

# ODABIR NOSIVIH I ZAVRŠNIH SLOJEVA ASFALTOG KOLNIKA

Luka Krnić, dipl.ing.



Seminar  
ASFALTNI KOLNICI  
Zagreb, 06.-07. veljače 2014.



# POJMOVI

---

## ▶ PROJEKT ASFALTOG KOLNIKA

- Sastavni dio građevinskog projekta – projekta kolničke konstrukcije
- *Mora dokazati da će građevina (asfaltni kolnik) tijekom građenja i projektiranog uporabnog vijeka ispunjavati bitne zahtjeve mehaničke otpornosti i stabilnosti, sigurnosti u korištenju i zaštite od buke*
- *Projektirani uporabni vijek – 20 godina*

# POJMOVI

---

- ▶ DIMENZIONIRANJE ASFALTNOG KOLNIKA
  - Određivanje ukupne debljine i sastava slojeva asfaltnog kolnika
    - Utjecaj prometnog opterećenja na zamor materijala
    - Nosivost ostalih slojeva kolničke konstrukcije
    - Hidrološke i klimatske okolnosti

# DIMENZIONIRANJE

---

**AASHTO metoda** (*American Association of State Highway Transportation Officials*) dopunjena provjerama mjerodavnih naprezanja i deformacija na dodirnim površinama pojedinih slojeva asfaltnog kolnika

- ▶ projektno razdoblje
- ▶ vozna sposobnost površine kolnika na kraju projektog razdoblja
- ▶ klimatski i hidrološki uvjeti
- ▶ materijal donjih nosivih slojeva
- ▶ prometno opterećenje
- ▶ vrsta i kvaliteta materijala primijenjenih u konstrukciji

# DIMENZIONIRANJE

---

## ▶ PROJEKTNO RAZDOBLJE

- minimalno 20 godina ako projektom nije određeno drugačije ali ne kraće od 10 godina

## ▶ VOZNA SPOSOBNOST POVRŠINE KOLNIKA

- *Indeks vozne sposobnosti* –  $pk$ 
  - $pk = 5$  – novi i idealno ravni kolnik
  - $pk = 0$  – potpuno uništeni kolnik

Minimalna vrijednost  $pk$  pri kraju projektnog perioda 2,5 za AC i DC i 2,0 za županijske i lokalne ceste

# DIMENZIONIRANJE

## ▶ PROMETNO OPTEREĆENJE

- Broj komercijalnih vozila (ukupna masa vozila  $\geq 3500$  kg) koja tijekom 24 sata prijeđu promatranim presjekom prometnice
- Ukupan broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja od 80 kN u projektiranom periodu od n godina –  $T_n$
- Šest grupa prometnog opterećenja

Grupa prometnog opterećenja	Broj prijelaza komercijalnih vozila [vozila/dan]	Broj prijelaza osovinskog opterećenja od 80 kN na 20 godina – $T_n$
Vrlo lako	<30	do $2 \times 10^5$
Lako	30–80	od $2 \times 10^5$ do $6 \times 10^5$
Srednje	80–300	od $6 \times 10^5$ do $2 \times 10^6$
Teško	300–800	od $2 \times 10^6$ do $6 \times 10^6$
Vrlo teško	800–3000	od $6 \times 10^6$ do $2 \times 10^7$
Izuzetno teško	>3000	iznad $2 \times 10^7$

# DIMENZIONIRANJE

---

Asfaltni slojevi po svom položaju i funkciji u asfaltnom kolniku mogu biti:

- Habajući
- Vezni
- Nosivi
- Nosivo–habajući
- zaštitni

# ASFALJNI SLOJEVI

---

- ▶ Bitumenske mješavine za nosive slojeve
  - Asfaltbeton (eng. *Asphalt Concrete*)- *AC base*
- ▶ Bitumenske mješavine za vezne slojeve
  - Asfaltbeton (eng. *Asphalt Concrete*)- *AC bin*
  - Porozni asfalt (eng. *Porous Asphalt*) - *PA*
- ▶ Bitumenske mješavine za nosivo-habajuće slojeve
  - Asfaltbeton (eng. *Asphalt Concrete*)- *AC surf*
  - Asfaltbeton (eng. *Asphalt Concrete*)- *AC base*

# ASFALJNI SLOJEVI

---

- ▶ Bitumenske mješavine za habajuće slojeve
  - Asfaltbeton (eng. *Asphalt Concrete*) – *AC surf*
  - Asfaltbeton za vrlo tanke slojeve (fran. *Beton Bitumineux Tres Mince*) – **BBTM**
  - Splitmastiksasfalt (eng. *Stone mastix asphalt*) – **SMA**
  - Lijevani asfalt (eng. *Mastic Asphalt*) – *MA*
  - Porozni asfalt (eng. *Porous Asphalt*) – *PA*
- ▶ Površinske obrade – *PO*
- ▶ Tankoslojne asfaltne prevlake izrađene hladnim postupkom ( eng. *Slurry surfacing*) – *SS*

# OZNAČAVANJE

Oblik oznake bitumenske mješavine prema HRN EN 13108-1,5,7			Nacionalni dio oznake	
AC/BBTM/SMA/MA/PA	<i>D</i>	bitumen	<i>agregat</i>	<i>mješavina</i>

AC (surf/bin/base)/BBTM/SMA/MA/PA – oznaka za *tip bitumenske mješavine*

*D* – najveće zrno agregata u bitumenskoj mješavini (mm)

bitumen – oznaka vrste i tipa upotrijebljenog bitumena

agregat – oznaka smjese upotrijebljenog agregata (*AG1* do *AG9*)

mješavina – oznaka tipa bitumenske mješavine s obzirom na fizikalno-mehanička svojstva

# SASTAVNI MATERIJALI

---



# SASTAVNI MATERIJALI

---

## ▶ **BITUMEN**

- *Cestograđevni bitumen*
- *Tvrđi cestograđevni bitumen*
- *Polimerom modificirani bitumen*
- *Razrijeđeni i omekšani bitumen*

## ▶ **AGREGAT**

- *Prirodni agregat*
- *Industrijski agregat*
- *Reciklirani agregat*

## ▶ **DODACI**

# CESTOGRAĐEVNI BITUMEN

HRN EN 12591						
Tehničko svojstvo	Tip					
	20/30	35/50	50/70	70/100	160/220	
Penetracija na 25°C (Pen), 0,1 mm	20 - 30	35 - 50	50 - 70	70 - 100	160 - 220	
Točka razmekšanja (PK), °C	55 - 63	52 - 60	46 - 54	43 - 51	35 - 43	
Točka loma po Fraassu, °C	-	≤ -5	≤ -8	≤ -10	≤ -15	
Indeks penetracije	- 1,5 do +0,7					
<b>Otpornost na otvrdnjavanje pri 163 °C (HRN EN 12607-1)</b>						
Promjena mase, %(m/m)	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,8	≤ 1,0	
Zadržana penetracija, %	≥ 55	≥ 53	≥ 50	≥ 46	≥ 37	
Porast točke razmekšanja (PK), °C	≤ 10	≤ 11	≤ 11	≤ 11	≤ 12	

# POLIMEROM MODIFICIRANI BITUMEN

HRN EN 14023					
Tehničko svojstvo		Tip			
		10/40-65 E/P	25/55-55 E/P	45/80-65 E/P	40/100-65 E
Penetracija na 25°C (Pen),		10 - 40	25 - 55	45 - 80	40 - 100
Točka razmekšanja (PK), °C		≥ 65	≥ 55	≥ 65	≥ 65
Točka loma po Fraassu, °C		≤ -5	≤ -10	≤ -18	≤ -18
Elastični povrat na 25 °C, %		≥ 50/NR	≥ 50/NR	≥ 80/NR	≥ 80/NR
Stabilnost pri skladištenju	Δ PK, °C	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
	Δ Pen,	NR	NR	NR	NR
<b>Otpornost na otvrdnjavanje (HRN EN 12607-1)</b>					
Promjena mase, %(m/m)		≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,3
Zadržana penetracija, %		≥ 60	≥ 60	≥ 60	≥ 60
Porast točke razmekšanja, °C		≤ 8	≤ 8	≤ 8	≤ 8
Pad točke razmekšanja, °C		≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Elastični povrat na 25 °C, %		≥ 50/NR	≥ 50/NR	≥ 70/NR	≥ 70/NR

# AGREGAT – Habajući slojevi

	Tehnička svojstva	Primjenske kategorije smjese agregata				
		AG1	AG2	AG3	AG4	AG5
Krupni agregat 2/4, 4/8, 8/11, 11/16	Granulometrijski sastav (nadzrnje i podzrnje)	$G_{C90/15}$ $G_{C90/10}$				
	Najveći dopušteni razred otpornost na predrobljavanje metodom «Los Angeles»	$LA_{20}$			$LA_{30}$	
	Najmanji dopušteni razred otpornosti agregata na polirnost	$PSV_{50}$			$PSV_{Dekl.30}^{NR}$	$PSV_{Dekl30}$
	Najveći dopušteni razred otpornosti na smrzavanje-odmrzavanje ili magnezijev sulfat	$F_1$ ili $MS_{18}$				
	Prionjivost bitumenskog veziva	$\geq 80 \% (6h)$				
Sitni agregat 0/2 (drobljeni)	Granulometrijski sastav	$G_{F85}, G_{TC10}$				
	Porijeklo	$PSV_{50}$	$PSV_{ekl.30}^{NR(c)}$			
Miješani agregat 0/4 (drobljeni)	Granulometrijski sastav	$G_A90$				
		$G_{TC10}$			$G_{TCNR}$	
	Porijeklo	$PSV_{Dekl.30}$		$PSV_{Dekl.30}^{NR}$	$PSV_{Dekl.30}$	

# AGREGAT – Nosivi i vezni slojevi

	Tehnička svojstva	Primjenske kategorije smjese agregata		
		AG6	AG7	AG8
Krupni agregat 4/8, 8/16, 16/22, 22/32 , 16/32	Granulometrijski sastav (nadzrnje i podzrnje)	$G_C 90/15$		$G_C 90/20$
	Najveći dopušteni razred otpornost na predrobljavanje metodom «Los Angeles»	$LA_{30}$		
	Najveći dopušteni razred indeksa oblika	$SI_{20}$		$SI_{25}$
	Najveći dopušteni razred upijanja vode za ocjenu otpornosti na smrzavanje i odmrzavanje	$WA_{241}$		$WA_{242}$
	Najveći dopušteni razred otpornosti na smrzavanje-odmrzavanje ili magnezijev sulfat	$F_1$ ili $MS_{18}$		
	Prionjivost bitumenskog veziva	$\geq 70 \% (6h)$		
Miješani agregat 0/4 (drobljeni)	Granulometrijski sastav	$G_A 90, G_{TC} 10$		
	Najveći dopušteni razred udjela sitnih čestica	$f_{10}$		
	Najveći dopušteni razred kvalitete sitnih čestica	$MB_F 10$		

# SASTAV I SVOJSTVA

---



# NOSIVI SLOJ – sastav

<b>Asfaltbeton za nosive slojeve (base) HRN EN 13108-1 (empirijski pristup)</b>		<b>M1-E</b>	<b>M2-E</b>
		<b>AC 16 base AC 22 base AC 32 base</b>	
<b>Sastavni materijali</b>	<b>Oznaka agregata</b>	<b>AG6</b>	<b>AG6 do AG 9</b>
	<b>Cestograđevni bitumen</b>	<b>35/50 50/70</b>	<b>50/70 70/100 160/220</b>
	<b>Polimerom modificirani bitumen</b>	<b>25/55-55 10/40-65 45/80-65 45/80-60</b>	
	<b>Reciklažni asfaltni agregat</b>	<b>DA</b>	

# NOSIVI SLOJ – svojstva

Udio šupljina, V, %	$V_{\min 5}$	
	$V_{\max 8}$	
Ispuna šupljina bitumenom, VFB, (%)	$VFB_{\min NR}$	$VFB_{\min 55}$
	$VFB_{\max NR}$	$VFB_{\max 80}$
Najmanji omjer indirektna vlačne čvrstoće, ITSR, (%)	$ITSR_{70}$	$ITSR_{NR}$
Najveća brzina deformacije, $WTS_{AIR}$ (mm/10 <sup>3</sup> ciklusa)	$WTS_{AIR 0,07}^{(d)}$	$WTS_{AIR NR}$
Najveća relativna dubina kolotruga, $PRD_{AIR}$ (%)	$PRD_{AIR 7,0}$	$PRD_{AIR NR}$
Najmanji udio šupljina u agregatu, $VMA_{\min}$ , %	$VMA_{\min NR}$	

# VEZNI SLOJ – sastav

<b>Asfaltbeton za vezne slojeve (bin) HRN EN 13108-1 (empirijski pristup)</b>		<b>M1-E</b>	<b>M2-E</b>
		<b>AC 16 bin AC 22 bin</b>	<b>AC 11 bin AC 16 bin AC 22 bin</b>
<b>Sastavni materijali</b>	<b>Oznaka agregata</b>	<b>AG6</b>	
	<b>Cestograđevni bitumen</b>	<b>35/50 50/70</b>	<b>35/50 50/70</b>
	<b>Polimerom modificirani bitumen</b>	<b>25/55-55 10/40-65 45/80-65 45/80-60</b>	<b>25/55-55 45/80-65</b>
	<b>Reciklažni asfaltni agregat</b>	<b>DA</b>	

# VEZNI SLOJ – svojstva

Udio šupljina, $V$ , %	$V_{\min 4}$	$V_{\min 4}$
	$V_{\max 7}$	$V_{\max 7}$
Ispuna šupljina bitumenom, $VFB$ , (%)	$VFB_{\min NR}$	$VFB_{\min 55}$
	$VFB_{\max NR}$	$VFB_{\max 80}$
Najmanji omjer indirektna vlačne čvrstoće, $ITSR$ , (%)	$ITSR_{80}$	$ITSR_{80}$
Najveća brzina deformacije, $WTS_{AIR}$ (mm/10 <sup>3</sup> ciklusa)	$WTS_{AIR 0,05}$	$WTS_{AIR 0,07}$
Najveća relativna dubina kolotruga, $PRD_{AIR}$ (%)	$PRD_{AIR 5,0}$	$PRD_{AIR 7,0}$
Najmanji udio šupljina u agregatu, $VMA_{\min}$ , %	$VMA_{\min NR}$	

# HABAJUĆI SLOJ – sastav

<b>Asfaltbeton za habajuće slojeve (surf) HRN EN 13108-1 (empirijski pristup)</b>		<b>M1-E</b>	<b>M2-E</b>	<b>M3-E</b>	<b>M4-E</b>
		<b>AC 11</b>	<b>AC 8 AC 11</b>	<b>AC 8 AC 11</b>	<b>AC 4 AC 8 AC 11 AC 16</b>
<b>Sastavni materijali</b>	<b>Oznaka agregata</b>	<b>AG1 do AG 2</b>		<b>AG1 do AG4</b>	<b>AG1 do AG 5, AG 9</b>
	<b>Cestograđevni bitumen</b>	-	<b>35/50 50/70</b>	<b>50/70 70/100</b>	<b>50/70 70/100 160/220</b>
	<b>Polimerom modificirani bitumen</b>	<b>25/55-55 45/80-65 45/80-60</b>	<b>25/55-55 45/80-65 45/80-60</b>	<b>25/55-55 45/80-65 45/80-60</b>	
	<b>Reciklažni asfaltni agregat</b>	<b>NE</b>	<b>DA</b>		

# HABAJUĆI SLOJ – svojstva

	<b>M1-E</b>	<b>M2-E</b>	<b>M3-E</b>	<b>M4-E</b>
Udio šupljina, V %	$V_{\min 3,5}$	$V_{\min 3,5}$	$V_{\min 3}$	$V_{\min 2,5}$
	$V_{\max 6}$	$V_{\max 6}$	$V_{\max 6}$	$V_{\max 5,5}$
Ispuna šupljina bitumenom, VFB (%)	$VFB_{\min NR}$	$VFB_{\min NR}$	$VFB_{\min 65}$	$VFB_{\min 70}$
	$VFB_{\max NR}$	$VFB_{\max NR}$	$VFB_{\max 83}$	$VFB_{\max 86}$
Najmanji omjer indirektno vlačne čvrstoće, ITSR (%)	$ITSR_{80}$	$ITSR_{80}$	$ITSR_{80}$	$ITSR_{70}$
Najveća brzina deformacije, $WTS_{AIR}$ , (mm/10 <sup>3</sup> ciklusa)	$WTS_{AIR 0,07}$	$WTS_{AIR 0,07}^{(d)}$	$WTS_{AIR NR}$	
Najveća relativna dubina kolotraga, $PRD_{AIR}$ (%)	$PRD_{AIR 7,0}$	$PRD_{AIR 7,0}$	$PRD_{AIR NR}$	
Najmanji udio šupljina u agregatu, $VMA_{\min}$ , %	$VMA_{\min NR}$			

# HABAJUĆI SLOJ – sastav

SMA HRN EN 13108-5		M1	M2	M3
		SMA 8 SMA 11 SMA 16	SMA 4 SMA 8 SMA 11 SMA 16	SMA 8 SMA 11 SMA 16
Sastavni materijali	Oznaka agregata	AG1	AG1 do AG2	AG4
	Cestograđevni bitumen	-	50/70 35/50	
	Polimerom modificirani bitumen		25/55-55 45/80-65 45/80-55	
	Reciklažni asfaltni granulat		NE	

# HABAJUĆI SLOJ – svojstva

SMA HRN EN 13108-5		Tipovi bitumenskih mješavina SMA		
		M1	M2	M3
		SMA 8 SMA 11 SMA 16	SMA 4 SMA 8 SMA 11 SMA 16	SMA 4 SMA 8 SMA 11
Volumetrijska Svojstva HRN EN 13108-20 točka D2	Udio šupljina, $V$ (%) (V/V)	$V_{\min 3,0}$	$V_{\min 3,0}$	$V_{\min 4,0}$
		$V_{\max 6,0}$	$V_{\max 6,0}$	$V_{\max 7,0}$
	Ispuna šupljina bitumenom, $VFB$ (%)	$VFB_{\min NR}$	$VFB_{\min NR}$	$VFB_{\min 71}$
		$VFB_{\max NR}$	$VFB_{\max NR}$	$VFB_{\max 80}$
Osjetljivost na vodu HRN EN 13108-20, točka D3	Najmanji omjer indirektno vlačne čvrstoće, $ITSR$ (%)	$ITSR_{80}$	$ITSR_{70}$	$ITSR_{NR}$
Otjecanje veziva HRN EN 13108-20	Najveći razred ocjeđivanja veziva	$D_{0,3}$	$D_{0,3}$	$D_{0,6}$
Otpornost na trajne deformacije HRN EN 13108-20	Najveća brzina deformacije, $WTS_{AIR}$ , mm/10 <sup>3</sup> ciklusa	$WTS_{AIR 0,05}$	$WTS_{AIR 0,07}$	$WTS_{AIR NR}$
	Najveća relativna dubina kolotraga, $PRD_{AIR}$ (%)	$PRD_{AIR 5,0}$	$PRD_{AIR 5,0}$	$PRD_{AIR NR}$

# HABAJUĆI SLOJ - sastav

		<i>M1</i>	<i>M2</i>
		<b>Porozni asfalt, PA HRN EN 13108-7</b>	
<b>Sastavni materijali</b>	<b>Oznaka agregata</b>	<b>AG1</b>	<b>AG2, AG3,AG4</b>
	<b>Cestograđevni bitumen</b>	-	<b>50/70</b>
	<b>Polimerom modificirani bitumen</b>	40/100-65 45/80-55 45/80-65	
	<b>Reciklažni asfaltni agregat</b>	<b>NE</b>	

# HABAJUĆI SLOJ - sastav

		<i>M1</i>	<i>M2</i>
<b>Lijevani asfalt, MA</b> <b>HRN EN 13108-6</b>		<b>MA 8</b> <b>MA 11</b>	<b>MA 4</b> <b>MA 8</b> <b>MA 11</b>
<b>Sastavni materijali</b>	<b>Oznaka agregata</b>	<b>AG1 do AG 4</b>	<b>AG1 do AG5</b>
	<b>Cestograđevni bitumen</b>	<b>20/30</b> <b>35/50</b>	
	<b>Polimerom modificirani bitumen</b>	<b>25/55-55</b> <b>10/40-65</b>	-
	<b>Reciklažni asfaltni agregat</b>	<b>NE</b>	

# KRITERIJI ZA ODABIR

---

- ▶ *Prometno opterećenje*
  - *6 grupa prometnog opterećenja – broj prijelaza osovinskog opterećenja od 80 kn na n godina ( $T_n$ )*
  - *Kategorije reprezentativnih motornih vozila*
    - *Autobusi*
    - *Teretna vozila*
      - *Kombi vozila sa i bez prikolice*
      - *Laka teretna vozila*
      - *Srednje teška teretna vozila*
      - *Teška teretna vozila*
      - *Teška teretna vozila i tegljači s prikolicom i poluprikolicom*
  - *Iskorištenost vozila – faktor ekvivalencije FE*
  - *Geometrijske karakteristike kolnika i trase – širina traka, poprečni i uzdužni nagib*

# KRITERIJI ZA ODABIR

---

- ▶ *Grupa brzine prometa*
  - *Spori promet*
  - *Brzi promet*
  
- ▶ *Klimatske okolnosti*
  - *Mediterranska klima*
  - *Kontinentalna klima (blaga i oštra)*

# ODABIR

Grupa prometnog opterećenja	Oznake tipa bitumenske mješavine i primjenska oznaka agregata						
	Habajući sloj				Vezni sloj		Nosivi sloj
	AC surf	SMA	BBTM	PA	AC bin	PA	AC base
Vrlo lako	M4-E AG1 do AG4	-	M4 AG1 do AG4	M2 AG2 do AG4	-	-	M2-E AG6 do AG8
Lako		-			-		
Srednje	M1-E, M1-F M2-E, M2-F M3-E, M3-F AG1 do AG3	M1, M2 AG1, AG2	M1, M2, M3 AG1 AG2	M1, M2 AG1 do AG4	-	M1 AG1 do AG2	M2-E, M2-F AG6
Teško	M1-E, M1-F M2-E, M2-F AG1, AG2, AG5	M1, M2 AG1 AG2	M1, M2 AG1 AG2	M1, M2 AG1 , AG2	-	M1 AG1 do AG2	M2-E, M2-F AG6
Vrlo teško	M1-E, M1-F AG1 do AG2	M1 AG1	M1, M2 AG1, AG2	M1 AG1, AG2	M1-E, M1-F AG6	M1 AG1, AG2	M1-E, M1-F AG6
Izuzetno teško							

# ODABIR – zaštitni sloj hidroizolacije

Vrsta bitumenske mješavine		Zaštitni sloj hidroizolacije		
		Tip bitumenske mješavine	Bitumen	Agregat
Asfaltbeton (AC)	AC 11 bin	M2-E M2-F	Cestograđevni <sup>(1)</sup> Polimerom modificirani	AG4
	AC 16 bin			AG6
	AC 22 bin <sup>(2)</sup>			
Splitmastiksasfalt (SMA)	SMA 8	M3	Polimerom modificirani	AG4
	SMA 11			
	SMA 16			
Lijevani asfalt (MA)	MA 11	M1	Cestograđevni <sup>(1)</sup> Polimerom modificirani	AG4

<sup>(1)</sup> lako i vrlo lako prometno opterećenje  
<sup>(2)</sup> samo u slučaju izvedbe dvoslojnog ili višeslojnog brtvenog sloja

# DEBLJINE ASFALTNIH SLOJEVA

Veličina najvećeg zrna (mm)	Kontinuirane granulometrijske krivulje (AC)		Diskontinuirane granulometrijske krivulje (SMA, BBTM, PA)		Izravnavajući slojevi (AC)	
	Najmanje (mm)	Najviše (mm)	Najmanje (mm)	Najviše (mm)	Najmanje (mm)	Najviše (mm)
4	16	23	14	19		
8	25	39	20	31	9	39
11,2	32	52	25	41	12	52
16	42	71	33	55	17	71
22,4	56	97			23	97
31,5	76	133				

---

▶ ***HVALA NA PAŽNJI !***