



Hrvatsko asfaltno društvo

# KVALITETA BITUMENA U HRVATSKOJ I NJEN UTJECAJ NA KVALITETU I PONAŠANJE UGRAĐENIH ASFALTNIH SLOJEVA

Maja Sekopet Barić, dipl.kem.ing.

Seminar ASFALTNI KOLNICI 2015  
Opatija, 05. – 06. 03. 2015.

- O bitumenu
- Bitumen u asfaltu
- Tipovi bitumena (analiza bitumena na hrvatskom tržištu)
- Energija kohezije
- SU PER PAVE (analiza bitumena na hrvatskom tržištu)
- Primjer s terena investitorska kontrola, 2014. godina

# O bitumenu

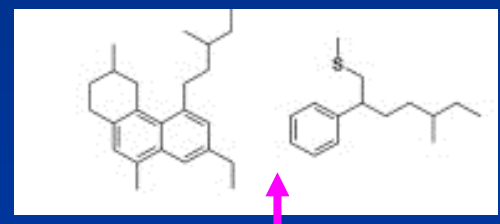
Bitumen - vezivo u asfaltu ( maseni udio 3,5 - 9%)

- Smeđe crn viskoznan fluid, nastaje u rafinerijama destilacijom sirove nafte nakon sekundarnih procesa prerade iz vakuumskog ostatka
- 1300 poznatih tipova sirove nafte, samo 10% pogodno za proizvodnju bitumena (tzv “teške nafte”, niske gustoće prema API, bogate bitumenom)
- Evropa: proizvodnja oko 14 miliona tona bitumena/godina
- aktivno je oko 115 rafinerija u Evropi, 74 proizvode bitumen

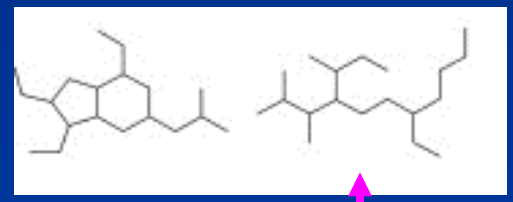
*(Podaci iz [www.eurobitume.en](http://www.eurobitume.en))*



# O bitumenu



**AROMATI**

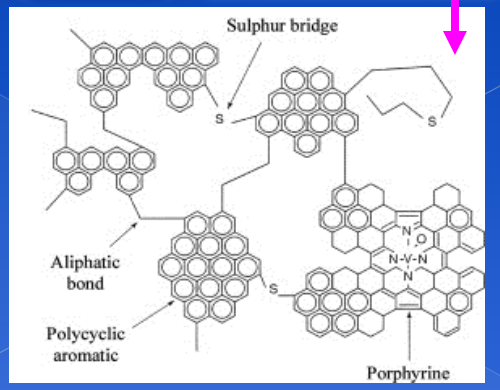
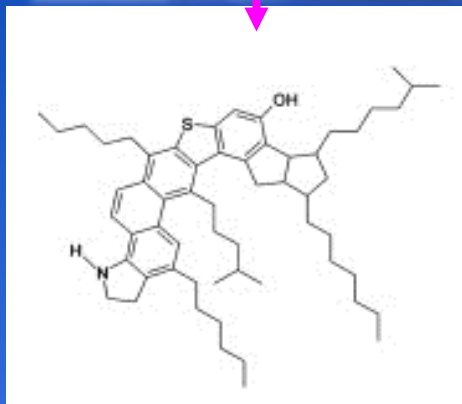


**SATURATI**



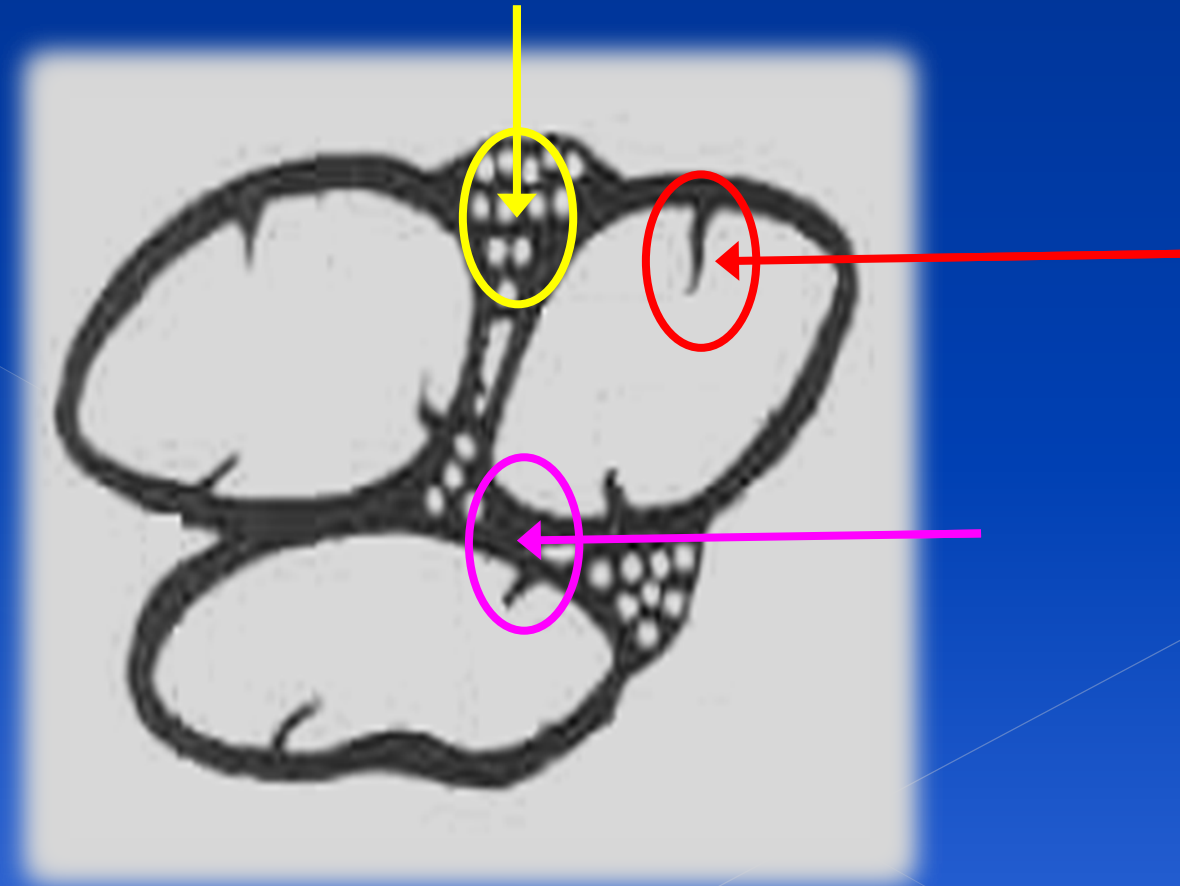
**SMOLE**

**ASFALTENI**



Bitumen u asfaltu prisutan kao:

- adsorbiran u porama zrna kamenog agregata
- slobodan u intergranularnom prostoru kamenog skeleta
- vezan sa česticama kamenog brašna



Bitne karakteristike bitumena:

- **Reološke** - ovisnost ponašanja o temperaturi, opterećenju i vremenu trajanja opterećenja  
*Visoke temperature, dugotrajno opterećenje – bitumen je viskozni fluid*  
*Niske temperature, kratkotrajno opterećenje – bitumen je elastično tijelo*  
*Srednje temperature – bitumen je viskoelastičan materijal (viskozni fluid i elastično tijelo)*
- **Elastičnost** - otpornost modificiranog bitumena na zamor i mogućnost da podnese veća naprezanja bez pojave loma ili deformacije (HRN EN 13398)
- **Kohezija** - mjera kohezivnog ponašanja modificiranog bitumena, procjena sposobnosti veziva da izdrži posmična naprezanja uzorkovana teškim prometnim opterećenje

- **Starenje bitumena** - jedan od glavnih razloga nastanka oštećenja u asfaltu - pojava kada s vremenom bitumen otvrdne

## Četiri osnovna mehanizma starenja bitumena:

1. **Oksidacija** pojedinih komponenti: aromati, smole + kisik asfalteni narušavanje ravnoteže u sastavu bitumena, nedostatak kohezije, povećava se viskoznost
2. **Gubitak lako hlapivih komponenti** – pri visokim temperaturama , neznatno otvrdnjavanje
3. **Fizikalno otvrdnjavanje** pri sobnoj temperaturi, reorijentacija bitumenskih molekula i polagana kristalizacija voskova, interakcija bitumen-agregat utječe na ovaj mehanizam otvrdnjavanja
4. **Migracija uljnih komponenti** iz bitumena u agregat, funkcija kemijskog sastava bitumena te poroznosti agregata

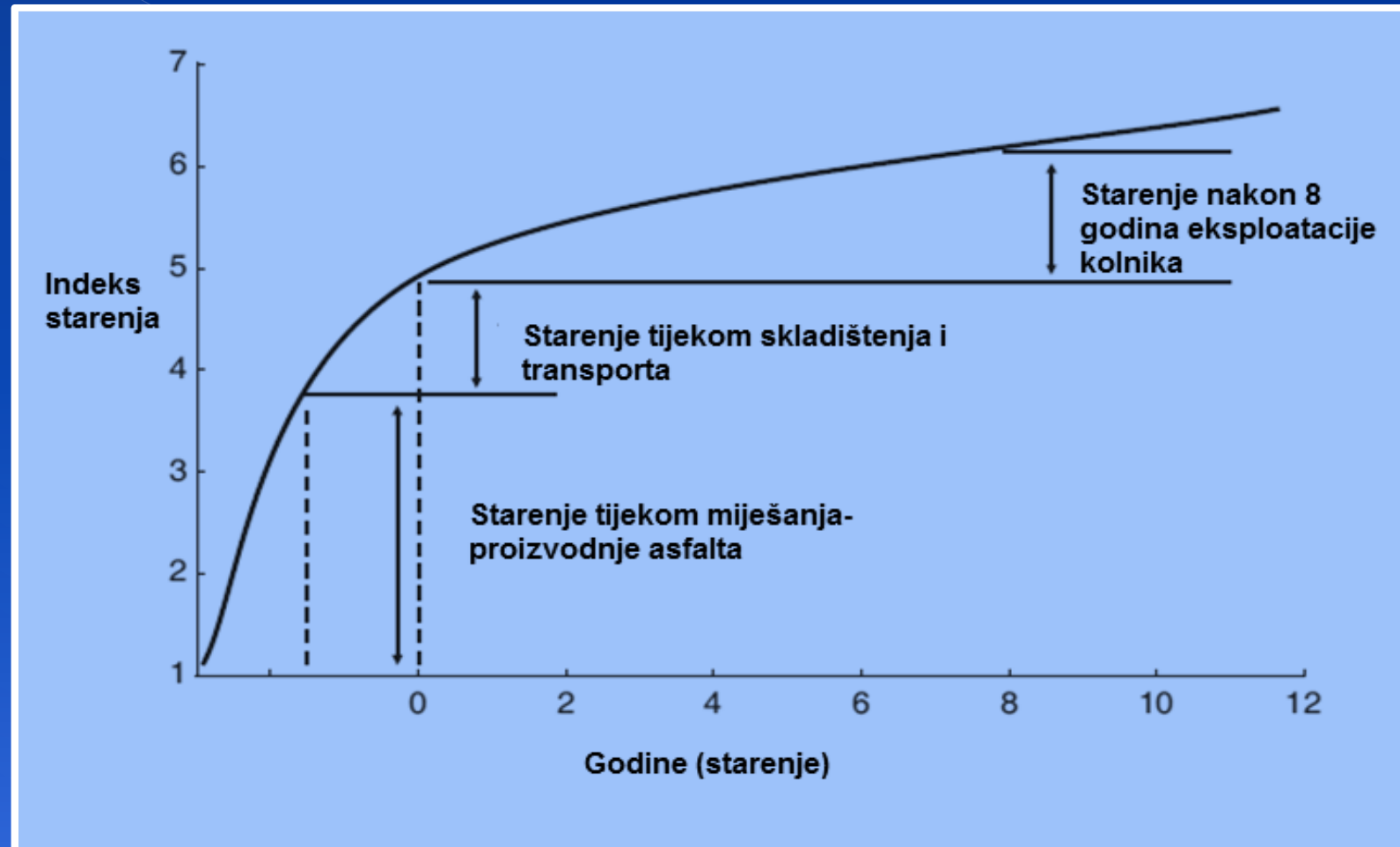
Tri značajne faze starenja bitumena u proizvodnji / ugradnji / upotrebi asfalta:

Faza starenja	Dio proizvodnog procesa	Temperature	Prisutni kemijski procesi	Laboratorijska metoda starenja
<b>1. FAZA</b>	Transport i skladištenje bitumena u cisterni na bazi	<b>150°C do 180°C</b> (u cisternama )	Slaba oksidacija izvornog bitumena	-
<b>2. FAZA</b> <b>kratkoročno starenje</b>	Proizvodnja i ugradnja asfalta	<b>160°C do 180°C</b> (proizvodnja)  <b>130°C do 150°C</b> (ugradnja)	Intenzivna oksidacija i gubitak lako hlapivih komponenata, agregat i punilo obavijeni su tankim filmom bitumena 5-15µm	RTFOT-Rolling thin film oven test (HRN EN 12607-1)
<b>3. FAZA</b> <b>dugoročno starenje</b>	Eksploatacija kolnika	<b>Okolišne temperature</b> (na ugrađenom kolniku)	Dugotrajna oksidacija, steričke promjene i migracija uljnih komponenti, glavni uzrok starenja je udio šupljina u asfaltu, izravan pristup UV zračenja i svježeg zraka na površinu asfalta	PAV-Pressure ageing vessel (HRN EN 14769)



# Bitumen u asfaltu

**AI- indeks starenja** (engl. ageing index)- mjera starenja bitumena - omjer nekog svojstva prije i nakon starenja (penetracija, točka razmekšanja, viskoznost,  $G^*$ , krutost itd.), veći AI - jači stupanj starenja bitumena



## Skladištenje bitumena u asfaltnim bazama

Tip bitumena	50/70	45/80-65
Temperatura u cisterni asfaltne baze <b>Obavezna miješalica !!</b>	<b>150 °C - 175°C</b> <b>NE ISPOD 160°C</b>	<b>160°C – 185°C</b> <b>NE ISPOD 160°C</b>  Pmb u rezervoaru uskladišten dulji period - temperatura se smanjuje na oko <b>130°C</b> i dan prije upotrebe ponovo se zagrijava i homogenizira

# Tipovi bitumena

CEN (*engl. European Comitee for Standardization*), tehnički odbor TC 336 za bitumenska veziva,

HZN (Hrvatsko zavod za norme), tehnički odbor TO 526 za bitumenska veziva

- **Cestograđevni bitumen** (HRN EN 12591)
- **Polimerom modificirani bitumen** (HRN EN 14023)
- Razrijeđeni bitumen( HRN EN 15322)
- Tvrdi cestograđevni bitumen (HRN EN 13924)
- Višetipni bitumen , *Multigrade bitumen* (HRN EN 13924-2)
- Kationske bitumenske emulzije (HRN EN 13808)

**Regulativa u Hrvatskoj:** „RAZRADA TEHNIČKIH SVOJSTAVA I ZAHTJEVA ZA GRAĐEVNE PROIZVODE ZA PROIZVODNJU ASFALTNIH MJEŠAVINA I ZA ASFALTNE SLOJEVE KOLNIKA”, *Prilog F , Prilog G*

# Tipovi bitumena

**RAMTECH**

Prilog F,  
Tablica F1

HRN EN 12591  
Cestograđevni  
bitumen

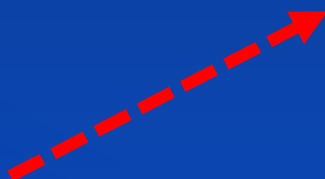
Tehničko svojstvo	Ispitna norma	Tip
		50 / 70
Penetracija na 25°C, 0,1 mm	HRN EN 1426	50 - 70
Točka razmekšanja po PK, °C	HRN EN 1427	46 - 54
Točka loma po Fraassu, °C	HRN EN 12593	≤ -8
Indeks penetracije	HRN EN 12591 Dodatak A	- 1,5 do +0,7
Dinamička viskoznost na 60 °C, Pa•s	HRN EN 12596	NR
Kinematička viskoznost na 135 °C, mm <sup>2</sup> /s	HRN EN 12595	≥ 295
Gustoća, kg/m <sup>3</sup>	HRN EN 15326	navesti
Točka paljenja, °C	HRN EN ISO 2592	≥ 230
Topljivost, %(m/m)	HRN EN 12592	≥ 99,0
Otpornost na otvrdnjavanje prema HRN EN 12607-1		
Promjena mase, %(m/m)	HRN EN 12607-1	≤ 0,5
Zadržana penetracija, %	HRN EN 1426	≥ 50
Porast točke razmekšanja, °C	HRN EN 1427	≤ 11

# Tipovi bitumena

Prilog F,  
Tablice F3,F4

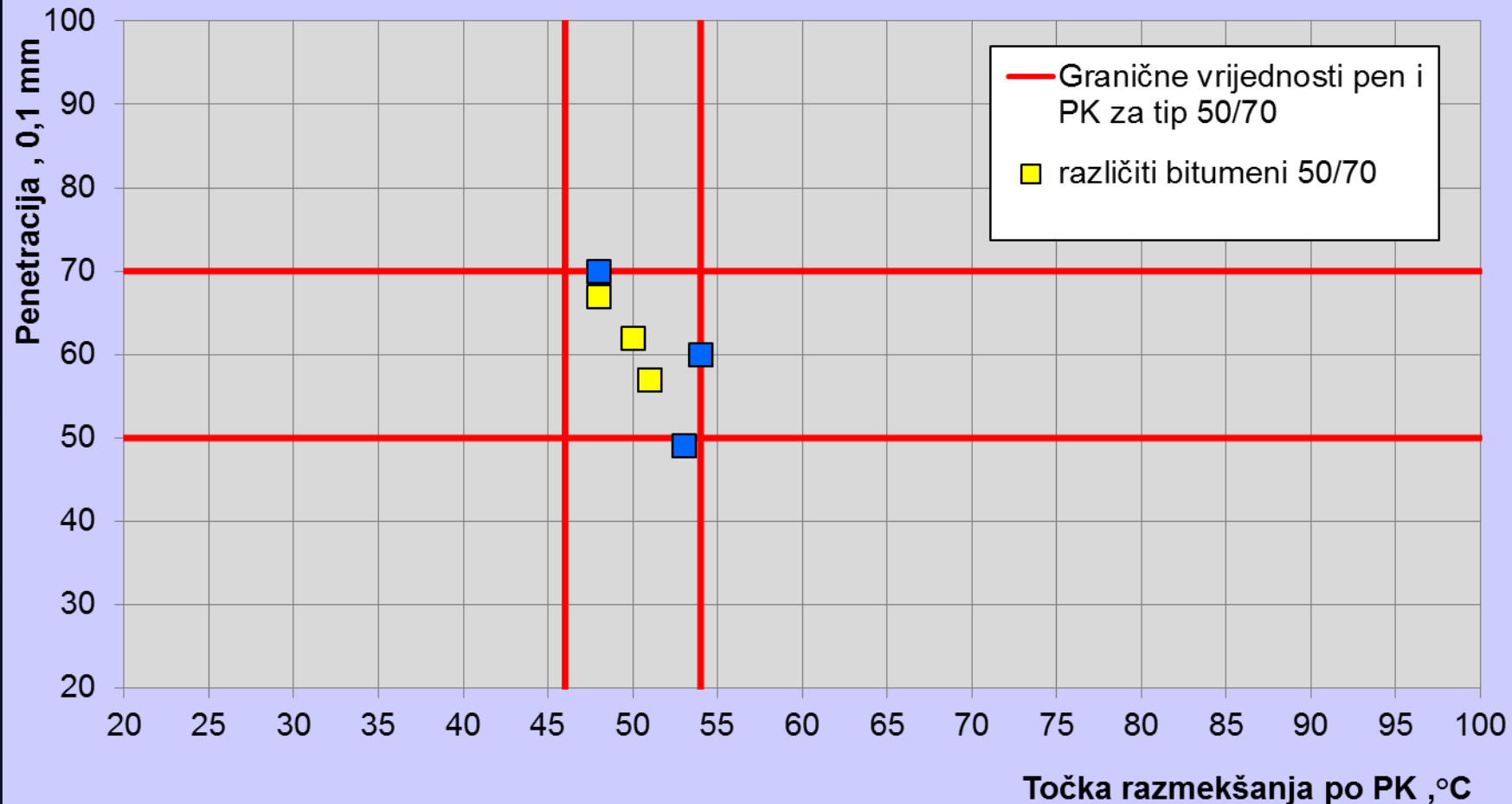
HRN EN 14023  
Polimerni  
bitumen

Tehničko svojstvo	Ispitna norma	Tip	
		Razred	45/80-65
Penetracija na 25°C, 0,1 mm	HRN EN 1426	4	45 - 80
Točka razmekšanja po PK, °C	HRN EN 1427	5	≥ 65
Točka loma po Fraassu, °C	HRN EN 12593	7	≤ -15
Energija kohezije, 5°C, J/cm <sup>2</sup>	HRN EN 13589, HRN EN 13703	2	≥ 3
Elastični povrat na 25°C, %	HRN EN 13398	2	≥ 80
Stabilnost pri skladištenju, razlika PK, °C	HRN EN 13399, HRN EN 1427	2	≤ 5
Gustoća, kg/m <sup>3</sup>	HRN EN 15326	-	navesti
Točka paljenja, °C	HRN EN ISO 2592	2	≥ 250
Otpornost na otvrdnjavanje prema HRN EN 12607-1			
Promjena mase, %(m/m)	HRN EN 12607-1	3	≤ 0,5
Zadržana penetracija, %	HRN EN 1426	6	≥ 55
Porast točke razmekšanja, °C	HRN EN 1427	2	≤ 8
Pad točke razmekšanja, °C	HRN EN 1427	2	≤ 2
Elastični povrat na 25°C, %	HRN EN 13398	2	≥ 70



# Tipovi bitumena

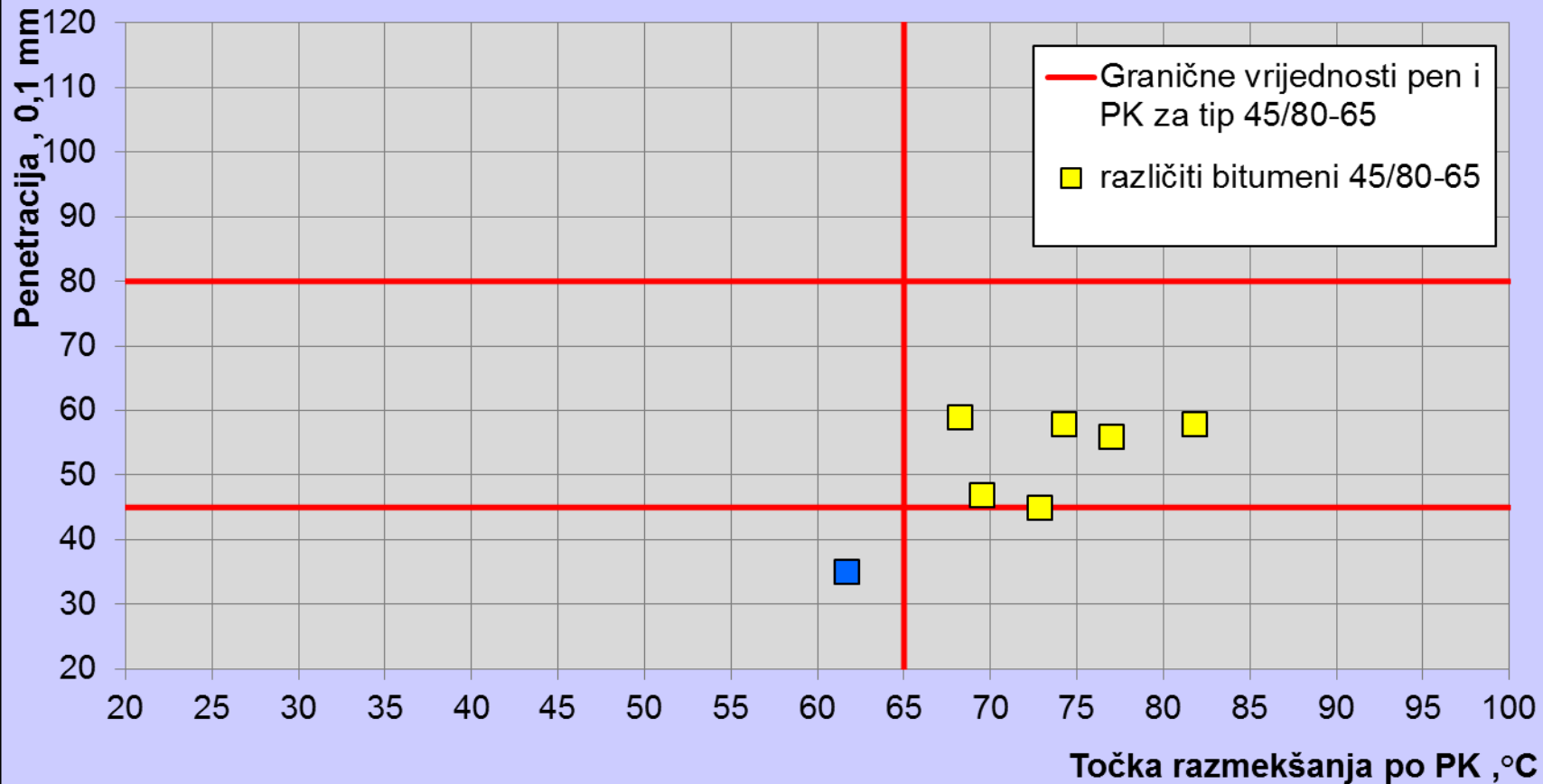
Grafički prikaz penetracije i točke razmekšanja različitih bitumena 50/70



Rafinerija, država	Pen pri 25°C	PK, °C
Rafinerija nafte Brod, BIH	57	51,0
Optima grupa, BIH	60	54,0
OMV, Austria	62	50,0
Alma Petroli, Italia	49	53,0
E.N.I., Italia	70	48,0
NIS Petrol Pančevo, Srbija	57	51,0
Mol, Madžarska	67	48,0

# Tipovi bitumena

Grafički prikaz penetracije i točke razmekšanja različitih bitumena  
45/80-65



Rafinerija, država	Pen pri 25°C	PK, °C
APS d.o.o., Hrvatska	58	74,2
Colas, Češka	58	81,8
Mol, Mađarska	47	69,5
Optima grupa, BIH	59	68,2
OMV, Austria	56	77,0
Villas, Austria	45	72,8
BATEC S.r.l., Italia	35	61,7

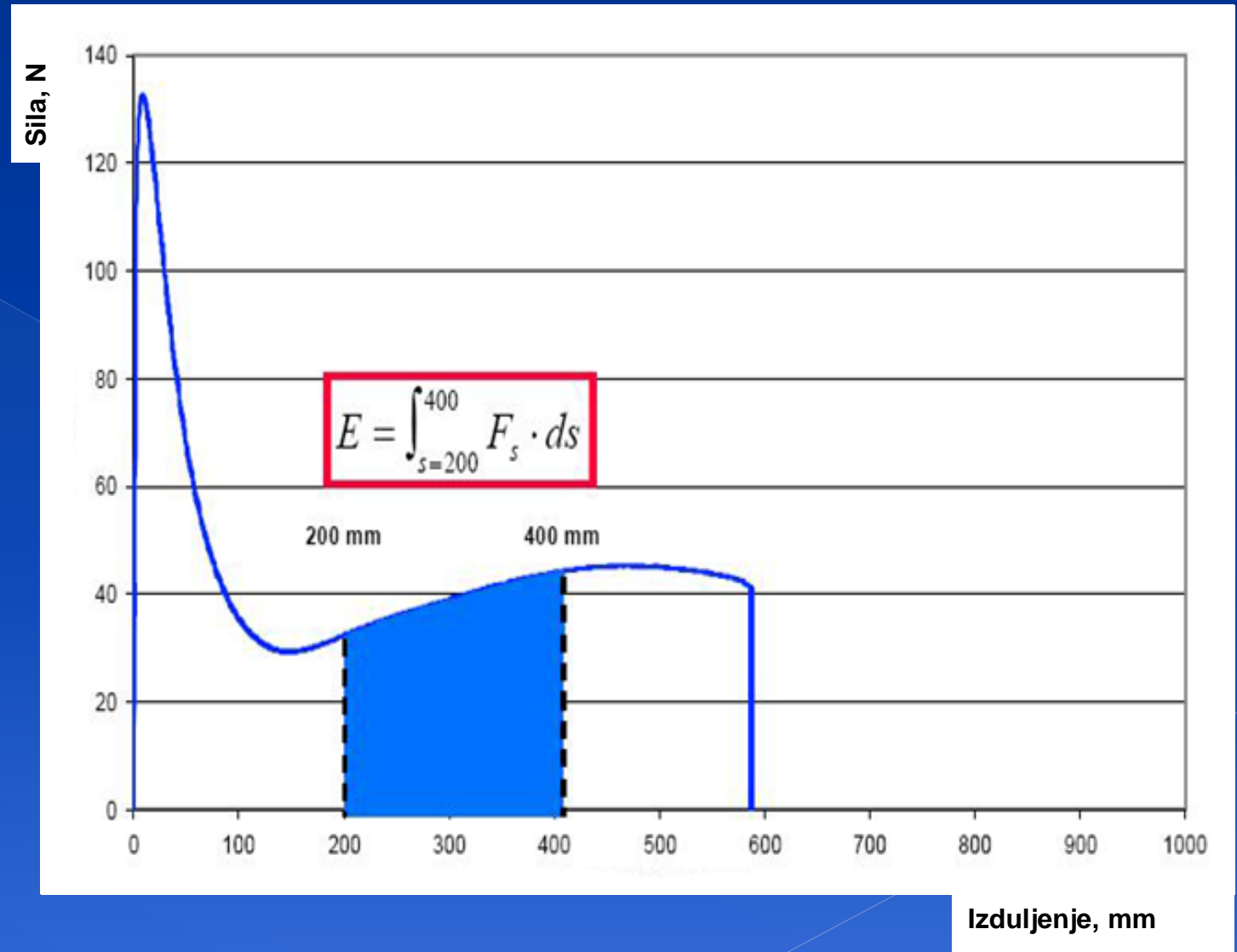
# Energija kohezije HRN EN 13589 13703

## Energija kohezije (HRN EN 13589, 13703)

- Rezultat ispitivanja: grafički prikaz promjene sile s produljenjem, do 400 mm

## Informacije iz ispitivanja:

- Energija kohezije ( $\text{J}/\text{cm}^2$ ) - direktna mjera kvalitete kohezivnog ponašanja veziva pri niskim temperaturama
- prisutnost polimera u bitumenu
- određivanje i djelovanje tipa polimera na bitumen

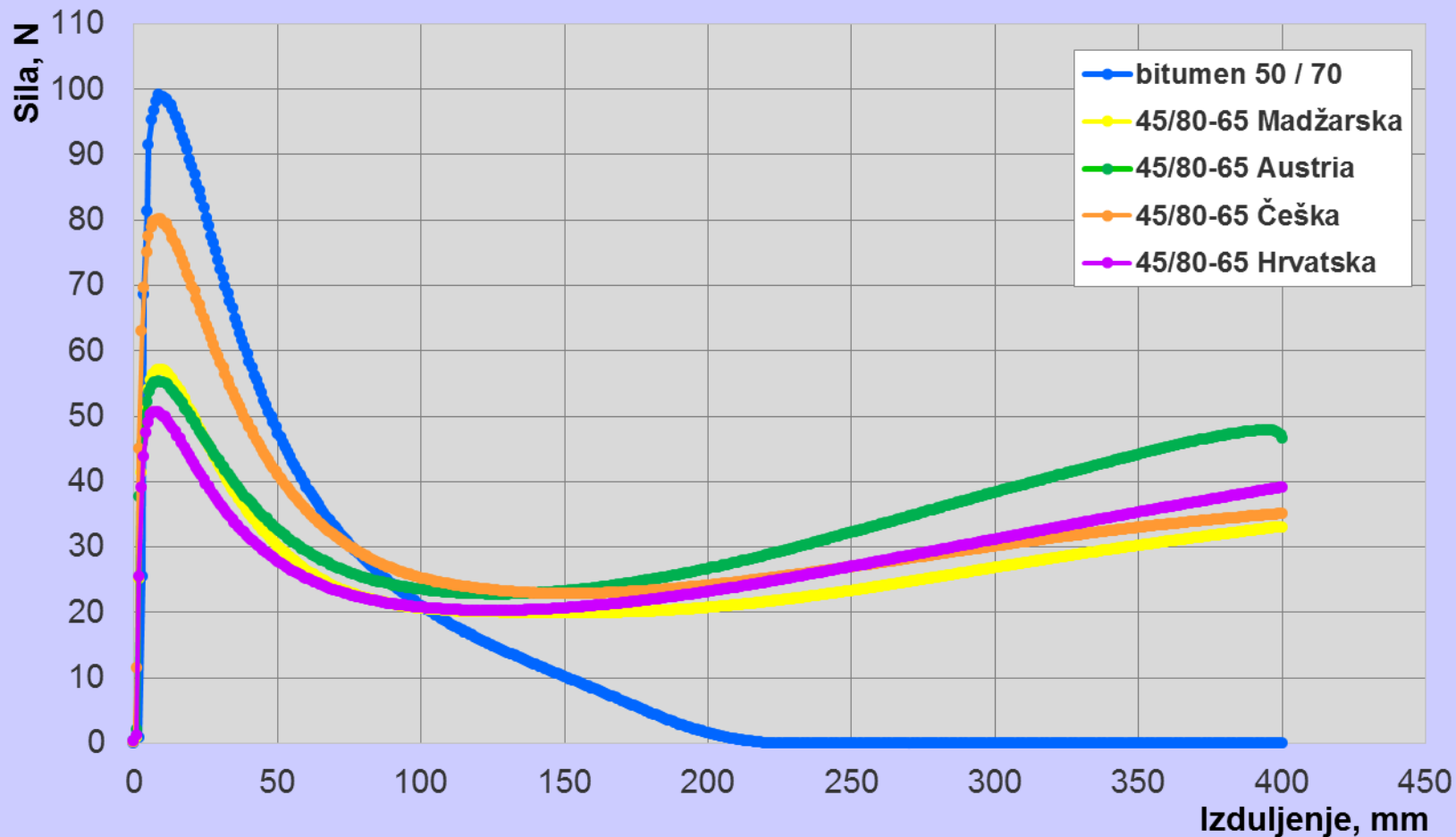




# Energija kohezije HRN EN 13589, 13703

**RAMTECH**

Grafički prikaz promjene sile s izduljenjem različitih tipova bitumena na hrvatskom tržištu



uvjet iz HRN EN 14023:





**Energija kohezije  
 $\geq 3 \text{ J/cm}^2$**

Rafinerija, država	Energija kohezije, $\text{J/cm}^2$
Mol, Madžarska	5,35
Colas, Češka	5,98
OMV, Austria	7,45
APS, Hrvatska	6,22

**S**uperior **P**erforming asphalt **P**AVements sustav klasifikacije, između ostalog, veziva nastao 90-tih godina, SAD u okviru SHRP (*Strategic Highway Research Programme*) kompleksnog istraživačkog programa

- zahtjevi kvalitete bitumena temelje se na **kompleksnim fundamentalnim ispitivanjima** reoloških svojstava bitumena **u temperaturnom rasponu primjene u proizvodnji i ugradnji asfalta**
- propisana fizikalna svojstva moraju biti konstantna za sva veziva, a variraju samo temperature pri kojima pojedino vezivo postiže takvo ponašanje
- **Rezultat klasifikacije** : PG (*engl. Performance Grade*), klasa ponašanja



	<b>RTFO</b> termostatska komora s rotirajućim posudama	<b>PAV</b> tlačna posuda za ubrzano starenje	<b>DSR</b> dinamički smični reometar	<b>BBR</b> Savojni reometar
Uređaj				
Svrha primjene	Oponaša kratkoročno starenje bitumena	Oponaša dugoročno starenje bitumena	Mjeri svojstva bitumena u rasponu visokih i srednjih temperatura	Mjeri svojstva bitumena u rasponu niskih temperatura
Parametar koji se određuje	Otpornost prema intenzivnom kratkotrajnom starenju	Otpornost prema dugotrajnom starenju	Otpornost prema trajnim deformacijama i zamoru asfalta	Otpornost prema termičkim pukotinama

# SUPER PAVE



Svojstva bitumena u Superpave-u su:

-Plamište, °C

-Dinamička viskoznost, Pa s

-Parametar otpornosti na kolotražnje,

kompleksni modul i fazni kut,  $G^*/\sin\delta$

(nepovratna relaksacija pri puzanju,  $J_{nr}$  -

mjera količine deformacije zaostale u uzorku

nakon višestrukog puzanja i relaksacije)

-Parametar otpornosti na zamor,

kompleksni modul i fazni kut,  $G^* \times \sin\delta$

-Krutost pri puzanju i m-vrijednost

-Kritična temperatura pucanja, °C

UVJETI ISPITIVANJA				REZULTATI
Režim starenja	Ispitna oprema	Svojstvo i kriterij za ocjenu prema AASHTO M 320	Metoda ispitivanja	
Izvorno vezivo	Otvorena posuda po Clevelandu	Plamište, °C > 230°C	HRN EN ISO 2592**	318
	Dinamički smični reometar DSR	Dinamička viskoznost $\eta$ , Pa s, pri 135°C < 3 Pa s	HRN EN 13702:2010**	1,296
		Temperatura, °C pri kojoj je parametar $G^*/\sin\delta \geq 1,00\text{kPa}$	HRN EN 14770:2012**	88
Vezivo nakon RTFOT	Rolling Thin Film Oven RTFO	Promjena mase, % < $\pm 1,00\%$	HRN EN 12607-1:2008**	0,00
	Dinamički smični reometar DSR	Temperatura, °C pri kojoj je parametar $G^*/\sin\delta \geq 2,20\text{kPa}$	HRN EN 14770:2012**	82
Vezivo nakon tlačne komore PAV	Dinamički smični reometar DSR	Temperatura, °C pri kojoj je parametar $G^* \cdot \sin\delta \leq 5000\text{kPa}$	HRN EN 14770:2012**	25
	Savojni reometar BBR	Temperatura, °C pri kojoj je krutost pri puzanju S na 60s $\leq 300\text{ MPa}$	HRN EN 14771:2012**	-12
		Temp [°C] pri kojoj je m-vrijednost na 60s $\geq 0,300$	HRN EN 14771:2012**	-6
Savojni reometar BBR	Kritična temperatura pucanja, °C izračunata iz sjecišta dviju asimptota	AASHTO PP 42 TAP*	-23,4	
<b>PG - KLASA PONAŠANJA prema AASHTO M 320</b>				<b>82-22</b>

## BUDUĆNOST.....

Zahtjevi ponašanja bitumenske mješavine i kolnika sa svojstvima bitumena

CEN TR 1532 „Bitumen and bituminous binders – Development of performance related specifications status report 2005”

Zahtjevi ponašanja bitumenske mješavine i kolnika	Predložena svojstva bitumenskog veziva
trajne deformacije	reološka svojstva (viskoznost, kompleksni posmični modul, fazni kut)
površinsko pucanje(starenje)	starenje veziva
ljuštenje	interakcija vezivo/agregat
doprinos strukture	reološka svojstva(kompleksni posmični modul)
pucanje pri niskim temperaturama	reološka svojstva i svojstva loma
pucanje uslijed zamora	lom (zamor materijala)
proizvodnja i ugradnja asfaltne mješavine	funkcionalna ovisnost viskoznosti i temperature, stabilnost pri skladištenju

Rafinerija, država	PG klasa ponašanja tip 50/70
Rafinerija nafte Brod, BIH	64-22
OMV, Austria	64-16
Mol, Madžarska	70-22
Alma Petroli, Italia	64-22

## PG klasa ponašanja

64 - 22

Vezivo koje zadržava propisana reološka svojstva kada je srednja vrijednost maksimalne temperature kolnika unutar sedam dana 64°C, a minimalna -22°C

Rafinerija, država	PG klasa ponašanja tip 45/80-65
Zalplast, Madžarska	70-22
Starfalt, Austria	76-22
Novobit Modriča, BIH	76-22
APS, Hrvatska	76-22

## PG klasa ponašanja

64 - 22

Vezivo koje zadržava propisana reološka svojstva kada je srednja vrijednost maksimalne temperature kolnika unutar sedam dana 64°C, a minimalna -22°C

# Primjer s terena 2014. godina

**RAMTECH**

Rezultati ispitivanja  
polimernog bitumena tipa  
45/80-65 iz investitorske  
kontrole u 2014. godini

Tehničko svojstvo	Ispitna norma	Zahtjev	Pmb 1	PmB 2
Penetracija na 25°C, 0,1 mm	HRN EN 1426:2008*	45-80	35	45
Točka razmekšanja po PK, °C	HRN EN 1427:2008*	≥ 65	61,7	72,8
Točka loma po Fraassu, °C	HRN EN 12593:2008*	≤ -15	-9	-17
Elastični povrat pri 25°C, %	HRN EN 13398:2010*	≥ 80	60	95
Otpornost na otvrdnjavanje HRN EN 12607-1:2008*				
Promjena mase, % (m/m)	HRN EN 12607-1:2008*	≤ 0,5	0,14	0,00
Zadržana penetracija pri 25°C, %	HRN EN 1426:2008*	≥ 55	70	60
Promjena točke razmekšanja, °C	HRN EN 1427:2008*	≤ 8	9,8	2,6
Elastični povrat pri 25°C, %	HRN EN 13398:2010*	≥ 70	50	88



# Primjer s terena 2014. godina

## Uzorak 1 (PmB 2-dobar)

Brzina deformacije:

$v=0,050$  mm/1000 ciklusa

$D_{rel} = 4,33\%$

Ocjena: VRLO DOBRA

## Uzorak 2 (PmB 1-loš)

Brzina deformacije:

$v=0,11$  mm/1000 ciklusa

$D_{rel} = 6\%$

Ocjena: DOBRA

Loš elastični povrat, PK i točka loma po Fraassu pmb-a:

- Pmb se ponaša kao cestograđevni bitumen
- Dobra (prema slabom) otpornost na kolotražnje

RAMTECH® SUSTAV OCJENE OTPORNOSTI ASFALTA PREMA KOLOTRAŽENJU		Brzina deformacije (BD) [mm/1000 ciklusa]				
		0,0<BD<0,03	0,03<BD<0,07	0,07<BD<0,12	0,12<BD<0,18	BD>0,18
Maksimalna dubina kolotražnja (MDK) (d/h) [%]	0<MDK<3	odlična				
	3<MDK<6		vrlo dobra 1			
	6<MDK<9			dobra		
	9<MDK<12				slaba	
	MDK>12					loša



**Hvala.**