

VAS „LATVIJAS VALSTS CEĻI”  
LVC 07/2.1.4.5.AC

PĒTĪJUMS

**Martenkrāsns tēraudkausēšanas  
izdedžu (MTI) pielietojuma ceļu  
būvdarbos izpēte**

Izpildītājs:

SIA „Ceļu, tiltu būvnieks”

Projekta vadītāji:

Asfaltbetona rūpnīcas vadītājs

E.Skuja

Noliktavas pārzinis

N.Griķītis

Liepāja, 2007

## Saturs

Ievads .....	3
1. Autoceļu specifikāciju 2005 prasības .....	4
2. Inertā materiāla novērtējums.....	6
2.1. Maisījums 0/45 šķembu pamata virskārtai autoceļiem ar saistītu segumu .....	9
2.2. Prasības minerālmateriāliem saistes kārtām, pamatu kārtām un dilumkārtām .....	14
3. Asfalta masas fizikāli mehāniskās īpašības .....	15
3.1. Izurbto asfaltbetona paraugu fizikāli - mehāniskās īpašības.....	22
4. Ceļa saķeres koeficients .....	24
5. Bitumena savietojamība ar tēraudkausēšanas sārņiem .....	26
6. Tēraudkausēšanas sārņu novērtējuma kopsavilkums (dati).....	27
7. Tēraudkausēšanas sārņu kā materiāla stiprās un vājas puses.....	31
8. Kvalitatīvu tēraudkausēšanas sārņu ražošanas cēloņu un rezultātu diagramma .....	32
9. Kvalitatīvas asfalta masu ražošanas cēloņu un rezultātu diagramma .....	33
Secinājumi.....	34
Priekšlikumi .....	37
Pētījuma gaitā laboratorisko testu un pielietojamo normatīvu prasību saraksts .....	39
Izmantotā literatūra .....	41

## Ievads

Ceļa segums pie mūsdienu transportu intensitātes ir pakļauts ļoti lielai slodzei, un ar katru gadu šī tendence turpina pieaugt un ass slodze nemazinās. Līdz ar to ik gadu rodas jautājums kā izvairīties vai samazināt ceļa seguma bojājumus.

Tāpat inerto materiālu ražotāji šogad ir saskārušies ar tādu problēmu, ka viņi vairs nespēj apgādāt tirgu ar pieprasītajiem materiālu daudzumiem. Līdz ar to pieprasījums ir lielāks nekā piedāvājums. Tāpat arī dolomīts ir samērā mīksts materiāls, līdz ar to pastāv viedoklis, ka tēraudkausēšanas sārnis ir izturīgs un samērā ciets materiāls, kā arī, ja pierādītu, ka šo materiālu var izmantot ceļu būvniecībā būtu iespēja atbalstīt vietējos ražotājus.

Piedaloties projektā plānots:

1. Salīdzināt AC-11 maisījuma sastāvus ar uzlabotām fizikāli – mehāniskām īpašībām;
2. Veikt materiālu pētniecisko darbu. Materiāla - sijāšana, mazgāšanu, plāksņainības noteikšana, formas noteikšana ar bīdmēru, Losandželosas tests, Nordiska tests.
3. Noteikt inerto materiālu atbilstību pēc LVS NE – 12697 – 112005, LVS NE – 12697 – 35, lai noteiktu to savienojamību ar bitumu.
4. Eksperimentālo posma apsekošana, urbumu noņemšana, urbumu testēšana.

Iegūtie laboratoriskie asfalta masas paraugu izpētes un eksperimentālā posma apsekošanas rezultāti tiks salīdzināti un izanalizēti. Tas sniegs objektīvu materiālu noturības un atbilstības vērtējumu, kā arī esošu un jaunu paliekošu deformāciju izpētes metožu laboratorijas apstākļos piemērotības novērtējumu risu veidošanas izpētei.

Šajā darba galvenā uzmanība tiek pievērsta tēraudkausēšanas sārņu izmantošanas iespējam, materiāla īpašībām, jau gatavo objektu stāvoklim, mazāku uzmanību pievēršot darbu izpildes tehnikai vai prasībām, jo darba mērķis ir novērtēt jauna materiāla izmantošanas iespēju ceļu būvniecībā un nevis SIA „Ceļu, tiltu būvnieks” darbu izpildes atbilstību projektu dokumentācijai. Tiek pieņemts, ja objekts ir nodots, tad tas ir veikts atbilstoši visām ceļu būvniecības un projekta prasībām.

Šajā darbā tiek aplūkoti tikai a/s „Liepājas Metalurģis” domnas, tēraudkausēšanas sārņi un to īpašības.

## 1. Autoceļu specifikāciju 2005 prasības

Tā kā viens no galvenajiem ceļu būvniecības prasību apkopojumiem ir „Autoceļu specifikācijas 2005”, tad tiek apskatīts domnas un tēraudkausēšanas sārņu pielietojums:

1. šķembu pamata vai grants seguma izbūve – prasības ir tādas pašas kā visiem pārējiem inertajiem materiāliem, bet ir norādītas arī papildprasības – skatīt EN 13242 un 1. tabulu:

1. tabula

Prasības domnas un tēraudkausēšanas sārņiem<sup>1</sup>

Īpašība, mērvienība	Standarts	Prasība
Dikalcija silikāta sadalīšanās	LVS EN 1744-1, 19.1	Dikalcija silikāts nedrīkst sadalīties
Dzelzs sadalīšanās	LVS EN 1744-1, 19.2	Dzelzs nedrīkst sadalīties
MgO saturs	LVS EN 196-2	Deklarē
Tilpuma stabilitāte, tilpuma % ja MgO ≤ 5%, tad testēšanas laiks ir 24 h ja MgO > 5%, tad testēšanas laiks ir 168 h	LVS EN 1744-1, 19.3	≤ 10

2. asfaltbetona, šķembu – mastikas asfalta un porasfalta kārtas izbūve – prasības ir tādas pašas kā izmantojot cita veida inertos materiālus, bet ir noteiktas arī papildprasības – standarts EN 13043/AC; sārņu daudzums asfalta masā dilumkārtās nedrīkst pārsniegt 20% un 2. tabulas prasības:

2. tabula

Prasības domnas un tēraudkausēšanas sārņiem<sup>2</sup>

Īpašība, mērvienība	Standarts	Prasība
Dikalcija silikāta sadalīšanās	LVS EN 1744-1, 19.1	Dikalcija silikāts nedrīkst sadalīties
Dzelzs sadalīšanās	LVS EN 1744-1, 19.2	Dzelzs nedrīkst sadalīties
MgO saturs	LVS EN 196-2	Deklarē
Tilpuma stabilitāte, tilpuma % ja MgO ≤ 5%, tad testēšanas laiks ir 24 h ja MgO > 5%, tad testēšanas laiks ir 168 h	LVS EN 1744-1, 19.3	≤ 6,5

3. mīkstā asfalta un emulsijas asfalta kārtas izbūve – prasības tādas pašas kā iepriekš 2. punktā minēts,
4. virsmas apstrāde un piesūcināta šķembu pamata izbūve – prasības tādas pašas kā cita veida inertajiem materiāliem, speciālas prasības tēraudkausēšanas sārņiem nav noteiktas.

---

<sup>1</sup> “Autoceļu specifikācijas 2005” 5.2.3.4. punkts 24. tabula

<sup>2</sup> “Autoceļu specifikācijas 2005” 6.2.3.7. punkts 52. tabula

## 2. Inertā materiāla novērtējums

Materiāla novērtējumā tiek izmantoti tēraudkausēšanas sārņu frakcijas 0/45 paraugi. Lai iegūtu objektīvu materiāla novērtējumu, tiek apkopota informācija (skatīt 3. tabulu):

- ražotāja – a/s Liepājas Metalurgs sniegtā informācija ir ļoti skopa un pārbaudes faktiski nav veiktas (skatīt 6.pielikumu);
- SIA Ceļu, tiltu būvnieks laboratorijas testēšanas rezultāti. Objektīvu rezultātu iegūšanai tiek apkopota informācija no dažādiem testēšanas pārskatiem, vadoties pēc principa: pirmais, pēdējais un nejauši izvēlēts testēšanas pārskats pa vidu, atlasī veicot pēc datumiem augošā secībā (skatīt pielikumus Nr. 1. - 4.);
- citas laboratorijas testēšanas rezultāti – VAS Latvijas Valsts Ceļu veiktās pārbaudes – minerālmateriālu testēšanas pārskats Nr.121/06 (pielikums Nr. 5.).

3.tabula

Tēraudkausēšanas sārņu īpašību apkopojums (frakcijas 0/45 paraugs)

Parametrs	a/s Liepājas Metalurgs	SIA Ceļu, tiltu būvnieks	VAS Latvijas Valsts Ceļi	Vidēji
<b>1. Granulometriskais sastāvs (graudu daudzums %, kas mazāks par sietu izmēru, %)</b>				
31.5	90.00	97.18	-	93.59
22.4	-	87.25	-	87.25
16.0	71.30	74.35	-	72.83
11.2	-	60.61	-	60.61
8.0	-	49.96	-	49.96
5.6	-	40.04	-	40.04
4.0	33.00	32.02	-	32.51
2.0	-	21.56	-	21.56
1.0	14.20	14.72	-	14.46
0.5	-	10.47	-	10.47
0.25	6.80	7.16	-	6.98

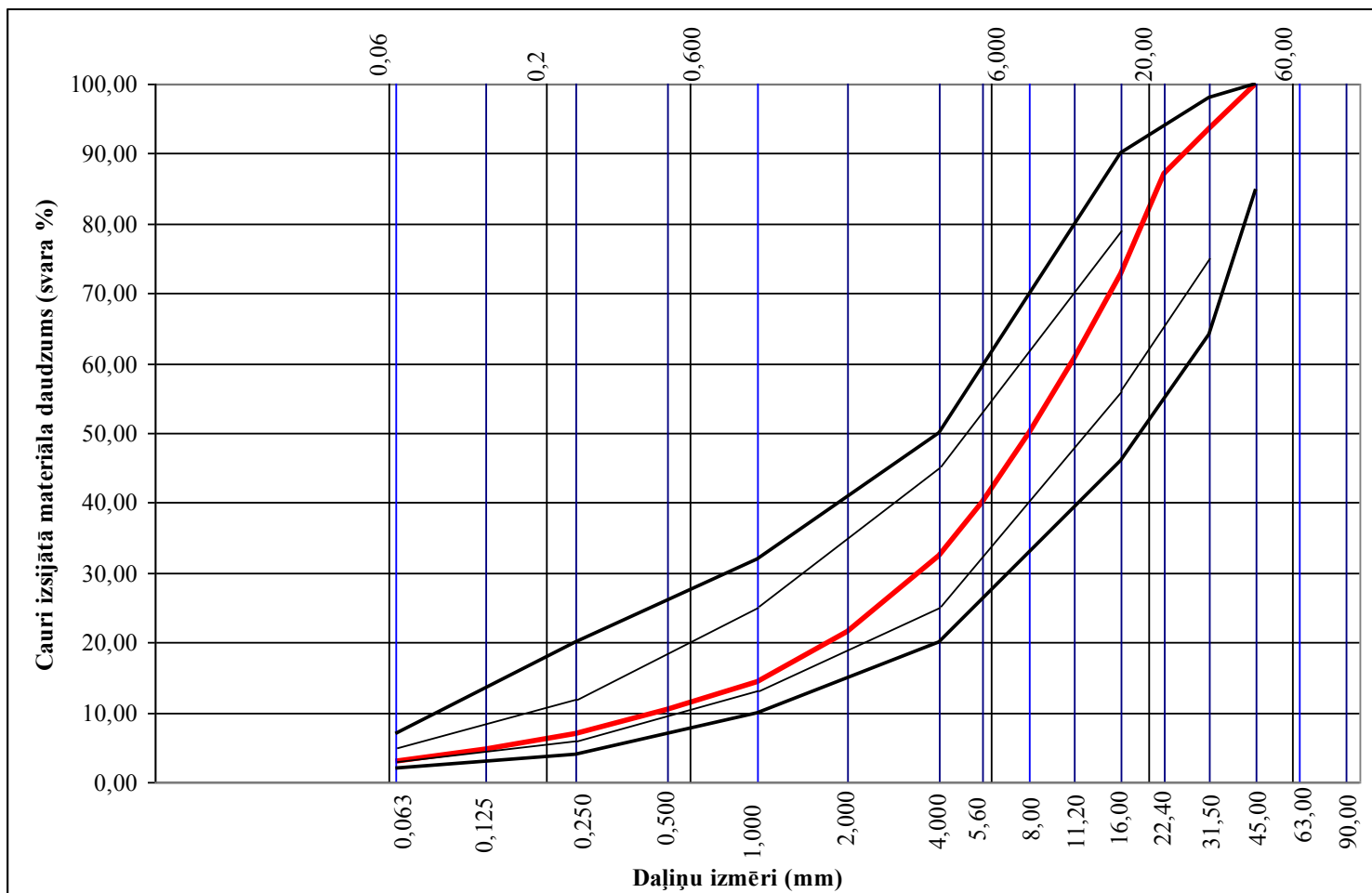
0.125	-	4.78	-	4.78
0.063	2.80	3.12	-	2.96
< 0.063	-	-	-	-
<b>2. Fizikāli mehāniskās īpašības</b>				
Sauso daļiņu blīvums, g/cm <sup>3</sup>	-	3.2153	-	3.2153
Daļiņu saturs, kas < 0.063	-	3.12	-	3.12
Plākšņainības indekss	-	*	3	3
Losandželosas koeficients LA, modificētai fr. 10.0-14.0	-	*	19	19
Radioaktivitāte, mR/h	9.5	*		9.5
Daļiņu blīvums, mg/ m <sup>3</sup> fr. 4-31.5	-	*	3.28	3.28
Daļiņu blīvums, mg/ m <sup>3</sup> fr. 0.063-2	-	*	3.35	3.35
Smalkā minerālmateriāla plūšanas koeficients	-	*	37	37
Smilts ekvivalents	-	*	77	77
Metilēnzilā vērtība MB, g/kg	-	*	1.1	1.1
Ūdens absorbcija, %	-	*	2.0	2.0
Daļiņu blīvums, mg/ m <sup>3</sup> modificētai fr. 11.2-16.0	-	*	3.22	3.22
Nordiskais abrazivitātes rādītājs modificētais fr. 11.2-16.0	-	*	17.9	17.9
Magnija sulfāta rādītājs tīrsijātai fr. 10.0-14.0, masas %	-	*	2	2

\* laboratorija materiālam nevar noteikt šo parametru

Apkopojot informāciju no visiem testēšanas pārskatiem, iegūtā informācija tālāk tiks salīdzināta.

1. diagramma

Tēraudkausēšanas sārņu granulometriskais sastāvs (graudu daudzums %, kas mazāks par sietu izmēru, %)





## 2.1. Maisījums 0/45 šķembu pamata virskārtai autoceliem ar saistītu segumu

### 1.1. Granulometriskais sastāvs

Tēraudkausēšanas sārņi tiek iegūti a/s „Liepājas Metalurģs” metāllūžņu pārkausēšanas rezultātā, tā kā process ir ilgstošs un viss ir atkarīgs no gala rezultāta iegūstamā metāla markas (mainās oglekļa daudzums kausējumos), tad mainās arī metāllūžņu pārstrādes process, kā rezultātā:

- mainoties ražošanas procesam, mainās arī iegūto sārņu ķīmiskais sastāvs, kas tiešā veidā ietekmē arī to fizikāli – mehāniskās īpašības. Tas nozīmē, ka tēraudkausēšanas sārņu kvalitāte ir tieši atkarīga no to iegūšanas procesa; lai nodrošinātu nemainīgu šķembu vai asfalta masas kvalitāti ir biežāk jāveic materiāla pilna analīze,
- tā kā vairumā gadījumu sārņi tiek iegūti metāllūžņu pārkausēšanas rezultātā, tad tie satur daudz dažādu metālu piemaisījumus, kas saskarē ar aktīviem metāliem vai to pārklājumiem, piemēram, komunikācijas caurulēm, var radīt pastiprinātu koroziju,
- šo metālu piemaisījumu dēļ rodas arī sārņu korozija, līdz ar to ir jāizvairās izmantot šo materiālu mitra vidē.

### 1.2. Saturs zem 0.063mm, %

Smalkās daļas saturs ir mainīgs lielums ar tendenci samazināties lielākas frakcijas šķembu maisījumos, piemēram, frakcija 0/45 tas ir 3.12 %, bet frakcijā 8/16 dabīgo putekļu daudzums ir 1.18%, to var izskaidrot ar to, ka materiāls ir atskabargains ar lielu saķeri – ja dolomītu pārvietojot, tā šķembas savā starpā rīvējas un palielinās smalkās daļas daudzums, tad sārņi savā starpā saķeras un smalkā daļa papildus neveidojas.

### 1.3. Losandželosas koeficients

Losandželosas koeficients ir 19 – pēc „Autoceļu specifikācijām 2005” autoceļiem ar intensitāti virs 500 ir noteikts Losandželosa koeficients  $\leq 25$ .

### 1.4. Magnija sulfāta tests, sasalšanas un atkuššanas pretestība

Testu neizmanto tēraudkausēšanas sārņiem, bet ir noteikta tā vērtība 2.

### 1.5. Plāksņainības indekss

Tēraudkausēšanas sārņiem ir noteikts 3%, tā kā materiāls ir drupināts, tad tas viegli blīvējas.

### 1.6. Radioaktivitāte

Latvijā noteiktais dabīgais radioaktivitātes fons ir 10 – 15 mR/h, tēraudkausēšanas sārņiem noteikts 9.5 mR/h.

### 1.7. Siltumietilpība

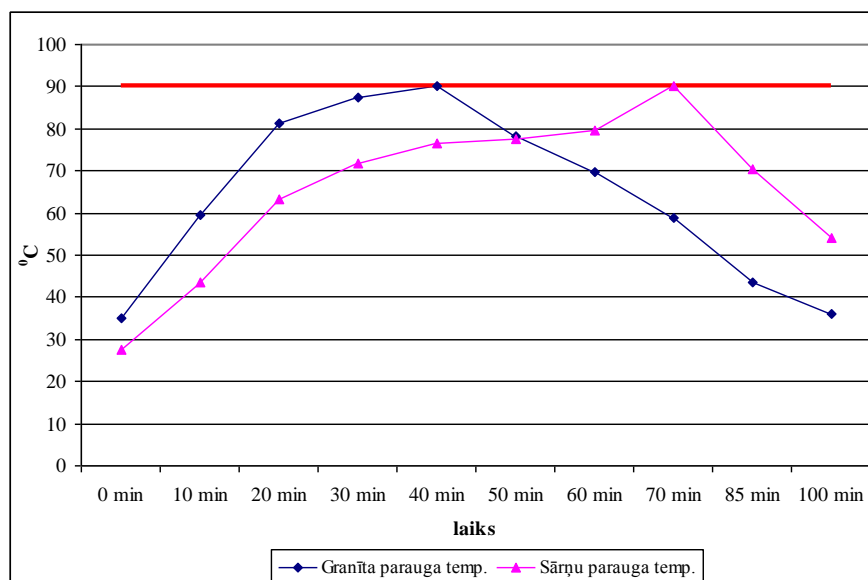
Lai pārbaudītu tēraudkausēšanas sārņu ietilpību salīdzinājumā ar citiem materiāliem, tiek veikts vienkāršs tests: SIA „Ceļu, tiltu būvnieks” laboratorijā 1 krāsnī tiek sildīti 2 materiālu paraugi metāla bļodiņās: tēraudkausēšanas sārņi un granīta paraugi frakcija 0/45. Tā kā bļodas ir identiskas, tad tiek pieņemts, ka paraugu tilpums ir vienāds. Paraugi tiek sildīti līdz 90<sup>0</sup>C, tālāk tiek atdzesēti līdz telpas temperatūrai (skatīt 4.tabulu un 2. diagrammu).

Granīta un tēraudkausēšanas sārņu siltumietilpības tabula (laika un temperatūras attiecība)

Telpas $t = 19^{\circ}\text{C}$		
Laiks	Temperatūra	
	Granīts	Sārņi
0 min	35.0	27.5
10 min	59.4	43.5
20 min	81.4	63.4
30 min	87.5	71.8
40 min	<b>90.0</b>	76.5
50 min	78.1	77.4
60 min	69.8	79.5
70 min	59.0	<b>90.0</b>
85 min	43.5	70.5
100 min	36.0	54.2

2. diagramma

Granīta un tēraudkausēšanas sārņu siltumietilpības diagramma



Līdz ar to var secināt, ka tēraudkausēšanas sārņi ir grūtāk uzsildāmi, bet tai pat laika tie ilgāk saglabā siltumu, pagarinot asfalta iekļāšanas un transportēšanas laiku.

Tālāk tiek novērtēta tēraudkausēšanas sārņu frakcijas 0/45 izmantošanas iespēja, pamatojoties uz „Autoceļu specifikāciju 2005” prasībām, ar mērķi piemērot materiālu visaugstākajam prasībām (skatīt 5. tabulu; papildus skatīt „Autoceļu specifikāciju 2005” 20., 21. un 31. tabulu):

5.tabula

Tēraudkausēšanas sārņu frakcijas 0/45 pielietojums šķembu pamatu vai grants seguma izbūvē

Parametrs	Pamatu kārtām	Segumu kārtām
	AADT <sub>j</sub>	
Granulometriskais sastāvs, masas %		
- cauri 2D sietam izsijāta materiāla daudzums	>500	>100
- cauri 1.4D sietam izsijāta materiāla daudzums	>500	>100
- cauri D sietam izsijāta materiāla daudzums	<b>Neatbilst</b>	<b>Neatbilst</b>
- cauri d, d/2 sietam izsijāta materiāla daudzums	>500	>100
Materiāla saturs zem 0.063mm, masas %	101-500	Deklarē
Plākšņainības indekss	>500	>100
Losandželosas koeficients	>500	>100
Magnija sulfāta tests	>500	>100

Pēc būtības var secināt, ka šo materiālu nevar izmantot minētajos darbos, jo materiāla frakcijā 0/45 nav daļiņu, kas būtu 45 mm lielumā, tas pat ir norādīts ražotāja sniegtajā testēšanas pārskatā (skatīt 6. pielikumu). Lai materiāls atbilstu visaugstākajam specifikāciju prasībām, tam ir jāpievieno 45 mm šķembas un mazāk daļiņas zem 0.063 mm.

Prasības 0/45 maisījuma materiāliem pamata virskārtai autoceļiem ar saistītu segumu

Parametrs	AADTj
Materiāla saturs zem0.063mm, masas %	101-500
Plākšņainības indekss	>500
Losandželas koeficients	>500
Magnija sulfāta tests	>500

Pēc 6. tabulas var secināt, ka tēraudkausēšanas sārņi frakcija 0/45 ir izmantojami pamatu virskārtai autoceļiem ar saistītu segumu ar pieļaujamo intensitāti 101-500. Aplūkojot visas fizikāli, mehāniskās īpašības var secināt, ka materiālu var izmantot visu grunts slāņu izbūvē, tikai tas ir obligāti jānoveltno, kā arī ieteicams izmantot augstas intensitātes vai slodzes ceļos vai balsta laukumos.

## 2.2. Prasības minerālmateriāliem saistes kārtām, pamatu kārtām un dilumkārtām

Atkal tiek novērtēta tēraudkausēšanas sārņu frakcijas 0/45 izmantošanas iespēja asfalta ražošana, pamatojoties uz „Autoceļu specifikāciju 2005” prasībām, ar mērķi piemērot materiālu visaugstākajam prasībām (skatīt 7. tabulu; papildus skatīt „Autoceļu specifikāciju 2005” 44. un 45. tabulu):

7.tabula

Tēraudkausēšanas sārņu frakcijas 0/45 pielietojums asfalta ražošanā

Parametrs	Saistes un pamatu kārtām	Dilumkārtām
	AADTj	
Granulometriskais sastāvs, masas %		
- cauri 2D sietam izsijāta materiāla daudzums	>1000	>3500
- cauri 1.4D sietam izsijāta materiāla daudzums	>1000	>3500
- cauri D sietam izsijāta materiāla daudzums	<b>Neatbilst</b>	<b>Neatbilst</b>
- cauri d, d/2 sietam izsijāta materiāla daudzums	>1000	>3500
Materiāla saturs zem0.063mm, masas %	101-500	501-1500
Plāksņainības indekss	>1000	>3500
Losandželosas koeficients	>1000	>3500
Magnija sulfāta tests	>1000	>3500
Dilumizturība pret radžotām riepām AN	-	501-1500

Inerto materiālu varētu izmantot asfalta ražošanā, ja izmantotu tik rupju minerālmateriālu asfalta masu ražošanā, līdz ar to tā ir teorētiska iespēja. Var secināt, ka šo materiālu nevar izmantot asfalta ražošanā, jo materiāla frakcijā 0/45 nav daļiņu, kas būtu 45 mm lielumā, tas pats bija novērojams inerto materiālu pielietojumā (skatīt 5. un 6. tabulu). Materiāls būtu izmantojams saistes un pamatu kārtās ar intensitāti 101-500 un dilumkārtās ar intensitāti 501-1500. Kopuma var secināt, ka materiāls atbilst „Autoceļu specifikāciju 2005” prasībām un ir izmantojams minētajos darbos.

### 3. Asfalta masas fizikāli mehāniskās īpašības

Tā kā „Autoceļu specifikācijas 2005” paredz vairākus tēraudkausēšanas sārņu izmantošanas variantus asfaltu masās, tad tālāk tiks aplūkoti 2 varianti:

1. asfalta masas projekts un īpašības tēraudkausēšanas sārņus izmantojot līdz 20% no kopējās masas;
2. asfalta masas projekts un īpašības izmantojot tēraudkausēšanas sārņus 100%.

Datu salīdzināšanai ir izvēlēta AC-11 masa, jo 2006. gadā SIA „Ceļu, tiltu būvnieks” izstrādāja vairākas šīs masas darba formulas (skatīt 8. un 9. tabulu) un ieklāja: AC-11 bez sārņiem Liepājas pilsētas bedrīšu remonts, AC-11 20% sārņi Kuldīga – Aizpute – Līči ( un AC-11 100% sārņi izmēģinājuma posmā Ķimale – Padure – Dekšne (skatīt pielikumus Nr. 7., 8. un 9.).

8.tabula

Darba formulas AC-11 asfalta masām ar dažādu tēraudkausēšanas sārņu daudzumu

Sastāvdaļa (%)	AC-11 bez sārņiem	AC-11 20% sārņi	AC-11 100% sārņi
Dolomīta šķembas fr. 8/11	20	18	
Dolomīta šķembas fr. 5/8	14	17	
Dolomīta šķembas fr. 2/5	12	18	
Dolomīta šķembas fr. 0/5	23		
Mazgāta smilts fr. 0/4	25	20	
Tēraudkausēšanas sārņi fr. 0/5		20	46
Tēraudkausēšanas sārņi fr. 8/16			23
Tēraudkausēšanas sārņi fr. 2/8			26
Kaļķakmens milti	6	7	15
Bitumens	5.25	5.5	5.71

9.tabula

Dažādu AC-11 asfalta masu īpašību salīdzinājums pēc darba formulām

Parametrs	AC-11 bez sārņiem	AC-11 20% sārņi	AC-11 100% sārņi
Minerālmateriālu daļiņu blīvums, g/cm <sup>3</sup>	2.6337	2.7633	3.1786
Minerālā karkasa porainība, tilpuma %	15.78	16.73	19.82
Tilpuma blīvums, g/cm <sup>3</sup>	2.4618	2.4562	2.8417
Maksimālais blīvums, g/cm <sup>3</sup>	2.5344	2.5316	2.9476
Paliekošā porainība, tilpuma %	2.86	2.84	3.59
Ar bitumenu aizpildīto poru saturs, %	81.90	82.2	81.87
Maršala stabilitāte, kN	10.48	11.2	14.79
Maršala plūstamība, mm	3.47	2.6	2.95

Tālāk tiek apkopota informācija no asfalta maisījuma testēšanas pārskatiem, izvēloties vairāku AC-11 asfaltu masu sastāvus (skatīt 10. tabulu un pielikumus Nr. 10-17.):

10.tabula

Asfalta masas AC-11 testēšanas pārskatu salīdzinājums

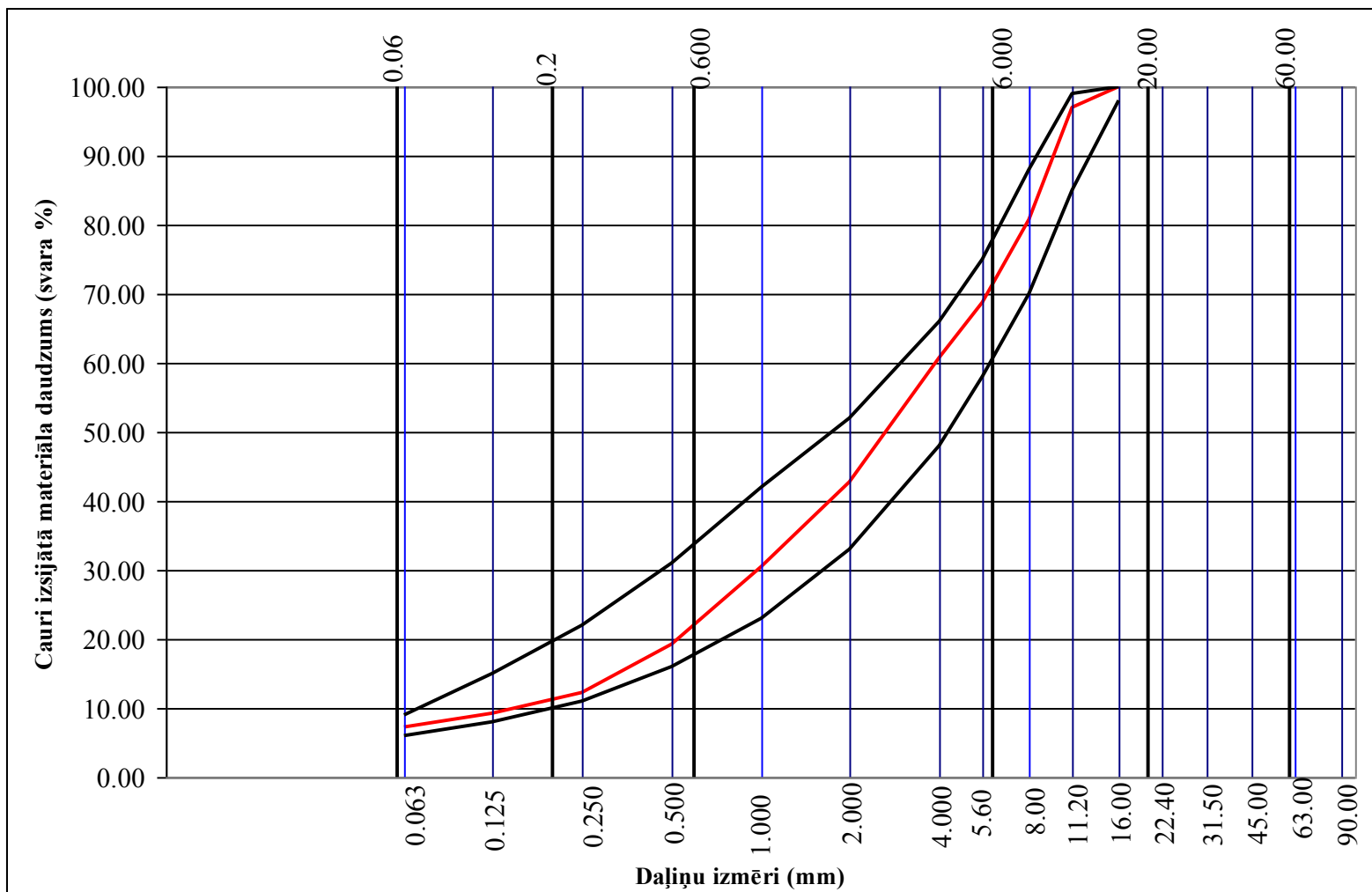
Parametrs	SIA Ceļu, tiltu būvnieks	
	AC-11 20% sārņi	AC-11 100% sārņi
<b>Fizikāli, mehāniskie rādītāji</b>		
Tilpuma blīvums, kg/m <sup>3</sup>	2539.7	2807.7
Maksimālais blīvums, kg/m <sup>3</sup>	2641.1	2938.5
Poru saturs, %	3.8	4.4
Ar bitumenu pildīto poru saturs, %	78.0	78.1
Bitumena saturs maisījumā, %	5.3	5.6
Maršala stabilitāti, kN	12.8	14.5
Maršala plūstamība, mm	2.0	3.3



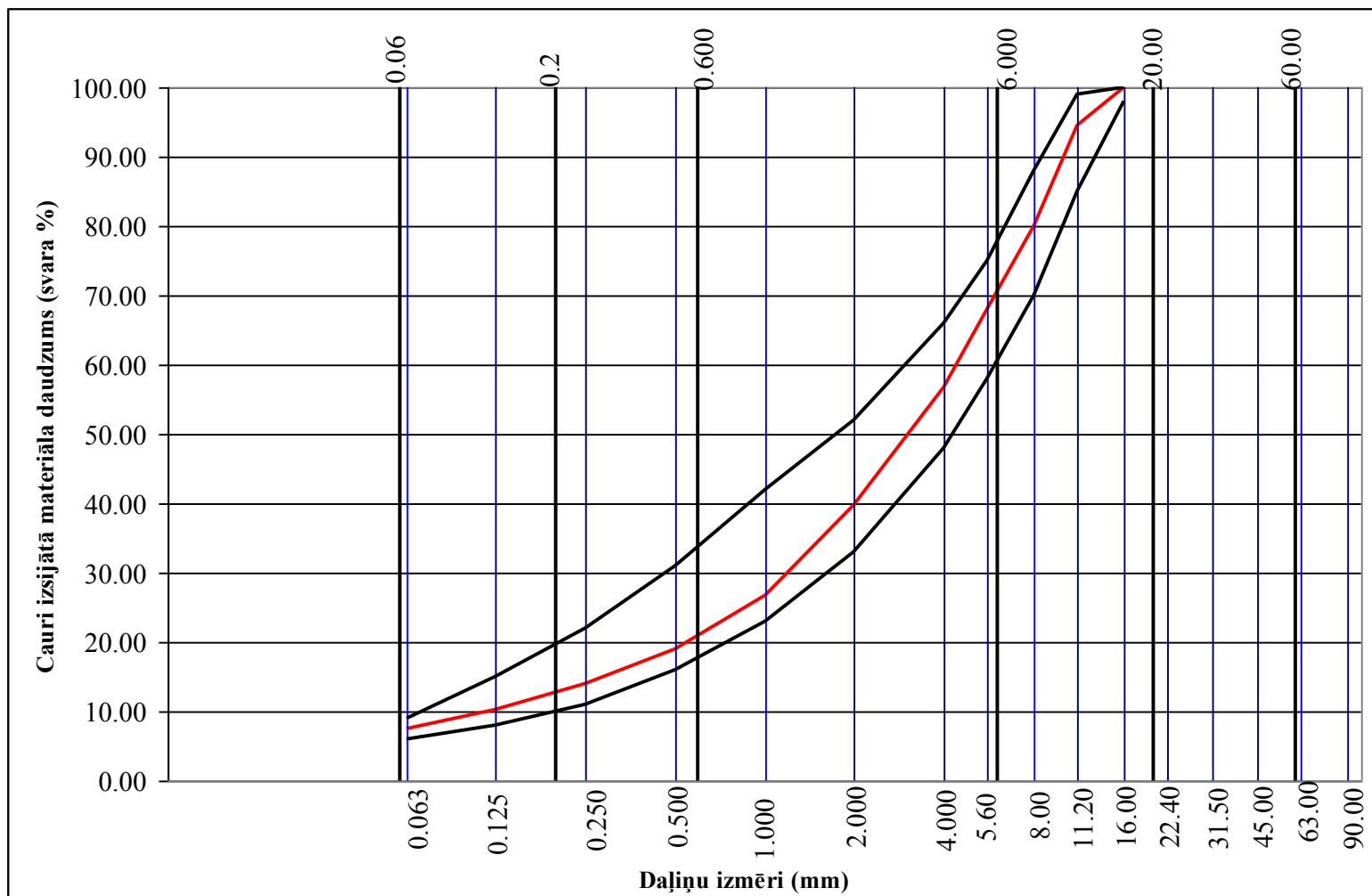
Minerālā karkasa porainība, % no tilpuma	17.4	20.3
<b>Granulometriskais sastāvs</b>		
16.0	100	100
11.2	97.01	94.44
8.0	80.85	79.94
5.6	68.70	68.04
4.0	60.73	56.64
2.0	42.76	39.67
1.0	30.53	26.66
0.5	19.22	19.12
0.25	12.29	13.98
0.125	9.14	10.27
0.063	7.29	7.46

Lai iegūtu objektīvāku informāciju no SIA „Ceļu, tiltu būvnieks” testēšanas pārskatiem tiek atlasīti vairāki pārskati, pēc tāda paša principa kā inerto materiālu pārskatiem – asfalta testēšanas perioda pirmais, pēdējais un nejauši izvēlēts testēšanas pārskats pa vidu, atlasī veicot pēc datumiem augošā secībā (skatīt pielikumus Nr. 10-17.).

Asfalta masas AC-11 (20% sārņi) granulometriskais sastāvs



Asfalta masas AC-11 (100% sārņi) granulometriskais sastāvs



AC-11 asfalta masas fizikāli-mehānisko īpašību novērtējums pēc „Autoceļu  
specifikācijām 2005”

Parametrs	AC-11 20%	AC-11 100%
	AADTj	
Bitumena saturs, masas %	>3500	>3500
Maršala stabilitāte, kN	>3500	>3500
Maršala plūstamība, mm	>3500	>3500
Paliekošā porainība, %	<b>+0.3</b>	<b>+0.9</b>
Minerāla karkasa porainība, %	+2.4	+5.3
Ar bitumenu aizpildītās poras, %	-8	-7.9

Apkopojot datus 11. tabulā redzams, ka visi rādītāji atbilst „Autoceļu specifikāciju 2005” prasībām, izņemot poru saturu (%), kas ir par augstu. Veicot iekšēju izmeklēšanu, noskaidrots, ka iemesls ir SIA „Ceļu, tiltu būvnieks” Benninghoven rūpnīcas tehnisks defekts – bija bojāti smalko daļiņu sieti, kad tie tika nomainīti 2006. gada rudenī asfalta masu porainības rādītājs atkal atbilda „Autoceļu specifikāciju 2005” prasībām.

AC-11 asfalta masas fizikāli-mehānisko īpašību novērtējums pēc plānotām darba  
formulām

Parametrs	AC-11 20%	AC-11 100%
Minerālā karkasa porainība, tilpuma %	+0.67	+0.48
Tilpuma blīvums, g/cm <sup>3</sup>	+0.083	-0.034
Maksimālais blīvums, g/cm <sup>3</sup>	+0.110	-0.009
Paliekošā porainība, tilpuma %	<b>+0.96</b>	<b>+0.81</b>
Ar bitumenu aizpildīto poru saturs, %	-4.2	-3.77
Maršala stabilitāte, kN	+1.6	-0.29
Maršala plūstamība, mm	-0.6	+0.35
Bitumens, masas %	-0.2	-0.11

Pēc 12. tabulas - iegūtie rezultāti parāda, ka AC-11 20% sārņu masas īpašību radītāji ir pieauguši, tādējādi padarot asfalta masu izturīgāku, nekā tas tika plānots un iegūts laboratorijas apstākļos, bet AC-11 100% sārņu masas īpašību vērtības ir samazinājušās. Kopumā tas parāda, ka pēc sākotnējas informācijas, bez ilglaicīga pētījuma rezultātiem, asfalta masa tikai no tēraudkausēšanas sārņiem ir mazāk izturīga, nekā masa, kam sārņi ir pievienoti neliela daudzuma, uzlabojot tās fizikāli - mehāniskas īpašības.

### 3.1. Izurbto asfaltbetona paraugu fizikāli - mehāniskās īpašības

Tā kā asfalta masa AC-11 iepriekš minētajos objektos ir ieklāts 2006. gadā, tad tiek veikts asfaltbetona segas novērtējums, veicot urbumus. Urbumus un testēšanu veica VAS „Latvijas Valsts ceļi” ražošanas pārvaldes ceļu laboratorija (testēšanas pārskati Nr. 135/07 un Nr. 134/07 – pielikumi Nr. 18., 19.).

Tā kā ir veikti 16 urbumi, tad datu salīdzināšanai tiek izmantoti vidējie rezultāti, izmantojot aritmētiskā vidējā aprēķina metodi (skatīt 13. un 14. tabulu).

13.tabula

AC-11 (20% sārņi) asfalta masas fizikāli-mehānisko īpašību novērtējums pēc urbumu testēšanas

Parametrs	SIA „Ceļu, tiltu būvnieks” testēšanas pārskati AC-11 20% sārņi	VAS „Latvijas Valsts ceļi” urbumu pārskati AC-11 20% sārņi	Atšķirība (+/-)
Tilpuma blīvums, kg/m <sup>3</sup>	2539.7	2461	-78.7
Maksimālais blīvums, kg/m <sup>3</sup>	2641.1	2568	-73.1
Poru saturs, %	3.8	4.2	+0.4
Ar bitumenu pildīto poru saturs, %	78.0	75.6	-2.4
Bitumena saturs maisījumā, %	5.3	5.09	-0.21

AC-11 (100% sārņi) asfalta masas fizikāli-mehānisko īpašību novērtējums pēc urbumu  
testēšanas

Parametrs	SIA „Ceļu, tiltu būvnieks” testēšanas pārskati AC-11 100% sārņi	VAS „Latvijas Valsts ceļi” urbumu pārskati AC-11 100% sārņi	Atšķirība (+/-)
Tilpuma blīvums, kg/m <sup>3</sup>	2807.7	2780	-27.7
Maksimālais blīvums, kg/m <sup>3</sup>	2938.5	2929	-9.5
Poru saturs, %	4.4	5.1	+0.7
Ar bitumenu pildīto poru saturs, %	78.1	76.5	-1.6
Bitumena saturs maisījumā, %	5.6	5.86	+0.26

Kopuma visi rādītāji ir tādi paši vai salīdzinoši nedaudz izmainījušies – ir kļuvuši mazāki, porainība ir palielinājusies, tas liecina par to, ka iegūtie rezultāti būtiski neatšķiras no asfaltu masu testēšanas rezultātiem, un rezultātu atšķirība iespējams ir no masas nepietiekama sablīvējuma, kas varētu norādīt uz nepietiekamu noveltņošanu.

Būtiskas izmaiņas masas kvalitātē 1 gada laikā nav konstatētas un iegūtie dati uzskatāmi par līdzīgiem jau iepriekš veiktajiem masas testēšanas rezultātiem.

#### 4. Ceļa saķeres koeficients

Lai noteiktu ceļa drošību satiksmei, tiek salīdzināti saķeres koeficientu mērījumi, kas veikti 2006. gada pēc ceļa būvdarbu pabeigšanas (skatīt 15. tabulu; pielikumi Nr. 20. un 21.):

15.tabula

Saķeres koeficientu mērījumi ceļa posmos, kuros ieklāts asfalts ar sārņu piemaisījumu (koeficienti ir ka vidējas koeficientu vērtības uz 100 m posmu)

Asfalta masa	AC-11 100%		AC-11 20%	
Ceļa posms	Ķimale – Padure – Dekсне		Kuldīga – Aizpute – Līči	
Pārbaudes veicējs	LVC Ceļu laboratorija			
Pārskats Nr.	14/06		52/06	
Datums	22.08.2006		07.11.2006	
Metode	Pr EN 13036-2 mēriekārta GripTester			
<u>Rezultāti</u>				
	Labā puse	Kreisā puse	Labā puse	Kreisā puse
Vidēja vērtība	<b>0.49</b>	<b>0.50</b>	<b>0.54</b>	<b>0.54</b>
Visbiežākā vērtība	0.47	0.49	0.57	0.53
Minimāla vērtība	0.43	0.43	0.40	0.41
Maksimālā vērtība	0.56	0.60	0.70	0.67

Saķeres koeficienta robeža „Autoceļu specifikācijās 2005” ir noteikta 0.48, mērījumu rezultātu vidējie rādītāji ir virs noteiktās robežas, kā arī redzams, ka ir augstas arī maksimālās vērtības. Pēc „Autoceļu specifikācijām 2005” labojumiem ir noteikts, ka saķeres koeficientam dilumkārtām ceļiem ar intensitāti līdz 1500 ir jābūt  $\geq 0.48$ ; virs 1500 -  $\geq 0.54$ , tātad var secināt, ka Ķimales- Padures- Deksnas posms atbilst ceļa intensitātei līdz 1500, jo visbiežākā un vidēja vērtība ir tuva noteiktajai robežai, bet ceļa posms Kuldīga – Aizpute – Līči – intensitātei virs 1500.

Tā kā mērījumu veikšanas apstākļi ir bijuši vienādi, tad tiek salīdzināts mērījumu skaits, kas ir zem 0.48 (skatīt 16. tabulu):



Saķeres koeficientu mērījumu skaits, kas ir zem 0.48 vērtības

Asfalta masa	AC-11 100%	AC-11 20%
Ceļa posms	Ķimale – Padure – Dekсне (2.167 km)	Kuldīga – Aizpute – Līči (13.33 km)
Kopējais mērījumu skaits	28	264
Mērījumus skaits zem 0.48	12	30
Ceļa posms km zem vērtības 0.48	1.17	2.29
Procentos no kopēja mērījumu skaita zem 0.48	42%	11%

Tā kā Ķimales – Padures – Deksnas ceļa posms ir ļoti līkumains, tad nav iespējams nodrošināt vienādu, vienmērīgu braukšanas ātrumu un derīgu mērījumu skaits ir mazāks, nekā teorētiski iespējams. Rezultāti parāda, ka ceļa posmam no sārņiem saķeres rādītāji 42% mērījumu rezultātos ir zemāki nekā būtu nepieciešams, tātad var secināt, ka:

1. tā kā ceļa posms ir īss un līkumains, tad rodas jautājums par mērījumu objektivitāti – uz īsu ceļa posmu ir maz mērījumu, līdz ar to ir tiek mākslīgi palielināts zemo mērījumu skaita īpatsvars;
2. iespējams, ka sārņu asfalta masa ir nepareizi ieklāta, piemēram, pārāk daudz noveltnota, bojājot materiāla fizikālo struktūru – sadrupinot sārņu asās malas, atskabargas;
3. tas ir apliecinājums tam, ka sārņi ir lieliska piedeva esošajām dolomīta asfalta masām, uzlabojot to fizikāli, mehāniskās īpašības un ka izmantojot tikai sārņus asfalta ražošanai samazinās asfalta fizikālās īpašības,
4. datu apkopošanas laikā tika izteikta hipotēze, ka tā kā 100% sārņu masai ir nepieciešams vairāk bitumena, kas varēja izveidot plēvi uz asfalta seguma virskārtas, kas savukārt ietekmēja saķeres rādītājus, bet diemžēl Autoceļu laboratoriju aizņemtības dēļ mērījumi 2007. gadā netika veikti.

## 5. Bitumena savietojamība ar tēraudkausēšanas sārņiem

Tiek veikts tēraudkausēšanas sārņu un bitumena savietojamības noteikšana.

Tiek izmantoti :

1. „Liepājas Metalurģis” tēraudkausēšanas sārņi frakcija 0/45 (pielikums Nr. 6.);
2. AB „Mažeikiu Nafta” ceļu bitumens B 70/100 (pielikums Nr. 22.).

Testu veic VAS „Latvijas Valsts ceļi” ražošanas pārvaldes ceļu laboratorija – testēšanas pārskats Nr. 311/07 (pielikums Nr. 23.).

Testēšanas rezultāts parāda, ka tēraudkausēšanas sārņu savietojamība ar bitumenu ir 100 %, tas nozīmē, ka:

1. tēraudkausēšanas sārņi vienmērīga slānī pilnībā pārklājas ar bitumenu, ko veicina tēraudkausēšanas sārņu porainā virsma, kas viegli uzsūc un notur bitumenu;
2. tēraudkausēšanas sārņu salipšana ar bitumenu ir pilnīga un atdalīšanās ir maz iespējama;
3. tā kā tēraudkausēšanas sārņi pilnībā pārklājas ar bitumenu, tad mitruma ietekme uz materiālu ir minimāla, tas apliecina pētījuma gaitā noteikto pieņēmumu - materiālu maz ietekmē mitrums veicinot dzels oksidēšanos (rūsēšanu), bet galvenās problēmas rodas no aktīvo metālu oksidācijas, kā daudzums tēraudkausēšanas sārņos tiešā mērā ietekmējas no materiāla iegūšanas metodes, tehnoloģijas;
4. iegūtie rezultāti apliecina pētījuma izstrādes gaitā noteikto pieņēmumu – tēraudkausēšanas sārņu pievienošana asfalta masām uzlabo un nostiprina asfalta masu fizikāli, mehāniskās īpašības, jo tēraudkausēšanas sārņu virsma viegli pārklājas un notur bitumenu, veicinot kopēju asfalta masas salipšanu un izturību;
5. tēraudkausēšanas sārņi ir izmantojami kā ceļu būvniecības materiāli un ir izmantojami asfalta masu ražošanai.

## 6. Tēraudkausēšanas sārņu novērtējuma kopsavilkums (dati)

### 6.1. Tēraudkausēšanas sārņu fizikāli mehāniskās īpašības

Parametrs	Rādītājs
<b>1. Granulometriskais sastāvs (graudu daudzums %, kas mazāks par sietu izmēru, %)</b>	
31.5	93.59
22.4	87.25
16.0	72.83
11.2	60.61
8.0	49.96
5.6	40.04
4.0	32.51
2.0	21.56
1.0	14.46
0.5	10.47
0.25	6.98
0.125	4.78
0.063	2.96
< 0.063	-
<b>2. Fizikāli mehāniskās īpašības</b>	
Sauso daļiņu blīvums, g/cm <sup>3</sup>	3.2153
Daļiņu saturs, kas < 0.063	3.12
Plākšņainības indekss	3
Losandželosas koeficients LA, modificētai fr. 10.0-14.0	19
Radioaktivitāte, mR/h	9.5
Daļiņu blīvums, mg/ m <sup>3</sup> fr. 4-31.5	3.28
Daļiņu blīvums, mg/ m <sup>3</sup> fr. 0.063-2	3.35
Smalkā minerālmateriāla plūšanas koeficients	37
Smilts ekvivalents	77
Metilēnzilā vērtība MB, g/kg	1.1
Ūdens absorbcija, %	2.0
Daļiņu blīvums, mg/ m <sup>3</sup> modificētai fr. 11.2-16.0	3.22
Nordiskais abrazivitātes rādītājs modificētais fr. 11.2-16.0	17.9
Magnija sulfāta rādītājs tīrsijātai fr. 10.0-14.0, masas %	2

Tēraudkausēšanas sārņu frakcijas 0/45 pielietojums šķembu pamatu vai grants seguma izbūvē

Parametrs	Pamatu kārtām	Segumu kārtām
	AADTj	
Granulometriskais sastāvs, masas %		
- cauri 2D sietam izsijāta materiāla daudzums	>500	>100
- cauri 1.4D sietam izsijāta materiāla daudzums	>500	>100
- cauri D sietam izsijāta materiāla daudzums	<b>Neatbilst</b>	<b>Neatbilst</b>
- cauri d, d/2 sietam izsijāta materiāla daudzums	>500	>100
Materiāla saturs zem0.063mm, masas %	101-500	Deklarē
Plākšņainības indekss	>500	>100
Losandželas koeficients	>500	>100
Magnija sulfāta tests	>500	>100

Prasības 0/45 maisījuma materiāliem pamata virskārtai autoceļiem ar saistītu segumu

Parametrs	AADTj
Materiāla saturs zem0.063mm, masas %	101-500
Plākšņainības indekss	>500
Losandželas koeficients	>500
Magnija sulfāta tests	>500

Tēraudkausēšanas sārņu frakcijas 0/45 pielietojums asfalta ražošanā

Parametrs	Saistes un pamatu kārtām	Dilumkārtām
	AADTj	
Granulometriskais sastāvs, masas %		
- cauri 2D sietam izsijāta materiāla daudzums	>1000	>3500
- cauri 1.4D sietam izsijāta materiāla daudzums	>1000	>3500
- cauri D sietam izsijāta materiāla daudzums	<b>Neatbilst</b>	<b>Neatbilst</b>
- cauri d, d/2 sietam izsijāta materiāla daudzums	>1000	>3500
Materiāla saturs zem0.063mm, masas %	101-500	501-1500
Plākšņainības indekss	>1000	>3500
Losandželas koeficients	>1000	>3500
Magnija sulfāta tests	>1000	>3500
Dilumizturība pret radžotām riepām AN	-	501-1500

## 6.2. Tēraudkausēšanas sārņu asfalta masu fizikāli mehāniskās īpašības

Asfalta masas AC-11 testēšanas pārskatu salīdzinājums

Parametrs	SIA Ceļu, tiltu būvnieks	
	AC-11 20% sārņi	AC-11 100% sārņi
<b>Fizikāli, mehāniskie rādītāji</b>		
Tilpuma blīvums, kg/m <sup>3</sup>	2539.7	2807.7
Maksimālais blīvums, kg/m <sup>3</sup>	2641.1	2938.5
Poru saturs, %	3.8	4.4
Ar bitumenu pildīto poru saturs, %	78.0	78.1
Bitumena saturs maisījumā, %	5.3	5.6
Maršala stabilitāti, kN	12.8	14.5
Maršala plūstamība, mm	2.0	3.3
Mīnerālā karkasa porainība, % no tilpuma	17.4	20.3
<b>Granulometriskais sastāvs</b>		
16.0	100	100
11.2	97.01	94.44
8.0	80.85	79.94
5.6	68.70	68.04
4.0	60.73	56.64
2.0	42.76	39.67
1.0	30.53	26.66
0.5	19.22	19.12
0.25	12.29	13.98
0.125	9.14	10.27
0.063	7.29	7.46

AC-11 asfalta masas fizikāli-mehānisko īpašību novērtējums pēc „Autoceļu specifikācijām 2005”

Parametrs	AC-11 20%	AC-11 100%
	AADTj	
Bitumena saturs, masas %	>3500	>3500
Maršala stabilitāte, kN	>3500	>3500
Maršala plūstamība, mm	>3500	>3500
Paliekošā porainība, %	<b>+0.3</b>	<b>+0.9</b>
Mīnerāla karkasa porainība, %	+2.4	+5.3
Ar bitumenu aizpildītās poras, %	-8	-7.9

AC-11 (20% sārņi) asfalta masas fizikāli-mehānisko īpašību novērtējums pēc urbumu testēšanas

Parametrs	SIA „Ceļu, tiltu būvnieks” testēšanas pārskati AC-11 20% sārņi	VAS „Latvijas valsts ceļi” urbumu pārskati AC-11 20% sārņi	Atšķirība (+/-)
Tilpuma blīvums, kg/m <sup>3</sup>	2539.7	2461	-78.7
Maksimālais blīvums, kg/m <sup>3</sup>	2641.1	2568	-73.1
Poru saturs, %	3.8	4.2	+0.4
Ar bitumenu pildīto poru saturs, %	78.0	75.6	-2.4
Bitumena saturs maisījumā, %	5.3	5.09	-0.21

AC-11 (100% sārņi) asfalta masas fizikāli-mehānisko īpašību novērtējums pēc urbumu testēšanas

Parametrs	SIA „Ceļu, tiltu būvnieks” testēšanas pārskati AC-11 100% sārņi	VAS „Latvijas valsts ceļi” urbumu pārskati AC-11 100% sārņi	Atšķirība (+/-)
Tilpuma blīvums, kg/m <sup>3</sup>	2807.7	2780	-27.7
Maksimālais blīvums, kg/m <sup>3</sup>	2938.5	2929	-9.5
Poru saturs, %	4.4	5.1	+0.7
Ar bitumenu pildīto poru saturs, %	78.1	76.5	-1.6
Bitumena saturs maisījumā, %	5.6	5.86	+0.26

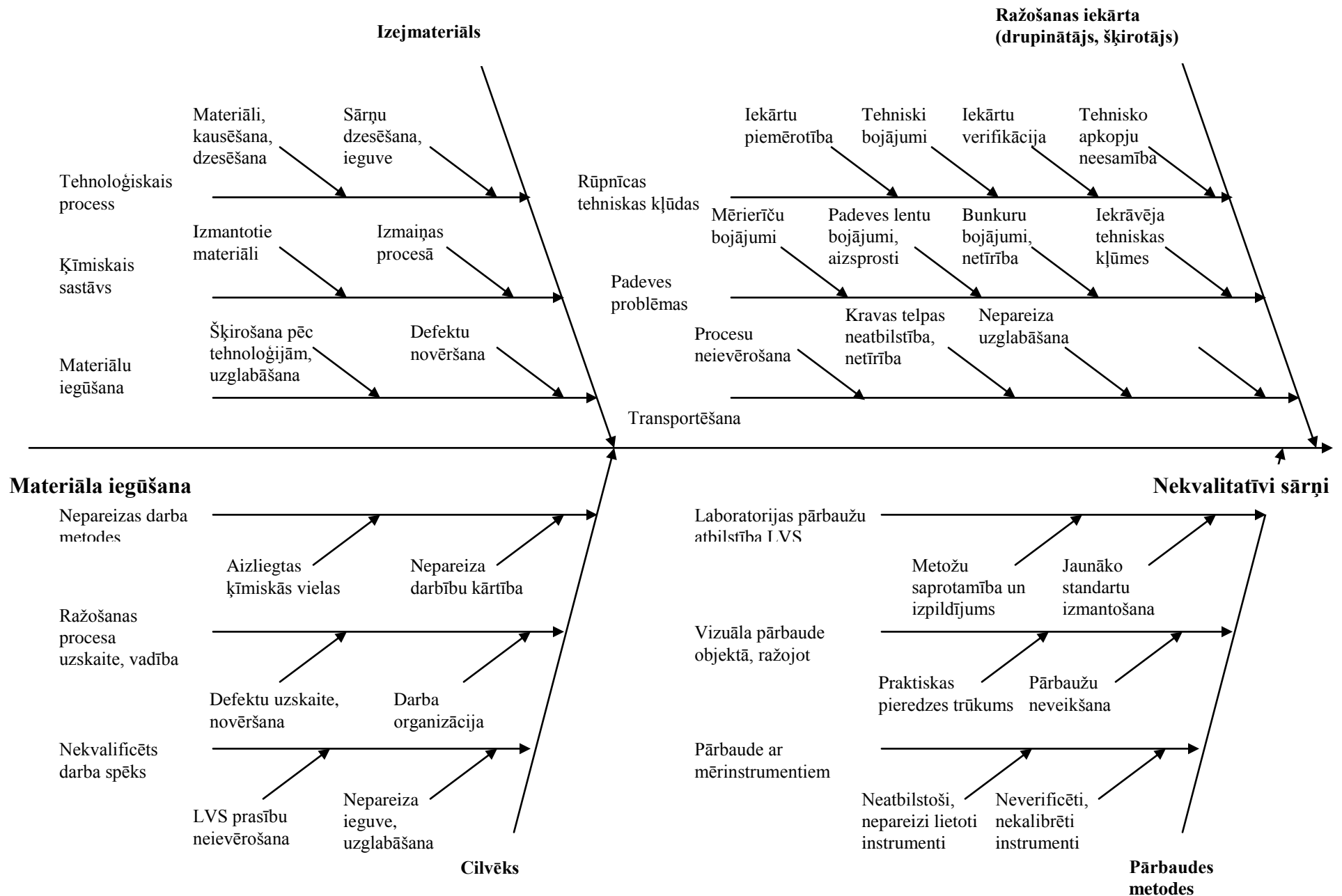
Saķeres koeficientu mērījumi ceļa posmos, kuros ieklāts asfalts ar sārņu piemaisījumu (koeficienti ir ka vidējas koeficientu vērtības uz 100 m posmu)

Asfalta masa	AC-11 100%		AC-11 20%	
Ceļa posms	Ķimale – Padure – Dekšne		Kuldīga – Aizpute – Līči	
Pārbaudes veicējs	LVC Ceļu laboratorija			
Pārskats Nr.	14/06		52/06	
Datums	22.08.2006		07.11.2006	
Metode	Pr EN 13036-2 mēriekārta GripTester			
<b>Rezultāti</b>				
	Labā puse	Kreisā puse	Labā puse	Kreisā puse
Vidēja vērtība	<b>0.49</b>	<b>0.50</b>	<b>0.54</b>	<b>0.54</b>
Visbiežākā vērtība	0.47	0.49	0.57	0.53
Minimāla vērtība	0.43	0.43	0.40	0.41
Maksimālā vērtība	0.56	0.60	0.70	0.67

## 7. Tēraudkausēšanas sārņu kā materiāla stiprās un vājās puses

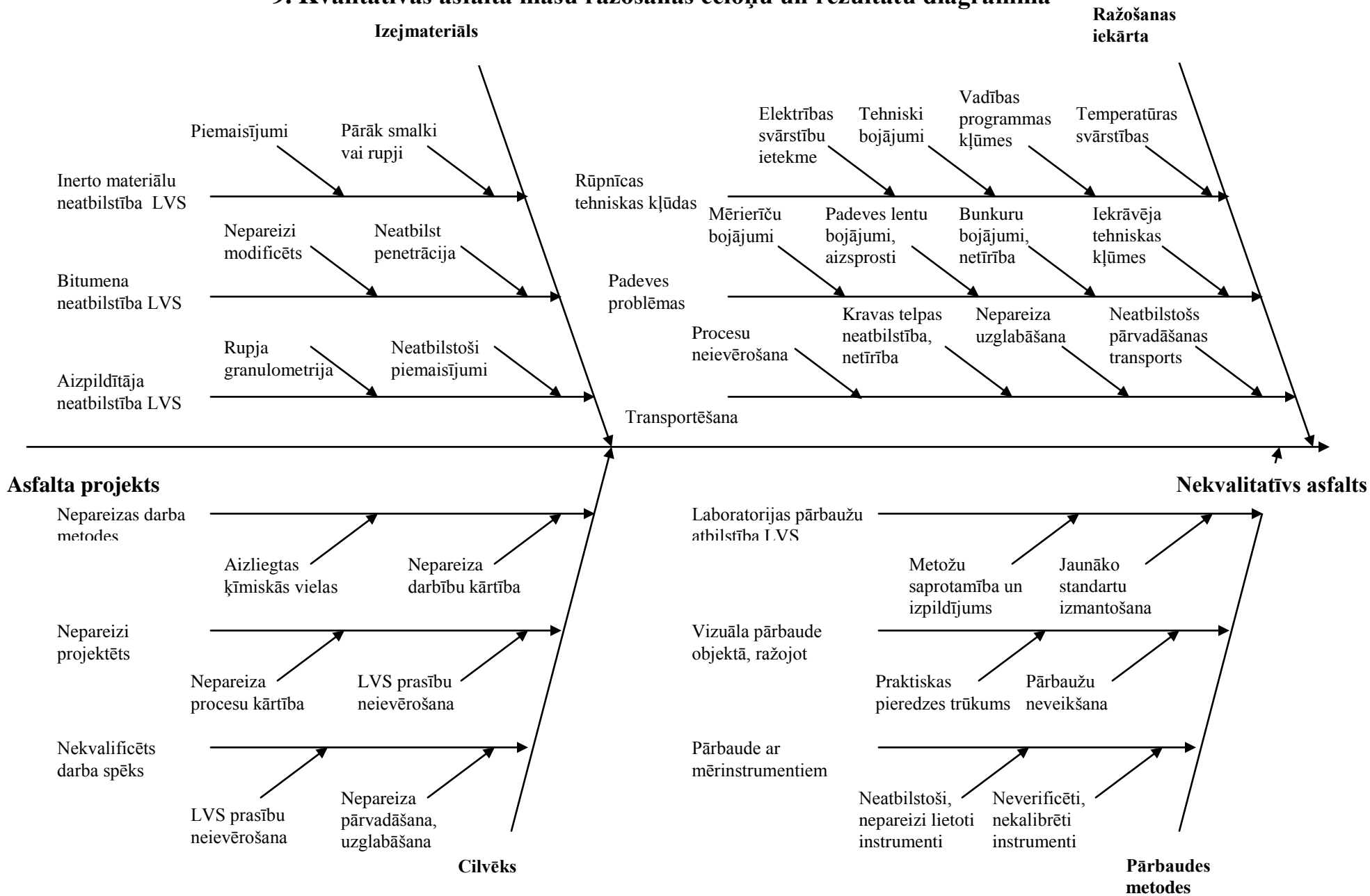
Stiprās puses	Vājās puses
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. vietējas izcelsmes materiāls – mazākas transportēšanas izmaksas,</li> <li>2. iespējama jebkādas frakcijas materiāla iegūšana,</li> <li>3. liela siltumietilpība – lēna siltuma atdošana paildzina ieklāšanas un transportēšanas laiku,</li> <li>4. liela siltumietilpība – asfalta masa lēnāk uzsilst saule, tātad mazāk risu veidojas un arī mazāk apledo, jo lēnāk atdziest,</li> <li>5. cits, atskabargains, porains materiāls – padarot materiālu piemērotu augstas intensitātes ceļiem,</li> <li>6. ātra materiāla blīvēšanas un daļiņu saķere,</li> <li>7. ārvalstu pieredze, materiāla izmantošanā dažādās kombinācijās un laika apstākļos,</li> <li>8. materiāla un bitumena savietojamība ir 100%,</li> <li>9. nelielās devās (līdz 30%) uzlabo citu materiālu asfalta masas;</li> <li>10. uzlabo ceļa seguma saķeres rādītājus.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. smags materiāls – mazāks 1 transportēšanas daudzums,</li> <li>2. abrazīvs, ciets materiāls – ilgāka laika periodā palielinās ražošanas iekārtu nodilums,</li> <li>3. liela siltumietilpība – nepieciešams vairāk enerģijas, lai uzsildītu materiālu,</li> <li>4. liela porainība, kas prasa lielāku bitumena dozāciju,</li> <li>5. mazs smalko daļiņu saturs, kas prasa papildus kaļķakmens miltu dozāciju,</li> <li>6. mazs smalko daļiņu saturs, ko grūti dabīgā veida palielināt, materiāla cietības dēļ,</li> <li>7. inerta materiāla kvalitāte ir tiešā mērā atkarīga no tēraudkausēšanas procesa un tehnoloģijas,</li> <li>8. dažādu metālu elementi sārņos tiešā saskarē ar citiem (aktīviem) metāliem var veicināt to koroziju,</li> <li>9. papildus testēšana, iespējams ķīmiskā sastāva testēšana.</li> </ol>

## 8. Kvalitatīvu tēraudkausēšanas sārņu ražošanas ceļoņu un rezultātu diagramma





## 9. Kvalitatīvas asfalta masu ražošanas cēloņu un rezultātu diagramma



## Secinājumi

1. Tā kā tēraudkausēšanas sārņi ir kā blakus produkts metāllūžņu pārkausēšanai, tad nav ierobežojumu šķembu frakciju izvēlē, viss ir atkarīgs tikai no drupināšanas iekārtu iespējām un darba kvalitātes.
2. Tēraudkausēšanas sārņi nav viendabīgs materiāls un to kvalitāte (gan ķīmiska sastāva, gan izturība) ir tiešā mēra atkarīga no metālkkausēšanas procesa un tehnoloģijas, kurā tas iegūts, līdz ar to ir nepieciešama biežāka inertā materiāla pārbaude, lai nodrošinātu vienādu kvalitāti dažādos laika posmos.
3. Tā kā sārņi satur dažādu metālu elementus, tad tiešā saskarē ar citiem metāliem, tas var veicināt koroziju. Ka arī nepieciešams veikt pētījumu – sārņu fizikāli - mehānisko īpašību izmaiņas mitra vidē.
4. Tēraudkausēšanas sārņi ir ļoti ciets, abrazīvs materiāls ar metāla daļiņu piemaisījumu, ka rezultātā palielinās asfalta ražošanas iekārtu nodilums, kas ir jāņem vērā asfalta masu pašizmaksas aprēķinos.
5. Tēraudkausēšanas sārņus ir grūtāk uzsildīt, bet tai pat laika, tie saglāba siltumu ilgāku laiku, kas palielina to iestrādes laiku un transportēšanas distanci.
6. Palielinot sārņu daudzumu asfalta masā, palielinās asfalta masas blīvums – tā paliek smagāka, līdz ar to samazinās 1 transporta līdzekļa piegādātas masas daudzums viena vedumā.
7. Sārņi ir ļoti porains materiāls, to parāda, ka palielinot to daudzumu asfalta masā, palielinās minerāla karkasa porainība un dozējamā bitumena daudzums.
8. Palielinot sārņu daudzumu masa, pieaug Maršala stabilitāte un samazinās Maršala plūstamība – tas parāda, ka materiāls ir salīdzinoši ciets ar šķautņainu atskabargainu virsmu, kas veicina materiālu saķeri un izturību.
9. Palielināta inertā materiāla, porainība atskabargainība un neregulāra forma palielina materiāla saķeri, kas pie pārāk spēcīgas veltņošanas var salūzt, sadrupēt un rezultāta pārbaužu dati atšķirsies no plānotā, līdz ar to ir sevišķa vērība jāpievērš veltņošanas, iespējams, samazinot veltņošanas jaudu.
10. Palielinot sārņu daudzumu asfalta masā, strauji pieaug kaļķakmens miltu patēriņš, to var izskaidrot ar to, ka sārņi ir drupināts materiāls – pēc būtības šķemba, kurā ir

- ļoti niecīgs daļiņu  $< 0.063$  daudzums. Materiālā 0/45 tas ir 3.12%, bet izdalot atsevišķas frakcijas, piemēram, 8/16 dabīgo putekļu daudzums ir 1.18% no masas.
11. Izmantojot sārņus var palielināt Maršala stabilitāti, tādējādi nodrošinot asfalta masas atbilstību augstākas intensitātes ceļiem, ko ļoti veiksmīgi izmanto ārzemēs.
  12. Tēraudkausēšanas sārņiem frakcijai 0/45 nav daļiņas, kas būtu 45 mm izmēra, tas padara materiālu neatbilstošu „Autoceļu specifiskāciju prasībām 2005” un tas tiek uzrādīts arī ražotāja veiktajās pārbaudēs, līdz ar to var secināt, ka ražotāja iekārtas nav atbilstoši noregulētas vai arī frakcijas 0/32 materiāls tiek pārdots kā frakcija 0/45. Tātad tēraudkausēšanas sārņu kvalitāte un atbilstība ir liela mērā atkarīga no ražotāja tehniskajam iespējām un godīguma.
  13. Kaut arī tēraudkausēšanas sārņi tiek iegūti no visdažādāko metāllūžņu pārkausēšanas, to radioaktivitātes līmenis nepārsniedz Latvija noteikto dabīgās radioaktivitātes fona līmeni.
  14. Testēšanas rezultāts parāda, ka tēraudkausēšanas sārņu savietojamība ar bitumenu ir 100 %, tas nozīmē, ka:
    - tēraudkausēšanas sārņi vienmērīga slānī pilnība pārklājas ar bitumenu, ko veicina tēraudkausēšanas sārņu porainā virsma, kas viegli uzsūc un notur bitumenu;
    - tēraudkausēšanas sārņu salipšana ar bitumenu ir pilnīga un atdalīšanās ir maziespējama;
    - tā kā tēraudkausēšanas sārņi pilnībā pārklājas ar bitumenu, tad mitruma ietekme uz materiālu ir minimāla, tas apliecina pētījuma gaitā noteikto pieņēmumu - materiālu maz ietekmē mitrums veicinot dzels oksidēšanos (rūsēšanu), bet galvenās problēmas rodas no aktīvo metālu oksidācijas, kā daudzums tēraudkausēšanas sārņos tiešā mērā ietekmējas no materiāla iegūšanas metodes, tehnoloģijas;
    - iegūtie rezultāti apliecina pētījuma izstrādes gaitā noteikto pieņēmumu – tēraudkausēšanas sārņu pievienošana asfalta masām uzlabo un nostiprina asfalta masu fizikāli, mehāniskās īpašības, jo tēraudkausēšanas sārņu virsma viegli pārklājas un notur bitumenu, veicinot kopēju asfalta masas salipšanu un izturību;

15. Saķeres rādītāji ir augstāki asfalta masai, kurā ir 20% tēraudkausēšanas sārņu, nekā 100% tēraudkausēšanas sārņu masai.
16. Tā kā jau daudzās valstīs tēraudkausēšanas sārņus izmanto jau ilgāku laiku, tad nepieciešamo informāciju, pieredzi Latvijas specifikāciju izstrādei var iegūt, piemēram, no Amerikas Savienotajām Valstīm, kur izdedzi izmanto ātrgaitas maģistrāļu un automašīnu sacīkšu stadionu izbūvē (skatīt izmantotās literatūras sarakstu).

## Priekšlikumi

1. Uz doto mirkli neko nemainīt „Autoceļu specifikācijās 2005”;
2. Pēc ārvalstu publikācijām un pētījumiem ir novērojamas šādas tendences attiecībā uz tēraudkausēšanas sārņu izmantošanu asfalta ražošanā:
  - tiek ieteikts izmantot tēraudkausēšanas sārņus kā piedevu līdz 30% no asfalta masas apjoma esošajām dolomīta, granīta asfalta masām, īpašību uzlabošanai; kāpēc 30%? – pēc pētījumiem, tas ir daudzums, līdz kuram tiek uzlabota asfaltu masu īpašības neietekmējot asfalta kvalitāti; ja pievieno vairāk – tad jau tēraudkausēšanas sārņu īpašības sāk dominēt;
  - pēc pētījumiem un publikācijām var secināt, ka pastāv tendence – jo siltāks un sausāks klimats, jo lielāka sārņu daļa asfalta masā tiek ieteikta (piemēram, DĀR); jo mitrāks un vēsāks klimats, jo mazāku sārņu daļu asfalta masa iesaka izmantot (piemēram, Lielbritānija), visur tiek uzsvērts, ka sārņi palielina asfalta saķeri ar riepām, asfalta cietību, samazina asfalta nodilumu, uzlabo satiksmes drošību un samazina vides piesārņošanu;
  - kā lielākā problēma pētījumos, izmantojot tikai tēraudkausēšanas sārņus asfalta masas ražošanā tiek minēta korozija – tā kā sārņos ir daudz dažādu ķīmisko elementu, tad mitruma ietekmē ilgākā laika periodā tie oksidējas, radot trauslus slāņus, kas slodzes rezultāta rada plaisas visā asfalta segas garumā.
3. Veikt pētījumu ilgāka laika posmā Ķīmales-Padures-Deksnes eksperimentālajā posmā, pētot asfalta masu AC-11 no tēraudkausēšanas sārņiem (100%) īpatnības un izmaiņas klimata ietekmē. Lai iegūtu objektīvus rezultātus, pēc jāizmanto laika posms vismaz 5-10 gadi;
4. Veikt pētījumu – sārņu un tā asfalta masu īpašības un izmaiņas mitrā vidē, pārbaudot īpašību izmaiņas ļoti mitrā vidē un vidē, kas ir tuva Latvijas laika apstākļiem.
5. Veicot iepriekšējos pētījumus, paralēli izstrādāt pētījumu, kas balstītos un sārņu ķīmiskā sastāva prasībām, piemēram, Latvijas klimatiskajos apstākļos jāizmanto sārņus, kuri atbilst visām materiāla fizikāli-mehāniskajām prasībām, un kuru

- sastāva ir ne vairāk par Ca – 5%, Si – 7% utt., tādejādi izvairoties no korozijas sekām kā arī tas ierobežotu sārņu ražotāju darbību – būtu mazāka iespējamība, ka metālkausēšanas procesa izmaiņu vai defektu gadījumā mazāk kvalitatīvi sārņi tiktu samaisīti ar kvalitatīvu materiālu.
6. Noteikt kvalitatīvu tēraudkausēšanas sārņu iegūšanas tehnoloģisko procesu, piemēram, lai iegūtu kvalitatīvu materiālu, sārņus ražošanas procesā vēlams izliet vienviet un lēnām atdzesēt vai kā savādāk – tehnoloģiskais process būtu jānosaka atbilstoši iepriekš minētajam pētījuma par sārņu ķīmisko sastāvu, līdz ar to tiktu noteikta, panākta maksimālā materiāla kvalitāte, ierobežojot ražotāja rīcību sārņu iegūšanā.
  7. Veicot visas iepriekšējās darbības, gala rezultātā būtu iegūta informācija, kas ļautu noteikt nepieciešamas sārņu īpašības atbilstoši Latvijas ceļu būvniecības, uzturēšanas apstākļiem un veikt izmaiņas „Autoceļu specifikācijās”.

## Pētījuma gaitā laboratorisko testu un pielietojamo normatīvu prasību saraksts

Sadaļa	Veiktais darbs	Metode	Normatīvs
Inertie materiāli	Paraugu noņemšana	Ar kvartošanas metodi	LVS EN 932 – 1:1996
	Granulometriskais sastāvs	Sijāšanas metode	LVS EN 933 – 1:1997
	Sauso daļiņu blīvums	Piknometra metode	LVS EN 1097 – 6:2002
	Drupināto un laužto virsmu procents	Sijāšana, šķirošana, aprēķini	LVS EN 933 – 5:1998
	Daļiņu saturs, kas < 0.063	Mazgāšana, sijāšana	LVS EN 933 – 1:1997
	Plāksnainības indekss	Ar stieņu sietiem	LVS EN 933-3
	Dikalcijsilikāta sadalīšanās	Vadoties pēc standarta	LVS EN 1744-1
	Dzelzs sadalīšanās	Vadoties pēc standarta	LVS EN 1744-1
	MgO saturs	Vadoties pēc standarta	LVS EN 1744-1
	Tilpuma stabilitāte, tilpuma %	Vadoties pēc standarta	LVS EN 196-2
	Formas indekss	Ar bīdmēru	LVS EN 933-4
	Drupināšanas pretestība	Losandželosas tests	LVS EN 1097-2
	Dilumizturība pret radzotām riepiem	Nordiska tests	LVS EN 1097-9
Bitumens	Penetrācijas noteikšana	Adata	LVS EN 1426
	Mīkstēšanas temperatūra	Lodes un gredzena metode	LVS EN 1427
	Viskozitāte	Kinemātiska viskozitāte	LVS EN 12595
	Viskozitāte	Dinamiska viskozitāte	LVS EN 12596
	Bitumena vecošana	RTFOT metode	LVS EN 12607-1
	Bitumena uzliesmošanas temperatūra	Klīvlendas atklātā tīģeļa metode	LVS EN 22592
	Bitumena šķīdība	Vadoties pēc standarta	LVS EN 12592

Asfalta masa	Saistvielas saturs	Karstas ekstrakcijas metode	LVS EN 12697-1
	Granulometriskais sastāvs	Sijāšanas metode	LVS EN 12697-2:1997
	Minerālā karkasa porainība	Vadoties pēc standarta	LVS EN 12697-8:2004
	Paliekošā porainība	Vadoties pēc standarta	LVS EN 12697-8:2004
	Maršala paraugu izgatavošana	Ar trieciēnblīvētāju	LVS EN 12697-30
	Maršala stabilitāte	Vadoties pēc standarta	LVS EN 12697-34:2005
	Maršala plūstamība	Vadoties pēc standarta	LVS EN 12697-34:2005
	Tilpuma blīvums	Metode B	LVS EN 12697-6:2004
	Maksimālais blīvums	Metode A	LVS EN 12697-5:2004
	Ūdensjūtība	Netiešās stiepes tests	LVS EN 1697-12
	Pretestības deformācija	Risu tests	LVS EN 12697-22
	Pretestības deformācija zem cikliskās spiedes	Cikliskās spiedes tests ar dinamisko slogošanas iekārtu	LVS EN 12697-25
	Spiedes stiprības noteikšana ar dažādiem slogošanas ātrumiem un temperatūrām	Nav normēts	Nav normēts
	Paraugu noņemšana	Ar kvartošanu no automašīnas tilpnes	LVS EN 932-1:1996
	Bitumenu pildīto poru saturs	Vadoties pēc standarta	LVS EN 12697-8:2004
	Saistvielas saturs	Piknometra metode	LVS EN 12697-1:2002



## Izmantotā literatūra

1. Autoceļu specifiskācijas 2005 un to labojumi:  
<http://www.lad.lv/LV/?i=107&DirID=42> – Resurss apskatīts 2007. gada 13. jūlijā.
2. Steel slag in hot mix asphalt concrete:  
[http://www.oregon.gov/ODOT/TD/TP\\_RES/docs/Reports/SteelSlagHotMix.pdf](http://www.oregon.gov/ODOT/TD/TP_RES/docs/Reports/SteelSlagHotMix.pdf) - Resurss apskatīts 2007. gada 16. jūlijā.
3. Global Slag Utilisation:  
<http://www.abmbrasil.com.br/cim/download/Workshop%20Agregado%209h40.pps#316,37,UK> - Resurss apskatīts 2007. gada 16. jūlijā.
4. The use of recycled materials in highway construction:  
[http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m3724/is\\_n2\\_v58/ai\\_16340226](http://findarticles.com/p/articles/mi_m3724/is_n2_v58/ai_16340226) - Resurss apskatīts 2007. gada 16. jūlijā.
5. Steel slag utilization in asphalt mixes:  
[http://www.nationalslag.org/archive/legacy/nsa\\_186-1\\_steel\\_slag\\_utilization\\_in\\_asphalt\\_mixes.pdf](http://www.nationalslag.org/archive/legacy/nsa_186-1_steel_slag_utilization_in_asphalt_mixes.pdf) - Resurss apskatīts 2007. gada 16. jūlijā.