT
CONCRETE
SUSTAINABILITY
HUB

REKABET ÖNEMLİ Mİ?

Sektör-içi rekabet?
Sektörler-arası rekabet?

YOL KAPLAMASI MALZEMELERİNİN BİRİM FİYATLARINI ETKİLEYEN UNSURLAR

- Son 10 yılda, ABD Eyalet Karayolları İdarelerince yapılan 164,000 yol ihalesindeki malzeme fiyat verileri istatistiksel olarak analiz edilmiş. Etki eden faktörler **hassasiyet analizi** yapılarak belirlenmiştir.
- Her bir malzeme için farklı önemde olmak üzere önemli faktörler:
  - **Projenin büyüklüğü**
  - **Yol pazarının büyüklüğü**
  - **Sektör-içi ve sektörler-arası rekabet**
  - **Fiyat farkı ödenmesi maddesi (Sadece asfalt için geçerli)**

YOL KAPLAMASI MALZEMELERİNİN BİRİM FİYATLARINI ETKİLEYEN UNSURLAR

- Son 10 yılda, ABD Eyalet Karayolları İdarelerince yapılan 164,000 yol ihalesindeki malzeme fiyat verileri istatistiksel olarak analiz edilmiş. Etki eden faktörler **hassasiyet analizi** yapılarak belirlenmiştir.

	Asfalt ($/ton)	Beton ($/CY)
Önemli faktörler		

YOL KAPLAMASI MALZEMELERİNİN BİRİM FİYATLARINI ETKİLEYEN UNSURLAR

- Son 10 yılda, ABD Eyalet Karayolları İdarelerince yapılan 164,000 yol ihalesindeki malzeme fiyat verileri istatistiksel olarak analiz edilmiş. Etki eden faktörler **hassasiyet analizi** yapılarak belirlenmiştir.

Önemli faktörler	Asfalt ($/ton)	Beton ($/CY)
Proje büyüklüğü: proje için kullanılan malzeme miktarı		
Sektörler arası rekabet: beton veya asfalt için yıllık harcanan para %		
Pazar (yol) büyüklüğü: yıllık yol yapım bütçesi		
Sektör içi rekabet: aynı sektörde ihaleye katılan firma sayısı		
Fiyat farkı ödenmesi maddesi: sadece asfalt için geçerli		

YOL KAPLAMASI MALZEMELERİNİN BİRİM FİYATLARINI ETKİLEYEN UNSURLAR

- Son 10 yılda, ABD Eyalet Karayolları İdarelerince yapılan 164,000 yol ihalesindeki malzeme fiyat verileri istatistiksel olarak analiz edilmiş. Etki eden faktörler **hassasiyet analizi** yapılarak belirlenmiştir.

Önemli faktörler

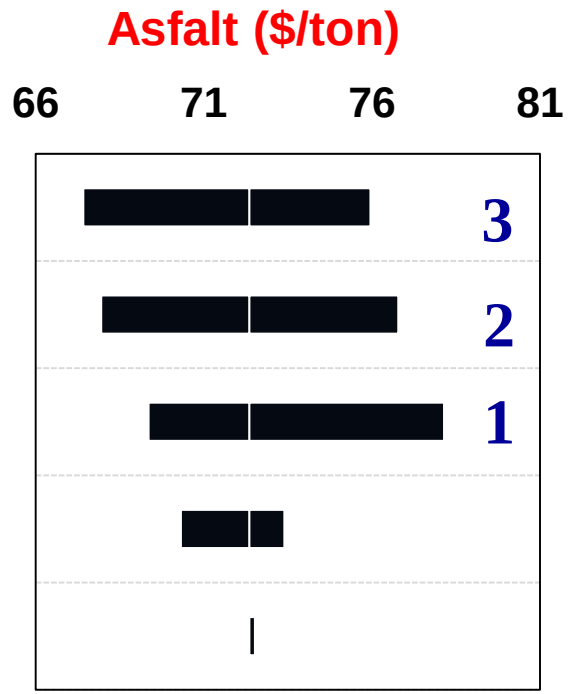
Proje büyüklüğü: – – –
proje için kullanılan malzeme miktarı

Sektörler arası rekabet: – –
beton veya asfalt için yıllık harcanan para %

Pazar (yol) büyüklüğü: ++
yıllık yol yapım bütçesi

Sektör içi rekabet: –
aynı sektörde ihaleye katılan firma sayısı

Fiyat farkı ödenmesi maddesi:
sadece asfalt için geçerli



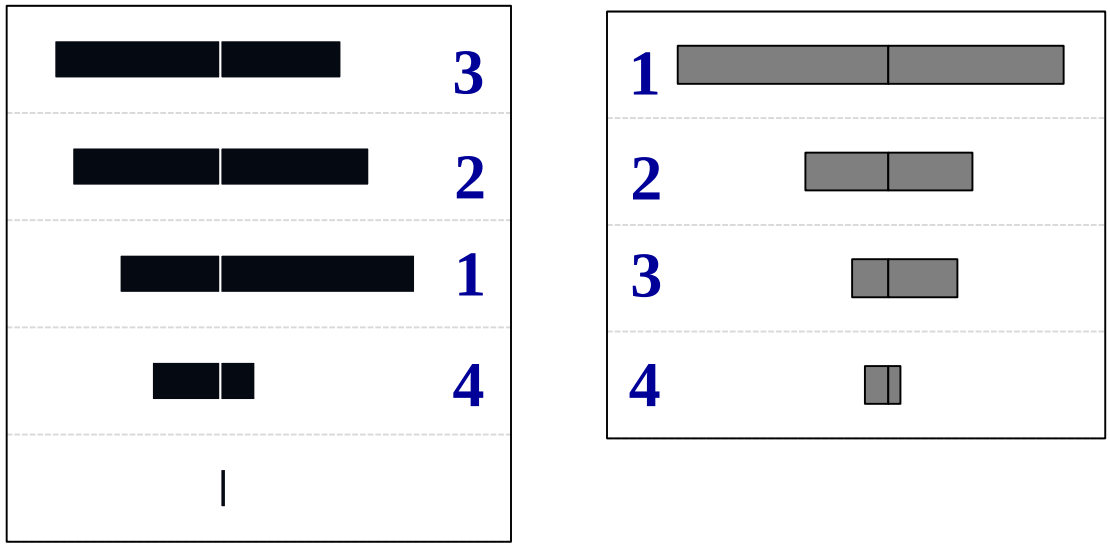
– Bu parametrenin artması fiyatlarda düşüşe neden olur

+ Bu parametrenin artması fiyatlarda artışa neden olur.
Ne kadar çok işaret varsa o kadar önemli

YOL KAPLAMASI MALZEMELERİNİN BİRİM FİYATLARINI ETKİLEYEN UNSURLAR

- Son 10 yılda, ABD Eyalet Karayolları İdarelerince yapılan 164,000 yol ihalesindeki malzeme fiyat verileri istatistiksel olarak analiz edilmiş. Etki eden faktörler **hassasiyet analizi** yapılarak belirlenmiştir.

Önemli faktörler	Asfalt ($/ton)	Beton ($/CY)
	66 71 76 81	130 150 170 190
Proje büyüklüğü: – – – proje için kullanılan malzeme miktarı	3	1
Sektörler arası rekabet: – – beton veya asfalt için yıllık harcanan para %	2	2
Pazar (yol) büyüklüğü: ++ yıllık yol yapım bütçesi	1	3
Sektör içi rekabet: – aynı sektörde ihaleye katılan firma sayısı	4	4
Fiyat farkı ödenmesi maddesi: sadece asfalt için geçerli	|	



– Bu parametrenin artması fiyatlarda düşüşe neden olur

✚ Bu parametrenin artması fiyatlarda artışa neden olur.
Ne kadar çok işaret varsa o kadar önemli

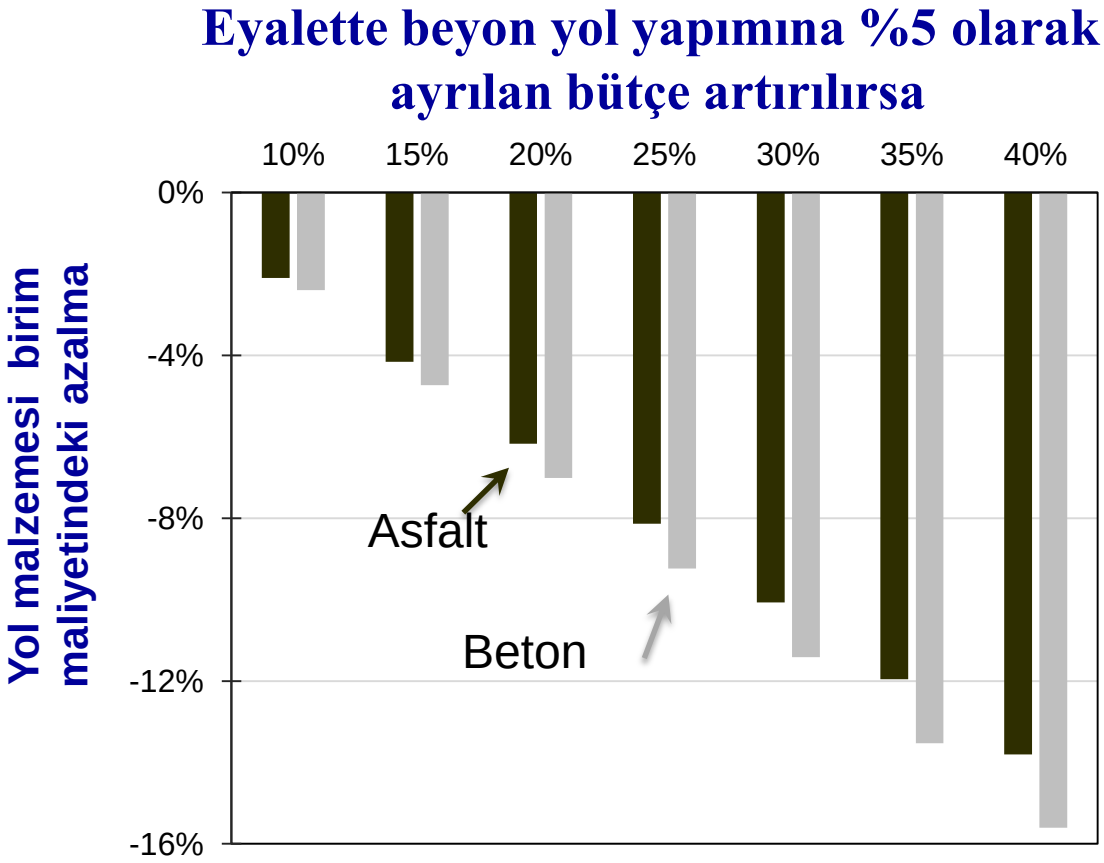
CSHub
MIT CONCRETE SUSTAINABILITY HUB

REKABETİN ÖNEMİ

- Yürütülen hassasiyet analizi sonuçlarına göre sektörler arası rekabet yol malzemeleri birim fiyatlarını düşürüyor.
- Sektörler arası rekabet aynı sektör içindeki firmalar arası rekabetten daha belirleyici.

REKABETİN ÖNEMİ

- Yürütülen hassasiyet analizi sonuçlarına göre sektörler arası rekabet yol malzemeleri birim fiyatlarını düşürüyor.
- Sektörler arası rekabet aynı sektör içindeki firmalar arası rekabetten daha belirleyici.



NEDEN BETON YOL?

1. Seçeneğinizin olması, sektörler-arası rekabetin oluşması iyidir. **REKABET KAMU YARARINADIR.**

NEDEN BETON YOL?

1. Seçeneğinizin olması, sektörler-arası rekabetin oluşması iyidir. **REKABET KAMU YARARINADIR.**
2. Uzun ömürlüdür.

ABD’deki İlk Beton Yol!

BETON YOLLAR UZUN ÖMÜRLÜDÜR

2016 yılında → 125. YILI KUTLANDI !!!

Peki ya Türkiye?

Peki ya Türkiye?

Sinop, 1953 – Nato Radar Üssü Yolu

3 Ağu 2017

3 Ağu 2017

3 Ağu 2017

3 Ağu 2017

3 Ağu 2017

NEDEN BETON YOL?

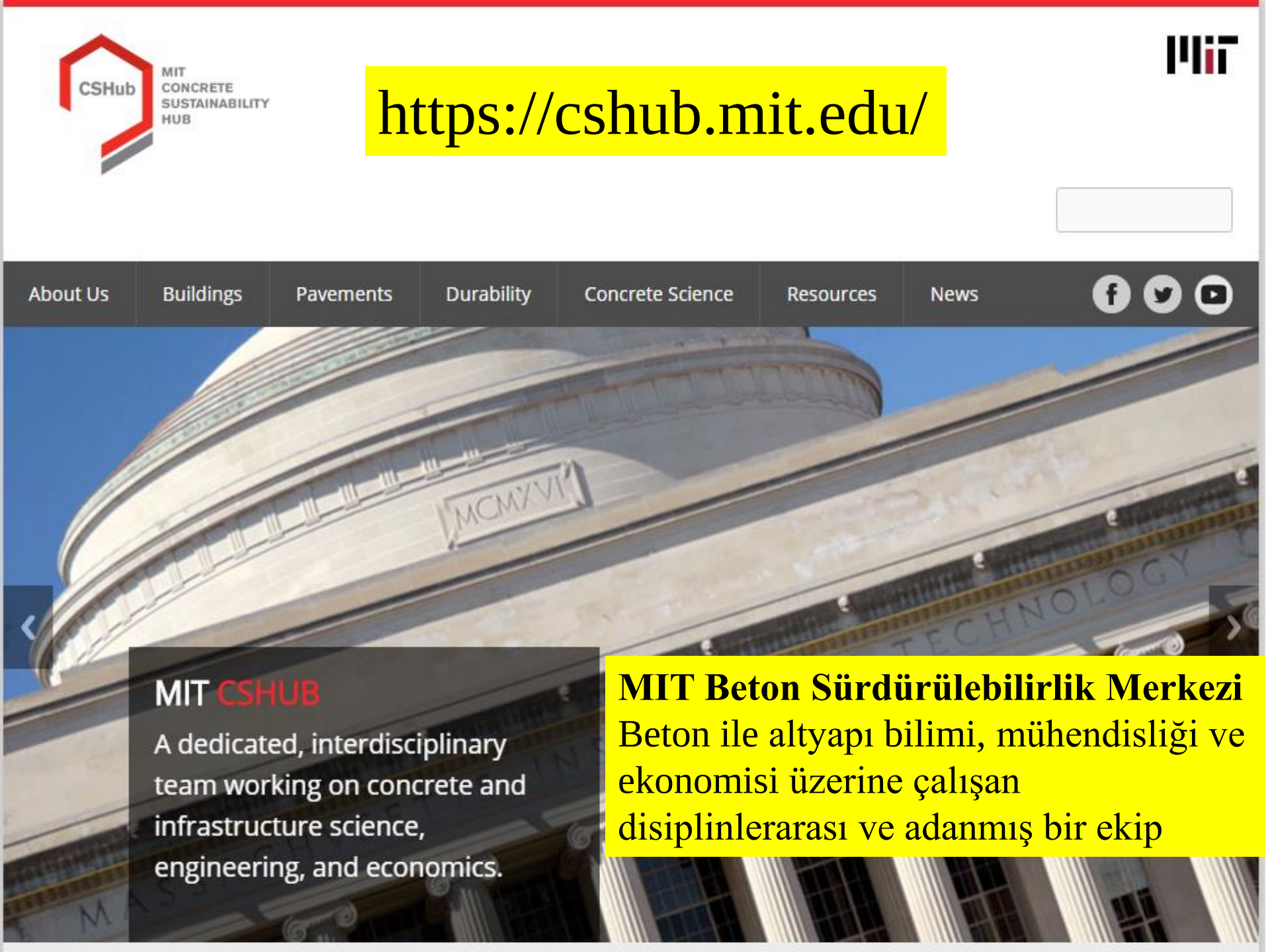
1. Seçeneğinizin olması, sektörler-arası rekabetin oluşması iyidir. **REKABET KAMU YARARINADIR.**
2. Uzun ömürlüdür.

En eski beton yol

- **ABD'de 127 yaşında**
- **Türkiye'de 65 yaşında**

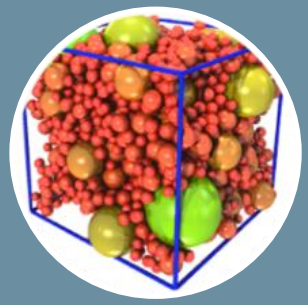
NEDEN BETON YOL?

1. Seçeneğinizin olması, sektörler-arası rekabetin oluşması iyidir. **REKABET KAMU YARARINADIR.**
2. Uzun ömürlüdür.
3. Ekonomiktir.


CSHub
MIT
CONCRETE
SUSTAINABILITY
HUB
https://cshub.mit.edu/
About Us
Buildings
Pavements
Durability
Concrete Science
Resources
News
MIT CSHUB
A dedicated, interdisciplinary team working on concrete and infrastructure science, engineering, and economics.
MIT Beton Sürdürülebilirlik Merkezi
Beton ile altyapı bilimi, mühendisliği ve ekonomisi üzerine çalışan disiplinlerarası ve adanmış bir ekip

CSHub
MIT CONCRETE SUSTAINABILITY HUB

MIT Beton Sürdürülebilirlik Merkezi



Beton Bilimi

Farklı boyutlarda (nano, mikro ... makro) mekanik ve kimyasal modeller

Mühendislik

Altyapı (yol) ve üstyapı (bina) tasarım proseslerinin iyileştirilmesi

Ekonomik

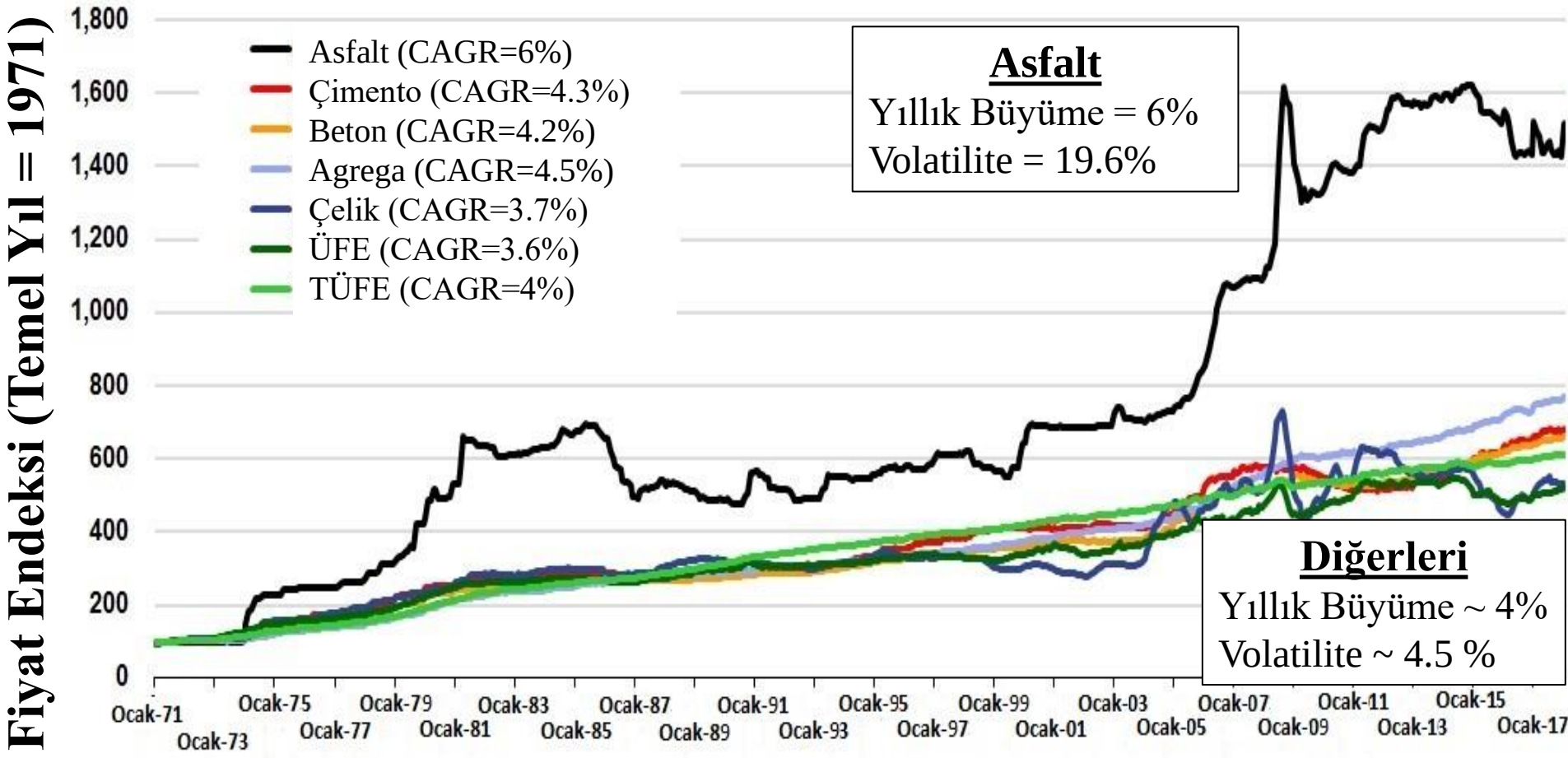
Altyapı (yol) ve üstyapı (bina) yatırımında finansal risklerin değerlendirilmesi

Çevresel

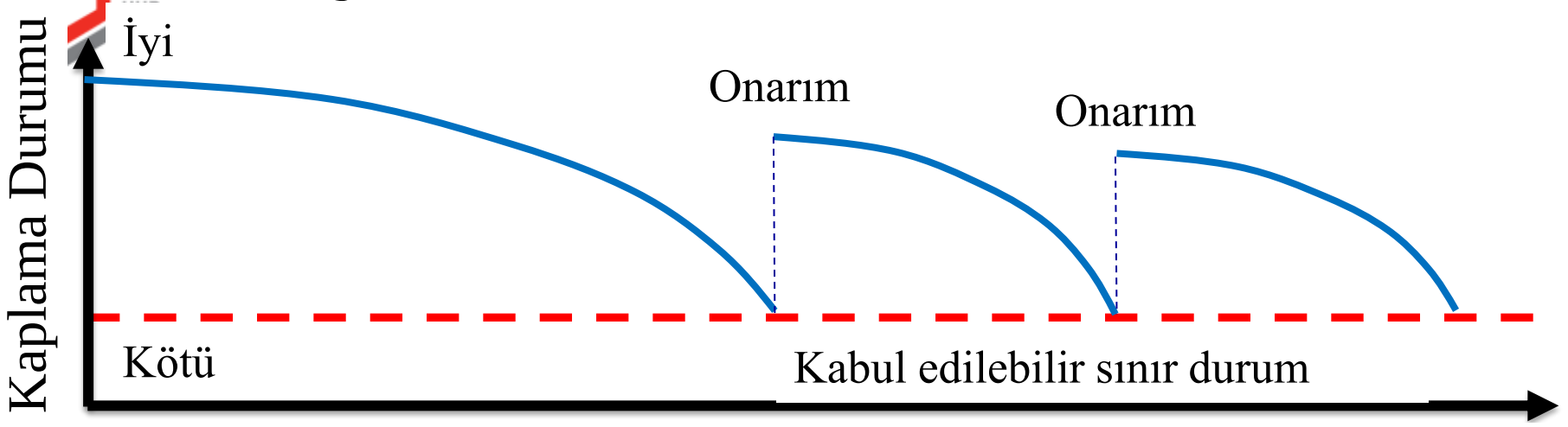
Altyapı (yol) ve üstyapı (bina) çevresel etkilerinin değerlendirilmesi

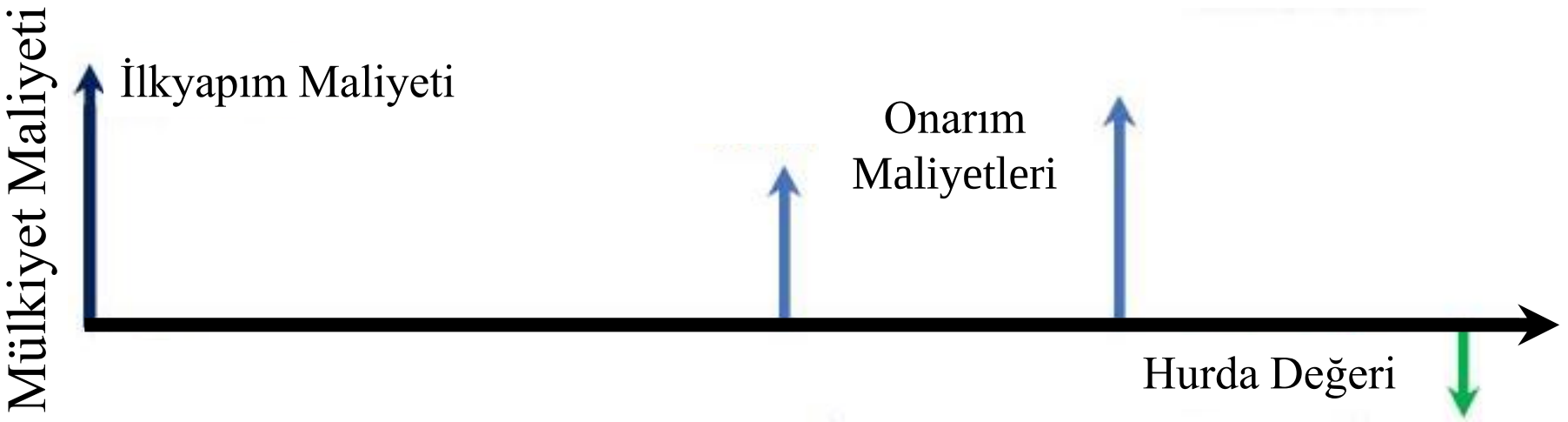
Araştırma yaklaşımı bütünsel ve çok disiplinli

FİYATLARDAKİ DEĞİŞİM VE DALGALANMA



YAŞAM DÖNGÜSÜ MALİYETİ

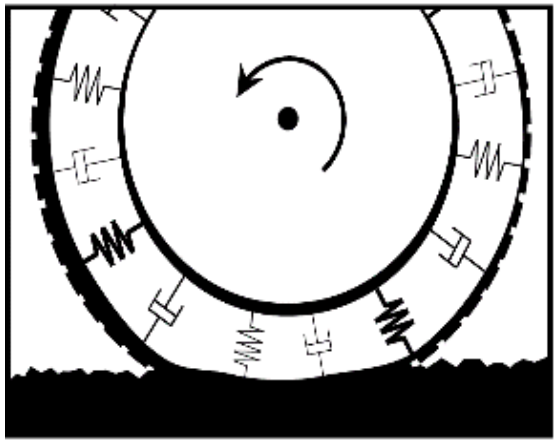




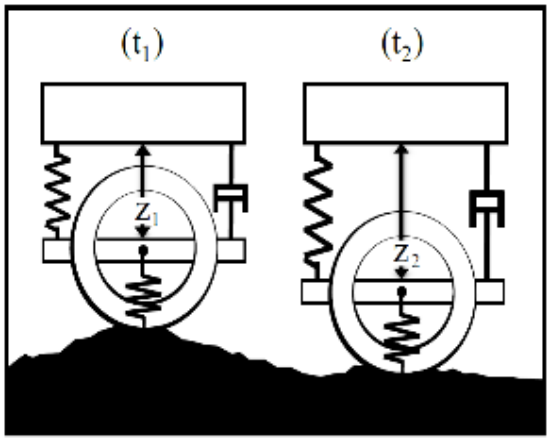
$$Net\ Bugünkü\ Değer\ (NBD) = İlkyapım\ Maliyeti + \sum Onarım\ maliyeti \times \frac{1}{(1+d)^{n_k}} - Hurda\ Değeri$$

KULLANICI MALİYETİ?

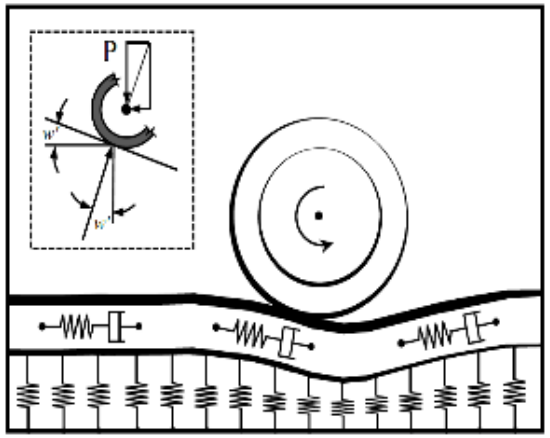
Bu amaçla, üstyapı (yol) ile araç (lastik) arasındaki etkileşimin (Pavement Vehicle Interaction – PVI) incelenmesi gerekir!



Üstyapı Dokusu (Microtexture)



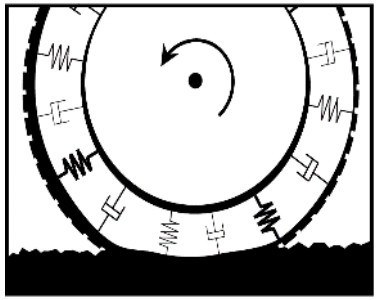
Düzgünsüzlük (Roughness)



Esneme/çökme kaynaklı etkileşim (Deflection Induced PVI)

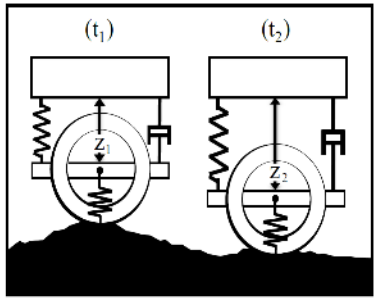
ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

Üstyapı Dokusu:



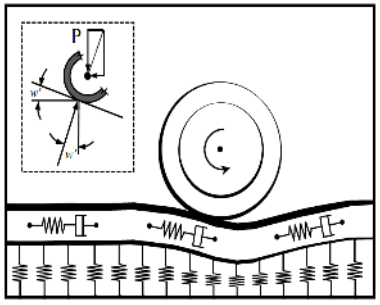
- Üstyapının mikrodokusu tekerleği tutar, sürtünme kaynaklı yakıt tüketimi artar.
- Lastik endüstrisi. Güvenlik için önemli. Lastik – üstyapı temas alanı

Düzgünsüzlük:



- Yüksek düzgünsüzlük araçları sıçratıyor, ve yakıt tüketimini artırıyor (otomobil için önemli)
- Mutlak değer = araçtan araca değişiyor
- Zamanla değişiyor / gelişiyor: Malzemeye bağlı

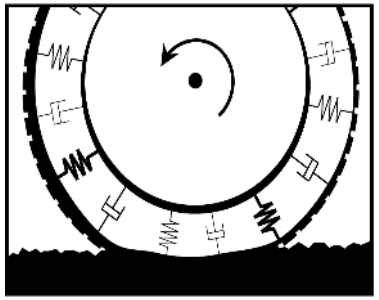
Esneme/çökme kaynaklı etkileşim:



- Araç kaplamayı esnetiyor ve esnek kaplamada araç hep yokuş yukarı çıkıyor (yakıt artışı)
- Kaplama tasarım parametreleri (malzeme, rijitlik ve kalınlık)
- Hız ve sıcaklığa bağlı özellikle şehirlerarası yollarda

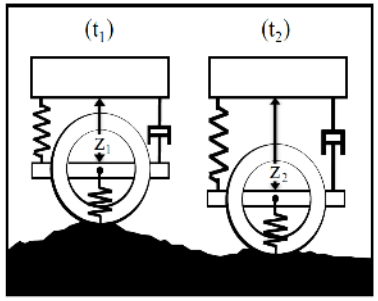
ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

Üstyapı Dokusu:



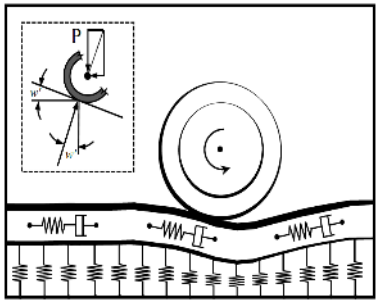
- Üstyapının mikrodokusu tekerleği tutar, sürtünme kaynaklı yakıt tüketimi artar.
- Lastik endüstrisi. Güvenlik için önemli. Lastik – üstyapı temas alanı

Düzgünsüzlük:



- Yüksek düzgünsüzlük araçları sıçratıyor, ve yakıt tüketimini artırıyor (otomobil için önemli)
- Mutlak değer = araçtan araca değişiyor
- Zamanla değişiyor / gelişiyor: Malzemeye bağlı

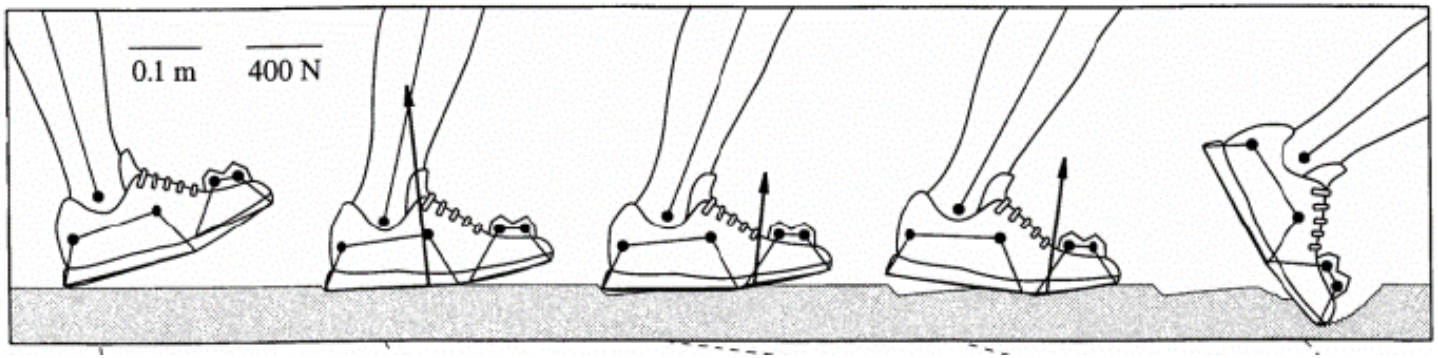
Esneme/çökme kaynaklı etkileşim:

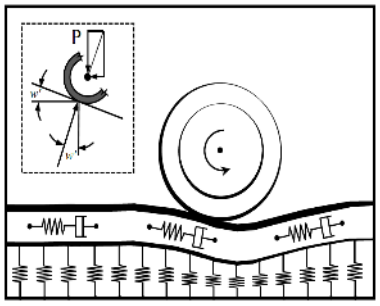


- Araç kaplamayı esnetiyor ve esnek kaplamada araç hep yokuş yukarı çıkıyor (yakıt artışı)
- Kaplama tasarım parametreleri (malzeme, rijitlik ve kalınlık)
- Hız ve sıcaklığa bağlı özellikle şehirlerarası yollarda

ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

Kumda koşarken sert bir zemine kıyasla her 1 km için <u>1.6 kat</u> daha fazla kalori yakılır *



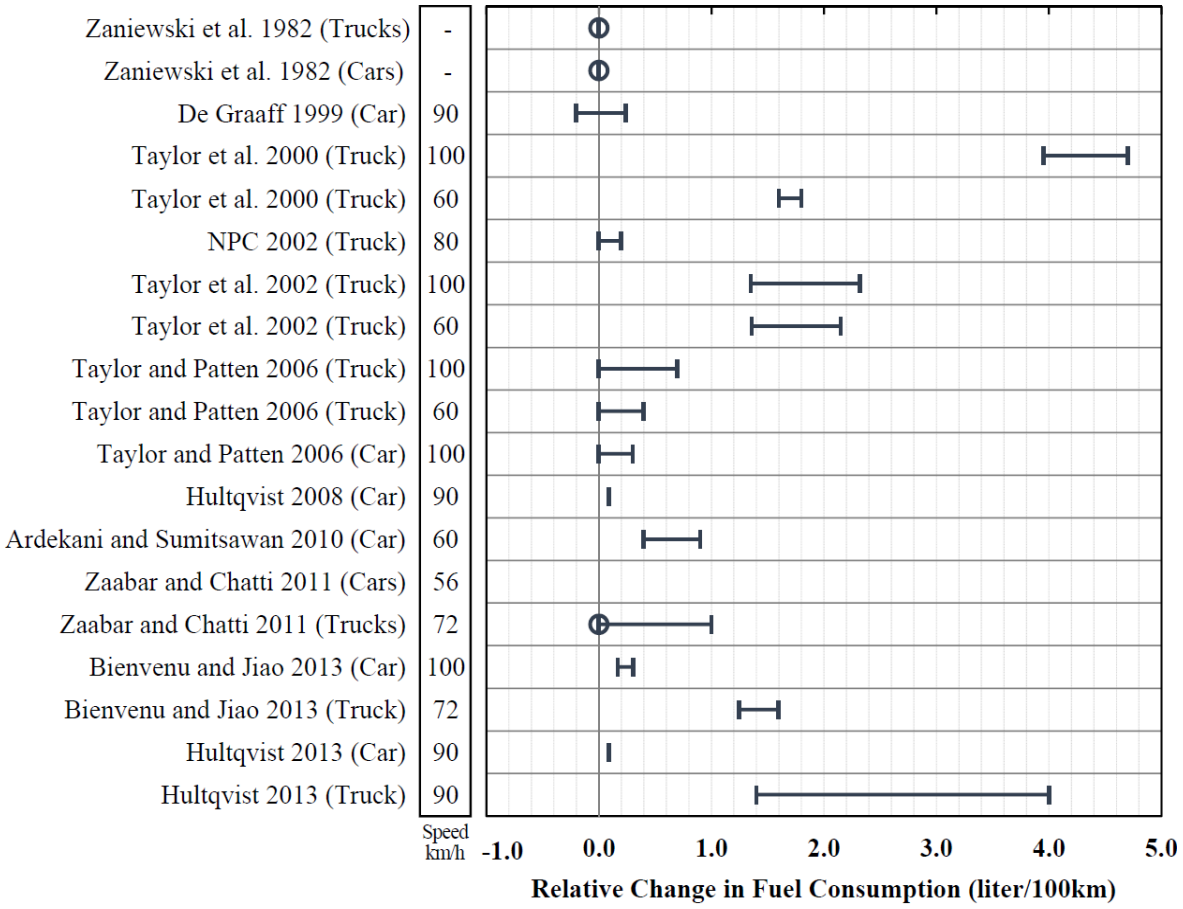


Esneme/çökme kaynaklı etkileşim:

- Araç kaplamayı esnetiyor ve esnek kaplamada araç hep yokuş yukarı çıkıyor (yakıt artışı)
- Kaplama tasarım parametreleri (malzeme, rijitlik ve kalınlık)
- Hız ve sıcaklığa bağlı özellikle şehirlerarası yollarda

ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

AMPİRİK ÇALIŞMALAR



Ana Bulgular:

- Asfalt betona kıyasla daha esnek
- Araç hızı, ağırlığı ve sıcaklığı oldukça etkili.

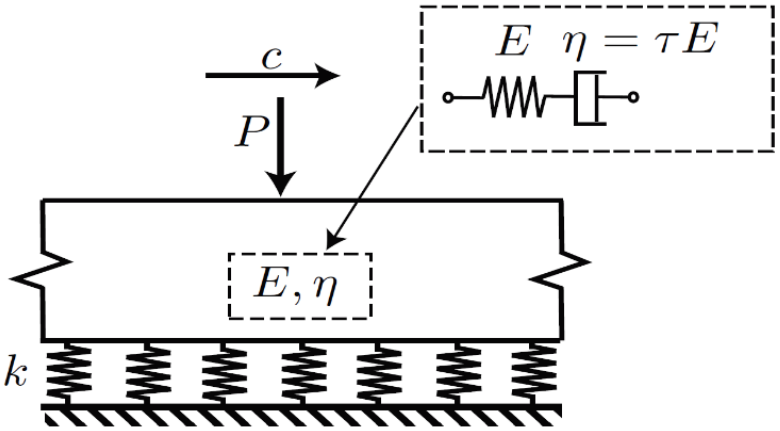
Eksiklikleri:

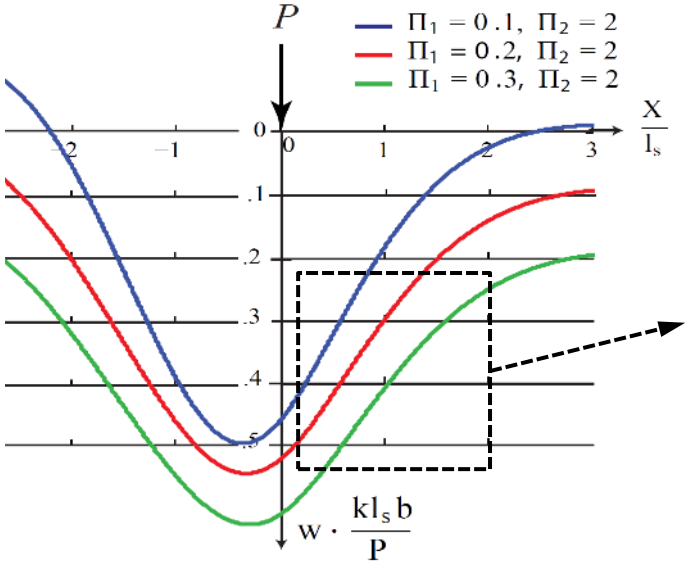
- Yapısal ve malzeme boyutunda inceleme yok
- Özellikle darbe etkisinde değişkenlik çok yüksek

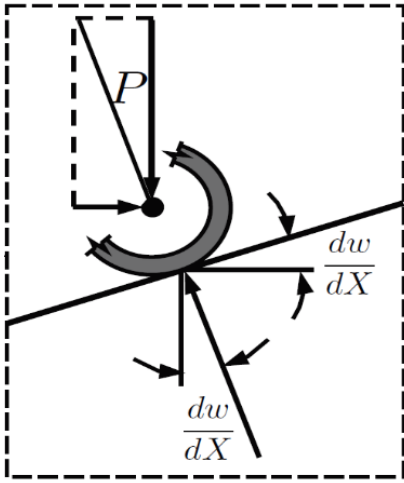
Üstyapı sisteminin "rijitliğini" hesaba katmak için "Bilimsel bir Model" Gereksinimi Var

ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

MIT Modeli (2011 & 2013): Anlık yakıt tüketimi ile üstyapı rijitliği arasındaki ilişkiyi modeller.







Üstyapı, elastik bir zemin üzerinde bulunan viskoelastik bir üstyapı olarak modellenmiştir.

- **Viskoelastik malzeme için Maxwell modeli kullanılmıştır.**
  - **E = Elastik modülü,**
  - **τ = Gevşeme süresi (yükleme hızı ve sıcaklık arasındaki ilişkilerde kullanılan bir viskoelastik malzeme parametresi)**

Yükleme Hızı Parametresi

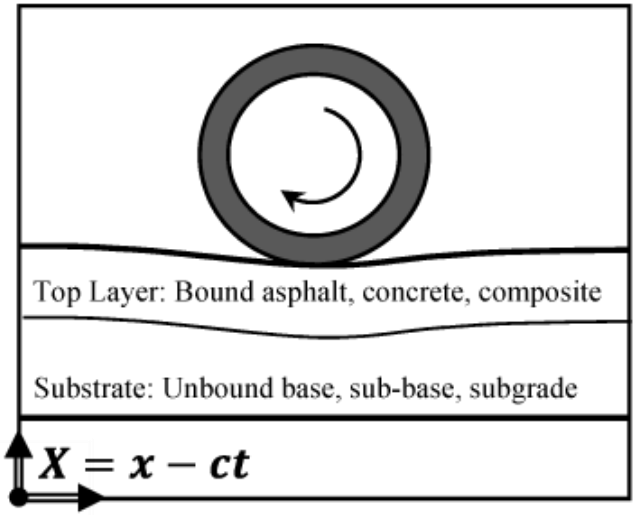
Sıcaklık Parametresi

$$\delta E = \frac{c_{cr}}{c} \times \frac{P^2}{bk\ell_s^2} F\left(\Pi_1 = \frac{c}{c_{cr}}; \Pi_2 = \frac{\tau(T)c_{cr}}{\ell_s}\right)$$

$$\delta E \propto (c\tau)^{-1}\, P^2\, E^{-1/4}\, h^{-3/4}\, k^{-1/4}$$

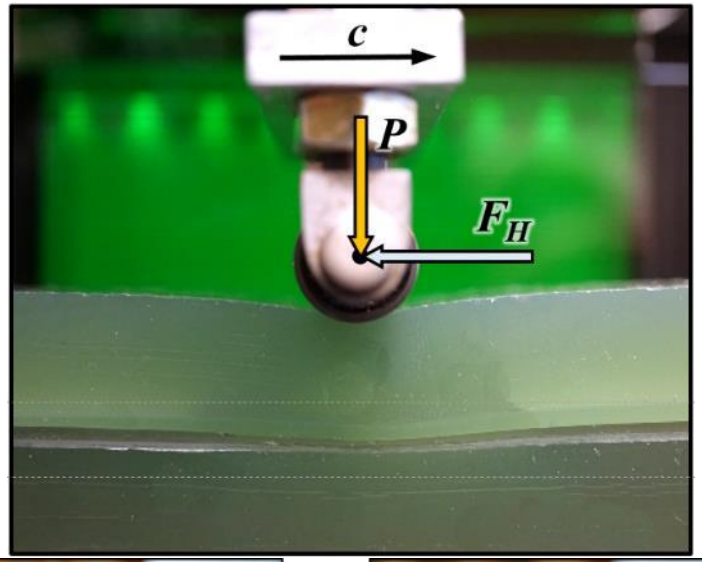
ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

MIT Model Parametreleri



$\propto$

Deneysel Model

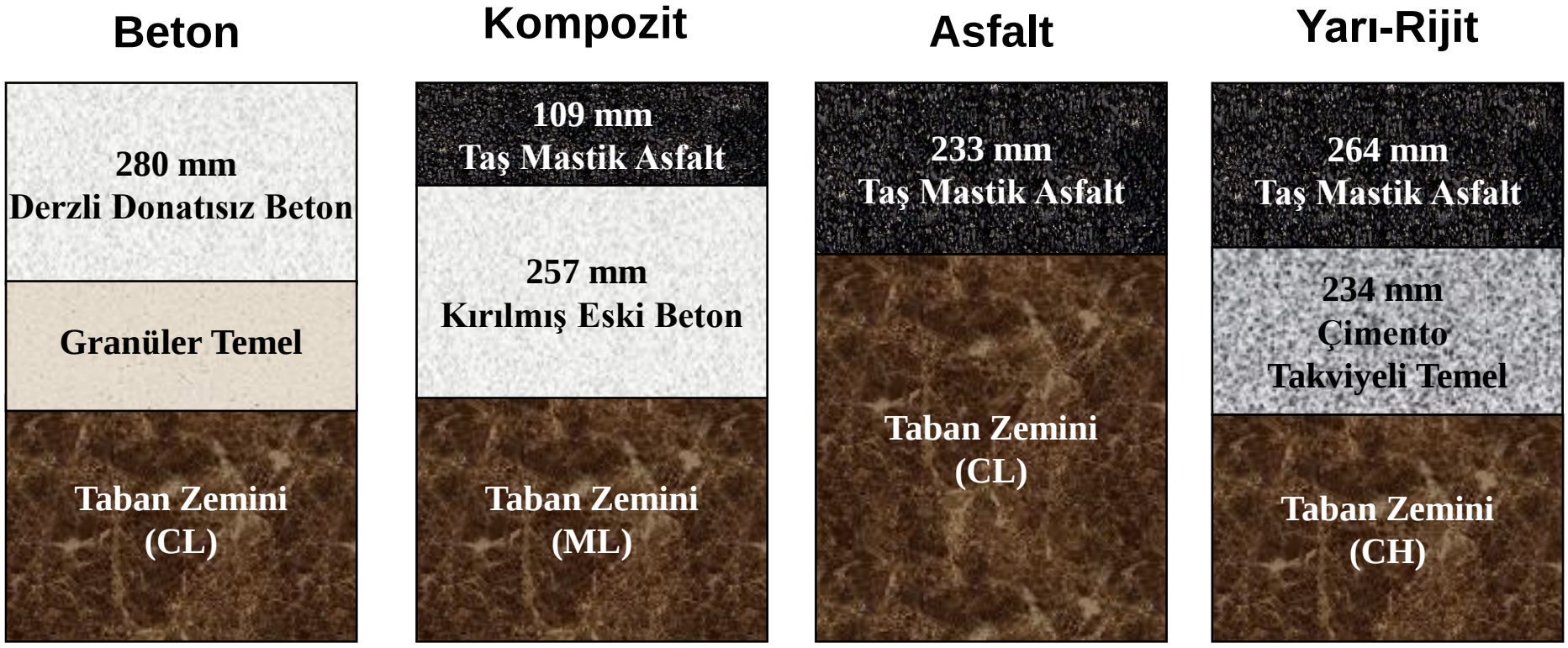


E: Üstyapı rijitliği
k: Taban zemin rijitliği
t: Üstyapı viskoelastikliği
h: Üstyapı kalınlığı
IRI: Üstyapı düzgünsüzlüğü
T: Sıcaklık
c: Araç hızı
P: Dingil yükü
AADT: Trafik hacmi parametresi

Farklı kalınlıkta farklı polimerler ile farklı üstyapı sistemleri modellenmiştir.

ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

4 mevcut üstyapı için yakıt tüketimi hesaplandı.

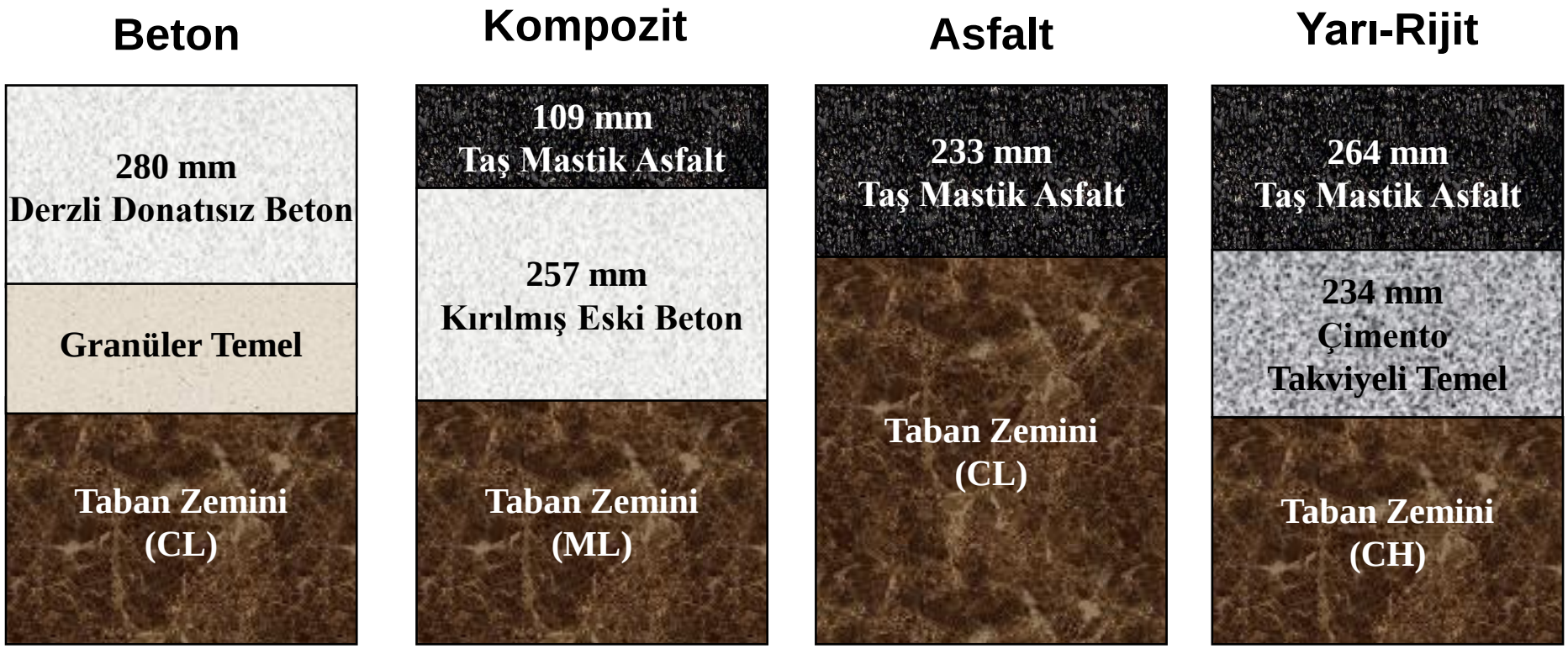


IRI = 3.10 mm/km | **IRI = 3.57 mm/km** | **IRI = 1.39 mm/km** | **IRI = 1.49 mm/km**

1. Pavement Sections from Model Development, Field Section Characterization and Model Comparison for Excess Vehicle Fuel Use Due to Pavement Structural Response, Coleri, Erdem; Harvey, John T; Zaabar, Imen; Louhghalam, Arghavan; Chatti, Karim, Transportation Research Board 95th Annual Meeting, Washington, D.C., January 2016
2. Estimated excess Fuel Consumption due to structure Based on MIT Modeling., 1000 vehicles, Base IRI = 40 in/mi, Temperature = 56

ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

4 mevcut üstyapı için yakıt tüketimi hesaplandı.



IRI = 3.10 mm/km

IRI = 3.57 mm/km

Yüksek ondülasyonlu yol

IRI = 1.39 mm/km

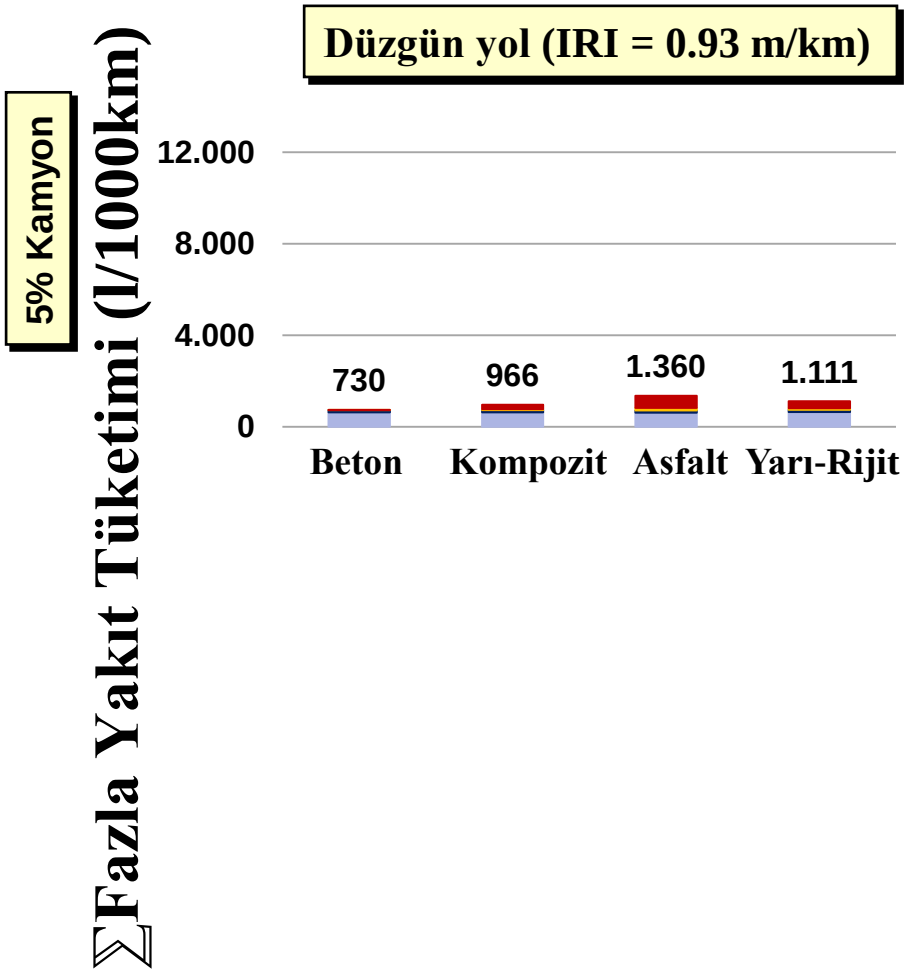
IRI = 1.49 mm/km

Düzgün yol

ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

Toplam fazla yakıt tüketimi

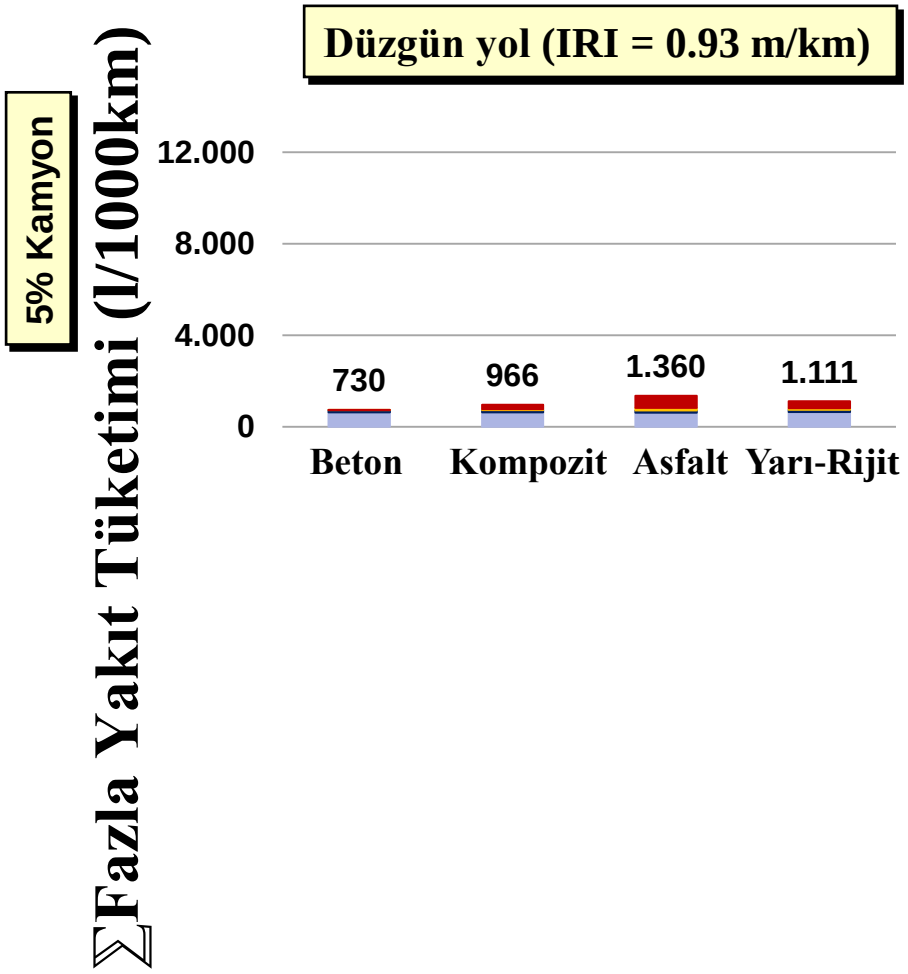
1000 Araç, Hız= 90 km/s, Sıcaklık= 30°C, Baz alınan IRI = 0.62 m/km.



ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

Toplam fazla yakıt tüketimi

1000 Araç, Hız= 90 km/s, Sıcaklık= 30°C, Baz alınan IRI = 0.62 m/km.



Esneklik kaynaklı yakıt tüketimi üstyapı tipinden daha çok etkileniyor

Esneklik

EFC_{sehim} (Kamyon)

EFC_{sehim} (Otomobil)

EFC_{IRI} (Kamyon)

EFC_{IRI} (Otomobil)

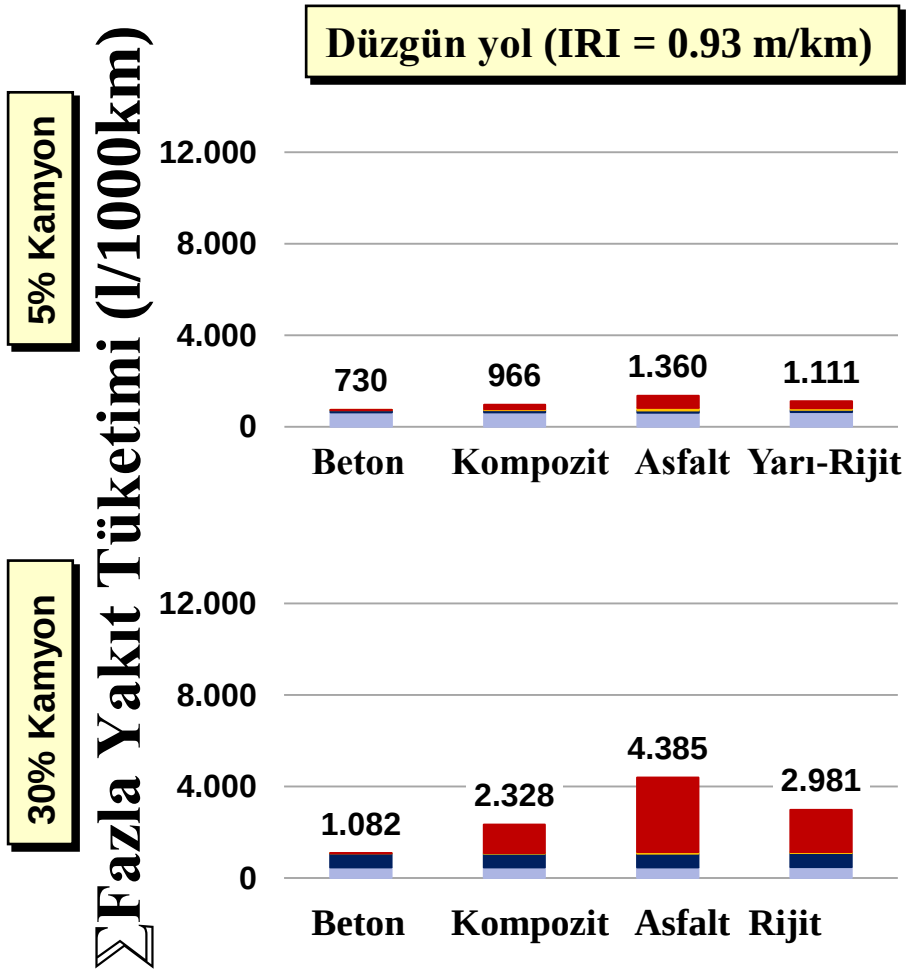
IRI

IRI kaynaklı yakıt tüketimi üstyapı tipinden çok etkilenmiyor

ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

Toplam fazla yakıt tüketimi

1000 Araç, Hız= 90 km/s, Sıcaklık= 30°C, Baz alınan IRI = 0.62 m/km.



Esneklik kaynaklı yakıt tüketimi üstyapı tipinden daha çok etkileniyor

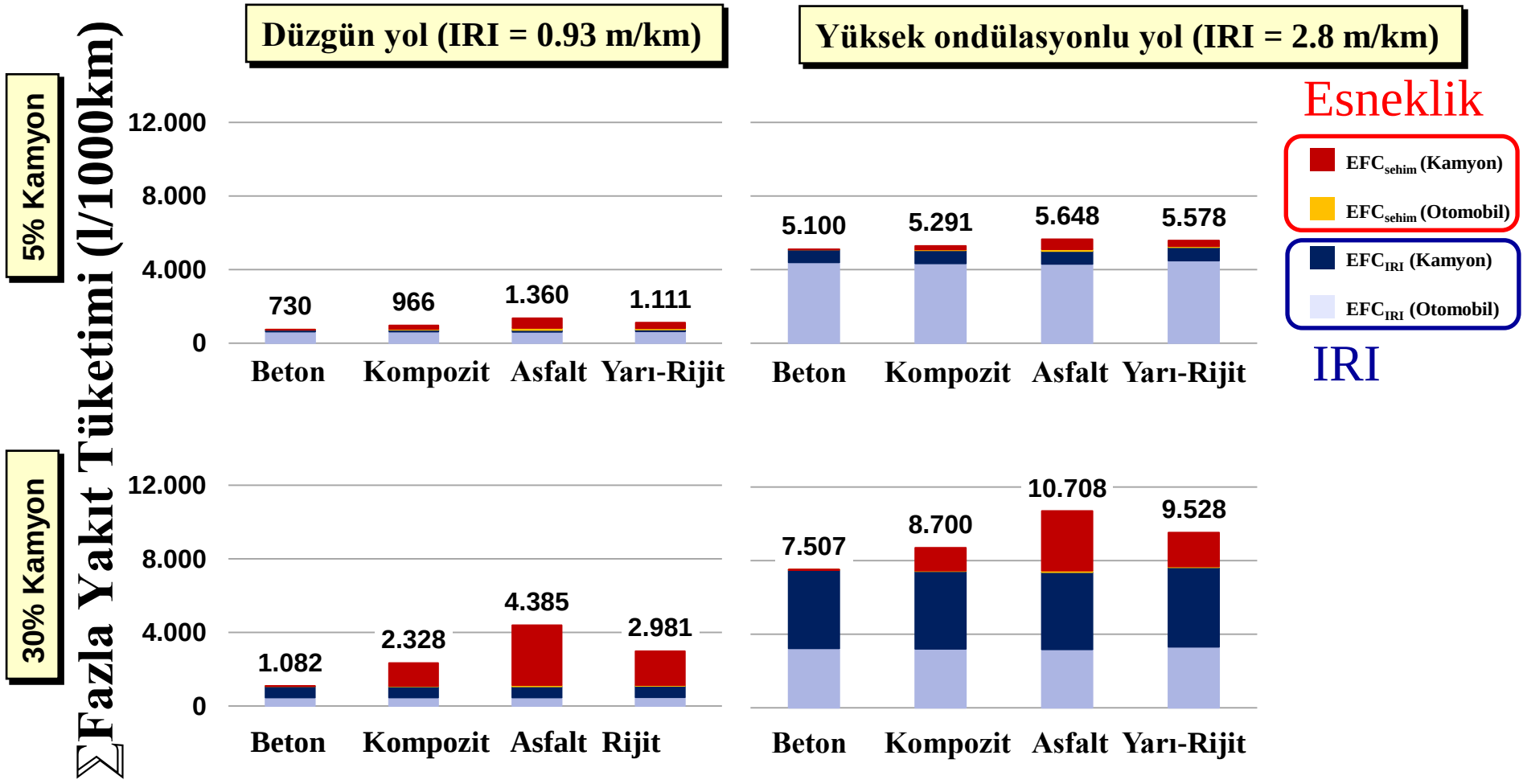
IRI kaynaklı yakıt tüketimi üstyapı tipinden çok etkilenmiyor

Kamyon miktarı arttıkça rijitlik daha önemli hale geliyor!

ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

Toplam fazla yakıt tüketimi

1000 Araç, Hız= 90 km/s, Sıcaklık= 30°C, Baz alınan IRI = 0.62 m/km.



Yüksek ondülasyonlu bir yolda yakıt tüketimi çok daha fazla!

ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

Kullanıcı Yakıt Maliyetini Düşürmek için

ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

Kullanıcı Yakıt Maliyetini Düşürmek için

- **Daha düzgün yollar yapılmalı ve düzgünsüzlük korunmalı!**
  - **Esnek yollar daha sık bakım/onarıma tabi tutularak düzgünsüzlük ömür boyunca korunmalı**
  - **Uzun süre düzgünsüzlüğünü koruyan yollar yapılmalı**

ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

Kullanıcı Yakıt Maliyetini Düşürmek için

- **Daha düzgün yollar yapılmalı ve düzgünsüzlük korunmalı!**
  - **Esnek yollar daha sık bakım/onarıma tabi tutularak düzgünsüzlük ömür boyunca korunmalı**
  - **Uzun süre düzgünsüzlüğünü koruyan yollar yapılmalı**
- **Daha rijit yollar yapılmalı veya esnek yollar daha rijit hale getirilerek esnemeler azaltılmalı!**

ARAÇ – ÜSTYAPI ETKİLEŞİMİ

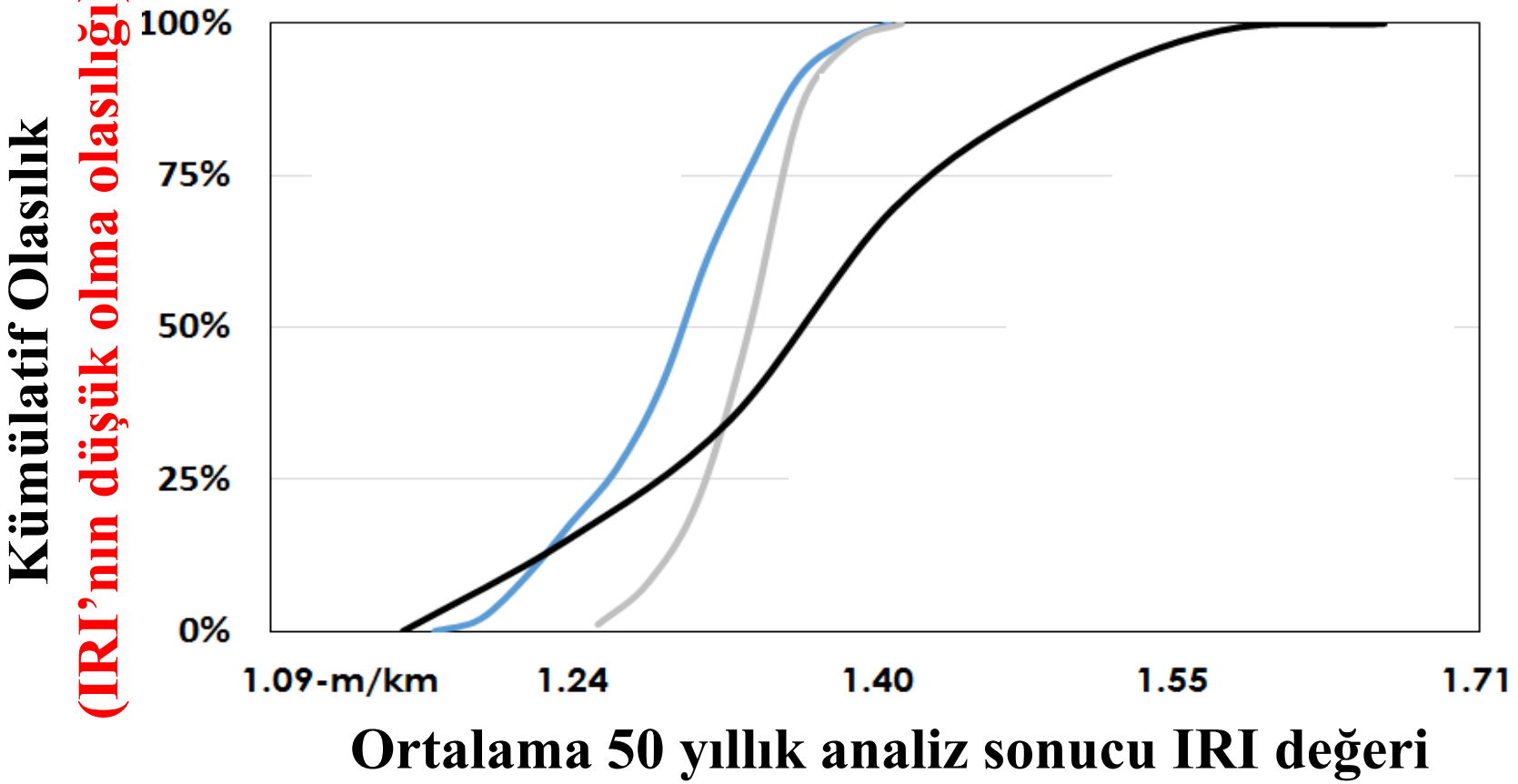
Kullanıcı Yakıt Maliyetini Düşürmek için

- **Daha düzgün yollar yapılmalı ve düzgünsüzlük korunmalı!**
  - **Esnek yollar daha sık bakım/onarıma tabi tutularak düzgünsüzlük ömür boyunca korunmalı**
  - **Uzun süre düzgünsüzlüğünü koruyan yollar yapılmalı**
- **Daha rijit yollar yapılmalı veya esnek yollar daha rijit hale getirilerek esnemeler azaltılmalı!**

Dolayısıyla, yolların servis ömrü boyunca düzgünsüzlüğünü ve bakım/onarım maliyetlerini de gözeten bir yaşam döngüsü maliyet analizi yapılmalı.

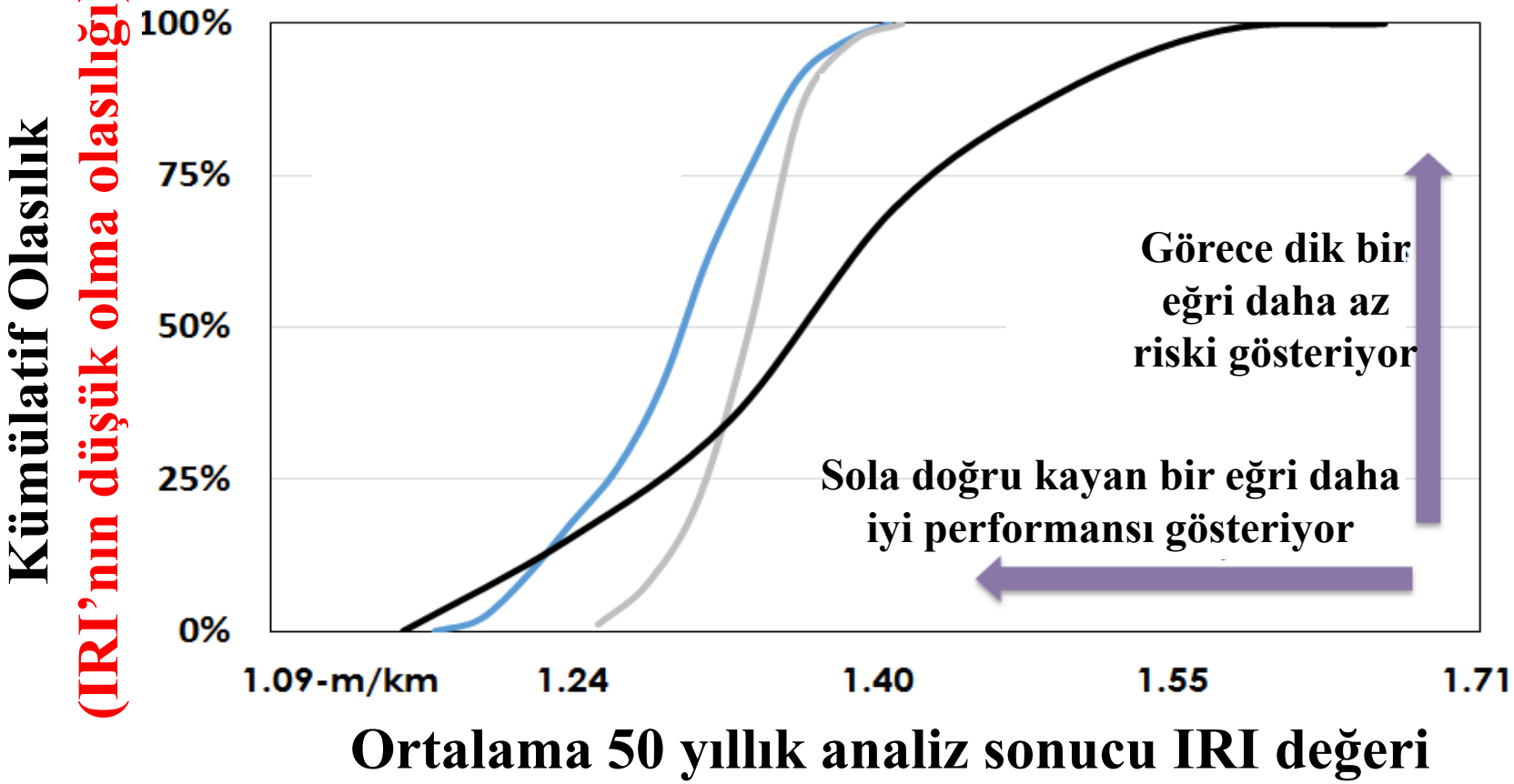
EKONOMİK DEĞERLENDİRME

Toplam yol ağı bazında



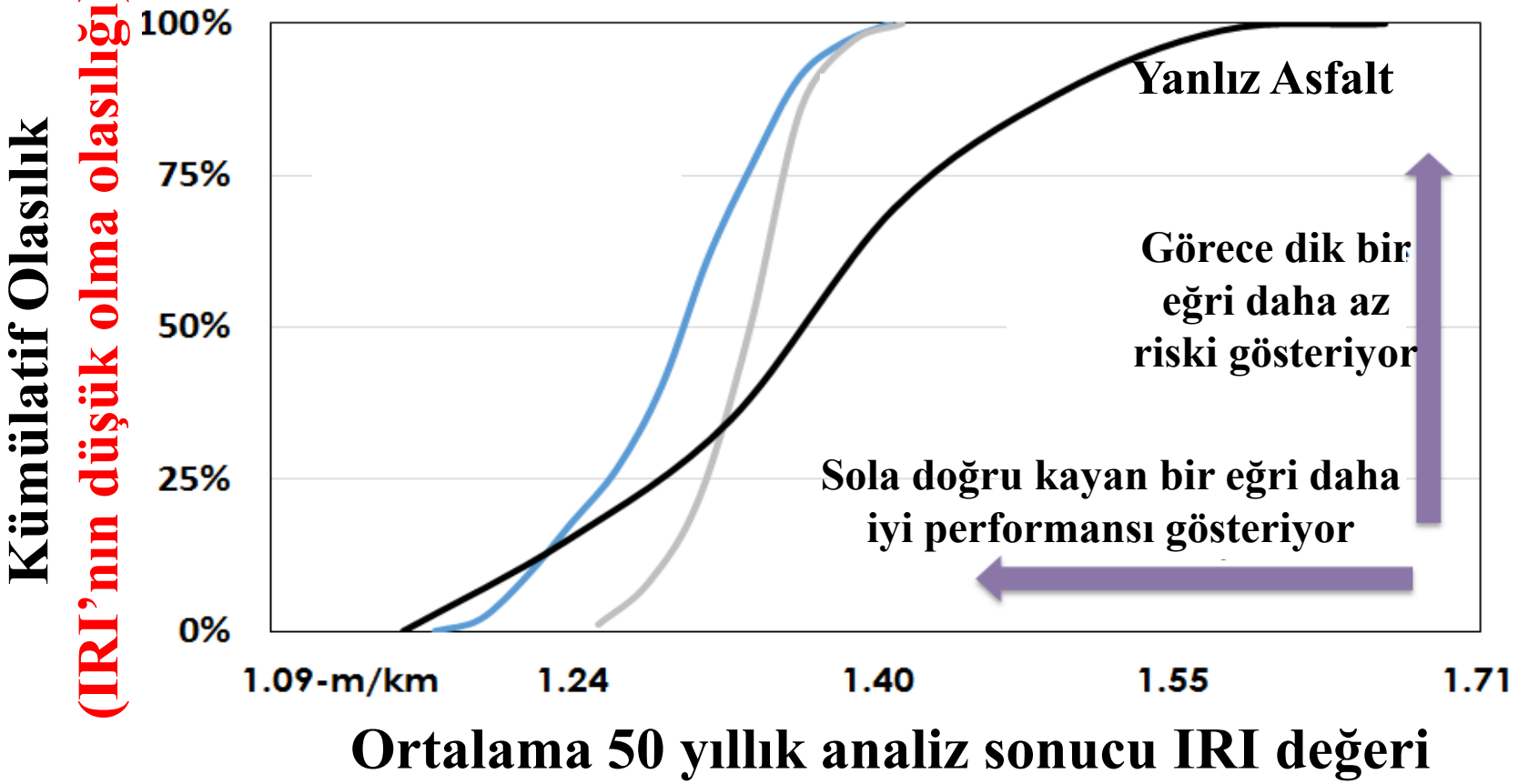
EKONOMİK DEĞERLENDİRME

Toplam yol ağı bazında



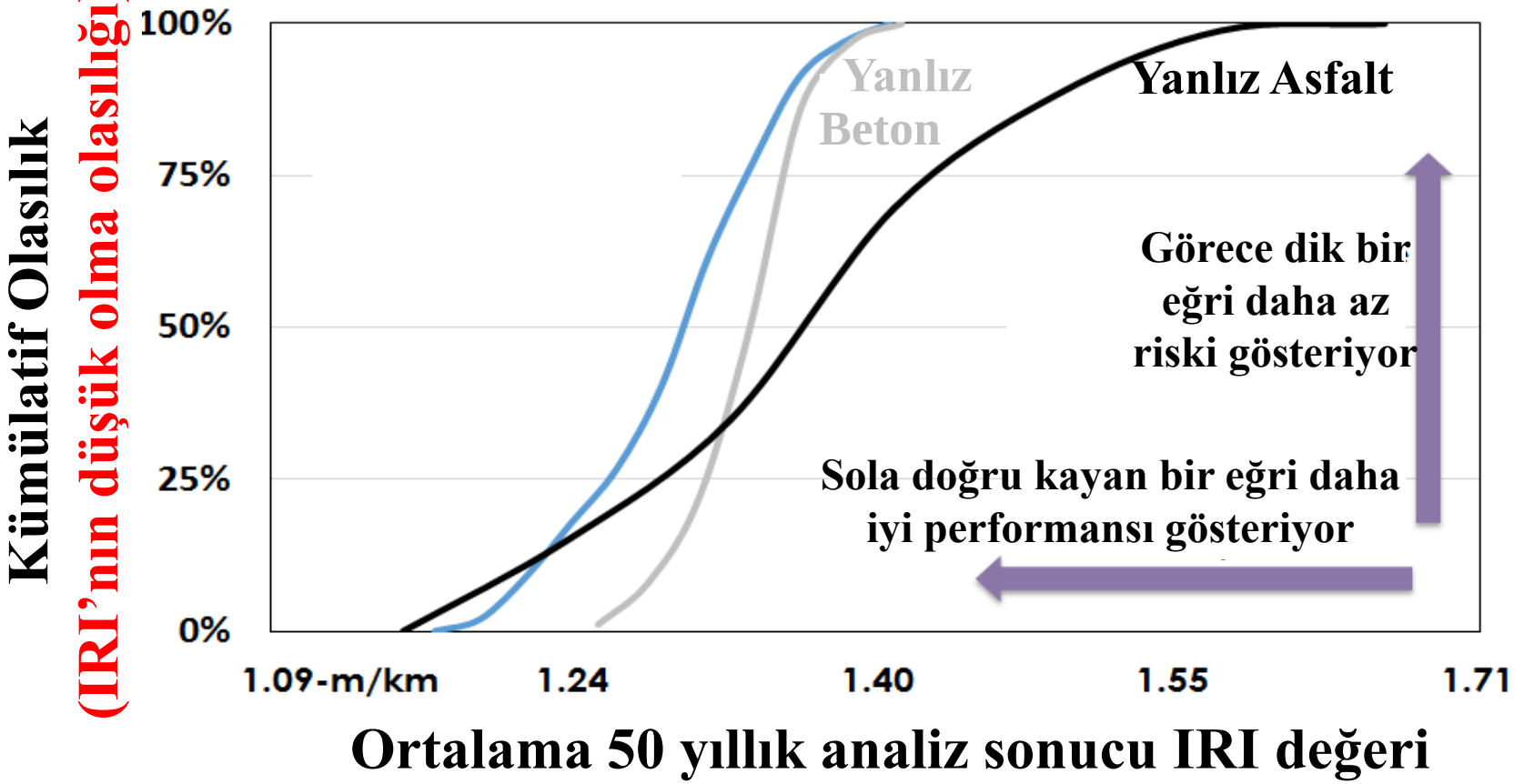
EKONOMİK DEĞERLENDİRME

Toplam yol ağı bazında



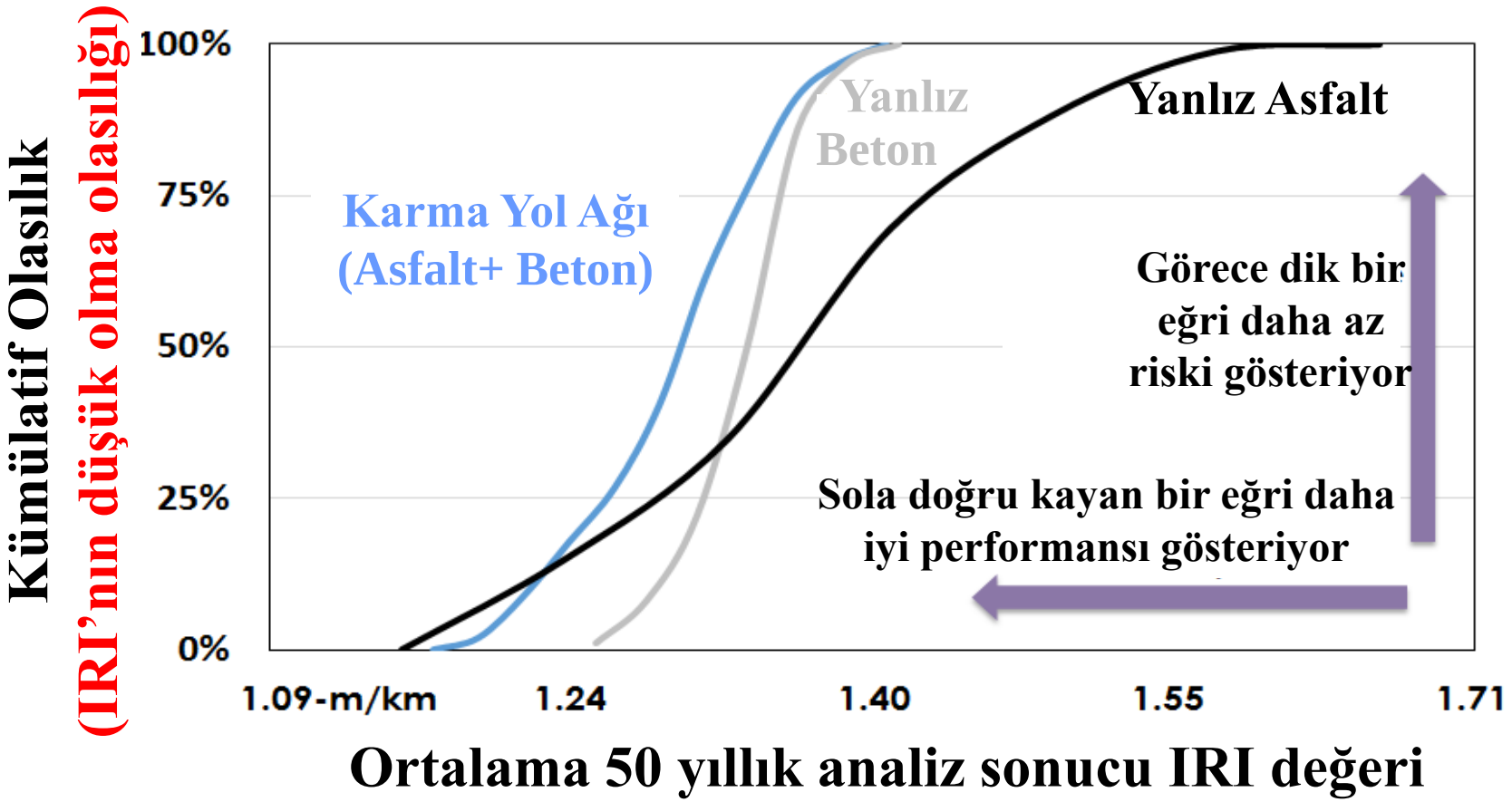
EKONOMİK DEĞERLENDİRME

Toplam yol ağı bazında



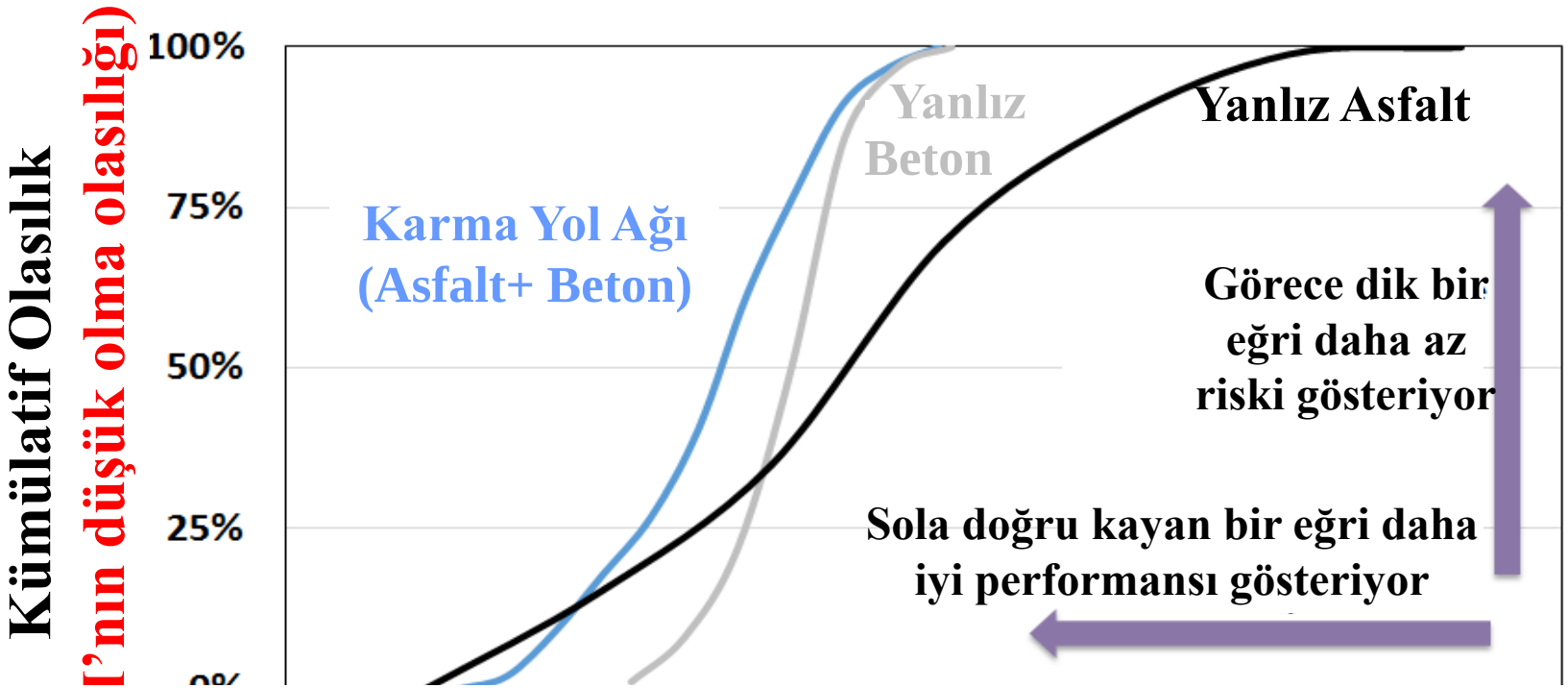
EKONOMİK DEĞERLENDİRME

Toplam yol ağı bazında



EKONOMİK DEĞERLENDİRME

Toplam yol ağı bazında



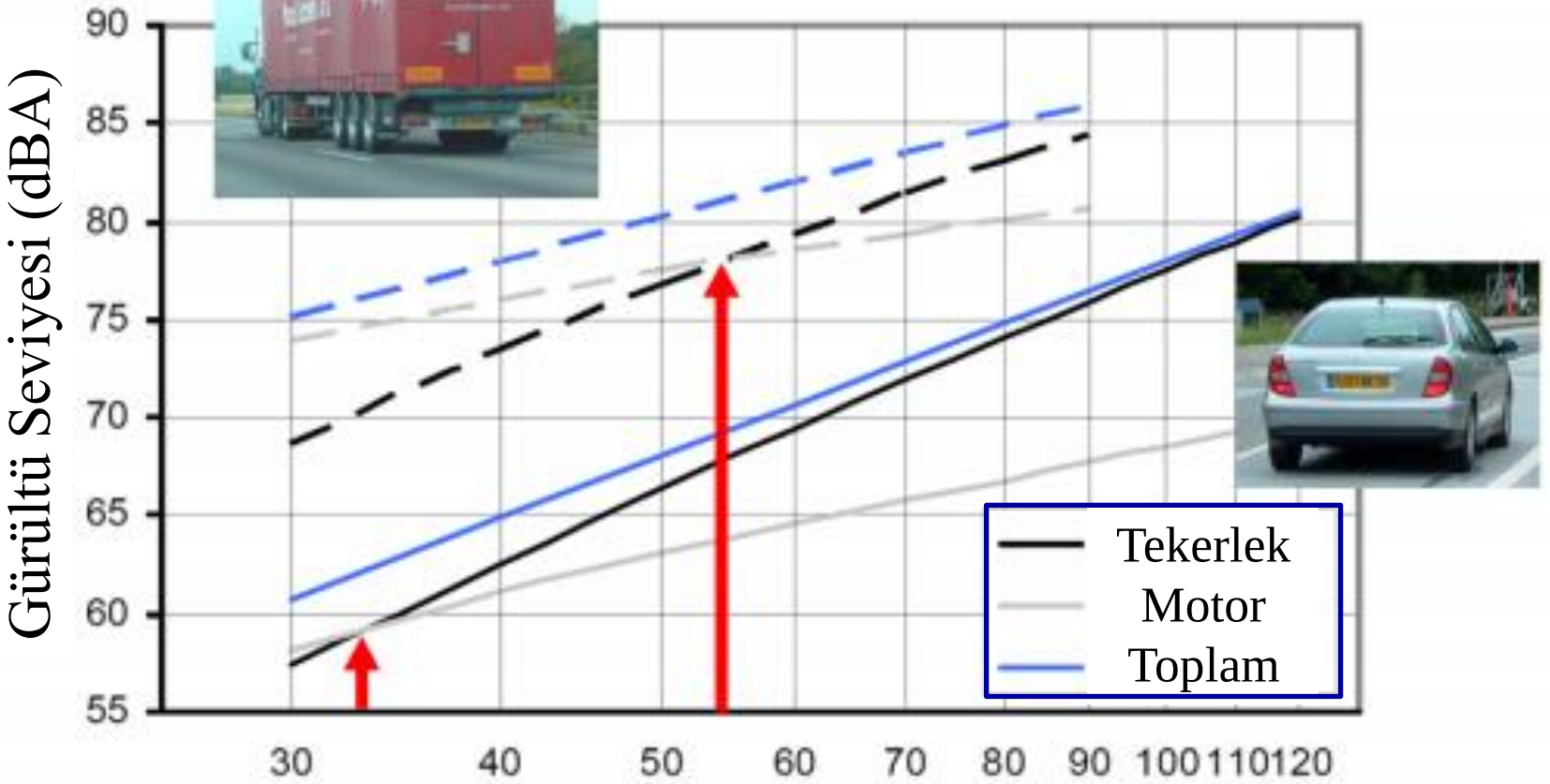
- Tek tip asfalt yoldan, asfalt ve beton yoldan oluşan karma ağ yapısına geçmek daha verimli ve uzun ömürlü çözümler sunar.
  - Yol tercihinde çeşitlilik Karayolları ve belediyelerin kaynaklarını daha verimli kullanmasını sağlar.
  - Karma ağ yapısı, ek seçenek sunması itibariyle malzeme fiyatlarındaki oynaklığın etkisini azaltır.

NEDEN BETON YOL?

1. Seçeneğinizin olması, sektörler-arası rekabetin oluşması iyidir. **REKABET KAMU YARARINADIR.**
2. Uzun ömürlüdür
3. Ekonomiktir.
4. Konforludur.

YOL GÜRÜLTÜ KAYNAKLARI

Belirli bir hızdan sonra tekerlek-yüzey etkileşimi kaynaklı gürültü önemli hale gelir.



BETON YOL YÜZEY DOKUSU

BETON YOL YÜZEY DOKUSU

- **Taze betonda uygulanan yöntemler**
- **Sertleşmiş betonda uygunlanan yöntemler**

BETON YOL YÜZEY DOKUSU

Enine taraklama

Boyuna süpürge çekme

Boyuna taraklama

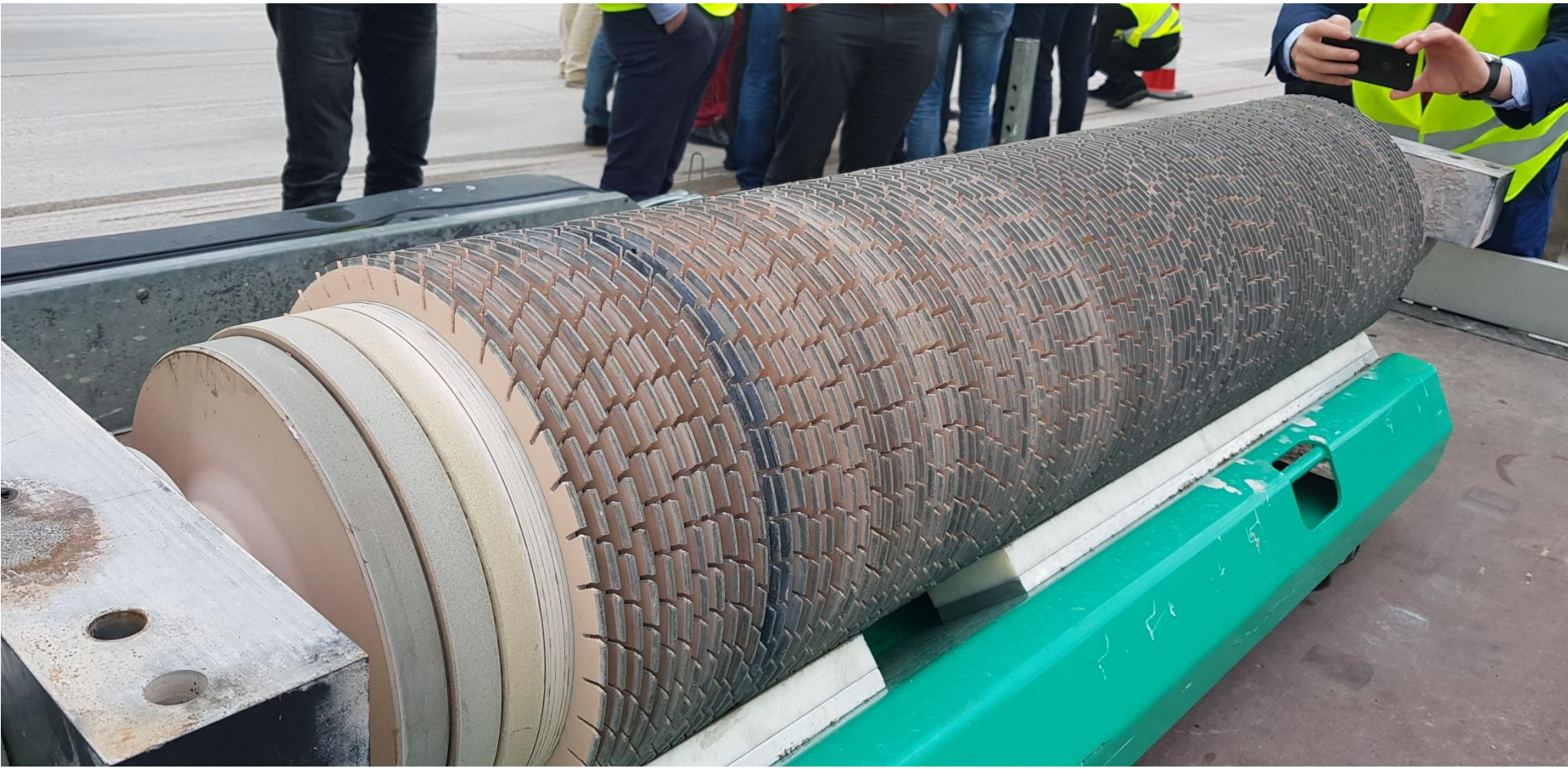
BETON YOL YÜZEY DOKUSU

Görünür agrega yüzey dokusu (AVRUPA yaklaşımı)

BETON YOL YÜZEY DOKUSU

Elmas Taşlama (ABD Yaklaşımı)

Yeni yapılan bir yolda veya eski bir yolda uygulanabilir!

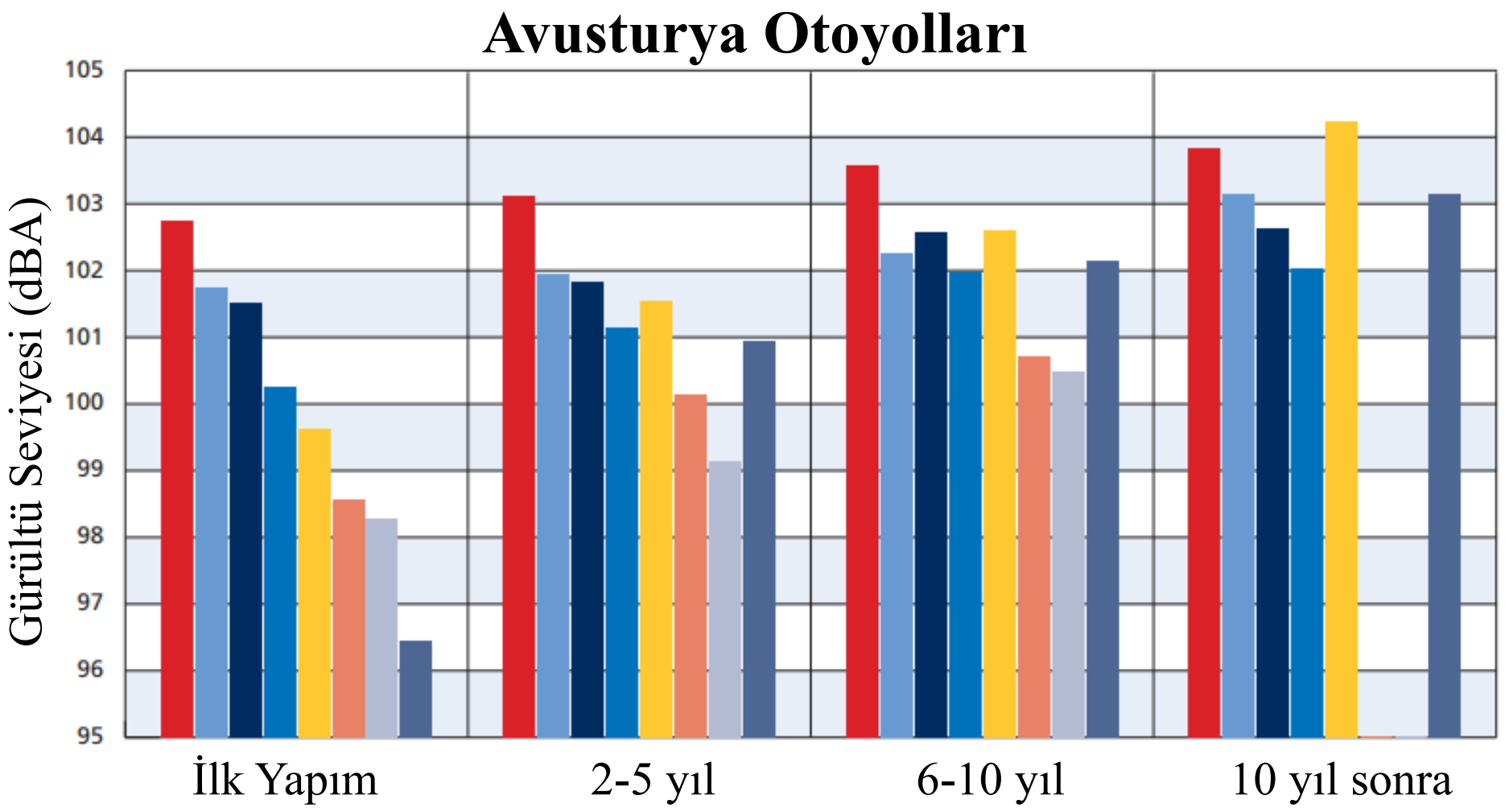


BETON YOL YÜZEY DOKUSU

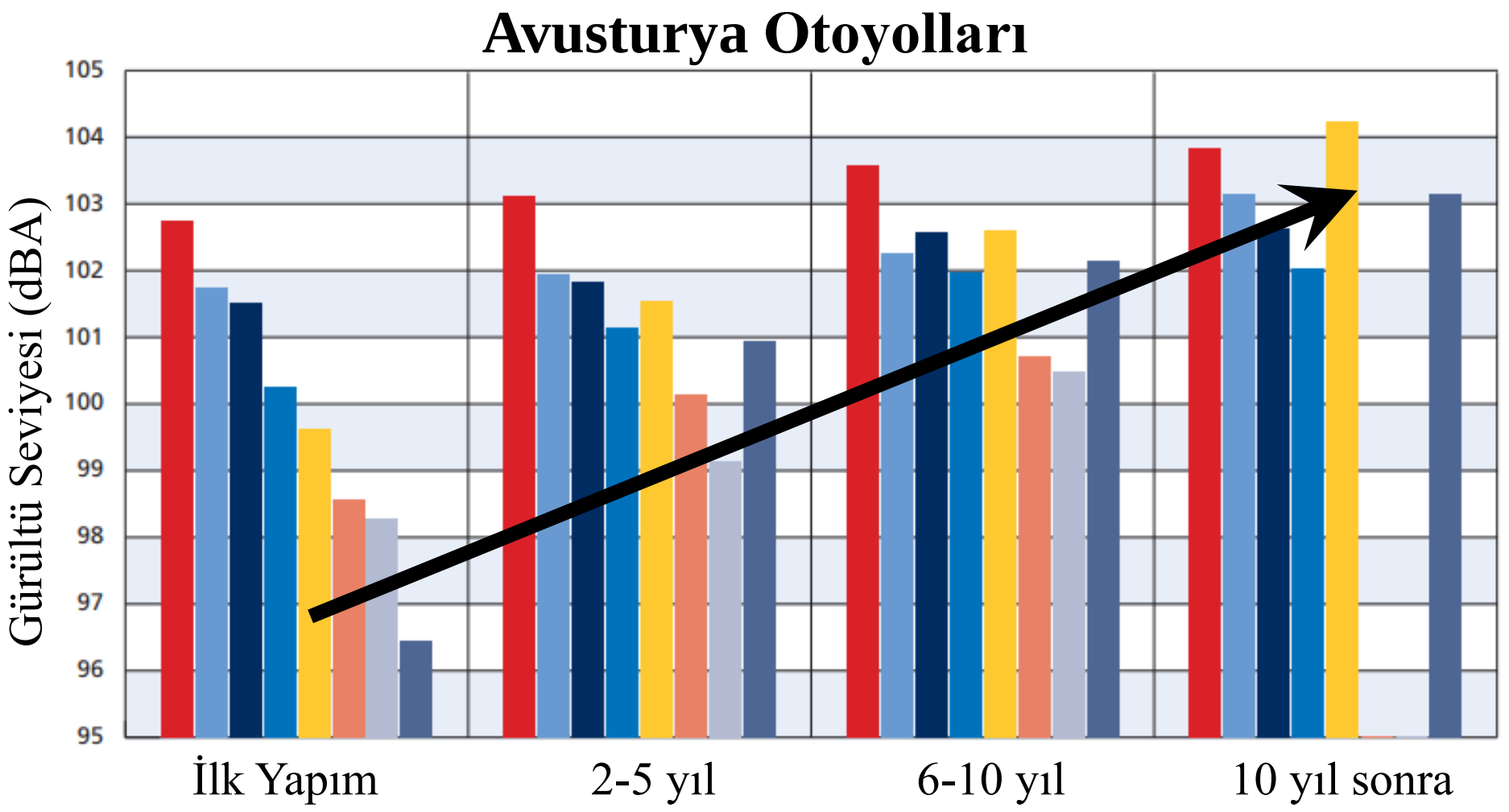
Elmas Taşlama

Avrupa'da eski yollarda uygulanmaya başlandı!

GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMLERİ

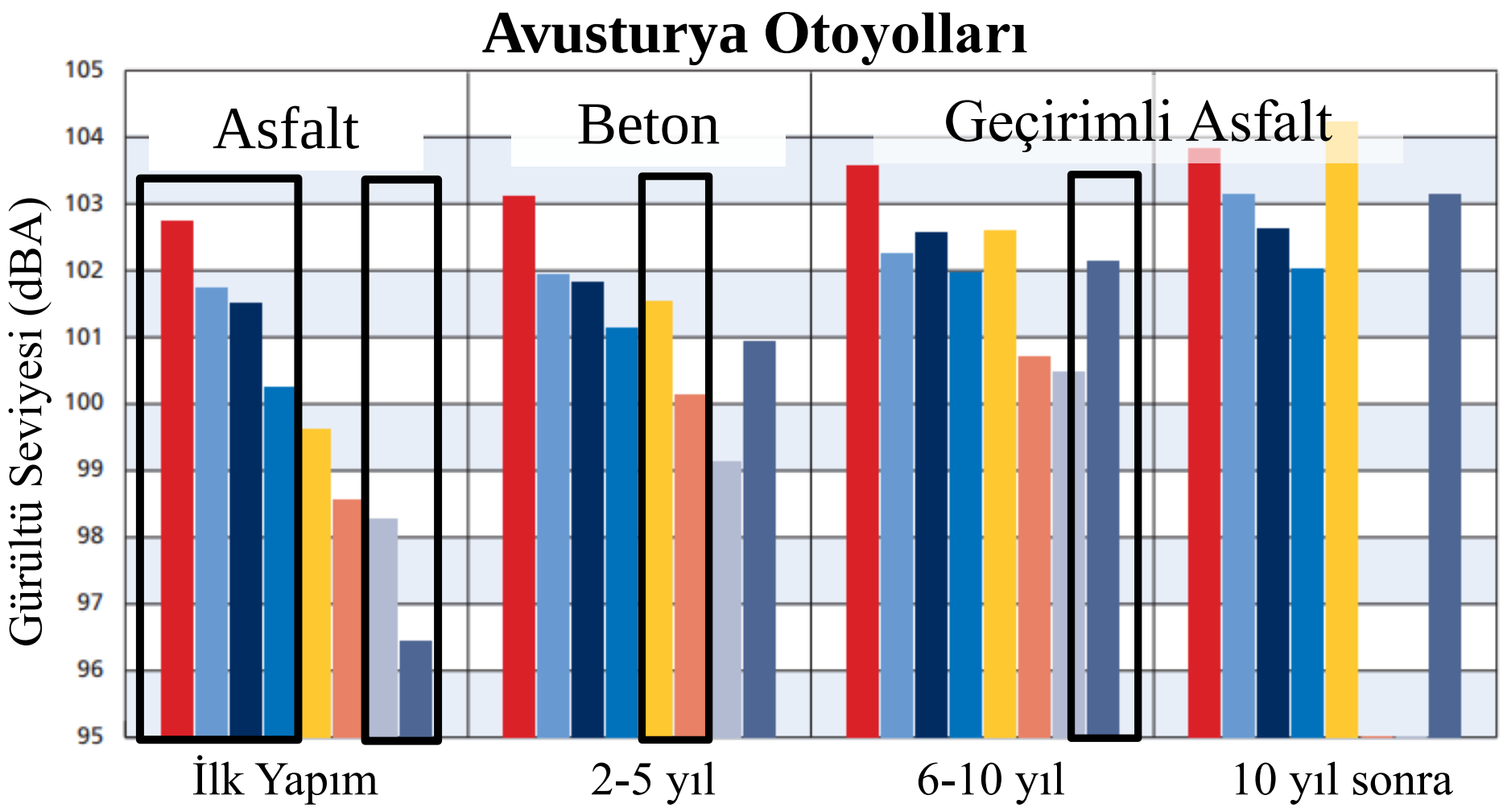


GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMLERİ

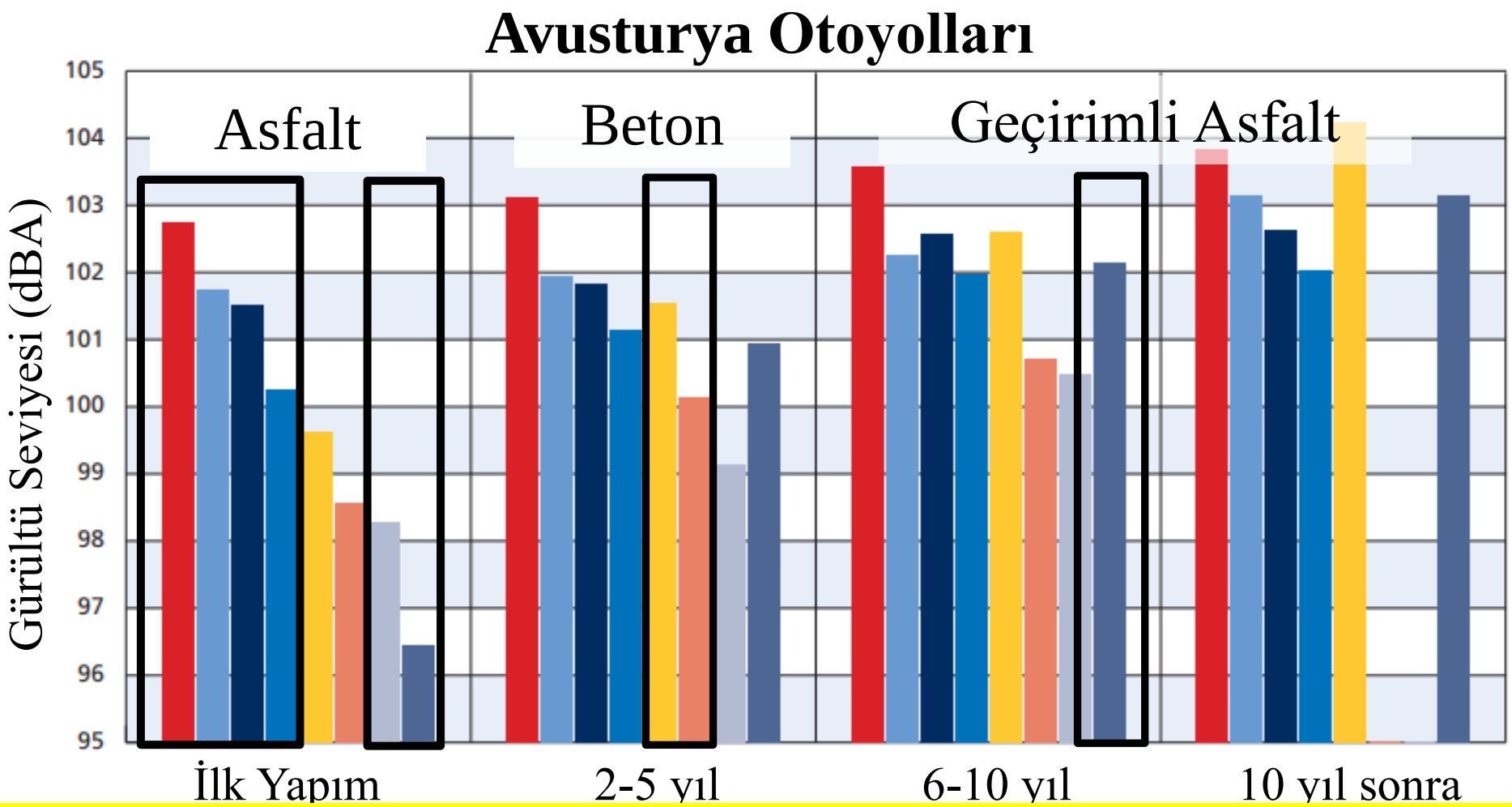


Her tür yol yüzeyinde gürültü seviyesi zamanla artıyor!

GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMLERİ



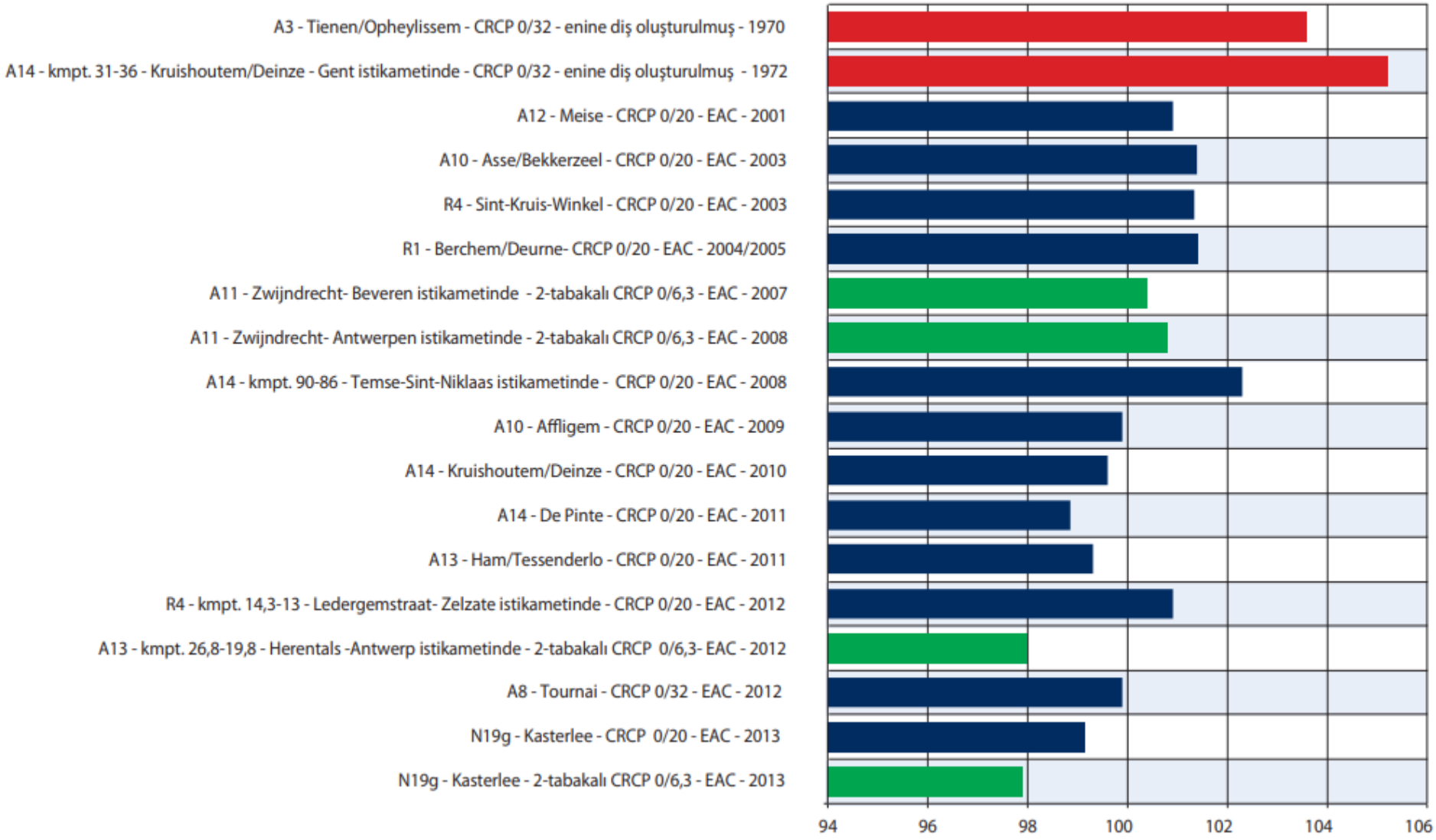
GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMLERİ



Geçirimli asfaltın beton yüzey dokusuna göre gürültü azaltmadaki üstünlüğü zamanla kaybolmakta. Bu durum tıkanma veya sökülmelerle açıklanabilir.

GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMLERİ

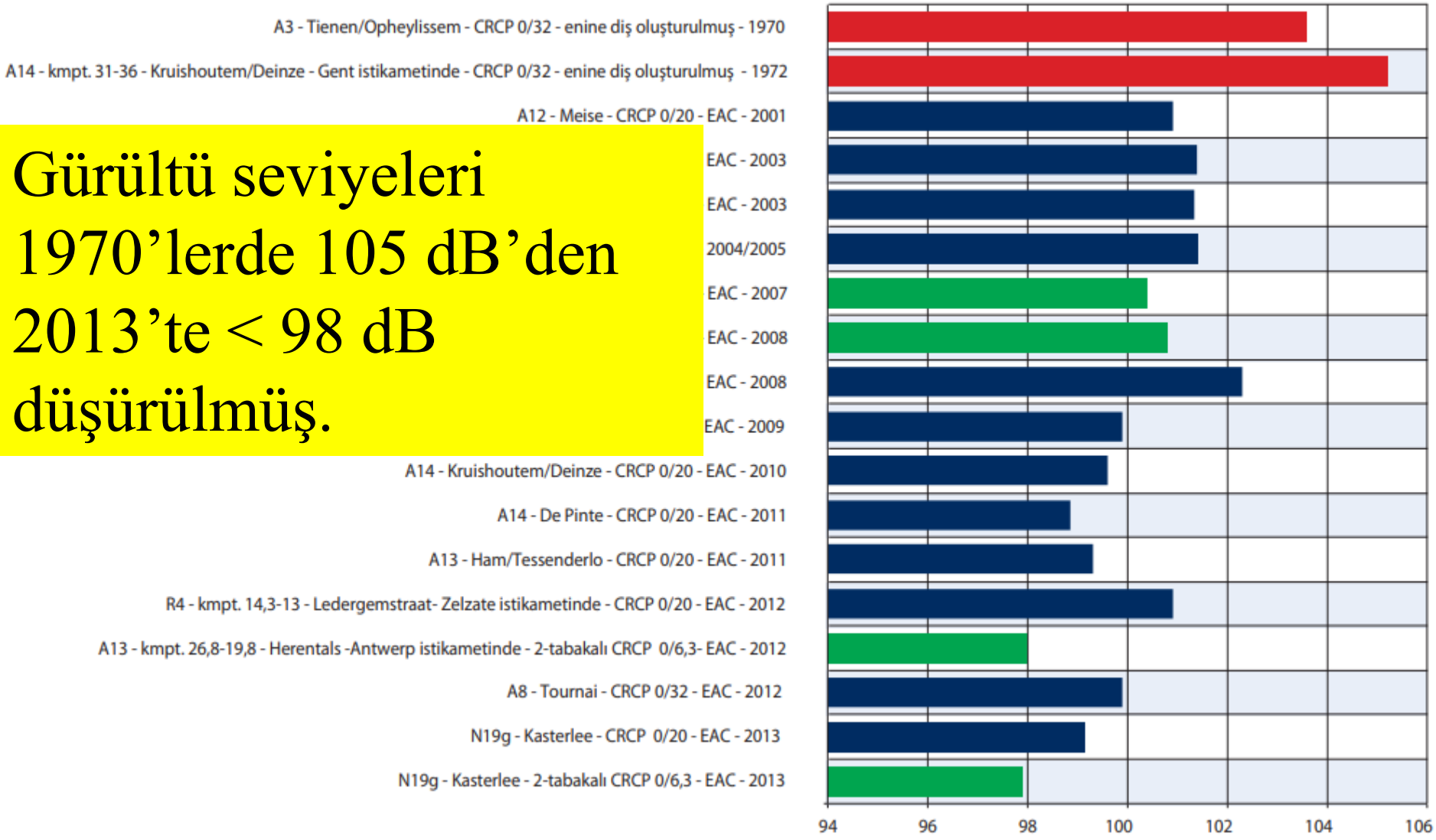
Belçika Otoyolları



GÜRÜLTÜ ÖLÇÜMLERİ

Belçika Otoyolları

Gürültü seviyeleri 1970'lerde 105 dB'den 2013'te < 98 dB düşürülmüş.



NEDEN BETON YOL?

1. Seçeneğinizin olması, sektörler-arası rekabetin oluşması iyidir. **REKABET KAMU YARARINADIR.**
2. Uzun ömürlüdür
3. Ekonomiktir.
4. Konforludur.
5. Tünel yangın güvenliğine katkı sağlar.

BETON ve YANGIN

- **Çimento, su, kum ve çakıl gibi inorganik malzemelerden oluşur.**

- **İnorganiktir, yanmaz**
- **Zehirli gaz salınımı yapmaz**
- **Yüksek sıcaklıklara karşı dirençlidir dayanımını kolay kaybetmez**

ASFALT ve YANGIN

- **<u>Organik</u> bir malzeme olan bitüm ile kum ve çakıl gibi <u>inorganik</u> malzemelerden oluşur.**

- **Yanıcıdır**
- **Zehirli gaz salınımı yapar**
- **Yüksek sıcaklıklara karşı dirençsizdir**

Washington, DC
Temmuz 2012 Sıcak Hava Dalgası

TÜNEL YANGINLARI

Göstermiş olduğu üstünlüklerden dolayı,

Avusturya, Slovakya, Slovenya ve İspanya gibi Avrupa ülkelerinde

1 km'yi aşan tünellerde
beton üstyapının kullanılması zorunludur.

NEDEN BETON YOL?

1. Seçeneğinizin olması, sektörler-arası rekabetin oluşması iyidir. **REKABET KAMU YARARINADIR.**
2. Uzun ömürlüdür
3. Ekonomiktir.
4. Konforludur.
5. Tünel yangın güvenliğine katkı sağlar.
6. Farklı amaçlar için farklı seçenekler sunar!

BETON YOL TİPLERİ

Şehirlerarası Yollar ve Otoyollar

Derzli donatısız

Sürekli donatılı

BETON YOL TİPLERİ

Şehirlerarası Yollar ve Otoyollar

Derzli donatısız

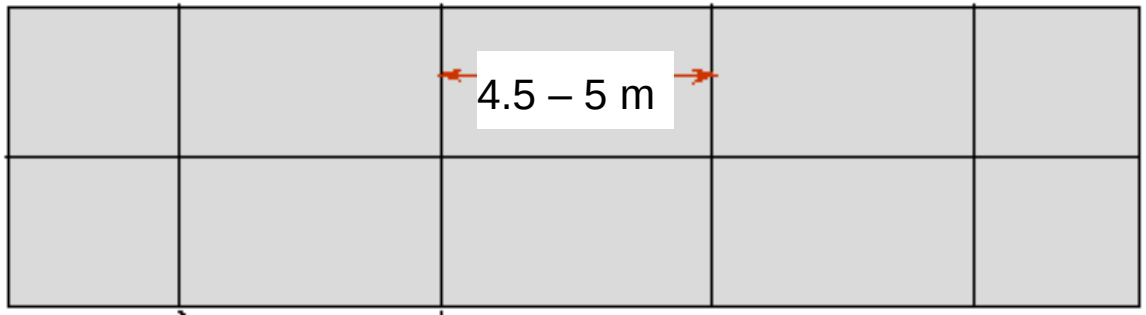
Sürekli donatılı

Kırsal ve kent-içi yollar

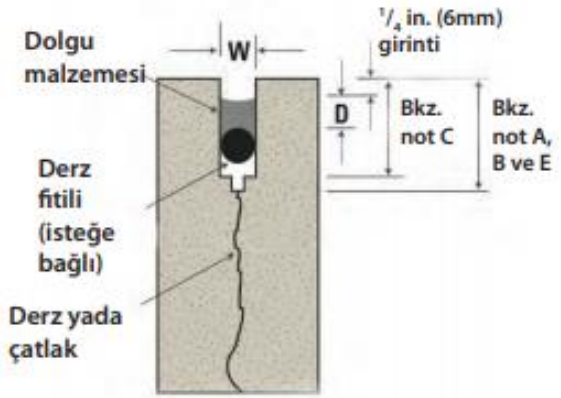
Silindirle sıkıştırılmış beton yol

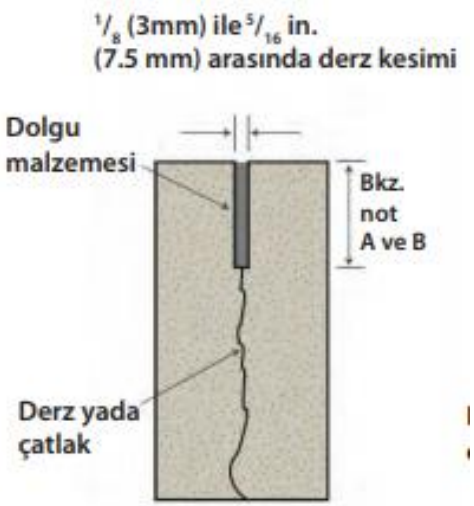
Otoyollar için Bir Alternatif:
Derzli Donatısız Beton Yollar

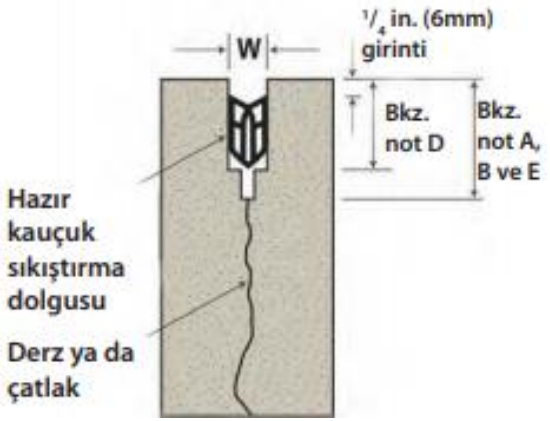
Plan



Kesit







Otoyollar için Bir Alternatif:
Derzli Donatısız Beton Yollar

- **Berlin A-10 Otoyolu** Berlin'i tamamen çevreleyen ve toplamda **196 km uzunluğa** sahip bir otoyol olup **Avrupa'nın en uzun otoyoludur.**
- Bu otoyolun yaklaşık **100 kilometrelik** kısmı **beton** yoldur.
- Beton yol **Derzli Donatısız Beton Kaplama (JPCP)** olarak 2004 yılında inşa edilmiştir.

Otoyollar için Bir Alternatif:
Derzli Donatısız Beton Yollar

- A-10 Otoyolunun Beton Yol kısımlarında kullanılan **beton C30/37 basınç dayanımına** ve **4.5 MPa eğilme dayanımına** sahiptir.
- Beton yolun **plak kalınlığı 27 cm ile 30 cm** arasında değişmektedir.
- Yüzey dokusu **'Görünür Agregalı Yüzey'** tekniği ile oluşturulmuştur.

Otoyollar için Bir Alternatif:
Derzli Donatısız Beton Yollar

- 14 yıl sonra, yüzey kalitesini iyileştirmek amacıyla **'Elmas Taşlama'** ve **'Yiv Açma'** teknikleri ile yüzey kalitesinin iyileştirmesi öngörülmüştür.

Yiv açma

✓Boyuna oluklar aracılığıyla yüzeydeki suyun drenajını sağlamak,

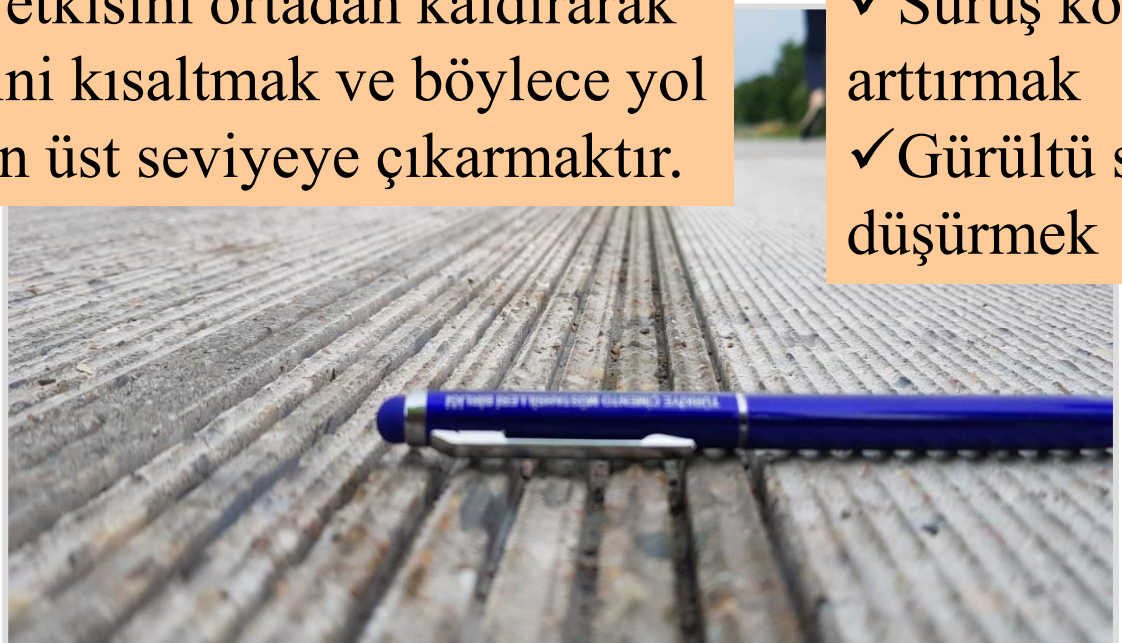
✓Kızaklama etkisini ortadan kaldırarak fren mesafesini kısaltmak ve böylece yol güvenliğini en üst seviyeye çıkarmaktır.

Elmas taşlama

✓Yüzey düzgünlüğünü iyileştirmek,

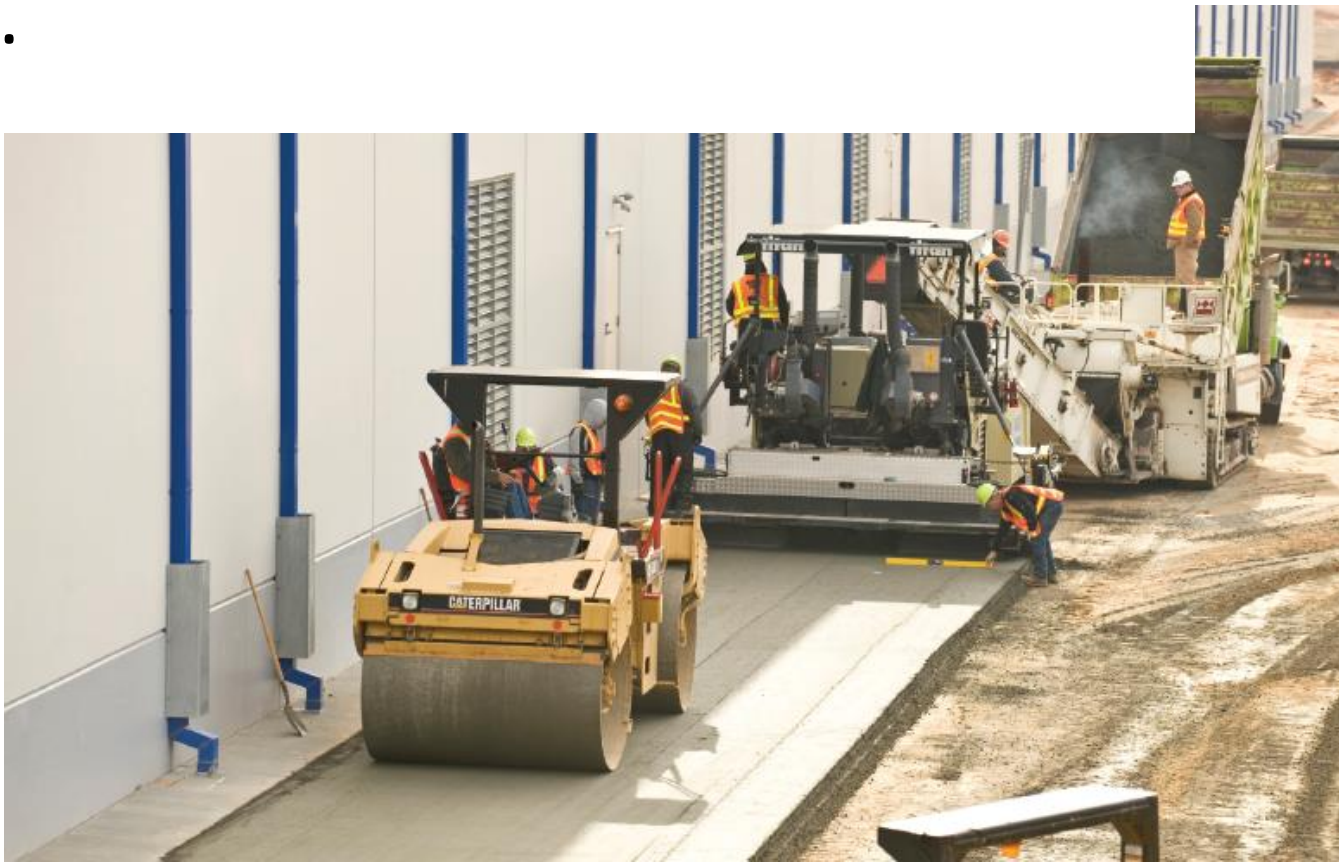
✓Sürüş konforunu arttırmak

✓Gürültü seviyesini düşürmek



Kırsal Kesim için Bir Alternatif:
Silindirle Sıkıştırılmış Beton (SSB) Yollar

Geleneksel asfalt ekipmanları (sericiler, silindirler) ile imal edilen görece kuru kıvamlı bir beton yol yapım tekniğidir.



Geleneksel Beton Yol

Müşterek Malzeme Özellikleri

- Aynı malzemelerle farklı karışım oranları
- Benzer kür gereklilikleri

Asfalt Yol

Müşterek Yapım Özellikleri

- Benzer agrega gradasyonu
- Benzer yerleştirme ve sıkıştırma işlemleri

Silindirle Sıkıştırılmış Beton Yol

SSB: Yeni Bir Alternatif

Farklı bir şekilde yerleştirilen beton kaplama

- Sıfır slump beton
- Kalıp yok
- Kayma demiri yok
- Donatı yok
- Vibratörle sıkıştırma yok
- Perdahlama yok

VOLVO
ABG 7820

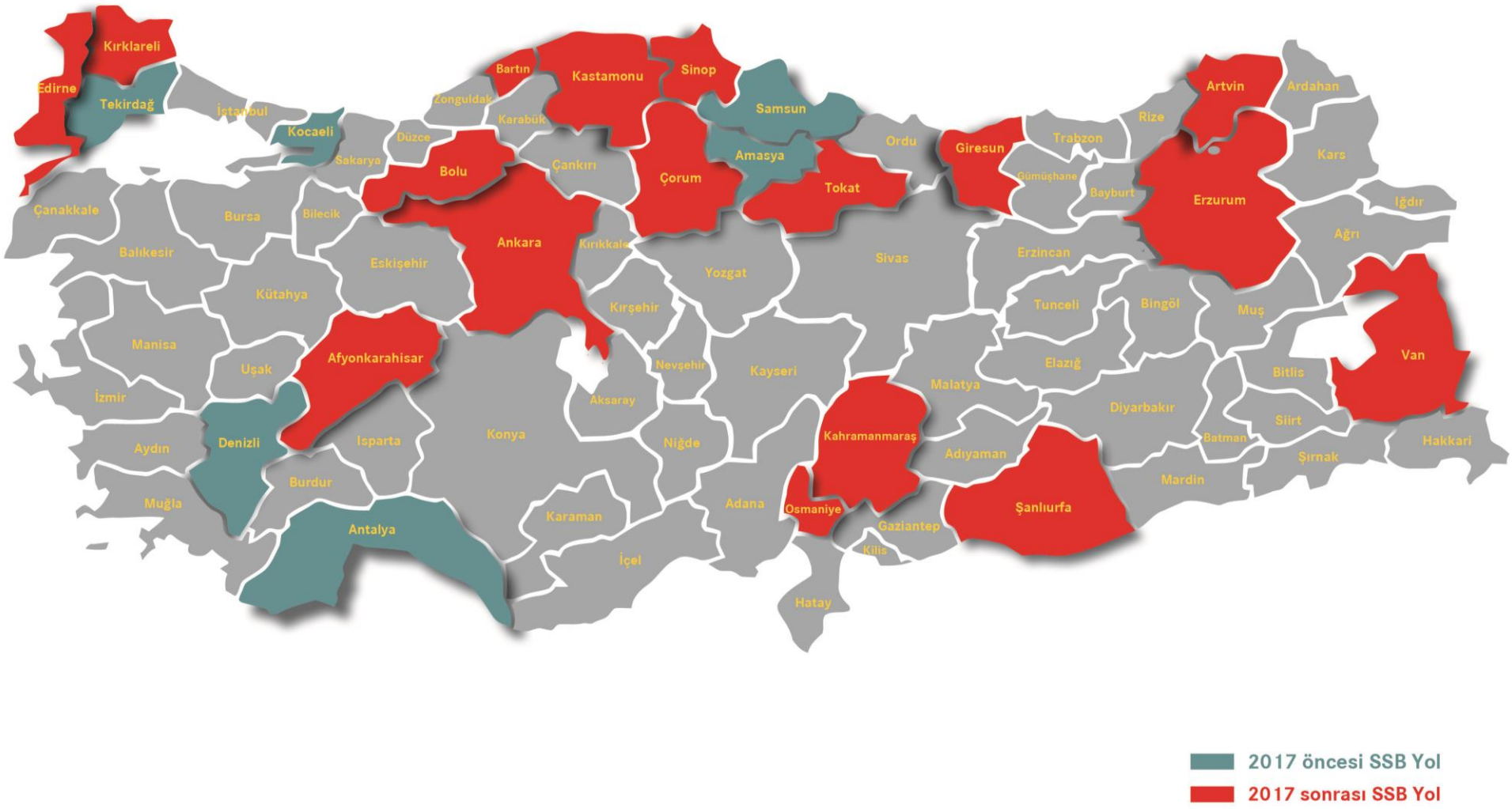
VOLVO

VOLVO
HAMM

SSB Yollar - Türkiye

- Türkiye için yeni sayılır
- Daha çok baraj uygulamalarında kullanılmış
- Antalya Belediyesi öncülük yapmış (2009)
- Denizli Belediyesi takip etmiş (2011)
- Samsun Belediyesi devam etmiş/ediyor (2014)
- Tekirdağ Belediyesi başladı, devam ediyor (2016)
- Kocaeli Belediyesi başladı (Kasım 2016)
- Şanlıurfa, Bursa, Gaziantep'te pilot uygulamalar yapıldı...

SSB Yollar - Türkiye



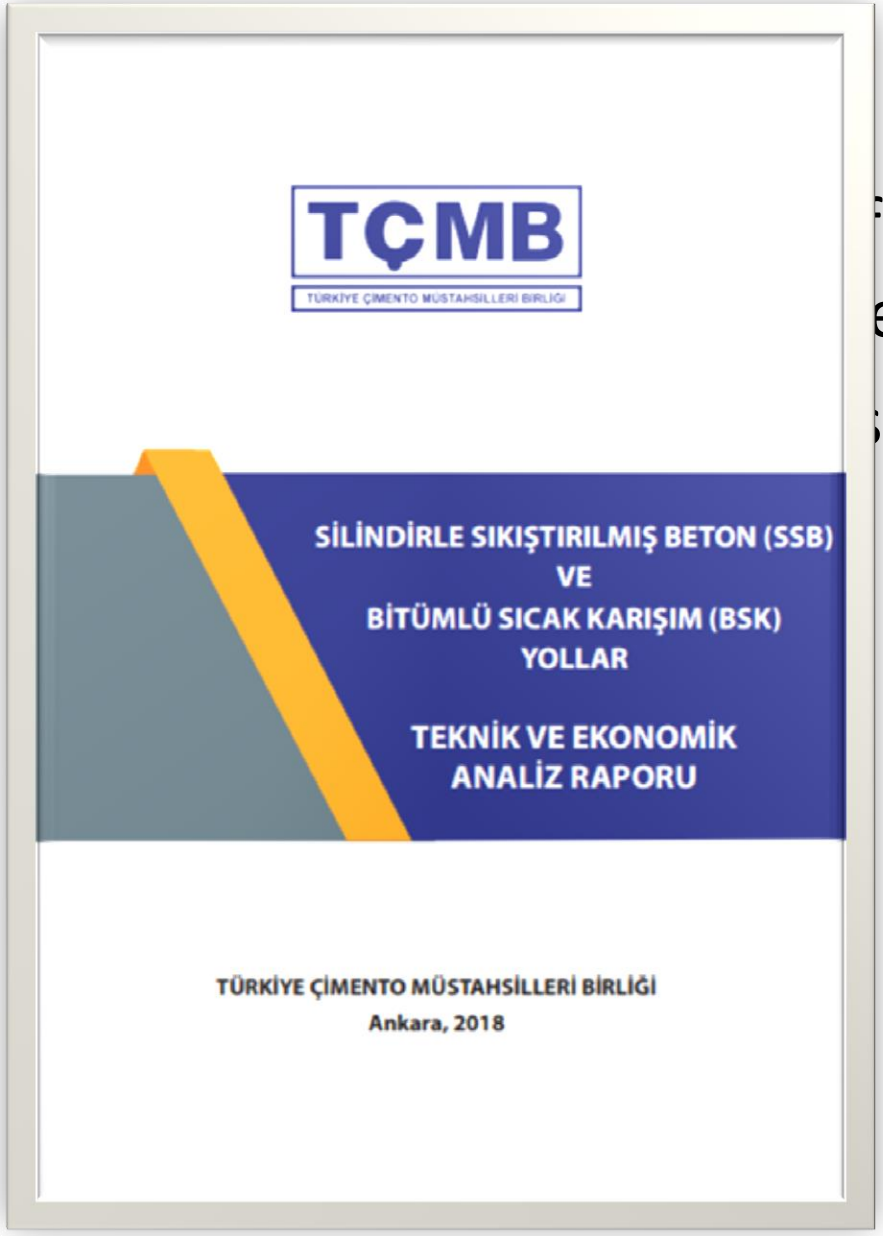
2017 öncesi SSB Yol

2017 sonrası SSB Yol

SSB Yollar – Neden Tercih Ediliyor

- Ekonomik olması
  - İlkyapım maliyeti asfalt yollara kıyasla ~ %35 düşük; sathi kaplamaya göre ~%10 fazla
  - Hizmet ömürleri düşünüldüğünde en iyi seçim!

SSB Yollar – Neden Tercih Ediliyor

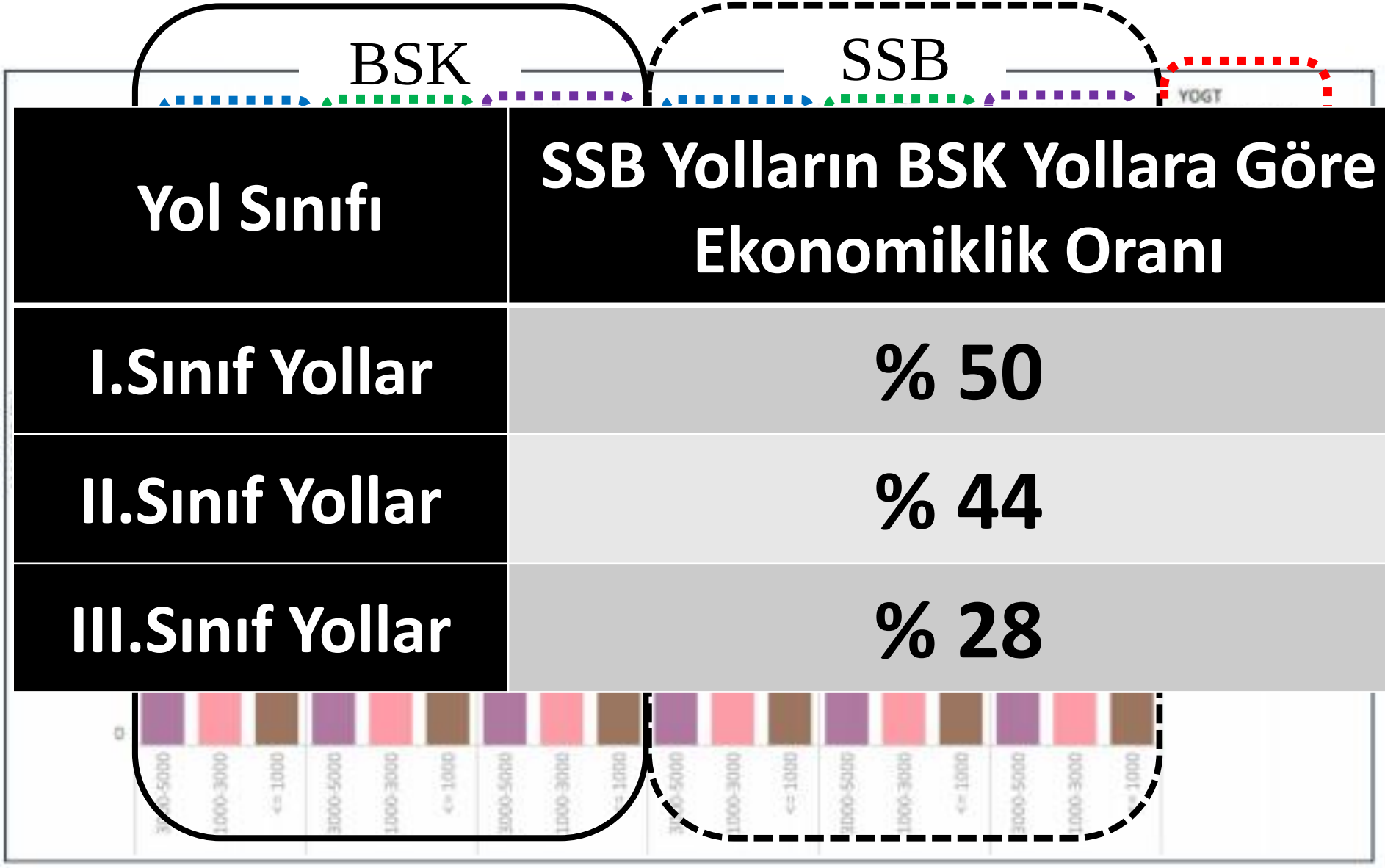


falt yollara kıyasla ~ %35 düşük;

e ~%10 fazla

sünüldüğünde en iyi seçim!

Tablo 7: Plentmiks Temel ve Alttemel Birim Fiyatları



Yol Sınıfı	SSB Yolların BSK Yollara Göre Ekonomiklik Oranı
I.Sınıf Yollar	% 50
II.Sınıf Yollar	% 44
III.Sınıf Yollar	% 28

SSB Yollar – Neden Tercih Ediliyor

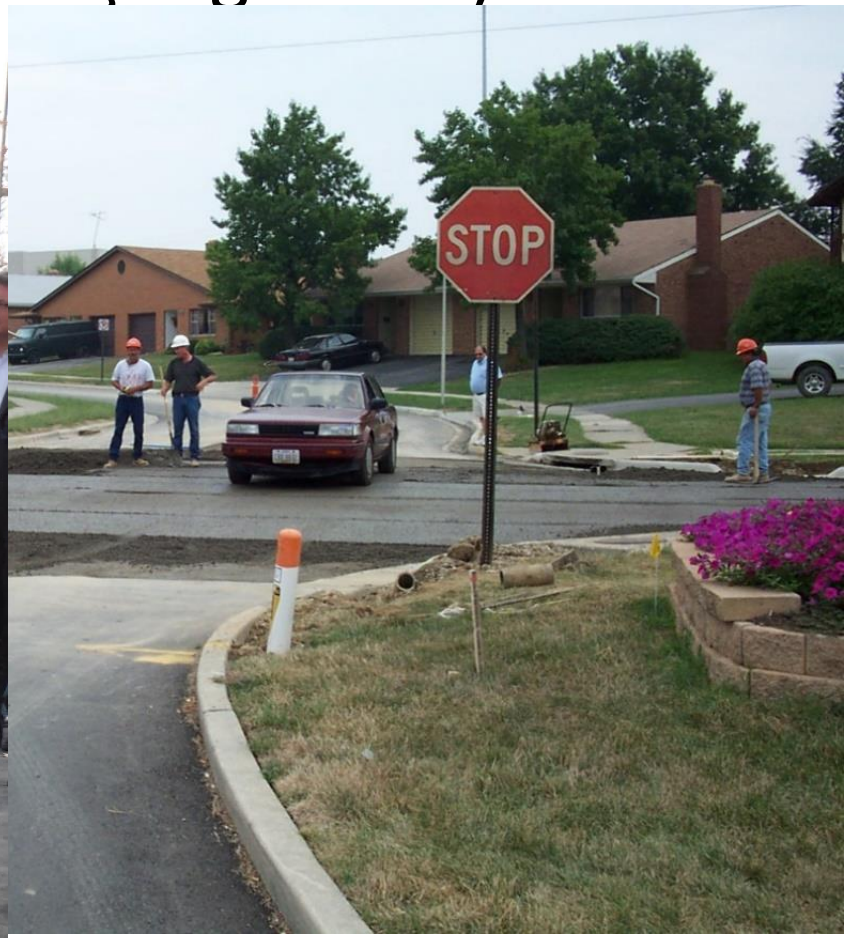
- Hızlı servise açılabiliyor olması

(Özellikle şehiriçi uygulamaları için gerekli!)

SSB Yollar – Neden Tercih Ediliyor

- Hızlı servise açılabiliyor olması

(Özellikle şehiriçi uygulamaları için gerekli!)



SSB Yollar – Neden Tercih Ediliyor

SSB Yollar – Neden Tercih Ediliyor

- Yapım hızı/kolaylığı
  - Sıfır slump beton
  - Kalıp yok
  - Kayma demiri yok
  - Donatı yok
  - Vibratörle sıkıştırma yok
  - Perdahlama yok

SSB Yollar – Neden Tercih Ediliyor

- Açık yüzey rengi gece daha iyi görüş sağlar.
  - Kırsal alanda trafik güvenliği!
  - Şehiriçinde elektrik sarfiyatı!

SON SÖZ!

REKABET iyidir ve kamu yararı için gereklidir!

Daha Fazla Bilgi İçin

BETON YOL

Anasayfa | Beton Yollar | Beton Bariyerler | Haberler ve Etkinlikler | Yayınlar | İletişim

Beton yolların el kitabı Türkçe'ye çevrildi!

Beton Yol Şartnamesi hazırlanıyor!

Asfaltta fiyat farkının verilmesi maddesi hakkında teknik not yayımlandı!

TÇMB Der... uygulamal...

12. Uluslar... Sempozyu...

> TÜM HABERLER

TEŞEKKÜRLER

VİDEOLAR

BETON YOLLAR VE BETON BARİYER videoları için tıklayın.

BETON YOLLAR

Beton yollar tamamen yerli malzemelerle imal edilen, esnek üst yapılara oranla çevreci, uzun ömürlü ve ağır taşıt yüküne direnç gösteren rijid üst yapılardır. Artan petrol fiyatları nedeniyle beton yollar hem ilk yapım maliyetlerinde hem de yaşam döngüsü maliyetlerinde esnek üst ...ılarla rekabet edebilir duruma gelmiş...

LİNKLER

- TÇMB
- EUPAVE
- NCPTC
- ACPA
- ISCP
- KGM
- FEHRL
- ...RF
- ...TTC
- ...RA
- FHWA
- ÇBD
- IRFNET

www.betonyol.org.tr