



**15. SLOVENSKI
KONGRES**

**O PROMETU
IN PROMETNI
INFRASTRUKTURI**



Uporaba zmogljivejših zmesi v vezni asfaltni plasti

Aleksander Ljubič

Zmogljivejše vezne asfaltne plasti

Asfaltne vezne plasti morajo poleg splošnih zahtev za vse asfaltne plasti (ravnost, trajnost, odpornost proti prometnim in klimatskim obremenitvam) zagotavljati še:

- **visoko odpornost proti trajnim deformacijam in**
- **višjo odpornost proti utrujanju zaradi ponavljajoče obremenitve ter**
- **višjo odpornost proti razpokam pri nizkih temperaturah**

Novi koncepti asfaltnih zmesi za vezne plasti

asfaltne zmesi po principu sestave SMA

- asfaltne zmesi, ki so sestavljene iz zmesi kamnitih zrn z visokim deležem grobih zrn (drobirja) in z visokim deležem s polimeri modificiranega bitumna ter dodatki proti odtekanju veziva
- odpornost proti deformacijam ter hkrati odpornost proti utrujanju zaradi ponavljajočih obremenitev, kar omogočata skeletna sestava SMA in visoka stopnja zapoljenosti votlin kamnitega materiala z bitumnom

bitumenski beton z visokim modulom togosti

- višjo odpornost proti trajnim deformacijam in utrujanju ter visok modul togosti dosežemo z drugačno sestavo zmesi in izpolnjevanjem dodatnih funkcionalnih zahtev.
- značilnost sestave HMAC je relativno drobna zrnava in visok delež veziva, ki pripomoreta k višji odpornosti proti utrujanju, uporaba trdega bitumna pa istočasno omogoča boljšo odpornost proti trajnim deformacijam

Eksperimentalni program

AC 22 bin PmB 45/80-65 A1, A2

AC 22 bin PmB 25/55-65 A1, A2

(referenca – že obstoječe vezne plasti na AC)

SMA 22 bin PmB 25/55-65 A1, A2

SMA 22 bin PmB 10/40-65 A1, A2

AC 22 HMA PmB 25/55-65 A1, A2

AC 22 HMA PmB 10/40-65 A1, A2

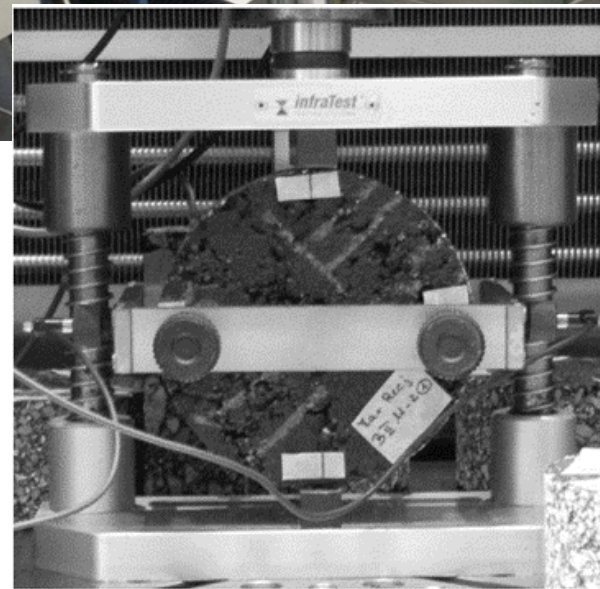
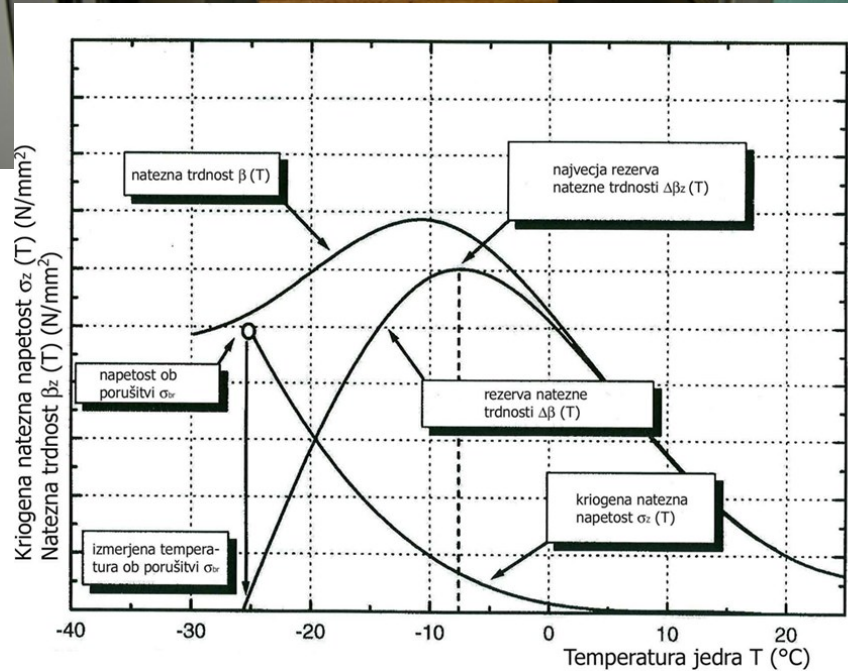
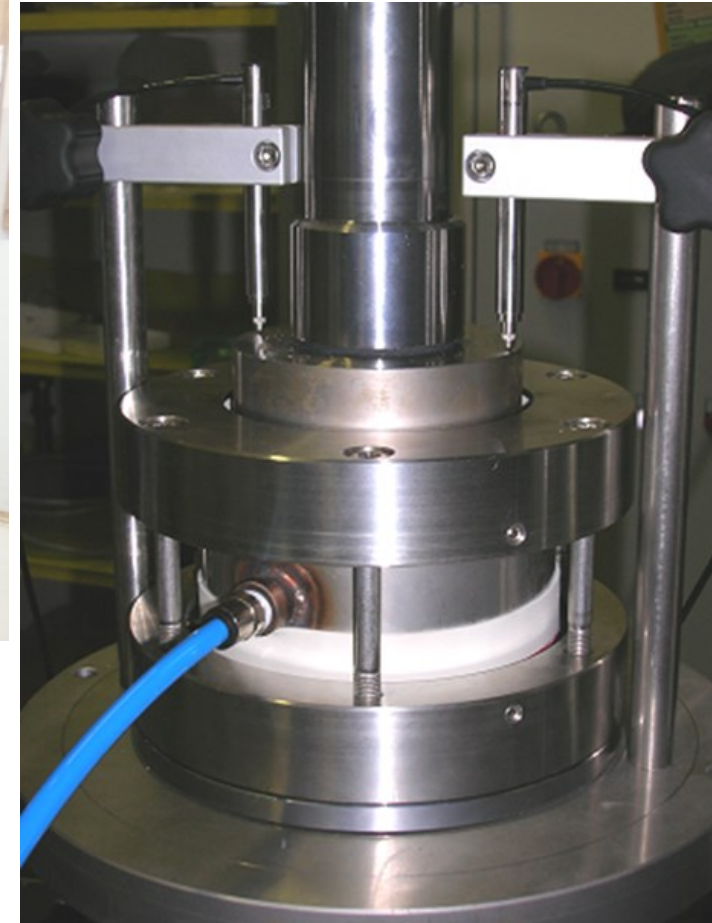
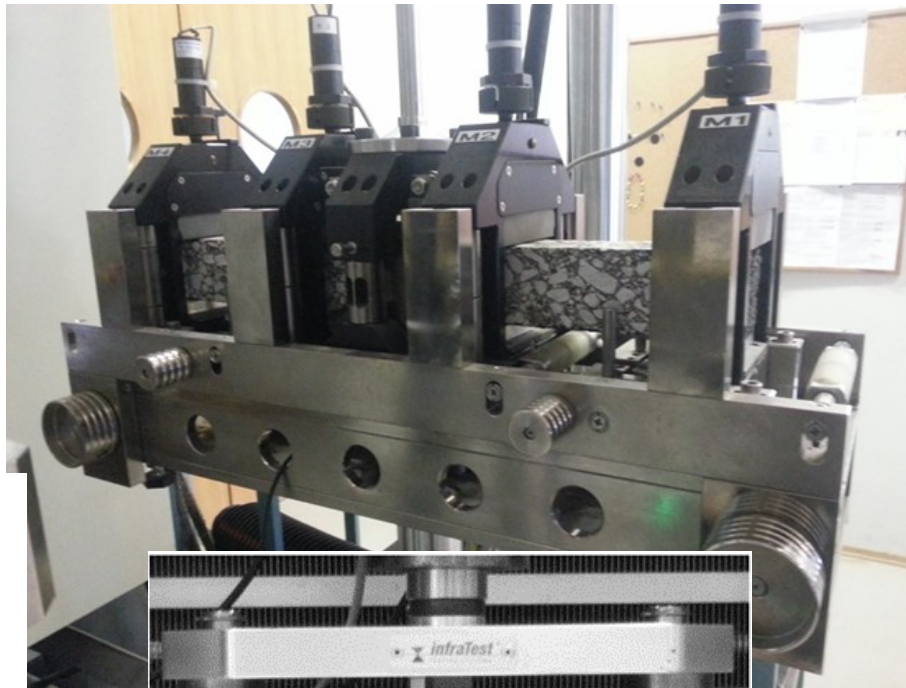
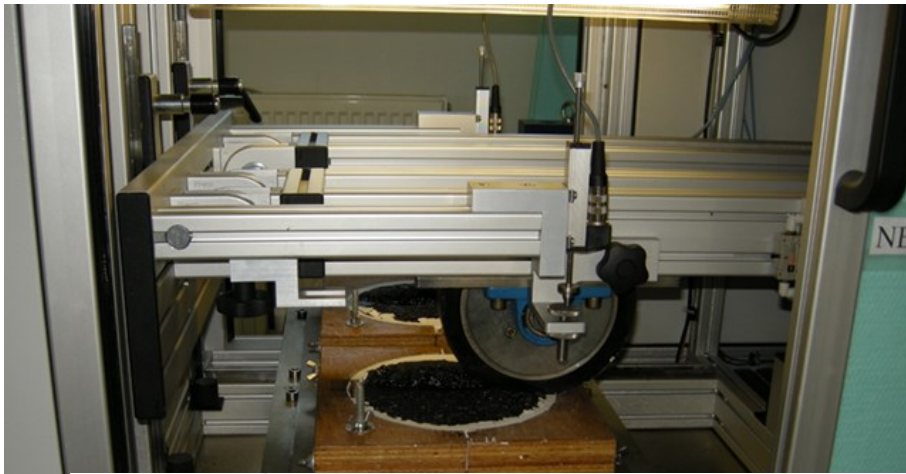
Eksperimentalni program

Preiskava	Metoda
delež veziva	SIST EN 12697-1
zrnavost	SIST EN 12697-2
največja gostota bituminizirane zmesi	SIST EN 12697-5
prostorninska gostota bituminizirane zmesi	SIST EN 12697-6
vsebnost votlin v bituminizirani zmesi	SIST EN 12697-8
občutljivost na vodo (ITSR)	SIST EN 12697-12
odtekanje veziva (D)	SIST EN 12697-18
odpornost proti preoblikovanju (DWTT)	SIST EN 12697-22
odpornost proti preoblikovanju (TCCT)	SIST EN 12697-25
preskus modula togosti (4PB-PR)	SIST EN 12697-26
odpornost proti utrujanju (4PB-PR)	SIST EN 12697-24
odpornost proti razpokam pri NT (TSRST in UTST)	SIST EN 12697-46
odpornost proti utrujanju (CIT-CY)	SIST EN 12697-24

Eksperimentalni program



Eksperimentalni program

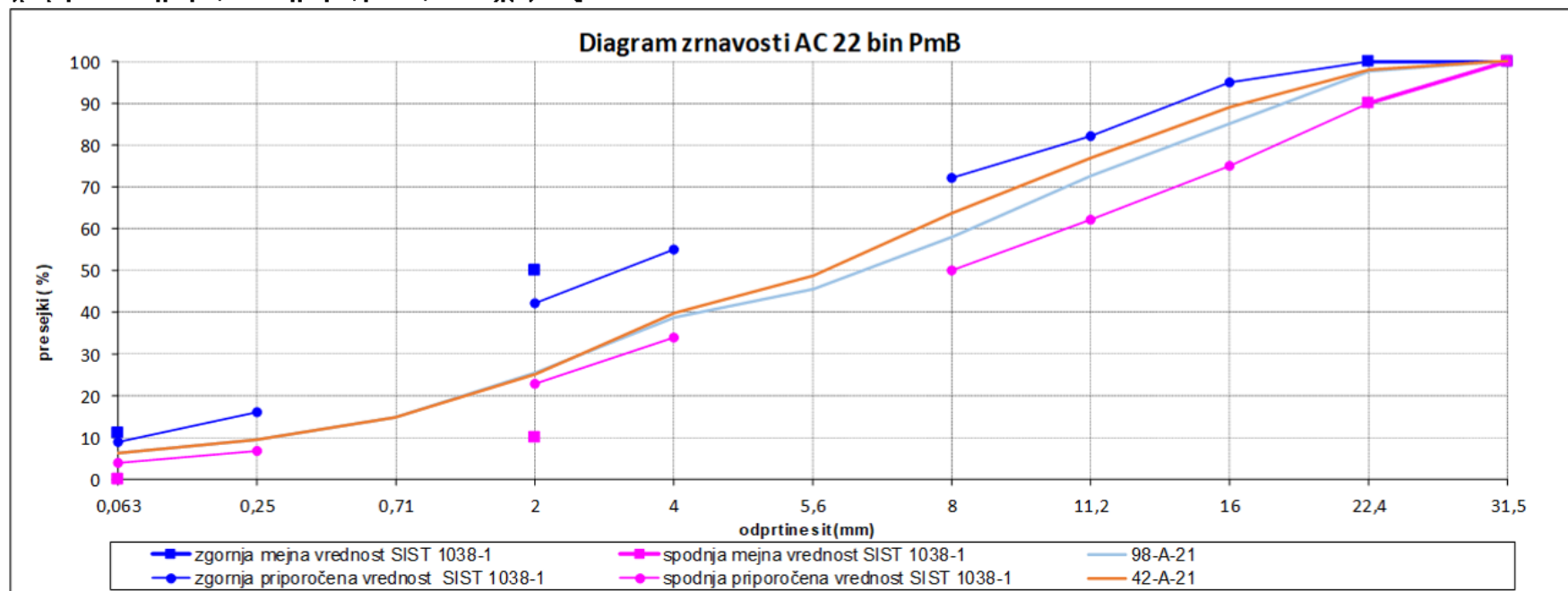


Rezultati preiskav asfaltne zmesi AC 22 bin PmB

REZULTATI PREISKAV ASFALTNE ZMESI: AC 22 bin PmB

ZAP. ŠT.	LAB. ŠT.	DATUM	VRSTA BIT.	DELEŽ BITU M.	LASTNOSTI KAMNITE ZMESI											LASTNOSTI ASFALTNE ZMESI						
					Presek skozi sito kvadratne odprtine (mm)											Prost. gostota asfalta	Največja gostota asfalta	Vsebnost zračnih votlin	Votline zapolnj. z bit.	Votline v kamn. mater.	Največja gostota kam.mat.	
					0,063	0,25	0,71	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5							Mg/m ³
% (min)	% (min)	% (min)	% (min)	% (min)	% (min)	% (min)	% (min)	% (min)	% (min)	% (min)	% (min)	12897-6 /20 2)	12897-5 /19 3)	12897-8 /19	12897-8 /19 4)							
1	98-A-21	23.02.21	Pmb 4589-85	4,0	6,3	9,4	14,7	25,5	38,9	45,7	58,2	72,8	85,2	97,7	100,0	2,407	2,542	5,3	64,2	44,9	2,713	
2	42-A-21	23.02.21	PmB 2555-85	4,1	6,2	9,5	15,0	25,2	38,9	48,7	63,8	77,1	89,0	97,9	100,0	2,415	2,535	4,7	67,3	44,5	2,709	
spodnja mejna vrednost SIST 1038-1								10						90	100			4,7	33-77			
zgornja mejna vrednost SIST 1038-1								11							100	100						
spodnja priporočena vrednost SIST 1038-1								4	7		23	34		50	62	75	90	100				
zgornja priporočena vrednost SIST 1038-1								9	16		42	55		72	82	95	100	100				

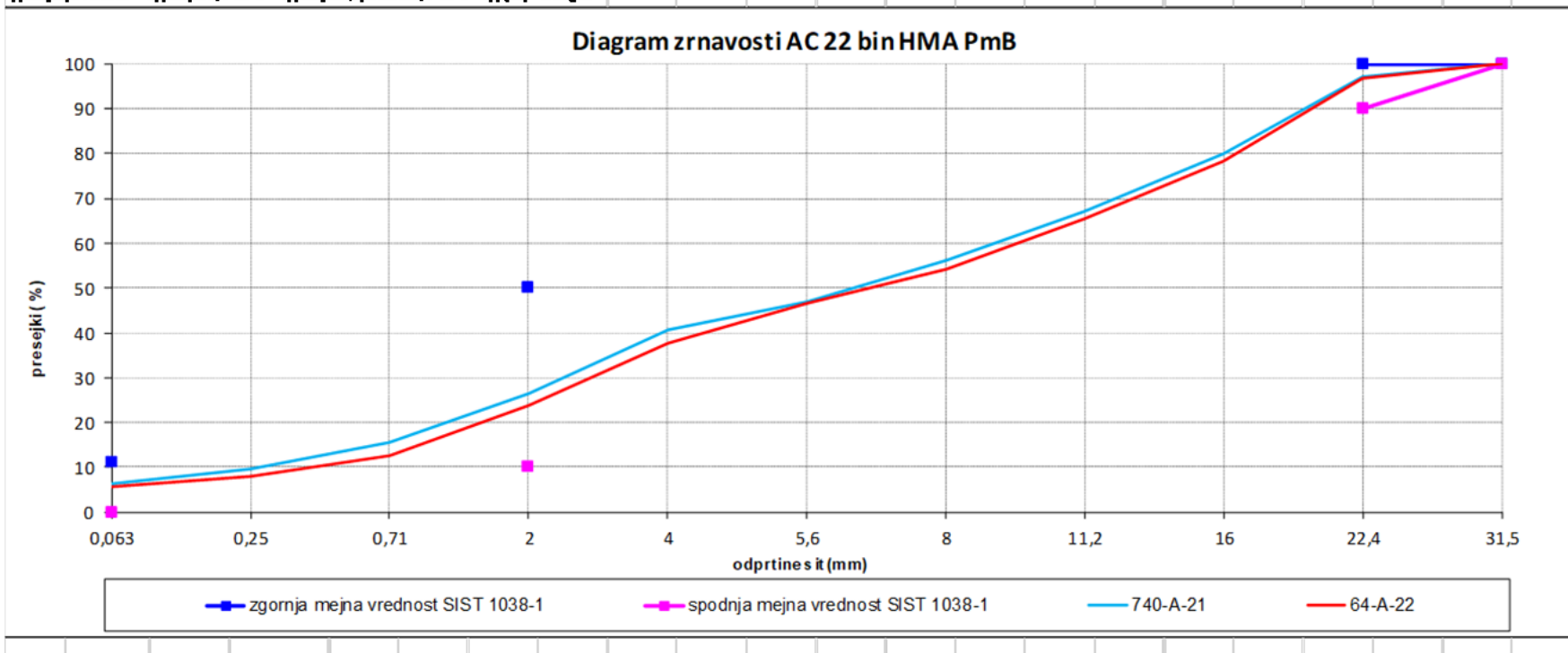
1) postopek po TČ. B16 2) postopek B, T=25°C 3) postopek A, uporabno, T=25°C 4) ρ(25) = 998 kg/m³



Rezultati preiskav asfaltne zmesi AC 22 bin HMA PmB

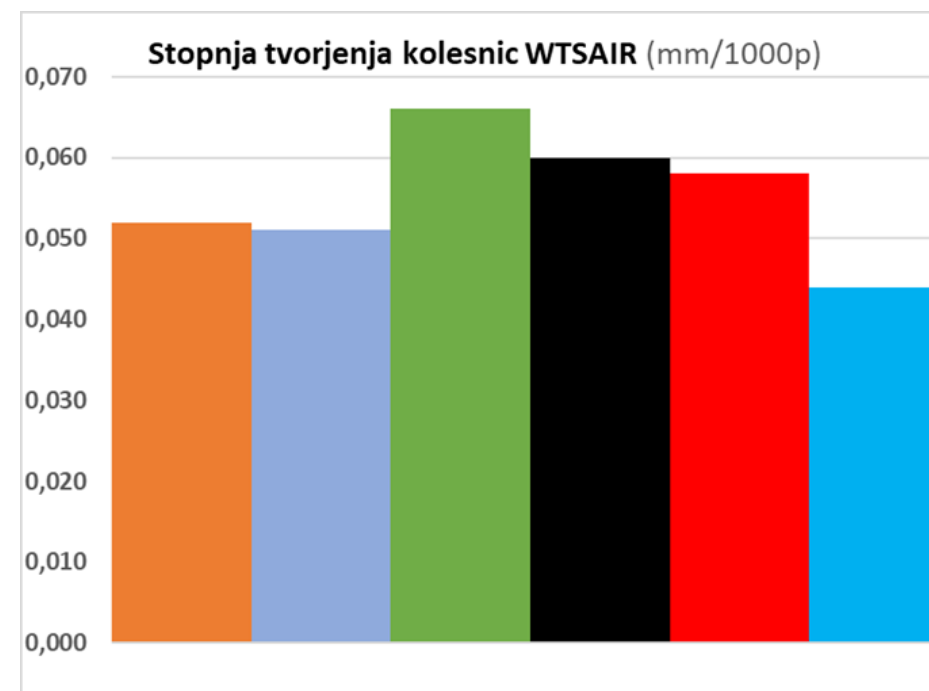
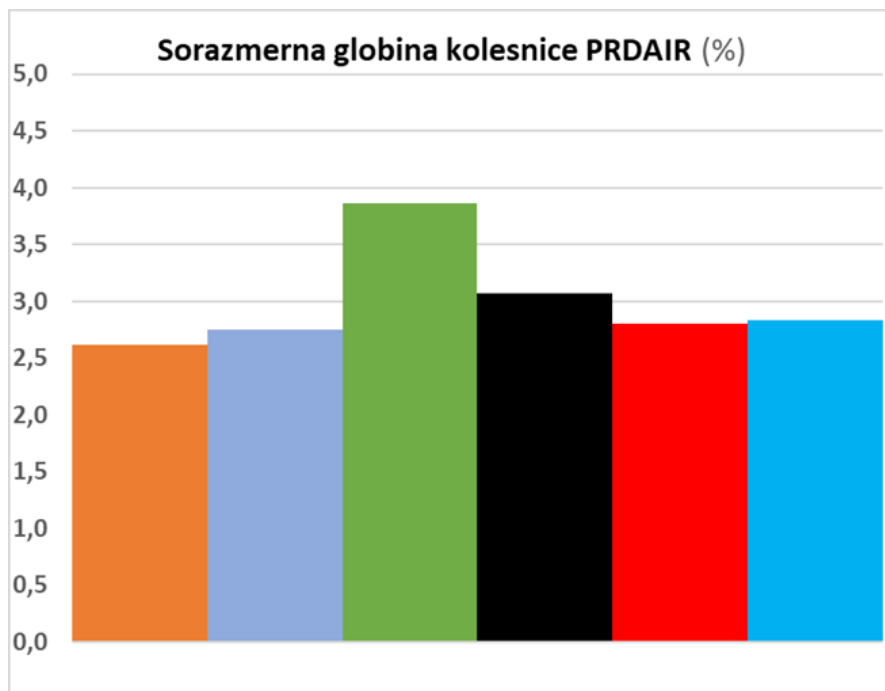
REZULTATI PREISKAV ASFALTNE ZMESI: AC 22 bin HMA PmB																							
ZAP. ŠT.	LAB. ŠT.	DATUM	VRSTA BIT.	DELEŽ BITU M.	LASTNOSTI KAMNITE ZMESI													LASTNOSTI ASFALTNE ZMESI					
					Presek skozi sito kvadratne odprtine (mm)													Prost. gostota asfalta	Največja gostota asfalta	Vsebnost zračnih votlin	Votline zapolnj. z bit.	Votline v kamn. mater.	Največja gostota kam. mat.
					0,063	0,25	0,71	2	4	5,6	8	11,2	16	22,4	31,5	Mg/m ³	Mg/m ³						
% (mm)	% (mm)	% (mm)	% (mm)	% (mm)	% (mm)	% (mm)	% (mm)	% (mm)	% (mm)	% (mm)	% (mm)	% (mm)	12697-6 /20 2)	12697-5 /19 3)	12697-8 /19	12697-8 /19 4)							
SIST EN				12697-1 /20 1)	12697-2 /15	12697-2 /15	12697-2 /15	12697-2 /15	12697-2 /15	12697-2 /15	12697-2 /15	12697-2 /15	12697-2 /15	12697-2 /15	12697-2 /15	12697-2 /15	12697-6 /20 2)	12697-5 /19 3)	12697-8 /19	12697-8 /19 4)			
5	740-A-21	18.08.21	PmB 10/40-85	5,0	6,3	8,8	15,7	26,5	40,7	48,9	58,2	67,1	80,0	87,8	100,0	2,458	2,519	2,4	83,0	14,4	2,730		
6	64-A-22	03.03.22	PmB 25/55-85	5,1	5,8	8,1	12,8	23,9	37,7	48,8	54,2	65,6	78,2	86,7	100,0	2,427	2,485	2,3	83,7	14,4	2,682		
spodnja meja vrednost SIST 1038-1					0			10						90	100			2-4	75-88				
zgornja meja vrednost SIST 1038-1					11			50							100	100							

1) postopek po TC, B 15 2) postopek B, T=20 °C 3) postopek A, uporabno, T=20 °C 4) ρ(20) = 1018 kg/m³



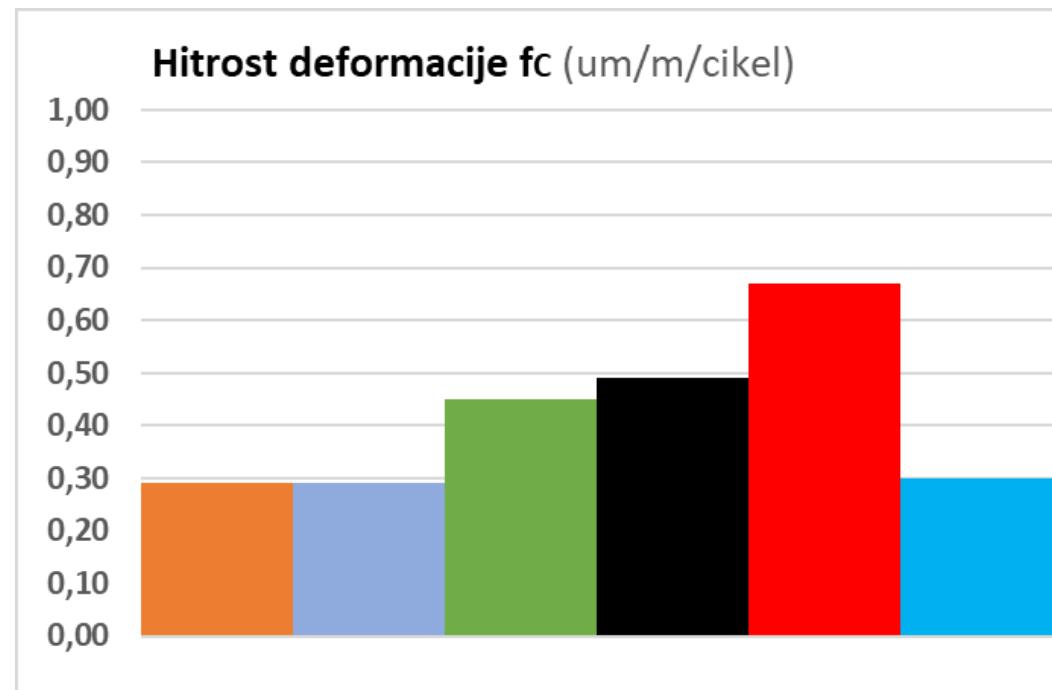
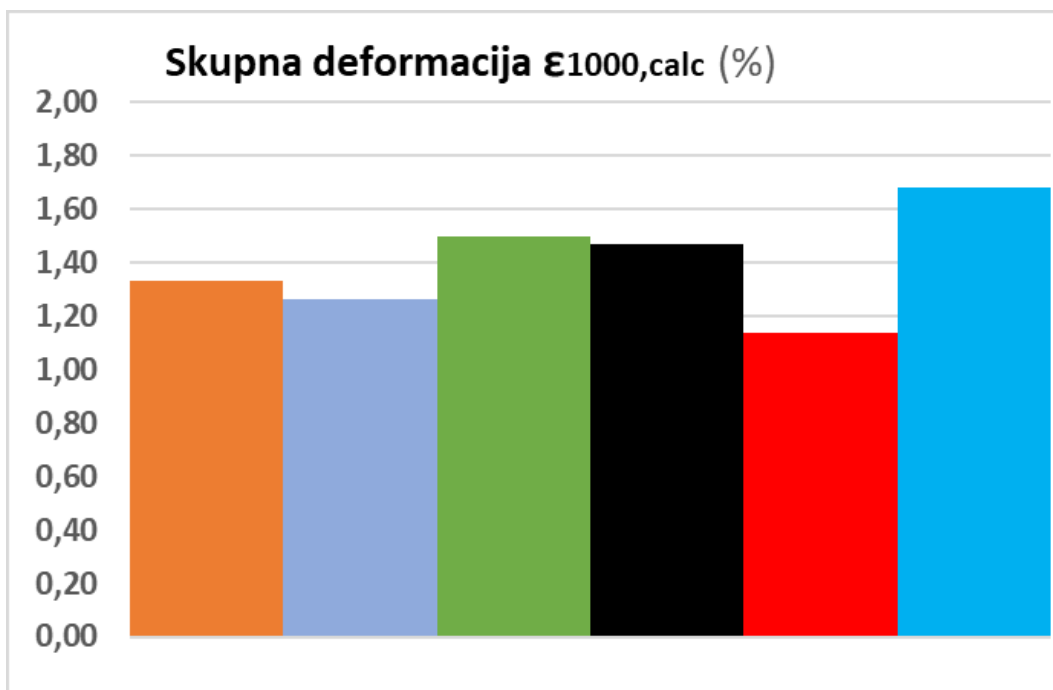
Odpornost proti nastanku kolesnic SIST EN 12697-22

zap. št.	asfaltna zmes	preskus		temp	gostota	globina kolesnice	soraz. globina kolesnice	stopnja tvorjenja kolesnic	opombe
		SIST EN	opis			RD _{AIR}	PRD _{AIR}	WTS _{AIR}	
				[°C]	[Mg/m ³]	[mm]	[%]	[mm/10 ³ p]	
1	AC 22 bin PmB 45/80-65	EN 12697-20	DWTT	60	2,386	1,8	2,6	0,052	98-A-21
2	AC 22 bin PmB 25/55-65	EN 12697-20	DWTT	60	2,392	1,9	2,8	0,051	42-A-21
3	SMA 22 bin PmB 25/55-65	EN 12697-20	DWTT	60	2,449	2,7	3,9	0,066	46-A-21
4	SMA 22 bin PmB 10/40-65	EN 12697-20	DWTT	60	2,442	2,2	3,1	0,060	580-A-21
5	AC 22 bin HMA PmB 10/40-65	EN 12697-20	DWTT	60	2,463	2,0	2,8	0,058	740-A-21
6	AC 22 bin HMA PmB 25/55-65	EN 12697-20	DWTT	60	2,405	2,0	2,8	0,044	64-A-22



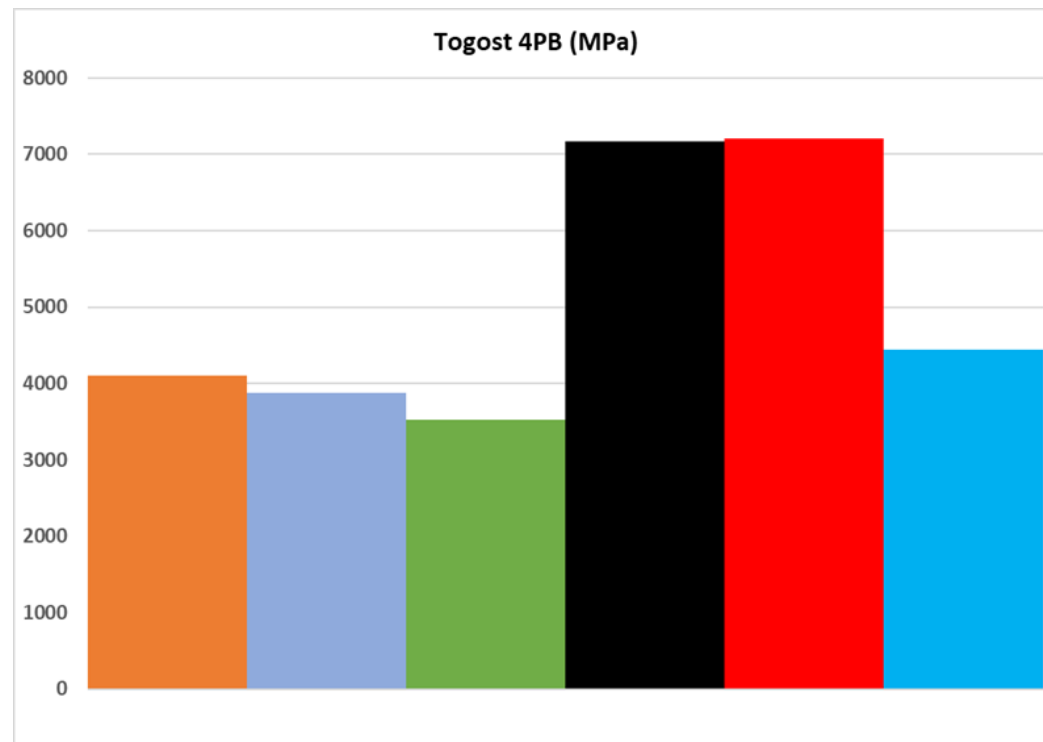
Triosni ciklični tlačni preskus SIST EN 12697-25 (metoda B)

zap.	asfaltna zmes	preskus		temp	gostota	hitrost deformacije	skupna deformacija		opombe
št.		SISTEN	opis			fc	B	$\epsilon_{1000,calc}$	
				[°C]	[Mg/m ³]	[um/m/cikel]	[-]	[%]	
1	AC 22 bin PmB 45/80-65	EN 12697-25	metoda B	40	2,376	0,29	0,15	1,33	98-A-21
2	AC 22 bin PmB 25/55-65	EN 12697-25	metoda B	40	2,378	0,29	0,15	1,26	42-A-21
3	SMA 22 bin PmB 25/55-65	EN 12697-25	metoda B	40	2,447	0,45	0,19	1,50	46-A-21
4	SMA 22 bin PmB 10/40-65	EN 12697-25	metoda B	40	2,445	0,49	0,21	1,47	580-A-21
5	AC 22 bin HMA PmB 10/40-65	EN 12697-25	metoda B	40	2,456	0,67	0,31	1,14	740-A-21
6	AC 22 bin HMA PmB 25/55-65	EN 12697-25	metoda B	40	2,398	0,30	0,12	1,68	64-A-22



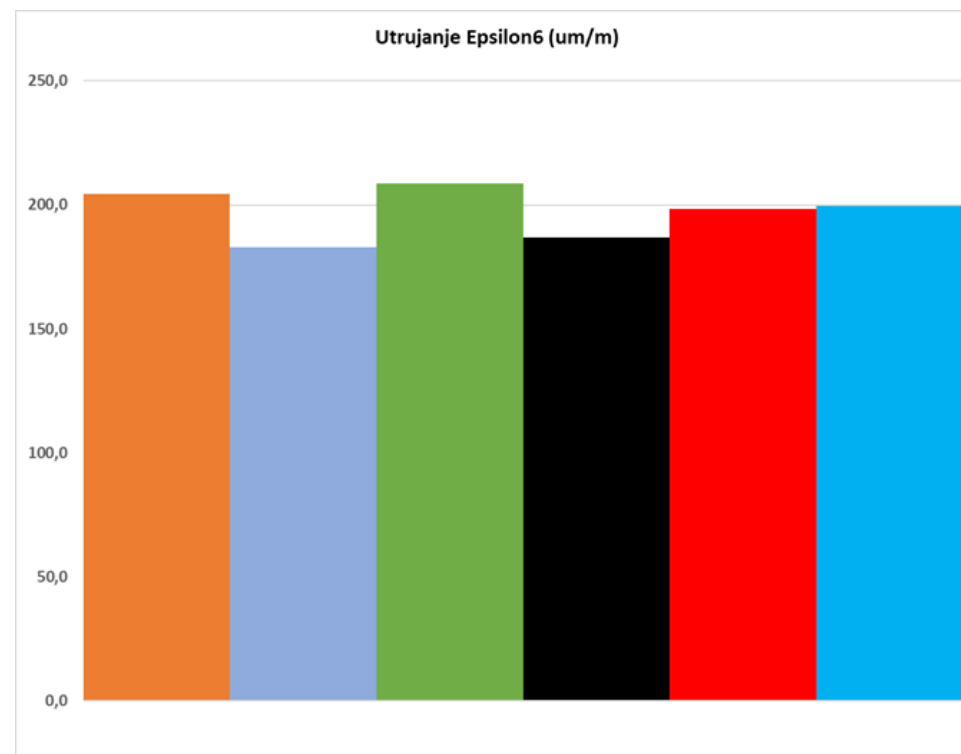
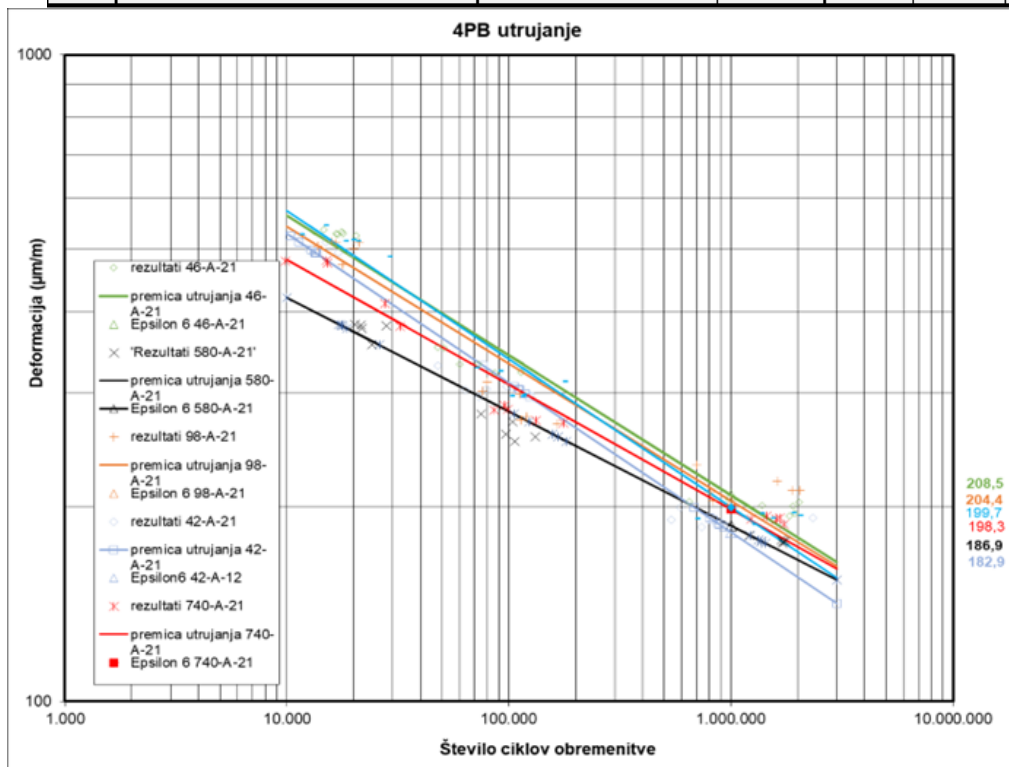
Togost SIST EN 12697-26 (4PB-PR)

zap. št.	asfaltna zmes	preskus SIST EN	preskus opis	preskusni pogoji temp	preskusni pogoji frekv.	gostota [kg/m ³]	togost S'm [MPa]	fazni kot [°]	opombe
1	AC 22 bin PmB 45/80-65 A1, A2	EN 12697-26 dod. B	togost	+20°C	8 Hz	2,410	4099	34,5	98-A-21
2	AC 22 bin Pm B 25/55-65 A1, A2	EN 12697-26 dod. B	togost	+20°C	8 Hz	2,406	3881	35,3	42-A-21
3	SMA 22 bin Pm B 25/55-65 A1, A2	EN 12697-26 dod. B	togost	+20°C	8 Hz	2,460	3525	34,3	46-A-21
4	SMA 22 bin Pm B 10/40-65 A1, A2	EN 12697-26 dod. B	togost	+20°C	8 Hz	2,482	7167	20,7	580-A-21
5	AC 22 bin HMA Pm B 10/40-65 A1,A2	EN 12697-26 dod. B	togost	+20°C	8 Hz	2,457	7210	20,4	11-A-22
6	AC 22 bin HMA Pm B 25/55-65 A1,A2	EN 12697-26 dod. B	togost	+20°C	8 Hz	2,453	4446	30,1	64-A-22



Odpornost proti utrujanju SIST EN 12697-24 (4PB-PR)

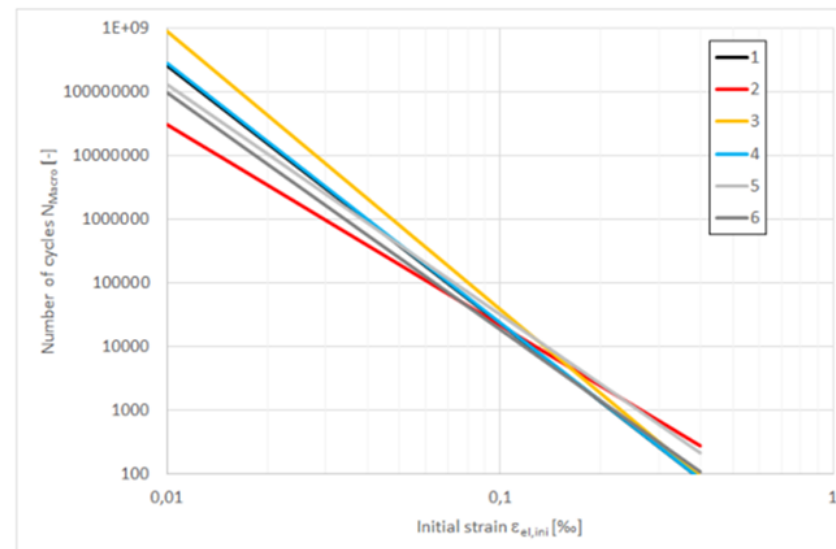
zap.	asfaltna zmes	preskus		preskusni pogoji			$\ln(N)=A_0+A_1 \cdot \ln(\epsilon)$		ϵ_{10}^6	gostota	E_{ini}	št. obrem.	opombe
št.		SISTEN	opis	temp	frekv.	obremenitev	A_0	A_1					
				[°C]	[Hz]	[$\mu\text{m}/\text{m}$]			[$\mu\text{m}/\text{m}$]	[Mg/m^3]	[MPa]	[N_{fat}]	
1	AC 22 bin PmB 45/80-65	EN 12697-24 dod. D	4 PB	20	30	339	38,920	-4,719	204,4	2,401	4007	480824	98-A-21
2	AC 22 bin PmB 25/55-65	EN 12697-24 dod. D	4 PB	20	30	335	36,383	-4,333	182,9	2,401	4265	413337	42-A-21
3	SMA 22 bin PmB 25/55-65	EN 12697-24 dod. D	4 PB	20	30	355	38,515	-4,626	208,5	2,457	4103	570829	46-A-21
4	SMA 22 bin PmB 10/40-65	EN 12697-24 dod. D	4 PB	20	30	272	43,440	-5,663	186,9	2,456	8041	580142	580-A-21
5	AC 22 bin HMA PmB 10/40-65	EN 12697-24 dod. D	4 PB	20	30	305	41,248	-5,186	198,3	2,459	7683	558426	740-A-21
6	AC 22 bin HMA PmB 25/55-65	EN 12697-24 dod. D	4 PB	20	30	341	36,921	-4,362	199,7	2,448	4644	580982	64-A-22



Odpornost proti utrujanju SIST EN 12697-24 (CIT-CY)

zap. št.	asfaltna zmes	test		preskusni pogoji		ϵ_{10}^6	$N_f, 10 \mu\text{m/m}$	$N_f, 100 \mu\text{m/m}$	opombe
		standard	Annex	temp.	frekv.				
				[°C]	[Hz]	[%]	[-]	[-]	
1	AC 22 bin PmB 45/80-65	EN 12697-24 dod. F	CIT-CY	20	10	0,0214	11165128	7531	98-A-21
2	AC 22 bin PmB 25/55-65	EN 12697-24 dod. F	CIT-CY	20	10	0,02269	8355312	21476	42-A-21
3	SMA 22 bin PmB 25/55-65	EN 12697-24 dod. F	CIT-CY	20	10	0,03823	126182186	31189	46-A-21
4	SMA 22 bin PmB 10/40-65	EN 12697-24 dod. F	CIT-CY	20	10	0,03411	95814410	18341	580-A-21
5	AC 22 bin HMA PmB 10/40-65	EN 12697-24 dod. F	CIT-CY	20	10	0,03977	275662738	23463	740-A-21
6	AC 22 bin HMA PmB 25/55-65	EN 12697-24 dod. F	CIT-CY	20	10	0,04713	864129743	37634	64-A-22

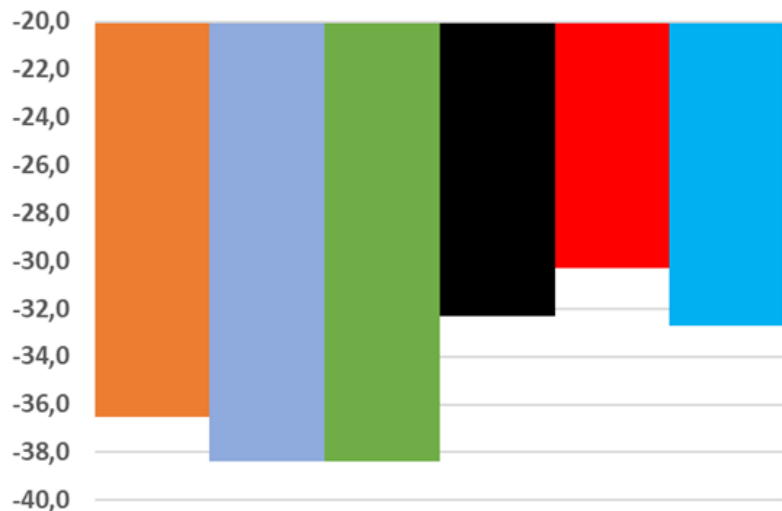
- 1 – 42-A-21, AC 22 bin PmB 25/55-65 A1, A2,
- 2 – 98-A-21, AC 22 bin PmB 45/80-65 A1, A2,
- 3 – 77-A-22, AC 22 bin PmB 25/55-65 HMA,
- 4 – 11-A-22, AC 22 bin PmB 10/40-65 HMA,
- 5 – 46-A-21, SMA 22 bin PmB 25/55-65 A1, A2 and
- 6 – 580-A-21, SMA 22 bin PmB 10/40-65 A1,A2.



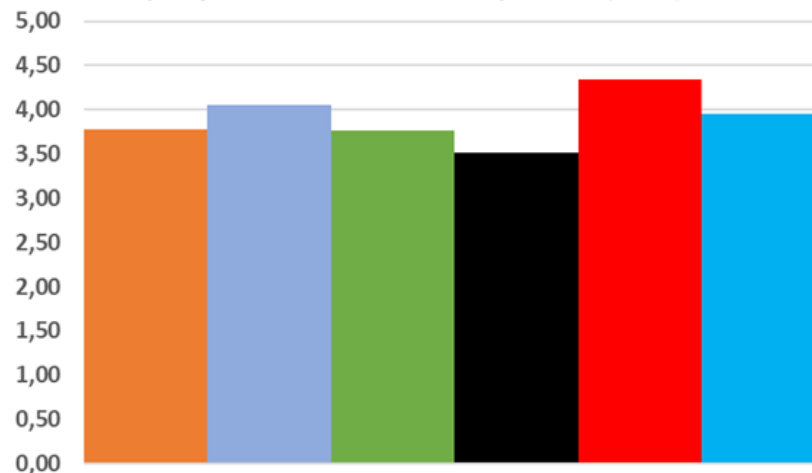
Odpornost proti razpokam pri NT SIST EN 12697-46 (TSRST UTST)

zap. št.	asfaltna zmes	preskus		gostota	tem p. ob porušitvi	največja rezerva	pri temperaturi	opombe
		SIST EN	opis		TSRST	TSRST in UTST		
				[Mg/m ³]	[°C]	[MPa]	[°C]	
1	AC 22 bin PmB 45/80-65	EN 12697-46	TSRST UTST	2,401	-36,5	3,78	-12	98-A-21
2	AC 22 bin PmB 25/55-65	EN 12697-46	TSRST UTST	2,396	-38,4	4,05	-11	42-A-21
3	SMA 22 bin PmB 25/55-65	EN 12697-46	TSRST UTST	2,459	-38,4	3,77	-11	46-A-21
4	SMA 22 bin PmB 10/40-65	EN 12697-46	TSRST UTST	2,472	-32,3	3,52	-7	580-A-21
5	AC 22 bin HMA PmB 10/40-65	EN 12697-46	TSRST UTST	2,459	-30,3	4,34	-7	740-A-21
6	AC 22 bin HMA PmB 25/55-65	EN 12697-46	TSRST UTST	2,453	-32,7	3,95	-11	64-A-22

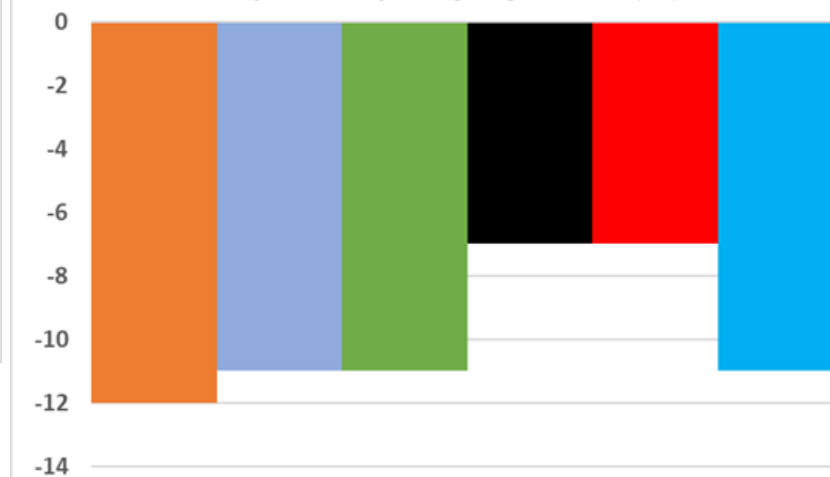
Temperatura ob porušitvi (°C)



Največja rezerva nateznih napetosti (MPa)



Temperatura pri največji rezervi (°C)



Primerjava rezultatov

Glede na dejstvo, da težko rečemo katere njihove preiskovane lastnosti so bolj ali manj pomembne, je nemogoče natančno ovrednotiti, katera zmes je boljša ali slabša od druge.

Možno pa je ugotoviti določene tendence za npr. zmesi z visokim modulom togosti AC 22 bin HMA, ki sta se dobro obnesli pri preiskavah togosti in odpornosti proti utrujanju ter odpornosti proti deformacijam, malce slabše pa pri preizkušanju pri nizkih temperaturah.

Podobno velja za obe referenčni zmesi AC 22 bin dobro obnašanje pri nizkih temperaturah in odpornost proti trajnim deformacijam, pa malo slabše pri togosti in odpornosti proti utrujanju.

Pri zmesih po konceptu sestave SMA ni možno ugotoviti tako enotnega obnašanja, veliko večji vpliv ima tu tip veziva, različica z mehkejšim vezivom izkazuje dobro obnašanje pri nizkih temperaturah in utrujanju, zmes s tršim vezivom pa ima boljše obnašanje pri togosti in pri odpornosti proti deformacijam.

Zaključki

Ugotavljamo, da so vse obravnavane različice - bitumenski beton, drobir z bitumenskim mastiksom in bitumenski beton z visokim modulom togosti – primerne za predvideni namen, to je kot asfaltna zmes za vezno plast najbolj obremenjenih vozišč v Sloveniji.

Razlike med njihovimi ugotovljenimi lastnostmi se pokažejo predvsem glede na tip uporabljenega bitumna in v posameznih lastnostih, ki določajo njihovo uporabnost glede na klimatske razmere oziroma geografsko lego, ki te razmere najbolj pogojuje.



Ob zaključku naloge se zahvaljujemo naročniku DARS za financiranje, družbi DRI za koordinacijo, družbi TAČ za materialno podporo s frakcijami kamnitih agregatov ter podjetju Interchem za dobavo PmB.