

Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður

Áfangaskýrsla II

Arnþór Óli Arason
Pétur Pétursson

Efnisyfirlit

1. Inngangur	3
2 Um hjólfaratæki og Prall.....	5
2.1 Skriðmælingar	5
2.2 Slitmælingar.....	5
3 Ártúnsbrekka – Sýni af vegi	7
3.1 Um sýnin.....	7
3.2 Hjólfarapróf	8
3.3 Slitpolsmæling - Prall	10
4 Malbik með mishörðu biki – Malbikunarstöðin Höfði.....	11
4.1 Um malbikið	11
4.2 Hjólfarapróf	11
4.3 Slitpolsmæling - Prall	12
5 Samanburður á SL16 og SMA16 malbiki – Hlaðbær-Colas	14
5.1 Um malbikið	14
5.2 Hjólfarapróf	14
5.3 Slitpolsmæling - Prall	16
6 Samanburður á mismunandi malbiksgerðum.....	17
6.1 Hjólfarapróf	17
6.2 Slitpolsmælingar – Prall	18
7 Umræða.....	18
Heimildir:.....	19

1 Inngangur

Þessi skýrsla fjallar um prófanir sem gerðar voru í tveimur rannsóknarverkefnum um eiginleika íslensks malbiks frá sumri 2009 fram á vetur 2010. Veturinn 2009 fengust styrkir frá Vegagerðinni til þeirra undir samheitinu „Malbikssetur: Malbiksrensóknir í ljósi Evrópustaðla. Annað verkefnið nefndist „Samanburður á slit- og skriðeiginleikum SL- og SMA-malbiks“, en hitt „Slit- og skriðeiginleikar SL16 sýnis frá Malbikunarstöðinni Höfða tekin úr götu og útbúin á stofu“.

Verkefnisvinnan er áfangi rannsókna sem hófust sumarið 2008, en þá voru gerð hjólfarapróf á malbiki sem hafði verið lagt á Reykjanesbraut og á samsvarandi sýnum úr malbikunarstöð. Skýrsla um þær rannsóknir kom út veturinn 2009.¹

Í umsóknum til Vegagerðarinnar var lýst verkefnunum tveimur sem skýrsla þessi fjallar um:

Samanburður á slit og skriðeiginleikum SL- og SMA-malbiks:

Verkefnið snýr að rannsóknum á íslensku malbiki í víðum skilningi. Með tilkomu nýrra prófunarstaðla og tækjabúnaðar á Nýsköpunarmiðstöð er unnt að mæla ýmsa eiginleika þeirra malbiksblanda sem nú eru í notkun hérlendis með tilliti til hinna nýju staðla. Hægt er að mæla eiginleika á borð við viðnám gegn skriði, frostþol, slitþol og fleira og bera saman við kröfuflokka evrópsku framleiðslustaðlanna. Einnig er hægt að prófa aðrar gerðir malbiksblanda en notaðar eru hérlendis, t.d. með öðru (harðara) biki og breyttum bindiefnum (polymer modified).

Verkefnið, sem heyrir undir malbikssetur Nýsköpunarmiðstöðvar, Vegagerðar og Reykjavíkurborgar, felst í því að þjappa sýni af tveimur gerðum malbiks, þ.e.a.s. slitlagsmalbiki (SL) og steinríku malbiki (SMA) og prófa slit- og skriðeiginleika þeirra. Árangurinn felst í samanburði á slit- og skriðeiginleikum þessara malbiksgerða, en steinríkt malbik er sú malbiksgerð sem notuð er hérlendis við mesta umferðarálagið. Mikilvægt er að sannreyna að sú malbiksgerð hafi betra viðnám gegn slit og skriði en hefðbundið slitlagsmalbik.

Tilgangur verkefnisins er að rannsaka tvær gerðir íslensks malbiks með aðferðum tveggja nýrra prófunarstaðla sem tóku gildi 2008, þ.e.a.s. hjólfaraprófi (ÍST EN 12697-22) og Prall slitþolsprófi (ÍST EN 12697-16). Mikilvægt er að öðlast þekkingu hérlendis á nýjum prófunaraðferðum, en ekki síður að prófa nýjar blöndur steinefna og bindiefna með þessum aðferðum. Í þessu verkefni er þó megináherslan lögð á prófanir á mismunandi malbiksblöndum sem þjappaðar eru á rannsóknastofu

Slit- og skriðeiginleikar SL16 sýnis frá malbikunarstöðinni Höfða tekin úr götu og útbúin á stofu:

Verkefnið snýr að rannsóknum á íslensku malbiki í víðum skilningi. Með tilkomu nýrra prófunarstaðla og tækjabúnaðar á NMÍ er unnt að mæla ýmsa eiginleika þeirra malbiksblanda sem nú eru í notkun hérlendis með tilliti til hinna nýju staðla. Hægt er að mæla eiginleika á borð við viðnám gegn skriði, frostþol, slitþol og fleira og bera saman við kröfuflokka evrópsku framleiðslustaðlanna. Einnig er hægt að prófa aðrar gerðir malbiksblanda en notaðar eru hérlendis, t.d. með öðru (harðara) biki og breyttum bindiefnum (polymer modified). Árangur verkefnisins felst í lengri endingu

malbiks með öllum þeim kostum sem því fylgir (minna viðhald, minni mengun, minni hráefnisnotkun, minni óþægindi ökumanna).

Verkefnið er unnið í samvinnu við verkefni Sigurðar Erlingssonar hjá HÍ/VTI „Performance specification for asphalt concrete in Iceland“, þar sem ætlunin er að prófa ýmsa álagsháða þætti, svo sem stífni, þreytuþol, skrið og öldrun á hluta þeirra efna sem prófuð verða í þessu verkefni. Samlegðaráhrif felast í sýnatöku, auk þess sem áhugavert er að afla gagna með sem flestum mismunandi aðferðum samkvæmt Evrópustöðlum frá TC 227 og fá auk þess samanburð við sænskar mælingar.

Tilgangur verkefnisins er að rannsaka malbik með aðferðum nýrra prófunarstaðla sem tóku gildi 2008. Haft verður að leiðarljósi að endurskoða kröfur til malbiks hérlendis með tilliti til tengsla endingar og eiginleika malbiksblanda. Mikilvægt er að öðlast þekkingu hérlendis á nýjum prófunaraðferðum, en ekki síður að prófa nýjar blöndur steinefna og bindiefna með þessum aðferðum. Á þessu stigi er megináhersla lögð á prófanir á mismunandi malbiksblöndum á rannsóknastofu.

Verkefnisvinnan

Vinna við þessi tvö verkefni fléttaðist saman og þau breyttust lítillega, einkum hið seinna. Gerð voru samanburðarpróf á SL16 og SMA16 malbiki frá Malbikunarstöð Hlaðbæjar-Colas og voru báðar gerðirnar með hreinu Durasplitt steinefni og stungubiki 160/220. Frá Malbikunarstöðinni Höfða komu tvö sýni af SL16 malbiki með Seljadals steinefni og var annað þeirra með stungubiki 70/100 (hörðu) en hitt 160/220 (mjúku). Að auki voru sýni tekin úr götu, afrein í Ártúnsbrekku, þar sem yfirlag var SMA16 frá Höfða með Ottersbo steinefnum í grófa hlutanum. Svo fór að ekki var tekið samanburðarsýni úr malbikunarstöð. Á þessum fimm malbikssýnum voru gerðar skriðmælingar í hjólfaratæki og slitmælingar í Prall.

Verkefnisstjórar hjá Nýsköpunarmiðstöð voru Pétur Pétursson, forstöðumaður steinefna- og vegtæknideildar og Arnþór Óli Arason, jarðfræðingur á sömu deild. Að auki sátu fundi vegna verkefnisins: Ásbjörn Jóhannesson og Ingvar Árnason frá Nýsköpunarmiðstöð, Gunnar Bjarnason frá Vegagerðinni, Theódór Guðfinnson frá Reykjavíkurborg, Halldór Torfason frá Malbikunarstöðinni Höfða, Sigbór Sigurðsson og Lars Peter Jensen frá Hlaðbæ-Colas og Sigurður Erlingsson frá Háskóla Íslands og VTI. Eins og áður hefur verið nefnt er Sigurður með annað rannsóknaverkefni þar sem hann prófar m.a. sýnið úr Ártúnsbrekku.

Starfsmönnum malbikunarstöðvanna er þakkað fyrir mikla hjálpsemi við útvegun sýna, svo og starfsmönnum Loftorku Reykjavík vegna töku sýna úr götu.

2 Um hjólfaratæki og Prall

2.1 Skriðmælingar

Skriðpróf í hjólfaratæki eru hér gerð samkvæmt Evrópustaðli ÍST EN 12697-22², nánar tiltekið með litlu tæki, aðferð B, í lofti. Breidd og lengd prófsýna er um 30*40 cm og eru þau annað hvort tekin af götu eða þjöppuð á rannsóknastofu. Tæki til þjöppunar á heitum malbikssýnum sem passa í hjólfaratækið er til staðar á Nýsköpunarmiðstöð Íslands og er það í samræmi við Evrópustaðal, ÍST EN 12697-33.³ Í þessari rannsókn var stefnt að því að gera 5 cm þykkar plötur á rannsóknastofu. Það er eðlileg þykkt á yfirlögnum með 16 mm efri flokkunarstærð steinefna í malbiki.

Hjólfaraekið er í lokuðum hitastýrðum skáp. Malbiksplötunni er komið fyrir í skápnum og látin ná prófunarhita. Í prófinu er gúmmihjólí, 20 cm í þvermál og 5 cm breiðu, ekið fram og aftur eftir sýninu 10000 umferðir með 700 N álagi við ákveðinn

Tafla 2.1: Helstu gildi vegna hjólfaraprófa í lofti

d_{5000}	Hjólfaradýpt eftir 5 000 umferðir, mm
d_{10000}	Hjólfaradýpt eftir 10 000 umferðir, mm
WTS_{AIR}	Hallatala; $(d_{10\ 000}-d_{5\ 000})/5$
PRD_{AIR}	Hjólfaradýpt sem % af sýnisþykkt
RD_{AIR}	Hjólfaradýpt eftir tiltekinn fjölda umferða, mm

hita. Mælir skráir reglulega hjólfaradýpt og er einkum stuðst við mæligildin eftir 5000 og 10000 umferðir (sbr. töflu 2.1). Hliðarstuðningur er hafður við plötuna meðan á prófun stendur. Í hverju prófi skal mæla tvö hlutasýni og gefa upp meðtal þeirra.

Hjólfarapróf í þessari rannsókn voru yfirleitt gerð við 45°C, en það er lægsti leyfilegi prófhiti samkvæmt verklýsingum um gerðarprófanir á malbiki.⁴ Ljóst er að hitastig hefur veruleg áhrif á skriðeiginleika malbiks og í rannsóknum má að sjálfsögðu breyta til. Þetta virðist þó nokkuð hár hiti á Íslandi við fyrstu sýn ef miðað er við lofthita. Í Reykjavík var til dæmis meðalhiti júlímánaðar 1960-1990 einungis 10,6°C og meðalhámarkið 13,3°C.⁵ Veghiti getur hins vegar verið mun hærrí en lofthiti, sérstaklega á sólríkum sumardögum, en samkvæmt mælingum Vegagerðarinnar á Kjalarnesi og á Helligshól náði hann 35-36°C á góðviðrisdögum um miðjan júlí 2009 og þá er mælt um 1 cm undir yfirborði.⁶

2.2 Slitmælingar

Prall slitmælitæki var keypt til Nýsköpunarmiðstöðvar á árinu 2009. Prófið er ætlað til þess að meta slitþol malbiks gagnvart nagladekkjaáraun. Aðferðin er samkvæmt Evrópustaðli ÍST EN 12697-16,⁷ en hún er sænsk að uppruna.

Prófið er gert þannig að í litlum stálhólki er komið fyrir sneið af malbiki sem er um 10 cm í þvermál og 3 cm þykk ásamt 40 stálkúlum sem eru 1,15 cm í þvermál. Á hólkin er sett lok sem leyfir vatnsstreymi yfir sýnið, 2 l/mín af 5 +/- 1°C vatni. Tækið hristir síðan hólkin upp og niður, 950 sveiflur/mínútu í 15 mínútur og er slaglengdin 4,3 cm.

Sneiðar eru hafðar í vatnsbaði við 5°C í a.m.k. 5 klst fyrir próf. Þyngd og rúmþyngd mettaðra sýnanna er mæld fyrir próf og þyngdin aftur eftir próf. Þyngdartapið er reiknað yfir í millilítra. Í hverju prófi eru prófuð fjögur hlutasýni og er Prall gildið meðaltal þeirra.

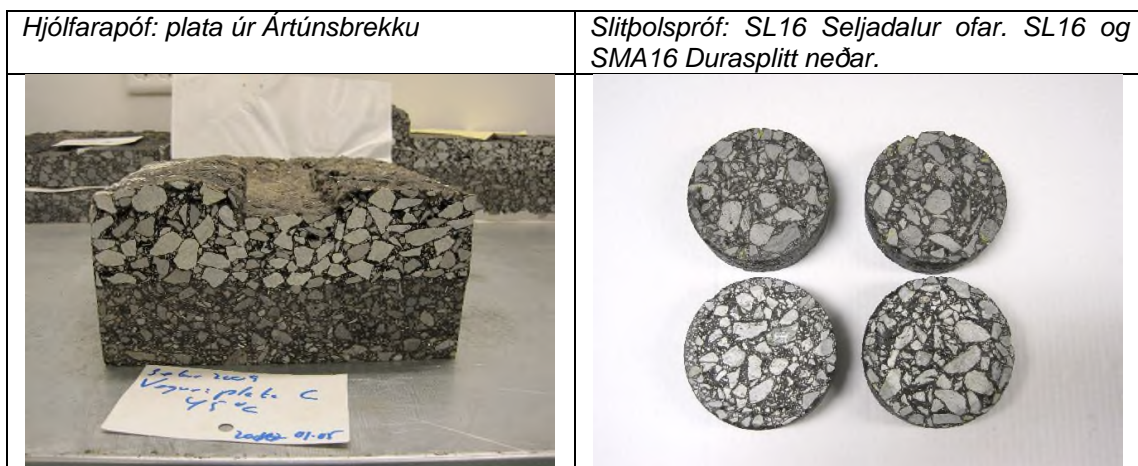
Á Nýsköpunarmiðstöð voru prófhlutar hafðir í bökkum með vatni í kælikáp við 5°C yfir nótt. Í staðli er gert ráð fyrir að kælibúnaður sé á vatnskerfi prófbúnaðarins, en hér var notað kalt kranavatn sem reyndist vera 6°C í janúar og er það innan vikmarka, en þó við efri mörk.

Í sneiðum sem gerðar eru úr borkjörnum er álagið sett á vegfirborðið en í þeim sem sagaðar eru úr sívalningum þjöppuðum á rannsóknastofu, er áraunin sett á sagarfarið. Prallgildi eru því ekki alveg sambærileg milli sýna teknum úr götu og sýna útbúnum á rannsóknastofu. Í þessari rannsókn var prófað eitt sýni úr borkjörnum, en tíu sem voru þjöppuð á rannsóknastofu. Til þess var notuð snúðþjappa, gyrocompactor. Fyrir hverja prófsyrpu voru gerðir þrír um það bil 65 mm háir sívalningar. Eftir sögun fengust tvær sneiðar úr hverjum og voru fjórar þeirra valdar til prófunar með slembivali.

Mynd 2.1 sýnir tækin sem um ræðir og mynd 2.2. sýnir útlit prófsýna eftir að prófun hefur farið fram.



Mynd 2.1: Nýr tækjabúnaður á Malbikssetri Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands



Mynd 2.2: Sýni eftir próf

3 Ártúnsbrekka – Sýni af vegi

3.1 Um sýnin

Sýni af lögðu malbiki voru tekin af afrein Ártúnsbrekku að Veiðimannavegi og N1 stöð 27. – 31. ágúst 2009. Á þessum stað er yfirlagið SMA16 með bindiefni 160/220 frá Malbikunarstöðinni Höfða og var það lagt nokkrum vikum fyrir eða 14. júlí. Í 11-16 mm hlutanum er norskt Ottersbo steinefni, annars efni úr Seljadalsnámu.

Malbiksýnin voru tekin af þremur stöðum af afreininni. Efst var staður nefndur „A“ og voru þar sagaðar tvær plötur úr malbikinu um 50*70 cm hvor og 30 borkjarnar, 10 og 15 cm í þvermál. Á þessum stað var allur bundni hluti vegarins úr malbiki. Nokkrum tugum metra neðar í brekkunni voru staðir merktir „B“ og „C“. Á hvorum stað voru boraðir fimm kjarnar, tveir 15 cm í þvermál og þrír 10 cm. Á þessum stöðum var steinsteypa undir tveimur malbikslögum. Vegurinn hafði verið fræstur fyrir yfirlögn og eru lagamót því óregluleg. Tafla 3.1 sýnir þykkt laga og borkjarna.

Tafla 3.1.: Meðalþykkt borkjarna

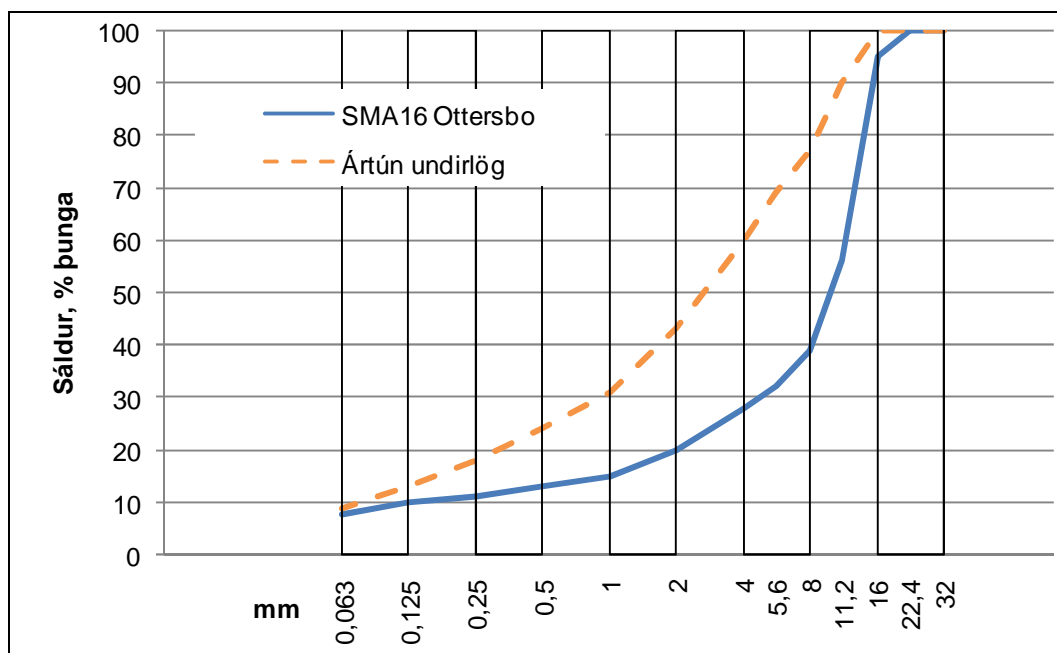
	Staður A	Staður B	Staður C
Yfirlag SMA, mm	53	45	41
Önnur malbikslög, mm	84	28	32
Steinsteypa, mm	(-)	147	157
Heildarþykkt, mm	137	220	230

Önnur útsagaða malbiksplatan var ætluð til prófana í hjólfaratæki Malbiksseturs á Nýsköpunarmiðstöð. Úr henni voru gerðar þrjár minni sem hentuðu fyrir tækið og var lengd þeirra og breidd um 38 * 23 cm en þykktin um 11 cm. Sú vinna fór fram í stein-smiðju og var m.a. sagað af botninum til þess að fá hann sléttan og til að hafa stykkið ekki of þykkt.

Gerðar voru ýmsar hefðbundar mælingar á malbikinu s.s. á bindiefni, kornadreifingu og rúmþyngdum. Einnig lágu fyrir niðurstöður úr framleiðslueftirliti Höfða. Í töflu 3.2 og mynd 3.1 eru mælingar Höfða á yfirlaginu SMA (yl), en Nýsköpunarmiðstöðvar á udlögum (ul).

Tafla 3.2: Malbik í Ártúnsbrekku

Gerð	Ártún yl	Ártún ul
Bik, þ%	6,3	6,5
Malbik, kg/m ³	2574	2590
Sáldur %		
16-32	5	0
8-16	56	23
4-8	11	17
2-4	8	17
0,063-2	12	34
<0,063	7,6	8,8



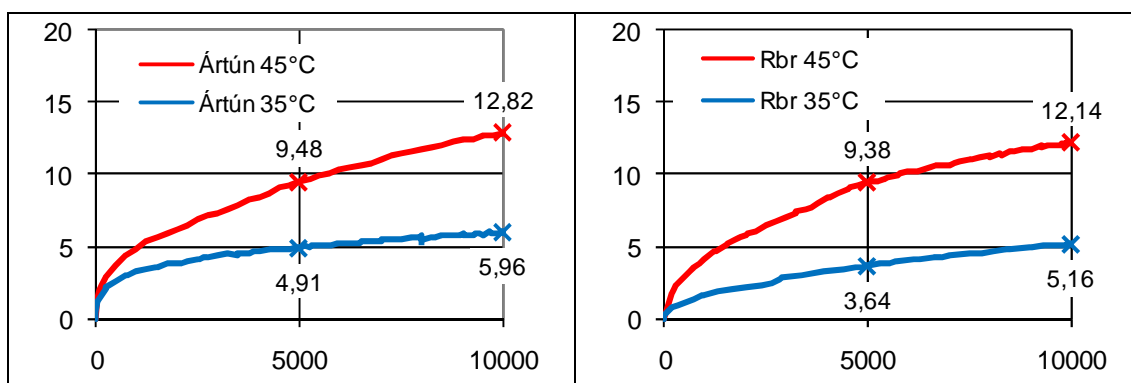
Mynd 3.1: Kornadreifing malbikssýna úr Ártúnsbrekku

3.2 Hjólfarapróf

Fyrir próf var söguðum plötunum komið fyrir í málmótum og steipt í kringum þær með gifsblöndu. Fékkst þannig góður hliðarstuðningur. Tekið skal fram að sýni skulu vera a.m.k. 26 cm breið samkvæmt staðli, en plötur þrjár voru um 23 cm. Það er þó ekki talið hafa neikvæð áhrif á niðurstöður, þar sem hliðarstuðningur var mjög fastur á alla kanta.

Tvær platananna voru prófaðar við 45°C, sbr. lágmarks prófunarhitastig samkvæmt verklýsingu, en ein við 35°C í rannsóknaskyni. Við 45°C urðu hjólför að meðaltali 9,5 mm eftir 5000 umferðir og 12,8 mm eftir 10000. Hallatalan er þá 0,67 $\mu\text{m}/\text{umferð}$ (eða mm/1000 umf.) í síðustu 5000 umferðunum. Er það nokkuð hátt í samanburði við sýni þjöppuð á rannsóknastofu. Hjólför við 35°C voru mun grynri eða 4,9 mm eftir 5000 umferðir og 5,96 eftir 10000 og hallatalan er í því tilfelli 0,21 $\mu\text{m}/\text{umferð}$. Aðeins var prófað eitt sýni við þann hita og gekk það ekki hnökralaust því byrja þurfti aftur eftir 8000 umferðir vegna smábilunar í tæki. Stærðargráðan er þó talin nærri lagi og í samræmi við það sem áður hafði verið prófað við 35°C úr Reykjanesbrautinni.¹ Ferlar úr hjólfaraprófum á plötunum af Ártúnsbrekku eru á mynd 3.2a og til samanburðar eru sýndar mælingarnar af þeim af Reykjanesbaut úr fyrri áfanga á mynd 3.2b. Malbiksgerðin þar var SL16 Durasplitt.

Norðmenn gera próf á borkjörnum sem eru 20 cm í þvermál og prófa við hærri hita en hér var gert eða 50°C. Í drögum að nýrri útgáfu Statens Vegvesen af Håndbok 018 Vegbygging er krafa um að hjólfaradýpt eftir 10000 umferðir sé undir 12% af sýnapykkt fyrir ÁDU á bilinu 3000-5000 og undir 5% þar sem ÁDU er yfir 10000.⁸



Mynd 3.2a Hjólfaramyndun í plötum úr Ártúnsbrekku 2009

Mynd 3.2b Hjólfaramyndun í plötum af Reykjanesbraut 2008

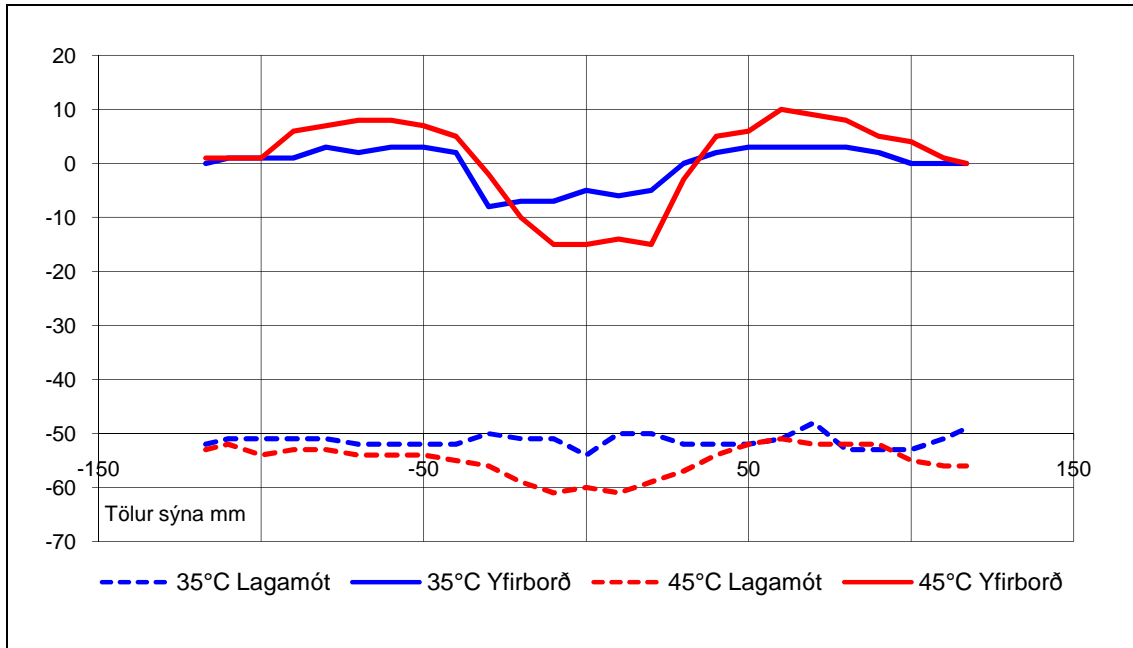
Á mynd 3.2a er línurit af hjólfaramyndun á 10000 umferðum og í töflu 3.3 er yfirlit um mælingarnar en gleggri yfirlit eru á síðum 1-3 í viðauka þessarar skýrslu.

Tafla 3.3: Hjólför í sýnum úr Ártúnsbrekku

Malbik	Staður Veghluti Bindiefni		Ártúnsbrekka	
			YI 160/220	UI
Bik	p%		6,5	6,5
Rúmp. malbiks, (teoretisk)	kg/m ³		2562	2590
Sagað sýni	Rúmpyngd	kg/m ³	2519	2534
Í lofti og vatni	Holrúm	rm%	1,7	2,2
	Meðalþykkt	mm	52	57
Hjólfarapróf við...			35°C	45°C
	Heildarþykkt, mm		109	109
	Sig við 5000 umferðir, mm		4,91	9,48
	Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		6,34	12,82
	Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		5,9	11,8
	mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,286	0,667

Það er nokkuð ljóst að hjólfaramyndun á þessu malbiki er tvöfalt hraðari við 45°C en 35°C, mæld með þessari prófunaraðferð. Í mælingum í fyrri áfanga þessa verkefnis kom einnig fram mikill munur á þessu tíu gráða bili eins og sést á mynd 3.2b.

Plöturnar voru sagaðar þvert um miðju eftir próf og var þykkt plötu og staða lagamóta mæld í þverniðinu með 10 mm bili á tveimur þeirra. Niðurstöður sjást á mynd 3.3 þar sem upphaflegt yfirborð er sett sem 0 mm. Vel sést að yfirborðið kýtist næst hjólfarinu og við 45°C nær aflögun niður í undirlagsmalbikið (sjá einnig nánar á 4. síðu í viðauka).



Mynd 3.3: Þverskurður platna úr götu eftir hjólfarapórf við 35°C og 45°C

3.3 Slitpolsmæling - Prall

Prófsýni voru valin af borkjörnum sem teknir voru af sama stað og plöturnar efst í afreininni. Sagaðar voru um 30 mm sneiðar ofan af kjörnunum til mælinga á sliti. Sneiðarnar eru prófaðar þannig að vegyfirborð verður fyrir áraun og þar sem hér var um SMA malbik að ræða var það nokkuð hrjúft. Dreifing rúmþyngdar- og Prallmælinga er þó tiltölulega lítil, einkum þegar litið er til þess að sneiðarnar eru með háu hlutfalli af allt að 16 mm steinum. Prallgildið mældist 14 ml að meðaltali, sjá töflu 3.4. Það telst vera gott slitþol ef miðað er við kröfur í nýrri útgáfu Norðmanna af Håndbok 018 Vegbygging⁹, en ítrasta krafa um Prall gildi þar er <22 ml fyrir ÁDU yfir 10000.

Tafla 3.4: Slitpolsmæling, Prall gildi á sýni úr Ártúnsbrekku, SMA16

	A20	A21	A23	A24	Meðaltal
Rúmþyngd, g/ml	2,539	2,520	2,533	2,529	2,530
Ybp fyrir próf, g	557,0	577,0	570,0	550,5	563,6
Ybp eftir próf, g	524,5	544,5	537,0	512,1	529,5
Þyngdartap, g	32,5	32,5	33,0	38,4	34,1
Rúmmálstap, ml	13	13	13	15	14

4 Malbik með mishörðu biki – Malbikunarstöðin Höfði

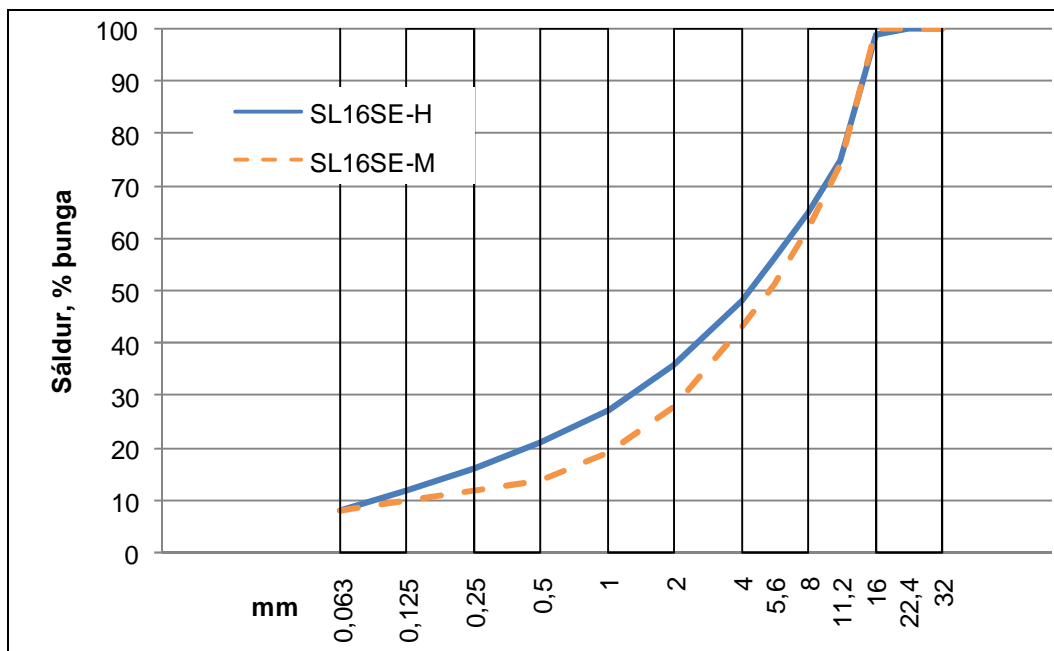
4.1 Um malbikið

Frá Malbikunarstöðinni Höfða fengust tvö sýni af SL16 Seljadal. Annað var með biki PG (Paving Grade) 70/100, sem er tiltölulega hart, en hitt með PG 160/220, sem er tiltölulega mjúkt. Malbik með steinefni frá Seljadal er yfirleitt ætlað á götur með mikilli umferð. Á Nýsköpunarmiðstöð voru þjappaðar tvær plötur af hvorri gerð til hjólfaraprófunar og einnig allmargir sívalningar til slitþolsmælinga.

Tafla 4.1: SL16 Seljadalur frá Höfða

Gerð	SL16SE-H	SL16SE-M
Bik, p%	5,9	5,3
Malbik, kg/m ³	2645	2598
Sáldur %		
16-32	1	0
8-16	34	38
4-8	17	19
2-4	12	15
0,063-2	28	20
<0,063	8,1	8,1

Tafla 4.1 sýnir helstu upplýsingar um gerð malbiksins samkvæmt framleiðslueftirliti Höfða og kornadreifing er á mynd 4.1. Sáldurferlarnir eru ekki alveg eins og er helsti munurinn að mun minni hluti er á bilinu 0,063-2 mm í því með mýkra bikinu en því harða. Einnig er heldur meira notað af PG 70/100 en PG 160/220 biki.



Mynd 4.1: SL16 Seljadalur frá Höfða. - Kornadreifing

4.2 Hjólfarapróf

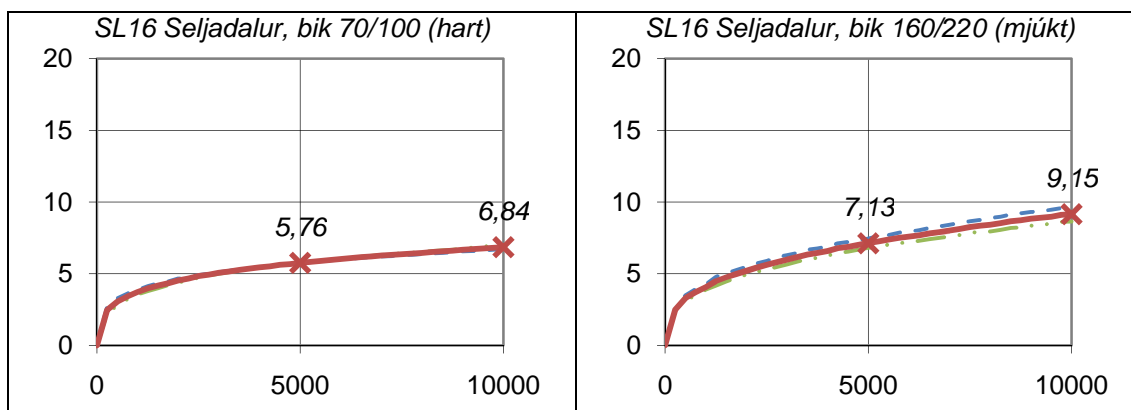
Plöturnar urðu ekki alveg sambærilegar vegna þess að holrúm varð meira í þeim með mjúka bikinu en því harða. Heitur malbiksmassinn með mjúka bikinu virtist sem sagt heldur stífari en sá með því harða, þvert á væntingar. Plötunar urðu allar heldur þykkari en stefnt var að eða 51-55 mm í stað 50.

Mismunandi eiginleikar bindiefnisins komu þó ótvírætt fram í mæliniðurstöðum. Hjólfaradýpt í malbikinu með harða bikinu var 6,8 mm, en 9,2 í því mjúka. Hallatalan síðustu 5000 umferðirnar var 0,22 $\mu\text{m}/\text{umferð}$ (eða 0,22 mm/1000 umf.) í því harða en 0,40 í því mjúka.

Helstu niðurstöður eru sýndar í töflu 4.2 og á mynd 4.2, en nánari upplýsingar eru á 5. og 6. síðu viðauka þessarar skýrslu.

Tafla 4.2: SL16 Seljadalur – Hjólfarapróf

Malbik	Steinefni Gerð Bindiefni	Seljadalur	
		SL16 70/100	SL16 160/220
Bik	$\rho\%$	5,9	5,3
Rúmþ. malbiks, (teoretisk)	kg/m^3	2645	2633
Þjöppuð plata	Meðalþykkt	51,5	54,5
Mæl. með skíðmáli	Rúmþyngd	2552	2408
	Holrúm	3,5	8,6
Í lofti og vatni	Rúmþyngd	2598	2488
	Holrúm	1,8	6,0
Hjólfarapróf við 45°C			
Sig við 5000 umferðir, mm		5,76	7,13
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD_{AIR})		6,85	9,15
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD_{AIR})		13,3	16,8
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS_{AIR})		0,217	0,403

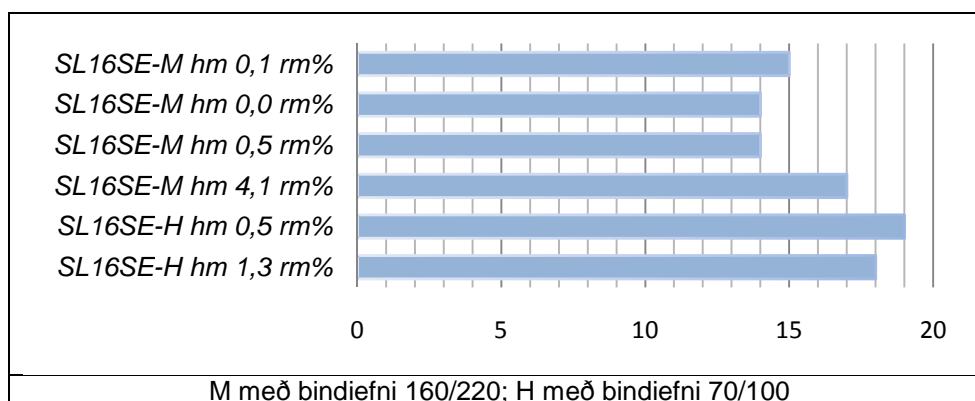


Mynd 4.2: SL16 Seljadalur – Hjólfarapróf – Sig (mm) og umferðir

4.3 Slitþolsmæling - Prall

Af malbikinu með harðara bikinu voru þjappaðar tvær sypur með 2 og 4% holrýmnd að nafninu til, en fjórar úr því með mjúka bikinu með 1, 2, 4 og 8% holrýmnd. Þjappan reiknar rúmþyngd eftir ytri stærð sívalninganna og eru því yfirborðsholrúm talin með. Þau reiknast ekki í vigtun í lofti og vatni og mælist rúmþyngd því hærri og holrýmnd minni en þjappan gefur. Reyndar heldur minni en vonir stóðu til því þrjú sýnanna með mjúka bikinu reyndur vera á svipuðu röli 0,0-0,5% holrúm, en það opnasta með 4,1%. Malbikssýnin með harðara bikinu mældust vera með 0,5 og 1,3% holrúm. Þetta eru meðaltalstölur, en sundurliðun er á 13. og 14. síðu viðauka.

Á súluritinu í mynd 4.3 eru Prallgildin sýnd. Þar sést að þéttu sýnin með mýkra bikinu mælast með gildi 13 og 14 ml, en það opna með 17 ml. Slittalan er heldur hærri í sýnunum tveimur með harðara bikinu eða 18 og 19 ml. Prallgildin eru meðlatöl mælinga á fjórum hlutasýnum eins og áður hefur komið fram, en dreifing í hlutasýnum var lítil eða mest 2 ml frá meðaltali.



Mynd 4.3: SL16 Seljadalur – Slitþolsmælingar, Prall

Því má bæta við að lítil æfing var gerð fyrst eftir að tækið var sett upp. Til þess voru notaðir þéttir sívalningar með SL11 Seljadal og hafði malbikið verið blandað á rannsóknastofu. Meðal Prallgildi mælinga á fjórum sneiðum var 13. Bendir það til góðs slitþols, en þessi æfing var ekki að öllu leyti eftir staðli og má því ekki taka niðurstöðuna sem fullgilda. (Tafla 4.3).

Tafla 4.3: Slitþol SL11 Seljadal. Tilraunastofublanda

Merki >	S5A	S5B	S6A	S6B
Rþ ybb, g/ml	2,634	2,646	2,645	2,647
Ybb fyrir próf, g	607,5	639,0	596,0	646,0
Ybb eftir próf, g	577,5	601,0	556,5	614,0
Þyngdartap, g	30,0	38,0	39,5	32,0
Rúmmálstap, ml	11	14	15	12
Meðaltal - Slittala, Prall				13

5 Samanburður á SL16 og SMA16 malbiki – Hlaðbær-Colas

5.1 Um malbikið

Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas lagði til tvær gerðir gerðir af malbiki með hreinu Durasplitt steinefni að 16 mm og biki PG 160/220. Durasplitt er slitsterkt, norskt steinefni. Önnur malbiksgerðin var venjulegt slitlagsmalbik, SL16, en hin steinríkt malbik, SMA16.

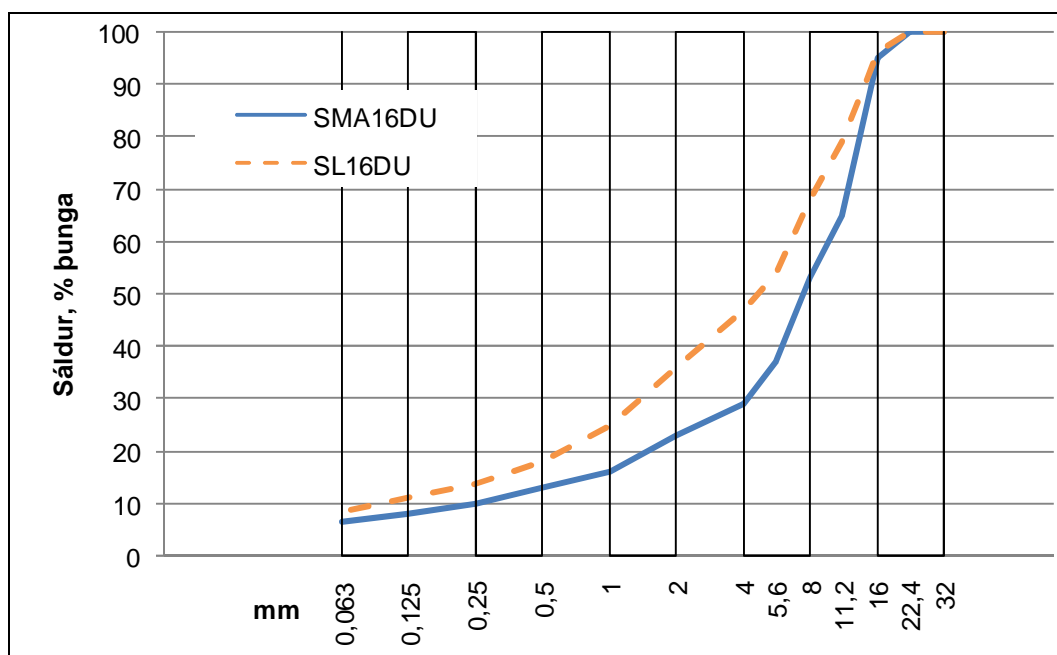
Á Malbikssetrinu á Nýsköpunarmiðstöð voru þjappaðar tvær plötur af hvorri gerð vegna hjólfaraprófa.

Einnig voru gerðir sívalningar vegna slitpolsmælinga.

Tafla 5.1: SMA16 og SL16 Durasplitt

Gerð	SMA16DU	SL16DU
Bik, p%	6,0	4,7
Malbik, kg/m ³	2470	2530
Sáldur %		
16-32	5	4
8-16	42	28
4-8	24	21
2-4	6	11
0,063-2	16	28
<0,063	6,6	8,5

Tafla 5.1 sýnir helstu upplýsingar um gerð malbiksins samkvæmt framleiðslueftirliti Hlaðbæjar-Colas og kornadreifing er á mynd 5.1.



Mynd 5.1: SL16 og SMA16 Durasplitt frá Hlaðbæ-Colas - Kornadreifing

5.2 Hjólfarapróf

Ætlunin var að þjappa 50 mm þykkar plötur, en þær urðu 51-54 mm og náðu þær sem voru úr SL16 malbiki betri þjöppun en þær úr SMA16. Þetta þýðir að holrúm varð heldur meira en til stóð í þeim síðarnefndu.

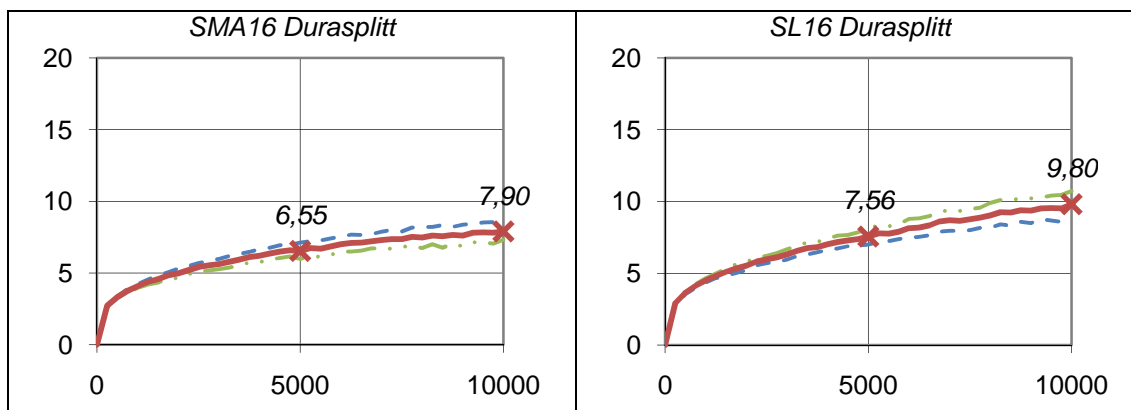
Í steinríku malbiki, SMA, er uppbygging steingrindarinnar þannig að grófu kornin styðja hvert annað og eru því minni líkur á skriði en í samsvarandi slitlagsmalbiki, SL. Þetta kemur fram á mæliniðurstöðum. Hjólfaradýpt í SMA malbikinu var 7,9 mm, en

9,8 mm í SL malbikinu. Hallatalan síðustu 5000 umferðirnar var 0,27 μm á umferð (eða 0,27 mm/1000 umf.) í SMA malbikinu en 0,45 í SL malbikinu.

Helstu niðurstöður eru sýndar í töflu 5.2 og á mynd 5.2, en nánari upplýsingar eru á 8. og 9. síðu viðauka.

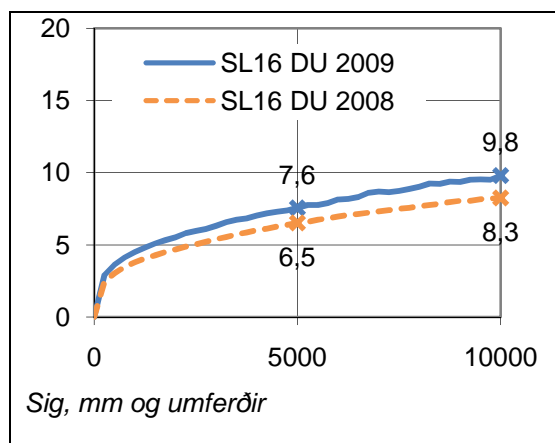
Tafla 5.2: SMA16 og SL16 Durasplitt – Hjólfarapróf

Malbik	Steinefni Gerð Bindiefni	Durasplitt	
		SMA16 160/220	SL16 160/220
Bik	$\rho\%$	6,0	4,7
Rúmþ. malbiks, (teoretisk)	kg/m^3	2470	2530
<i>Pjöppuð plata</i>	Meðalþykkt mm	53,5	50,8
<i>Mæl. með skíðmáli</i>	Rúmþyngd kg/m^3	2325	2466
	Holrúm m^3	5,9	2,5
<i>Í lofti og vatni</i>	Rúmþyngd kg/m^3	2386	2508
	Holrúm m^3	5,7	1,0
Hjólfarapróf við 45°C			
Sig við 5000 umferðir, mm		6,55	7,56
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD_{AIR})		7,90	9,80
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD_{AIR})		14,8	19,3
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS_{AIR})		0,271	0,448



Mynd 5.2: SMA16 og SL16 Durasplitt – Hjólfarapróf – Sig (mm) og umferðir

Nokkur munur var á mæliniðurstöðum platnanna tveggja af slitlagsmalbikinu. Heildahjólfaradýpt var 8,9 mm í annarri en 10,7 mm í hinn. Hallatölurnar endurspeгла þetta en en þær voru 0,37 og 0,52 μm á umferð (sjá 9. síðu í viðauka). Í fyrri áfanga þessa verks var einnig prófað SL16 Durasplitt malbik frá Hlaðbæ-Colas. Þar varð meðalsig sambærilegra platna 8,3 mm og hallatala 0,35 μm á umferð¹⁰ (sjá mynd 5.3 og síðu 11 í viðauka). Hjólfarapróf eru á byrjunarstigi hér og er fróðlegt að eiga mælingar á sömu malbiksgerð sem framleidd er sitt hvorn daginn og í þessu tilviki á sitt hvoru árinu. Er þá hægt að meta eðlilegan mun á milli sýna.

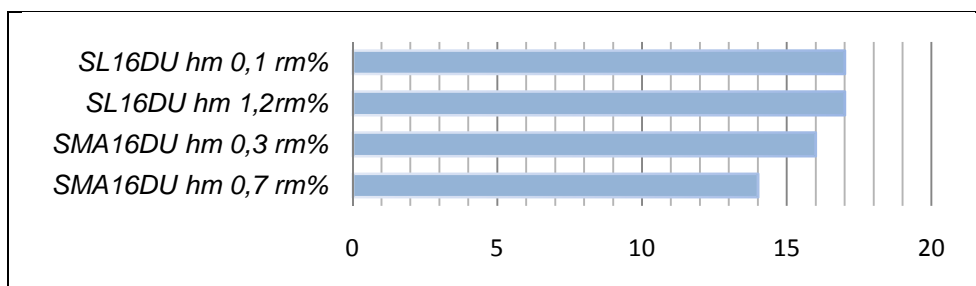


Mynd 5.3: SL16 Durasplitt frá 2008 og 2009

5.3 Slitpolsmæling - Prall

Tvær syrpur voru þjappaðar af hvorri malbiksgerð með 2 og 4% holrýmd að nafninu til en varð 0,1-1,2% í raun.

Prallgildin eru sýnd á súluritinu á mynd 5.4. Þar kemur fram að Prallgildi beggja hlutasýna SL-malbiksins mældist 17 ml, en SMA-malbiksins 16 og 14. Lítil munur er á rúmpyngd þeirra tveggja og skýrir hún ekki muninn. Það kemur ekki á óvart vegna kornadreifingar að steinríka malbikið, SMA, hefur heldur lægra gildi en slitlagsmalbikið, SL. Dreifing gilda úr einstökum hlutasýnum var lítil eða mest 2 ml frá meðaltali (sjá 14. síðu viðauka).



Mynd 5.4: SL16 og SMA16 Durasplitt – Slitpolsmælingar, Prall

Í fyrri áfanga þessa verkefnis voru tekin sýni af SL16 Durasplitt af Reykjanesbraut. Þjöppun á sýnatökustað var ekki nógu góð og holrýmd því há. Forvitnilegt þótti þó að gera Prallpróf á malbikinu til samanburðar við sýnin sem voru þjöppuð nú. Tekið skal fram að hægt var að útbúa sneiðar úr þremur borkjörnum (í stað fjögurra) og auk þess höfðu kjarnarnir verið afgangs vegna smávægilegra skemmda við sögun og auk þess geymdir við herbergishita í u.þ.b. eitt ár fyrir prófun. Prallgildið mældist mun hærra en í öðrum kjörnum sem prófaðir hafa verið hér, eða 27 ml. í þessari ófullkomnu tilraun (tafla 5.3). Það skýrist e.t.v. af ofangreindum þáttum að hluta til.

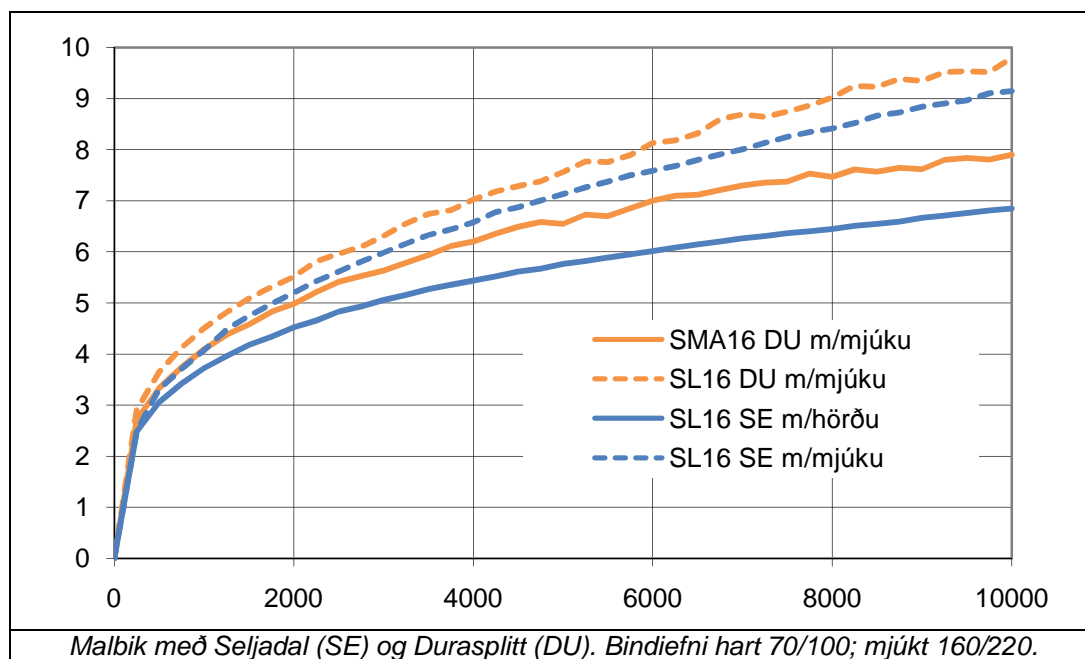
Tafla 5.3: Slitþol SL16 Durasplitt af Reykjanesbraut 2008

Merki >	17	19	24
Rþ yþp, g/ml	2,326	2,324	2,405
Holrúm, rm%	8,8	8,9	5,7
Yþp fyrir próf, g	505,5	540,5	537,0
Yþp eftir próf, g	449,5	480,5	473,5
Þyngdartap, g	66,0	60,0	63,5
Rúmmálstap, ml	28	26	26
Meðaltal - Slittala, Prall			27

6 Samanburður á mismunandi malbiksgerðum

6.1 Hjólfarapróf

Sýni voru þjöppuð á rannsóknastofu úr fjórum malbiksgerðum og voru prófuð tvö hlutasýni af hverri við 45°C. Meðaltöl tveggja sigferla úr hjólfaraprófum eru sýndir á mynd 6.1. Próf í fyrri áfanga gaf vísbendingar um væntalega hjólfaradýpt í SL16 malbiki með bindiefni PG 160/220. Lögum sigferla einstakra malbiksgerð fellur nokkuð að væntingum. Í SL16 malbiki með Seljadal er hjólfaramyndun mun minni í því með bindiefni 70/100 en 160/220, þ.e.a.s. minni með stífara bindiefni. Í malbiki með Durasplitt steinefni og bindiefni 160/220 er hjólfaramyndun minni í steinríku malbiki en slitlagsmalbiki. Það fellur að því að steingrindin í SMA malbiki er stöðugri en sú í SL malbikin. Hjólför slitlagsmalbiks með biki PG 160/220 eru lítið eitt grynri þar sem steinefnið er Seljadalur en þar sem það er Durasplitt. Bæði þessi steinefni eru unnin úr bergi, en í sjónmati er það úr Seljadal hrufttara en Duraplitt og því mátti búast við að malbikið yrði heldur stífara.



Mynd 6.1: Hjólfarapróf á fjórum malbiksgerðum. Sýni þjöppuð á rannsóknastofu

6.2 Slitpolsmælingar – Prall

Í þeim malbiksgerðum sem prófaðar voru eru slitsterk steinefni. Það endurspeglast í Prallgildum malbiksins. Sýni af fjórum gerðum voru unnin á rannsóknastofu og mældust Prallgildi á bilinu 14-19 ml, en þar var steinefnið Seljadalur og Durasplitt. Að auki voru prófaðir borkjarnar með Ottersbo steinefni úr Ártúnsbrekku og var Prallgildið 14 ml, svo og kjarnar úr fyrri hluta verkefnisins sem teknir voru úr Reykjanesbraut með Prallgildið 27 ml. Eins og áður hefur komið fram eru þessi gildi lág (nema á kjörnum úr Reykjanesbraut), en í tillögum að norskum kröfum á Prallgildi að vera undir 22 ml þar sem umferð er mest.¹¹

7 Umræða

Tekið skal fram að allar túlkanir á niðurstöðum í þessari skýrslu eru byggðar á tiltölulega fáum mælingum. Þó má segja að niðurstöður hafi í megin dráttum endurspeglad það sem búast hefði mátt við (minna skrið með hörðu biki, minna skrið í SMA en SL o.s.frv.) þótt oft sé ekki mikill eða afgerandi munur á mæligildum. Í flestum tilfellum eru skriðmæligildi á íslensku malbiki hærri en búast hefði mátt við, t.d. miðað við kröfur sem settar eru fram í Håndbok 018 þar að lútandi. Á sama hátt virðast slitmæligildi úr Prall prófi lægri en búast hefði mátt við, en þó ber að hafa í huga að hingað til hefur einungis verið prófað malbik með slitsterku steinefni hérlendis.

Heimildir:

- ¹ Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson (2009): Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður. – Áfangaskýrsla I. Skýrsla Nýsköpunarmiðstöðvar nr. 09-05.
- ² ÍST EN 12697-22:2003, Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 22: Wheel tracking. Notuð er aðferð f. Small size devices, procedure B.
- ³ ÍST EN 12697-33:2003, Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 33: Specimen prepared by roller compactor.
- ⁴ ÍST EN 13108-20:2006, Bituminous mixtures – Material specifications – Part 20: Type testing. – Annex D, table D.1.
- ⁵ Gögn sótt á vef Veðurstofu Íslands 4. febrúar 2010.
- ⁶ Upplýsingar í tölvupóstum 14. okt. 2009 frá Nicolai Jónassyni og Gunnari Bjarnasyni hjá Vegagerðinni.
- ⁷ ÍST EN 12697-16:2004, Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 16: Abrasion by studded tires.
- ⁸ Håndbok 018 Vegbygging – Januar 2009. kapittel 6 – Vegdekker (hørinsutgave desember 2009), figur 603.2, s. 319. Statens Vegvesen.
- ⁹ Håndbok 018 Vegbygging – Januar 2009. kapittel 6 – Vegdekker (hørinsutgave desember 2009), figur 603.4, s. 319. Statens Vegvesen.
- ¹⁰ Sjá heimild nr. 1 hér að ofan. – Hér er vísað í mælingar á sýnplötum R2 og R3 sem voru sambærilegar.
- ¹¹ Håndbok 018 Vegbygging – Januar 2009. kapittel 6 – Vegdekker (hørinsutgave desember 2009), figur 603.2, s. 319. Statens Vegvesen.
-



Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður

Áfangaskýrsla II

Viðaukar

Töflur og línurit

Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

Sýni: Söguð plata af afrein af Ártúnsbrekku á Veiðimannaveg / N1 stöð
Yfirlag er SMA16 Ottersbo frá Malbst. Höfða, en undirlög eru fleiri en eitt.
Yfirlag lagt 14. júlí 2009; sýni tekið 27. ágúst; próf 14. okt. 2009 og 5. jan. 2010

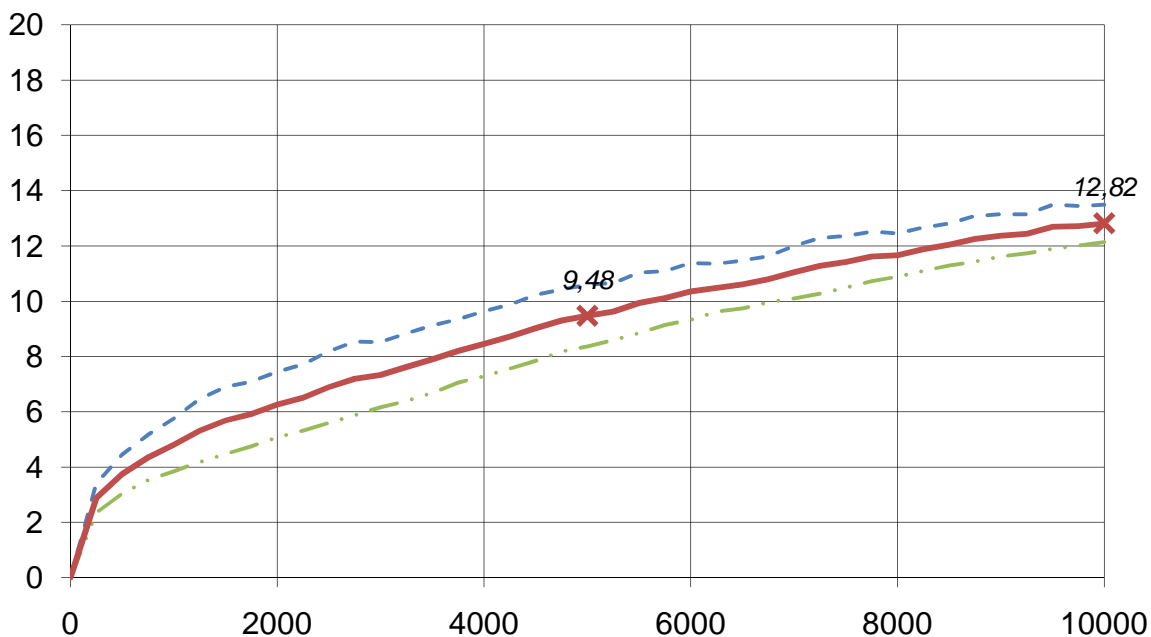
Aths.: Hlutasýni voru söguð úr stærri plötu þ.m.t. botn.

Malbik	<i>Mælingar Nýsköpunarmiðst.</i>	YI	UI
Bik	þ%	6,5	6,5 Mæld
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2562	2590 Mæld
Rúmpyngd steina	kg/m ³	2863	2900 Reiknuð
Rúmpyngd sýnis	kg/m ³	2519	2534 Mæld
Reiknað holrúm	rm%	1,7	2,2 Reiknuð

Plötur	<i>Mælingar með skíðmáli</i>	Plata A	Plata C	Meðaltal
<i>B*L platna er um 230*380 mm</i>				
Heildarþykkt	mm	109,0	109,0	109,0
Yfirlag aðeins	mm	51,9	52,9	52,4

Hjólfarapróf við 45°C	Plata A	Plata C	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	10,60	8,36	9,48
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	13,49	12,14	12,82
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	12,4	11,1	11,8
Sig 0-10000 umf., % af þykkt yfirlags	26,0	22,9	24,5
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,578	0,756	0,667

Sig í mm og umferðir





Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 35°C

Sýni: Söguð plata af afrein af Ártúnsbrekku á Veiðimannaveg / N1 stöð
Aths.: Yfirlag lagt 2009-07-14. - Sýni tekið 2009-08-27. - Prófdagur 2009-10-16
Yfirlag er SMA16 Ottersbo, en undirlög eru fleiri en eitt.
Hiti 35°C - Sýni var sagað úr stærri plötu þ.m.t. botn. - Hlutasýni merkt „B“
Tölur um eiginleika malbiks eru frá mælingum á hluta sagaðar plötu.
Prófa þurfti sýnið í tveimur áföngum, 0-8000 umferðir og 8000-10000.

Malbik		YI	UI		YI	UI
Bik	ρ%	6,5	6,5	Mesta ρþ. malbiks	2562	2590
Rúmpyngd sýnis	kg/m ³	2519	2534	Reiknuð ρþ steina	2863	2900
Holrýmd	rm%	1,7	2,2			

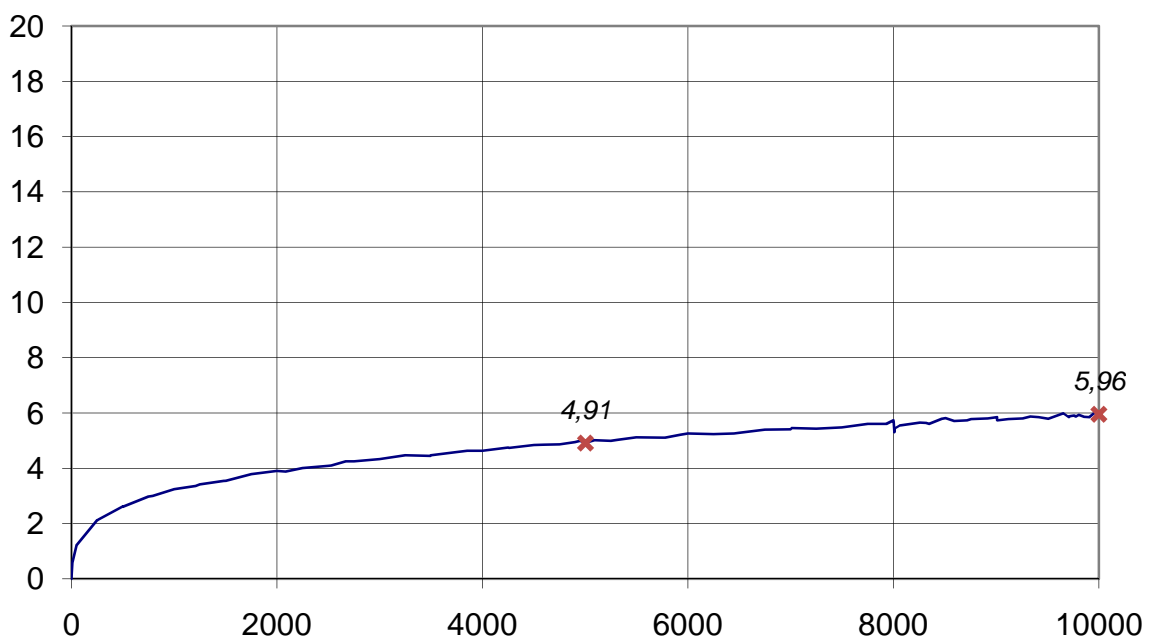
Söguð plata

Heildarþykkt	cm	10,81	Breidd	cm	22,8
Þykkt yfirlags	cm	5,40	Lengd	cm	38,0
Þykkt undirlags	cm	5,40	UI var fræst og lagamót því ekki slétt.		

Hjólfarapróf við 35°C

		Aflestrar	Upphaf sett á 0		
			Plata	YI	
Þykkt plötu / yfirlags	mm		108,1	54	
Sig í upphafi	mm		0,00	0,00	
Sig við 5000 umferðir	mm		4,91	4,91	
Sig við 10 000 umferðir (RD _{AIR})	mm		5,96	5,96	Ekki er allt sigið í yl.
Sig við 10000 umf., % af malbiksþykkt			5,5	11,0	
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf.			0,210		

Sig í mm og umferðir





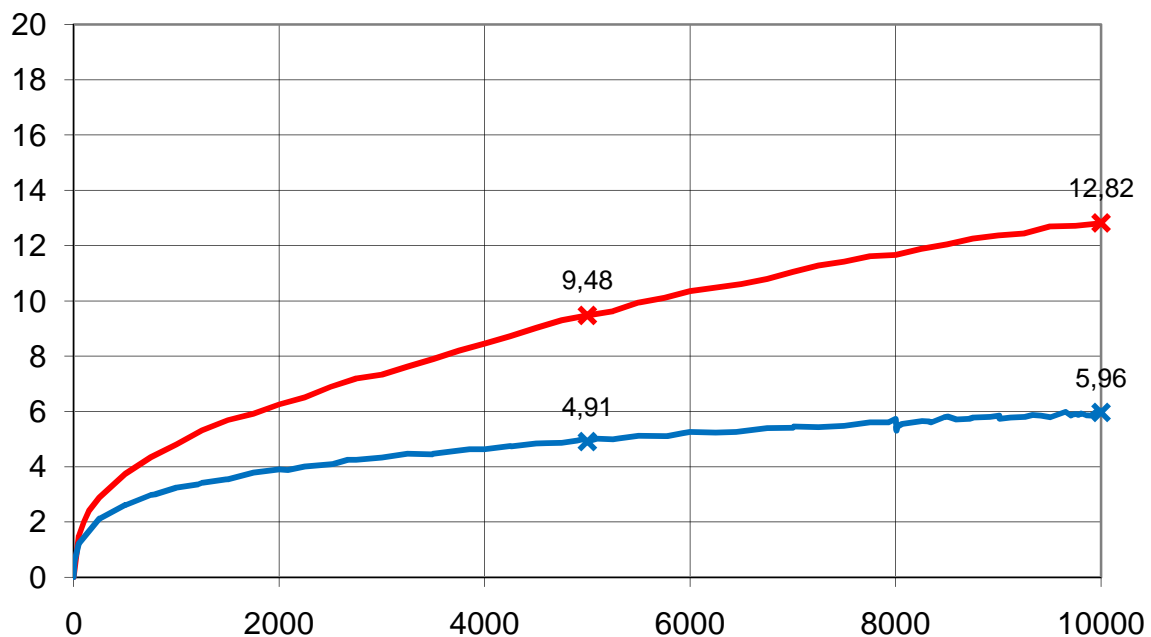
Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 35 og 45°C

Sýni: Söguð plata af afrein af Ártúnsbrekku á Veiðimannaveg / N1 stöð
Aths.: Yfirlag lagt 2009-07-14. - Sýni tekið 2009-08-27. - Prófdagar í okt. 2009 og jan. 2010
Yfirlag er SMA16 Ottersbo, en undirlög eru fleiri en eitt. Sýni voru söguð úr stærri plötu þ.m.t. botn. Tölur um eiginleika malbiks eru frá mælingum á hluta sagaðar plötu. Plötu B (35°C) þurfti að prófa í tveimur áföngum, 0-8000 og 8000-10000 umferðir. Hjólfaramæling við 45°C er meðaltal tveggja hlutasýna, en stök mæling við 35°C.

Malbik		YI	UI		
Bik	þ%	5,3	5,6		
Rúmpyngd malbiks	kg/m ³	2326	2505		
Holrýmd	rm%	8,8	7,4		
Söguð plata		45°C	35°C		
Heildarþykkt	mm	109,00	108,10		
Þykkt yfirlags	mm	52,40	54,00		
Þykkt undirlags	mm	56,60	54,10		
Hjólfarapróf		Hiti 45°C		Hiti 35°C	
		Plata	YI	Plata	YI
Þykkt plötu / yfirlags	mm	109,0	52,4	108,1	54,0
Sig í upphafi	mm	0,00	0,00	0,00	0,00
Sig við 5000 umferðir	mm	9,48	9,48	4,91	4,91
Sig við 10 000 umferðir	mm	12,82	12,82	5,96	5,96
Sig við 10000 umf., % af malbiksþykkt		11,8	24,5	5,5	11,0
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf.		0,668		0,210	

Rauð lína 45°C; blá lína 35°C

Sig í mm og umferðir



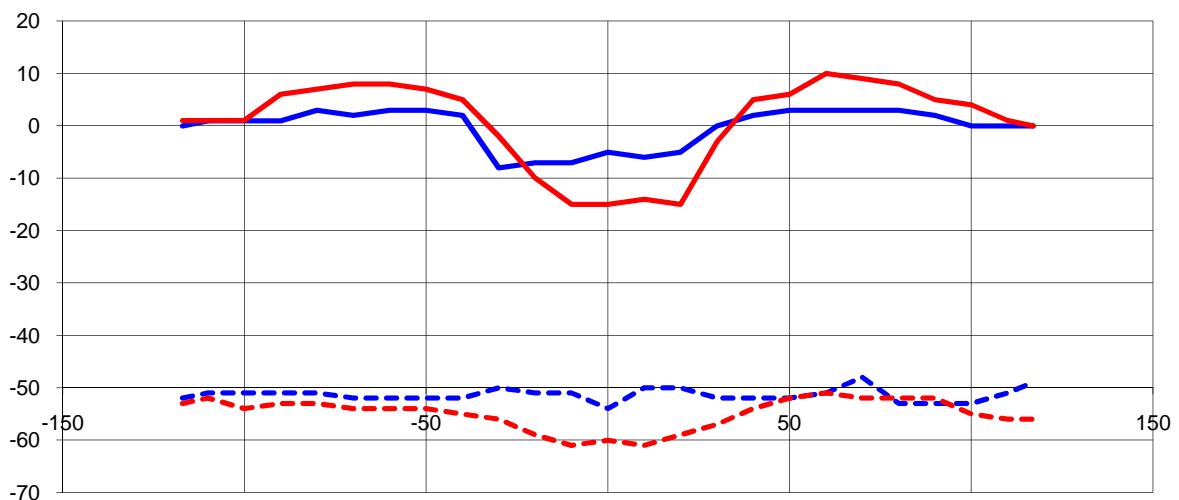


Verk 5VR09002, Breyttar áherslur við val á slitlögum

Sagaðar plötur úr Ártúnsbrekku - Stað A

Aflögun sýna mæld eftir hjólfarapróf við 35 og 45°C

Mæli- punktur	Plata 35°C		Plata 45°C		Um prófhlutina
	Lagamót	Yfirborð	Lagamót	Yfirborð	
-117	-52	0	-53	1	Tvær plötur voru prófaðar í hjólfaratæki. Próf 35°C Próf 45°C
-110	-51	1	-52	1	
-100	-51	1	-54	1	Mælingar á aflögun*
-90	-51	1	-53	6	Litur á línuriti Blár Rauður
-80	-51	3	-53	7	Breidd sýnis, mm 228 240
-70	-52	2	-54	8	Þykkt sýnis, mm 108 109
-60	-52	3	-54	8	Niðurstöður úr hjólfaraprófi
-50	-52	3	-54	7	Prófunardagur 2009-10-16 2009-10-14
-40	-52	2	-55	5	Hjólför 10k umf, mm 6,34 13,49
-30	-50	-8	-56	-2	Hallatala, WTSair 0,284 0,576
-20	-51	-7	-59	-10	% þykktar, PRDair 5,9 12,4
-10	-51	-7	-61	-15	Mælingar á malbiki af plötu og kjörnum
0	-54	-5	-60	-15	SMA16 Undirlög
10	-50	-6	-61	-14	Ottersbo
20	-50	-5	-59	-15	Þykkt, mm 53 84
30	-52	0	-57	-3	Bik, þ% 6,5 6,5
40	-52	2	-54	5	R _p án lofta, kg/m ³ 2562 2590
50	-52	3	-52	6	R _p sýnis, kg/m ³ 2519 2534
60	-51	3	-51	10	Holrúm, rm% 1,7 2,5
70	-48	3	-52	9	
80	-53	3	-52	8	
90	-53	2	-52	5	
100	-53	0	-55	4	* Aðferð: Mælt var frá neðra borði sem hafði verið
110	-51	0	-56	1	sagað slétt. Punktur með 1 cm bili voru teknir
117	-49	0	-56	0	á lagamót og yfirborð. Mælingar umreiknaðar
					þannig að brúnir yfirborðs væru 0 mm.



Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

Sýni: SL16 Seljadalur m/hörðu biki frá Malbikunarstöðinni Höfða hf.

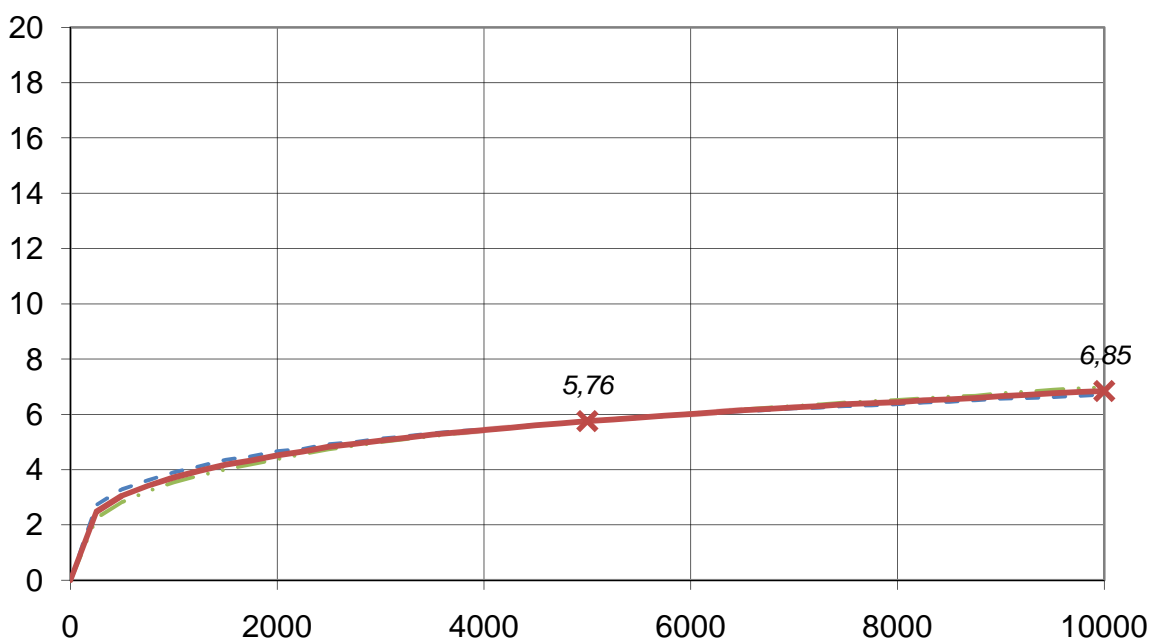
Malbik framleitt 24. júlí 2009; þjappað og mælt í okt. og nóv. s.á.

Aths.: Sigmælir losaði undir lok prófs á HH2 og voru gildi frá 9500 umf. lækkuð um 0,4 mm.

Malbik		<i>Mælingar Höfða.</i>			
Bik	þ%			5,9	Mæld
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³			2645	Mæld
Rúmpyngd biks	kg/m ³			1020	Gefin
Rúmpyngd steina	kg/m ³			2940	Reiknuð
Þjöppuð plata		<i>Vigtun og mælingar með skíðmáli</i>			<i>Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>		HH1	HH2	Meðaltal	
Þyngd plötu	kg	15,740	15,790		
Meðalþykkt	mm	51,2	51,8	51,5	
Rúmmál plötu	cm ³	6134	6222		
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2566	2538	2552	2599 2597
Reiknað holrúm	rm%	3,0	4,1	3,5	1,7 1,8

Hjólfarapróf við 45°C		<i>Upphaf sett á 0</i>		
		HH1	HH2	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm		5,77	5,75	5,76
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		6,71	6,98	6,85
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		13,1	13,5	13,3
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,188	0,246	0,217

Sig í mm og umferðir





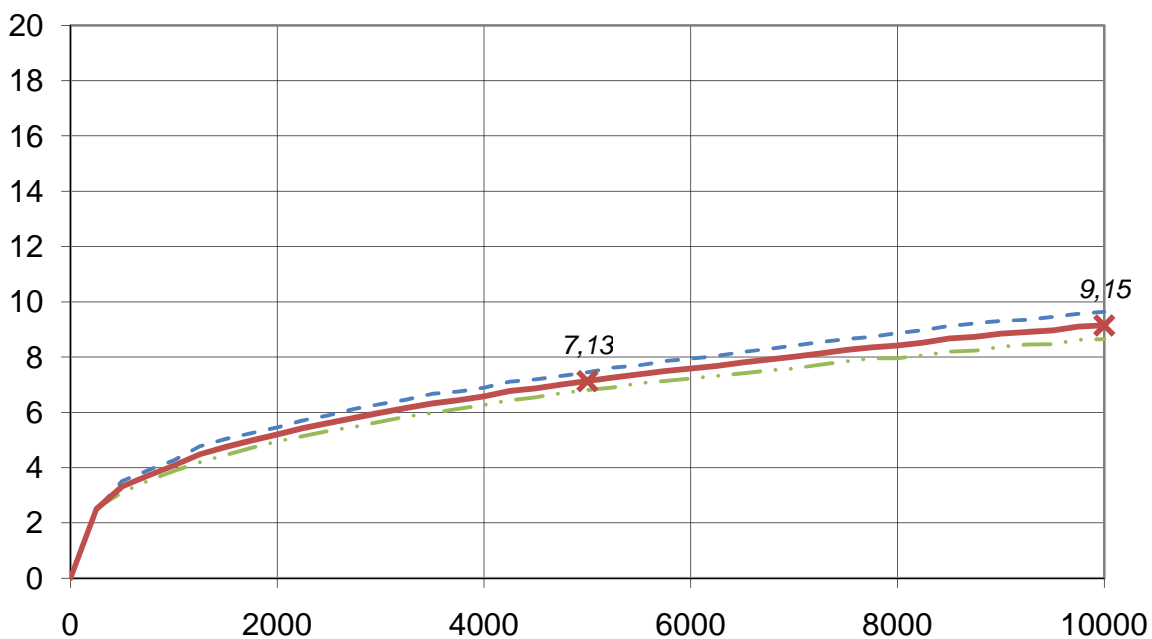
Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

Sýni: SL16 Seljadalur m/mjúku biki frá Malbikunarstöðinni Höfða hf.
Malbik framleitt 9. sept. 2009; þjappað og mælt í nív. s.á.

Aths.:

Malbik		<i>Mælingar Höfða.</i>			
Bik	þ%			5,3	Mæld
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³			2633	Mæld
Rúmpyngd biks	kg/m ³			1020	Gefin
Rúmpyngd steina	kg/m ³			2891	Reiknuð
Þjöppuð plata		<i>Vigtun og mælingar með skíðmáli</i>			<i>Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>		HM1	HM3	Meðaltal	
Þyngd plötu	kg	15,740	15,720		
Meðalþykkt	mm	54,7	54,3	54,5	
Rúmmál plötu	cm ³	6570	6496		
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2396	2420	2408	2467 2508
Reiknað holrúm	rm%	9,0	8,1	8,6	6,3 4,8
Hjólfarapróf við 45°C		<i>Upphaf sett á 0</i>			
		HM1	HM3	Meðaltal	
Sig við 5000 umferðir, mm		7,45	6,81	7,13	
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		9,64	8,65	9,15	
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		17,6	15,9	16,8	
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,438	0,368	0,403	

Sig í mm og umferðir



Malbik frá Höfða
Plötur úr hjólfaraprófum: Rúmþyngd mæld í lofti og vatni

Plata var fyrst söguð þvert um miðju. Prófhloti A er sá helmingur sem var innar í þjöppu í upphafi. B er sá ytri. Prófhloti B var sagaður langs m.v. upphaflega plötu með 10 cm millibili. Hluti D er sá hluti sem var undir hjólfari í prófi.

Sögun platna

	a	b
a		e
		d
		c

Hluti	Vatn °C	Eðlisþ. g/cm ³	Í vatni g	Ybp. g	Þurrt g	Rúmmál cm ³	Rúmþ. g/cm ³	Holrúm rm%
-------	------------	------------------------------	--------------	-----------	------------	---------------------------	----------------------------	---------------

Höfði, SL16 Seljadalur m/hörðu biki - Plata HH1

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)	2,645 g/cm ³
-----------------------------	-------------------------

C	21	0,9981	1570,5	2545,7	2541,5	977,1	2,601	1,7
D	21	0,9981	1433,9	2323,3	2320,1	891,1	2,604	1,6
E	21	0,9981	1566,7	2544,0	2538,1	979,2	2,592	2,0
Meðaltal							2,599	1,7

Höfði, SL16 Seljadalur m/hörðu biki - Plata HH2

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)	2,645 g/cm ³
-----------------------------	-------------------------

C	20	0,9983	1466,1	2381,8	2378,6	917,3	2,593	2,0
D	20	0,9983	1736,5	2816,0	2811,6	1081,3	2,600	1,7
E	20	0,9983	1586,5	2573,8	2568,9	989,0	2,598	1,8
Meðaltal							2,597	1,8

Höfði, SL16 Seljadalur m/mjúku biki - Plata HM1

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)	2,633 g/cm ³
-----------------------------	-------------------------

C	20	0,9983	1617,6	2699,3	2683,3	1083,5	2,476	5,9
D	20	0,9983	1350,6	2262,5	2247,1	913,5	2,460	6,6
E	20	0,9983	1589,4	2660,7	2644,8	1073,1	2,465	6,4
Meðaltal							2,467	6,3

Höfði, SL16 Seljadalur m/mjúku biki - Plata HM2

(Var ekki rétt gerð)

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)	2,633 g/cm ³
-----------------------------	-------------------------

C	19	0,9985	1525,3	2554,0	2539,4	1030,2	2,465	6,4
D	19	0,9985	1405,5	2366,3	2350,7	962,2	2,443	7,2
E	19	0,9985	1499,2	2505,9	2490,8	1008,2	2,471	6,2
Meðaltal							2,459	6,6

Höfði, SL16 Seljadalur m/mjúku biki - Plata HM3

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)	2,633 g/cm ³
-----------------------------	-------------------------

C	19	0,9985	1594,3	2637,2	2627,3	1044,5	2,515	4,5
D	19	0,9985	1453,4	2412,5	2402,7	960,5	2,501	5,0
E	19	0,9985	1647,8	2730,5	2718,0	1084,3	2,507	4,8
Meðaltal							2,508	4,8

Mesta rúmþyngd malbiks (teoretisk) er skv. mælingum malbikunarstöðvar.

Meðalholrýmmd +/- 0,5%

Hm rm%

Höfði SL16 Seljadalur m/hörðu biki

20



Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

Sýni: SMA16 Durasplitt m/mjúku biki frá Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas hf.
Malbik framleitt 22. júlí 2009; þjappað og prófað í desember s.á.

Aths.:

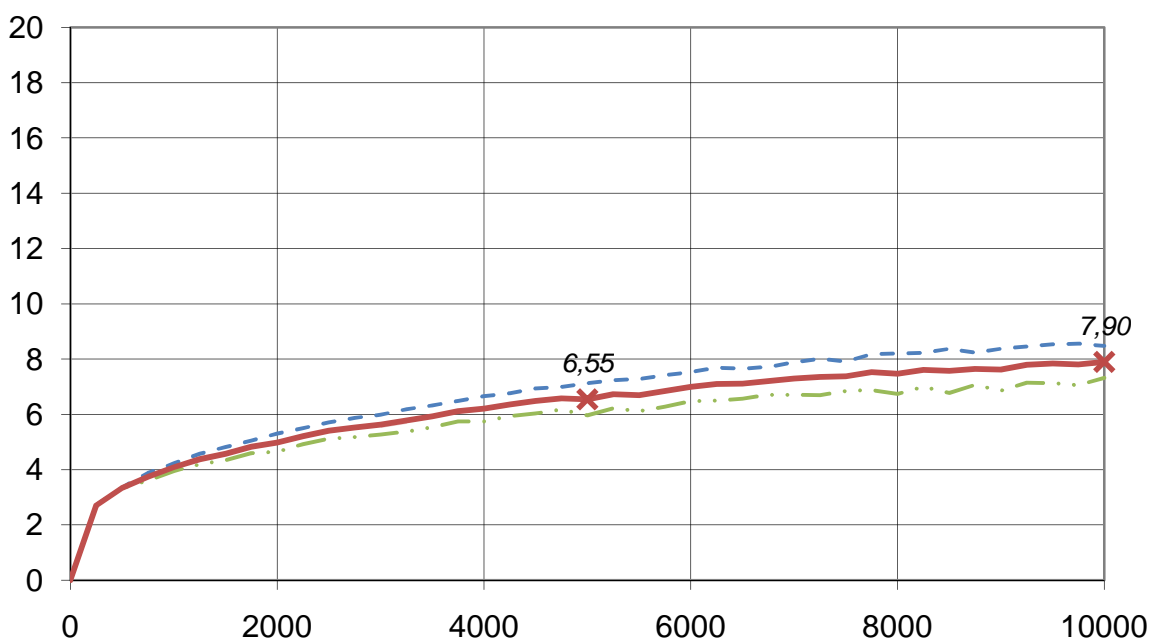
Malbik		<i>Mælingar Hlaðbæjar-Colas.</i>			
Bik	þ%	6,0 Mæld			
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2470 Mæld			
Rúmpyngd biks	kg/m ³	1020 Gefin			
Rúmpyngd steina	kg/m ³	2716 Reiknuð			
Þjöppuð plata		<i>Vigtun og mælingar með skíðmáli</i>			<i>Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>		CS1	CS2	Meðaltal	
Þyngd plötu	kg	14,925	14,930		
Meðalþykkt	mm	53,4	53,6	53,5	
Rúmmál plötu	cm ³	6423	6420		
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2324	2326	2325	2385 2387
Reiknað holrúm	rm%	5,9	5,8	5,9	3,5 3,4

Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0

	CS1	CS2	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	7,12	5,97	6,55
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	8,48	7,32	7,90
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	15,9	13,7	14,8
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,272	0,270	0,271

Sig í mm og umferðir



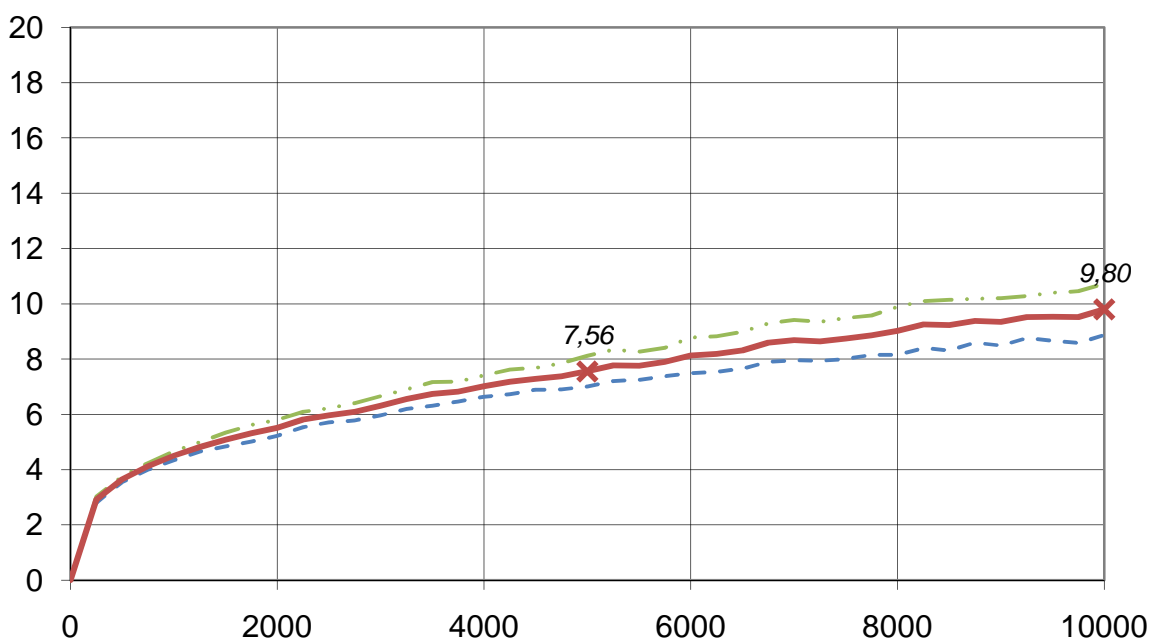
Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

Sýni: SL16 Durasplitt m/mjúku biki frá Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas hf.
Malbik framleitt 15. júlí 2009; þjappað 17. nóv. og prófað í des. 2009.

Aths.:

Malbik		<i>Mælingar Hlaðbæjar-Colas.</i>			
Bik	þ%			4,7	Mæld
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³			2530	Mæld
Rúmpyngd biks	kg/m ³			1020	Gefin
Rúmpyngd steina	kg/m ³			2729	Reiknuð
Þjöppuð plata		<i>Vigtun og mælingar með skíðmáli</i>			<i>Rúmpyngd mæld</i>
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>					
		CY1	CY2	Meðaltal	<i>í lofti og vatni á hluta</i>
Þyngd plötu	kg	14,970	15,000		<i>sýnis eftir próf</i>
Meðalþykkt	mm	50,5	51,0	50,8	CY1 CY2
Rúmmál plötu	cm ³	6061	6092		
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2470	2462	2466	2508 2503
Reiknað holrúm	rm%	2,4	2,7	2,5	0,9 1,1
Hjólfarapróf við 45°C		<i>Upphaf sett á 0</i>			
		CY1	CY2	Meðaltal	
Sig við 5000 umferðir, mm		7,00	8,12	7,56	
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		8,87	10,73	9,80	
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		17,6	21,0	19,3	
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,374	0,522	0,448	

Sig í mm og umferðir





Malbik frá Hlaðbæ-Colas

Plötur úr hjólfaraprófum: Rúmþyngd mæld í lofti og vatni

Plata var fyrst söguð þvert um miðju. Prófhloti A er sá helmingur sem var innar í þjöppu í upphafi. B er sá ytri. Prófhloti B var sagaður langs m.v. upphaflega plötu með 10 cm millibili. Hluti D er sá hluti sem var undir hjólfari í prófi.

Sögun platna

a	b
a	e
	d
	c

Hluti	Vatn °C	Eðlisþ. g/cm ³	Í vatni g	Ybp. g	Þurrt g	Rúmmál cm ³	Rúmþ. g/cm ³	Holrúm rm%
-------	------------	------------------------------	--------------	-----------	------------	---------------------------	----------------------------	---------------

MHC, SL16 Durasplitt m/mjúku biki. - Plata CY1

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)	2,530 g/cm ³
-----------------------------	-------------------------

c	21	0,9981	1452,5	2408,3	2404,8	957,6	2,511	0,7
d	21	0,9981	1363,2	2262,3	2259,1	900,8	2,508	0,9
e	21	0,9981	1495,1	2482,1	2478,0	988,9	2,506	1,0
Meðaltal							2,508	0,9

MHC, SL16 Durasplitt m/mjúku biki. - Plata CY1

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)	2,530 g/cm ³
-----------------------------	-------------------------

c	21	0,9981	1432,8	2382,0	2378,8	951,0	2,501	1,1
d	21	0,9981	1274,9	2119,6	2117,2	846,3	2,502	1,1
e	21	0,9981	1535,0	2547,9	2544,3	1014,8	2,507	0,9
Meðaltal							2,503	1,1

MHC, SMA16 Durasplitt m/mjúku biki. - Plata CS1

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)	2,470 g/cm ³
-----------------------------	-------------------------

c	21	0,9981	1403,9	2394,7	2388,9	992,7	2,407	2,6
d	21	0,9981	1301,3	2244,2	2239,6	944,7	2,371	4,0
e	21	0,9981	1372,6	2360,3	2351,9	989,6	2,377	3,8
Meðaltal							2,385	3,5

MHC, SMA16 Durasplitt m/mjúku biki. - Plata CS2

Mesta rúmþ. malbiks (teor.)	2,470 g/cm ³
-----------------------------	-------------------------

c	21	0,9981	1486,7	2551,2	2543,2	1066,5	2,385	3,5
d	21	0,9981	1267,4	2178,7	2172,1	913,0	2,379	3,7
e	21	0,9981	1436,8	2457,0	2449,1	1022,1	2,396	3,0
Meðaltal							2,387	3,4

Mesta rúmþyngd malbiks (teoretisk) er skv. mælingum malbikunarstöðvar.

Meðalholrýmnd +/- 0,5%	Hm rm%
MHC, SL16 Durasplitt m/mjúku biki	1,0
MHC, SMA16 Durasplitt m/mjúku biki	3,4



Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003 Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

Sýni: SL16 Durasplitt m/mjúku biki frá Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas hf.
Malbik framleitt í ágúst 2008; þjappað og prófað í febrúar 2009.

Aths.:

Malbik

Bik	þ%	5,3	Mæld
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2550	Mæld
Rúmpyngd biks	kg/m ³	1020	Gefin
Rúmpyngd steina	kg/m ³	2784	Reiknuð

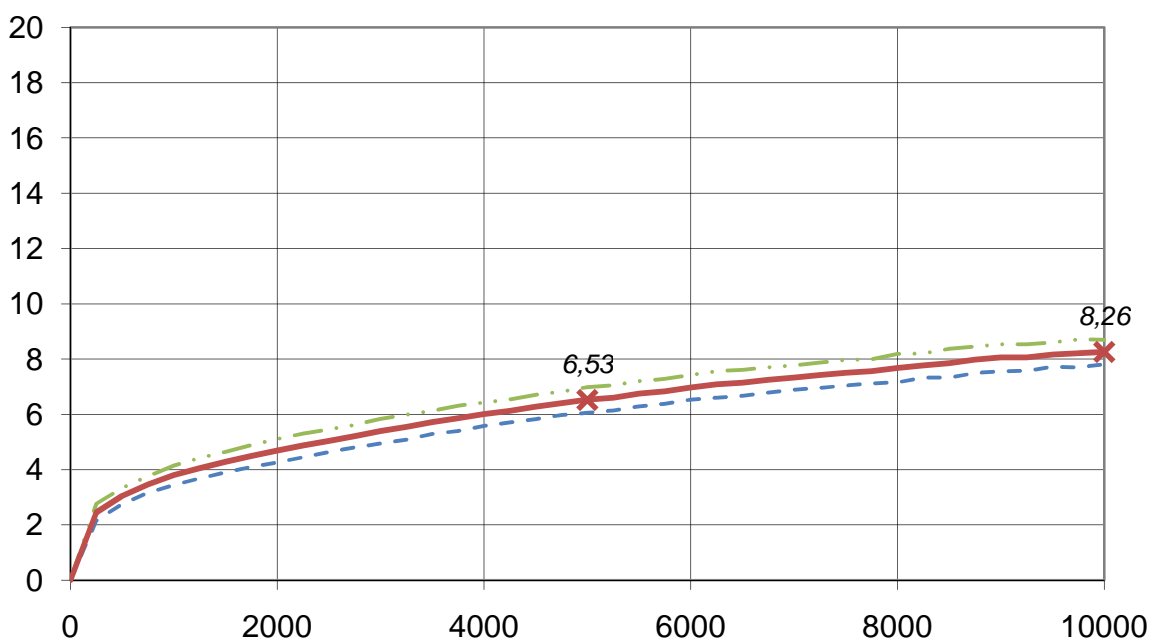
Þjöppuð plata		Vigtun og mælingar með skíðmáli			Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf
B*L plötu er um 300*400 mm		R2	R3	Meðaltal	
Þyngd plötu	kg	15,150	15,150		
Meðalþykkt	mm	53,0	53,7	53,4	
Rúmmál plötu	cm ³	6390	6468		
Reiknuð rúmpyngd	kg/m ³	2371	2342	2357	2410
Reiknað holrúm	rm%	7,0	8,1	7,6	5,5

Hjólfarapróf við 45°C

Upphaf sett á 0

	R2	R3	Meðaltal
Sig við 5000 umferðir, mm	6,06	6,99	6,53
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})	7,81	8,70	8,26
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})	14,7	16,2	15,5
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})	0,350	0,342	0,346

Sig í mm og umferðir



Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003
Aðferð B í lofti - Hiti 45°C
Yfirlit sýna frá 2009 - Meðaltöl tveggja platna

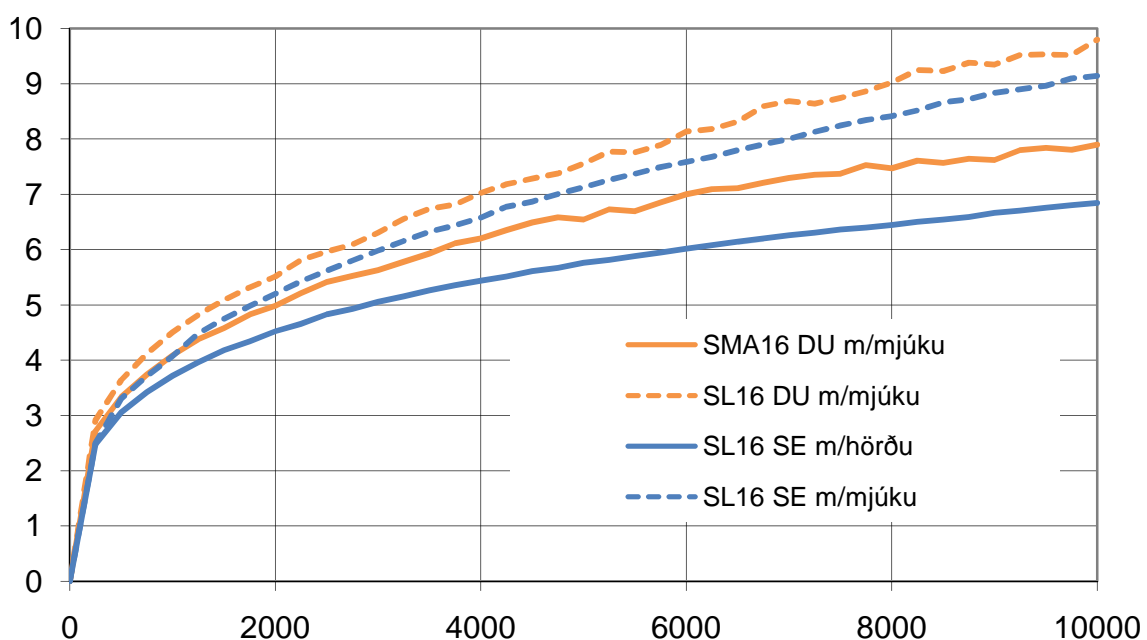
Sýni:

SMA16DU
SL16DU
SL16SE-H
SL16SE-M

SMA16 Durasplitt m/mjúku biki frá Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas hf.
SL16 Durasplitt m/mjúku biki frá Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas hf.
SL16 Seljadalur m/hörðu biki frá Malbikunarstöðinni Höfða hf.
SL16 Seljadalur m/mjúku biki frá Malbikunarstöðinni Höfða hf.

Malbik		SMA16DU	SL16DU	SL16SE-H	SL16SE-M	
Bik	p%	6,0	4,7	5,9	5,3	
Rúmþyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m ³	2470	2530	2645	2633	
Þjöppuð plata						
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>						
	Meðalþykkt	mm	53,5	50,8	51,5	54,5
<i>Mæl. með skíðmáli</i>	Reiknuð rúmþyngd	kg/m ³	2325	2466	2552	2408
	Reiknað holrúm	rm%	5,9	2,5	3,5	8,6
<i>Í lofti og vatni</i>	Reiknuð rúmþyngd	kg/m ³	2386	2508	2598	2488
	Reiknað holrúm	rm%	5,7	1,0	1,8	6,0
Hjólfarapróf við 45°C		SMA16DU	SL16DU	SL16SE-H	SL16SE-M	
Sig við 5000 umferðir, mm		6,55	7,56	5,76	7,13	
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD _{AIR})		7,90	9,80	6,85	9,15	
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD _{AIR})		14,8	19,3	13,3	16,8	
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS _{AIR})		0,271	0,448	0,217	0,403	

Sig í mm og umferðir



Rúmpyngdir sívalninga sem þjappaðir voru vegna slitþolsmælinga - Prall

Mælingar fyrir sögun

SL16 Durasplitt - SMA16 Durasplitt - SL16 Seljadalur m/mjúku og hörðu biki

Hiti vatns, °C 21
Rþ vatns, g/cm³ 0,9981

Síval- ingur	Þurr- sýni g	Sýni í vatni g	Yþþ. sýni g	Ryður vatni g	Rúm- mál cm ³	Rúm- þyngd Mg/m ³	Meðal- rúmp. Mg/m ³	Rþ. malbiks* Mg/m ³	Hol- rúm rm%
C21	1274,1	771,4	1274,6	503,2	504,2	2,527			SL16DU
C22	1274,7	771,5	1275,4	503,9	504,9	2,525			
C23	1274,1	771,2	1274,5	503,3	504,3	2,527	2,526	2,530	0,1
C24	1249,3	751,5	1250,1	498,6	499,5	2,501			SL16DU
C25	1247,3	749,9	1248,4	498,5	499,4	2,497			
C26	1244,3	749,5	1245,6	496,1	497,0	2,503	2,501	2,530	1,2
C31	1239,7	737,4	1240,3	502,9	503,9	2,460			SMA16DU
C32	1240,2	739,0	1240,7	501,7	502,7	2,467			
C33	1234,2	734,6	1234,6	500,0	501,0	2,464	2,464	2,470	0,3
C34	1219,0	724,2	1219,9	495,7	496,6	2,454			SMA16DU
C35	1215,6	720,8	1216,4	495,6	496,5	2,448			
C36	1214,1	721,1	1215,0	493,9	494,8	2,454	2,452	2,470	0,7
H01	1333,9	833,1	1334,4	501,3	502,3	2,656			SL16SE-M
H02	1336,1	832,5	1336,7	504,2	505,2	2,645			
H03	1338,5	831,4	1338,8	507,4	508,4	2,633	2,645	2,646	0,1
H04	1323,7	824,2	1324,7	500,5	501,5	2,640			SL16SE-M
H05	1321,9	824,3	1322,7	498,4	499,3	2,647			
H06	1319,0	823,1	1319,7	496,6	497,5	2,651	2,646	2,646	0,0
H07	1294,6	804,5	1296,4	491,9	492,8	2,627			SL16SE-M
H08	1297,1	806,6	1298,9	492,3	493,2	2,630			
H09	1296,4	808,9	1299,4	490,5	491,4	2,638	2,632	2,646	0,5
H10	1245,3	759,1	1250,0	490,9	491,8	2,532			SL16SE-M
H11	1242,4	757,5	1246,7	489,2	490,1	2,535			
H12	1240,7	759,3	1245,6	486,3	487,2	2,546	2,538	2,646	4,1
H21	1326,8	824,8	1327,3	502,5	503,5	2,635			SL16SE-H
H22	1327,0	824,0	1327,8	503,8	504,8	2,629			
H23	1327,4	824,5	1327,8	503,3	504,3	2,632	2,632	2,645	0,5
H24	1303,2	807,6	1304,5	496,9	497,8	2,618			SL16SE-H
H25	1304,0	806,3	1304,9	498,6	499,5	2,610			
H26	1302,6	805,4	1304,0	498,6	499,5	2,608	2,612	2,645	1,3

* Hámarksrúmpyngd malbiks (teoretisk) skv. mælingum framleiðenda. Malbik í sýnum

Slitþolsmælingar - Prall
Sýni þjöppuð á rannsóknastofu

SL16 Durasplitt - SMA16 Durasplitt - SL16 Seljadalur m/mjúku og hörðu biki

<i>Malbiks- gerð og holrúm</i>	<i>Próf- sneið</i>	<i>Ybb fyrir g</i>	<i>Ybb eftir g</i>	<i>Efnis- tap g</i>	<i>Rúm- þyngd* Mg/m3</i>	<i>Prall gildi ml</i>	<i>Meðal Prall ml</i>
SL16DU 0,1 %rm	C21A	568,0	529,5	38,5	2,526	15	
	C22A	619,0	575,5	43,5	2,526	17	
	C22B	586,0	544,0	42,0	2,526	17	
	C23B	598,0	551,0	47,0	2,526	19	17
SL16DU 1,2 %rm	C24B	531,5	485,5	46,0	2,501	18	
	C25A	613,0	573,5	39,5	2,501	16	
	C26A	614,5	570,5	44,0	2,501	18	
	C26B	562,0	524,5	37,5	2,501	15	17
SMA16DU 0,3 %rm	C31A	592,5	552,5	40,0	2,464	16	
	C32A	581,5	544,0	37,5	2,464	15	
	C33A	592,5	555,0	37,5	2,464	15	
	C33B	575,5	535,5	40,0	2,464	16	16
SMA16DU 0,7 %rm	C34B	575,0	537,5	37,5	2,452	15	
	C35A	576,5	545,0	31,5	2,452	13	
	C35B	573,5	540,0	33,5	2,452	14	
	C36B	566,0	531,5	34,5	2,452	14	14
SL16SE-M 0,1 %rm	H01A	651,5	610,5	41,0	2,645	16	
	H01B	611,5	570,0	41,5	2,645	16	
	H02A	617,0	578,0	39,0	2,645	15	
	H03A	646,4	604,5	41,9	2,645	16	15
SL16SE-M 0,0 %rm	H04B	599,5	563,0	36,5	2,646	14	
	H05A	647,5	608,0	39,5	2,646	15	
	H05B	605,5	566,5	39,0	2,646	15	
	H06B	649,0	612,0	37,0	2,646	14	14
SL16SE-M 0,5 %rm	H07A	623,0	585,0	38,0	2,632	14	
	H07B	603,0	563,5	39,5	2,632	15	
	H08A	621,0	580,5	40,5	2,632	15	
	H08B	607,5	573,5	34,0	2,632	13	14
SL16SE-M 4,1 %rm	H10B	578,5	537,5	41,0	2,538	16	
	H11A	616,0	571,0	45,0	2,538	18	
	H11B	563,5	523,5	40,0	2,538	16	
	H12A	587,0	543,0	44,0	2,538	17	17
SL16SE-H 0,5 %rm	H21A	635,5	590,5	45,0	2,632	17	
	H21B	620,5	571,0	49,5	2,632	19	
	H22A	643,0	592,5	50,5	2,632	19	
	H23B	611,0	560,0	51,0	2,632	19	19
SL16SE-H 1,3 %rm	H24A	637,0	591,5	45,5	2,612	17	
	H24B	598,0	548,5	49,5	2,612	19	
	H26A	630,5	585,0	45,5	2,612	17	
	H26B	604,0	561,5	42,5	2,612	16	18

* Rúmþyngd er meðaltal sívalninga fyrir sögun, ekki hverrar sneiðar fyrir sig.