



Laboratorieprøvning af BSM på ramper, M40, Fynske motorvej, TSA 54 syd Prøvning udført for Vejdirektoratet

28. september 2020



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**

Laboratorieprøvning af BSM på ramper, M40, Fynske motorvej, TSA 54 syd

Prøvning udført for Vejdirektoratet

Rekvirent:

Vejdirektoratet
Carsten Niebuhrs Gade 43
1577 København V

Udarbejdet af:

Teknologisk Institut
Gregersensvej 4
2630 Taastrup
Byggeri og Anlæg

Kvalitetssikring:

Sagsansvarlig: Ole Grann Andersson, tlf. 7220 3209, olan@teknologisk.dk
Godkendt af: Maria Flesgård-Hansen, tlf. 7220 1326, mafe@teknologisk.dk

Opgavenr.: 941719

Versionsnr.: 01

28. september 2020

Resultater af Institutts opgaveløsning beskrevet i denne rapport, herunder fx vurderinger, analyser og udbedringsforslag, må kun anvendes eller gengives i sin helhed, og må alene anvendes i denne sag. Institutts navn eller logo eller medarbejders navn må ikke bruges i markedsføringsøjemed, medmindre der foreligger en forudgående, skriftlig tilladelse hertil fra Teknologisk Institut, Direktionssekretariatet.



Indhold

1.	Indledning	4
2.	Baggrund og formål	4
3.	Resultater	5
3.1.	Sammensætningskontrol.....	5
3.2.	Referencedensitet	5
3.3.	Stendensitet og hulrumsberegning.....	6
3.4.	Vandfølsomhed	6
3.5.	Stivhedsmodul.....	6
4.	Komprimering	7
5.	Bilag: Baggrundsdata (delresultater).....	8



1. Indledning

Efter aftale med Finn Thøgersen, Vejdirektoratet, har Teknologisk Institut, Byggeri og Anlæg den 7. september 2020 udtaget laboratorieprøver af BSM-produktionen udlagt på TSA 54, sydlige ramper, på M40, Fynske Motorvej. Prøverne er udtaget som entrepriseopfølgning. Der er efterfølgende gennemført et prøvningsprogram som nærmere forud aftalt. Prøvningen vedrører det øverste BSM-lag, som efterfølgende er afdækket med varmblandet asfalt. I rapporten er medtaget resultatet fra komprimeringskontrol af det indbyggede BSM-lag, udført med Troxler isotopsonde af Eurofins' laboratorium.

2. Baggrund og formål

SR-Gruppen har for Vejdirektoratet udlagt BSM-KMA (Bitumen Stabiliseret Materiale – Kold Mix Anlæg) på de to sydligt beliggende ramper på tilslutningsanlæg (TSA) 54 ved Vissenbjerg på Den Fynske Motorvej. Det afprøvede BSM-lag er fremstillet af affræset asfalt fra ramperne, tilsat skumbitumen (opskummet bitumen 70/100), procesvand og ca. 0,8% cement. Dette BSM-lag er udlagt ovenpå endnu et BSM-lag, som er fremstillet på basis af gammelt, stabiliseret grusbærelag. Det øverste BSM-lag er afsluttet med varmblandet asfalt (fulddækkende).

Denne rapport beskriver den udførte laboratoriekontrol af det øverste BSM-lag. Ifølge aftale med rekvirenten havde undersøgelsen følgende omfang:

- Udtagning af BSM-prøve fra SR-Gruppens produktion på det ved entreprisen opstillede KMA-anlæg og hastetransport til Teknologisk Institut i Taastrup,
- Fremstilling af prøvelegemer - indenfor 4 timer fra prøveudtagning – til videre afprøvning.
- Bestemmelse af vandindhold i prøven, efterfulgt af bitumenindhold (ekstraktion) og sigteanalyse før/efter ekstraktion, samt stendensitet,
- Indstampning af prøvelegemer både med vibration i Ø150 mm forme (3 lag til vandfølsomhed, 2 lag til stivhedsmodul) ved 20°C og Marshall 2x75 slag ved 20°C i Ø100 mm forme (i alt 2x9 legemer). Vibrationsindstampning i h.t. Wirtgens manual for BSM-prøvning¹. Vibrering i tidsinterval indtil tilstræbt densitetsværdi fra Modificeret Proctor er opnået (eller time-out 40 sekunder),
- Prøvelegemer cures min 72 timer ved 40°C hvorefter prøvning gennemføres
- Bestemmelse af prøvelegemernes dimensioner og densitet (geometrisk),
- Spaltetrækstyrkebestemmelse tør/våd (25°C, 24 timer vandbad) og bestemmelse af vandfølsomhed jf. DS/EN 12697-12
- Bestemmelse af stivhedsmodul ved 20°C jf. DS/EN 12697-26, IT-CY

Efterfølgende er der foretaget beregning af hulrum (geometrisk) og komprimeringsgrad af indbygget BSM på basis af de udførte Troxler-målinger.

¹ BSM Cold Recycling, Laboratory Handbook, Wirtgen, 2017.



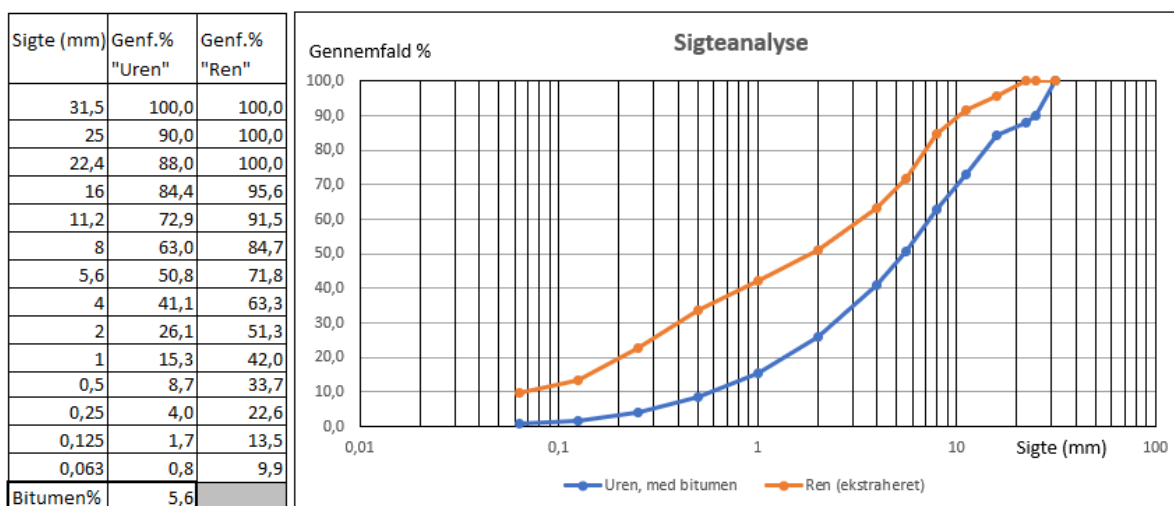
3. Resultater

De opnåede resultater fra prøvningen fremgår af de efterfølgende delafsnit.

3.1. Sammensætningskontrol

Der er på prøven ved ovtørring indledningsvis bestemt et vandindhold på 5,9%.

Følgende data er opnået for sigteanalyse henholdsvis før og efter ekstraktion, samt bestemmelse af prøvens samlede bindemiddelindhold (bitumenindhold fra gammelt, affræset materiale plus indhold fra tilsat skumbitumen i BSM). Testmetoder: DS/EN 12697-1:2020 og 12697-2:2019.



3.2. Referencedensitet

Der er på materialet dels foretaget vibrationsindstampning af Ø150 mm prøvelegemer efter Wirtgens metode, dels fremstillet Ø100 mm Marshall-legemer ved 2x75 slag (DS/EN 12697-30:2018). Begge indbygningsformer er dog foretaget ved 20°C jf. Wirtgens retningslinjer og TG2-manualen².

De opnåede densiteter er følgende (geometrisk bestemt, DS/EN 12697-6:2020):

Parameter	Vibrationsindstampning	Marshall 2x75 slag
Densitet (Mg/m³)	2,005	2,045

² Technical Guideline: Bitumen Stabilised Materials, TG2, 3rd ed., Sabita, June 2020



3.3. Stendensitet og hulrumsberegning

Der er på det ekstraherede stenmateriale foretaget bestemmelse af stendensitet, efterfulgt af hulrumsberegning på basis af DS/EN 12697-8:2018.

Resultatet fremgår af efterfølgende tabel:

Hulrumsberegning ved forskellige komprimeringsenergier/-metoder (baseret på stendensitet), geometrisk densitet

Kontroldata		Vibration		Marshall 2x75	
Bitumen %	Stendens Mg/m ³	Densitet Mg/m ³	Hulrum %	Densitet Mg/m ³	Hulrum %
5,6	2,753	2,005	20,2	2,045	18,6

Som det fremgår af ovenstående, har BSM-materialet et relativt stort hulrum, hvilket dog ikke er overraskende eller unormalt for det punktvis bundne materiale.

3.4. Vandfølsomhed

Vandfølsomheden af det testede BSM-materiale er testet på både vibrationsindstampede (Wirtgen vibrationshammer) og Marshall-indstampede (DS/EN 12697-30:2018) prøvelegemer. Vandfølsomhedstesten er gennemført jf. DS/EN 12697-12:2018, idet der dog jf. Wirtgens anvisninger er anvendt en testtemperatur på 25°C og de våde legemer er vandlagret 24 timer i vandbad ved 25°C

Følgende data er opnået:

Parameter	Vibrationsindstampning	Marshall 2x75 slag
Spaltetrækstyrke, tør (kPa)	216	281
Spaltetrækstyrke, våd (kPa)	184	238
Vandfølsomhed (%)	85,0	84,5

Som det fremgår af tabellen, er der opnået fine værdier for vandfølsomhed.

3.5. Stivhedsmodul

Der er for såvel vibrations- som Marshall-indstampede prøvelegemer bestemt stivhedsmodul ved 20°C i henhold til DS/EN 12697-26:2018, IT-CY.

Følgende data er opnået:

Parameter	Vibrationsindstampning	Marshall 2x75 slag
Stivhedsmodul, 20°C (MPa)	1.344	1.366

Det ses, at materialet udviser høje værdier for materialestivheden, hvilket umiddelbart indikerer god bæreevne.



4. Komprimering

Eurofins' laboratorium har udført komprimeringskontrol efter isotop-metoden. De opnåede tørdensiteter er korrigeret for vandindholdet, bestemt i en samtidigt udtaget prøve. Der henvises til Eurofins prøvningsrapport nr. R-20-4458A af 23/9-2020

Komprimeringsgrad opnået i fht forskellige referencer

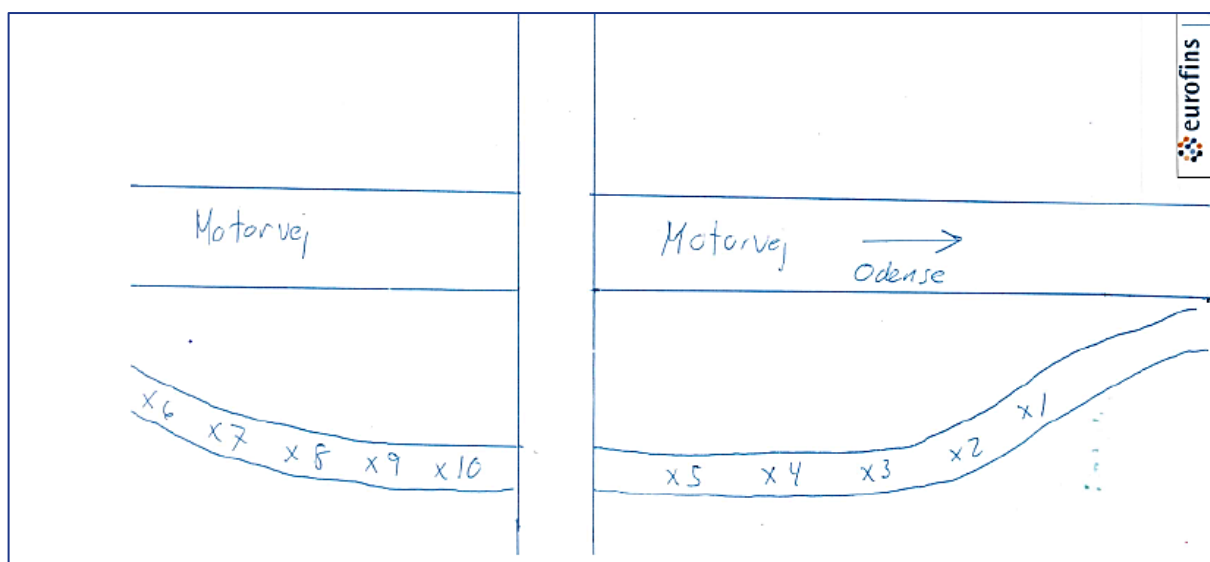
	Prøve nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Referencemetode	Densitet	1,983	1,987	2,015	2,042	2,062	2,024	2,043	1,961	1,953	1,995
Ø150 mm vibration	2,005	98,9	99,1	100,5	101,8	102,8	100,9	101,9	97,8	97,4	99,5
Ø100 Marshall 2z75	2,045	97,0	97,2	98,5	99,8	100,8	99,0	99,9	95,9	95,5	97,5

	Middel	Std. afv.	Tolerance g-kxs
Referencemetode	2,007		
Ø150 mm vibration	100,1	1,82	97,0
Ø100 Marshall 2z75	98,1	1,79	95,1

Densitetsmålinger i komprimeringskontrollen er tørdensiteter baseret på Troxler isotopsondemålinger udført af Eurofins (VBM Laboratoriet), korrigeret for w%.

Referencedensiteter er gennemsnit af lab.komprimerede kerner med den pågældende fremstillingsmetode (jf. afsnit 3.2)

Skitse for prøveudtagning (Kilde: Eurofins):





5. Bilag: Baggrundsdata (delresultater)

BSM-KMA lab.data, SR-Grp. M40 Fyn, ramper syd, TSA54, Vejdirektoratet, 7/9-2020
Oversigt over resultater inkl. delresultater



TEKNOLOGISK
INSTITUT

Receptdata: BSM "råvare" Afraeset asfalt fra M40 ramper ved Vissenbjerg Syd
Tilsat filler: 0,8% cement
Tilsat bitumen 2,2% 70/100 opskummet med 2,8% var. Tilsat % procesvand ca.3,5%

LAB.NR: 2008194-I49

Ø150 mm vibrationsindstampede legemer:

Målt W% i mix v/indst.: 5,9%

ITS, Spaltetrækstyrkedata og vandfølsomhed (DS/EN 12697- Indstamped 7/9-2020 (indenfor 4 timer fra udtagning))

Emne	Færdig BSM udtaget på TSA54 - vibrationsindstamped				VÅD			
Konditionering	TØR				VÅD			
Prøve nr	1	2	3	GNSN	4	5	6	GNSN
Densitet (g/cm ³)	2,008	1,965	2,066	2,013	2,026	2,017	1,981	2,008
D (mm)	152,1	151,8	152,4	152,1	152,0	152,1	151,9	152,0
h (mm)	91,1	91,5	88,5	90,4	88,4	90,5	91,9	90,3
P (N)	4763	3934	5278	4658	4361	4084	3406	3950
ITS (kPa)	219	180	249	216	207	189	155	184
ITSR (%)								

ITSM, Stivhedsmodulbestemmelse (DS/EN 12697-26, IT-CY)

Ref.indstamping: Færdig BSM TSA54, vibrationsindstamped

Notes: ITS = (2 * 1000 * F) / (π * 100) kPa

ITSR = 100 * ITS / ITS_{max} %

Prøve nr	7	8	9	GNSN	GNSN ALLE
Densitet (g/cm ³)	1,987	1,988	2,009	1,995	2,005
D (mm)	152,5	152,5	152,2	152,4	
h (mm)	60,72	60,5	59,9	60,4	
ITSM 20°C (Mp)	1472	1116,5	1443,5	1344	

Alle prøver er standard curret min. 72h ved 40°C

Ø100 mm Marshall-indstampede legemer, 2x75 slag v/20°C

ITS, Spaltetrækstyrkedata og vandfølsomhed (DS/EN 12697- Indstamped 7/9-2020 (indenfor 4 timer fra udtagning))

Emne	Færdig BSM udtaget på TSA54- Marshall-legemer				VÅD			
Konditionering	TØR				VÅD			
Prøve nr	1	2	3	GNSN	4	5	6	GNSN
Densitet (g/cm ³)	2,042	2,042	2,044	2,043	2,043	2,049	2,027	2,040
D (mm)	101,6	101,5	101,5	101,5	101,5	101,5	101,6	101,5
h (mm)	59,9	60,2	60,2	60,1	60,2	59,9	60,3	60,1
P (N)	2526	2790	2777	2698	2275	2388	2174	2279
ITS (kPa)	264	291	289	281	237	250	226	238
ITSR (%)								

ITSM, Stivhedsmodulbestemmelse (DS/EN 12697-26, IT-CY)

Ref.indstamping: Færdig BSM TSA54, Marshall-legemer

Notes: ITS = (2 * 1000 * F) / (π * 100) kPa

ITSR = 100 * ITS / ITS_{max} %

Prøve nr	7	8	9	GNSN	GNSN ALLE
Densitet (g/cm ³)	2,034	2,047	2,079	2,053	2,045
D (mm)	101,5	101,6	101,4	101,5	
h (mm)	60,32	59,9	58,8	59,7	
ITSM 20°C (Mp)	1474	1342	1283	1366	

Alle prøver er standard curret min. 72h ved 40°C



Foto af udtaget BSM-materiale i løs tilstand før indbygning.