

**PLĀNKĀRTAS CEĻA SEGAS
DILUMKĀRTAS SLĀŅU
(BBTM) UN CITU BITUMINĒTO
SEGUMU ATJAUNOŠANAS UN
PĀRBŪVES TEHNOLOĢIJU
IZPĒTE
(3. KĀRTA)**



Pētījums

**Plānkārtas ceļa segas
dilumkārtas slāņu (BBTM)
un citu bituminēto segumu
atjaunošanas un pārbūves
tehnoloģiju izpēte (3. kārtā)**

Izpildītājs

**Rīgas Tehniskā universitāte
Transportbūvju institūts
Ceļu un tiltu katedra**



Juridiskā adrese
Reģistrācijas numurs
Tālrunis
E-pasts
Darba vadītājs

Kaļķu iela 1, Rīga, LV-1658
90000068977
+371 26412568
viktors.haritonovs@rtu.lv
Viktors Haritonovs

Pasūtītājs

Reģistrācijas numurs
Juridiskā adrese
Līguma Nr.

Stadija

VSIA "Latvijas Valsts ceļi"

40003344207
Gogoļa iela 3, Rīga, LV-1051
LVC2019/1.10/2/AC līg. RTU reģ. Nr.03000-
3.1.2.2-e/34
Gala ziņojums / 4. stadija (100%)

Apstiprinu, 07. 12. 2020.		
(vārds, uzvārds, paraksts)		
Pētniecības projekta nosaukums		
Plānkārtas ceļa segas dilumkārtas slāņu (BBTM) un citu bituminēto segumu atjaunošanas un pārbūves tehnoloģiju izpēte (3. kārtā)		
Līguma numurs	Līgums Nr. LVC2019/1.10/2/AC līg. RTU reģ. Nr.03000-3.1.2.2-e/34	
Līguma slēgšanas datums	13.05.2019.	
Pētniecības projekta stadija	4. stadija (100%)	
Starpziņojumu kopējais skaits	4 starpziņojumi	
Ziņojuma nodošanas datums	07.12.2020.	
Pētniecības projekta stadijas izstrādes periods	13.05.2019. – 07.12.2020.	
Lappušu skaits	132	
Disks vai cits datu nesējs (ir/nav)	ir	
Eksemplāru skaits	1	
Pētniecības programma	JAUNU TEHNOLOĢIJU IZPĒTES PROGRAMMA 2018. – 2020. GADAM	
Pētniecības projekta izpildītāji	Vārds, uzvārds	Paraksts
Pētniecības projekta vadītājs	Viktors Haritonovs	
Projektu finansē	VSIA "Latvijas Valsts ceļi" / Satiksmes ministrija	
Īss apraksts Šajā projektā uzsākta mūsdienīgu, rentablu autoceļu seguma virsmas atjaunošanas risinājumu – emulsētu sīkšķembu maisījumu <i>Slurry seal</i> (SS) un <i>Microsurfacing</i> (MS) izpēte. Pētījumā apskatītas SS un MS sastāvu īpatnības un praktiskās izmantošanas pieredze vairākās valstīs, tehnisko normatīvu prasības, kā arī, izmantojot Latvijas apstākļiem tradicionālos izejmateriālus, uzprojektēti un izgatavoti MS tipa maisījumi, kas piemēroti ieklāšanai uz augstas noslodzes ceļiem. Sadarbībā ar OŪ Ūle (Igaunija) turpmākai apsekošanai veikta MS sastāvu iestrāde uz pašvaldības autoceļa Kuresārē (Sāremā). Pētījumā, izmantojot dažādas seguma atjaunošanas tehnoloģijas – BBTM, tradicionālās asfaltbetona virsmas apstrādes (VA) un virskārtas tehnoloģijas (AC, SMA), izveidoti piemēri dažādām stratēģijām, kuru mērķis ir optimizēt ceļa seguma (arī segas) uzturēšanas izmaksas tā aprites ciklā. Pētījumā sagatavotas rekomendācijas SS un MS maisījumu projektēšanai un iestrādei, kā arī sagatavots šī autoceļu segumu tipa specifikāciju projekts.		
Pielietojums/Pētījuma sfēra	Autoceļu būvniecība/Ceļu būvmateriāli	
Papildus izstrādātie materiāli	Zinātniskās publikācijas un rekomendācijas	

Saturs

Saturs	4
Kopsavilkums	6
Summary	9
Saīsinājumi	12
1. Ievads	16
2. Izejmateriāli	19
2.1. Pildvielas	19
2.2. Bitumena emulsija	20
2.3. Ūdens	21
2.4. Aizpildītājs	21
2.5. Piedevas, kuras regulē bitumena emulsijas sadalīšanos	22
3. Maisījumu projektēšana	23
3.1. Pamatprincipi	23
3.2. Projektēšanas metodika	24
3.2.1. Viegliestrādājamība	24
3.2.2. Kohēzijas pieauguma ātrums	26
3.2.3. Minimālā saistvielas daudzuma noteikšana ar WTAT testu	28
3.2.4. Maksimālā saistvielas daudzuma noteikšana ar LWT testu	29
4. Standarta LVS EN 12273 prasības	32
4.1. Standarta mērķis	32
4.2. Terminu un definīcijas	32
4.3. Izejmateriāli	33
4.3.1. Saistviela	33
4.3.2. Pildvielas	33
4.4. Slurry surfacing	34
4.4.1. Vizuālais defektu novērtējums	34
4.4.2. Slīdes pretestība	38
4.4.3. Trokšņainība	39

5. Ārvalstu tehnisko specifikāciju prasības	42
5.1. Vācija	42
5.2. Lietuva	52
5.2.1. Atsauces normatīvi	52
5.2.2. Prasības izejmateriāliem	52
5.2.3. Type Approval Installation Trial SS un MS segumu ekspluatācijas īpašību novērtēšanai un sertificēšanai	56
5.2.4. Kvalitātes kontrole	61
6. Eksperimentālā daļa	67
6.1 Sastāvu projektēšana atbilstoši ZTV BAE-StB 09	67
6.1.1. DSK 8 tipa maisījuma ar granīta šķembām projektēšana	67
6.1.2. DSK 5 tipa maisījuma ar granīta šķembām projektēšana	71
6.1.3. DSK 5 tipa maisījuma ar kvarcporfīra šķembām projektēšana	74
7. Microsurfacing iestrāde reālos ekspluatācijas apstākļos	79
7.1. 2020. gada būvobjekts Kuresārē, Sāremā	79
7.2. 2019. gada būvobjektu apsekošana pie Tallinas	90
1. būvobjekts	90
2. būvobjekts	91
3. būvobjekts	92
8. Rekomendācijas	94
9. SS un MS maisījumu projektēšana	100
10. Vienkārša pieeja autoceļu tīkla uzturēšanas izmaksu optimizēšanai, balstīta uz LCCA	105
10.1. Optimizācijas rīks PPRA	105
10.2. Ekvivalentās viena gada izmaksas EAC	106
10.3. Atlikušais kalpošanas laiks RSL	110
10.4. Izmaksu-ieguvumu vērtība CBV	114
11. Optimizācijas rīka PPRA lietošana autoceļu seguma atjaunošanas risinājumu novērtējumam Latvijā	119
11.1. Objekta apraksts	119
11.2. Objekta dzīves cikla izmaksu analīze (LCCA), lietojot Microsurfacing	121
Secinājumi	128
Literatūra	131

Kopsavilkums

Ierobežotā finansējuma apstākļos labā kvalitātē uzturēt esošo, salīdzinoši blīvo Latvijas autoceļu tīklu (vid. blīvums – 1,139 km uz 1 km²), šādi sekmējot tā atbilstību Eiropas autoceļu tīkla prasībām un līdz ar to nodrošinot cilvēku mobilitāti un stabilu pamatu vairākām tautsaimniecības nozarēm, ir grūti. Tāpēc esošā autoceļu tīkla uzturēšana un modernizācija ir viena no galvenajām prioritātēm valstī. Īpaši aktuāli tas ir ceļiem, kuru būvniecība veikta, izmantojot ES līdzekļus un kuriem pēc 6 – 12 gadiem jāveic seguma virsmas atjaunošana. Tāpēc pastāv objektīva nepieciešamība inovatīvu tehnoloģiju un materiālu pielietošanai autoceļu būvindustrijā. Šajā pētījumā uzsākta mūsdienīgu, rentablu autoceļu seguma virsmas atjaunošanas risinājumu – emulsētu sīkšķembu maisījumu *Slurry seal (SS)*, *Microsurfacing (MS)* tehnoloģiju izpēte un turpināti pētījumi, kas saistīti ar plānkārtas asfaltbetona (*BBTM*) dilumkārtām. Galvenais šī pētījuma mērķis ir tradicionālo seguma atjaunošanas tehnoloģiju – seguma izlīdzinošās frēzēšanas un jaunas dilumkārtas izbūves (*AC* vai *SMA*), bet virsmas atjaunošanai – virsmas apstrādes (*VA*) papildināšana, kā arī daļēja aizvietošana ar alternatīviem risinājumiem, kuriem būtu īsāks iestrādāšanas laiks, konkurētspējīgākas izmaksas un labākas ekspluatācijas īpašības, iekļaujot tās aktuālajās „Ceļu specifikācijas” prasībās.

Pētījumā analizētas *SS* un *MS* tehnoloģijas, standarta LVS EN 12273 prasības, kā arī Vācijas specifikāciju *ZTV BAE-StB 09*, *ASV ISSA (International Slurry Surfacing Association)* un Lietuvas *TRA APM 10* un *IT APM 10* prasības. *SS* un *MS* tehnoloģiju pamatā ir emulsētie bituminētie maisījumi, kuru sastāvā ir pieci komponenti (bitumena emulsija, sīkšķembas, ūdens, aizpildītājs un piedeva), to izgatavošana un ieklāšana aukstā veidā. *SS* un *MS* tehnoloģijas ir specificētas un veiksmīgi tiek lietotas praksē vairākās pasaules valstīs, piemēram, Igaunijā, Vācijā, Francijā, ASV, Baltkrievijā u.c. Visu valstu izstrādāto specifikāciju pamatā ir *ISSA (International Slurry Surfacing Association)* izstrādātā projektēšanas procedūra, kā arī standartā LVS EN 12273 definētās prasības. Analizējot *SS* un *MS* sastāvu projektēšanas pamatprincipus, tika secināts, ka tie ir līdzīgi asfaltbetona projektēšanas pamatprincipiem, jo receptūras izstrādes procesā tiek raksturoti izvēlētie izejmateriāli, to savietojamība, viegliestrādājamība, kā arī ieklātā galaprodukta īpašības. Tomēr, atšķirībā no asfaltbetona, *SS* un *MS* sastāvu sertificēšanai atbilstoši LVS EN 12273 jāveic defektu vizuālais novērtējums, balstoties uz kvalitatīvām un kvantitatīvām metodēm, iestrādājot

šos sastāvus ceļa eksperimentālajā posmā un pēc 11 – 13 mēnešiem veicot defektu vizuālo novērtējumu, lai šiem maisījumiem piešķirtu kvalitātes kategoriju. *SS* un *MS* sastāvu un ekspluatācijas īpašību sertificēšana ir līdzīga tradicionālajai virsmas apstrādes tehnoloģijai atbilstoši LVS EN 12271. Šajā pētījumā, izmantojot Latvijas apstākļiem tradicionālos izejmateriālus – granīta šīkšķembas 0/2, 2/5 un 5/8, portlandcementu *CEM II 32,5*, bitumena emulsiju *C65BP1-DSK* (*C65BP6* atbilstoši LVS EN 13808) – projektēti un izgatavoti *DSK 8* un *DSK 5* tipu (klasifikācija atbilstoši *ZTV BAE-StB 09* prasībām) maisījumi, kuru īpašības atbilst autoceļu būvklasēm no *Bk100* līdz *Bk0,3*, kā arī gājēju ceļiem un veloceliņiem (autoceļi klasificēti atbilstoši vācu *RStO'12* prasībām).

Šajā pētījumā efektīvākai *SS* vai *MS* ceļu segumu atjaunošanas tehnoloģijas ieviešanai un izmantošanai ar mērķi iegūt kvalitatīvu galaproduktu – atjaunotu, ilgmūžīgu, satiksmei drošu un ekoloģisku ceļa segas virskārtu – piedāvāta virkne rekomendāciju attiecībā uz *SS* un *MS* maisījumu izejmateriāliem, sastāvu projektēšanu, izgatavošanu, testēšanu un ieklāšanu. Rekomendāciju izstrādē ņemti vērā Latvijas klimatiskie apstākļi.

Šajā pētījumā, sadarbībā ar *OÜ Üle* (Igaunija), veikta *MS* maisījumu (virskārta *Type II* un apakškārta *Type III* atbilstoši *ISSA* klasifikācijai, *ASV*) iestrāde pašvaldības autoceļam Kuresārē (Sāremā) tā turpmākai apsekošanai, kā arī lai sagatavotu rekomendācijas šī tipa maisījumu iestrādei. Tāpat veikta vairāku autoceļa posmu apsekošana, kur 2019. gadā tika iebūvēti *MS* sastāvi Tallinā, pie Tallinas un Sāremā uz dažādas intensitātes autoceļiem. 2019. gada jūlijā ieklātie *MS* segumi pēc viena ekspluatācijas gada atrodas labā stāvoklī. Prognozējams, ka tie kalpos vēl vismaz piecus gadus. Savukārt 2019. gada septembrī ieklātajiem *MS* segumiem tiek novērota izteikta lobīšanās. Iegūtie rezultāti apstiprina temperatūras un mitruma ietekmi uz *MS* kvalitāti, kad ir augsts gaisa mitrums (> 70%) un naktīs zema temperatūra (< 10 °C). Labais *MS* sniegums jūlijā un sliktais septembrī iebūvētajiem segumiem izskaidrojams ar to, ka septembrī iestrādātajiem sastāviem ir ļoti lēns ciettapšanas laiks (*curing*), jo starp bitumenu un šīkšķembām adhēzijas saites veidojas ļoti lēni. Vasaras periodā, kad segums ir sasilis līdz 40 °C un vēl vairāk, adhēzijas saites izveidojas 24 stundu laikā, bet, ja seguma temperatūra < 20 °C, adhēzijas saites veidojas līdz pat 20 dienām ilgi (šajā laikā pakļaujot segumu transporta – sevišķi ar radžotām riepām – iedarbībai, notiek lobīšanās).

Pētījumā, izmantojot dažādas seguma atjaunošanas tehnoloģijas (*BBTM*, tradicionālo

virsmas apstrādi, tradicionālo asfaltbetona virskārtas veidošanu), veikta autoceļu uzturēšanas (atjaunošanas) izmaksu optimizēšana, lai sasniegtu maksimālo autoceļu seguma kalpošanas laiku. Dzīves izmaksu cikla novērtējums veikts, izmantojot *Pavement Preservation and Recycling Alliance (PPRA)* optimizācijas rīku. Izveidoti piemēri dažādu stratēģiju izveidei, kā arī izmaksu optimizācijai, balstoties uz izmaksu-ieguvumu vērtību (CBV).

Pētījumā sagatavotas rekomendācijas SS un MS maisījumu projektēšanai un iestrādei, kā arī sagatavots specifikāciju projekts šim autoceļu seguma tipam.

Summary

In the conditions of limited funding, it is difficult to maintain the existing relatively dense (1,139km per 1km²) road network in good quality for promoting the compliance of Latvian roads with the requirements of the European road network, which ensures the mobility of people and the basis for several sectors of the economy. Therefore, the maintenance and modernization of the existing road network is one of the main priorities in Latvia. This is especially actual for roads built with EU funds, which need to replace pavements after 6-12 years. Therefore, there is an objective need for the application of innovative technologies and materials in the road construction industry. This project initiated the research of modern and cost-effective road surface maintenance solutions - emulsified aggregate mixtures (Slurry seal (SS), Microsurfacing (MS)). The main goal of the research is to supplement the traditional technology (milling and construction of the new overlay, chip seal for upkeep pavement surface) with faster, cheaper and high performance surface maintenance technology and to include it in the current version of the "Road Specification" requirements.

The research analyzes SS and MS mixtures and technologies, requirements of LVS EN 12273 standard, as well as requirements of German (ZTV BAE-StB 09), USA (ISSA (International Slurry Surfacing Association)), Lithuanian (TRA APM 10 and IT APM 10) specifications. SS and MS technologies are based on emulsified bituminous mixture consisting of five components (bitumen emulsions, crushed aggregates, water, filler, additive) as well as production and in cold way laying of this mixture.

SS and MS technologies have been specified and successfully used in practice in several countries, such as Estonia, Germany, Lithuania, France, USA, Belarus, etc. The specifications developed by all countries are based on the design procedure developed by ISSA (International Slurry Surfacing Association), as well as the requirements defined in the standard LVS EN 12273.

Principle of SS and MS composition design in some aspects is similar to asphalt concrete design, because in the process of mixture design the constituents is described, their compatibility, mixture workability, as well as the properties of constructed SS or MS

pavement layer. However, unlike asphalt concrete, certification of SS and MS compositions according to LVS EN 12273 requires visual defect assessment (similar to chip seal) based on qualitative and quantitative methods. To assign quality grades (categories), the mixture must be laid in the full scale tests section and evaluated at 11 and 13 months.

In this project, DSK 8 and DSK 5 type compositions (classification according to ZTV BAE-StB 09 requirements) were designed and prepared using traditional constituents - granite aggregates 0/2, 2/5 and 5/8, Portland cement CEM II 32.5, bitumen emulsions C65BP1. The properties of the mixtures correspond to the road classes Bk100 to Bk0.3, as well as to pedestrian and bicycle lanes (roads are classified according to the requirements of the German RStO'12).

For more efficient implementation and use of SS or MS technology with the aim of obtaining a high-quality end product this research proposes a number of recommendations for the constituents, mixture composition design, preparation of mixture, testing and laying of SS and MS pavement.

In this study, in cooperation with OÜ Üle (Estonia), MS mixtures (Type II and Type III according to ISSA classification, USA) were laid on the municipal road in Kuressaare (Saaremaa) for further evaluation, as well as to prepare recommendations for the application of this type of mixture. A survey of several road sections was also carried out with the MS mixture pavements constructed on roads of different intensities in 2019 in Tallinn, near Tallinn and Saaremaa. MS constructed in July 2019 show good performance after one year of operation. The service life is expected to be at least five years. However, MS laid in September 2019 showed pronounced reeling, which proves the effect of temperature and humidity on the quality of MS. The good performance of MS in July and the poor performance in September can be explained by the fact that the mixtures laid in September have a very slow curing time, because the adhesion bond between the bitumen and the aggregates is very slow. During the summer, when the pavement warms up to + 40 °C and more degrees, the adhesion bond is formed in 24 hours, but at the pavement temperature < +20 °C the adhesion bond is formed for up to 20 days (during this time, the pavement forms reeling when exposed to transport and studded tires).

In the research, using various pavement repair technologies (BBTM, traditional surface

treatment, traditional HMA overlay), the optimization of road maintenance costs was performed in order to achieve the maximum road pavement service life. Life cycle cost assessment was performed using the Pavement Preservation and Recycling Alliance (PPRA) optimization tool. Examples have been developed for developing different strategies as well as cost optimization based on cost-benefit value (CBV).

In this research recommendations for the design and construction (laying) of SS and MS mixtures were prepared, as well as draft specifications for this type of pavement is proposed.

Saīsinājumi

AC	<i>Asphalt Concrete</i> (angļu val.)	asfaltbetons
AADT	<i>Annual average daily traffic</i> (angļu val.)	vidējā diennakts satiksmes intensitāte
BBTM	<i>Béton Bitumineux Mince</i> (franču val.)	plānkārtas asfaltbetons
B_{min}		minimālais bitumena saistvielas saturs
B_{max}		maksimālais bitumena saistvielas saturs
B70/100		ceļu bitumens ar penetrāciju no 70 līdz 100
CBV	<i>Cost-Benefit Value</i> (angļu val.)	izmaksu-ieguvumu vērtība
C_{100/0}		drupināto un laužto virsmu kategorija
C65BP1		katjonu polimērmodificētās bitumena emulsijas klase
DSK	<i>Dünne Asphaltdeckschichten in Kaltbauweise</i> (vācu val.)	<i>Slurry seal</i>
EAC	<i>Equivalent annual cost</i> (angļu val.)	ekvivalentās viena gada izmaksas
E_{cs}³⁵		smalkā minerālmateriāla šķautņainības kategorija atbilstoši plūšanas testa metodei
ESAL	<i>Equivalent single axle load</i> (angļu val.)	ekvivalentā standarta ass slodze
FPC	<i>Factory Production Control</i> (angļu val.)	RPK – ražošanas procesa kontrole
FI₁₅		šķembu plākšņainības indeksa kategorija

Saīsinājumi

ISSA	<i>International Slurry Surfacing Association</i> (angļu val.)	Starptautiskā <i>Slurry seal</i> asociācija
IT APM 10	<i>Automobiļu keliu asfalta dangu priekšūrai skirtu medžiagu ir medžiagu mišiniu panaudojimo ir jų sluoksnių įrengimo taisyklės</i> (lietuviešu val.)	Lietuvos specifikācijas materiāliem un bituminētajiem maisījumiem, kas paredzēti autoceļu uzturēšanai
LA		Losandželosas koeficients
LCCA	<i>Life Cycle Cost Analysis</i> (angļu val.)	dzīves cikla izmaksu analīze
LWT	<i>Loaded Wheel Test</i> (angļu val.)	noslogotā riteņa tests
MS	<i>Microsurfacing</i>	
NR		nav reglamentēts
PCI	<i>Pavement Condition Index</i> (angļu val.)	autoceļa seguma stāvokļa indekss
PMB		polimērmodificētais bitumens
PPRA	<i>Pavement Preservation and Recycling Alliance</i> (angļu val.)	seguma saglabāšanas un reciklēšanas alianse
PSV	<i>Polished Stone Value</i> (angļu val.)	šķembu pulējamības vērtība
RSL	<i>Remaining Service Life</i> (angļu val.)	atlikušais kalpošanas laiks
RStO'12	<i>Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen</i>	Vācijas vadlīnijas satiksmes zonu segumiem

Saīsinājumi

SBS		asfaltbetons
SI₁₅		šķembu formas indeksa kategorija
SS	<i>Slurry seal</i>	
SZ₁₈		šķembu drupināšanas izturības kategorija atbilstoši triecienslodzes testēšanas metodei
ŠL	<i>šlamo dangas</i> (lietuviešu val.)	<i>Slurry seal</i>
TAIT	<i>Type Approval Installation Trial</i> (angļu val.)	tipa izmēģinājuma posma ierīkošana
TL BE-StB 15	<i>Technische Lieferbedingungen für Bitumenemulsionen</i> (vācu val.)	tehniskie piegādes nosacījumi bitumena emulsijām
TRA APM 10	<i>Dėl Automobilių kelių asfalto dangų priežiūrai skirtų medžiagų ir medžiagų mišinių techninių reikalavimų aprašo TRA APM 10 patvirtinimo</i>	Lietuvos specifikācijas materiāliem un maisījumiem, paredzētiem autoceļu uzturēšanai
TRA BE 08	<i>Automobilių kelių bitumų ir polimerais modifikuotų bitumų techninių reikalavimų aprašas</i>	Lietuvos tehniskās prasības polimērmodificētam bitumenam, paredzētam autoceļu segumiem
TRA MIN 07	<i>Automobilių kelių mineralinių medžiagų techninių reikalavimų aprašas</i>	Lietuvos tehniskās prasības minerālmateriāliem, paredzētiem autoceļu segumiem
Type III, Type II, Type I	<i>Annual average daily traffic</i> (angļu val.)	<i>Slurry seal</i> tipi atbilstoši ASV ISSA klasifikācijai
VA		virsma apstrāde

Saīsinājumi

V_{min}		minimālais poru saturs
V_{max}		maksimālais poru saturs
WTAT	<i>Wet Track Abrasion Test</i> (angļu val.)	nodiluma tests mitrā sliežu vietā
ZTV BEA-StB 09	<i>Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für die Bauliche Erhaltung von Verkehrsflächenbefestigungen – Asphaltbauweisen</i>	Vācijas papildu tehniskie nosacījumi un vadlīnijas satiksmes laukumu segumu strukturālajai uzturēšanai – asfaltbetona ieklāšana metodes

1. Ievads

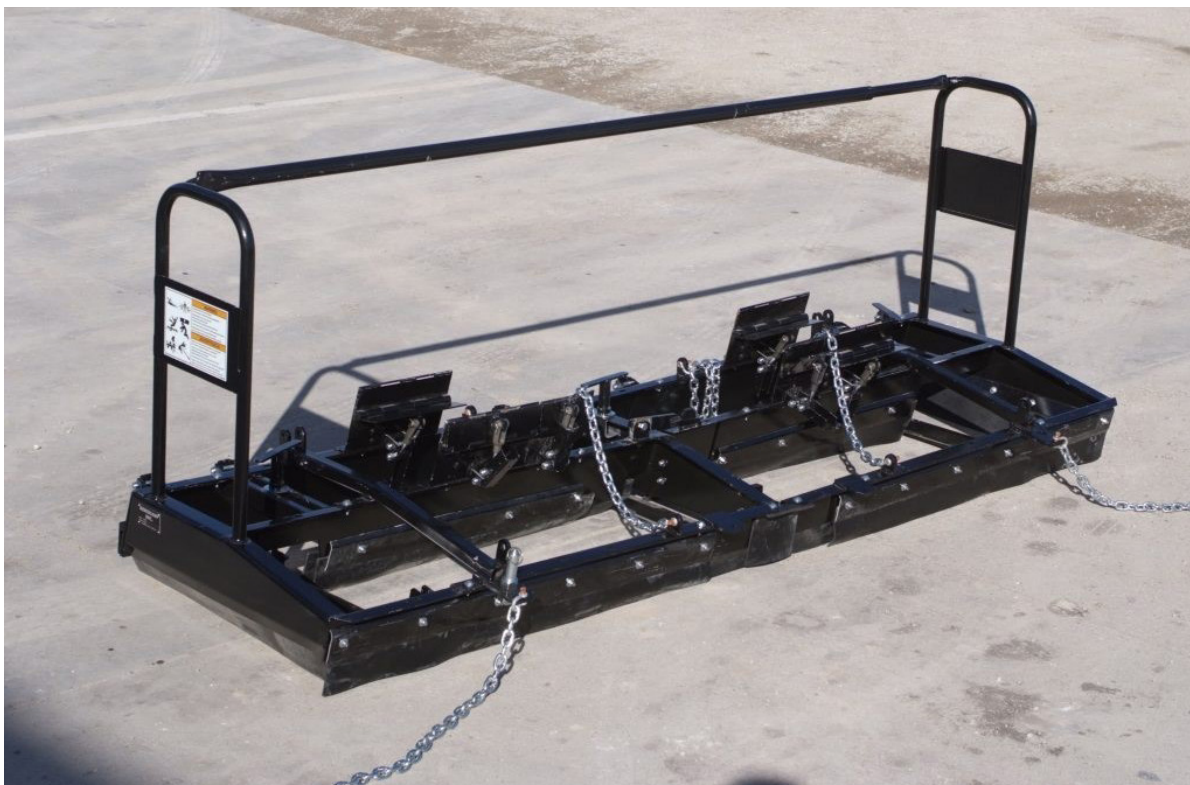
Slurry seal (turpmāk tekstā SS) konsistencei līdzīgus aukstos bituminētos maisījumus sāka lietot jau pirms vairāk nekā simts gadiem. 1928. gadā Vācijā Dr. Oberbahs aprakstījis produktu ar nosaukumu “*Schlamm*”, kuram piemita neparasta spēja iekapsulēt mitru smilti bitumenā (penetrācijas klase 80/100) 145 °C temperatūrā. Šo produktu izmantoja, lai apstrādātu novecojušus ceļa segumus, kā arī plaisu aizpildīšanai. “*Schlamm*” tehnoloģiju izmantoja līdz lēni sadalošos emulsiju ieviešanai. Pirmās bija anjonu emulsijas, kurām saistīšanas laiks lielā mērā bija atkarīgs no laika apstākļiem, jo šo emulsiju sadalīšanās notiek ūdens iztvaikošanas rezultātā. Šīs emulsijas deva iespēju sagatavot SS, ko varēja uzglabāt mucās un izmantot līdzīgā veidā kā “*Schlamm*” produktu. Tajā laikā SS bija materiāls, kurš bija piemērots ceļa seguma remontdarbiem un atjaunošanai reģionos ar labvēlīgiem klimatiskajiem apstākļiem (apkārtējas vides temperatūra nodrošina SS maisījuma viegliestrādājamību un ciettapšanu). 20. gs. 60. gadu sākumā sāka attīstīties mašīnu un iekārtu ražošana, kuras spēja nepārtraukti ražot (t.i., dozēt izejmateriālus dažādās proporcijās) un ieklāt SS (skat. 1. att.). Šī tehnoloģija turpināja attīstīties, līdz 1978. gadā Vācijā tika izveidots jauns produkts ar nosaukumu *Microsurfacing* (turpmāk tekstā MS), kurš salīdzinājumā ar SS veido raupjāku virsmu, ir piemērots augstākas noslodzes un intensitātes ceļiem un kam ir īsāks cietēšanas laiks (skat. 1. tab.).



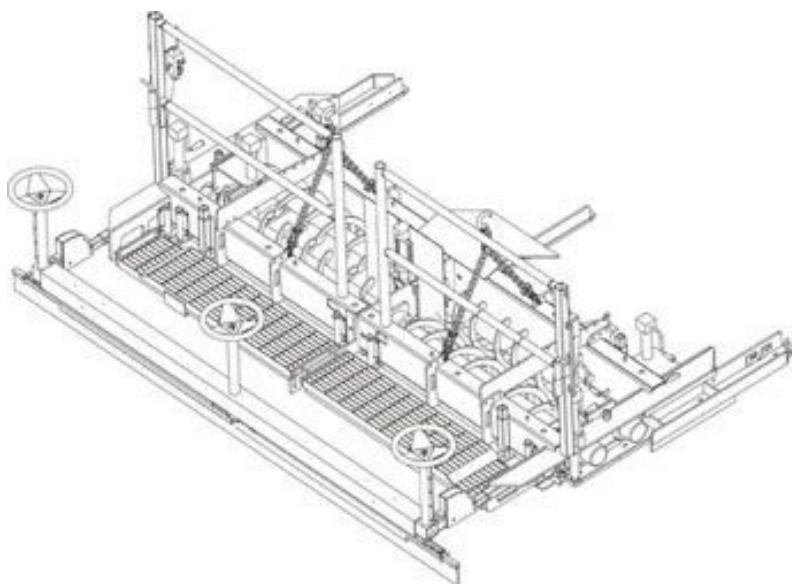
1. att. *Slurry seal* ieklājējs Rex Slurry Matic (www.nouryon.com)

1. tabula SS un MS virsmas atjaunošanas tehnoloģiju salīdzinājums

	SS	MS
Bitumena emulsija	• Nemodificētā vai modificētā • Anjonu vai katjonu • Ātri vai lēni sadalošās	• Vienmēr polimērmodificētā • Vienmēr katjonu ātri sadalošās
Piedevas/sadalīšanās	Emulsijas sadalīšanās vairāk atkarīga no laika apstākļiem nevis no piedevas	Emulsijas sadalīšanās tiek regulēta ķīmiski, izmantojot, piemēram, sadalīšanās palēninātājus (<i>retarder</i>)
Maisījuma stingums/iekārtas	• Viegli iestrādājams maisījums • Velkamā materiāla izkliešanas kaste bez šneka (<i>drag box</i>) (skat. 2. att.)	• Stingāks maisījums • Hidrauliskā materiāla izkliešanas kaste ar diviem šnekiem Kastes aizmugurē ir slīpuma regulators (skat. 3. att.)
Sīkšķembas	Reglamentē granulometriju, LA, smilts ekvivalentu, drupināto un laužto virsmu saturu	Salīdzinājumā ar <i>Slurry seal</i> , <i>Microsurfacing</i> ir augstākas prasības smilts ekvivalentam
Pielietojums	Atjaunota slīdes pretestība, aizsargāta novecojušā seguma virsma, virsmas poru aizpildīšana segumiem ar izteiktu šķembu lobīšanos zema sablīvējuma dēļ	Salīdzinājumā ar <i>Slurry seal</i> , <i>Microsurfacing</i> piemērots augstākai satiksmes intensitātei, rišu aizpildīšanai, ceļa profila labošanai
Ceļa segas slānis	Nav strukturāls	Strukturāls
Slāņa biezums	1,5 D	Var ieklāt vairākos 1,5 D slāņos
Satiksmes palaišana pēc ieklāšanas	1 – 4 stundas (maijs-jūlijs) 1 – 8 stundas (augusts-septembris)	1 – 2 stundas (maijs-jūlijs) 1 – 6 stundas (augusts-septembris)



2. att. *Slurry seal* iekārtas velkošā kaste bez šneka



3. att. *Microsurfacing* iekārtas hidrauliskā izkliedētāja kaste ar diviem šnekiem un slīpuma regulatoriem aizmugurē

2. Izejmateriāli

SS ir auksti emulsēts sīkšķembu maisījums jeb lietais asfaltbetons plānkārtām (ieklāj bez sablīvēšanas). SS struktūru raksturo nepārtraukta bitumena mastikas fāze ar slāņa biezumu ne lielāku par 1,5 no rupjākās šķembu frakcijas izmēra. MS struktūru raksturo nepārtraukta minerālmateriālu fāze. SS un MS ir **5 komponentu sistēma**:

- pildvielas (sīkšķembas);
- bitumena emulsija;
- ūdens;
- cements vai cits aizpildītājs;
- piedevas, kas regulē bitumena emulsijas sadalīšanos (atkarībā no receptes paātrina vai palēnina).

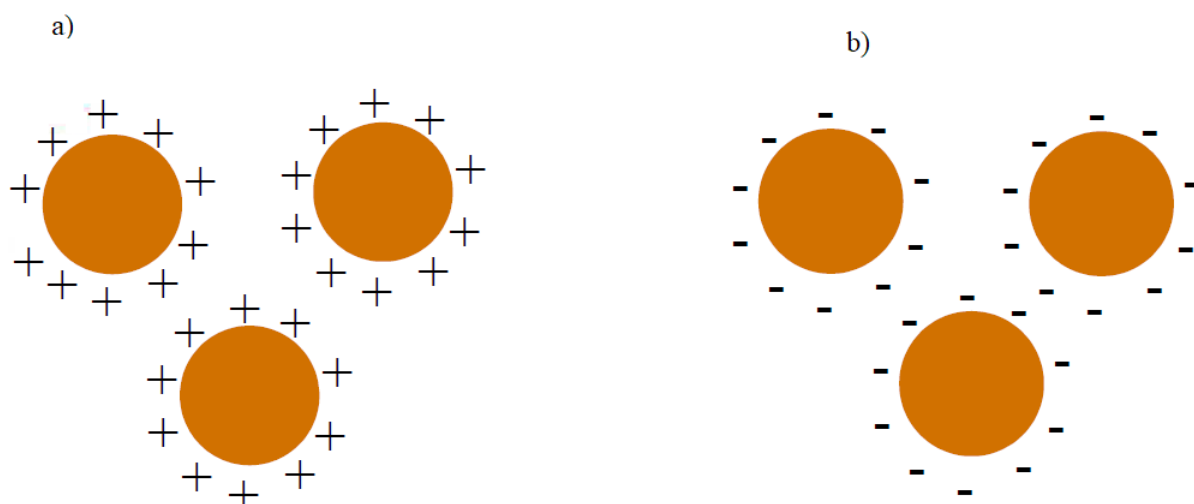
Prasības SS un MS definētas LVS EN 12273 standartā (Asfalta virsmas apstrāde ar emulsiju. Prasības/Slurry surfacing – Requirements).

2.1. Pildvielas

Atkarībā no granulometrijas pildvielas veido 85 līdz 90% no SS un MS sastāva. Granulometrisko sastāvu raksturo nepārtraukta līkne, un to parasti veido trīs frakciju, piemēram, 0/2, 2/5 un 5/8 šķembas. Šķembām jābūt ar 100% drupinātām virsmām un izturīgām pret mehānisko iedarbību (ar augstu nodilumizturību un drupināšanas izturību). Minerālmateriālu īpašībām jāatbilst standarta LVS EN 13043 prasībām. Šķembu daļiņām jābūt tīrām, t.i., jābūt ar maksimāli zemu smalknes saturu. Smalkne negatīvi ietekmē galaprodukta kvalitāti, jo tajā esošais māls var reaģēt ar bitumena emulsiju savas lielās īpatnējas virsmas dēļ un ievērojami ietekmēt bitumena emulsijas sadalīšanās laiku. Lai kontrolētu smalknes daudzumu un tās kvalitāti, minerālmateriālam jānosaka smalknes saturs (*f*) un metilēnzilā vērtība (*MB*). Lai kontrolētu mālaino daļiņu kvalitāti, *International Slurry Surfacing Association (ISSA)* rekomendē izmantot smilts ekvivalenta testu (*SE*). Minimālās *SE* prasības SS maisījumiem paredzētam minerālmateriālam ir 45, MS maisījumiem – 65.

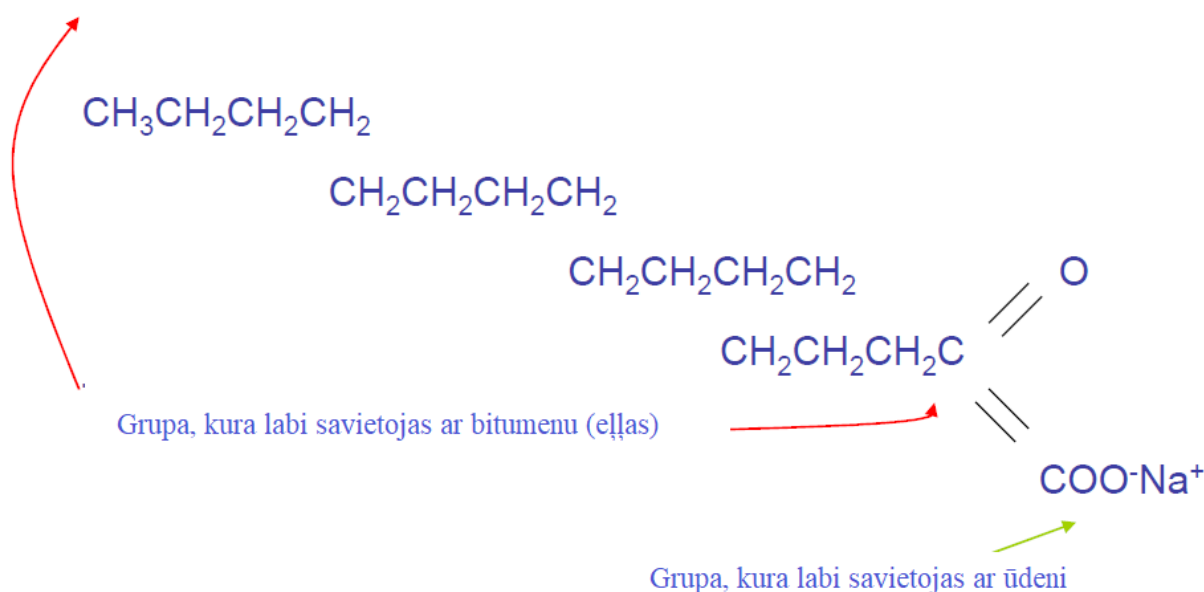
2.2. Bitumena emulsija

Par bitumena emulsiju SS sastāviem izmanto nemodificēto vai polimērmodificēto bitumenu (PMB), MS sastāviem – tikai polimērmodificēto bitumenu. MS sastāvu izstrādei pārsvarā izmanto katjonu emulsiju, bet SS sastāviem – gan katjonu, gan anjonu emulsiju. Anjonu emulsijas veido uz anjonu virsmaktīvo vielu bāzes, bet katjonu – uz katjonu virsmaktīvo vielu bāzes (skat. 4. att.).



4. att. Bitumena emulsijas: a – katjonu; b – anjonu

Bitumena emulsijas savietojamībai ar ūdens vidi lieto emulgatorus, kas uz noteiktu laiku nodrošina emulsijas stabilitāti, pēc kura tā sadalās (atkarībā no emulgatora emulsijas var būt lēni, vidēji vai ātri sadalošās). 5. attēlā parādīts piemērs anjonu emulgatora struktūrai.



5. att. Anjonu emulgatora struktūra

Emulsijas saturs maisījumos parasti ir no 5,5 līdz 10% pēc masas. Bitumena saturs emulsijā ir 60 – 67%. Emulsijas sadalīšanās laiku kontrolē tādā veidā, lai tā saglabātu uzglabāšanas un transportēšanas stabilitāti (homogenitāti), bet pēc *SS* vai *MS* ieklāšanas maksimāli ātri sadalītos. Bitumena emulsijas sastāvs pielāgots izmantoto sīkšķembu un emulgatora īpašībām, kā arī galaprodukta – ieklātā *SS* vai *MS* īpašībām, lai nodrošinātu atbilstošu šķembu pārklāšanu (adhēziju), ātru sadalīšanos un maksimāli ātru satiksmes palaišanu. Par izejas bitumenu emulsijas iegūšanai bieži izmanto bitumenu B70/100. Izgatavojot PMB, parasti izmanto 1 – 4% *SBS* (stirols butadiēns stirols) vai *SBR* (stirols butadiēns gumijas latekss) polimērus. PMB viskozitātei (konsistencei) jābūt līdzīgai kā bitumenam B70/100, bet ar labāku kohēziju un adhēziju ar minerālmateriālu, kas *MS* sastāviem nodrošina labāku nodilumizturību transporta slodzes iedarbībā, mazāku jutību pret temperatūras svārstībām, noturību pret rukuma plaisām, kā arī pret risēm un noguruma plaisām.

2.3. Ūdens

Ūdens nepieciešams sīkšķembu un iepriekš pievienotā aizpildītāja samitrināšanai, lai samazinātu segregāciju un atvieglotu minerālmateriāla pārklāšanos ar emulsiju. Šis ūdens parasti satur virsmaktīvo vielu (ūdenim to pievieno), kas uzlabo adhēziju starp saistvielu un minerālmateriālu, kā arī kontrolē bitumena emulsijas sadalīšanos. Tāpat ūdens veido vidi, kurā tiek samaisīti *SS* vai *MS* komponenti. Līdz ar to tam ir nozīmīga ietekme uz maisījuma iestrādājamību. Ūdens *SS* un *MS* sastāvā tiek ievadīts trīs veidos, kuri viens otru papildina: kā mitrums minerālmateriālā, kā izejviela bitumena emulsijai un kā ūdens iepriekšējai samitrināšanai. Lietotajam ūdenim jābūt tīram; priekšroka tiek dota dzeramajam ūdenim.

2.4. Aizpildītājs

Cements vai kaļķakmens tiek lietots, lai regulētu bitumena emulsijas sadalīšanās ātrumu, kā arī lai korigētu granulometrisku sastāvu. Aizpildītājs ietekmē *SS* un *MS* maisījuma iestrādājamību, cietēšanas ātrumu un mehāniskās īpašības. Parasti pievienotā aizpildītāja daudzums ir 1 – 2% pēc masas.

2.5. Piedevas, kuras regulē bitumena emulsijas sadalīšanos

Ieklājot *SS* vai *MS*, jākontrolē bitumena emulsijas sadalīšanās laiks. Šim nolūkam izmanto palēninātājus, kas palielina sadalīšanās laiku līdz pieņemamai vērtībai, kura nodrošina atbilstošu bitumena emulsijas izmantošanu *SS* un *MS* maisījumos, šādi izvairoties no tās priekšlaicīgas sadalīšanās ieklājēja izklīdētājā. Palēninātāja daudzums parasti ir 0 – 2% no bitumena emulsijas masas. Praksē pieņemts pievienot ļoti nelielu palēninātāja daudzumu, jo tas var negatīvi ietekmēt *SS* un *MS* sastāvu kohēziju. Parasti aukstā laikā pievienot palēninātāju nav nepieciešams.

3. Maisījumu projektēšana

3.1. Pamatprincipi

Projektēšanas mērķis ir precīzi noteikt izejmateriālu proporciju SS un MS maisījumiem. Maisījumu projektēšanu un testēšanu veic laboratorijā. Projektēšanas pamatprincipi ir līdzīgi asfaltbetona projektēšanas pamatprincipiem, jo receptūras izstrādes procesā tiek raksturoti izvēlētie izejmateriāli, to savietojamība, iestrādājamība, kā arī ieklātā galaprodukta īpašības. SS un MS receptes tiek izstrādātas, balstoties uz:

- sīkšķembu veidu un izcelsmi;
- sīkšķembu granulometriju;
- emulsijas veidu;
- bitumena daudzumu un veidu bitumena emulsijā;
- emulsijas saturu SS un MS maisījumos;
- piedevu veidu un daudzumu SS un MS maisījumos.

Visizplatītākā ir ISSA (*International Slurry Surfacing Association*) izstrādātā projektēšanas procedūra. Vairākas valstis, piemēram, Francija un Vācija, ir adoptējušas šo procedūru, kā arī Eiropas standarts EN 12273 (Asfalta virsmas apstrāde ar emulsiju. Prasības/*Slurry surfacing – Requirements*) balstās uz ISSA izstrādāto pieeju. ISSA vadlīnijas izstrādātas atsevišķi SS (*Recommended Performance Guideline For Emulsified Asphalt Slurry Seal A105; Revised February 2010*) un MS tehnoloģijām (*Recommended Performance Guideline For Micro Surfacing A143; Revised February 2010*). ISSA vadlīnijas apraksta rekomendētās prasības izejmateriāliem, testus, kas novērtē izejmateriālu savietojamību un apstrādājamību, kā arī ekspluatācijas testus, kuri novērtē sacietējušā SS vai MS īpašības un cietēšanas ātrumu, lai varētu aprēķināt laiku līdz satiksmes palaišanai. Parasti SS un MS izstrāde iekļauj šādas stadijas.

1. Viegliestrādājamības un pārklāšanas īpašību izpēti:

- izejmateriālu savietojamības noteikšanu (sīkšķembu ar bitumena emulsiju), novērtējot bitumena adhēzijas īpašības;
- maisījuma sastāva noteikšanu, lai ieklāšanas procesā nodrošinātu pietiekami ilgu maisījuma viegliestrādājamību (tiek nodrošināta pietiekama SS un MS maisījumu plūstamība un bitumena emulsijas sadalīšanās ātrums).

2. Kohēzijas pieauguma ātruma (ciettapšanas ātruma) novērtējumu, no kura ir atkarīgs satiksmes palaišanas laiks.

3. *SS* un *MS* sacietējušo paraugu testēšanu, lai pārliecinātos, ka ir sasniegtas atbilstošās ekspluatācijas īpašības.

Tāpat maisījumu projektēšanas procesā laboratorijas apstākļos, izmantojot reprezentatīvos paraugus, svarīgi ir ievērot *SS* un *MS* ekspluatācijas vides apstākļus, it īpaši temperatūru, kā arī novērtēt sīkšķembu ķīmisko reaktivitāti, lai bitumena emulsijas reaktivitāti, ko var regulēt ar emulgatora tipu, daudzumu un pH, pielāgotu sīkšķembu reaktivitātei.

3.2. Projektēšanas metodika

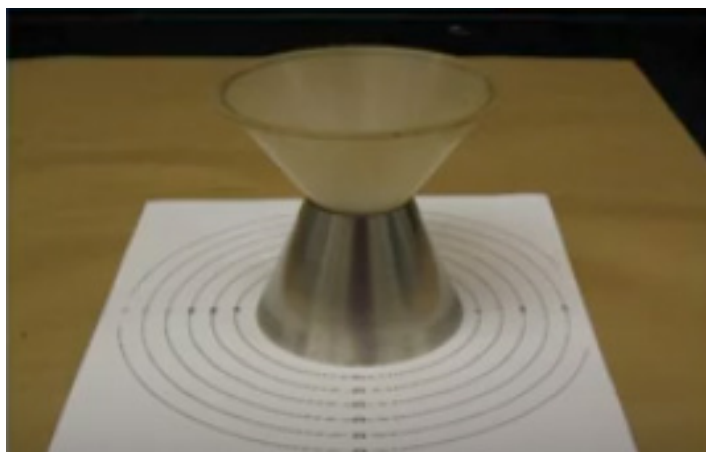
Maisījumu projektēšanai ir izstrādātas vairākas metodes:

- 1) viegliestrādājamības vai konsistences nodrošināšana atbilstoši LVS EN 12274-3 (Emulsētu sīkšķembu maisījums. Testēšanas metodes. 3. daļa: Konsistence);
- 2) abrazivitātes nodrošināšana atbilstoši LVS EN 12274-7 (Emulsētu sīkšķembu maisījums – Testēšanas metodes. 7. daļa: Kratīšanas nodiluma tests);
- 3) kohēzijas pieauguma ātruma nodrošināšana atbilstoši LVS EN 12274-4 (Emulsētu sīkšķembu virsma. Testēšanas metodes. 4. daļa: Maisījuma kohēzijas noteikšana);
- 4) testa veikšana saistvielas satura optimizācijai atbilstoši LVS EN 12274-5 (Emulsētu sīkšķembu maisījums. Testēšanas metodes. 5. daļa: Minimālā saistvielas daudzuma un nodiluma noteikšana).

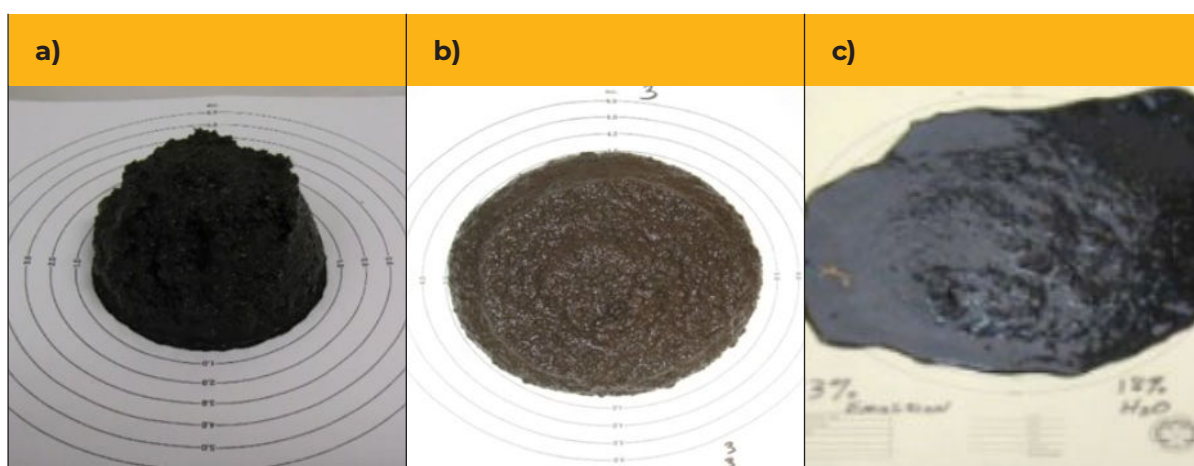
3.2.1. Viegliestrādājamība

SS un *MS* maisījumu viegliestrādājamību nosaka ar konusa nosēšanās lielumu. Šī procedūra ir līdzīga tai, kuru izmanto cementbetona jeb betona maisījuma viegliestrādājamības testēšanai. Metode aprakstīta LVS EN 12274-3 standartā, kā arī *ISSA* procedūrā (*Technical Bulletin No 106 Measurement of Slurry Seal Consistency*). Ar šo metodi emulsētiem maisījumiem nosaka nepieciešamo ūdens daudzumu, lai iegūtu stabilu un viegli ieklājamu maisījumu. Testēšanai izmanto 70 mm augstu metāla konusu ar augšējo diametru 40 mm un apakšējo diametru 60 mm (skat. 6. att.). Pirms konusa uzpildīšanas to uzliek uz pamatnes, uz kuras uzzīmēta viegliestrādājamības skala – 7 koncentriski apli. Testēšanas

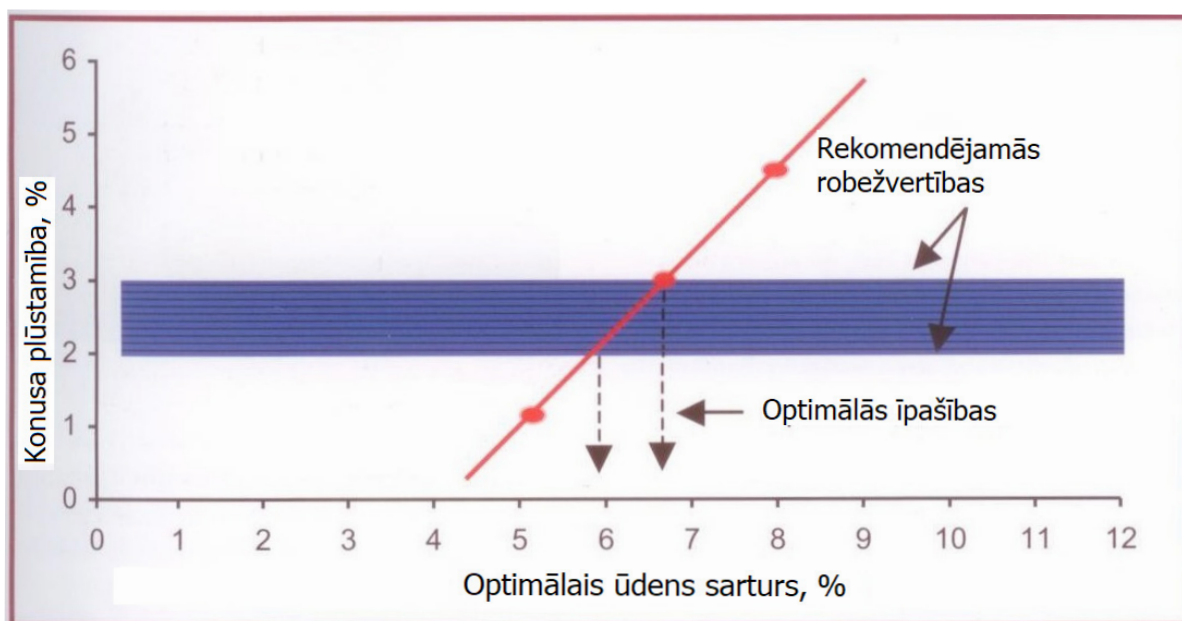
laikā konusu piepilda ar SS vai MS maisījumu, tad to paceļ un nosaka emulsētā maisījuma izplūduma (nosēduma) diametru. Pieņemts, ka optimālais nosēduma diametrs ir robežās no 2,0 līdz 3,0 cm (skat. 7. un 8. att.). Nosakot attiecību starp ūdens daudzumu un konusa nosēdumu, tiek izvēlēts optimālais ūdens daudzums. Svarīgi atzīmēt, ka šo testu veic tikai maisījumiem, kuru emulsija nav polimērmodificēta, un neveic MS maisījumiem (kam izmanto tikai PMB emulsiju), kas projektēti ceļa posmiem, kuros pēc maisījuma ieklāšanas ļoti ātri jāpalaiž satiksme, kā arī sastāviem, kuros tiek izmantotas mikroslāņveidīgas jeb fibras.



6. att. Viegliestrādājamības iekārta – konuss ar viegliestrādājamības skalu



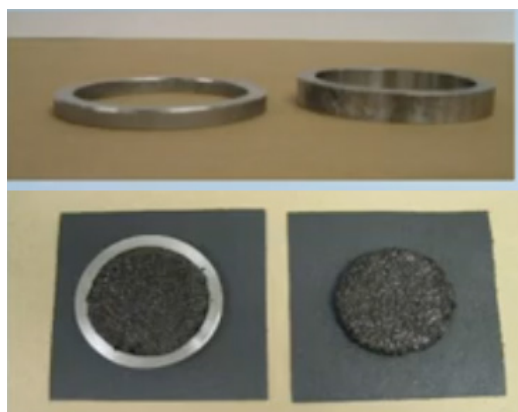
7. att. Viegliestrādājamības rezultāti: a – maisījums ir pārāk sauss;
b – maisījuma viegliestrādājamība ir atbilstoša;
c – maisījums ir pārāk mitrs (*Slurry Surfacing - Chapter 2 Materials & Mix Design*)



8. att. Optimālā ūdens saturs noteikšana ar konusa nosēduma testu (USIRF)

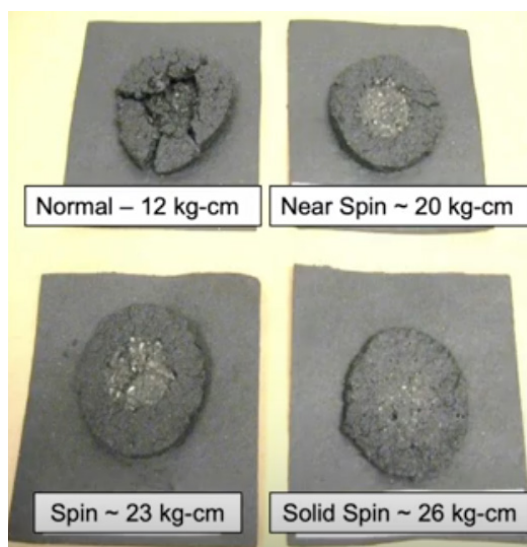
3.2.2. Kohēzijas pieauguma ātrums

Pēc ūdens daudzuma optimizācijas jāizgatavo SS un MS paraugu sērija nākamajam etapam, kurā tiks noteikts optimālais aizpildītāja saturs un speciālā aizpildītāja (cements, kaļķi) iedarbība uz kohēziju mitrā vidē. Šis tests nosaka cietēšanas laiku un nepieciešamo laiku satiksmes palaišanai. Testa veikšanai izmanto speciālu iekārtu, kas mēra griezes momentu, kuru rada 32 mm diametra gumijas disks uz SS vai MS cilindriskā parauga ar diametru 60 mm un augstumu 6 – 8 mm (paraugu izgatavošanai izmanto gredzenveida veidnes; skat. 9. att.). Gumijas diskam pieliekta 200 KPa slodze (skat. 10. un 11. att.). Metode aprakstīta standartā LVS EN 12274-4, kā arī ISSA procedūrā (*Technical Bulletin No 139 Test Method to Determine Set and Cure Development of Slurry Surfacing Systems by Cohesion Tester*).



9. att. Cilindriskās formas SS un MS paraugu izgatavošana kohēzijas testa veikšanai

Griezes momentu nosaka 20, 30, 60, 90, 150, 210 un 220 min pēc SS vai MS izejmateriālu sajaukšanas. Piemēram, Francijā reglamentē griezes momentu 2 N·m (20,4 kg·cm) ceļa kategorijai T3. Atbilstoši ISSA procedūrai (*Technical Bulletin No 139 Test Method to Determine Set and Cure Development of Slurry Surfacing Systems by Cohesion Tester*), pārrāvuma modas iedala četrās klasēs: normāla (normal), kad veidojas vairākas radiālās plaisas (zem 12 kg·cm), *near spin*, kad veidojas viena radiālā plaisa (ap 20 kg·cm), *spin*, kad neveidojas plaisa, bet novērojama sīkšķembu daļiņu dislokācija (ap 23 kg·cm), un *solid spin*, kad neveidojas plaisas un nepārvietojas sīkšķembas, bet disks testa laika slīd pa SS vai MS virsmu.



10. att. Kohēzijas testa pārrāvuma modas



11. att. Kohēzijas testa iekārta (www.cooper.co.uk)

3.2.3. Minimālā saistvielas daudzuma noteikšana ar WTAT testu

Minimālā saistvielas daudzuma noteikšana tiek veikta, balstoties uz WTAT (*Wet Track Abrasion Test*) testēšanas rezultātu interpretāciju. Metode aprakstīta standartā LVS EN 12274-5, kā arī ISSA procedūrā (*Technical Bulletin No 100 Laboratory Test Method for Wet Track Abrasion of Slurry Surfacing Systems*). WTAT testēšanas metode nosaka SS un MS virsmu spēju pretoties abrazīvajam nodilumam. Tests imitē automobiļu riepu agresīvu iedarbību uz SS un MS segumiem mitrā vidē, kā arī simulē iedarbību, kura veicina daļiņu lobīšanos (*stripping*). Testa veikšanai izgatavo SS vai MS paraugus ar diametru 280 mm, kuri cietēšanas procesā žāvēšanas kamerā 60 °C temperatūrā sasniedz konstantu masu. Tad paraugus ievieto uz vienu vai/un sešām diennaktīm ūdenī, lai pēc tam tos pakļautu abrazīvai iedarbībai ar slogotu abrazīvo galvu, uz kuras ierīkota gumijas caurule (skat. 12. att.).



12. att. WTAT testēšanas iekārta (www.slurry.org)

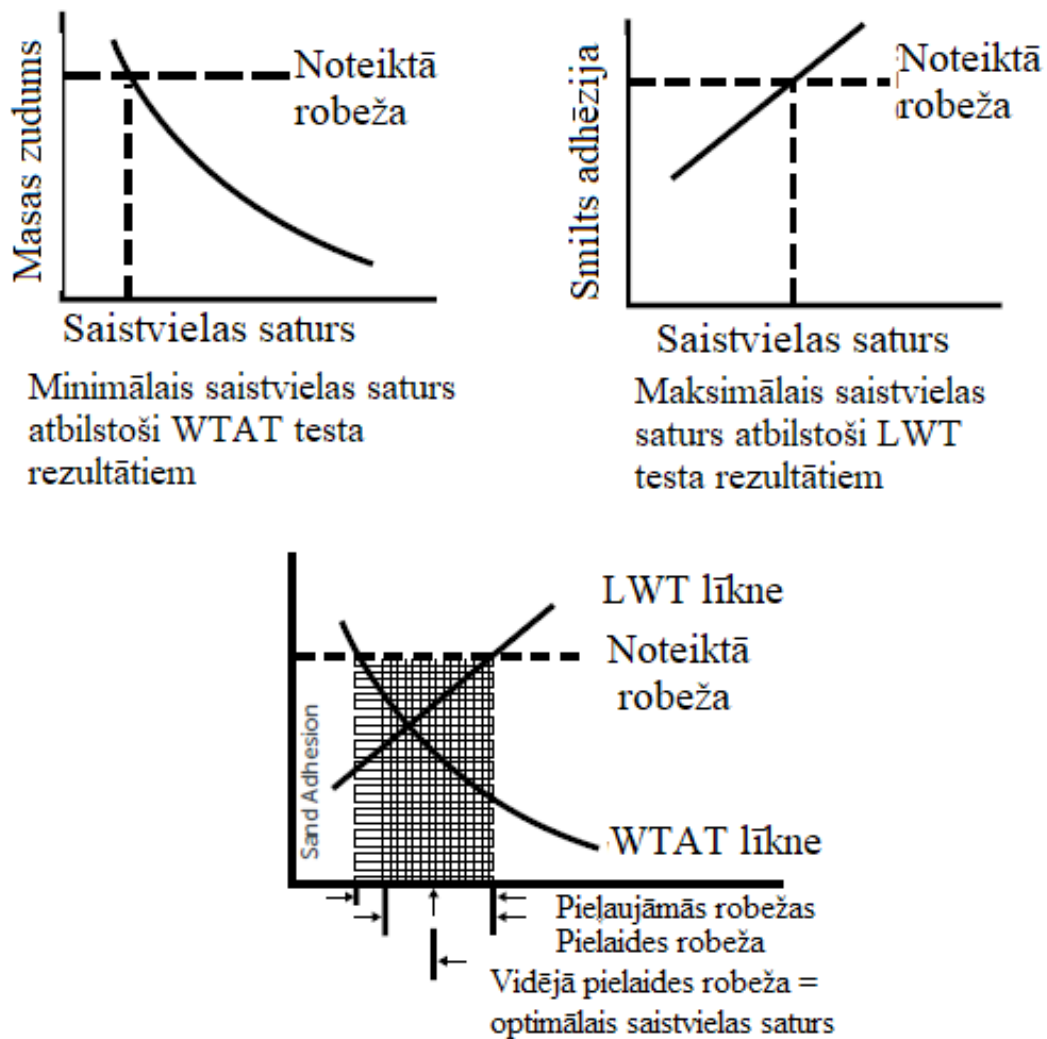
Testēšanu veic 5 minūtes, pa elipsi rotējot slogotu (2,3 kg) abrazīvo galvu. Izdrupušās daļiņas savāc, izžāvē un nosver, lai aprēķinātu masas zudumu, izteiktu g/m². Katram sastāvam veic trīs testus. Minimālais saistvielas daudzums ir tāds, kurš dod iespēju samazināt masas zudumu noteiktas transporta slodzes un satiksmes intensitātes gadījumā. Palielinot saistvielas saturu, samazinās masas zudums.

3.2.4. Maksimālā saistvielas daudzuma noteikšana ar LWT testu

Maksimālā saistvielas daudzuma noteikšana tiek veikta, balstoties uz *LWT (Loaded Wheel Test)* testa rezultātu interpretāciju (skat. 13. att.). Metode aprakstīta *ISSA* procedūrā (*Technical Bulletin No 109 Test Method for Measurement of Excess Asphalt In Bituminous Mixtures by Use of a Loaded Wheel Tester and Sand Adhesion*). Liels saistvielas daudzums var veicināt saistvielas noplūdi un seguma deformāciju, tāpēc jānosaka maksimālais saistvielas daudzums. Testēšanu veic ar slogotu gumijas riteni, lai kustīgā riteņa slodzes iedarbībā blīvētu *SS* vai *MS* maisījumus. *LWT* tests simulē satiksmi, 25 minūtēs radot uz seguma vienu miljonu transportlīdzekļu asu slogošanas ciklu ar 57,2 kg smagu riteni. Testēšanu veic 25 °C temperatūrā. Paraugs tiek sagatavots speciālā veidnē plānas *SS* vai *MS* plātnes veidā, izturot to 18 – 20 stundas 60 °C temperatūrā. Pēc 1000 cikliem nosaka deformāciju, pārmērot parauga biezumu un platumu, kā arī nosakot sablīvējumu, t.i., nosakot tilpumblīvumu pēc *LWT* testa. Tad paraugu atkal ievieto iekārtā sākumstāvoklī un virs parauga centra novieto speciālu veidni smiltij. Pēc tam 300 g smilts tiek uzsildīta līdz 82,2 °C un vienmērīgi bērtā veidnē. Pēc smilts uzbēršanas uz *SS* vai *MS* parauga nekavējoties uzliek metāla plāksnīti un to noslogo ar *LWT* iekārtas 1000 slogošanas cikliem. Noņemot metāla plāksnīti, paraugu notīra ar putekļsūcēju un nosaka parauga svara pieaugumu smilts adhēzijas rezultātā. Balstoties uz *WTAT* un *LWT* testu rezultātiem, nosaka optimālo saistvielas saturu (skat. 14. att.).

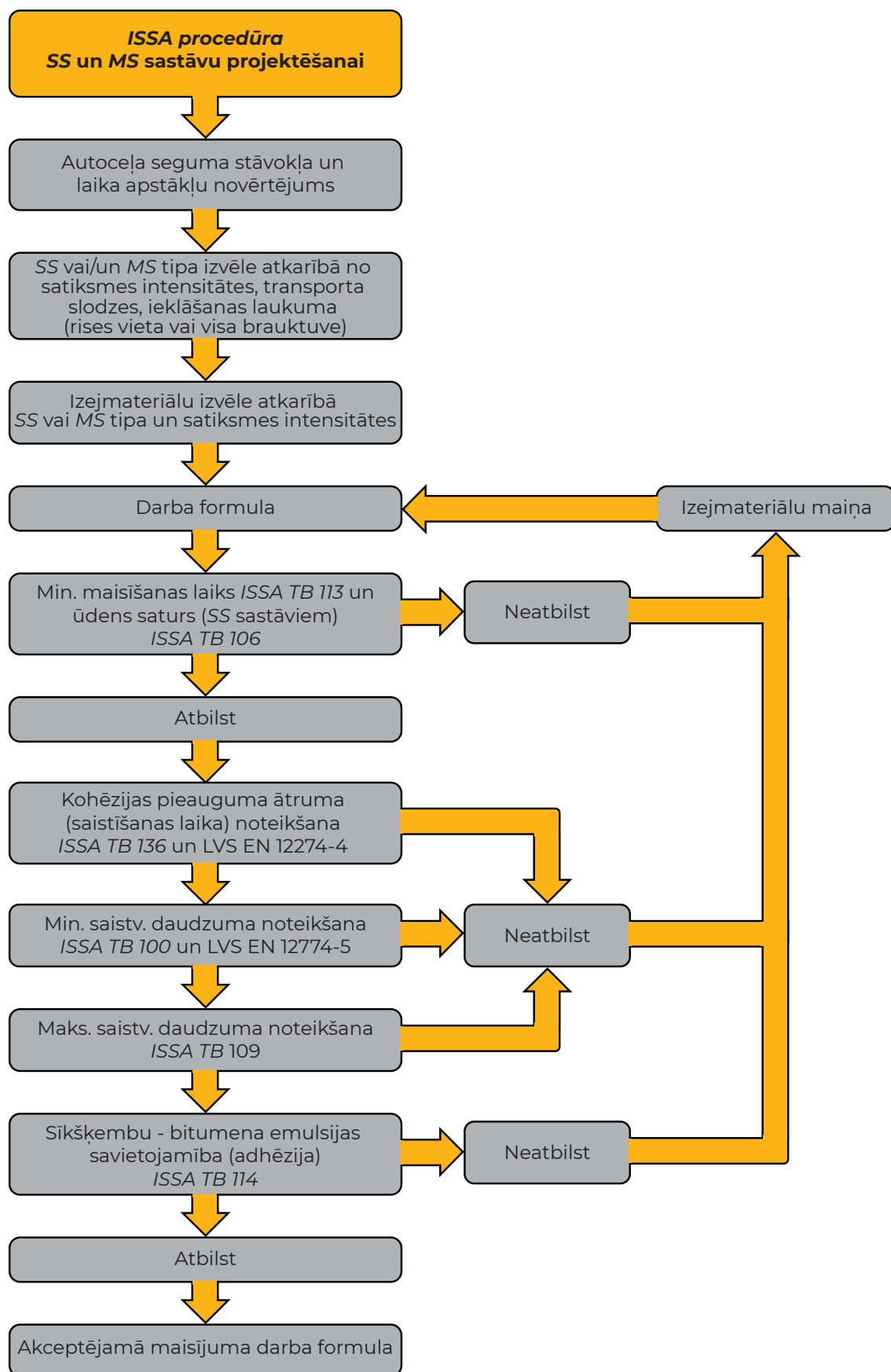


13. att. *LWT* tests



14. att. Saistvielas satura optimizācijas shēma

15. attēlā parādīta *ISSA* (*International Slurry Surfacing Association*) izstrādātā projektēšanas procedūra.



15. att. SS un MS maisījumu projektēšanas blokshēma

4. Standarta LVS EN 12273 prasības

4.1. Standarta mērķis

1. Šis standarts specificē prasības ekspluatācijas īpašībām un ieklāšanas kontroles procedūras SS maisījumiem kā produktiem, kuri paredzēti autoceļu un citu satiksmes laukumu virsmu apstrādei (t.sk. gājēju ceļiem un veloceliņiem).
2. Šī standarta prasības nav paredzētas SS maisījumiem, kuri paredzēti maziem laukumiem – $\leq 500 \text{ m}^2$ (piem., nelieliem remontdarbiem).
3. Šo standartu neattiecinā uz SS maisījumiem, kurus izstrādājis pasūtītājs (pircējs).
4. Šis standarts neattiecas uz lidlauku segumiem.

4.2. Terminu un definīcijas

1. *Slurry surfacing jeb slurry seal (SS)* – bituminēts maisījums, kurš sastāv no pildvielām, bitumena emulsijas un piedevām un kuras samaisa un ieklāj uz vietas (*in-place*). SS produkts (segums) var sastāvēt no viena vai vairākiem slāņiem. SS, kuru sastāvā ir rupjākas frakcijas, sauc par *micro-surfacing (MS)*, bet smalkākus emulsētus maisījumus, kam $D \leq 4 \text{ mm}$, sauc par *slurry seal (SS)*. Šajā standartā iekļauti gan SS, gan MS maisījumi.
2. Saistviela ir bitumena emulsija, kas var tikt modificēta ar polimēru vai citu piedevu.
3. SS un/vai MS maisījuma sastāva projekts ir recepte (darba formula), kā arī šī maisījuma (iestrādei pieteiktā SS un/vai MS sastāva) projektēšanas metode, lai sasniegtu specificētās ekspluatācijas īpašības.
4. *TAIT (Type Approval Installation Trial)* – sinonīms sākotnējai tipa testēšanai (*ITT*), kura demonstrē, ka SS īpašības atbilst deklarētajām atbilstoši šim standartam. *TAIT* iekļauj ceļa eksperimentālo posmu ar SS sastāvu, kurš izbūvēts, izmantojot *FPC (Factory Production Control)* un pakļauts ekspluatācijas īpašību testēšanai pēc viena gada. *TAIT* veic, lai ražotājs varētu pārliecināties par iespēju uzprojektēt un ieklāt savu produktu.

4.3. Izejmateriāli

Var tikt izmantoti tikai tie izejmateriāli, kuriem ir sasniegta piemērotība SS maisījumu izstrādei.

Izejmateriālu piemērotībai jābūt nodrošinātai ar:

- 1) Eiropas standartu;
- 2) Eiropas tehnisko apstiprinājumu (*European Technical Approval – ETA*);
- 3) materiālu specifikācijām, kuras balstītas uz pierādītiem faktiem (vēsturi) par materiāla izmantošanas piemērotību SS. Šie pierādījumi var būt pamatoti ar iepriekš veikto laboratorisko izpēti.

4.3.1. Saistviela

Saistvielai jābūt bitumena emulsijai, kas var būt modificēta ar polimēru atbilstoši standartam LVS EN 13808. Saistvielas kohēzijai jāatbilst klasei, kas norādīta standartā LVS EN 13808.

4.3.2. Pildvielas

Minerālmateriālu klases (kategorijas) jāizvēlas atbilstoši standartam LVS EN 13043. Maksimālo šķembu frakciju mm deklarē atbilstoši:

- pamatsieti + 1. sietu komplekts: 2; 4; 5,6 (5); 8; 11,2 (11) vai
- pamatsieti + 2. sietu komplekts: 2 (vai 2,8); 4; 6,3 (6); 8; 10; 12,5 (12).

Projektētās garnulometriskās līknes un pielaides jādeklarē (procedūra – šī standarta pielikumā C 3h).

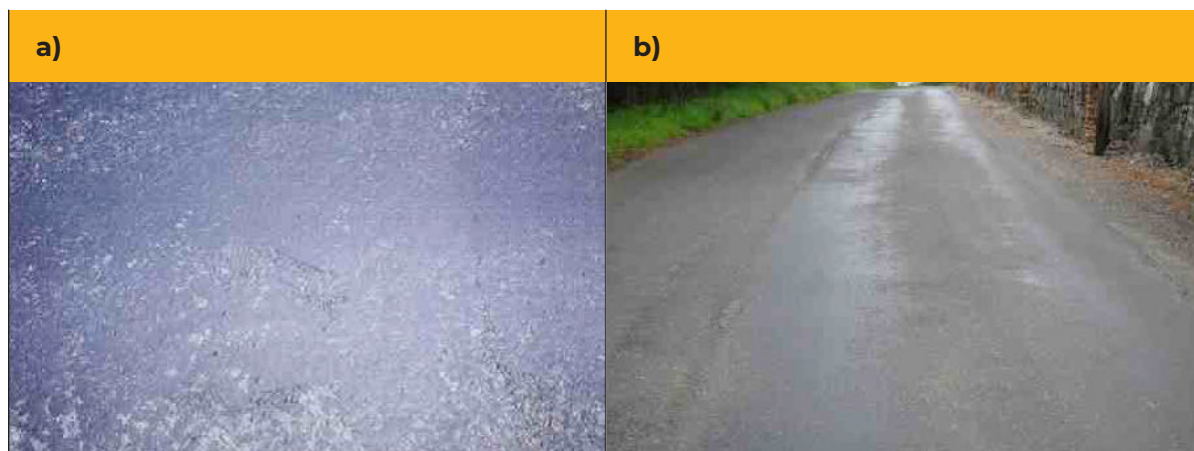
4.4. Slurry surfacing

4.4.1. Vizuālais defektu novērtējums

Jāveic vizuālo defektu novērtēšana, balstoties uz standartu LVS EN 12274-8, kurā norādītas kvalitatīvās un kvantitatīvās (empīriskās) metodes, lai varētu novērtēt tādas SS būtiskas īpašības kā saistvielas un sīkšķembu adhēzija, SS izturība pret deformācijām, spēja sacietēt, izturība pret abrazīvo ietekmi, SS slāņa saķere ar pamatni un saķeres stiprība, kā arī jāveic virsmas makrotekstūras novērtēšana. Defektu vizuālā novērtēšana jāveic starp 11. un 13. mēnesi pēc ieklāšanas, jo izteiktāki defekti pārsvarā veidojas pirmajos 12 mēnešos pēc ieklāšanas. Defekti, kuru rašanās cēlonis ir esošās ceļa segas (SS pamatnes) īpašības, netiek ņemti vērā. TAI/T atskaitē norādītie rezultāti dod iespēju novērtēt SS seguma ilgmūžību reālos ekspluatācijas apstākļos.

Vizuālais novērtējums tiek veikts, balstoties uz šādu defektu konstatāciju:

- svīšana, pārsātināšanās un sliežu veidošanās (*bleeding, fatting un and tacking*). Šis defekts parādās kā bitumena pārpalikuma plēve (brīvais bitumens, kurš izspiežas pārāk liela saistvielas satura dēļ) uz seguma un veido tam spīdīgu un atstarojošu virsmu, kas karstā laikā kļūst lipīga. Svīšana notiek, bitumenam migrējot uz seguma virsmu, bet pārsātināšanās – rupjajām šķembu daļiņām pārvietojoties uz leju. Tomēr bieži atšķirt šos bojājumus vizuāli ir grūti, tāpēc parasti ar terminu "svīšana" apzīmē gan svīšanu, gan pārsātināšanos. Sliežu veidošanās ir svīšana, kas kā spīdīgā virsma parādās automobiļu sliežu vietās (skat. 16. att.);



16. att. Seguma virsmas svīšana: a – svīšana un pārsātināšanās; b – svīšana sliežu vietās

(www.rmo.ie)

- atslāņošanās (delamination) ir SS atdalīšanās no esošās ceļa segas pamatnes vai no apakšējā slāņa, ja SS kārtā tiek ieklāta vairākos slāņos (skat. 17. att.);



17. att. Slurry seal atslāņošanās (<https://slideplayer.com>)

- **SS slāņa nodilums un pārklājuma samazināšanās** (*wearing and loss of slurry surfacing*; skat. 18. att.);



18. att. Nodilums

- šķembu lobišanās (*loss of aggregate*) – transporta iedarbībā no virsmas tiek atrautas šķembas (skat. 19. att.). Galvenie šī bojājuma rašanās iemesli ir slikta saistvielas adhēzija ar minerālmateriālu vai priekšlaicīga satiksmes palaišana (SS segums vēl nav paspējis sacietēt);



19. att. Šķembu lobīšanās uz SS virsmas (<http://onlinemanuals.txdot.gov>)

- **nepabeigtas joslu savienojuma vietas** (*lane joint gaps*);
- **seguma nobīde jeb slīdēšana** (*slippage*) ir horizontālā deformācija, kas veidojas, augšējam SS slānim slīdot pa apakšējo slāni transporta slodzes iedarbības rezultātā (skat. 20. att.);



20. att. Seguma nobīde jeb slīdēšana [9]

- **šķērsviļņošanās jeb rievu veidošanās** (*corrugation*) ir seguma šķērsvirziena viļņošanās. Tā parasti veidojas vietās, kur notiek strauja transportlīdzekļu paātrināšanās vai bremzēšana (skat. 21. att.);



21. att. Šķērsvīļņošanās jeb rievu veidošanās (<http://www.pavemanpro.com>)

- **mazo un atkārtoto defektu grupas** ir defekti ar laukumu, mazāku par 1 m^2 , bet lielāku par 10 D (D – rupjāko šķembu frakcija atbilstoši LVS EN 13043);
- **gareniskās rievas** (*longitudinal grooves – score marks*) ir defekti, kurus rada rupjākās šķembas vai sacietējušā maisījuma gabali, kas izvilkti ar SS mašīnas izkliedētāja kasti.

Lai veiktu defektu vizuālo novērtējumu, katrai ceļa joslai jāizvēlas $100 \pm 1 \text{ m}$ garš ceļa posms. Sekcijas var izvietot jebkurā ceļa posma vietā, bet pie nosacījuma, ka tās nedrīkst pārklāties. Laukumi starp testa sekcijām, kuri netika izvēlēti testēšanai, testa laikā tiek uzskatīti par nesabojātiem – bez defektiem.

Defektu vizuālā novērtējuma veikšanai tos sadala šādās grupās:

P_1 ir defektu – svišanas, pārsātināšanās un sliežu veidošanās izsvīdumu vietās laukums 100 m garā testa sekcijā, izteikts procentos no visa testēšanas sekcijas laukuma;

P_2 ir defektu – atslāņošanās, nodiluma, šķembu lobīšanās, rišu veidošanās un slāņa slidēšanas laukums 100 m garā testa sekcijā, izteikts procentos no visas testēšanas sekcijas laukuma;

P_3 ir defektu – rievu un izciļņu laukums 100 m garā testa sekcijā, izteikts procentos no visas testēšanas sekcijas laukuma;

P_4 – taisnstūra vai taisnstūru ar maziem (var būt atkārtotie) defektiem laukums 100 m garā testa sekcijā, izteikts procentos no visas testēšanas sekcijas laukuma;

L – summārais gareniskās rievas garums (m) 100 m garā testa sekcijā.

P_1 , P_2 un P_3 defektu laukumam uz individuālās testa sekcijas laukuma jābūt lielākam par 1 m^2 . Ja defektu laukums ir mazāks par 1 m^2 , tad šie defekti jāpieskaita pie P_4 grupas.

P_1 , P_2 , P_3 un P_4 aprēķina pēc formulas: $P_i = \frac{A_i}{S}$,

kur:

P_i – defektu grupas P_1 , P_2 , P_3 vai P_4 laukums 100 m garā testa sekcijā proporcionāli visas testēšanas sekcijas laukumam, %;

A_i – defektu grupas P_1 , P_2 , P_3 vai P_4 laukums 100 m garā testa sekcijā;

S – 100 m garas testēšanas sekcijas laukums.

4.4.2. Slīdes pretestība

Slīdes pretestība jānovērtē pēc makrostruktūras, balstoties uz standarta LVS EN 13036-1 prasībām, un tās vērtībai jābūt deklarētai (skat. 2. tab.).

2. tabula Ekspluatācijas īpašību kategorijas

SS raksturlielumi			Kategorija					
Rādītājs	Standarts	Mērv.	0	1	2	3	4	5
Vizuālais defektu novērtējums								
P_1 – svīšana, pārsātināšanās ar saistvielu un sliežu veidošanās	LVS EN 12274-8	%	NPD	≤8	≤2	≤0,5	≤0,2	
P_2 – atslāņošanās, nodilums, šķembu lobišanas, rišu veidošanās vai slāņa slīdēšana	LVS EN 12274-8	%	NPD	≤8	≤2	≤0,5	≤0,2	
P_3 – rievas un izciļņi	LVS EN 12274-8	%	NPD	≤8	≤2	≤0,5	≤0,2	
$P_{4(n)}$ – mazo un atkārtoto defektu grupas, kuru skaits taisnstūrī ir ne vairāk par n	LVS EN 12274-8	%	NPD	≤20 (20)	≤5 (6)	≤1 (2)	≤0,2 (1)	

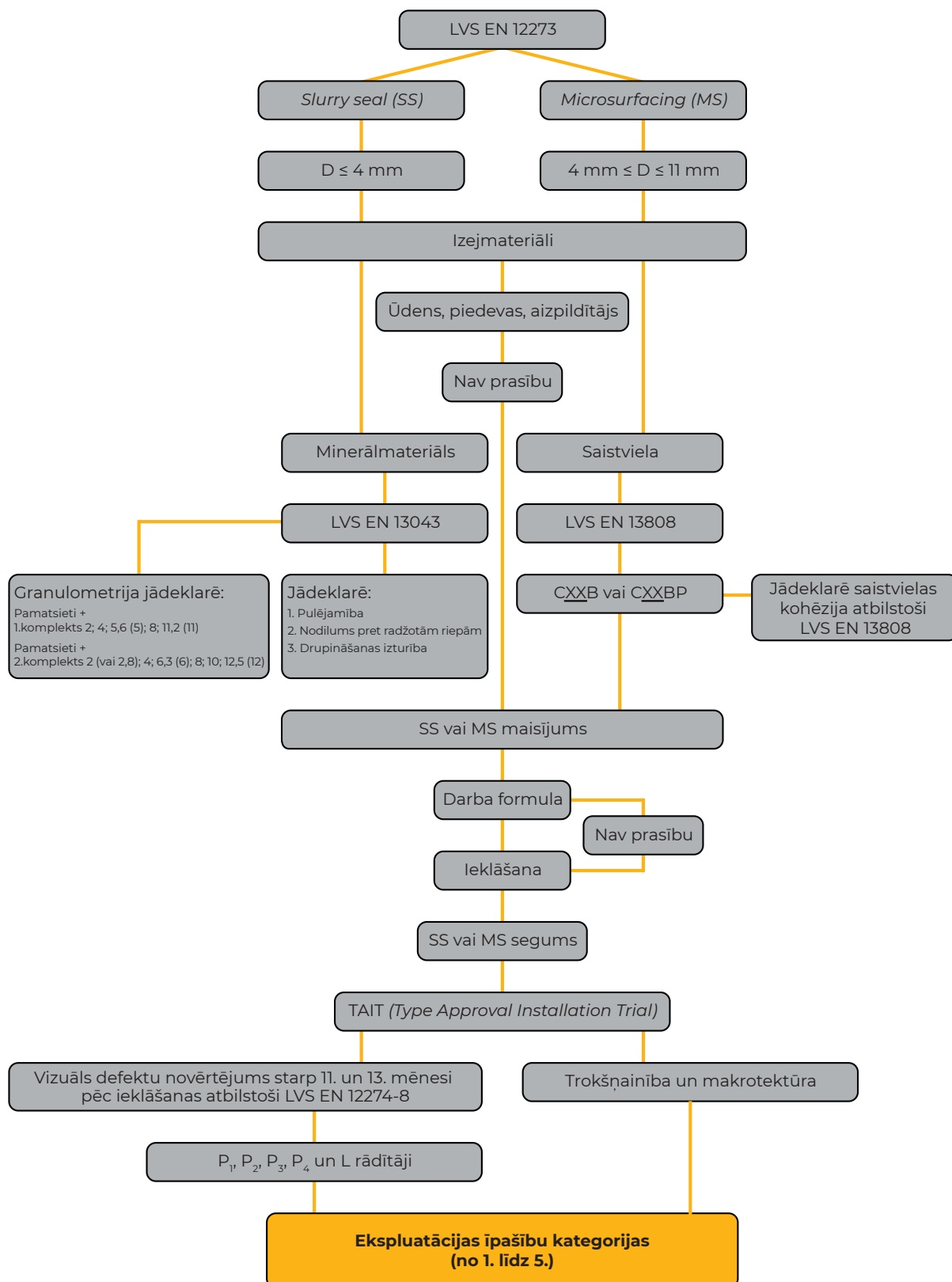
SS raksturlielumi			Kategorija					
Rādītājs	Standarts	Mērv.	0	1	2	3	4	5
L – gareniskās rievas	LVS EN 12274-8	m	NPD	≤20	≤5	≤ 1	≤0,2	
Virsmas rādītāji								
Makrotekstūra	LVS EN 13036-1	mm	NPD	≥0,2	≥0,4	≥0,6	≥0,8	≥ 1
Trokšņainība Makrotekstūra	LVS EN 13036-1	mm	Jādeklarē maksimālā vērtība					
Izejmateriāli								
Saistvielas kohēzija	LVS EN 13808	Deklarē kategoriju atbilstoši LVS EN 13808						
Šķembu pulējamība	LVS EN 13043	Deklarē kategoriju atbilstoši LVS EN 13043						
Šķembu izturība pret nodilumu (micro-Deval)	LVS EN 13043	Deklarē kategoriju atbilstoši LVS EN 13043						
Šķembu izturība pret nodilumu, ko rada radžotu riepu abrazivitāte	LVS EN 13043	Deklarē kategoriju atbilstoši LVS EN 13043						
SS tips		Deklarētajam SS tipam jāiekļauj lielākās frakcijas lielums D, balstoties uz LVS EN 13043, un saistvielas tips (katram slānim)						
Citi rādītāji								
Saistviela – var izvēlēties citus rādītājus atbilstoši LVS EN 13108								
Šķembas – var izvēlēties citus rādītājus atbilstoši LVS EN 13043								

4.4.3. Trokšņainība

Trokšņa ģenerācijas riska gadījumā tas jāraksturo ar makrotekstūras rādītājiem atbilstoši LVS 13036-1.

SS un MS sastāvu sertificēšana atbilstoši LVS EN 12273 ir līdzīga tradicionālo virsmas apstrādes sastāvu (aizsargkārtu) sertificēšanai atbilstoši LVS EN 12271, jo gan vienam, gan otram autoceļu seguma virsmas atjaunošanas veidam, kurš iekļauj specifiskus materiālus un iestrādes tehnoloģiju, jāveic vizuālais defektu novērtējums, balstoties uz kvalitatīvām un kvantitatīvām metodēm (skat. 22. att.). Atkarībā no vizuāli konstatētajiem defektiem SS un MS maisījumiem piešķir kvalitātes kategorijas. Vizuāli eksperimentālā posma defektus sastāvu sertificēšanai jānovērtē pēc 11 – 13 ekspluatācijas mēnešiem. Balstoties uz šo

novērtējumu, *SS* un *MS* sastāviem tiek piešķirta kvalitātes kategorija. Vizuāli konstatētos defektus novērtējuma veikšanai sadala piecās šādās grupās – P_1 (svīšana, pārsātināšanās un sliežu veidošanās izsvīdumu vietās), P_2 (atslāņošanās, nodilums, šķembu lobīšanās, rišu veidošanās un slāņa slīdēšana), P_3 (rievas un izciļņi), P_4 (taisnstūra vai taisnstūru laukums ar maziem defektiem, kas var būt atkārtoti) un L (summārais garenisko rievu garums, m). Defektus novērtē ar laukumu 100 m garā izmēģinājuma posmā, kurš izteikts procentos no visa izmēģinājuma posma laukuma.



22. att. SS un MS maisījumu prasības un ekspluatācijas īpašību kategorijas atbilstoši standartam LVS EN 12273

5. Ārvalstu tehnisko specifikāciju prasības

5.1. Vācija

Vācijā *SS* un *MS* sastāvu standarta nosaukums ir plānas asfalta dilumkārtas pēc aukstās tehnoloģijas ar apzīmējumu *DSK* (*Dünne Asphaltdeckschichten in Kaltbauweise*). Prasības bitumena emulsijai Vācijā reglamentē *ZTV BEA-StB 09* "Papildu tehniskie līguma noteikumi un vadlīnijas par satiksmes laukumu – asfaltbetona struktūru uzturēšanu, 2009. gada izdevums" (*Additional technical terms of contract and guidelines concerning the structural upkeep of traffic areas – asphalt constructions, 2009 edition*) un *TL BE-StB 15* – "Tehniskie piegādes noteikumi bitumena emulsijām, 2015. gada izdevums". *ZTV BEA-StB 09* tehniskie noteikumi nosaka šādus pasākumus – apkope (nelieli remontdarbi), remonts vai atjaunošana asfaltētiem satiksmes laukumiem atkarībā no to stāvokļa un uzturēšanas mērķa (skat. 3. tab.).

3. tabula Uzturēšanas pasākumi atbilstoši *ZTV BEA-StB 09*

Uzturēšana (Unkeep)	Operatīvā funkcionālā (<i>Operational upkeep</i>)	Apsekošana (<i>Inspection</i>)
		Apkalpošana (<i>Servicing</i>)
	Strukturālā (<i>Structural upkeep</i>)	Apkope, nelieli remontdarbi (<i>Maintenance</i>)
		Remonts (<i>Repair</i>)
		Atjaunošana (<i>Renewal</i>)

Apkope un nelieli remontdarbi (*Maintenance*) ir mazāki zemas izmaksas strukturālās uzturēšanas pasākumi, kas saistīti ar ceļa seguma saglabāšanu un kurus veic ar rokām vai mehānizēti uzreiz pēc lokālā bojājuma rašanās. Tie iekļauj lokālo bojājumu (bedru, plaisu) aizpildīšanu, nelielu bojāto laukumu virsmas apstrādi un mazo deformēto laukumu līdzināšanu ar frēzēšanu.

Remonts (*Repair*) ir strukturālās uzturēšanas pasākumi, kas saistīti ar ceļa seguma saglabāšanu vai/un virsmas īpašību uzlabošanu, kuru parasti veic visas autoceļa joslas platumā līdz 4 cm dziļumam. Remontdarbi iekļauj virsmas apstrādi, plānkārtas asfaltbetona

uzklāšanu, pārprofilēšanu, kā arī asfaltbetona virskārtas slāņa nomaiņu.

Atjaunošana (*Renewal*) ir pilnīga bojātā laukuma vai tā daļas ar bojātiem asfaltbetona virskārtas vai virskārtas un apakškārtas slāņiem atjaunošana. Atjaunošana iekļauj jauna bituminētā slāņa ieklāšanu uz esošā pastiprinātā apakšējā slāņa vai esošā seguma slāņa (virskārtas ar vai bez saistes kārtas un apakškārtas) nomaiņu, vai arī kombināciju no abiem (virskārtas nomaiņu un apakšējo slāņu pastiprināšanu).

4. tabulā, balstoties uz ZTV BEA-StB 09, apkopotas ceļu seguma remontdarbu tehnoloģiju sadalījums atkarībā no ceļa seguma stāvokļa. Apkopei un maziem remontdarbiem atbilstoši ZTV BEA-StB 09 sastāviem SS un MS tehnoloģija nav piemērota.

4. tabula Ceļu seguma atjaunošanas tehnoloģiju sadalījums
atkarībā no ceļa seguma stāvokļa

Ceļa seguma stāvokļa raksturojums		Parādīšanas cēlonis	Atjaunošanas tehnoloģija				
			Virsmas apstrāde	SS vai MS (DSK)	BBTM	Pārprofilēšana	Asfaltbetona pamatkārtas maiņa
Līdzenums	Garenprofils	Deformācijas	-	-	-	+	+
		Nestspējas problēmas	-	-	-	-	-
	Šķēršprofils	Deformācijas	-	+	+	+	+
		Nestspējas problēmas	-	-	-	-	-
Raupjums	Slīdes pretestība	Saistvielas uzkrāšanas (svīšana)	-	+	+	+	+
		Slīpētās šķembu virsmas (nodilums)	+	+	+	+	+
Seguma bojājumi	Tīklveida, x-veida plaisas (<i>x-pattern cracks</i>)			+	+	+	+
	Novecošanās (<i>Depletion</i>)			+	+	+	+
	Vairākas vietas ar remontētām bedrēm (<i>Patched spots</i>)			+	+	-	+
	Šķembu lobīšanās (<i>grain eruptions</i> ; skat. 23. att.)			+	+	+	+
	Individuālās plaisas			-	-	-	+



23. att. Šķembu lobīšanās (<https://www.roadconsult.ch>)

Maisījumus SS un MS var ieklāt uz visiem satiksmes laukumu segumiem. Ja apakšējā slāņa nelīdzenums pārsniedz 10 mm, jāveic izlīdzināšana (*frēzēšana*). Īpaši ieteicams SS vai MS ieklāt vietās, kur ir biezuma ierobežojumi (piemēram, ja ir zemas apmales). DKD 3 tipa maisījumu var ieklāt tikai uz satiksmes laukumiem ar satiksmes kategoriju IV līdz VI un gājēju ceļiem un veloceliņiem. 5. un 6. tabulā parādītas vācu specifikāciju RStO'01 un RStO'12 autoceļu būvklases (Bauklasse) atkarībā no transporta slodzes un satiksmes intensitātes ekvivalentās ass slodzes vienībās (ESAL aprēķināta 30 gadiem un 10 t ass slodzei). Maisījuma tips un daudzums jāizvēlas atkarībā no satiksmes intensitātes un esošā seguma stāvokļa (skat. 7. tab.). Maisījumus SS un MS atbilstoši ZTV BEA-StB 09 iebūvē **divās kārtās**. Pirms augšējā slāņa izbūves, t.i., apakšējās un augšējās kārtas izbūves starplaikā atļauts palaist satiksmi pa apakšējo kārtu.

5. tabula Autoceļu kategorijas atbilstoši *RStO'01*

ESAL 30 gadiem ar 10 t ass slodzi, milj.	Būvklase
> 32	SV
no 10 līdz 32	I
no 3 līdz 10	II
no 0,8 līdz 3	III
no 0,3 līdz 0,8	IV
no 0,1 līdz 0,3	V
< 0,1	VI

6. tabula Autoceļu kategorijas atbilstoši *RStO'12*

ESAL 30 gadiem ar 10 t ass slodzi, milj.	Būvklase
> 32	Bk100
no 10 līdz 32	Bk32
no 3,2 līdz 10	Bk10
no 1,8 līdz 3,2	Bk3,2
no 1,0 līdz 1,8	Bk1,8
no 0,3 līdz 1,0	Bk1,0
< 0,3	Bk0,3

7. tabula SS un MS tipa piemērotība un daudzums (kg/m²)
atkarībā no ceļa seguma stāvokļa

Ceļa seguma stāvokļa raksturojums	Rašanās cēlonis	SS un MS tips		
		DSK 8	DSK 5	DSK 3
Šķēršprofila līdzenums	Deformācijas (rises)	25 – 30	20 – 25	-
Slīdes pretestība	Saistvielas uzkrāšanās (svīšana)	18 – 25	16 – 25	-
	Slīpētā šķembu virsmas (nodilums)	18 – 25	16 – 25	10 – 15
Nodilums		-	16 – 25	10 – 15
Vairāku bedrīšu lāpījuma vietas		18 – 30	16 – 25	10 – 15
Lobīšanās		18 – 30	16 – 25	-

Bitumena emulsijai piemēro 8. tabulā norādītās prasības.

8. tabula Prasības bitumena emulsijai maisījumam SS un MS izgatavošanai

Rādītājs		LVS EN stan- darts	Mēr- vienība	C65BP1-DSK	
				Klase	Prasība
Noteikts attiecībā uz bitumena emulsiju					
	Sadalīšanās īpašības: smalknes maisīšanas laiks*	13075-2	s	6	≥ 90
	Saistvielas saturs	1428	masas %	7	63 – 67
	Izplūdes laiks, 4 mm, 40 °C*	12846-1	s	5	5 – 70
	Pārpalikums uz sieta (0,5 mm siets)	1429	masas %	4	≤ 0,5
	Pārpalikums uz sieta pēc septiņām dienām (0,5 mm siets)	1429	masas %	4	≤ 0,5
	Adhezivitāte ar atsauces minerālmateriāliem *	13614	%	3	≥ 90
Noteikts attiecībā uz atgūto saistvielu (atgūšana saskaņā ar standartu <i>DIN EN 13074-1</i>)					
	Penetrācija 25 °C*	1426	0,1 mm	4	≤ 150
	Mīkstēšanas temperatūra, izmantojot gredzena un lodes metodi*	1427	°C	4	≥ 50
Kohēzija					
	Spēka stiepe*	13589, 13703	J/cm²	4	≥ 1 (5 °C)
	Frasa trausluma temperatūra	12593	°C	4	≤ -15
	Stiepjamība (elastīgā atjaunošanās) 25 °C	13398	%	5	≥ 50

SS un MS maisījumiem piemēro 9. – 11. tabulās norādītās prasības. Minerālmateriālu maksimālās frakcijas lielums ir atkarīgs no ieklātā maisījuma slāņa biezuma. Frakcija < 0,063 mm raksturo summāro aizpildītāja un piedevas (cementa, kaļķakmens) daudzumu. Sīkšķembas jāuzglabā atsevišķi, lai tās aizsargātu no piesārņojuma. Minimālais saistvielas saturs atbilst minerālmateriālu blīvumam 2,650 g/cm³. Izvēloties minerālmateriālu saistvielas saturu, tas jākorrigē ar koeficientu:

$$\alpha = 2,650/\rho_d,$$

kur:

ρ_d – izmatoto sīkšķembu blīvums, Mg/m³.

9. tabula Prasības izejmateriāliem atbilstoši ZTV BEA-StB 09

Rādītājs	Mēr- vienība	Maisījuma tips		
		DSK 8	DSK 5	DSK 3
Izejmateriāli				
Sīkšķembas				
Drupinātas un lauztas virsmas		C _{100/0}	C _{100/0}	C _{100/0}
Drupināšanas izturība pret triecienslodzi		SZ ₁₈	SZ ₁₈	SZ ₁₈
Pulējamības vērtība				
Būvklases SV, I, II, III		PSV _{indicated} (51)	PSV _{indicated} (51)	PSV _{indicated} (51)
Būvklases IV, V, VI un gājēju ceļi un veloceliņi		PSV _{indicated} (48)	PSV _{indicated} (48)	PSV _{indicated} (48)
Šķembu forma		SI ₁₅ /FI ₁₅	SI ₁₅ /FI ₁₅	SI ₁₅ /FI ₁₅
Sīkšķembu plūstamība		E _{CS} 35	E _{CS} 35	E _{CS} 35
Saistvielas tips		C65BP1- DSK	C65BP1- DSK	C65BP1- DSK

10. tabula Prasības SS un MS maisījumu granulometrijai atbilstoši ZTV BEA-StB 09

Rādītājs	Mēr- vienība	Maisījuma tips		
		DSK 8	DSK 5	DSK 3
Granulometrija				
Cauri frakcijai izgājušās daļiņas, mm				
11,2	masas %	100		
8	masas %	90 – 100	100	
5,6	masas %	45 – 90	90 – 100	100
2,8	masas %	-	-	85 – 100
2,0	masas %	30 – 55	35 – 65	45 – 80
0,063	masas %	4 – 10	4 – 12	5 – 15

11. tabula Prasības SS un MS maisījumu bitumena saturam un porainībai atbilstoši

ZTV BEA-StB 09

Rādītājs	Mēr- vienība	Maisījuma tips		
		DSK 8	DSK 5	DSK 3
Minimālais saistvielas saturs				
Augšējais slānis	masas %	B _{min 5.2}	B _{min 6.2}	B _{min 6.7}
Apakšējais slānis	masas %	B _{min 5.5}	B _{min 6.5}	B _{min 7.0}
Maksimālais saistvielas saturs				
Augšējais slānis	masas %	B _{max 7.0}	B _{max 8.0}	B _{max 9.0}
Apakšējais slānis	masas %	B _{max 7.0}	B _{max 8.0}	B _{max 9.0}
Bituminētā maisījuma minimālais poru saturs				
Būvklases SV, I, II, III		V _{min 5.5}	V _{min 5.5}	
Būvklases IV, V, VI un gājēju ceļi un veloceļiņi		V _{min 3.5}	V _{min 3.5}	V _{min 5.5}
Bituminētā maisījuma minimālais poru saturs				
Būvklases SV, I, II, III		V _{max 8.5}	V _{max 8.5}	
Būvklases IV, V, VI un gājēju ceļi un veloceļiņi		V _{max 6.5}	V _{max 6.5}	V _{max 8.5}

Maisījumus SS un MS atļauts ieklāt periodā no aprīļa sākuma līdz oktobra vidum. Ja naktī nepastāv sasalšanas risks, var veikt būvdarbus arī ārpus šī laika perioda. Maisījumus SS un MS nedrīkst ieklāt, ja atjaunojamās segas (SS un MS pamatnes) temperatūra ir zemāka par 5 °C.

Seguma virsma pēc frēzēšanas darbiem, putekļiem vai cita piesārņojuma jātīra, piemēram, ar ūdensstrūklas tīrīšanas ierīcēm. Īpašos gadījumos var paredzēt pamatnes apsmidzināšanu ar bitumena saistvielu. SS un MS var ieklāt uz mitras pamatnes, bet, ja izveidojas nepārtraukta ūdens plēve, ieklāšanu veikt nedrīkst.

Bituminētiem maisījumiem, kas paredzēti SS un MS seguma virsmām, jābūt viendabīgiem, ar konsistenci, kāda nepieciešama maisījuma ieklāšanai. Lai nodrošinātu nepārtrauktu ieklāšanu, izplatīšanas ierīcē vienmēr jābūt pietiekamam bituminētā maisījuma daudzumam. SS vai MS pamatkārtai jābūt ar homogēnu virsmu. Garenvirziena šuvēm un malām visā garumā jāatrodas nepārtrauktā līnijā vai arī tās jāpielāgo ieklāšanas laukumam. Visas šuves jāveido vienādā augstumā.

SS un MS kvalitātes kontroli veic gan maisījumam, gan ieklātajam segumam. Pilsētā maisījuma paraugu ņem no katriem 3000 m², ārpus pilsētas – no katriem 6000 m². Maisījumiem nosaka:

- 1) granulometrisku sastāvu;
- 2) bitumena daudzumu;
- 3) atgūtā bitumena mīkstēšanas temperatūru.

Ieklātajiem SS un MS segumiem nosaka:

- 1) starpslāņu adhēziju/adhezīvo atraušanas stiprību;
- 2) patieso profila pozīciju (*True-to-profile position*) – šķērskrituma noteikšanai;
- 3) līdzenumu;
- 4) ieklātā slāņa biezumu un materiāla daudzumu;
- 5) slīdes pretestību.

SS un MS adhēziju ar apakšējo segas slāni nosaka ar pull out testu, nosakot slāņa atraušanas stiprību kā vidējo vērtību trim izurbtiem 150 mm diametra paraugiem. Izurbtiem cilindriskajiem paraugiem (kerniem) jābūt vismaz 60 mm bieziem. Paraugus

ņem ne agrāk par sešām nedēļām pēc ieklāšanas, 80 cm no ceļa malas, un attālumam starp urbumiem jābūt 25 cm. Jāizvairās no kurnu sānu un virsmas bojājumiem. Bojātus kurnus netestē. Testēšanas procedūra aprakstīta "Work instructions for testing asphalt - Part 9: Determining the adhesive pull strength of hot rolled thin asphalt basecourses on sealing and slurry surfacing." **SS un MS atraušanas stiprībai jābūt ne mazākai par 0,5 N/mm².**

Seguma līdzenumu mēra ar 4 m latu. Mērījumus veic brauktuves vidū un pie apmalēm. Līdzenuma rezultātus reglamentē 4 m garam mērīšanas posmam atkarībā no apakšējā slāņa nelīdzenuma (skat. 12. tab.).

12. tabula Robežvērtības SS un MS seguma virsmu nelīdzenumam

Slānis	Nelīdzenums 4 m garam posmam, mm		
Apakškārta	> 10	> 6 līdz ≥ 10	≥ 6
Virskārta	NR	≥ 6	≥ 4

Slīdes pretestību nosaka ar *SCRIM* (*Sideways-force Coefficient Routine Investigation Machine*) metodi. Slīdes pretestības vērtība autoceļu klasēm SV un no I līdz VI nedrīkst būt augstāka par 0,03 attiecībā pret sekojošām robežvērtībām 100 m gariem ceļa posmiem:

- 80 km/h μSCRIM = 0,46;
- 60 km/h μSCRIM = 0,51;
- 40 km/h μSCRIM = 0,56.

Slīdes pretestību nosaka laikā no 4. līdz 8. nedēļai pēc ieklāšanas.

SS un MS maisījumu paraugus turpmākai testu veikšanai jāņem katram slānim no mašīnas maisītāja. Reprezentatīvo SS un MS paraugu iegūst no trim daļējiem paraugiem, no kuriem katrs ir 6 kg liels. Strīdus gadījumiem jāņem papildu paraugs. Reprezentatīvo bitumena emulsijas paraugu iegūst no trim daļējiem paraugiem, katrs ir 2 kg liels.

5.2. Lietuva

5.2.1. Atsauces normatīvi

Lietuvas specifikācijas SS un MS sastāviem **izstrādātas, balstoties uz Vācijas ZTV BEA-StB 09 specifikāciju prasībām**. Prasības SS un MS izejmateriāliem un maisījumiem, kā arī kvalitātes kategorijas dotas *Automobiļu keliu asfalta dangu priekšūrai skirtu medžtiagu ir medžtiagu mišiniu tehniniu reikalavimu aprasas TRA APM 10* (Tehniskās prasības bituminētiem maisījumiem un šo maisījumu izejmateriāliem). Šis dokuments nosaka prasības izejmateriāliem un maisījumiem, kurus izmanto virsmas atjaunošanai – virsmas apstrādei (*PA paviršiaus apdaras*), **SS un MS maisījumiem (ŠL šlamo dangas)**, kā arī asfaltbetoniem plānkārtām un hidroizolācijai (*PAS-H – asfalta mišinys ploniems asfalta sluoksniams ant hidroizoliacijos*). Atsauces standarti (produktu standarti virsmas atjaunošanai) ir sekojoši.

1. Virsmas apstrādei. LST EN 12271 (Virsmas apstrāde. Prasības).
2. SS un MS maisījumiem LST EN 12273 (Asfalta virsmas apstrāde ar emulsiju. Prasības).
3. Asfaltbetoniem LST EN 13108-1 (Bituminētie maisījumi. Materiāla specifikācijas. 1. daļa. Asfaltbetons).

5.2.2. Prasības izejmateriāliem

Vispārīgās prasības SS un MS izejmateriāliem nosaka *TRA APM 10* specifikāciju p. 27. – 29. Atbilstoši šiem specifikāciju punktiem:

- 1) minerāli jāuzglabā atbilstoši frakcijām un iežu veidiem un jāsargā no piesārņojuma. Ilgstošai vai starpposma uzglabāšanai jānodrošina vietas ar cietu, tīru un labi sausinātu virsmu;
- 2) gatavojot minerālmateriālu maisījumu, izvēlētie materiāli mehāniski jā sajauc. Sajaukšanas process un tā ilgums jāizvēlas tā, lai visi minerālmateriāli būtu vienmērīgi sadalīti, tā nodrošinot viendabīgu sajaukšanos;
- 3) gadījumos, ja nepieciešama ilgstoša minerālmateriālu uzglabāšana, jāizvairās no nevēlamām maisījuma izmaiņām, piemēram, segregācijas;
- 4) bitumena emulsiju var piegādāt autocisternās vai dzelzceļa cisternās, izņēmuma gadījumos – mucās. Piegādi var veikt uz starpposma konteineriem vai tieši uz objektu – SS/MS mašīnu;

5) bitumena emulsijai noteikta iepildīšanas (*filling*), uzglabāšanas (*storage*) un darba temperatūra (*processing*), skat. 13. tabulu. Uzglabājot bitumena emulsiju, tā jāaizsargā no sala iedarbības;

6) SS un MS maisījumu izgatavošanai jāizmanto krāna ūdens (dzeramais ūdens) vai izņēmuma gadījumos ūdens no ūdenstilpēm, ja tajās nav vielu, kas nelabvēlīgi ietekmētu maisījuma īpašības. Vēlams izmantot to pašu ūdeni, kurš tika izmantots bitumena emulsijas izgatavošanai.

13. tabula Bitumena emulsijas iepildīšanas, uzglabāšanas un darba temperatūra

Saistvielas veids	Saistvielas klase	Temperatūra, °C					
		Iepildīšanas		Uzglabāšanas		Darba temperatūra	
		Minim.	Maks.	Minim.	Maks.	Minim.	Maks.
Polimērmodificētā bitumena emulsija	C 65 BP 1-ŠL	5	30	5	30	5	30

TRA APM 10 specifikāciju p. 40. nosaka prasības izejmateriāliem un SS un MS maisījumiem (skat. 14. – 16. tab.).

14. tabula Prasības izejmateriāliem atbilstoši TRA APM 10 7. tabulai

Rādītājs	Kategorija	Maisījuma tips		
		ŠL 8	ŠL 5	ŠL 3
Izejmateriāli				
Sīkšķembas				
Drupinātas un laužas virsmas	C	C _{100/0}	C _{100/0}	C _{100/0}
Drupināšanas izturība pret triecienslodzi	SZ/LA	SZ ₁₈ /LA ₂₀	SZ ₁₈ /LA ₂₀	SZ ₁₈ /LA ₂₀
Pulējamības vērtība				
Būvklases SV, I, II, III	PSV	PSV ₅₀	PSV ₅₀	PSV ₅₀
Būvklases IV, V, VI un gājēju ceļi un veloceliņi	PSV	PSV _{dek} (48)	PSV _{dek} (48)	PSV _{dek} (48)
Sīkšķembu frakcijas 0,063/2 plūstamība	E _{CS}	E _{CS} 35	E _{CS} 35	E _{CS} 35
Saistvielas tips		C65BP1-ŠL	C65BP1-ŠL	C65BP1-ŠL

15. tabula Prasības SS un MS maisījumu granulometrijai atbilstoši TRA APM 10

Rādītājs	Mēr- vienība	Maisījuma tips		
		ŠL 8	ŠL 5	ŠL 3
Granulometrija				
Cauri frakcijai izgājušās daļiņas, mm				
11,2	masas %	100		
8	masas %	90 – 100	100	
5,6	masas %	45 – 90	90 – 100	100
2,8	masas %	-	-	85 – 100
2,0	masas %	30 – 55	35 – 65	45 – 80
0,063	masas %	4 – 10	4 – 12	5 – 15

16. tabula Prasības SS un MS maisījumu bitumena saturam un porainībai atbilstoši
TRA APM 10

Rādītājs	Mēr- vienība	Maisījuma tips		
		ŠL 8	ŠL 5	ŠL 3
Minimālais saistvielas saturs				
Augšējais slānis	masas %	B _{min 5.2}	B _{min 6.2}	B _{min 6.7}
Apakšējais slānis	masas %	B _{min 5.5}	B _{min 6.5}	B _{min 7.0}
Bituminētā maisījuma minimālais poru saturs				
Būvklases SV, I, II, III		V _{min 5.5}	V _{min 5.5}	-
Būvklases IV, V, VI un gājēju ceļi un veloceļi		V _{min 3.5}	V _{min 3.5}	V _{min 5.5}
Bituminētā maisījuma minimālais poru saturs				
Būvklases SV, I, II, III		V _{max 8.5}	V _{max 8.5}	-
Būvklases IV, V, VI un gājēju ceļi un veloceļi		V _{max 6.5}	V _{max 6.5}	V _{max 8.5}

Uz minerālmateriāliem attiecas TRA MIN 07 specifikācijas un testēšanas metodes. Bituminēto maisījumu minerālmateriāliem jāatbilst šīm specifikācijām (TRA APM 10) un šo specifikāciju 1. pielikuma prasībām. Aizpildītājs nedrīkst saturēt lielu daudzumu nevēlamu

organisko un uzbriedinošo vielu (piemēram, uzbriedinošos mālus). *SS* un *MS* maisījumiem var izmantot tikai dabiskos (dabiskā akmens) minerālmateriālus un aizpildītāju. Papildus *TRA APM 10* 1. pielikuma prasībām (skat. 17. tab.) atkarībā no izstrādājuma veida piemēro arī *TRA APM 10* 7. tabulā norādītās prasības (skat. 14. – 16. tab.). Var izmantot rupju minerālu, kas neatbilst 14. tabulas prasībām attiecībā uz pretestību, pulēšanai, ja pulēšanas pretestības matemātiskā (aprēķinātā) vērtība ir pietiekama. *PSV* matemātisko vērtību var aprēķināt, izmantojot dažādu izmantoto rupjo minerālu masas daļas (proporcijas) un to *PSV* vērtību attiecību. Var sajaukt tikai rupjos minerālus, kuru pulēšanas pretestība ir vismaz *PSV*₄₄. Smalkā drupinātā minerālmateriāla ražotājam jāsniedz informācija par rupjā ieža (tas pats izcelsmes veids) *PSV* vērtību. Tāpat smalkā drupinātā minerālmateriāla ražotājam jāsniedz informācija arī par rupjā ieža *SZ* vērtību. Drupinātā smalkā minerālmateriāla *SZ* vērtībai jāatbilst rupjā minerālmateriāla *SZ* vērtībai noteiktajām prasībām. Ja dažādu smalko minerālu plūšanas koeficientu rezultāti ir pretrunīgi un nepastāvīgi, ieteicams atsaukties uz *TRA APM 10* 6. pielikumā norādītajām vērtībām (skat. 18. tab.).

17. tabula *TRA MIN 07* specifikāciju 1. pielikuma prasības
attiecībā uz *SS* un *MS* maisījumiem

<i>TRA MIN 07</i> specifikā- ciju punkts	Rādītājs	Prasība
8.1.	Petrogrāfiskais apraksts	Deklar.
8.2.	Daļiņu blīvums	Deklar.
Prasības rupjajiem un smalkajiem minerālmateriāliem		
9.2.	Deklarētās frakciju kategorijas saskaņā ar <i>TRA MIN 07</i> 2. tabulu	G_{F85} , $G_{C90/10}$, $G_{C90/15}$
9.2.	Granulometriskā sastāva pielāgšanas saskaņā ar <i>TRA MIN 07</i> 4. tabulu	G_{TC10}
9.3.	Minerālā aizpildītāja saturs saskaņā ar <i>TRA MIN 07</i> 5. tabulu	Līdz $0/2 - f_{31}$; no $2/5$ līdz $5/8 - f_2$
9.5.	Daļiņu forma	SI_{20}/FI_{20}
9.13.1.	Ūdens uzsūkšana	$W_{cm} 0,5$
9.13.2.	Salizturība pēc sasaldēšanas un atkausēšanas	F_1
9.17.	Organiskie piemaisījumi	$m_{LPC} 0,10$
Prasības minerālajam aizpildītājam		
10.1.	Granulometriskais sastāvs saskaņā ar <i>TRA MIN 07</i> 22. tabulu	

TRA MIN 07 specifikā- ciju punkts	Rādītājs	Prasība
10.2.	Metilēnzilā vērtība	Deklar.
10.3.	Mitruma saturs	< 1%
10.4.1.	Sausa sablīvēta aizpildītāja poras (pēc Rigdena)	$V_{28/45}$; $V_{44/55}$
10.4.2.	„Delta gredzens un lode”	$\Delta_{R\&B} 8/25$; $\Delta_{R\&B} 25$
10.5.	Šķīdība ūdenī	WS_{10}
10.6.	Ūdensjutība	Deklar.
10.7.	Kalcija karbonāta saturs	CC_{70} ; CC_{80} ; CC_{90}
10.8.	Kalcija hidroksīda saturs	Ka_{10} ; Ka_{20} ; Ka_{25}
18. tabula TRA APM 10 6. pielikums. Papildu prasības plūšanas koeficientam		
Prasības kopējās frakcijas 0,063/2 plūšanas koeficientam		Orientējošais minimālais smalko minerālmateriālu saturs frakcijā 0,063/2 ar plūšanas koeficientu $E_{CS} 35^*$, %
≥ 35		100
≥ 30		50
* Parasti tie ir drupinātie smalkie minerālmateriāli		

5.2.3. Type Approval Installation Trial SS un MS segumu ekspluatācijas īpašību novērtēšanai un sertificēšanai

16. tabulā dotas prasības SS un MS maisījumiem, bet TRA APM 10 46. nodaļa attiecas uz SS un MS kvalitātes kategorijām, savukārt 47. nodaļa attiecas uz TAIT (Type Approval Installation Trial).

Kvalitātes kategorijas SS un MS maisījumiem

- Defektu novērtē, veicot eksperimentālā posma pārbaudes. Eksploatācijas īpašību kategorijas dotas TRA APM 10 10. tabulā (skat. 19. tab.). Defektu vizuālo pārbaudi veic saskaņā ar LST EN 12274-8, nosakot galvenos parametrus – saistvielu un

minerālu adhēziju, noturību pret deformācijām, virsmas izturību pret nodilumu, saķeri ar pamatni u.c.

2. Defektu kategorijas deklarē saskaņā ar 19. tabulu starp vienpadsmito un trīspadsmito SS un MS ekspluatācijas mēnesi.

3. Makrotekstūru, kas noteikta saskaņā ar LST EN 13036-1, deklarē saskaņā ar 19. tabulu starp vienpadsmito un trīspadsmito SS un MS ekspluatācijas mēnesi. Makrotekstūras mērījumus veic pa skaidri redzamu riteņu kustības vietu (brauktuves josla, kuru ietekmē vislielākā satiksmes intensitāte, atrodas pie riteņu slīdes līnijas, kas ir vistuvāk ceļa malai), nevis pa diagonāli. Tiek veikti 5 atsevišķi garenvirziena mērījumi. Mērījumu rezultāts ir šo 5 atsevišķo mērījumu vidējais rezultāts. Var izmantot citas testa metodes (piemēram, lāzera tekstūras mērītājus atbilstoši LST EN ISO 13473-1), ja tās var saistīt ar references testu atbilstoši LST EN 13036-1.

4. Var izmantot dažādas ekspluatācijas kategorijas, taču tām jābūt ne sliktākām par 19. tabulā norādītajām. Kategorijas jāizvēlas tā, lai izvairītos no neatbilstošām kombinācijām (piemēram, makrotekstūras kategorija 4 un svišana, pārsātināšanās ar saistvielu un sliežu veidošanās, kategorija 1).

5. Trokšņainību raksturo ar makrotekstūru saskaņā ar LST EN 13036-1, tomēr, ja vietējie apstākļi ir piemēroti, var izmantot metodi, kas norādīta LST EN ISO 11819-1.

6. Virsmas slīdes pretestības izturību novērtē pēc minerālmateriāla pulēšanas vērtības (PSV) saskaņā ar LST EN 13043 un TRA MIN 07 specifikācijām, kā arī izmērot makrotekstūru saskaņā ar LST EN 13036-1.

7. SS un MS slāņu saķeri ar pamatni novērtē atbilstoši LST EN 12274-8.

19. tabula Ekspluatācijas īpašību kategorijas atbilstoši TRA APM 10 specifikācijām

SS raksturlielumi			Kategorija					
Rādītājs	Standarts	Mērv.	0	1	2	3	4	5
Vizuālais defektu novērtējums								
P ₁ – svišana, pārsātināšanās ar saistvielu un sliežu veidošanās	LST EN 12274-8	%	NPD			≤0,5		
P ₂ – atslāņošanās, nodilums, šķembu lobīšanas, rišu veidošanās vai slāņa slīdēšana	LST EN 12274-8	%	NPD			≤0,5		

SS raksturlielumi			Kategorija					
Rādītājs	Standarts	Mērv.	0	1	2	3	4	5
P ₃ – rievas un izciļņi	LST EN 12274-8	%	NPD			≤0,5		
P _{4(n)} – mazo un atkārtoto defektu grupas, kuru skaits taisnstūrī ir ne vairāk par n	LST EN 12274-8	%	NPD			≤1 (2)		
L – gareniskās rievas	LST EN 12274-8	m	NPD			< 5		
Virsmas rādītāji								
Makrotekstūra	LST EN 13036-1	mm	NPD		≥0,4			
Trokšņainība Makrotekstūra	LST EN 13036-1	mm	Jādeklarē maksimālā vērtība					
Izejmateriāli								
Saistviela – bitumena emulsija	LST EN 13808, TRA BE 08	J/cm ²	Deklarē saskaņā ar klasēm, kas norādītas LST EN 13808 un TRA BE 08 4. tabulā					
Šķembu pulējamība	LST EN 13043 TRA MIN 07	Deklarē kategoriju atbilstoši LST EN 13043 un TRA APM 10 1. pielikuma kategorijām						
Drupināšanas pretestība	LST EN 13043 TRA MIN 07	Deklarē kategoriju atbilstoši LST EN 13043 un TRA APM 10 1. pielikuma kategorijām						
Drupinātu vai lauztu daļiņu procentuālais daudzums	LST EN 13043 TRA MIN 07	Deklarē kategoriju atbilstoši LST EN 13043 un TRA APM 10 1. pielikuma kategorijām						
Granulometriskais sastāvs	LST EN 13043 TRA MIN 07	Deklarē kategoriju atbilstoši LST EN 13043 un TRA APM 10 1. pielikuma kategorijām						
Smalkās frakcijas saturs	LST EN 13043 TRA MIN 07	Deklarē kategoriju atbilstoši LST EN 13043 un TRA APM 10 1. pielikuma kategorijām						
SS, MS tips		Deklarē saskaņā ar TRA APM 10 specifikāciju p. 40.						
Citi rādītāji								
Saistviela – var izvēlēties citus rādītājus atbilstoši LST EN 13108 un TRA BE 08								
Šķembas – var izvēlēties citus rādītājus atbilstoši LST EN 13043 un TRA MIN 07								

TAIT (Type Approval Installation Trial) ir noteikts *SS* vai *MS* tipa pārbaudes eksperimentālais posms, kurš raksturo noteikta *SS* vai *MS* seguma ekspluatācijas īpašības atbilstoši standarta LTS EN 12273 un tehnisko specifikāciju prasībām. Sastāvu izstrāde un projektēšana veikta saskaņā ar ražošanas procesa kontroli (*RPK*, *FPC – Factory Production Control*). Ražotājam jāreģistrē visa *RPK* un *TRA APM 10 47*. punktā prasītā informācija. *TAIT* dati jāuzglabā drošā vietā, jo, ja dati tiek zaudēti, *TAIT* zaudē spēku. ***SS* vai *MS* seguma (produkta) laišanai ES tirgū atbilstoši standartam EN 12273 jāveic šo produktu sertificēšana saskaņā ar novērtēšanas sistēmu 2+ (*RPK* sertificēšana), kura iekļauj, kā arī CE marķējumā jānorāda *SS* vai *MS* segumu ekspluatācijas īpašību kategorijas, kas iegūtas, veicot eksperimentālā posma (*TAIT*) novērtēšanu.**

TAIT datiem jāiekļauj:

- 1) ražotājs (nosaukums, adrese, tel. numurs u.c.);
- 2) *TAIT* datums;
- 3) *TAIT* posma atrašanās vieta (autoceļa numurs, posma sākuma un beigu koordinātas);
- 4) paredzētais lietojums;
- 5) *SS* un *MS* tips (minerālmateriāls, frakcijas lielums, saistvielas tips);
- 6) projektēšanas procedūra vai metode, darba izpilde (izmantotā tehnika un aprīkojums, tehnikas vienību skaits, veiktie sagatavošanas darbi, ieklāšanas laikā iegūtie dati, laika apstākļi, *RPK* laikā veiktie testi, sākuma laiks, beigu laiks, satiksmes ierobežošanas laiks, satiksmes kontroles pasākumi, fotogrāfijas, problēmu, saistītu ar darba izpildi, apraksts);
- 7) *SS* un *MS* sastāvu projektētājs (nosaukums, adrese, tel. numurs u.c. (gadījumā, ja atšķiras no ražotāja);
- 8) izejmateriālu testēšanas rezultāti (*TAIT* *RPK* dokumentācija);
- 9) vizuālās novērtēšanas un makrotekstūras rezultāti;
- 10) atbildīgā par *TAIT* ražotāja pārstāvja vārds.

Papildus jāsniedz informāciju par:

- 1) minerālmateriāla granulometrisko sastāvu;
- 2) saķeri ar apakšslāni (defektu vizuālā pārbaude).

Pēc izvēles vai klienta pieprasījuma *TAIT* datus var papildināt ar ieklātā maisījuma

daudzumu saskaņā ar LST EN 12274-6, saistvielas daudzumu saskaņā ar LST EN 12274-2, kratīšanas nodiluma testu saskaņā ar LST EN 12274-7, saķeres testa rezultātiem saskaņā ar *Technische Prüfvorschriften für Asphalt, TP Asphalt-StB Teil (FGSV 756)* utt.

20. tabulā dotas *SS* un *MS TAIT* klases atkarībā no ceļa noslogojuma klases.

20. tabula *SS* un *MS TAIT* klases

Autoceļa klase	<i>SS</i> un <i>MS</i> maisījumi ŠL 3, ŠL 5, ŠL 8
<i>SV, I-III</i> Liela slodze, S	<i>TAIT-ŠL-S</i>
<i>IV-VI</i> Normāla slodze, N	<i>TAIT-ŠL-N</i>

21. tabulā dotas Eiropas standartu (bituminēto maisījumu izejmateriāliem) un Lietuvas tehnisko specifikāciju nosaukumi. LST EN 13108-21 prasības ievieš saskaņā ar 21. tabulā norādītajiem standartiem un piemērojamajiem tehniskajiem dokumentiem (specifikācijām).

21. tabula Dokumenti LST EN 13108-21 prasību ieviešanai

Standarts	Specifikācijas
LST EN 12591	<i>TRA BITUMAS 08</i>
LST EN 13043	<i>TRA MIN 07</i>
LST EN 14023	<i>TRA BITUMAS 08</i>

5.2.4. Kvalitātes kontrole

5.2.4.1. Pieļaujamās novirzes

IT APM 10 specifikācijas ir noteikumi par materiālu un maisījumu izmantošanu bituminēto segumu uzturēšanai un jaunu bituminēto slāņu ierīkošanai. Noteikumi attiecas gan uz valsts galvenajiem ceļiem, gan uz vietējiem ceļiem (ielām) un citām satiksmes zonām. Šos noteikumus piemēro kopā ar *TRA APM 10* un tehniskajām specifikācijām (*TRA BITUMAS 08*, *TRA MIN 07*, *TRA ASFALTAS 08*), un tie ietver prasības būvuzņēmējam, instrukcijas pasūtītājam un būvuzraugam, instrukcijas tehnisko specifikāciju izstrādei, veicamo darbu sarakstu un to, kā kontrolēt un pieņemt darbus. Šie noteikumi ir balstīti uz Vācijas ceļubūves tehniskās specifikācijas “Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien Erhaltung von Verkehrsflächen - Asphaltbauweisen ZTV BEA-StB 09” (FGSV, Entwurf) noteikumiem.

22. tabulā norādītās pieļaujamās bitumena saistvielas daudzuma novirzes atkarībā no testu skaita atbilstoši *ZTV BEA-StB 09*.

22. tabula Saistvielas daudzuma novirzes (masas %) atbilstoši *ZTV BEA-StB 09*

Testēšanas rezultātu skaits	1	2	3 – 4	5 – 8	9 – 19	Virš 20
Saistvielas saturs	± 0,50	± 0,45	± 0,40	± 0,35	± 0,30	± 0,25

IT APM 10 specifikācijās saistvielas daudzuma pieļaujamo novirzi var raksturot ar 3 kategorijām – augstu, vidēju un zemu (skat. 23. tab.).

23. tabula Saistvielas daudzuma novirzes (masas %) atbilstoši *IT APM 10*

Maisījuma veids	Novirze, %		
	Zema	Vidēja	Augsta
ŠL	Līdz 0,30	0,31 – 0,59	Virš 0,6

24. tabulā norādītas pieļaujamās granulometriskā sastāva novirzes atkarībā no testu skaita atbilstoši ZTV BEA-StB 09.

24. tabula Pieļaujamās granulometriskā sastāva novirzes (masas %)
atbilstoši ZTV BEA-StB 09

Testēšanas rezultātu skaits	1	2	3 – 4	5 – 8	9 – 19	Virš 20
Rupjās šķembas	± 8,0	± 6,1	± 5,0	± 4,1	± 3,3	± 3,0
Smalkās šķembas	± 8,0	± 6,1	± 5,0	± 4,1	± 3,3	± 3,0
Aizpildītāja daudzums	+ 4,0 - 2,0	+ 3,6 - 1,7	+ 3,2 - 1,5	+ 2,8 - 1,4	+ 2,4 - 1,3	+ 2,0 - 1,2

25. tabulā norādītas pieļaujamās granulometriskā sastāva novirzes atbilstoši JT APM 10 specifikācijām.

25. tabula Pieļaujamās granulometriskā sastāva novirzes atbilstoši JT APM 10

Siets, mm	Cauri izgājušo daļiņu novirze, masas %
0,063	± 3,6
2,0	± 5,1
D/2 (vai > D/2)	± 6,1
D	± 6,1

5.2.4.2. Tehnoloģiskās prasības

JT APM 10 specifikācijas, identiski kā ZTV BEA-StB 09, apraksta virsmas atjaunošanas tehnoloģijas, kuras ir piemērotas apkopei un nelieliem remontdarbiem (*maintenance*), remontdarbiem (*repair*) un atjaunošanai (*renewal*). SS un MS maisījumi ir piemēroti nelieliem remontdarbiem un seguma virsmas atjaunošanai.

Atbilstoši JT APM 10, ja apakšējā slāņa nelīdzenums pārsniedz 10 mm, jāveic izlīdzināšana

(frēzēšana). Īpaši ieteicams SS vai MS ieklāt vietās, kur ir biezuma ierobežojumi (piemēram, ja ir zemas apmales). ŠL 3 tipa maisījumu var ieklāt tikai uz satiksmes laukumiem ar satiksmes kategoriju IV līdz VI un gājēju ceļiem un veloceliņiem. Maisījuma tips un daudzums jāizvēlas atkarībā no satiksmes intensitātes un esošā seguma stāvokļa (skat. 7. tab.). SS un MS atbilstoši JT APM 10 09 iebūvē divās kārtās. Pirms augšējās kārtas izbūves (kārtu izbūves starplaikā) atļauts palaist satiksmi pa apakšējo kārtu.

SS un MS maisījumus atļauts ieklāt periodā no 1. aprīļa līdz 30. septembrim (ja naktī nepastāv sasalšanas risks). Nedrīkst ieklāt SS un MS maisījumus, ja atjaunojamās segas (SS un MS pamatnes) temperatūra ir zemāka par +5 °C.

Virsmas sagatavošana un SS un MS ieklāšana atbilstoši JT APM 10 ir līdzīga ZTV BEA-StB 09 specifikācijās aprakstītajai:

- 1) piesārņotā pamatne, piemēram, pēc frēzēšanas, rūpīgi jānotīra (piemēram, izmantojot augstspiediena ūdens strūklu ar vakuuma ierīci);
- 2) īpašos gadījumos pamatni var apsmidzināt ar bitumena saistvielu. Šie pasākumi darba aprakstā jāiekļauj atsevišķi;
- 3) SS un MS segumus var ieklāt uz mitras pamatnes. Tomēr, ja uz pamatnes veidojas nepārtraukta ūdens plēve, SS un MS segumus ieklāt nedrīkst;
- 4) SS un MS segumi tiek ieklāti, izmantojot pašpiedziņas nepārtrauktas darbības vadāmus izklieģētājus. Jāizmanto kastes (box), kas dod iespēju joslu iestādīt visā platumā;
- 5) SS un MS maisījumiem jābūt viendabīgiem, ar konsistenci, kāda nepieciešama ieklāšanai, un tie jāuzklāj tūlīt pēc maisījuma iziešanas no maisītāja;
- 6) maisījuma izklieģētājā vienmēr jābūt pietiekamam daudzumam maisījuma, lai nodrošinātu nepārtrauktu uzklāšanu. Šādi ieklātam SS vai MS slānim jābūt vienvēidīgai virsmas struktūrai;
- 7) šuvēm jābūt vienāda augstuma;
- 8) transporta satiksmi drīkst palaist tikai pēc tam, kad ir beidzies bitumena emulsijas sadalīšanās process.

5.2.4.3. Kvalitātes kontroles testi

Kvalitātes kontroles testus var veikt vienlaikus ar iekšējās kontroles testiem. Iekšējās kontroles testu rezultātus, kuri veikti kopā ar pasūtītāju (klientu), var atzīt par kontroles rezultātiem. Pārbaūžu skaitu pēc nepieciešamības var palielināt vai samazināt.

Paraugu ņemšanu un iesaiņošanu kvalitātes kontroles testiem var veikt pasūtītāja klātbūtnē arī darbuzņēmējs, bet paraugu nogādāšanu testēšanai un testēšanu var veikt tikai pasūtītājs (pasūtītāja pārstāvis) vai pasūtītāja atzīta akreditēta laboratorija.

No izmantotajiem izejmateriāliem ņem reprezentatīvos paraugus un tos analizē. Parasti tiek ņemts viens reprezentatīvais dažādu frakciju minerālmateriālu paraugs.

Minimālais parauga lielums:

- aizpildītājam – 2 kg;
- frakcijām līdz 8 mm – 5 kg;
- frakcijām, kas lielākas par 8 mm – 15 kg.

Izmantotās saistvielas (bitumens un bitumena emulsija) reprezentatīvie paraugi (average samples) sastāv no 3 daļējiem paraugiem (katrs 2 kg liels). Analizē vienu daļējo paraugu. Parasti vienu reprezentatīvo paraugu ņem no dažādām saistvielām. Turklāt var paņemt un analizēt vēl vienu paraugu, ja ir apšaubāms saistvielas izskats (krāsa, spīdums), kā arī viendabīgums, smarža, piesārņojums u.c. Pārbaūžu veidi un biežums apkopoti 26. tabulā.

26. tabula Pārbaužu veidi un biežums

Pārbaudes veids	Pārbaužu vai mērījumu skaits	ŠL	Plānkārtas asfaltbetons
Bituminētie maisījumi			
Granulometriskais sastāvs	3 paraugi (7000 – 9000 m ²)	X	X
Saistvielas saturs			
Bitumena mīk- stēšanas tempera- tūra, penetrāci- ja un elastīgās īpašības (elastīgā atjaunošanās)	1 – 2 paraugi no objekta	X¹⁾	X
Porainība un tūpumbūvums	3 paraugi (7000 – 9000 m ²)	-	X
Segumam			
Slāņu saķere	Nosaka pasūtītājs	X	X
Patieso profila pozīciju (<i>True-to- profile position</i>) – šķērskrituma noteikšanai	Katram slānim – ik pēc 100 m	X	X
Līdzenums	Katram slānim ieteicams vismaz ik pēc 50 m katrā joslā (augšējam slānim galvenā metode ir <i>IRI</i> metode)	X	X
Ieklātā slāņa biezums un daudzums	Atbilstoši ²⁾ un ³⁾ (<i>IT APM 10</i> Nodaļa XVI)	X	X
Slīdes pretestība		X	X
Porainība	3 paraugi (7000 – 9000 m ²)	-	X

¹⁾ No bitumena emulsijas atgūtajam bitumenam.

²⁾ Ar pareizu mērījumu punktu sadalījumu nosaka ieklātā un sablīvētā slāņa biezumu. Attālumu starp šķērsprofilu mērījumiem parasti nodrošina vienādos intervālos ik pēc 50 m. Urbumu veikšanas intervālus var palielināt līdz 200 – 300 m. Tomēr ieteicams, lai mērījumu

skaits būtu vismaz 10. Nelielām teritorijām vai ielām šo skaitu var samazināt. Mērīšanu veic trīs vietās: brauktuves vidū un 1/3 no brauktuves platuma abās ass pusēs.

³⁾ Ja slāņa daudzums (kg/m^2) ir norādīts projektā (līgumā), slāņa faktisko svaru nosaka katram slānim atsevišķi un parāda, ka tas atbilst līgumā noteiktajam slāņa svaram. Divas SS vai MS kārtas uzskata par vienu slāni. Tomēr pasūtītājs ir tiesīgs pieprasīt katra slāņa faktisko svaru katrā sekcijā.

6. Eksperimentālā daļa

6.1 Sastāvu projektēšana atbilstoši ZTV BAE-StB 09

6.1.1. DSK 8 tipa maisījuma ar granīta šķembām projektēšana

SS sastāvu projektēšana tika veikta, balstoties uz Vācijas specifikāciju ZTV BAE-StB 09 prasībām. DSK 8 tipa sastāvu izstrādei izvēlēta atbilstošā bitumena emulsija C65BP1-DSK, granīta sīkšķembas 0/2, 2/5 un 5/8, kā arī portlandcements CEM II 32,5R. DSK 8 sastāvs paredzēts visām autoceļu būvklasēm atbilstoši RStO 12 no Bk100 (ESAL virs 32 milj.) līdz Bk0,3 un gājēju ceļiem un velociņiem (ESAL zem 0,3 milj.).

Izvēlētajam materiālām noteiktas dažas pamatīpašības. Bitumena emulsijas pirmie testu rezultāti un atbilstības novērtējums bitumena emulsijas C65BP1-DSK klasei dots 27. tabulā. DSK 8 sastāvu izstrādei izvēlētā minerālmateriāla – trīs frakciju (0/2, 2/5 un 5/8) granīta sīkšķembu un portlandcements CEM II 32,5R granulometriskais sastāvs dots 28. un 29. tabulā. Balstoties uz granulometriskā sastāva rezultātiem, noteikta minerālmateriālu proporcija maisījumā (skat. 30. un 31. tab.), lai apmierinātu DSK 8 sastāva atbilstību reglamentētajām granulometriskā sastāva robežām (skat. 24. att.).

27. tabula Bitumena emulsijas īpašība

Īpašība	Standarts	Mērv.	Rezultāts	Prasība
Bitumena saturs emulsijā	LVS EN 1428	Masas %	65	63-67
Bitumena elastīgā atjaunošanās 25 °C	LVS EN 13398	%	58	≥ 50

	- Atbilst C65BP1-DSK klasei
--	-----------------------------

28. tabula Izvēlētā minerālmateriāla granulometriskais sastāvs –
daļējais atlikums uz sietiem

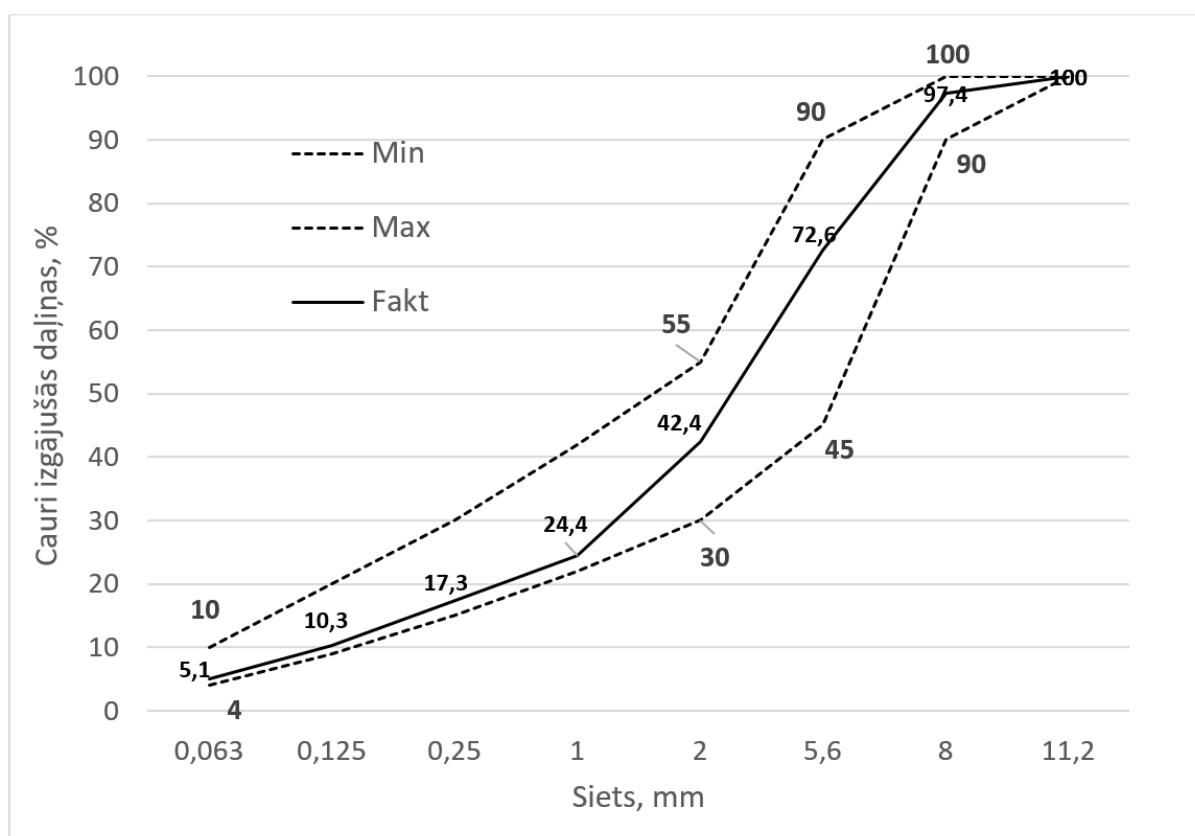
Siets, mm	Atlikums uz sieta, %			
	0/2	2/5	5/8	CEM II 32, 5R
11,2	-	-	-	-
8,0	-	-	10,0	-
5,6	-	9,9	83,4	-
2,0	4,5	85,8	6,6	-
1,0	39,6	4,3	-	-
0,25	17,0	-	-	0,5
0,125	16,6	-	-	0,5
0,063	12,2	-	-	13,0
< 0,063	10,1	-	-	86,0
Blīvums 2,754 g/cm³				

29. tabula Izvēlētā minerālmateriāla granulometriskais sastāvs –
cauri izgājušās daļiņas

Siets, mm	Cauri izgājušās daļiņas, %			
	0/2	2/5	5/8	CEM II 32, 5R
11,2	-	-	100	-
8,0	-	100	90,0	-
5,6	100	90,1	6,6	-
2,0	95,5	4,3	-	-
1,0	55,9	-	-	100
0,25	38,9	-	-	99,5
0,125	22,3	-	-	99,0
0,063	10,1	-	-	86,0
< 0,063	0	-	-	0
Blīvums 2,754 g/cm³				

30. tabula *DSK 8* minerālās daļas sastāvs

Izejmateriāls	Frakcija	Daudzums, %
Granīta šķembas	0/2	42,0
	2/5	31,0
	5/8	26,0
Cements <i>CEM II 32,5R</i>	-	1,0
Kopā		100


24. att. *DSK 8* granulometriskā sastāva atbilstība reglamentētajām robežām

31. tabula DSK 8 granulometriskais sastāvs

Siets, mm	Daļējais atlikums, %	Cauri izgājuši, %	Maisījuma daļa, %	
11,2	-	100	> 2 mm	57,6
8,0	2,6	97,4		
5,6	24,8	72,6		
2,0	30,2	42,4	Smilts	37,3
1,0	18,0	24,4		
0,25	7,1	17,3		
0,125	7,0	10,3	Aizpildītājs	5,1
0,063	5,2	5,1		
< 0,063	5,1	0		
Plūšanas koeficients frakcijai 0/2 ir E _{cs} 40				

DSK 8 sastāviem aprēķināts minimālais saistvielas daudzums, izmantojot pārrēķina koeficientu $\alpha = 2,650/\rho_d$. Minimālais saistvielas daudzums, ja $\rho = 2,650 \text{ g/cm}^3$, ir 5,2%. Pārrēķinot to uz faktisko blīvumu $\rho = 2,754 \text{ g/cm}^3$, iegūst 5,004% (5,0%). Tālāk tika izgatavoti trīs DSK 8 maisījumi A, B un C ar dažādu saistvielas saturu (solis 0,4%) – 5,1, 5,5 un 5,9%. Tad tika novērtētas “svaigā” maisījuma īpašības un izgatavota Maršala paraugu sērija 135 °C temperatūrā (2×50 sitieni) sablīvējuma (porainības) atbilstība ZTV BAE-StB 09 novērtējumam. 32. tabulā apkopotas DSK 8 sastāvu īpašības.

32. tabula DSK 8 sastāvu īpašības

		DSK 8 sastāvi		
		A	B	C
Minerālmateriāla daļa	%	100	100	100
Bitumena emulsija	%	8,3	9,0	9,6
Minimālais saistvielas saturs, ja $\rho = 2,650 \text{ g/cm}^3$	masas %	5,2	5,2	5,2
Minimālais saistvielas saturs, aprēķināts faktiskajam minerālmateriāla blīvumam	masas %	5,0	5,0	5,0
Saistvielas saturs, faktiskais	masas %	5,1	5,5	5,9

		DSK 8 sastāvi		
		A	B	C
Maisīšanas laiks	laiks, s	270	360	360
Šķembu daļiņu pārklāšana (adhēzija)	-	labā	ļoti laba	ļoti laba
Izdalītā ūdens krāsa	-	bezkrāsains	bezkrāsains	bezkrāsains
Maisījuma sacietēšana pēc 20 min	-	labā	ļoti laba	ļoti laba
Maisīšanas temperatūra	°C	20	20	20
Ūdens saturs	masas %	12	12	12
Minerālmateriāla blīvums	g/cm ³	2,754	2,754	2,754
Maisījuma blīvums	g/cm ³	2,534	2,518	2,502
Tilpumbūvums Maršala paraugiem (2×50)	g/cm ³	2,359	2,380	2,395
Porainība	tilpuma %	6,9	5,5	4,3
Paraugu izgatavošanas temperatūra	°C	135	135	135

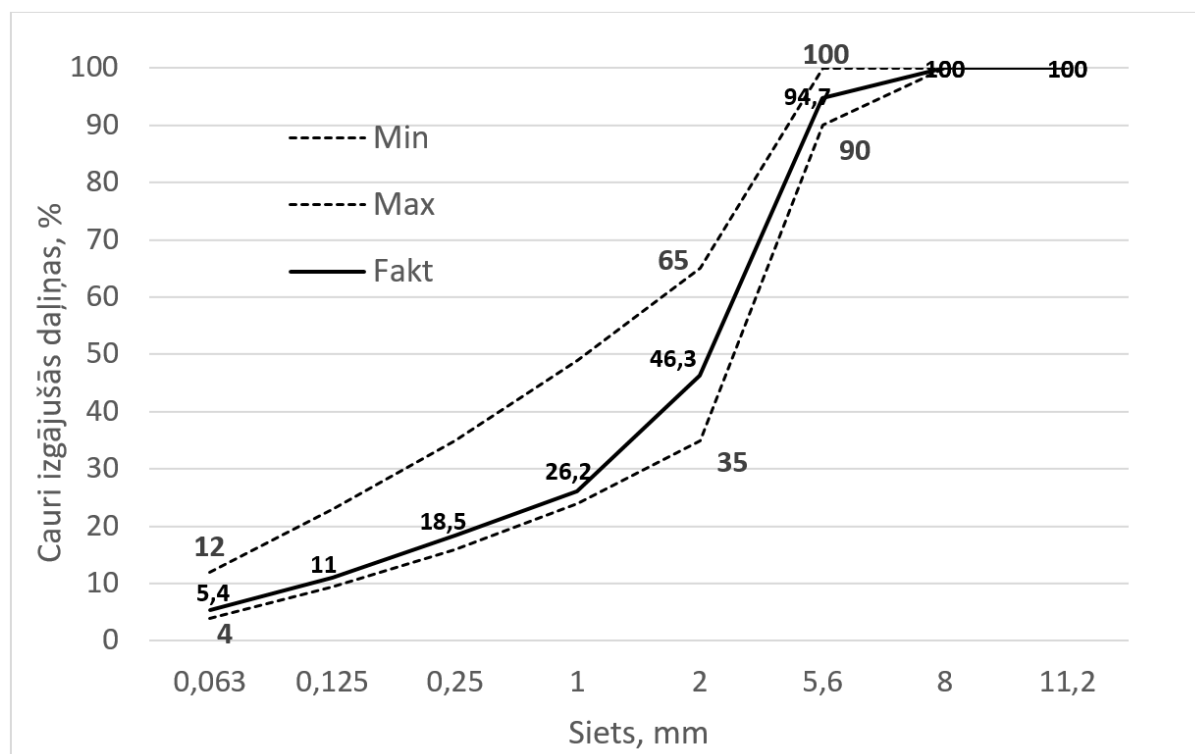
Maisījums B atbilstoši ZTV BAE-StB 09 specifikācijai atbilst autoceļu būvklasēm Bk100 līdz Bk0,3, kā arī gājēju ceļiem un velociņiem izvirzītajām prasībām.

6.1.2. DSK 5 tipa maisījuma ar granīta šķembām projektēšana

DSK 5 tipa sastāvu izstrādei izvēlēta atbilstošā bitumena emulsija C65BP1-DSK, granīta sīkšķembas 0/2 un 2/5, kā arī portlandcements CEM II 32,5R. DSK 5 sastāvs paredzēts visām autoceļu būvklasēm atbilstoši RStO 12 no Bk100 (ESAL virs 32 milj.) līdz Bk0,3 un gājēju ceļiem un velociņiem (ESAL zem 0,3 milj.). DSK 5 sastāvu izstrādei izvēlēta minerālmateriāla – divu frakciju (0/2 un 2/5) granīta sīkšķembu un portlandcements CEM II 32,5R granulometriskais sastāvs dots 33. tabulā. Baltoties uz granulometriskā sastāva rezultātiem, noteikta minerālmateriālu proporcija maisījumā (skat. 34. tab.), lai nodrošinātu DSK 5 sastāva atbilstību reglamentētā granulometriskā sastāva robežām (skat. 25. att.).

33. tabula DSK 5 granulometriskais sastāvs

Siets, mm	Daļējais atlikums, %	Cauri izgājuši, %	Maisījuma daļa, %	
11,2	-	-	> 2 mm	53,7
8,0	-	100		
5,6	5,3	94,7		
2,0	48,4	46,3	Smilts	40,9
1,0	20,1	26,2		
0,25	7,7	18,5		
0,125	7,5	11,0	Aizpildītājs	5,4
0,063	5,6	5,4		
< 0,063	5,4	0		
Plūšanas koeficients frakcijai 0/2 ir E _{cs} 39				



25. att. DSK 5 granulometriskā sastāva atbilstība reglamentētajām robežām

34. tabula *DSK 5* minerālās daļas sastāvs

Izejmateriāls	Frakcija	Daudzums, %
Granīta šķembas	0/2	45,0
	2/5	54,0
Cements <i>CEM II 32, 5R</i>	-	1,0

Minimālais saistvielas daudzums *DSK* sastāvam, ja $\rho = 2,650 \text{ g/cm}^3$, ir 6,2%. To pārrēķinot uz faktisko blīvumu $\rho = 2,748 \text{ g/cm}^3$, iegūst 6,0%. Tālāk tika izgatavoti trīs *DSK 5* maisījumi A, B un C ar dažādu saistvielas saturu (solis 0,4%) – 5,7, 6,1 un 6,5%. Tad tika novērtētas “svaigā” maisījuma īpašības un izgatavota Maršala paraugu sērija 135 °C temperatūrā (2×50 sitieni) sablīvējuma (porainības) atbilstība *ZTV BAE-StB 09* novērtējumam. 35. tabulā apkopotas *DSK 5* sastāvu īpašības.

35. tabula *DSK 5* sastāvu īpašības

		<i>DSK 5</i> sastāvi		
		A	B	C
Minerālmateriāla daļa	%	100	100	100
Bitumena emulsija	%	9,3	10,0	10,7
Minimālais saistvielas saturs, ja $\rho = 2,650 \text{ g/cm}^3$	masas %	6,2	6,2	6,2
Minimālais saistvielas saturs, aprēķināts faktiskajam minerālmateriāla blīvumam	masas %	6,0	6,0	6,0
Saistvielas saturs faktiskais	masas %	5,7	6,1	6,5
Maisīšanas laiks	laiks, s	70	120	120
Šķembu daļiņu pārklāšana (adhēzija)	-	labā	ļoti laba	ļoti laba
Izdalītā ūdens krāsa	-	bezkrāsains	bezkrāsains	bezkrāsains
Maisījuma sacietēšana pēc 20 min	-	neapmierinoša	labā	labā
Maisīšanas temperatūra	°C	20	20	20
Ūdens saturs	masas %	12	12	12
Minerālmateriāla blīvums	g/cm^3	2,748	2,748	2,748
Maisījuma blīvums	g/cm^3	2,505	2,490	2,474

		DSK 5 sastāvi		
		A	B	C
Tilpumblīvums Maršala paraugiem (2×50)	g/cm ³	2,318	2,348	2,369
Porainība	Tilpuma %	7,5	5,7	4,2
Paraugu izgatavošanas temperatūra	°C	135	135	135

Maisījums B atbilstoši **ZTV BAE-StB 09** specifikācijām atbilst autoceļu būvklasēm **Bk100** līdz **Bk0,3**, kā arī gājēju ceļiem un veloceliņiem izvirzītajām prasībām.

6.1.3. DSK 5 tipa maisījuma ar kvarcporfīra šķembām projektēšana

SS sastāvu ar kvarcporfīra šķembām (Zviedrija) projektēšana turpināta, balstoties uz Vācijas specifikāciju **ZTV BAE-StB 09** prasībām. **DSK 8** tipa sastāvu izstrādei izvēlēta atbilstoša bitumena emulsija **C65BPI-DSK**, kuras īpašības apkopotas 36. tabulā, kā arī kvarcporfīra sīkšķembas 0/2, 2/5 un 5/8 un portlandcements **CEM I 32,5**. **DSK 8** sastāvs paredzēts visām autoceļu būvklasēm atbilstoši **RStO 12** no **Bk100** (**ESAL** virs 32 milj.) līdz **Bk0,3** un gājēju ceļiem un veloceliņiem (**ESAL** zem 0,3 milj.). Kvarcporfīra sīkšķembru un portlandcements **CEM I 32,5** granulometriskais sastāvs dots 37. un 38. tabulās. Balstoties uz granulometriskā sastāva rezultātiem, noteikta minerālmateriālu proporcija maisījumā (skat. 39. un 40. tab.), lai nodrošinātu **DSK 8** sastāva atbilstību reglamentētā granulometriskā sastāva robežām (skat. 26. att.).

36. tabula Bitumena emulsijas īpašība

Īpašība	Standarts	Mērv.	Rezultāts	Prasība
Bitumena saturs emulsijā	LVS EN 1428	Masas %	65,1	63-67
Bitumena elastīgā atjaunošanās 25 °C	LVS NE 13398	%	57	≥ 50
Mikstēšanas temperatūra	LVS EN 1427	°C	51,5	≥ 50

	- Atbilst C65BPI-DSK klasei
--	------------------------------------

37. tabula Izvēlētā minerālmateriāla granulometriskais sastāvs –
daļējais atlikums uz sietiem

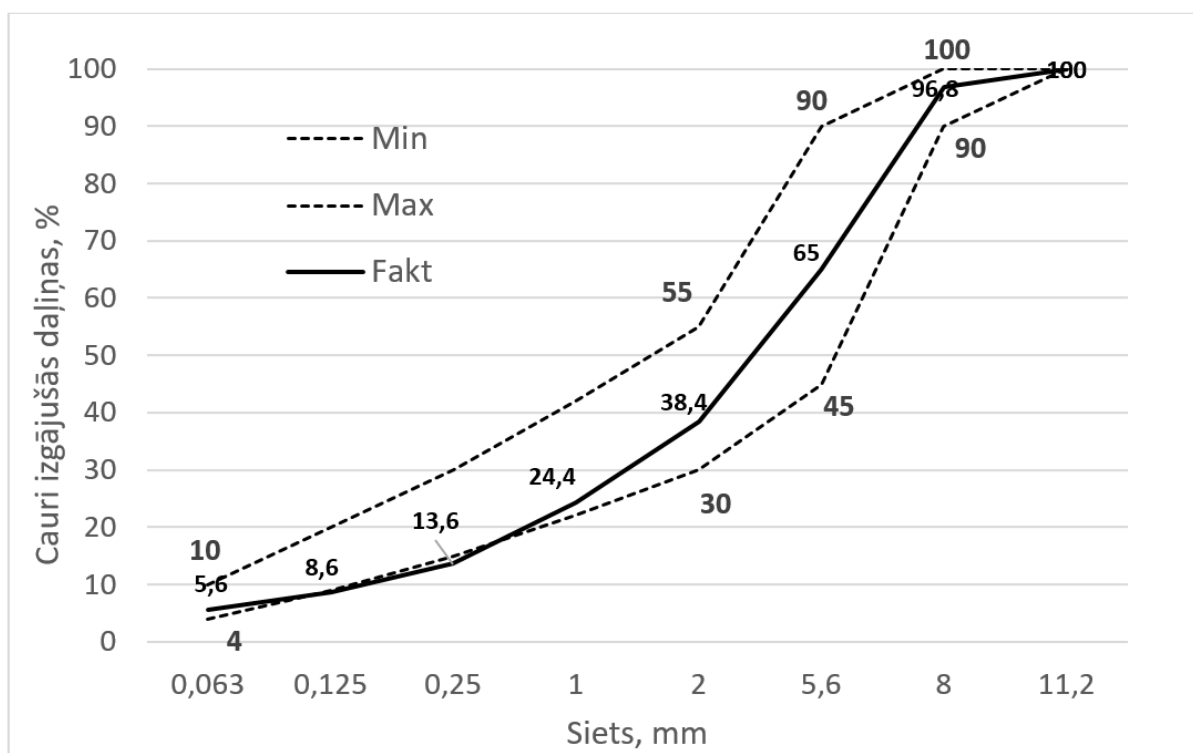
Siets, mm	Cauri izgājušās daļiņas, %			
	0/2	2/5	5/8	CEM I 32,5
11,2	-	-	-	-
8,0	-	-	9,5	-
5,6	-	9,8	83,5	-
2,0	6,3	83,9	7,0	-
1,0	22,0	6,0	-	-
0,25	38,8	0,3	-	-
0,125	13,0	-	-	4,0
0,063	7,8	-	-	3,0
< 0,063	12,1	-	-	93,0
Blīvums 2,659 g/cm³				

38. tabula Izvēlētā minerālmateriāla granulometriskais sastāvs –
cauri izgājušās daļiņas

Siets, mm	Cauri izgājušās daļiņas, %			
	0/2	2/5	5/8	CEM I 32,5
11,2	-	-	100	-
8,0	-	100	90,5	-
5,6	100	90,2	7,0	-
2,0	93,7	6,3	-	-
1,0	71,7	0,3	-	-
0,25	32,9	-	-	100
0,125	19,9	-	-	96,0
0,063	12,1	-	-	93,0
< 0,063	0	-	-	0
Blīvums 2,659 g/cm³				

39. tabula *DSK 8* minerālās daļas sastāvs

Izejmateriāls	Frakcija	Daudzums, %
Kvarcporfīra šķembas	0/2	38,0
	2/5	26,0
	5/8	35,0
Cements <i>CEM I 32,5</i>	-	1,0
Kopā		100


26. att. *DSK 8* granulometriskā sastāva atbilstība reglamentētajām robežām

40. tabula DSK 8 granulometriskais sastāvs

Siets, mm	Daļējais atlikums, %	Cauri izgājuši, %	Maisījuma daļa, %	
11,2	-	100	> 2 mm	61,6
8,0	3,2	96,8		
5,6	31,8	65,0		
2,0	26,6	38,4	Smilts	32,8
1,0	10,0	28,4		
0,25	14,8	13,6		
0,125	5,0	8,6	Aizpildītājs	5,6
0,063	3,0	5,6		
< 0,063	5,6	0		
Plūšanas koeficients frakcijai 0/2 ir E _{cs} 38				

41. tabulā apkopoti DSK 8 sastāvu īpašības.

41. tabula DSK 8 sastāvu īpašības

Rādītājs	Mērvienība	Rezultāts
Mīnerālmateriāla daļa	%	100
Bitumena emulsija	%	9,6
Saistvielas saturs, faktiskais	masas %	5,9
Maisīšanas laiks	laiks, s	240
Šķembu daļiņu pārklāšana (adhēzija)	-	laba
Izdalītā ūdens krāsa	-	Bezkrāsains (skaidrs)
Maisījuma sacietēšana pēc 20 min	-	laba
Maisīšanas temperatūra	°C	20
Ūdens saturs	masas %	12
Maisījuma blīvums	g/cm ³	2,428
Tilpumbūvums Maršala paraugiem (2×50)	g/cm ³	2,291
Porainība	Tilpuma %	5,6
Paraugu izgatavošanas temperatūra	°C	135

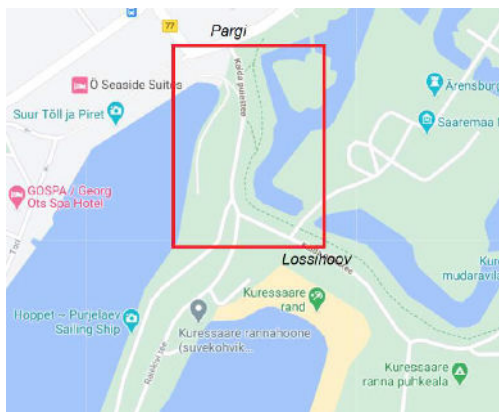
Izvēlētie materiāli ir savstarpēji savietojami un piemēroti izmantošanai *DSK 8* tipa maisījumam. Plānas emulsētu sīkšķembu virskārtas ieklāšana konstrukcijā jāveic divos slāņos (pirmais slānis jāveido pēc iespējas plānāks). Pirmo slāni ieteicams iestrādāt ar 0,2 – 0,5% lielāku saistvielas saturu

Izstrādātais *DSK 8* maisījums ar kvarcporfīra šķembām atbilstoši *ZTV BAE-StB 09* specifikācijām atbilst autoceļu būvklasēm *Bk100* līdz *Bk0,3*, kā arī gājēju ceļiem un velociņiem izvirzītajām prasībām.

7. *Microsurfacing* iestrāde reālos ekspluatācijas apstākļos

7.1. 2020. gada būvobjekts Kuresārē, Sāremā

Microsurfacing iestrāde Kuresārē, Sāremā tika veikta 2020. gada 26. un 27. augustā (26.08. ieklāts MS apakškārtas slānis, 27.08. – MS virskārtas slānis). Esošā seguma sagatavošanu uzņēmās veikt vietējā pašvaldība. Ielā, kurai veikta MS iestrāde – *Kalda puiestee* – ir zema satiksmes intensitāte (skat. 27. att.). Posma garums ir 350 m (no *Pargi* līdz *Lossihoov*).



27. att. Ielas *Kalda puiestee* posms, kurā veikta MS ieklāšana

Pirms ieklāšanas veikts posma vizuālais novērtējums. Posma sākumā, virzienā no *Pargi* uz *Lossihoov*, 50 metru garumā bija izteikts noguruma plaisu tīkls (skat. 28. att.). Atbilstoši *PCI* skalai, šī 50 m garā posma stāvoklis bija *PCI* 40–54. Tālāk, virzienā uz *Lossihoov*, 100 m garumā bija noguruma plaisu tīkls, kurš, atbilstoši *PCI* sistēmai, bija no *PCI* 55–69 līdz *PCI* 70–84 (skat. 29. att.). Pēc tam, tuvojoties posma beigām (*Kalda puiestee* krustojumam ar *Lossihoov*), seguma stāvoklis ievērojami uzlabojās un tajā nebija izteiktu bojājumu, izņemot vienu lokālu bojājumu, kurš norādīts 30. attēlā. Šī bojājuma novēršanu saskaņā ar iepriekšēju vienošanos bija jāveic vietējai pašvaldībai, kas to nebija izdarījusi (tāpēc mutiski tika saskaņots ieklāt MS uz nesagatavotas seguma virsmas). Beigu posma *PCI* bija no *PCI* 70–84 līdz *PCI* 85–100 (31. att.). Līdz ar to šo posmu atkarībā no esošā seguma stāvokļa varēja sadalīt vairākos apakšposmos ar dažādiem *PCI* turpmākajam MS ilgmūžības novērtējumam.



28. att. Posma sākums ar skatu no *Pargi* virzienā uz *Lossihoov*



29. att. Posma vidusdaļa ar skatu uz *Pargi*



30. att. Posma beigas ar vienu izteiktu seguma lokālu bojājumu – iesēdumu ar noguruma plaisu tīklu



31. att. Posma beigas ar skatu uz *Lossihoov*

Ieklāšana sākās 26.08. pulksten 11.00. Gaisa temperatūra ieklāšanas laikā bija 18 °C, mitrums – 75%, laiks – saulains un daļēji mākoņains (saule mijās ar mākoņiem). Pirms ieklāšanas darbu sākuma veikti šādi sagatavošanas darbi.

1. MS mašīnas piepildīšana ar sīkšķembām (ap 20 km no objekta).
2. MS mašīna piepildīta ar cementu *CEM II* un piedevu *OÜ Üle* bāzē Kosē (27 km no Tallinas).
3. MS mašīnas piepildīšana ar bitumena emulsiju notika uz vietas pirms darbu uzsākšanas (skat. 32. att.).
4. Teritorijas ierobežošana ar aizsargbarjerām un lenti (skat. 33. att.).
5. MS kastes eļļošana, lai vēlāk varētu viegli veikt kastes tīrīšanu (skat. 34. att.).
6. Izlīdzināšanas gumijas lentes piestiprināšana pie kastes (skat. 35. att.).
7. MS kastes piestiprināšana pie mašīnas (skat. 36. att.).
8. MS mašīnas pārvietošana uz ceļa posma sākumu un augstuma (slāņa biezuma) un platuma iestādīšana (skat. 37. att.).



32. att. MS mašīnas piepildīšana ar bitumena emulsiju



33. att. Būvlaukuma teritorijas ierobežošana



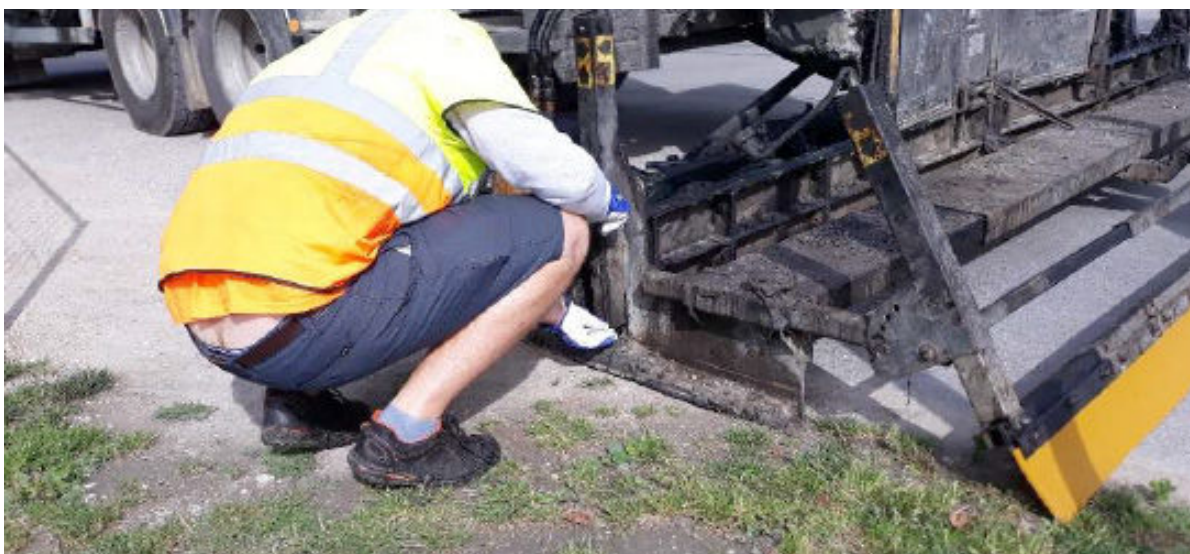
34. att. MS kastes eļļošana



35. att. Izlīdzināšanas gumijas lentes piestiprināšana pie kastes



36. att. MS kastes (box) piestiprināšana pie mašīnas



37. att. Augstuma iestādīšana

Šajā posmā tika ieklāts tipisks dubultais MS slānis. Apakšējais jeb izlīdzinošais slānis ir frakcijas 0/8 Type III, atbilstoši ISSA (*Internationa Slurry Seal Association*), kurš atbilst vācu DSK 8 un lietuviešu ŠL 8, bet virsējais slānis – Type II, kas atbilst vācu DSK 5 un lietuviešu ŠL 5 sastāviem. Slāņa biezums Type III ir 1,5 D – 1,2 cm (minim. 1,0 cm un maksim. 1,4 cm), bet Type II – 0,6 cm. Abu slāņu kopējais biezums nedrīkst pārsniegt 20 mm. Katram slānim uz MS ieklāšanas kastes (skat. 38. att.) jālieto atšķirīga izlīdzinošā gumija (*smoozing rubber*). Tas saistīts ar to, ka apakšējais slānis jāizveido maksimāli gluds, kā arī jāiegūst vienmērīgs materiāla sadalījums, ko panāk, lietojot stingāku gumiju, bet virskārtas slānim, lai tā virsma būtu raupja, jālieto elastīgāka, mazāka stinguma gumija.



38. att. Izlīdzinošā gumija

Eksperimenta sākumā nebija pareizi noregulēts slāņa biezums (tas diezgan grūti izdarāms tādām posmam, kurš ir ļoti nelīdzens), kā rezultātā maisījums netika izklaidēts brauktuves vidū, bet sānos (skat. 39. att.). Tāpēc tika veikta augstuma pārregulēšana un veikts otrais gājiens (skat. 40. att.). Tā kā šis ir apakšējais, izlīdzinošais slānis, tad pilnīga pārklāšana nav jānodrošina, to nodrošinās virsējais slānis. 41. attēlā parādīta vieta, kur tika atstāts lokāls bojājums (skat. 30. att.). Posma ieklāšanas beigās izlīdzināšana tika veikta ar rokām (skat. 42. att.), jo netika saņemta atļauja satiksmes ierobežošanai uz galvenās ielas. Citos gadījumos beigu daļas ieklāšanu var veikt, apgriežot MS mašīnu pretēji sākotnējam ieklāšanas virzienam un ieklāšanu līdz savienojuma vietai veicot pretējā virzienā. Šī slāņa cietēšana ilga 2 stundas, tomēr satiksme līdz virsējā slāņa ieklāšanai netika palaista. Augsti noslogotos posmos satiksmei var palaist 2 stundas pēc izlīdzinošā slāņa ieklāšanas. 43. un 44. attēlos parādīts ieklātais *Type III* slānis. Pēc virsmas struktūras var izdarīt secinājumu par slāņa biezumu, jo, ja virsma ir gluda un spīdīga (44. att. kreisais augšējais stūris), tad tajā vietā slāņa biezums ir lielāks par 1,5 D. Šādas struktūras virsma veidojas rupjāko frakciju šķembu nosēšanās dēļ, savukārt emulsija ar aizpildītāju noslāņojas augšā. MS tika uzklāts arī virs aku lūkām, un vēlāk tās tiks izgrieztas un paceltas (tādu risinājumu piedāvāja pašvaldība; skat. 45. att.).



39. att. MS ieklāšana uz ļoti nelīdzenas virsmas – pirmais jeb sākotnējais gājiens



40. att. MS ieklāšana uz ļoti nelīdzenas virsmas – pēc otrā gājiena



41. att. Aizpildīts lokālais bojājums



42. att. Posma ieklāšanas beigās izlīdzināšana tika veikta ar rokām



43. att. Ieklātā MS izlīdzinošā kārtā



44. att. Ieklātās MS izlīdzinošās kārtas virsmas struktūras vizuālais novērtējums

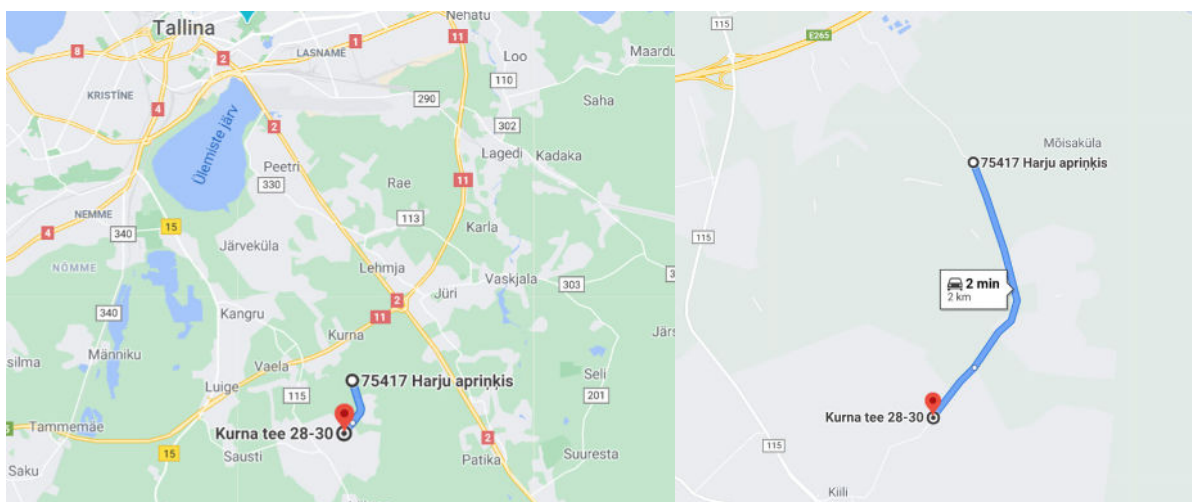


45. att. MS uzklāšana virs akas lūkas

7.2. 2019. gada būvobjektu apsekošana pie Tallinas

1. būvobjekts

Autoceļa posms atrodas 30 km no Tallinas centra (skat. 46. att.) – pievedceļš pie E265. Vidējā diennakts satiksmes intensitāte ir *AADT 300*, tomēr pie šī ceļa atrodas divas ražotnes, no kurām diennaktī iebrauc/izbrauc 4 – 10 kravas automašīnas (skat. 47. att.). Būvniecība veikta 2019. gada jūlijā. Ieklāti divi slāņi – *Type III* apakškārta un *Type II* virskārta. Uz seguma pēc viena ekspluatācijas gada nav novēroti būtiski bojājumi (skat. 48. att.). Prognozētais kalpošanas laiks ir vismaz 5 gadi.



46. att. 1. objekta atrašanās vieta



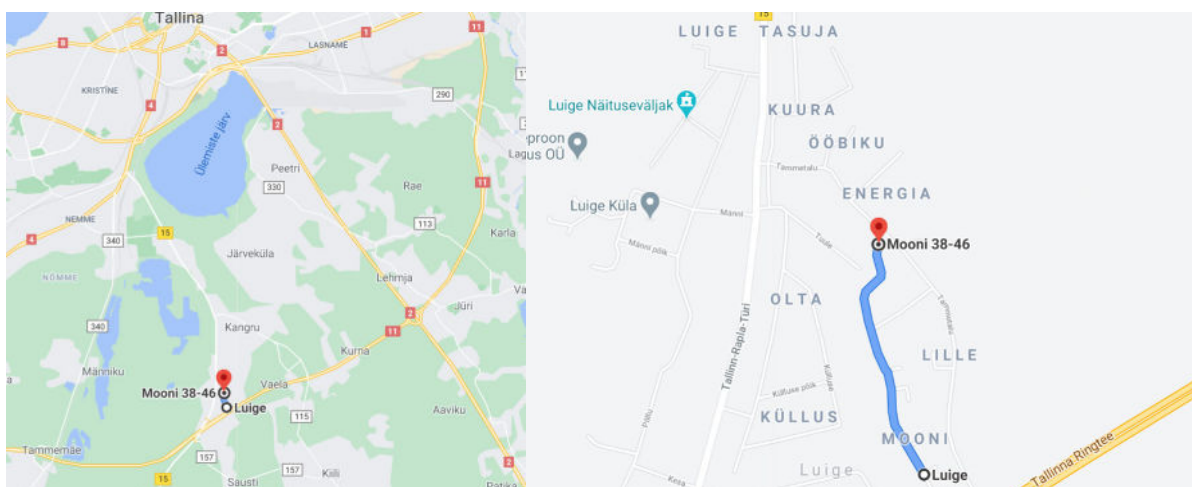
47. att. Autoceļa ar MS segumu savienojums ar iebraucamo ceļu ražotnes teritorijā



48. att. MS seguma stāvoklis pēc viena ekspluatācijas gada

2. būvobjekts

Autoceļa posms atrodas 30 km no Tallinas centra (skat. 49. att.) – Mooni iela privātmāju rajonā. Pirms būvniecības ceļš bija ļoti sliktā stāvoklī un grūti izbraucams. Būvniecība veikta 2019. gada jūlijā. Ieklāti divi slāņi – *Type III* apakškārta un *Type II* virskārta. Uz seguma pēc viena ekspluatācijas gada nav novēroti būtiski bojājumi (skat. 50. att.). Prognozētais kalpošanas laiks ir vismaz 7 gadi (šī posma noslodze ir zemāka nekā 1. objektam, kam prognozētais kalpošanas laiks ir 5 gadi).



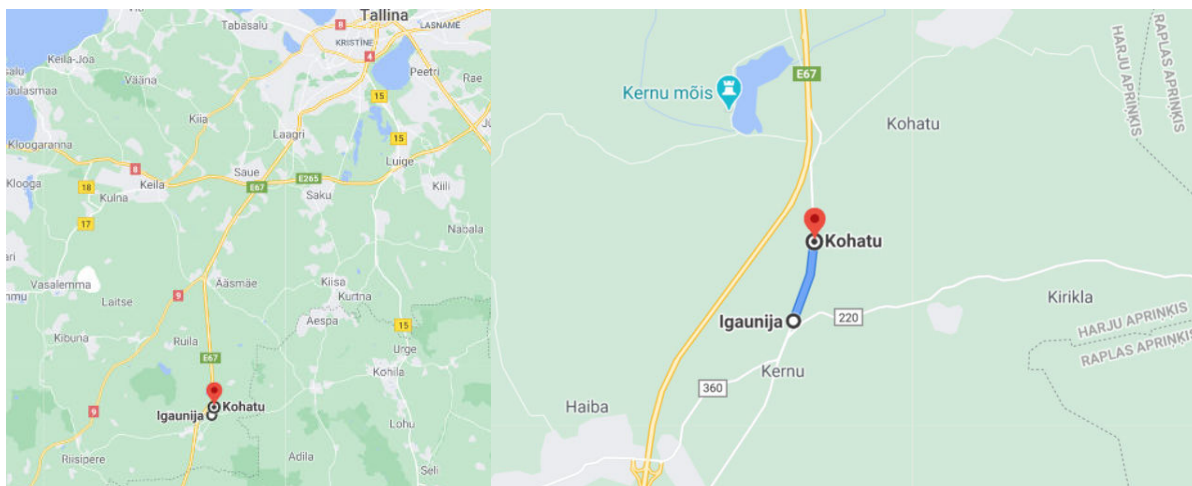
49. att. 2. objekta atrašanās vieta



50. att. MS seguma stāvoklis pēc viena ekspluatācijas gada

3. būvobjekts

Autoceļa posms atrodas 40 km no Tallinas centra (skat. 51. att.). Autoceļš savienojas ar E67 (Tallina – Pērnavā – Ikla). Vidējā diennakts satiksmes intensitāte ir AADT 6000. Būvniecība veikta 2019. gada septembrī. Veikta rišu aizpildīšana ar *Type III* un ieklāta virskārta, izmantojot to pašu *Type III*. Ieklāšana nebija iespējama laikā no 9.00 līdz 11.00 un no 14.00 līdz 16.00, tāpēc būvdarbi veikti MS cietēšanai nelabvēlīgā laikā – pēc 16.00. Laika apstākļi pasliktināja cietēšanu (tā palēninājās), kā rezultātā pēc gada MS segums sāka lobīties un šobrīd notiek tā garantijas remontdarbi, izmantojot virsmas apstrādes tehnoloģiju (skat. 52. att.). Šī posma apsekošanas rezultāti nozīmē, ka septembrī MS drīkst ieklāt tikai zemas satiksmes intensitātes ceļos. Rekomendācijās (skat. 8. nodaļu, 6. un 8. rekomendāciju) norādīts labvēlīgākais laika periods un temperatūra MS ieklāšanai (gaisa mitrums < 70%, temperatūra rudenī > 10 °C). Svarīgi atzīmēt, ka vislabvēlīgākie apstākļi šai tehnoloģijai ir tad, ja apkārtējās vides temperatūra ir robežās no 17 līdz 20 °C, kad seguma temperatūra sasniedz 30 °C.



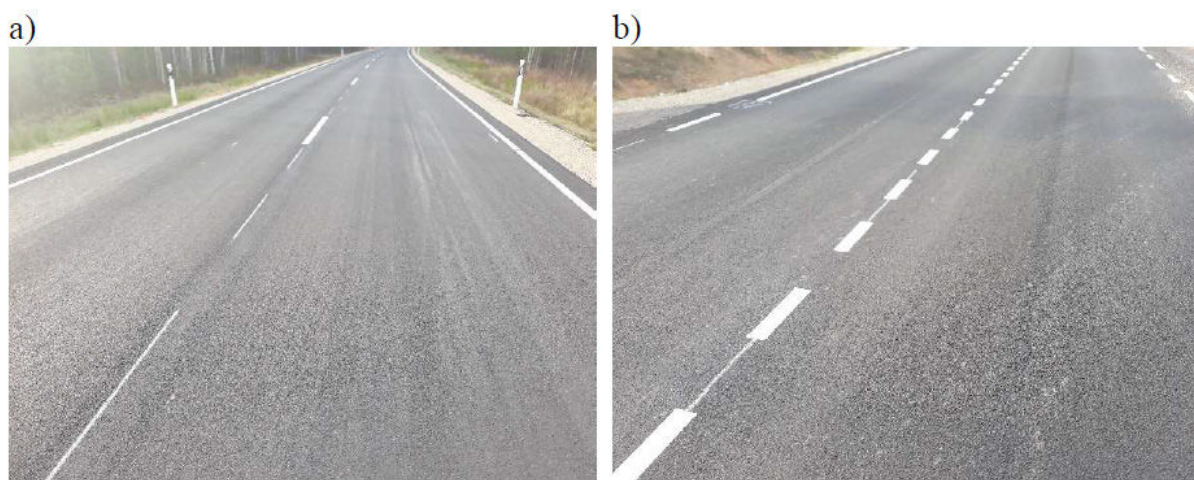
51. att. 3. objekta atrašanās vieta



52. att. MS seguma stāvoklis pēc viena ekspluatācijas gada

8. Rekomendācijas

1. Divjoslu ceļu ar *SS* vai *MS* var ieklāt divos vai trīs ieklāšanas gājienos (līnijās; skat. 53. att.), kas atkarīgs no ieklājēja specifikācijas (piemēram, ātruma) un šo maisījumu īpašībām – cietēšanas laika (*curing time*), kā arī jāizvairās no *SS* vai *MS* maisījuma sākšanas cietēt ieklājējā (*spreader box*). Tomēr, lai samazinātu garenšuvju skaitu, tiek rekomendēts divjoslu ceļu ieklāt divos gājienos, jo mūsdienīga ieklājēja izkliešanas kastītes platums ir līdz 4,4 m.



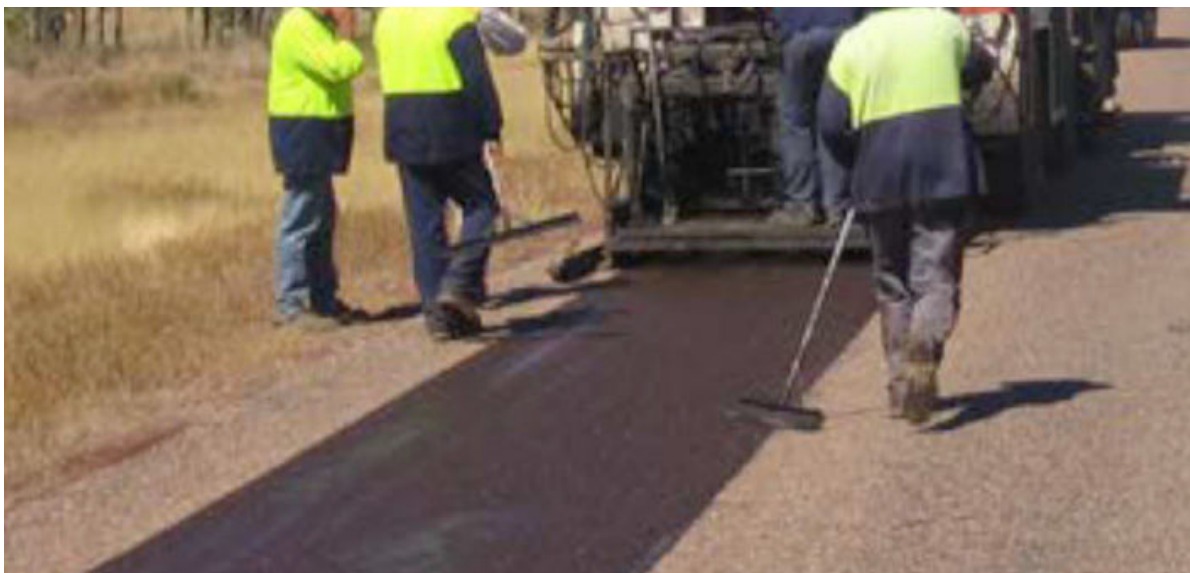
53. att. *MS* ieklāts: a – divos gājienos (viena garenšuve); b – trīs gājienos (divas garenšuves)

2. *SS* un *MS* maisījumus var ieklāt bez sablīvēšanas, tomēr ātrākai ūdens izspiešanai un turpmākai ciettapšanai ieteicams veikt sablīvēšanu ar pneimatiskajiem veltņiem (skat. 54. att.). Tā kā *SS* un *MS* maisījumu struktūra ir līdzīga SMA asfalta struktūrai, šķembu daļiņu pārvietošanās minerālajā karkasā ir neliela. Tomēr daļiņu kustībai karkasā ir liela nozīme, jo tā dod iespēju izvadīt ūdeni, kas veicina karkasa stabilizēšanos un maisījuma cietēšanu. Pēc ieklāšanas *SS* un *MS* maisījuma sablīvēšana transporta slodzes ietekmē turpinās.

3. Dziļas rīses (virs 1 cm) un nelīdzenumus ieteicams nofrēzēt, pēc tam notīrot segumu ar speciālu vakuuma sūkni, jo smalkais materiāls var negatīvi ietekmēt bitumena emulsijas īpašības. Rīšu aizpildīšanu veic ar šaurāku izkliešanas kastīti (*wheel track box*; skat. 55. att.).



54. att. SS un MS sablīvēšana ar pneimatisko veltni



55. att. Rišu aizpildīšana ar SS un MS maisījumiem

4. SS un MS maisījumus ieklāj divos slāņos. Pirmais ir izlīdzinošais slānis, bet otrais – pamata virskārtas slānis. Laiks starp 1. un 2. slāņa ieklāšanu ir 1 – 7 dienas (satiksmi var atjaunot pēc 1 – 6 stundām), un tas ir atkarīgs no MS un SS ciettapšanas un pilnīgas ūdens iztvaikošanas. Apakšējā un augšējā slāņa kombinācijas ir šādas:

- ✓ Type III (DSK 8, ŠL 8) + Type I (DSK 3, ŠL 3) (skat. 56. att.);
- ✓ Type II (DSK 5, ŠL 5) + Type II (DSK 5, ŠL 5) (skat. 57. att.);
- ✓ Type III (DSK 8, ŠL 8) + Type II (DSK 5, ŠL 5) (skat. 58. att.).



56. att. *Type III* (DSK 8, ŠL 8; frakcija 0–8) + *Type I* (DSK 3, ŠL 3; frakcija 0–2)



57. att. *Type II* (DSK 5, ŠL 5; frakcija 0–4) + *Type II* (DSK 5, ŠL 5; frakcija 0–4)



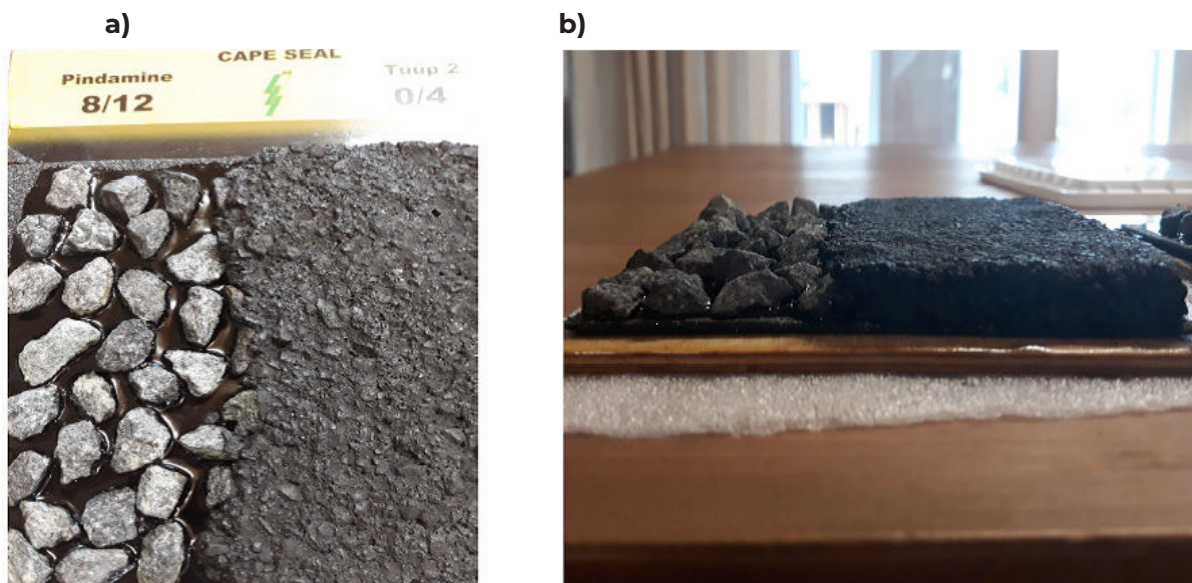
58. att. *Type III* (DSK 8, ŠL 8; frakcija 0–8) + *Type II* (DSK 5, ŠL 5; frakcija 0–4)

5. SS vai MS var kombinēt ar tradicionālo vienkārtas virsmas apstrādi (*Chip Seal*). Šo kombināciju sauc par *Cape Seal* (skat. 59. att.). *Cape Seal* risinājums padara seguma virsmu gludāku, kā arī saista *Chip Seal* sīkšķembas vienotā monolītā, pasargājot tās no atraušānās. *Cape Seal* izmanto ne tikai lai aizsargātu ceļa segumu, ieklājot virsū emulsētu sīkšķembu maisījumu, bet to var izmantot arī intensīvas satiksmes zonās, novēršot nelielu plaisāšanu. Tāpat kā veicot jebkuru virsmas apstrādi, pirms *Cape Seal* uzklāšanas jānovērš lielas plaisas un bedres.

6. Rekomendējamā SS un MS ieklāšanas temperatūra pavasarī ir $\geq +5\text{ }^{\circ}\text{C}$, bet rudenī $\geq +10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (saistīta ar bitumena emulsijas sadalīšanos un SS un MS ciettapšanu).

7. Rekomendējamais periods SS un MS ieklāšanai ir maijs – augusta vidus, kurš nodrošina nepieciešamo laika posmu pēc ieklāšanas, kad norisinās ciettapšana un izveidojas stipras adhēzijas saites starp bitumenu un minerālmateriālu, t.i., ieklājot šajā periodā, mazāks būs risks tam, ka neizveidosies stipras adhēzijas saites, jo pēc ieklāšanas būs pietiekami daudz dienu (no augusta otrās puses līdz oktobrim) ar labvēlīgiem laika apstākļiem (temperatūru, mitrumu), kuri veicinās

adhēzijas saišu izveidošanos. Savukārt, ieklājot no augusta otrās puses līdz oktobrim, pastāv liels risks, ka stipras saites neizveidosies, jo pēc *SS* vai *MS* ieklāšanas šajā laika periodā mazāks ir dienu skaits ar labvēlīgiem apstākļiem ciettapšanai un stipru adhēzijas saišu veidošanai.



59. att. *Cape Seal*: a – skats no augšas; b – skats no sāniem

8. Rekomendējams *SS* un *MS* ieklāt sausā laikā (gaisa mitrums < 70%). Nedrīkst ieklāt lietū. Nav rekomendējams arī *SS* un *MS* maisījumus ieklāt naktī. Labos laika apstākļos iespējams ieklāt līdz 5000 m², t.i., ap 1,5 km *SS* vai *MS* vienā slānī pilsētā un līdz 10 000 m² ārpus pilsētas. Ar vienu *SS* vai *MS* mašīnu var ieklāt no 600 līdz 1000 m², kas parasti aizņem 15 – 20 min. Būvniecības laikā var izmantot divas vai trīs *SS* vai *MS* mašīnas (viena veic ieklāšanu, parējās tiek uzpildītas ar izejmateriāliem).

9. Pēc *SS* vai *MS* ieklāšanas satiksmi vēlams palaist ne ātrāk kā pēc 2 stundām (satiksmi iespējams palaist ātrāk nekā pēc virsmas apstrādes).

10. Par aizpildītāju rekomendējams izmantot portlandcementu. *SS* un *MS* receptu izstrādei jāizmanto cietēšanas palēninātājs (piemēram, alumīnija sulfāts), lai samazinātu risku, ka cietēšana varētu notikt ieklājējā. Cietēšanas palēninātāja daudzums parasti ir 1 – 2%, bet tas katras receptes maisījumam ir atkarīgs no apkārtējās vides apstākļiem (vienas un tās pašas receptes maisījumiem, kurus, piemēram, paredzēts ieklāt maijā un septembrī, palēninātāja daudzums atšķirsies).

11. SS un MS segumus *Type III*, DSK 8, ŠL8 (frakcija 0–8), ieklāj līdz 30 mm biezumā rišu aizpildīšanai, seguma virsmas atjaunošanai un tekstūras uzlabošanai. *Type II*, DSK 5, ŠL5 (frakcija 0–4) ieklāj līdz 12 mm biezumā pārprofilēšanai (*reprofiling*), seguma virsmas atjaunošanai un tekstūras uzlabošanai. *Type I* (frakcija 0–2) ieklāj līdz 8 mm biezumā seguma virsmas atjaunošanai un tekstūras uzlabošanai.

12. *Type III* un *Type II* tipu segumiem reglamentē slīdes pretestību, kurai atbilstoši MPD (*mean profile depth*) metodei jābūt no 0,8 līdz 0,84, bet *Type I* segumam šim rādītājam jābūt 0,65.

13. Polimērmodificētās bitumena emulsijas izgatavošanai vēlams izmantot ceļa bitumenu, kurš modificēts ar lateksu (lateksa daudzums > 3% no bitumena masas).

14. SS un MS izgatavošanai jāizmanto dzeramais ūdens, kuru var ņemt, piemēram, no ugunsdzēsības hidranta.

15. SS un MS maisījumi piemēroti ieklāšanai, veicot tiltu segumu atjaunošanu, īpaši – rišu aizpildīšanu, kas atrodas pie deformācijas šuvēm.

16. Bitumena emulsijas un SS vai MS maisījuma projektēšanu vēlams veikt vienlaicīgi, jo bitumena emulsijas sastāva projektēšana atsevišķi no SS vai MS sastāva projektēšanas var negatīvi ietekmēt galaprodukta – atjaunotā seguma kvalitāti (tāpēc, piemēram, iegādājoties emulsiju no cita ražotāja, nepieciešams pārbaudīt komponentu saderību).

17. Veicot SS un MS maisījumu projektēšanu, bez standarta laboratorijas aprīkojuma (testi aprakstīti ISSA *International Slurry Seal Association* vadlīnijās, kā arī standartos LVS EN 12274-1, LVS EN 12274-2, LVS EN 12274-3, LVS EN 12274-4, LVS EN 12274-5, LVS EN 12274-7 u.c.) vēlams izmantot arī bitumena emulsijas izgatavošanas laboratorijas iekārtu, kas dod iespēju izgatavot nelielus bitumena emulsijas daudzumus (1–2 l) tuvināti reālai rūpnieciskai iekārtai (skat. 60. att.). Tas atvieglo bitumena emulsijas un SS un MS maisījumu recepšu izstrādes procesu.



60. att. Laboratorijas iekārta bitumena emulsijas izgatavošanai

18. *MS* maisījumiem (*Type III*, *DSK 8*, *ŠL8* un *Type II*, *DSK 5*, *ŠL5*) projektēšanas procesā netiek veikts viegliestrādājamības tests atbilstoši LVS EN 12274-3, jo bitumena emulsija sadalīšanās var sākties testa laikā (šo testu veic *SS* maisījumiem *Type I*, *DSK 3*, *ŠL3*).

9. *SS* un *MS* maisījumu projektēšana

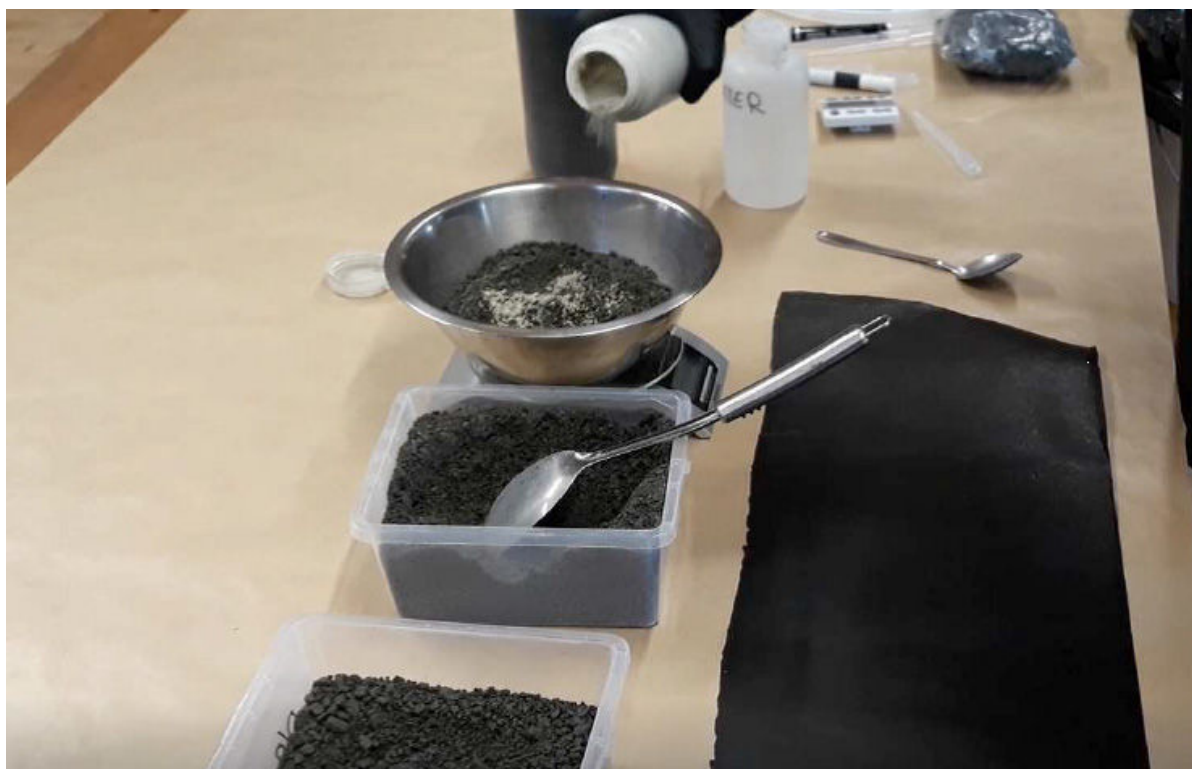
Pirms *SS* un *MS* maisījumu viegliestrādājamības, abrazivitātes, kohēzijas pieauguma ātruma u.c. īpašību noteikšanas jāveic šo maisījumu projektēšana (sākotnējā izejvielu daudzuma proporcijas noteikšana) atbilstoši standarta LVS EN 12274-2 prasībām. Sākumā projektē granulometrisku sastāvu, tad eksperimentāli nosaka bitumena emulsijas, portlandcementsa un piedevas daudzumu (*SS* vai *MS* izmēģinājuma maisījumu skaits var sasniegt vairākus desmitus). Izmēģinājuma maisījumu izgatavošanas soļus skat. 61. att.

1. • Minerālmateriālu (divu vai trīs frakciju, piemēram, 0/2, 2/5 un 5/8) dozēšana (skat. 62. att.).
2. • Portlandcimenta pievienošana (skat. 63. att.).
3. • Portlandcimenta un sīkšķembu sajaukšana (skat. 64. att.).
4. • Ūdens pievienošana un maisīšana (skat. 65. att.).
5. • Bitumena emulsijas pievienošana un maisīšana noteiktu laiku (skat. 66. att.).
6. • MS maisījuma ieklāšana uz speciāla pārklājuma laboratorijas apstākļos viegliestrādājamības novērtēšanai (skat. 67. [Legend](#)).
7. • MS maisījuma viegliestrādājamības novērtēšana – atbilstoša (pietiekami plūstošs un viegli ieklājams maisījums; skat. 68. att.) vai neatbilstoša (pārāk irdens un grūti ieklājams; skat. 69. att.).

61. att. Izmēģinājuma maisījumu izgatavošanas soļi



62. att. Minerālmateriālu (divu vai trīs frakciju) dozēšana



63. att. Portlandcimenta pievienošana

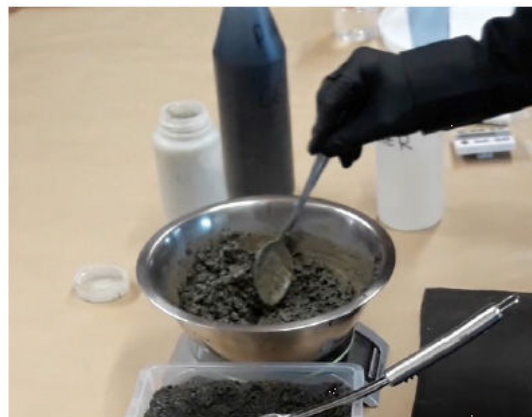


64. att. Portlandcimenta un sīkšķembu sajaukšana

a)



b)



65. att. Ūdens pievienošana (a) un maisīšana (b)

a)



b)



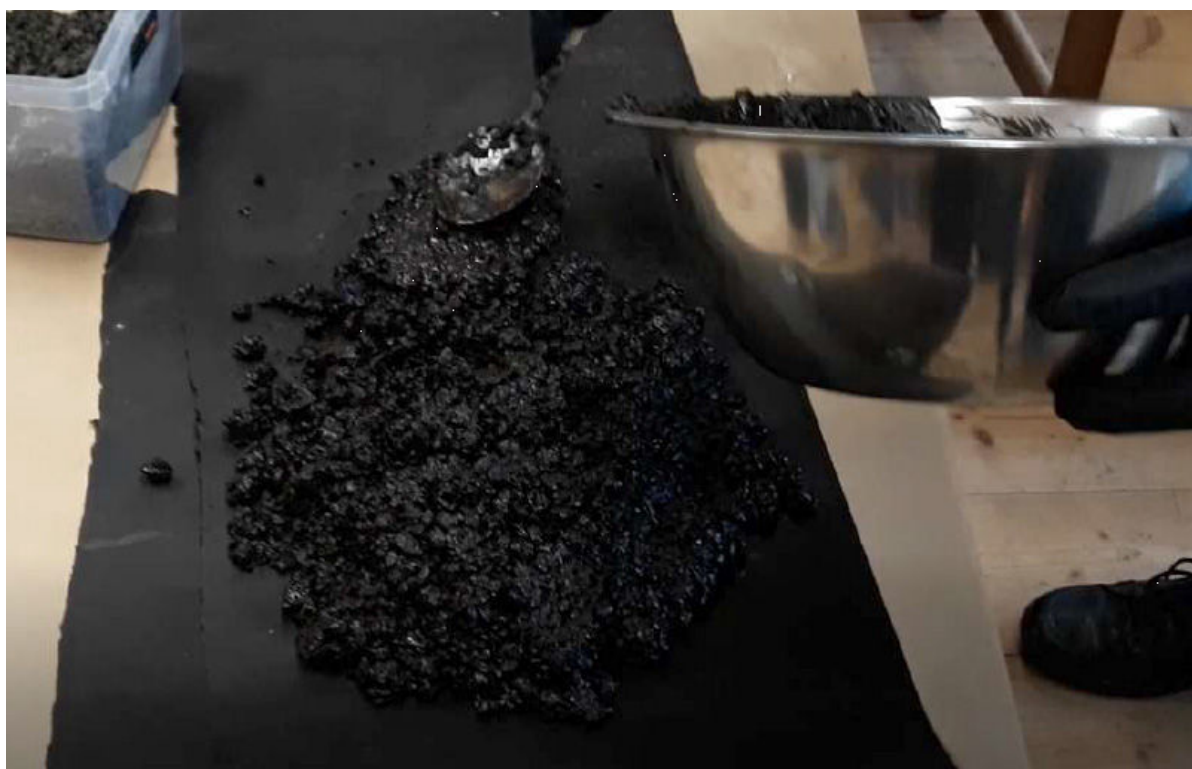
66. att. Bitumena emulsijas pievienošana (a) un maisīšana noteiktu laiku, kurš jāuzņem (b)



67. att. MS maisījuma ieklāšana uz speciāla materiāla laboratorijas apstākļos
viegliestrādājamības novērtēšanai



68. att. MS maisījuma viegliestrādāmības novērtējums – atbilstoša

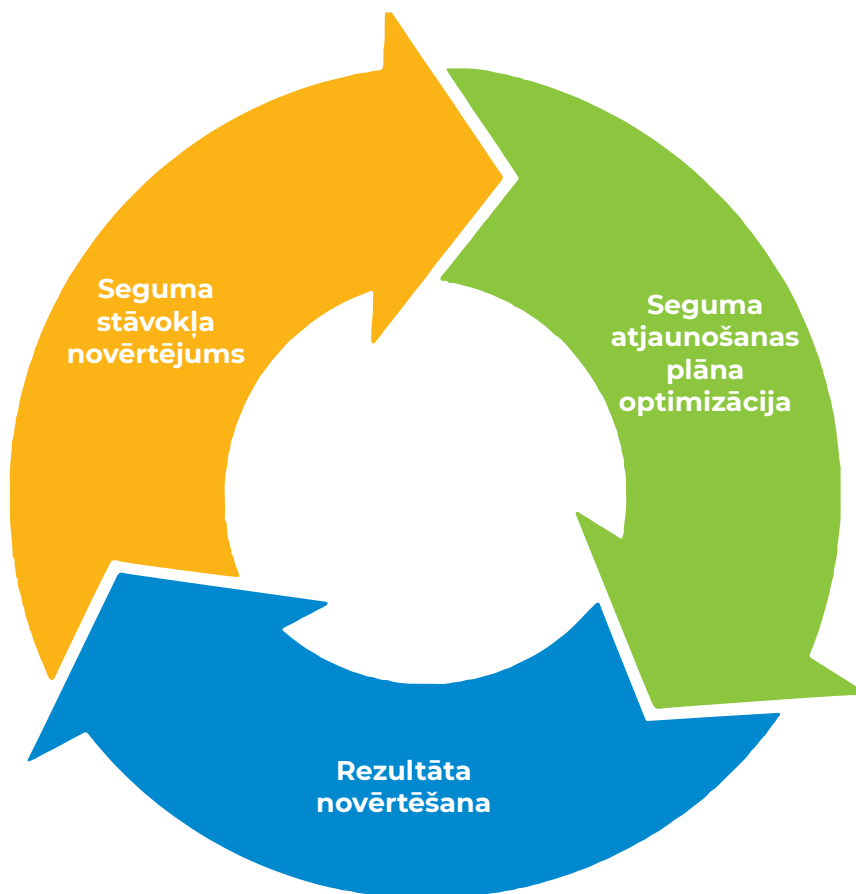


69. att. MS maisījuma viegliestrādāmības novērtējums – neatbilstoša

10. Vienkārša pieeja autoceļu tīkla uzturēšanas izmaksu optimizēšanai, balstīta uz LCCA

10.1. Optimizācijas rīks *PPRA*

Efektīva autoceļu seguma pārvaldības (vadības) sistēma ar datiem, kas pielāgoti konkrētam autoceļu tīklam, var palīdzēt veikt visefektīvāko un viedāko ceļu seguma atjaunošanas (uzturēšanas) izvēli gan īstermiņa, gan ilgtermiņa ietekmei (ieguvumam). Šajā nodaļā aprakstīta vienkāršota sistēma autoceļu uzturēšanas izmaksu optimizēšanai un ceļu seguma kalpošanas laika maksimālai palielināšanai (skat. 70. att.). Optimizācijas rīka izstrādātājs – *Pavement Preservation and Recycling Alliance (PPRA)*.



70. att. Vienkārša shēma autoceļu seguma uzturēšanas izmaksu optimizēšanai

70. attēlā parādīta trīs soļu shēma autoceļu uzturēšanas izmaksu optimizēšanai un kalpošanas laika maksimālai palielināšanai, savukārt 71. attēlā parādīta autoceļu seguma virsmas atjaunošana atbilstoši principam “*Right road, right treatment, right time*” (angļu val.; “Pareizais ceļš, pareizā apstrāde, īstais laiks”).

1. solis – seguma stāvokļa novērtēšana. Pirmais solis ir autoceļu esošā stāvokļa novērtēšana, kas nozīmē sākumpunkta iegūšanu. To veic, apsekojot kādu daļu no autoceļu tīkla vai visu ceļu tīklu uzreiz. 1. soļa trīs novērtēšanas skalas:

- ✓ labs: nosaka autoceļu stāvokli tikai tajās vietās, kur nepieciešama seguma atjaunošana;
- ✓ vēl labāks: katru gadu pārbauda 1/3 no visa autoceļu tīkla, lai trīs gados būtu pieejami dati par visa autoceļu tīkla stāvokli;
- ✓ vislabākais: nosaka visa autoceļu tīkla stāvokli, kas atvieglo prognozēt un noteikt sasniegto progresu.

2. solis – seguma atjaunošanas plāna optimizācija. Daudzas metodes var palīdzēt noteikt optimālo seguma uzturēšanas plānu – turpinājumā ir aprakstītas dažas izplatītākās metodes. Ir svarīgi saprast galvenos jēdzienus un noteikt metodi, kas ilgtermiņā būtu piemērotākā mūsu, Latvijas autoceļu tīklam.

10.2. Ekvivalentās viena gada izmaksas *EAC*

Ekvivalentās viena gada izmaksas (*Equivalent annual cost, EAC*)

Salīdzinot autoceļa uzturēšanas veidus, piemēram, virsmas apstrādi, plānkārtas asfaltbetona uzklāšanu, *slurry seal* u.c., ir svarīgi iegūt pēc iespējas ticamāku izmaksu salīdzinājumu. Pastāv vairākas atšķirīgas salīdzināšanas metodikas, ieskaitot dzīves cikla izmaksu analīzi, visas dzīves izmaksas utt. Vienkāršākajā formā ekvivalentās viena gada izmaksas (*EAC*) dod iespēju salīdzināt dažādu atjaunošanas tehnoloģiju izmaksas laikā, atjaunošanas tehnoloģijas izmaksas laukuma vienībai (piemēram, m²) dalot ar dzīves cikla pagarinājumu (gados), ko nodrošina izvēlēta atjaunošanas metode (skat. 42. un 43. tab.).

$$EAC = \frac{\text{tehnoloģijas izmaksas}}{\text{dzīves cikla pagarinājums}} = \frac{EUR}{gads}$$

42. tabula Seguma atjaunošanas būvniecības darbu izmaksas 2020. gadā atbilstoši
<https://lvceļi.lv/uncategorized/publicējama-projektu-dokumentacija>

Seguma atjaunošanas būvniecības darbu veids	Mērvienība	Cena, EUR			
		Maksim.	Minim.	Vid.	Vid. līguma
Asfalta seguma frēzēšana 3,5 cm biezumā, transportēšana uz atbērtņi	m ²	8,48	4,12	6,75	8,48
Asfalta seguma izlīdzinošā frēzēšana	m ²	3,70	6,37	5,04	3,70
Gruntēšana	m ²	0,79	0,81	0,80	0,80
Šķembu mastikas asfalts SMA11 3,5 cm biezumā	m ²	6,50	10,28	8,74	7,97
Šķembu mastikas asfalts SMA11 4,0 cm biezumā	m ²	11,22	14,81	12,52	14,81
Asfaltbetons AC8 4,0 cm biezumā	m ²	5,50	15,38	9,95	9,95
Asfaltbetons AC8 3,5 cm biezumā	m ²	Nav datu			
Asfaltbetons AC11 3,5 cm biezumā	m ²	4,62	10,02	6,54	6,54
Asfaltbetons AC11 4,0 cm biezumā	m ²	4,76	13,78	9,10	9,21
Plaису aizpildīšana ar bitumena emulsiju	m	1,40	8,86	3,30	3,30
Plaису aizpildīšana ar bitumenu	m	0,64	5,02	2,01	2,00
Plaису aizpildīšana ar bitumena mastiku/mastikas lenti	m	1,43	6,77	2,72	2,09
Vienkārtas virsmas apstrāde VA A1 5/8 izbūve	m ²	1,73	2,45	2,19	1,73
Vienkārtas virsmas apstrāde VA A1 8/11 izbūve	m ²	1,47	4,75	2,33	2,21
Vienkārtas virsmas apstrāde Y1B8/11	m ²	1,80	2,75	2,27	2,27
Divkārtu virsmas apstrāde VA A2 16/22 & 8/11	m ²	3,70	3,70	3,70	3,70
Divkārtu virsmas apstrāde VA G2 16/22 & 8/11	m ²	3,34	6,00	4,29	3,81
Bedrīšu aizpildīšana ar karsto asfaltbetonu, izmantojot pilno tehnoloģiju	m ²	12,38	42,30	24,32	21,63
Bedrīšu aizpildīšana ar karsto asfaltbetonu AC11 base/bin, izmantojot pilno tehnoloģiju	m ²	28,83	45,93	37,38	37,38
BBTM	m ²				9,00**
Reciklēšana ~24 cm biezumā ar jauna minerālmateriāla pievienošanu, reciklējot uz vietas	m ²				7,64
Cementa (4%) pievienošana reciklētajam maisījumam	m ²				2,00

Seguma atjaunošanas būvniecības darbu veids	Mērvienība	Cena, EUR			
		Mak-sim.	Minim.	Vid.	Vid. līguma
Karstā asfalta apakškārtas būvniecība ar AC22 base/bin 6 cm biezumā S-IV	m ²	8,71	14,45	11,23	9,90
Karstā asfalta saistes kārtas būvniecība no AC22 bin 6 cm	m ²	5,38	11,34	9,62	8,26
Salturīga drenējošā kārtas 40 cm biezumā	m ²	9,83	18,58	13,88	11,94
Nesaistītu minerālmateriālu 0/45 pamata nesošās kārtas būvniecība 20 cm biezumā	m ²	6,76	10,75	7,93	7,24
Seguma miglošana (bitumena emulsiju atjaunojošās vielas pārklājums)	m ²	-	-	-	< 1,0*
Plaisu aizpildīšana (<i>Crack seal</i>)	m ²	-	-	-	< 1,0*
<i>Slurry seal</i>	m ²	-	-	-	≈ 4,0*
<i>Microsurfacing</i>	m ²	-	-	-	≈ 6,0*

* Balstoties uz Igaunijas uzņēmuma OÜ Üle datiem.

** Balstoties uz Latvijas autoceļu būvuzņēmumu aptauju.

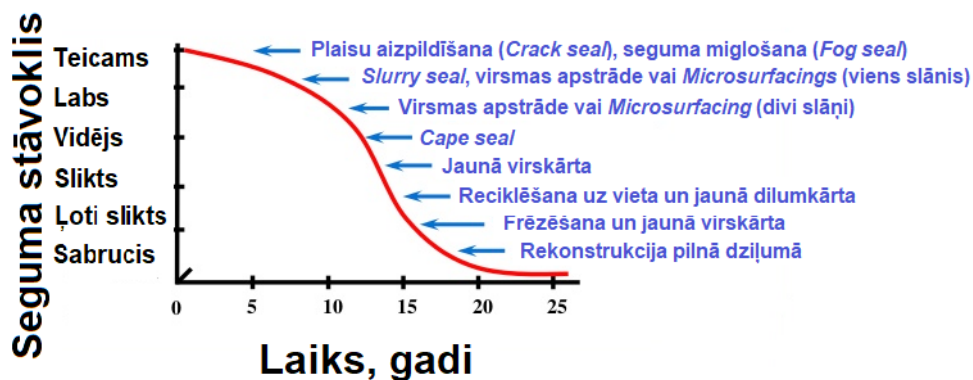
43. tabula Seguma dzīves cikla pagarinājums atkarībā no lietotās tehnoloģijas [13, 14]

Seguma atjaunošanas tehnoloģija	Dzīves cikla pagarinājums, gadi	EAC, EUR/gads
Seguma miglošana (<i>Fog seal</i>)	2	Latvijā pagaidām nelieto
Plaisu aizpildīšana (<i>Crack seal</i>)	3	Nav datu par plaisu daudzumu m2 un m2 izmaksām
Virsmas apstrāde (vienkārtas un divkārtas)	6	0,35
<i>Slurry seal</i>	5	0,80
<i>Microsurfacing</i>	7	0,83
<i>Cepe seal</i>	8	0,9
BBTM segās ar strukturāliem bojājumiem	6	0,86
BBTM segās bez strukturāliem bojājumiem	12	0,4
Frēzēšana, gruntēšana, tradicionālā virskārta AC 11, 3,5 cm	10	1,10

Seguma atjaunošanas tehnoloģija	Dzīves cikla pagarinājums, gadi	EAC, EUR/gads
Frēzēšana, gruntēšana, tradicionālā virskārta SMA 11, 3,5 cm	12	0,83
Pamatkārtas stabilizācija + asfaltbetons 15 cm	15	1,80
Pilna dziļuma rekonstrukcija + asfaltbetons 15 cm	25	1,81

44. tabula Seguma dzīves cikla pagarinājums atkarībā no lietotās tehnoloģijas un autoceļa seguma stāvokļa (Douglas I. Hanson, 2009)

Seguma atjaunošanas tehnoloģija	Esošā seguma stāvoklis		
	Labs (PCI ≥ 80)	Vidējs (PCI ≥ 60)	Slikts (PCI ≥ 40)
Seguma miglošana (Fog seal)	3–5	1–3	1–2
Virsmas apstrāde (Chip seal)	7–10	3–5	1–3
Slurry seal	7–10	3–5	1–3
Microsurfacing	8–12	5–7	2–4
BBTM plānkārta	≥ 10	5–7	2–4

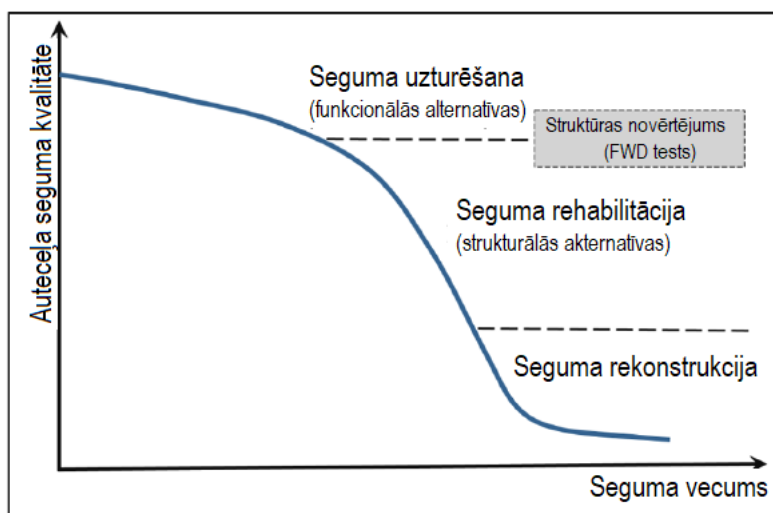


71. att. Virsmas atjaunošana atbilstoši principam “Right road, right treatment, right time” (angļu val.; “Pareizais ceļš, pareizā apstrāde, īstais laiks”)

10.3. Atlikušais kalpošanas laiks *RSL*

Remaining Service Life (RSL) jeb atlikušais kalpošanas laiks: vai ceļu tīklam samazinās vai pagarinās kalpošanas laiks, realizējot izvēlēto seguma atjaunošanas plānu?

Izmantojot *Pavement Preservation and Recycling Alliance (PPRA)* kalkulatoru, var variēt dažādas seguma (segas) atjaunošanas tehnoloģijas un to kombinācijas, lai izvēlētajam autoceļu tīklam (vai posmam) nodrošinātu maksimālo kalpošanas laiku un efektīvi (optimāli) izmantotu pieejamos līdzekļus. 71. un 72. attēlos parādītas autoceļa dzīves cikla laikā veicamās aktivitātes.



72. att. Autoceļa seguma (segas) dzīves cikla laikā veicamās aktivitātes

Uzturēšana (*Preservation*)

- ✓ Miglošana (*Fog seal*)
- ✓ Plaisu aizpildīšana (*Crack seal*)
- ✓ Virsmas apstrāde (*Chip seal*)
- ✓ *Slurry seal*, *Microsurfacing*, *Cape seal*
- ✓ *BBTM* plānkārta
- ✓ Jauna dilumkārta

Rehabilitācija (*Rehabilitation*)

- ✓ Frēzēšana (izlīdzinošā, seklā, dziļā) un jauna dilumkārta
- ✓ Karstā reciklēšana uz vietas un jauna dilumkārta (līdz 4 cm)
- ✓ Aukstā reciklēšana un jauna dilumkārta (līdz 4 cm)

Rekonstrukcija (*Reconstruction*)

- ✓ Pamatkārtas stabilizācija un jauns asfaltbetona segums
- ✓ Pilna dziļuma rekonstrukcija

Ierobežota finansējuma apstākļos “sliktākas pieejas” izmantošana izraisa autoceļu tīkla stāvokļa pasliktināšanos, jo nepietiek līdzekļu preventīvo uzturēšanas pasākumu veikšanai autoceļiem, kuri ir labā tehniskā stāvoklī. 45. un 46. tabulā doti divi scenāriji divjoslu autoceļa 100 km gara posma uzturēšanai (joslu kopgarums $2 \times 100 \text{ km} = 200 \text{ km}$), ja budžets ir 1 milj. EUR. Abi scenāriji šim ceļa posmam un pieejamajam budžetam ir pozitīvi (iegūts ietaupījums). Tomēr pirmajā gadījumā autoceļu tīkla ieguvums ir 75 joslu kilometri gadā: bojāšanai pakļautas 200 km kopgaruma joslas gadā, bet izvēlēta stratēģija dod iespēju katru gadu uzturēt (saglabāt, atjaunot) joslu 275 km un ekonomija ir 50,5 tūkstoši EUR (skat. 44. tab.), bet pēc otrā scenārija autoceļu tīkla ieguvums ir joslu 135 km gadā un ekonomija – 82,44 tūkstoši EUR (skat. 45. tab.).

45. tabula Pirmais scenārijs 100 km divjoslu autoceļa apsaimniekošanai, ja budžets ir 1 milj. EUR

Aktivitāte	Kategorija	Seguma dzīves cikla pagarinājums	Posma garums, km	Joslas platums, m	Kopā (posma joslu kilometri vienā gadā)	Vienības cena	Kopējā cena, EUR
Izlīdzinošā frēzēšana + 3,5 cm asfaltbetons	Atjaunošana	10	15	3,5	150	10,24	153 600
Pilnā dziļuma rekonstrukcija	Rekonstrukcija	25	5	3,5	125	45,48	795 900
			20		275		949 500
Joslu kopējie kilometri – 200 km Iespējamai bojāšanai pakļauti joslu kilometri gadā – 200 Izvēlētās stratēģijas gadījumā iegūti 275 joslu kilometri gadā Autoceļa tīkla ieguvums – 75 joslu kilometri gadā Ietaupījums – 50 500 EUR							

46. tabula Otrais scenārijs 100 km divjoslu autoceļa apsaimniekošanai, ja budžets ir 1 milj. EUR

Aktivitāte	Kategorija	Seguma dzīves cikla pagarinājums	Posma garums, km	Joslas platums, m	Kopā (posma kilometri) vienā gadā)	Vienības cena	Kopējā cena, EUR
Seguma miglošana (Fog seal)	Uzturēšana	2	40	3,5	80	1,00	140 000
Plaisu aizpildīšana (Crack seal)	Uzturēšana	3	20	3,5	60	1,00	70 000
Microsurfacing	Uzturēšana	7	10	3,5	70	6,00	210 000
Izlīdzinošā frēzēšana + 3,5 cm asfaltbetons	Atjaunošana	10	5	3,5	50	10,24	179 200
Pilnā dziļuma rekonstrukcija	Rekonstrukcija	25	2	3,5	75	45,48	318 360
			77		335		917 560
Joslu kopējie kilometri – 200 km Iespējamai bojāšanai pakļauti joslu kilometri gadā – 200 km Izvēlētās stratēģijas gadījumā iegūti – 335 joslu kilometri gadā Autoceļu tīkla ieguvums – 135 joslu kilometri gadā Ietaupījums – 82 440 EUR							

10.4. Izmaksu-ieguvumu vērtība *CBV*

Izmaksu-ieguvumu vērtības (*CBV* – *Cost-Benefit Value*) analīze dod iespēju noteikt prioritāros projektus, ņemot vērā satiksmes intensitāti, izmaksas un autoceļa dzīves ciklu (dzīves cikla pagarinājumu):

$$CBV = \frac{\frac{\text{satiksmes intensitāte} \times \text{dzīves cikla pagarinājums}}{\text{satiksmi ierobežojošais faktors}}}{\text{vienības cena} \times PCI}$$

Ieviešot autoceļu pārvaldības stratēģiju, balstītu uz to dzīves cikla izmaksu analīzi, var efektīvāk izmantot ierobežotus resursus. Tāpēc būtu jāizstrādā ceļu seguma atjaunošanas plāns, kas pārdaļītu finansējumu tā, lai katru gadu ceļu tīkla *RSL* vērtība nevis samazinātos, bet palielinātos.

47. – 50. tabulā dots piemērs efektīvai un neefektīvai resursu pārvaldīšanai ierobežota finansējuma apstākļos 500 km plašam autoceļu tīklam, izmantojot dažādas atjaunošanas tehnoloģijas (t.sk. *Microsurfacing*, *BBTM*, *Fog seal*), kas iekļauj dažādas intensitātes (*AADT*) un dažāda stāvokļa (*PCI*) autoceļus Nr. A- J. 49. un 50. tabulā ir redzams, ka tad, ja finansējums ir pietiekams (šajā piemērā – 17 milj. EUR), tad gan efektīvāks, gan neefektīvāks scenārijs, abi nodrošina autoceļu tīklam uzlabojumu 110% apmērā, tomēr, veicot šos darbus ierobežota finansējuma apstākļos, kad budžets ir tikai 10 milj. EUR, efektīvais scenārijs dod iespēju uzlabot autoceļu tīklu 88% apmērā (skat 47. tab.), bet neefektīvais – tikai 12% apmērā (skat 48. tab.).

47. tabula Efektīvs autoceļa apsaimniekošanas scenārijs, ja budžets ir 10 milj. EUR

Ceļš	Posms	PCI	AADT	Ceļa pla- tums (m)	Joslu skaits	Posma ga- rums (m)	Seguma atjaunošanas veids	Seguma dzīves cikla pagarinā- jums (gadi)	Vienī- bas cena, EUR	Atjauno- šanas veida izmaksas, milj. EUR	Sum- mārās izmaksas, milj. EUR	CBV	Budžeta robeža
Nr. 1	A	70	6000	8	2	35 000	Plaisu aizpildīšana (Crack seal)	3	1,00	0,28	0,28	36,73	
Nr. 2	B	65	10000	15	4	35 000	Microsurfacing – viena kārtā	6	4,00	2,10	2 ,38	32,97	
Nr. 3	C	60	7000	8	2	15 000	Dubultā virsmas apstrāde	6	3,70	0,444	2 ,82	26,25	
Nr. 4	D	55	7000	8	2	20 000	Plānkārtas asfaltbetons BBTM	10	9,00	1,44	4, 27	20,20	
Nr. 5	E	85	6000	8	2	65 000	Seguma miglošana (Fog seal)	2	1,00	0,520	4 ,79	20,17	
Nr. 6	F	43	6000	8	2	15 000	Izlīdzinošā frēzēšana +3,5 cm asfaltbetons	10	10,24	1,23	6 ,00	19,47	
Nr. 7	G	25	6000	8	2	15 000	Pilnā dziļuma rekonstrukcija	25	45,48	5,46	11, 46	18,85	
Nr. 8	H	35	9000	8	2	15 000	Pamatnes stabilizācija + 10 cm asfaltbetons	15	30,01	3,60	15, 06	18,36	
Nr. 9	J	55	6000	8	2	25 000	Microsurfacing – divas kārtas	7	6,00	1,20	16 ,26	18,18	
Stāvokļa uzlabojums autoceļu tīklam tiks nodrošināts 88% apmērā													

48. tabula Neefektīvs autoceļa apsaimniekošanas scenārijs, ja budžets ir 10 milj. EUR

Ceļš	Posms	PCI	AADT	Ceļa pla- tums (m)	Joslu skaits	Posma ga- rums (m)	Seguma atjaunošanas veids	Seguma dzīves cikla pagarinā- jums (gadi)	Vienī- bas cena, EUR	Atjauno- šanas veida izmaksas, milj. EUR	Sum- mārās izmaksas, milj. EUR	CBV	Budžeta robeža
Nr. 7	G	25	6000	8	2	15 000	Pilnā dziļuma rekonstrukcija	25	45,48	5,46	11, 48	18,85	
Nr. 8	H	35	9000	8	2	15 000	Pamatnes stabilizācija + 10 cm asfaltbetons	15	30,01	3,60	15, 08	18,36	
Nr. 6	F	43	6000	8	2	15 000	Izlīdzinošā frēzēšana +3,5 cm asfaltbetons	10	10,24	1,23	6, 03	19,47	Budžeta robeža
Nr. 4	D	55	7000	8	2	20 000	Plānkārtas asfaltbetons BBTM	10	9,00	1,44	4, 28	20,20	
Nr. 9	J	55	6000	8	2	25 000	Microsurfacing – divas kārtas	7	6,00	1,20	16, 28	18,18	
Nr. 2	B	65	10000	15	4	35 000	Microsurfacing – viena kārtā	6	4,00	2,10	2, 38	32,97	
Nr. 3	C	60	7000	8	2	15 000	Dubultā virsmas apstrāde	6	3,81	4,57	2, 84	26,25	
Nr. 1	A	70	6000	8	2	35 000	Plaisu aizpildīšana (Crack seal)	3	1,00	0,28	0,28	36,73	
Nr. 5	E	85	6000	8	2	65 000	Seguma miglošana (Fog seal)	2	1,00	5,20	4, 80	20,17	
Stāvokļa uzlabojums autoceļu tīklam tiks nodrošināts 12% apmērā													

49. tabula Efektīvs autoceļa apsaimniekošanas scenārijs, ja budžets ir 17 milj. EUR

Ceļš	Posms	PCI	AADT	Ceļa pla- tums (m)	Joslu skaits	Posma ga- rums (m)	Seguma atjaunošanas veids	Seguma dzīves cikla pagarinā- jums (gadi)	Vienī- bas cena, EUR	Atjauno- šanas veida izmaksas, milj. EUR	Sum- mārās izmaksas, milj. EUR	CBV	Budžeta robeža
Nr. 1	A	70	6000	8	2	35 000	Plaisu aizpildīšana (Crack seal)	3	1,00	0,28	0,28	36,73	
Nr. 2	B	65	10000	15	4	35 000	Microsurfacing – viena kārtā	6	4,00	2,10	2 ,38	32,97	
Nr. 3	C	60	7000	8	2	15 000	Dubultā virsmas apstrāde	6	3,81	4,57	2 ,84	26,25	
Nr. 4	D	55	7000	8	2	20 000	Plānkārtas asfaltbetons BBTM	10	9,00	1,44	4, 28	20,20	
Nr. 5	E	85	6000	8	2	65 000	Seguma miglošana (Fog seal)	2	1,00	5,20	4 ,80	20,17	
Nr. 6	F	43	6000	8	2	15 000	Izlīdzinošā frēzēšana +3,5 cm asfaltbetons	10	10,24	1,23	6 ,03	19,47	
Nr. 7	G	25	6000	8	2	15 000	Pilnā dziļuma rekonstrukcija	25	45,48	5,46	11, 48	18,85	
Nr. 8	H	35	9000	8	2	15 000	Pamatnes stabilizācija + 10 cm asfaltbetons	15	30,01	3,60	15, 08	18,36	
Nr. 9	J	55	6000	8	2	25 000	Microsurfacing – divas kārtas	7	6,00	1,20	16 ,28	18,18	
Stāvokļa uzlabojums autoceļu tīklam tiks nodrošināts 110% apmērā													

50. tabula Neefektīvs autoceļa apsaimniekošanas scenārijs, ja budžets ir 17 milj. EUR

Ceļš	Posms	PCI	AADT	Ceļa pla- tums (m)	Joslu skaits	Posma ga- rums (m)	Seguma atjaunošanas veids	Seguma dzīves cikla pagarinā- jums (gadi)	Vienī- bas cena, EUR	Atjauno- šanas veida izmaksas, milj. EUR	Sum- mārās izmaksas, milj. EUR	CBV	Budžeta robeža
Nr. 7	G	25	6000	8	2	15 000	Pilnā dziļuma rekonstrukcija	25	45,48	5,46	11, 48	18,85	
Nr. 8	H	35	9000	8	2	15 000	Pamatnes stabilizācija + 10 cm asfaltbetons	15	30,01	3,60	15, 08	18,36	
Nr. 6	F	43	6000	8	2	15 000	Izlīdzinošā frēzēšana +3,5 cm asfaltbetons	10	10,24	1,23	6 ,03	19,47	
Nr. 4	D	55	7000	8	2	20 000	Plānkārtas asfaltbetons BBTM	10	9,00	1,44	4, 28	20,20	
Nr. 9	J	55	6000	8	2	25 000	Microsurfacing – divas kārtas	7	6,00	1,20	16 ,28	18,18	
Nr. 2	B	65	10000	15	4	35 000	Microsurfacing – viena kārtā	6	4,00	2,10	2 ,38	32,97	
Nr. 3	C	60	7000	8	2	15 000	Dubultā virsmas apstrāde	6	3,81	4,57	2 ,84	26,25	
Nr. 1	A	70	6000	8	2	35 000	Plaisu aizpildīšana (Crack seal)	3	1,00	0,28	0,28	36,73	
Nr. 5	E	85	6000	8	2	65 000	Seguma miglošana (Fog seal)	2	1,00	5,20	4 ,80	20,17	
Stāvokļa uzlabojums autoceļu tīklam tiks nodrošināts 110% apmērā													

11. Optimizācijas rīka *PPRA* lietošana autoceļu seguma atjaunošanas risinājumu novērtējumam Latvijā

11.1. Objekta apraksts

2020. gada ceļu būvniecības sezonā, pateicoties valsts papildu finansējumam autoceļiem, tika veikts ļoti daudz seguma atjaunošanas darbu. Šajā ceļu būvniecības sezonā valsts galvenajiem autoceļiem un ceļiem ar augstāku transportlīdzekļu satiksmes intensitāti vizizplatītākās seguma atjaunošanas tehnoloģijas bija esošās seguma virskārtas nomaiņa, bet ceļiem ar mazāku intensitāti – virsmas apstrāde. Piemēram, 2020. gada būvniecības sezonā tika veikta valsts galvenā autoceļa A6 Rīga – Daugavpils – Krāslava – Baltkrievijas robeža (Pāternieki) seguma atjaunošana posmā 17,328 – 28,000 km. Šajā autoceļa posmā satiksmes intensitāte svārstās ap 20 000 transportlīdzekļu diennaktī. Seguma atjaunošanas tehnoloģija paredzēja veikt izlīdzinošo frēzēšanu 2 vai 4 cm biezumā un jaunas virskārtas ieklāšanu 4 cm biezumā. Seguma izlīdzinošā frēzēšana 4 cm biezumā tika veikta zonās, kur bija nepieciešams saglabāt esošā seguma virsmas augstuma atzīmes, t.i., vietās, kur ir izbūvētas ceļa apmales.

Esošā seguma stāvoklis bija apmierinošs. Bija novērojamas plaisas abās brauktuvēs, bet šīs plaisu vietas bija lokālas un koncentrējās noteiktās zonās, kā arī nelielas bedres, kuras bija izveidojušās tieši asfalta virskārtā (lielākā daļa bedru bija saremontētas jau iepriekš, veicot uzturēšanas darbus). Autoceļa segumā bija vērojamas nelielas rises, kas arī bija lokālās vietās, piemēram, pie luksofora Salaspils teritorijā. Autoceļam nebija lielu iesēdumu, dziļu rišu, asfaltbetona izdrupumu, bet seguma defekti tika konstatēti tikai seguma virskārtā.

Šī posma segas pārbūve bija veikta 2008. gadā, un kopš tā laika segumam veikti tikai uzturēšanas darbi – plaisu aizpildīšana, bedrīšu remonts, kā arī Salaspils teritorijā izbūvētas jaunas autobusa pieturas. Pamatojoties uz ceļa virsmas atjaunošanas principu "*Right road, right treatment, right time*" (skat. 71. att.), var secināt, ka šī seguma stāvokli pirms seguma

atjaunošanas 2020. gadā atbilstoši PCI (*Pavement Condition Index*) klasifikācijai var novērtēt kā vidēju – PCI 55–69 (skat. 51. tab. un 73. att.). PCI tiek novērtēts, pamatojoties uz pārbaudēm (testiem) un novērojumiem (vizuālais novērtējums), un tajā jāņem vērā gan bojājumu daudzums (laukums, intensitāte), gan bojājumu veids (rises, noguruma plaisas, garenplaisas, nodilums u.c.). Svarīgi atzīmēt, ka autoceļu tīkla stāvokļa apzināšana un kvantitatīvais novērtējums ir pirmais un svarīgākais solis autoceļu tīkla vispārējā stāvokļa uzlabošanā. PCI indekss ir viena no efektīvākajām skalām ceļu seguma vispārējā stāvokļa novērtēšanā.

51. tabula Ceļa seguma stāvoklis atbilstoši PCI klasifikācijai

Ceļa seguma stāvoklis	PCI
A – teicams	85–100
B – labs	70–84
C – vidējs	55–69
D – slikts	40–54
E – ļoti slikts	0–39

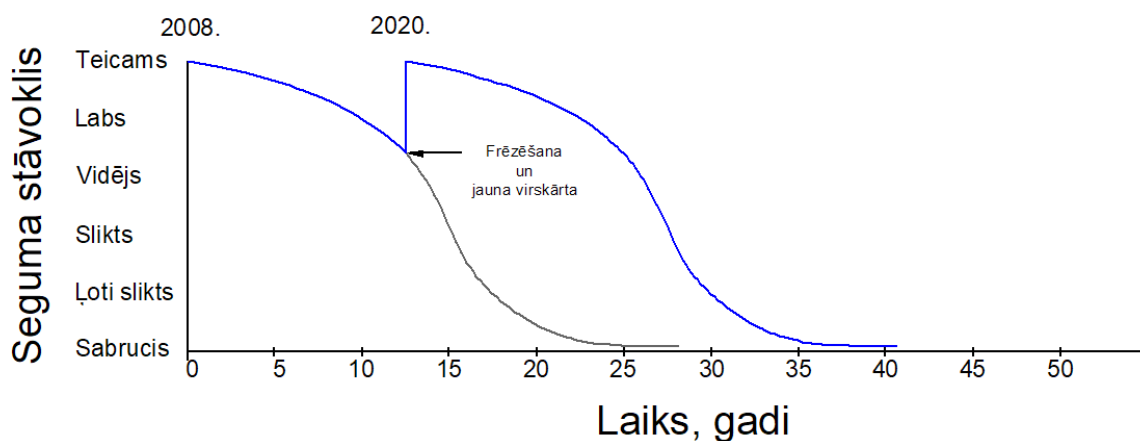


73. att. Autoceļa A6 stāvoklis pirms un pēc seguma atjaunošanas

11.2. Objekta dzīves cikla izmaksu analīze (LCCA), lietojot *Microsurfacing*

Šajā posmā seguma atjaunošanas darbi iekļāva esošā seguma frēzēšanu un jaunas virskārtas ieklāšanu. Balstoties uz principu *“Right road, right treatment, right time”*, var secināt, ka seguma atjaunošana, ieklājot jaunu virskārtu, ir ļoti kvalitatīvs risinājums, bet, tā kā esošā segumu stāvoklis atbilstoši PCI klasifikācijai nebija ļoti slikts, tad pēc minētā principa izvēlētais paņēmieni – frēzēšana un jaunas dilumkārtas ieklāšana – nebija vienīgais risinājums.

Darbi, kas veikti ceļa seguma atjaunošanai, ir redzami 52. tabulā. 53. tabulā parādītas šo darbu izmaksas, ņemot vērā vidējās darbu izmaksas 2020. gada būvniecības sezonā. Ceļa segas dzīves cikls attēlots 74. att., kur redzams, ka 2008. gadā veikta ceļa segas pārbūve, un var pieņemt, ka ceļa stāvoklis tad ir bijis teicamā stāvoklī (PCI 85–100). Kopš 2008. gada ceļa segumam veikti tikai uzturēšanas darbi, saistīti ar plaisu aizpildīšanu un nelielu bedrīšu remontu. 2020. gadā veikta ceļa seguma izlīdzinošā frēzēšana un ieklāta jauna virskārta, kas nozīmē, ka šobrīd ceļa segas stāvokli var novērtēt kā teicamu.



74. att. Ceļa seguma dzīves cikls

52. tabula Darbu apjoms un izmaksas

Nr. p. k.	Darba nosaukums	Darbu apjoms	Mēr-vienība	Vienības cena bez PVN, EUR	Kopējās izmaksas, EUR
1.	Asfalta seguma izlīdzinošā frēzēšana vidēji 2 cm biezumā	14 4671	m ²	0,53	76 675,63
2.	Asfalta seguma izlīdzinošā frēzēšana vidēji 4 cm biezumā	46 453	m ²	2,23	103 590,19
3.	Asfalta seguma savienojumu frēzēšana	403	m ²	6,86	2764,58
4.	Karstā asfalta dilumkārtas SMA11 būvniecība 4 cm biezumā	191 124	m ²	7,59	1 450 631,16
					1 633 661,56

Šim posmam tika izvēlēta tehnoloģija, kas Latvijā ir visplašāk izmantotā tehnoloģija augstas intensitātes ceļu segumu atjaunošanai, kuru stāvoklis ir vērtējams no slihta līdz pat labam. Šo darbu izmaksas konkrētajā posmā bija 1,6 milj. EUR. Lai ieviestu jaunu tehnoloģiju, jāapzinās tās ieguldījums. Tā kā autoceļa A6 apskatāmā posma ceļa segums vērtējams kā vidējs, tad, kā redzams 66. attēlā, segumam ar šādu tehnisko stāvokli ir piemērota *Microsurfacing* (2 slāņos) tehnoloģija. Izvēloties šo tehnoloģiju, teorētiski var ietaupīt līdz 0,5 milj. EUR (skat. 52 un 53. tab.).

53. tabula Darba apjoms un izmaksas

Nr. p. k.	Darba nosaukums	Darbu apjoms	Mēr-vienība	Vienības cena bez PVN, EUR	Kopējās izmaksas, EUR
1.	Microsurfacing, × 2	191 124	m ²	6,00	1 146 744
					1 146 744

Tāpēc ekonomiskās efektivitātes novērtējums veikts, lietojot ekvivalento viena cikla izmaksu kritēriju EAC.

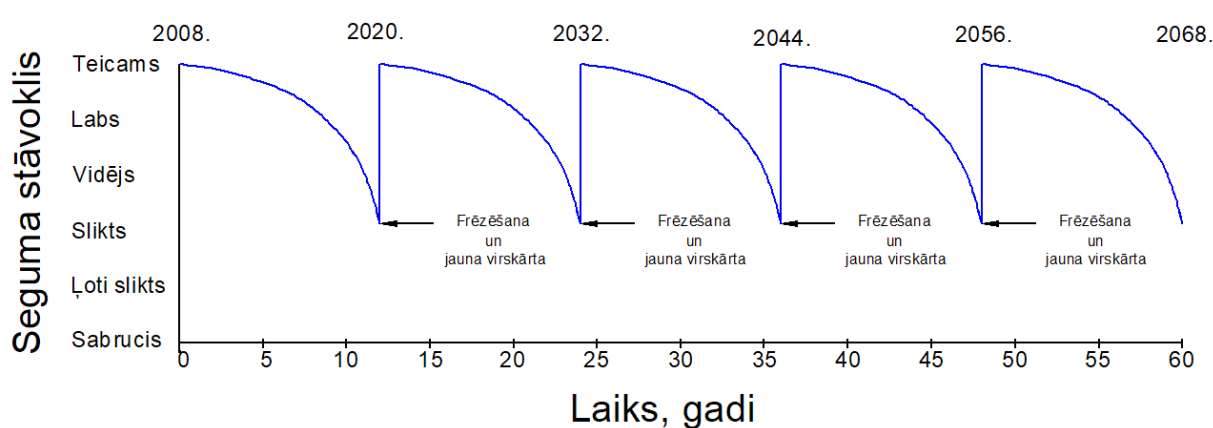
1. variants – tradicionālais

Latvijā ceļa segumus ar lielu satiksmes intensitāti parasti atjauno, nomainot virskārtu: veic esošā seguma virskārtas izlīdzinošo frēzēšanu un ieklāj jaunu virskārtu, parasti 3,5 vai 4 cm biezumā. Apskatītajā variantā pieņemām jaunās virskārtas biezumu 3,5 cm. Pēc VSIA “Latvijas Valsts ceļi” apkopotajiem datiem par 2020. gada būvdarbu vidējām izmaksām, šajā variantā iekļauto darbu vienības izmaksas ir šādas:

- asfalta seguma frēzēšana 3,5 cm biezumā un transportēšana uz atbērtni – 4,00 EUR/m²;
- gruntēšana – 0,80 EUR/m²
- šķembu mastikas asfalts SMA11 3,5 cm biezumā – 8,00 EUR/m².

Katrai ceļa seguma atjaunošanas tehnoloģijai pēc tās realizēšanas ir savs kalpošanas laiks. Izvēlētajā variantā izmantotās tehnoloģijas nodrošinātais dzīves cikla pagarinājums ir 12 gadi. Šajā seguma atjaunošanas ciklā kopš ceļa segas rekonstrukcijas līdz ceļa segas dzīves cikla beigām (48 gadi) četras reizes tiktu veikta ceļa virskārtas frēzēšana un jauna asfalta ieklāšana (t.i., četri cikli). Šādā četru ciklu plānā, sākot ar 1. cikla sākumu (2020. gadā) un beidzot ar pēdēja cikla beigām (2068. gadā) 1 kvadrātmetra izmaksas vienā gadā būtu 0,85 EUR.

$$EAC = \frac{(4,00 + 0,80 + 8,00) \times 4}{48} = 1,067 \frac{\text{EUR}}{\text{gads}}$$



75. att. Ceļa seguma stāvoklis laika gaitā, izmantojot jaunas virskārtas tehnoloģiju

Šādā gadījumā pilnā ciklā četras reizes jāveic seguma frēzēšana un jaunas dilumkārtas ieklāšana, un katra no tām izmaksā aptuveni 2,3 milj. EUR, kopā – 9,2 milj. EUR 48 gadu laikā, neņemot vērā inflāciju (skat. 54. tab.). 75. attēlā parādīts, kā varētu mainīties ceļa seguma stāvoklis laika gaitā seguma pilna dzīves cikla laikā.

54. tabula Darbu apjoms un izmaksas tradicionālajam risinājumam

Nr. p. k.	Darba nosaukums	Darbu apjoms	Mēr-vienība	Vienības cena bez PVN, EUR	Kopējās izmaksas, EUR
1.	Asfalta seguma izlīdzinošā frēzēšana vidēji 4 cm biezumā	764 496	m ²	4,00	3 057 984
2.	Karstā asfalta dilumkārtas SMA11 būvniecība 4 cm biezumā	764 496	m ²	8,00	6 115 968
					9 173 952

2. variants – Latvijā līdz šim nav lietots

Latvijā vēl neizmantotas tehnoloģijas ir *microsurfacing*, *slurry seal*, kā arī bitumena pārklājuma tehnoloģija. Mūsu apskatītajā piemērā vispirms tiek veikta ceļa seguma virskārtas apstrāde ar bitumena pārklājumu, pēc tam ar bitumenu tiek aizpildītas plaisas, tad seko *slurry seal* tehnoloģija, pēc tam *microsurfacing* tehnoloģija, kurai atkal *slurry seal* utt.; šādā veidā, pielietojot dažādas tehnoloģijas, tiek panākts, ka ceļa segums ļoti ilgu laiku atrodas ļoti labā stāvoklī (skat. 76. att.). Kad pagājuši aptuveni 37 gadi un esošais segums vairākkārt ticis atjaunots un remontēts, esošo seguma virskārtu nofrēzē un tiek ieklāta jauna virskārta. Pēc Igaunijas uzņēmuma OÜ Üle un VSIA "Latvijas Valsts ceļi" apkopotajiem datiem šajā variantā iekļauto darbu vienības izmaksas ir šādas:

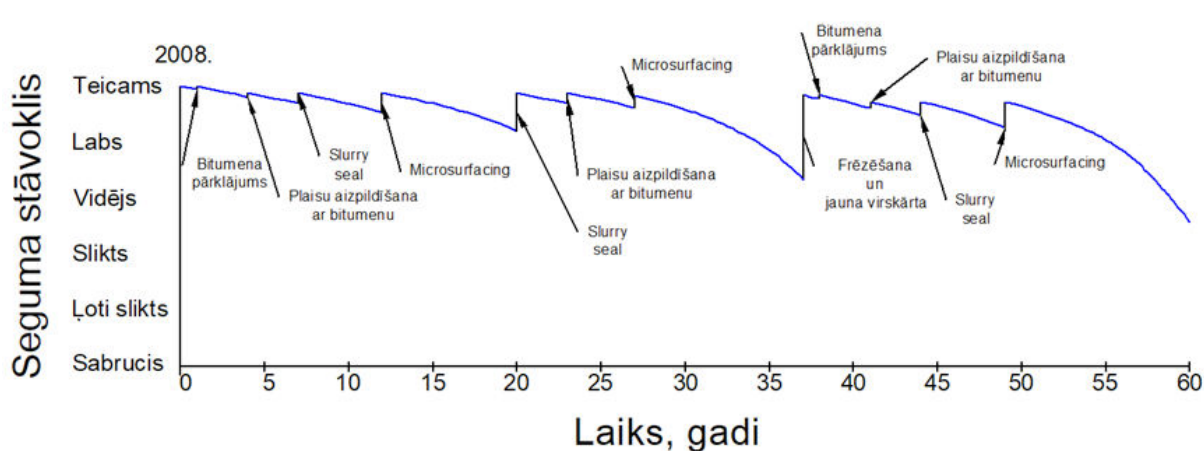
- *Microsurfacing* – 6,00 EUR/m²;
- esošās virskārtas frēzēšana un jaunas virskārtas ieklāšana – 12,80 EUR/m²;
- *Slurry seal* – 4,00 EUR/m²;
- plaisu aizpildīšana ar bitumenu – 0,70 EUR/m²;
- bitumena pārklājums – 0,50 EUR/m².

Šajā variantā veiktajai microsurfacing tehnoloģijai dzīves cikla pagarinājums neatkarīgi no kārtu skaita ir 7 gadi, un seguma atjaunošanas ciklā kopš ceļa segas rekonstrukcijas līdz ceļa segas dzīves cikla beigām (50 gados) tiktu veiktas 2 bitumena pārklājuma tehnoloģijas, 3 reizes – plaisu aizpildīšana, 3 reizes – slurry seal un microsurfacing tehnoloģijas un vienu reizi tiktu atjaunota virskārta. Visu šo tehnoloģiju izmaksas redzamas 55. tabulā – kopā 50 gadu periodā tās ir 8,4 milj. EUR. 76. attēlā uzskatāmi redzams, kā varētu mainīties ceļa seguma stāvoklis ceļa seguma pilnā dzīves cikla laikā, savlaicīgi izmantojot dažādas tehnoloģijas.

55. tabula Darbu apjoms un izmaksas tradicionālajam risinājumam

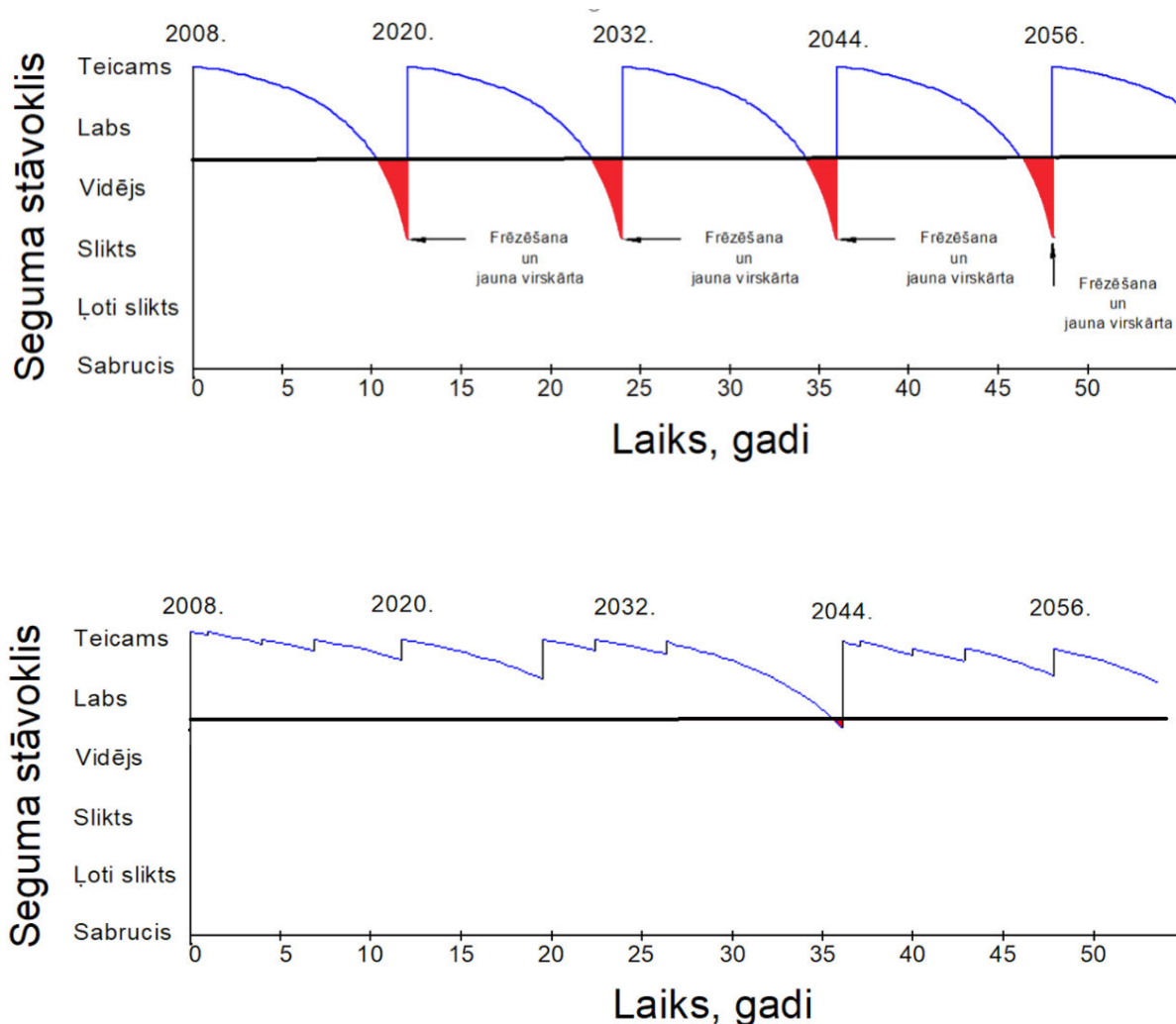
Nr. p. k.	Darba nosaukums	Darbu apjoms	Mēr-vienība	Vienības cena bez PVN, EUR	Kopējās izmaksas, EUR
1.	Bitumena pārklājums	382 248	m ²	0,50	191 124
2.	Plaisu aizpildīšana ar bitumenu	5700	m ²	0,70	3990
3.	Microsurfacing	382 248	m ²	6,00	2 293 488
4.	Esošās virskārtas frēzēšana un jaunas virskārtas ieklāšana	382 248	m ²	12,80	4 892 774
					7 381 376

$$EAC = \frac{2 \times 0,50 + 3 \times 0,70 + 2 \times 6,00 + 2 \times 12,80}{48} = \frac{45,9}{60} = 0,85 \frac{\text{EUR}}{\text{gads}}$$



76. att. Ceļa seguma stāvoklis laika gaitā, savlaicīgi izmantojot dažādas seguma atjaunošanas tehnoloģijas

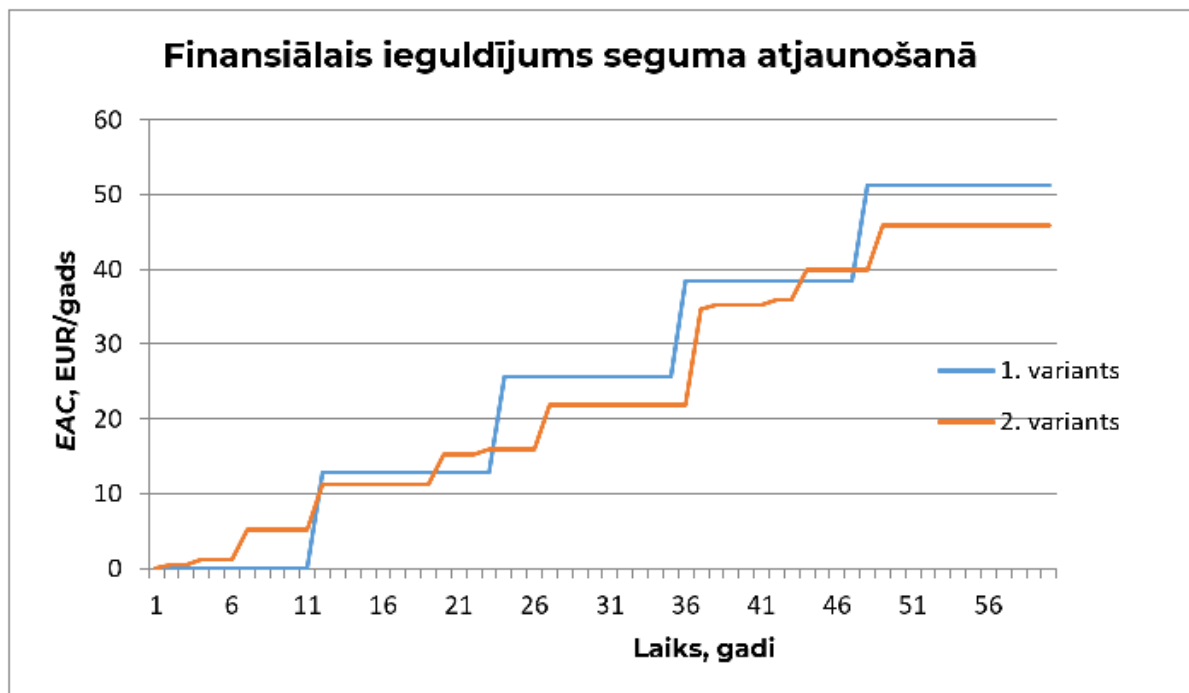
Apskatot abus ceļa seguma atjaunošanas variantus, var secināt, ka savlaicīgāki ieguldījumi ir efektīvāki. Ne mazāk svarīgi ir arī tas, ka, savlaicīgi atjaunojot ceļa segumu ilgākā laika posmā no ceļa mūža, tas ilgāk ir labā stāvoklī, līdz ar to samazinās ikdienas uzturēšanas izmaksas, transportlīdzekļu amortizācijas izmaksas, kā arī un uzlabojas nodokļu maksātāju apmierinātība (skat. 77. att.).



77. att. Laika posmi, kuros ceļa seguma stāvoklis vērtējams kā vidējs vai vēl sliktāks (sarkanā krāsā)

Svarīgi atzīmēt, ka šis aprēķins ir aptuvens – turpmākajos pētījumos katra cikla ilgums jāsaīšina, jo ekspluatācijas laikā bojājas segas apakšējie slāņi, samazinot augšējo bituminēto slāņu ilgmūžību, kā arī šim aprēķinam (tradicionālajai pieejai) nav pieskaitīti izdevumi, saistīti ar seguma uzturēšanu dzīves cikla laikā (plaisu aizliešana,

bedrīšu labošana utt.). Savukārt Latvijas apstākļiem netradicionālā pieeja, kas iekļauj periodiskus uzturēšanas pasākumus, tādus kā *Fog seal*, *Crack seal*, *Microsurfacing* kombinācijā ar tradicionālo risinājumu – frēzēšanu un jauna virskārtas slāņa ieklāšanu aprites ciklā – ir ekonomiski izdevīga.



78. att. Finansiālais ieguldījums ceļa seguma atjaunošanā

Secinājumi

1. No ekvivalento viena gada izmaksu (EAC) rādītājiem var secināt, ka SS un MS ir virsmas atjaunošanas tehnoloģijas, kas ir konkurētspējīgas ar tradicionālajiem risinājumiem. Šo tehnoloģiju pamatā ir emulsēto bituminēto maisījumu, kuru sastāvā ir pieci komponenti (bitumena emulsija, sīkšķembas, ūdens, aizpildītājs un piedeva), izgatavošana un ieklāšana aukstā veidā.
2. SS un MS tehnoloģijas ir specificētas un praksē veiksmīgi izmantotas vairākās pasaules valstīs, piemēram, Vācijā, Francijā, ASV u.c. Specifikāciju pamatā ir *ISSA (International Slurry Surfacing Association)* izstrādātā projektēšanas procedūra, kā arī standartā LVS EN 12273 definētās prasības.
3. SS un MS sastāvu projektēšanas pamatprincipi ir līdzīgi asfaltbetona projektēšanas pamatprincipiem, jo receptūras izstrādes procesā tiek raksturoti izvēlētie izejmateriāli, to savietojamība, viegliestrādājamība, kā arī ieklātā galaprodukta īpašības. Tā kā SS un MS maisījumus ieklāj aukstā veidā, tiem arī aukstā veidā novērtē viegliestrādājamību, kāda nepieciešama maisījuma ieklāšanas laikā, kā arī kohēzijas pieauguma ātrumu (ciettapšanu), lai pēc iespējas īsāka laika perioda varētu palaist satiksmi gan pēc apakšējā, gan augšējā slāņa ieklāšanas.
4. SS un MS sastāvu sertificēšanai atbilstoši LVS EN 12273, līdzīgi kā tradicionālās virsmas apstrādes gadījumā atbilstoši LVS EN 12271, jāveic vizuālais defektu novērtējums, balstoties uz kvalitatīvām un kvantitatīvām metodēm. Atkarībā no konstatētajiem vizuālajiem defektiem SS un MS maisījumiem atbilstoši LVS EN piešķir kvalitātes kategorijas.
5. SS un MS segumi ir 2 reizes dārgāki par tradicionālo dubulto virsmas apstrādi, tomēr salīdzinājumā ar to MS un SS segumiem ir vairākas priekšrocības – zemāka trokšņainība, īsāks cietēšanas laiks, *tie ir piemēroti seguma profila labošanai un rišu aizpildīšanai, nerada šķembu lobīšanos (piemēroti izmantošanai privātmāju tuvumā), kā arī izturīgāki vietās, kur pieslēgti mazākas nozīmes ceļi ar intensīvu smago automobiļu satiksmi, kas izgriežas uz galvenā ceļa* (izbraucot no rūpnieciskās zonas vai meža ceļa).
6. SS un MS sastāvu izstrādei, atbilstoši vācu specifikācijām ZTV BAE-StB 09, izmanto Maršala metodi, izgatavojot paraugus ar Maršala āmuru un novērtējot to sablīvējamību. Ieklātajam maisījumam nosaka starpslāņu adhēziju ar pull out testu, līdzenumu, šķērskritumu un saķeri.
7. ZTV BAE-StB 09 specifikācijas reglamentē vienu bitumena emulsijas tipu C65BP1

(C65BP1-DSK), tomēr LVS EN 12273 nav norādīts konkrēts bitumena emulsijas tips, bet dota atsauce uz standartu LVS EN 13808.

8. Bitumena emulsijas klases C65BP1 pēdējais skaitlis norāda, ka emulsijas sadalīšanās klase ir 1. Tādas klases atbilstoši standartam LVS EN 13808 nav, jo standarts sadalīšanās klases katjonu bitumena emulsijai nosaka no 2. līdz 10. klasei. Standartā LVS EN 13808 emulsijas 1. sadalīšanās klase nozīmē, ka var izmantot jebkuras sadalīšanās klases emulsiju atbilstoši gaisa un seguma temperatūrai, kā arī transportēšanas attālumam un seguma ieklāšanas ātrumam (parasti izmanto bitumena emulsiju C65BP6).

9. Eksperimentālajā daļā, balstoties uz vācu specifikāciju ZTV BAE-StB 09 prasībām un izmantojot Latvijā plaši lietotos izejmateriālus – granīta sīkšķembas 0/2, 2/5 un 5/8, portlandcementu CEM II 32,5R un bitumena emulsiju C65BP1, izstrādāti MS sastāvi, kuru īpašības atbilst autoceļu būvklasēm no Bk0,3 līdz Bk100 (autoceļi klasificēti atbilstoši RStO'12 prasībām, kas atbilst normētai ass slodzei jeb ESAL 30 gados no $< 0,3 \times 10^6$ līdz $> 32 \times 10^6$, kā arī gājēju ceļiem un veloceliņiem).

10. Lietuvas specifikācijas TRA APM 10 izstrādātas, balstoties uz vācu specifikāciju ZTV BAE-StB 09 prasībām, vienīgā atšķirība ir tā, ka TRA APM 10 specifikācijās minerālmateriāla drupināšanas izturību var noteikt atbilstoši Losandželosas metodei (LA). TRA APM 10 specifikācijās nav reglamentēts maksimālais saistvielas daudzums (Bmax).

11. SS un MS segumiem, kas izstrādāti atbilstoši Lietuvas specifikācijām TRA APM 10 un standarta LTN EN 12274 prasībām, defektu grupām P₁, P₂, P₃ un P₄ reglamentē 3. kategoriju, bet defektiem L – 2. kategoriju (kvalitātes kategorijas dotas standartā EN 12274). Defektu vizuālo novērtējumu, kā arī makrostruktūras mērījumus atbilstoši standarta LTN EN 12274-8 prasībām veic starp vienpadsmito un trīspadsmito mēnesi.

12. SS un MS sastāvu segumu trokšņainību un makrotekstūru raksturo atbilstoši LVS EN 13036-1 pa skaidri redzamu riteņu kustības vietu (veic 5 atsevišķus garenvirziena mērījumus). Tomēr makrostruktūras noteikšanai var izmantot arī citas testa metodes, piemēram, lāzera tekstūras mērītājus atbilstoši LVS EN ISO 13473-1, ja to var saistīt ar references testu atbilstoši LVS EN 13036-1, bet trokšņainības raksturošanu var veikt atbilstoši standarta LVS EN ISO 11819-1 prasībām.

13. ZTV BAE-StB 09 un TRA APM 10 specifikācijas reglamentē seguma virsmas slīdes pretestības novērtēšanu veikt, izmantojot pulēšanas vērtību (PSV₅₀).

14. Smalkās frakcijas SS maisījumus (Type I, DSK 3, ŠL 3) atbilstoši ISSA (International Slurry Surfacing Association) specifikācijām nelieto uz augstas noslodzes ceļiem.

15. JT APM 10 un TRA APM 10 specifikācijās atļauta SS un MS kārtu būvniecība no 1. aprīļa

līdz 30. septembrim (ZTV BEA-StB 09 – no aprīļa sākuma līdz oktobra vidum).

16. 2019. gadā izbūvēto MS sastāvu segumu apsekošanas dati norāda (apstiprina), ka ieklāšanu nav vēlams veikt rudenī, kad ir augsts gaisa mitrums ($> 70\%$) un naktīs zema temperatūra ($< 10\text{ }^{\circ}\text{C}$). Šādi apstākļi veicina MS seguma turpmāko lobīšanos (*raveling*), jo netiek izveidotas stipras adhēzijas saites starp sīkšķembām un bitumenu.

17. Adhēzijas saites starp bitumenu un sīkšķembām ir noteicošais SS un MS ekspluatācijas īpašības ietekmējošais faktors, ko iespaido apkārtējās vides mitrums un temperatūra, jo vasaras periodā, kad seguma temperatūra ir $\geq 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, adhēzijas saites veidojas 24 stundas, bet, ja seguma temperatūra $\leq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, kāda ir raksturīga augusta beigām un rudens sākumam, adhēzijas saišu veidošanās laiks ir 2 – 4 nedēļas. Šajā periodā ir augsts SS un MS seguma lobīšanās risks autotransporta, it īpaši ar radžotām riepām, iedarbības rezultātā.

18. Dzīves cikla izmaksu analīzei (LCCA) izmantots *Pavement Preservation and Recycling Alliance (PPRA)* aprēķinu rīks, kurš dod iespēju kvantitatīvi novērtēt dažādas autoceļu seguma atjaunošanas stratēģijas. Ierobežota finansējuma apstākļos “sliktākas pieejas” izmantošana izraisa autoceļu tīkla stāvokļa pasliktināšanos, jo nepietiek līdzekļu uzturēšanas pasākumu (preventīvo pasākumu) veikšanai autoceļiem, kuri ir labā tehniskā stāvoklī. Vislielāko ieguvumu autoceļu tīkls iegūst, iekļaujot seguma atjaunošanā *Microsurfacing* tehnoloģiju, nevis ik pēc 10 – 12 gadiem veicot frēzēšanu un ieklājot jaunu dilumkārtu.

19. Izmantojot Latvijas apstākļiem netradicionālās autoceļu periodiskās uzturēšanas tehnoloģijas, kā, piemēram, *Fog seal* un *Microsurfacing*, atbilstoši principam “*Right road, right treatment, right time*”, iespējams palielināt vienā gadā atjaunoto autoceļu posmu (joslu kilometru) daudzumu pat par 30%.

20. Analizējot efektīvu un neefektīvu resursu pārvaldīšanu 500 km garam autoceļu tīklam ar dažādu satiksmes intensitāti (AADT) un dažādu seguma stāvokli (PCI), izmantojot dažādas atjaunošanas tehnoloģijas (t.sk. *Microsurfacing*, *BBTM*, *Fog seal*), aprēķināts, ka pietiekama finansējuma gadījumā (aplūkotajā piemērā – 17 milj. EUR), gan efektīvs, gan neefektīvs scenārijs autoceļu tīklam nodrošina uzlabojumu par 110%, tomēr, veicot šos darbus ierobežota finansējuma apstākļos, kad budžets ir tikai 10 milj. EUR, efektīvs scenārijs dod iespēju uzlabot 88% no autoceļu tīkla, bet neefektīvs – tikai 12%.

Literatūra

1. Nouryon LLC (2020). Slurry seal and Microsurfacing.

* Sīkāk meklēt: <https://www.nouryon.com/globalassets/inriver/resources/brochure-asphalt-slurry-seal-microsurfacing-global-en.pdf>

2. Eugene Cifers (2020). Mix Design for Slurry Seal and Microsurfacing. Asphalt Emulsion Industries LCC

* Sīkāk meklēt: <https://www.youtube.com/watch?v=MRkLGbLOxrM>

3. Bitumen emulsion (2008). Written under the aegis of Bitumen Road Emulsion Manufacturers Section (SFERB) of USIRF. Published by RGRA. France. 339, pages.

4. Cooper Research Technology Limited (2020). Slurry Testing Machine

* Sīkāk meklēt:

<https://www.cooper.co.uk/shop/bitumen-testing/bitumen-laboratory-testing/slurry-testing-machine/>

5. International Slurry Surfacing Association (ISSA) (2018). Technical Bulletin No 100 Laboratory Test Method for Wet Track Abrasion of Slurry Surfacing Systems.. 2018.

* Sīkāk meklēt: <https://www.slurry.org/page/guidelines>

6. Department of Transport, Tourism and Sport (2013) Rural Flexible Roads Manual. Pavement Surface Condition Index.. Vol. 1 of 3. Ireland

* Sīkāk meklēt:

http://www.rmo.ie/uploads/8/2/1/0/821068/psci_manual_rural_flexibleroads_04112013_lowres.pdf

7. Todd Rorrer (2017). VDOT'S Preventive Maintenance Techniques & Expectations. Virginia Department of Transportation.

* Sīkāk meklēt: <https://slideplayer.com/slide/12073703/>

8. C. Michael Lee. (2017). Manual Notice: 2017-1. Seal Coat and Surface Treatment Manual.

* Sīkāk meklēt:

http://onlinemanuals.txdot.gov/txdotmanuals/scm/principal_faults_or_defects_in_seal_coats_or_surface_treatments.htm

9. Brett Neal. (2020). 13 Pavement Defects and Failures You Should Know! PaveMan Pro. General Pavement Maintenance

* Sīkāk meklēt:

http://www.pavemanpro.com/article/identifying_asphalt_pavement_defects/

10. The Constructor. Building Ideas. (2020). Corrugation and Shoving in Flexible Pavements- Causes and Remedies

* Sīkāk meklēt:

<https://theconstructor.org/transportation/corrugation-shoving-flexible-pavements/30886/>

11. Alberta. Infrastructure and Transportation. (2006). Guidelines for Assessing Pavement Preservation Treatments and Strategies

* Sīkāk meklēt:

<http://www.transportation.alberta.ca/Content/docType233/Production/gappts.pdf>

12. Asphalt Paving Systems, Inc. (2020)

* Sīkāk meklēt: <http://www.asphaltpavingsystems.com>

13. Douglas I. Hanson. (2009) Project 05-07 Techniques for Prevention and Remediation of Non-Load Related Distresses on HMA Airport Pavements (Phase I) Airfield Asphalt Pavement Technology Program (AAPT).

* Sīkāk meklēt:

<https://www.semanticscholar.org/paper/Project-05-07-Techniques-for-Prevention-and-of-on-Hanson-King/c273757f3dfe79a5dbe5a8b2e04ed6f74b07a24d>