



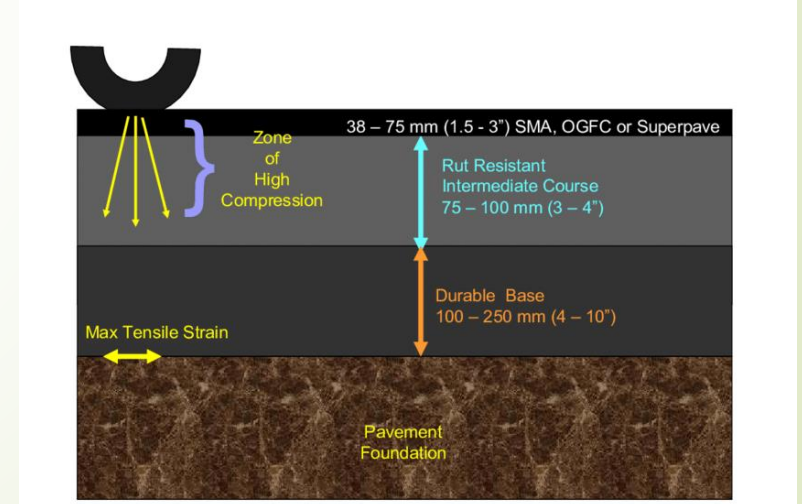
# Zöld technológiák, energiamegtakarítás - új trendek az aszfalttechnológiában

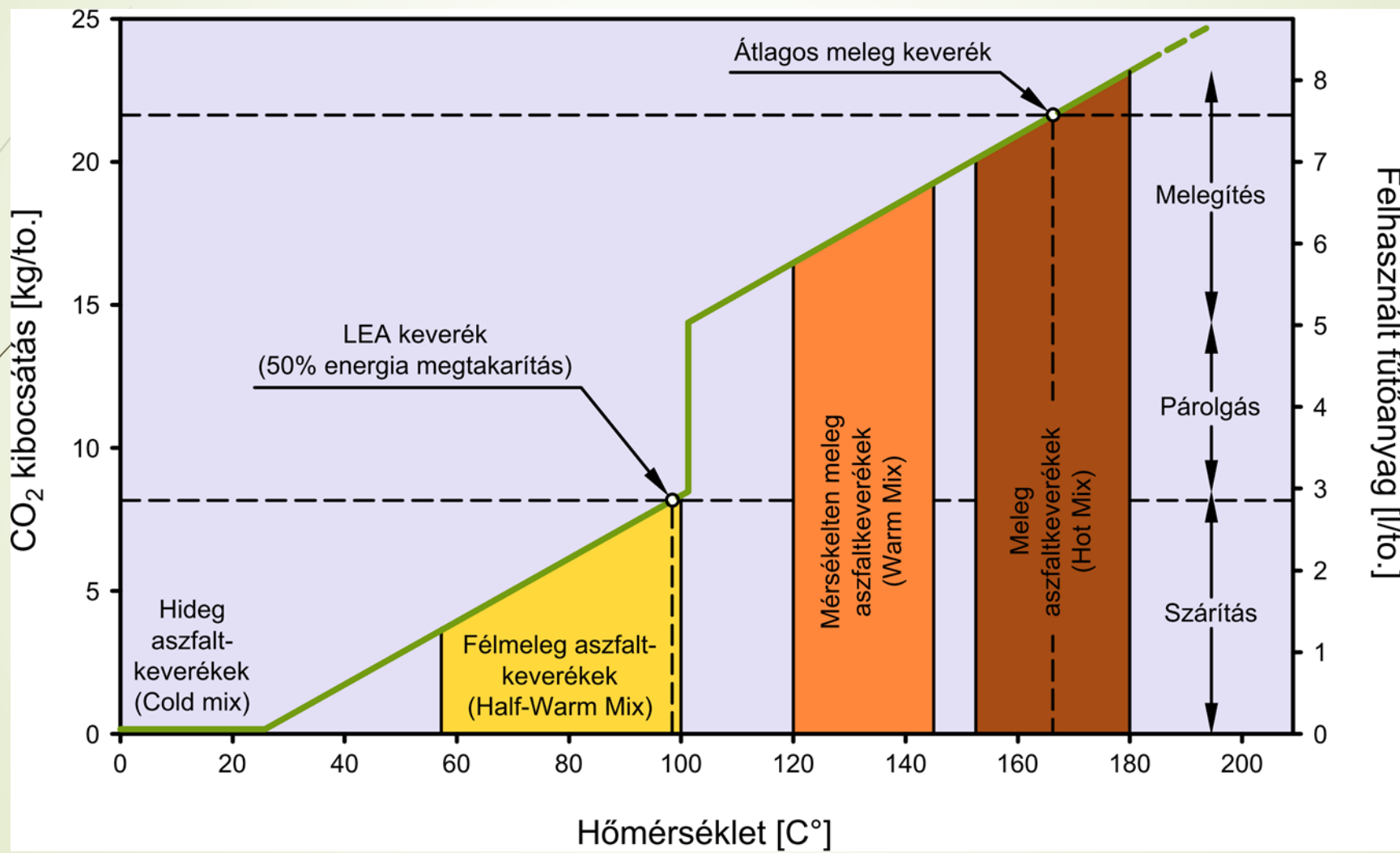
Dr. Almássy Kornél, egyetemi docens, BME Út és Vasútépítési Tanszék

# Zöld technológiák – Energiacsökkentés az útéépítésben

Mit jelenthet a zöld technológia az útéépítésben?

- Gyártásközi energia csökkentést
- Újrahasznosítás
- Tartósság – hosszabb élettartam-kevesebb fenntartási probléma







# A cél

A viszkozitás átmeneti csökkentése,

Azaz a keveréshez szükséges hőmérséklet csökkentése

Azaz energiacsökkentés

Azaz károsanyag-kibocsátás csökkentés

Azaz tisztább és egészségesebb környezet (dolgozók,  
lakók)



# A viszkozitás csökkentése

- ▶ **Szerves adalékszerek**
- ▶ **Habosítás**
  - ▶ Ásványi adalék
  - ▶ Vízbázisú mechanikai rendszerek
- ▶ **Vegyí adalékanyagok:**
  - ▶ A bitumen és az adalékanyag felületén hat,
  - ▶ Csökkenti a felületi feszültséget,
  - ▶ Így a kőszemcsék bevonódása könnyebben létrejön
  - ▶ Min. 30°C csökkentés lehetséges



## Habosítás

A forró bitumen vízzel találkozva felhabosodik, térfogata többszörösére nő

(Gőz ~ 100°C, bitumen 130-150°C)

A habos állag viszkozitása lényegesen alacsonyabb,

A keveréshez megfelelő viszkozitás így alacsonyabb hőmérsékleten elérhető

- VAGY

Magasabb hőmérsékleten gyártva, hosszabb ideig fenntartható



# Előnyök

---

alacsonyabb keverési hőmérséklet, mérsékelt energiafogyasztás, ezáltal az energiaköltségek csökkentése,

---

üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklése,

---

alacsonyabb füst, gőz, gáz és szag kibocsátás; munkavállalókat érő káros környezeti hatások csökkentése a gyártás és beépítés során,

---

a terítéshez és tömörítéshez szükséges viszkozitás hosszabb ideig történő fenntartása,

---

alacsonyabb terítési hőmérséklet, kiterjeszhető burkolatépítési időszak, növelhető szállítási távolság,

---

alacsonyabb tömörítési hőmérséklet, hosszabb tömörítési idő,

---

korábbi forgalomba helyezés,

---

a hagyományos aszfaltokéhoz hasonló, vagy akár jobb teljesítmény,

---

az alacsonyabb gyártási hőmérséklet miatti kisebb bitumenöregedés növeli a termikus fáradás okozta repedésekkel szembeni ellenállást.

*Veres, T.: Európai útépitési trendek - mérsékelten meleg aszfaltok  
(WMA) KKK Közúti Üzemeltetési és Fenntartási Napok, 2013*

Country	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Austria	8,2	8,0	7,2	7,0	7,2	7,2	7,4	7,4	7,5	7,5	7,4
Belgium	4,8	5,9	5,6	5,3	5,2	5,0	5,1	5,6	5,8	5,2	4,3
Bulgaria	no data	no data	no data	no data	no data	2,0*	2,0*	2,0*	2,0*	2,0*	2,0*
Croatia	2,7	2,6	2,5	2,8	2,3	2,2	2,2	2,2	2,5	2,6	2,3
Cyprus	no data	no data	no data	no data	no data	no data	0,2*	0,2*	0,2*	0,2*	0,2*
Czech Republic	6,2	5,8	5,6	5,4	6,4	8,0	6,7	7,4	7,9	6,8	6,7
Denmark	3,2	4,0	3,6	3,7	3,7	3,7	3,8	4,0	3,9	3,5	3,9
Estonia	1,1	1,3	1,1	1,2	1,3	1,5	1,5	1,7	1,6	1,6	1,7
Finland	4,9	5,0	4,5	4,5	4,7	5,4	5,9	6,4	6,1	5,5	7,6
France	38,8	39,2	35,3	35,4	31,9	31,5	33,6	33,7	35,0	35,8	31,9
Germany	45,0	50	41	41,0	39,0	39,0	41,0	42,0	41,0	40,0	38,0
Great Britain <sup>1</sup>	21,5	22,4	18,5	19,2	20,6	21,9	22,0	22,7	22,9	25,2	23,0
Greece	5,2	2,3	1,6	2,7	2,7*	2,5*	2,3*	2,3*	2,3*	2,3*	2,3*
Hungary	3,4	2,3	2,5	2,7	3,8	3,9	2,8	2,6	4,7	5,0	4,8
Iceland	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3*	0,3*	0,3*	0,3*	0,3*
Ireland	2,3	1,8	1,9	1,8	1,8	1,9	1,9	2,0	1,9	2,0	1,9
Italy	29,0	28	23,2	22,3	22,3	23,1	23,1	23,7	26,0	30,1	30,1*
Latvia	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*	0,6*
Lithuania	1,6	1,6	1,3	1,3*	1,3*	1,6	1,6	1,6*	1,6*	1,6*	1,6*
Luxembourg	0,7	0,65	0,61	0,7	0,7*	0,7	0,7*	0,9	0,91*	0,91*	0,91*
Malta	no data	no data	no data	no data	no data	no data	0,1*	0,1*	0,1*	0,1*	0,1*
Netherlands	9,5	9,6	9,2	9,7	9,0	8,0	8,2	8,1	7,9	7,7	7,1
Norway	5,9	6,7	6,3	6,4	7,0	6,9	7,2	7,8	7,5	7,7	6,9
Poland	18,0	26,5	21,1	18,2	16,5	18,5	19,0*	19,0*	19,0*	19,0*	19,0*
Portugal	6,7	6,4	6,4*	6,4*	6,4*	6,4*	6,2*	6,2*	6,2*	3,1	3,4
Romania <sup>2</sup>	3,2	3,6	3,2	4,1	4,5	4,5*	4,5*	4,5*	4,5*	1,7	1,0
Serbia	no data	no data	no data	no data	1,3	1,3	1,3*	1,3*	1,3*	1,3*	1,3*
Slovakia	1,9	2,2	1,9	1,6	1,5	2,7	1,9	2,0	2,3	2,4	2,2
Slovenia	1,8	1,3	1,1	1,2	1,4	1,6	1,6	1,8	2,0	1,9	1,9
Spain	34,4	29,3	19,5	13,2	14,5	16,4	13,1	15,2	16,0	18,8	17,1
Sweden	7,9	8,1	7,7	7,6	8,5	8,2	8,2*	8,2*	8,2*	8,2*	8,2*
Switzerland	5,3	5,4	4,8	4,8	6,5	6,5*	6,5*	6,5*	6,5*	5,5	5,5*
Turkey	35,3	43,5	38,4	46,2	30,9	37,9	40,4	46,9	41,7	23,5	31,7

Aszfaltgyártás nemzetközi összehasonlításban



Aszfaltgyártási mennyiségek Európában

EU-27	241,1	246,1	208,2	200,5	197,1	206,0	204,9	211,2	217,6	216,2	208,3
Europe	309,3	324,3	276,4	277,3	263,7	280,9	282,5	296,7	297,9	279,7	276,9

Ontario - Canada	14	13,5	13,0	no data	13,8	14,2	13,3	no data	no data	no data	no data
USA	326,0	332,0	326,9	318,1	319,0	331,0	340,0	344,0	353,0	382,0	370,0
South Africa	no data	5,7	5,7	5,5	5,4	4,8	4,8	4,1	4,2	4,1	2,3



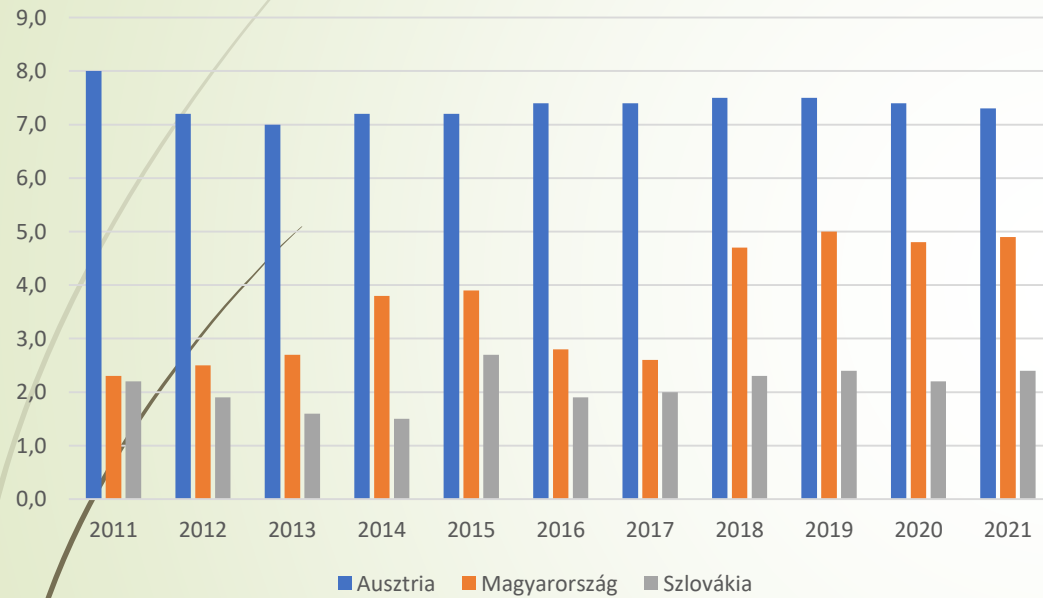
# WMA keverékek gyártása európai összevetésben

Country	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Austria	0,000	0,000	0,000	0,000	no data	no data	no data	no data
Belgium	no data	no data	<0,05	no data	<0,050	0,100	0,200	0,300
Croatia	0,000	0,040	0,060	0,060	no data	no data	no data	0,075
Czech Rep	0,030	0,001	0,020	0,007	0,070	0,080	0,001	0,001
Denmark	0,120	0,200	0,200	0,250	0,340	0,330	0,320	0,320
Estonia	no data	no data	0,008	no data	no data	no data	no data	no data
Finland	0,000	0,120	0,240	0,310	0,430	0,310	0,200	0,200
France	3,550	4,023	4,552	4,324	3,824	3,728	4,305	4,058
Great Britain <sup>1</sup>	<1,000	<1,000	no data	<0,300	<1,000	<1,000	>1,000	1,000
Hungary	0,020	0,038	0,070	0,208	0,210	0,000	0,180	0,350
Luxemburg	0,000	0,007	0,007	0,007*	no data	no data	no data	no data
Netherlands	0,060	0,133	0,100	0,100*	0,060	no data	no data	no data
Norway	0,380	0,540	0,592	0,502	0,869	1,339	1,740	1,851
Portugal	no data	no data	no data	no data	no data	no data	0,100	0,500
Slovakia	no data	no data	0,014	0,035	0,050	0,030	0,035	0,004
Slovenia	0,000	0,000	0,000	0,000	0,050	0,002	0,000	0,040
Spain	0,086	0,140	0,140	0,060	0,200	0,180	0,380	0,500
Sweden	0,500	0,700	0,700	0,700*	no data	no data	no data	no data
Switzerland	0,870	0,388	no data	no data	no data	no data	0,500	no data
Turkey	no data	no data	0,080	0,151	0,077	0,000	0,000	0,000

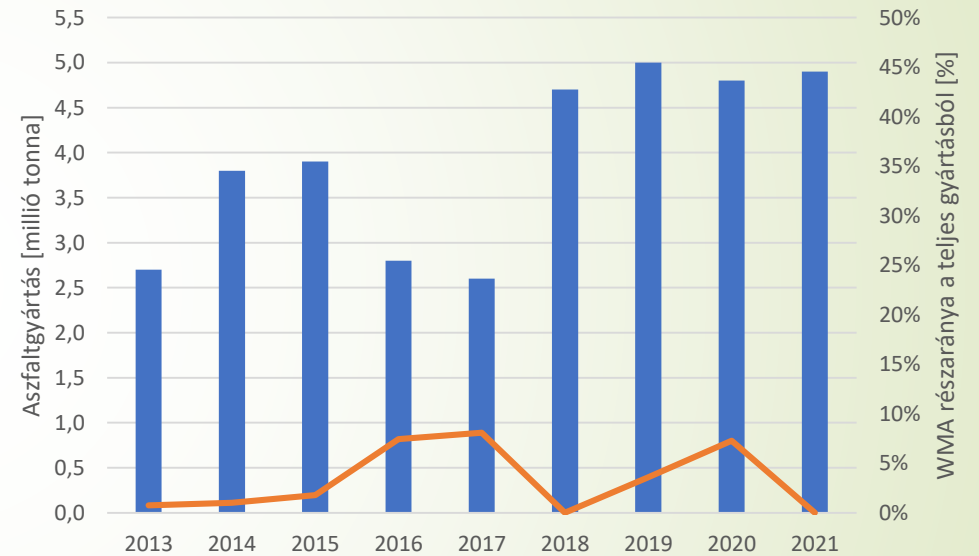
USA <sup>2</sup>	69,0	103,0	109,0	106,0	133,0	143,0	150,0	169,0
Ontario-Canada	no data	0,750	0,900	0,750	no data	no data	no data	no data
South Africa	0,150	0,150	0,200	0,200	no data	no data	no data	no data

# WMA keverékek gyártása európai összevetésben

Aszfaltgyártás 2011-2021 között [millió tonna]



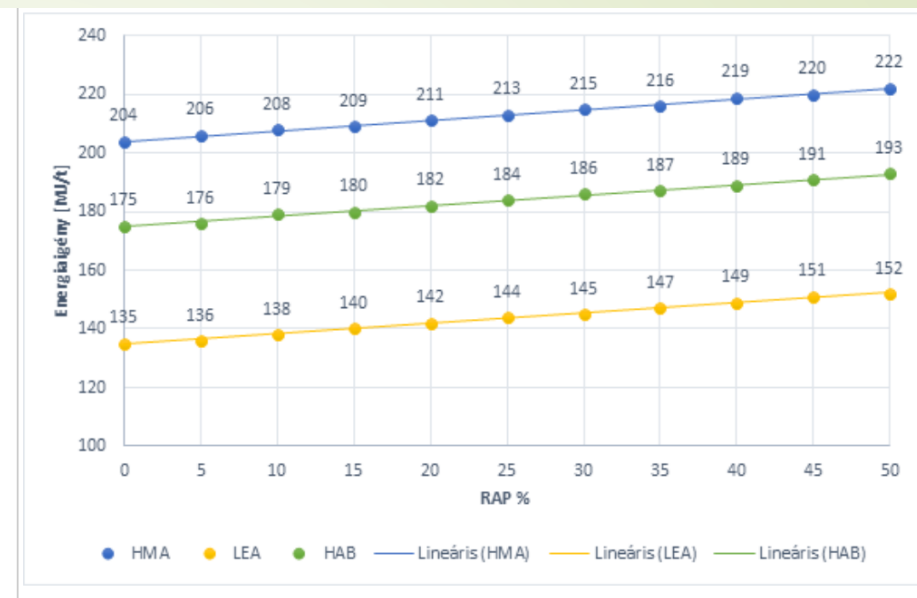
WMA részaránya a teljes gyártásból [%]



# Energiatöbblet mart aszfalt adagolása esetén

Mart aszfalt használata különböző aszfaltgyártási eljárásokban:

A grafikonról leolvasható, hogy a 10%-os RAP tartalom esetében 3-4 MJ energiátöbblet szükséges. Ez LEA esetén 2,3%-os, habosított keverék esetén 2,2%-os, HMA keveréknél pedig 2% energianövekedést jelent, ami a rendszer egésze mellett eltörpül, így kijelenthető, hogy a mart aszfalt alkalmazása nem jelent számottevő energiaigényt. Ezzel nem csak az egyébként jó minőségű visszanyert anyag felhasználását oldhatjuk meg. A mart aszfalt felhasználás energiaigényének költségei a nyersanyagok csökkentésének oldalán, többszörösen megtérülnek. A táblázatból pedig az is látható, hogy a mart aszfalt arányának további növelése sem eredményez számottevő energiaszükséglet növekedést. A legnagyobb mértékű emelkedés LEA keveréknél mutatkozik (12,6%), ám ez még mindig 32%-kal alacsonyabb, mint a HMA keverék esetében.



10. ábra

Energiaigény változása RAP %-ának növelésével

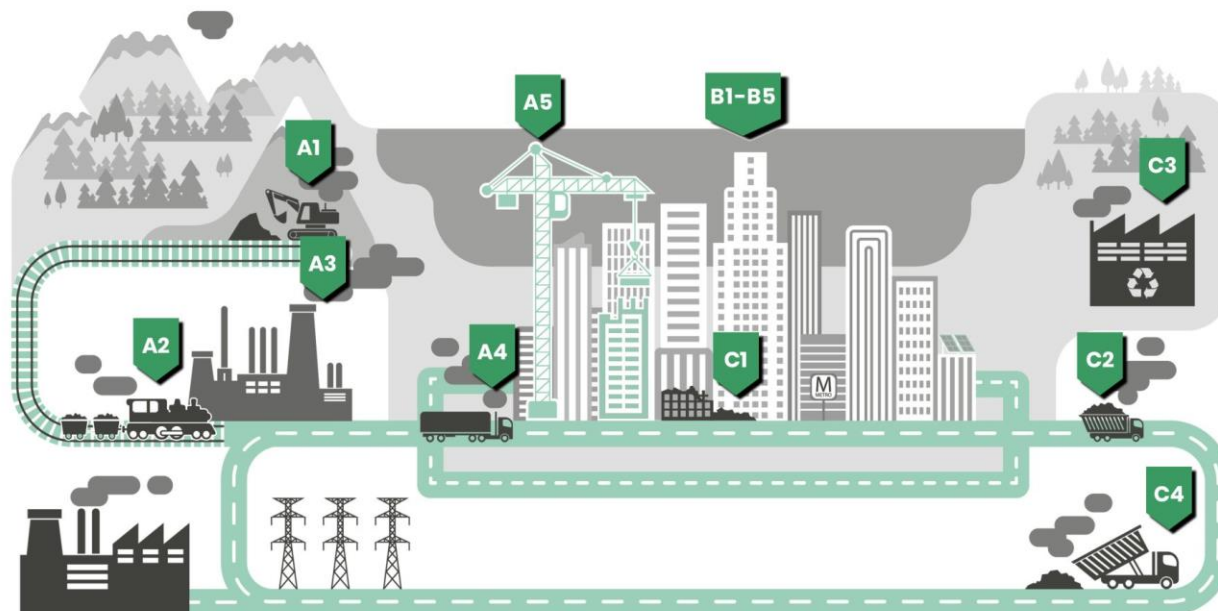
		ENERGIAIGÉNY NÖVEKEDÉSE [%]									
		RAP%									
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
HMA	160°C	- 1,0	2,0	2,5	3,4	4,4	5,4	5,9	7,4	7,8	8,8
LEA	95°C	- 0,7	2,2	3,7	5,2	6,7	7,4	8,9	10,4	11,9	12,6
HAB	130°C	- 0,6	2,3	2,9	4,0	5,1	6,3	6,9	8,0	9,1	10,3

# KARBONLÁBNYOM SZÁMÍTÁS

1. ALAPANYAGOK (BITUMEN, ZÚZOTTKŐ, STB.) ELŐÁLLÍTÁSÁHOZ SZÜKSÉGES ENERGIA FELHASZNÁLÁS ÉS AZ ELŐÁLLÍTÁS CO<sub>2</sub> KIBOCSÁTÁSA
2. AZ ALAPANYAGOK GYÁRTÓMŰBE SZÁLLÍTÁSÁHOZ SZÜKSÉGES ENERGIAFELHASZNÁLÁS ÉS A SZÁLLÍTÁS CO<sub>2</sub> KIBOCSÁTÁSA
3. KEVERÉKEK GYÁRTÁSÁHOZ SZÜKSÉGES ENERGIAFELHASZNÁLÁS ÉS A GYÁRTÁS CO<sub>2</sub> KIBOCSÁTÁSA
4. SZERKEZETI RÉTEGEK ÉPÍTÉSÉHEZ SZÜKSÉGES ENERGIAFELHASZNÁLÁS ÉS AZ ÉPÍTÉS CO<sub>2</sub> KIBOCSÁTÁSA



## Sources of embodied carbon across the construction lifecycle



### A1 - A3 Product stage

- A1 Raw material extraction
- A2 Transport to manufacturing site
- A3 Manufacturing

### A4 - A5 Construction stage

- A4 Transport to construction site
- A5 Installation / Assembly

### B1-B5 Use stage

- B1 Use
- B2 Maintenance
- B3 Repair
- B4 Replacement
- B5 Refurbishment

### C1 - C4 End of life stage

- C1 Deconstruction & demolition
- C2 Transport
- C3 Waste processing
- C4 Disposal



# EPD - ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION

A *Körforgásos Gazdaság és Életciklus elemzés (LCA)* alapján optimális környezeti összhatású, tehát a lehető legkisebb környezetterhelést okozó megoldásokat keressük.

Az LCA számításokat segíti az ISO 14025:2006 alapján, a gyártó által kiadott

- *függetlenül ellenőrzött*
- *önkéntes* nyilatkozat, amely
- a termék életciklusának környezeti hatásairól átlátható és összehasonlítható információkat adó nyilatkozat. Ez az **EPD**.

## EPD alkalmazhatósága:

- Zöld közbeszerzések
- Környezeti menedzsment rendszerek
- Zöld hitelek



## EPD CÉLJA ÉPÍTŐIPARI TERMÉKEKNÉL:

- Követelményeknek való megfelelés igazolása
- Green building tanúsítvány
- Alacsonyabb szén-dioxid kibocsátású termék preferálása
- Piaci megkülönböztetés a „hagyományos” technológiáktól, anyagoktól
- Szén-dioxid kibocsátás csökkentésével járó költségcsökkentés
- Jövőben gondolkodó termékfejlesztés

Beton burkolat CO <sub>2</sub> kibocsátása [kg/t]:		
Cement:	806 kg/t × 0,15	121
Zúzottkő:	1,4 kg/t × 0,5	0,7
Homok:	0,7 kg/t × 0,35	0,2
Élőállítás:	3 kg/t	3
Szállítás:	1,1 kg/jármű km × 3 km / 15 t	0,2
Burkolás (+acél):	4,2 kg/t	4,20
Kötés:	0,3 kg/t	0,3
<b>ÖSSZESEN:</b>		<b>129,6</b>

2. táblázat

Betonburkolatok CO<sub>2</sub> kibocsátása beépítés esetén

Aszfaltburkolat CO <sub>2</sub> kibocsátása [kg/t]		
Zúzottkő:	1,4 kg CO <sub>2</sub> /t × 0,95	1,33
Bitumen:	173 kg/t × 0,05	8,65
Előállítás:	13,4 kg/t	13,40
Szállítás:	1,1 kg/jármű km × 15 km / 20 t	0,80
Burkolás:	0,2 kg/t	0,20
Tömörítés:	0,3 kg/t	0,30
<b>ÖSSZESEN:</b>		<b>24,68</b>

2. táblázat

Aszfaltburkolatok CO<sub>2</sub> kibocsátása beépítés esetén

# Aszfalt kontra Beton



# Elfeledett technológiák – felületi bevonatok- hosszabb élettartam a teljes életciklus alatt

## EMULZIÓS TECHNOLÓGIÁK - FELÜLETI BEVONATOK

Legalább egy réteg kötőanyagból és legalább egy réteg zúzott kőanyagból áll



Bevonatra vonatkozó követelményeket az EN szabvány rögzíti  
Európai szabvány → nemzeti alkalmazási dokumentum - e-UT 06.03.61 készült 2012-ben

### Fajtái:

- Egyrétegű\*
- Egyrétegű, kettős zúzalékolású\*
- Kétrétegű \*
- Kétrétegű inverz \*
- Szendvics \*
- Feszültségelnyelő membrán

### Kötőanyag:

- bitumenemulzió 1,0-1,8 kg/m<sup>2</sup>
- hígított bitumen
- modifikált bitumen 2-4 kg/m<sup>2</sup>

**Meglévő burkolat:** profilhelyes, megfelelő teherbírású legyen

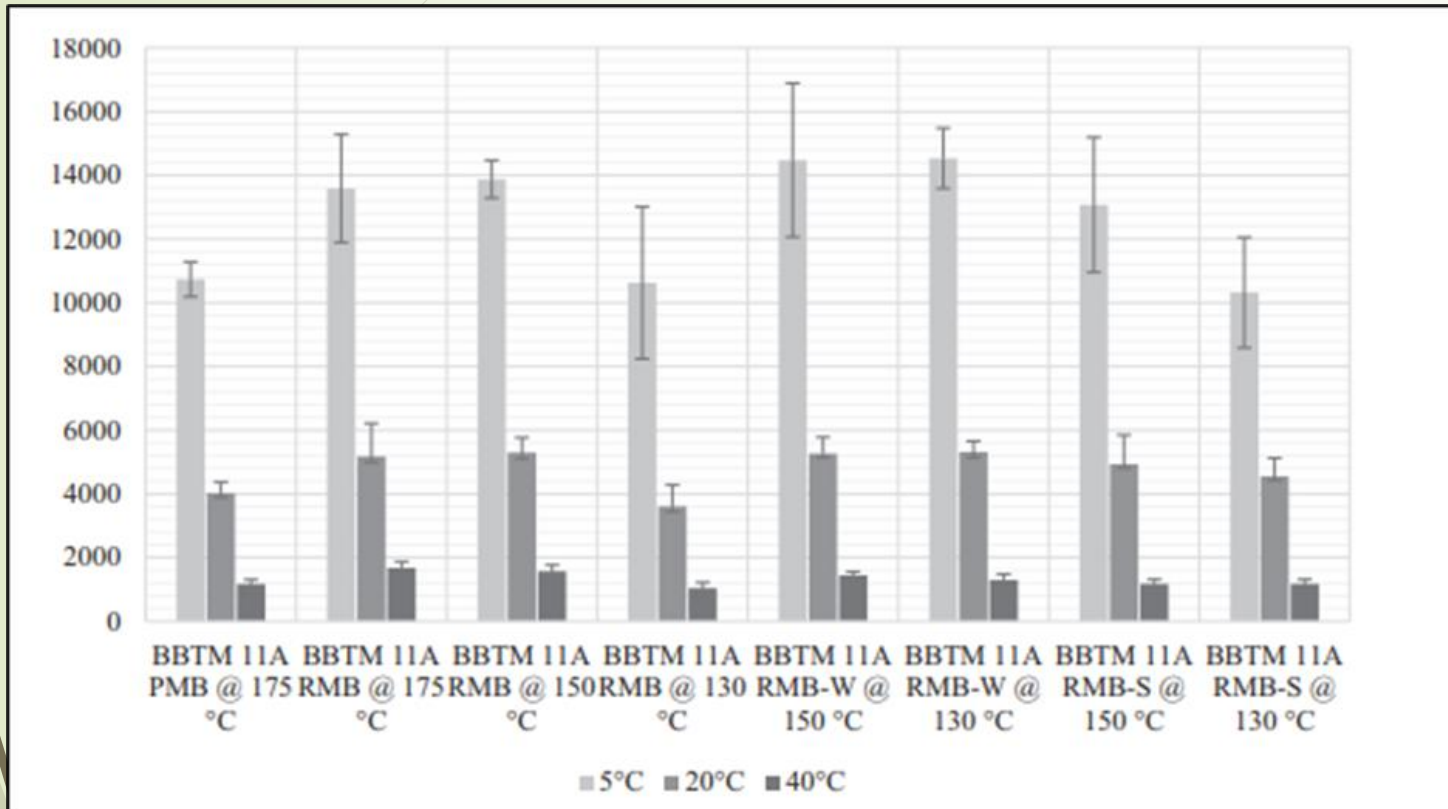


COLAS

# És végül egy kis gumibitumen: WMA-GMB keverék házasság☺

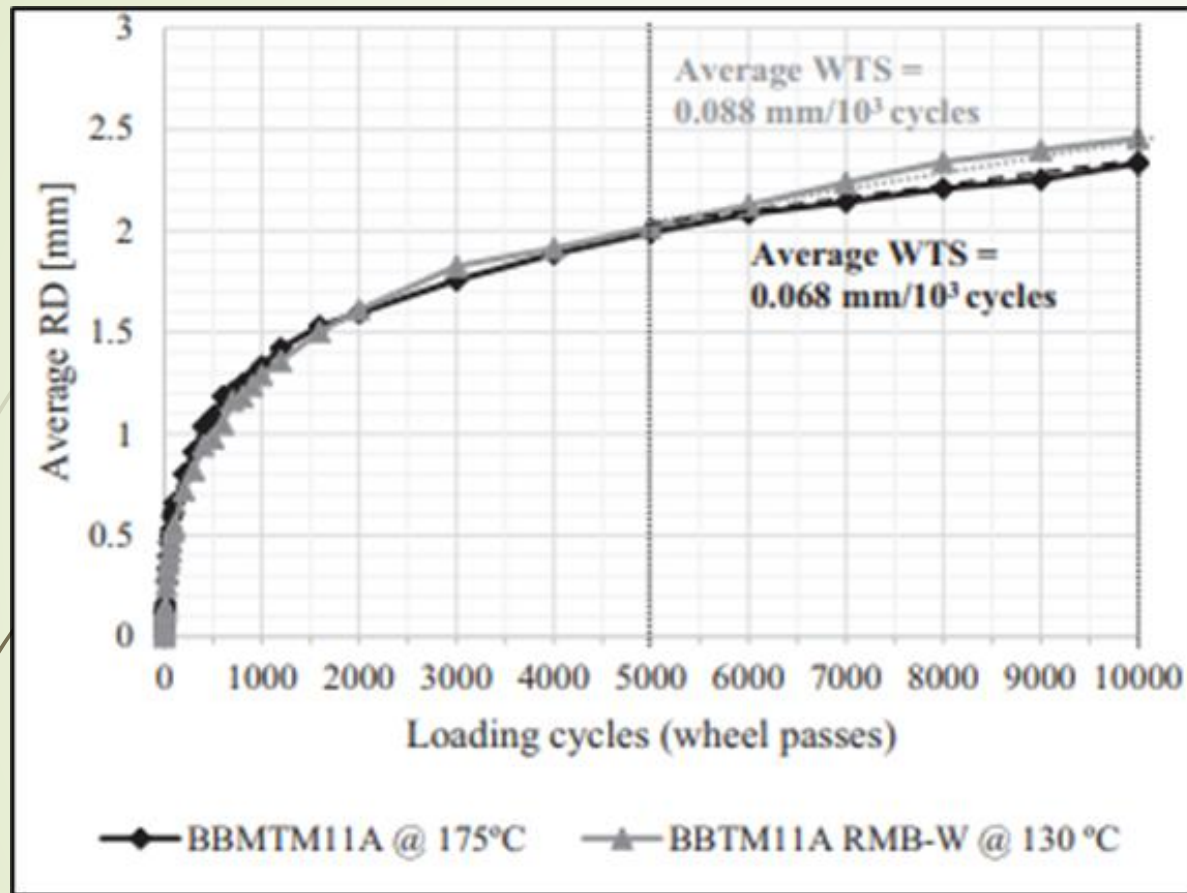
- ▶ A nemzetközi, főképpen tengerentúli kutatások azt bizonyították, hogy további szerves vagy kémiai adalékanyag hozzáadásával létre lehet hozni az eredeti gumibitumenes aszfaltkeverék mechanikai tulajdonságait teljesítő keveréket WMA aszfaltként is.
- ▶ Spanyol vizsgálat: Négy keverék, egy kontroll PmB-s keverék és 3 gumibitumenes keverék (1 normál gumibitumenes és 2 adalékanyaggal módosított WMA keverék) került összehasonlításra.
- ▶ A kontroll keverék PMB 45/80-65 bitumennel készült, a gumibitumenes alapkeverékhez pedig 70/100-as, magas penetrációjú bitument használt 20 tömegszázalék gumiőrlemény mellett. Két fajta WMA adalékanyagot használtak, a paraffinos (W) (Sasobit®) szerves anyagot és a felület aktiváló kémiai adalékanyagot (S) (Zycotherm®).
- ▶ A vizsgálatok elvégzéséhez a spanyol kutatók a vékony kopóréteg beépítéséhez használt **BBTM 11A** jelű keveréket választották, különböző **PMB (polimeres), RMB (gumibitumenes), RBM-W (gumibitumenes viaszos 3% viasszal), RBM-S (gumibitumenes kémiai+0,05% kémiai adalékkal)** bitumenek alkalmazása mellett. A PMB-s keverék csak 175 C°-on készült, az RMB keverék 175, 150 és 130 C°-on, az RBM-W és RBM-S keverékek pedig 150 és 130 C° -on készültek.

# A BBTM 11A keverékek merevségi (MPa) eredményei különböző vizsgálati hőfokokon



Az EN 12697-26 szabvány szerint végzett merevség vizsgálati értékek előnyösebbek voltak az RMB-S kémia adalékanyagos WMA keverék kivételével minden vizsgálati hőfokon a hagyományos 175 C° -on készült PMB-s keverékek merevségi eredményeinél. A legjobb eredményeket meglepő módon – és igazából 150 és 130 C°-os gyártási hőmérséklettől függetlenül – a paraffinos adalékanyaggal készült RMB-W keverék értékei adták.

# Keréknyomképződési vizsgálat eredményei



A keréknyomképződési vizsgálatok szintén biztatóak voltak az RMB-W keverék szempontjából, hiszen a 130 C° - on gyártott keverék fajlagos nyommélysége megegyezett a PMB-kontroll 175 C°-on gyártott keverék eredményével és az alakváltozási görbéje is hasonló volt a két keveréktípusnak





Köszönöm a  
megtisztelő figyelmet!