

NMÍ 13-02  
2MR12004

# Próf á malbiki með endurunnu malbiki

Arnþór Óli Arason  
Mars 2013



Nýsköpunarmiðstöð  
Íslands



Skýrsla nr.: NMÍ 13-02	Dags.: 2013-03-01	Dreifing: <b>X Opin</b> Lokuð
---------------------------	----------------------	-------------------------------------

Heiti skýrslu:  
Prófanir á malbiki með endurunnu malbiki.

Höfundur: Arnpór Óli Arason	Verkefnisstjóri / ábyrgð: Arnpór Óli Arason
--------------------------------	--

Verknúmer: 2MR12004	Fjöldi síðna:	ISBN:	Myndir:
------------------------	---------------	-------	---------

Unnið fyrir:  
Unnið með styrk úr rannsóknasjóði Vegagerðarinnar og í samstarfi við Malbikunarstöðina Hlaðbæ-Colas hf.

Útdráttur:  
Ýmis próf voru gerð á fjórum blöndum af SL11 malbiki með steinefni úr Hólabrú bæði hreinu og þremur gerðum með allt að 30% íblöndun 0-11 mm endurunns malbiks. Allar gerðirnar voru settar í hefðbundið marshallpróf, vatnsnæmipróf og slitþolspróf prall, auk þess sem gerðar voru venjulegar mælingar á bikinnihaldi og kornadreifingu. Á malbiki með 20% endurunnu var gert hjólfarapróf. Í prófununum kom ekkert mikilvægt fram sem gerði sýnin frábrugðin venjulegu SL11 malbiki. Þau frávik sem komu fram voru minniháttar.

Lykilorð íslensk: Malbik, endurunnið, heitblandað	Lykilorð ensk: Asphalt, RAP, hot-mix
--	---

NMÍ 13-02  
2MR12004

# Próf á málbiki með endurunnu mabiki

Arnþór Óli Arason  
Mars 2013



Nýsköpunarmiðstöð  
Íslands

## Efnisyfirlit

1. Inngangur.....	3
2. Stutt yfirlit um endurnýtt malbik.....	3
3. Endurinnið malbik héraendis og kröfur.....	4
4. Prófanir .....	5
4.1 Bik og kornadreifing .....	6
4.2 Marshallpróf.....	7
4.3 Vatnsnæmipróf .....	8
4.4 Prallpróf .....	9
4.5 Hjólfarapróf.....	10
4.6 Niðurstöður prófana .....	11
5. Lokaorð .....	12
Heimildir .....	13
Viðauki 1: Niðurstöðublöð	
Viðauki 2: Gagnablöð	

## 1. Inngangur

Í ársbyrjun 2012 fékkst styrkur frá rannsóknasjóði Vegagerðarinnar til prófana á malbiki með endurunnu biki. Í verkefnislýsingu kom fram að áætlað var að gera tilraunir á heitblönduðu malbiki með mismunandi hlutföllum endurunnins efnis. Allar gerðir yrðu prófaðar með tilliti til þjöppunar í marshallprófi, slitþols og vatnsnæmis og að auki hjólfaramyndunar í einni gerð. Einnig að nokkur heimildarvinna yrði unnin um aðferðir sem nú eru notaðar í nálægum löndum.

Í tilraununum var lögð áhersla á slitþol og vatnsnæmi en öldrun og endurhitun gerir bikið stífara og gæti haft áhrif á þá þætti. Þess var vænst að tilraunirnar stuðluðu að aukinni notkun á endurnýttu malbiki.

Í verkefnishópi voru Arnþór Óli Arason og Óskar Örn Jónsson hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands og Sigþór Sigurðsson hjá Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas hf.

Í upphaflegri áætlun var gert ráð fyrir að malbik yrði blandað á rannsóknastofu að hluta. Sigþór og samstarfsmenn hans hjá Hlaðbæ-Colas voru áhugasamir um verkefnið og sendu malbik með 10% endurunnu til prófana úr reglulegri framleiðslu. Að auki gerðu þeir uppskriftir að og framleiddu tilraunablöndur í stöð með 20 og 30% endurnýttu. Allt malbik sem prófað var kom því úr malbikunarstöð og auðveldaði það því samanburð.

Það er því létt að þakka starfsmönnum Hlaðbæjar-Colas fyrir samvinnuna og rannsóknasjóði Vegagerðarinnar fyrir styrkinn.

## 2. Stutt yfirlit um endurnýtt malbik

Malbik hentar vel til endurnýtingar vegna þess að í því er eingöngu bik og steinefni. Íblöndunarefni eru aðeins örlítill hluti malbiksins. Þegar malbik er endurrunnið sparast því hluti innkaupa á biki og steinefnum. Ný hráefni þarf oft að flytja um langan veg og minnkar endurvinnsla flutningana og þar með kostnað og orku. Yfirlit um þessa kosti og fleiri þætti endurvinnslu malbiks er að finna í nýlegum bæklingi frá slitlaganefnd Norræna vegasambandsins, „Grænt malbik“.<sup>1</sup>

Breytt viðhorf til umhverfismála, aukinn hráefnakostnaður og fleiri þættir hafa stuðlað að aukinni endurvinnslu malbiks og þróunarvinnu við gamlar og nýjar aðferðir. Víða um heim hefur verið unnið við heitar blöndur, hálfheitar og kaldar með ýmsum aðferðum. Þær síðasttöldu hafa þann kost að orkunotkun verður minni en í heitblöndun sem gerir endunýtinguna enn hagkvæmari. Í þessu rannsóknaverkefni voru gerð próf á heitblönduðu malbiki.

Í stöð með ósamfelldri blöndun er einfaldasta gerð heittrar endurvinnslu að bæta köldu unnu efni beint í blandara eða þá að koma því í snertingu við heit steinefnin fyrir á leið þeirra frá þurrkara að blandara. Þegar þessar aðferðir eru notaðar þarf að hita steinefnin meira en venjulega til þess að hitaorka þeirra nýtist til að þurrka og hita endurunna malbikið. Með þessum aðferðum getur endurunna efnið verið að 20% malbiksins. Hægt er að setja endurinnið efnið í þurrkarann með steinefnunum en oft er það gert í lokin í stöð með samfelldri blöndun. Til eru stöðvar með tvöfaldri þurrkaratromlu þar sem endurunna efnið er hitað fyrir blöndun. Einnig eru til stöðvar með sérstakri þurrkaratromlu fyrir endurunna malbikið. Þar er hægt að hafa hitunina óbeina og takmarka skaðleg áhrif eldsins. Mögulegt er að auka hlutfall endurunna malbiksins töluvert með þannig útbúnaði.<sup>2</sup>

Bik í malbiki stífnar með aldrinum vegna oxunar og þegar það er endurnýtt í heitblöndun er möguleiki á að það stífni enn. Við sumar framleiðsluaðferðir er nýja steinefnið yfirhitað til þess að láta það hita það endurunna. Aukinn hiti getur þá líka breytt eiginleikum nýja bikisins.

Sem fyrr segir er hröð þróun í tækni og heitblöndun með allt að 100% endurunnu er möguleg. Það er vandkvæðalítið að blanda svo sem 30% endurunnu í malbik sem ætlað er á vegi með mikilli umferð, en ýmsum spurningum er ósvarað um eiginleika og endingu þegar hærra er farið. Niðurstöður venjulegra prófana geta þó verið góðar og þannig malbik getur hentað í ákveðin verkefni.<sup>3</sup>

### 3. Endurinnið malbik hérlendis og kröfur

Fræsi eða brot af gömlu malbiki hafa ekki verið endurnýtt í miklum mæli hérlendis hingað til. Kalt óbundið malbiksfræsi hefur þó stundum verið lagt sem hluti burðarlags og einnig lítillaga verið notað sem eins konar malarslitag. Fyrir allmörgum árum gerði Hlaðbæ-Colas tilraunir með að setja fræsi í heitblandað malbik sem var þó erfitt með búnaðinum í stöðinni sem þá var í notkun. Vegagerðin býður út flest ár malbikun með Repave aðferð á umferðarmiklum götum á höfuðborgarsvæðinu. Í þessari aðferð er undirlagið hitað og rífið upp og nýju SMA mabki bætt við. Gatan er fræst áður en það efni er ekki nýtt á staðnum Ekki er ástæða til að hafa fleiri orð um endurnýtingu hérlendis því nýleg greinargerð um það liggur fyrir, en hún var lögð fram af íslensku slitlagsnefndinni á ársfundi Norræna vegasambandsins árið 2011, þar sem aðalefnið var um endurvinnslu malbiks.<sup>4</sup>

Hlaðbæ-Colas malar nú niður malbiksbrott og fræsi og vinnur niður í 0-11 mm efni. Í malbikunarstöð fyrirtækisins er reglulega framleitt heitblandað malbik með 10% endurnýttu efni. Áhugi er á að geta aukið hlutfallið upp í 20%, en það er hægt með núverandi útbúnaði stöðvarinnar. Fyrirtækið hefur einnig gert tilraunir með að leggja út hreint 0-11 mm

endurinnið malbik sem bundið er með bikþeytu. Rannsóknaverkefni er í gangi og var greint frá framgangi þess á ráðstefnu Vegagerðarinnar haustið 2012.<sup>5</sup>

Við framleiðslu hjá Hlaðbæ-Colas er steinefni hitað meira en venjulega þar sem kalda endurunna malbikið er vigtað í blandarann um leið og önnur hráefni. Hrærslutími blöndunnar er hafður lengi en venjulega til þess að tryggja góða þurrkun, blöndun og jafnan hita.

Í kröfum Vegagerðarinnar til malbikslitlaga<sup>6</sup> er lítið fjallað um endurinnið malbik og engar sérstakar kröfur nefndar þar. Um malbik gilda þó almennar kröfur Vegagerðarinnar sem nú taka mið af evrópskum. Í Evrópstaðli um „slitlagsmalbik“, Asphalt Concrete, segir það megi nota allt að 10% endurinnið efni í slitlög og að 20% í undirlög án sérstakra ráðstafana.<sup>7</sup> Sé hlutfallið hærra ber að vinna bik úr sýni af hráefninu og mæla stungudýpt eða mýkingarpunkt. Reikna á út samsvarandi gildi í blöndunni af nýju og gömlu biki og á hún að uppfylla þær kröfur til bindiefnis malbiksins sem gerðar eru.

Þessi krafa til biks í nýrri blöndu veldur svolítili klemmu. Nú mun ekki lengur vera til útbúnaður á landinu til þess að endurvinnna bindiefni úr malbiki til prófana á stungudýpt eða mýkingarpunkti.<sup>8</sup> Við malbiksframleiðslu hér er aðallega notað bik 160/220 og í minna mæli 70/100 og aðrar gerðir ekki fluttar inn. Mýkra bik er því ekki til ef þörf er á því til blöndunar. Þetta er nefnt hér en er ekkert sem þarf að leysa meðan endunotkun hérlendis er ekki meiri en nú er.

### 4. Prófanir

Grunngerð malbiksins í prófunum var SL11 Hólabrú frá Hlaðbæ-Colas og nýja bindiefnið PG 160/220. Í malbikunarstöðinni er reglulega blandað malbik með 10% endurunnu malbiki. Að auki útbjuggu starfsmenn Hlaðbæjar-Colas blöndur með 20 og 30% endurunnu malbiki sem byggðar voru á sömu grunnuppskrift vegna þessa verkefnis. Í lok maí 2012 sendu þeir þessar þrjár gerðir til Nýsköpunarmiðstöðstöðvar auk sýnis af 0-11 mm hráefni. Á Nýsköpunarmiðstöð var fyrir sýni af venjulegu SL11 Hólabrú frá Hlaðbæ-Colas sem framleitt var fyrr á árinu. Var þá til fjögurra gerða röð af malbiki með 0-30% endurunnu. Upphaflega var gert ráð fyrir rannsóknastofublöndum að hluta en það að allar voru framleiddar í stöð auðveldaði vinnuna. Þær endurspegla líka raunveruleikann betur því blöndur úr stöð eru frábrugðnar rannsóknastofublöndum vegna ólíkrar aðferða við framleiðslu.

Eins og áður hefur komið fram er mögulegt að framleiða malbik með 20% endurunnu efni í lítt breyttri stöð og því var áhugi á að prófa hana sérstaklega. Malbikið með 30% endurunnu var hinsvegar framleitt af forvitni til þess að fá jaðarpunkta í prófanaröðina.

Á öllum gerðum voru gerð venjuleg malbikspróf s.s. mælingar á biki og kornadreifingu og mæld marshallfesta og sig. Einnig var gert vatnsnæmipróf með kleyfnitogþoli og slitþolspróf prall. Á malbikinu með 20% endurunnu efni var gert hjólfarapróf. Þessum prófunum fylgdi að rúmpýngdarmælingar voru gerðar á sívalningum, plötum og malbikinu sjálfu.

Vonast er til að almennar ályktanir megi draga af niðurstöðum prófana á sýnaröðinni, en hafa ber í huga að malbik með steinefni frá Hólabrú er notað á umferðarlitlar götur og bílastæði. Það hefur áhrif á ýmsar kröfur sem gerðar eru til malbiksins s.s. um slitþol.

Lýsingar á prófunaraðferðum verða stuttar í þessari skýrslu. Nánari upplýsingar og tilvísanir í staðla eru í Viðauka 1; „Lýsing á prófunaraðferðum“ í riti Vegagerðarinnar um efnisrannsóknir og efniskröfur.<sup>9</sup>

Litlar töflur og línurit eru felld í textann hér í kaflanum en skýrari niðurstöðublöð eru í viðauka 1. Verður ekki vísað til þeirra sérstaklega. Í viðauka 2 eru ýmis mæligögn.

#### 4.1 Bik og kornadreifing

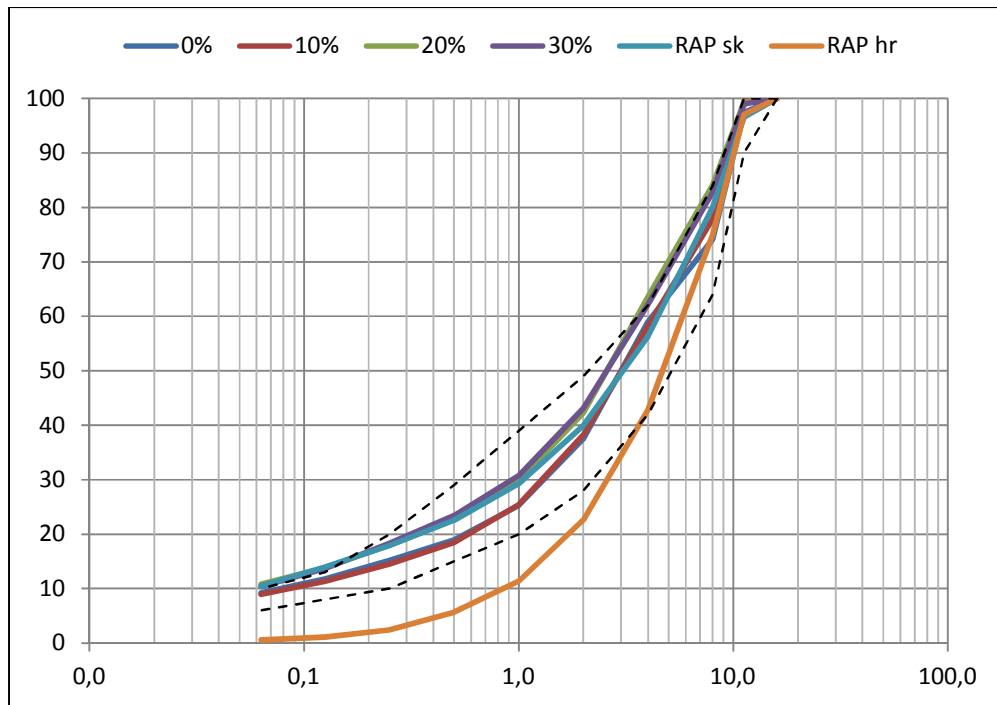
Í framleiðslu var stefnt að 6,2% biki í malbikinu. Í sýnunum mældist það ekki langt frá því eða á bilinu 5,9-6,4%, lægst í 10% efninu en hin þrjú voru nær jöfn. Bindiefni í hráefninu mældist 4,8%. (Tafla 1).

<b>Hluti endur- unnins malb.</b>	<b>0%</b>	<b>10%</b>	<b>20%</b>	<b>30%</b>	<b>Í hráefninu 0-11 mm</b>
<b>Bik, þ%</b>	6,2	5,9	6,4	6,4	4,8
<b>Fínefni &lt;63µm</b>	9,2	8,9	10,8	10,4	10,5

Tafla 1: Bikprósenta og fínefni í sýnum.

Kornadreifing malbikssýnanna fjögurra var svipuð og reyndar einnig kornadreifing steinefnanna í 0-11 mm hráefninu eftir skolun. (Mynd 1). Sáldur við 8 mm var við eða ofan miðju krafna Vegagerðarinnar<sup>10</sup> við 4 og 8 mm, nálægt miðju við 1 og 2 mm og við eða rétt ofan efri marka fínefnis við 0,063 mm. Kornadreifing sýnanna úr venjulegri framleiðslu þ.e. með 0 og 10% endurunnu, falla saman og svo hinna tveggja sem voru sérblandaðar vegna verkefnisins þ.e með 20 og 30% íblöndun.



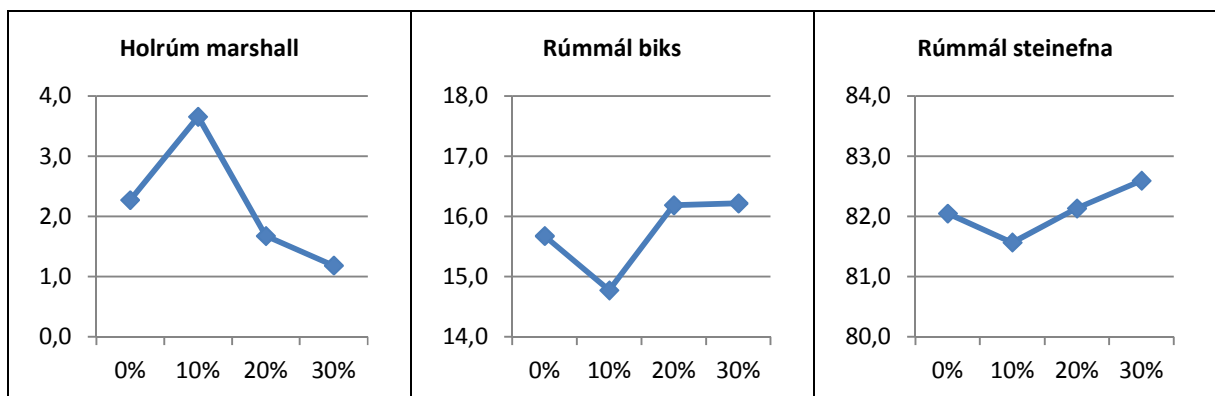


Mynd 1: Kornadreifing malbikssýna og hráefnis.

## 4.2 Marshallpróf

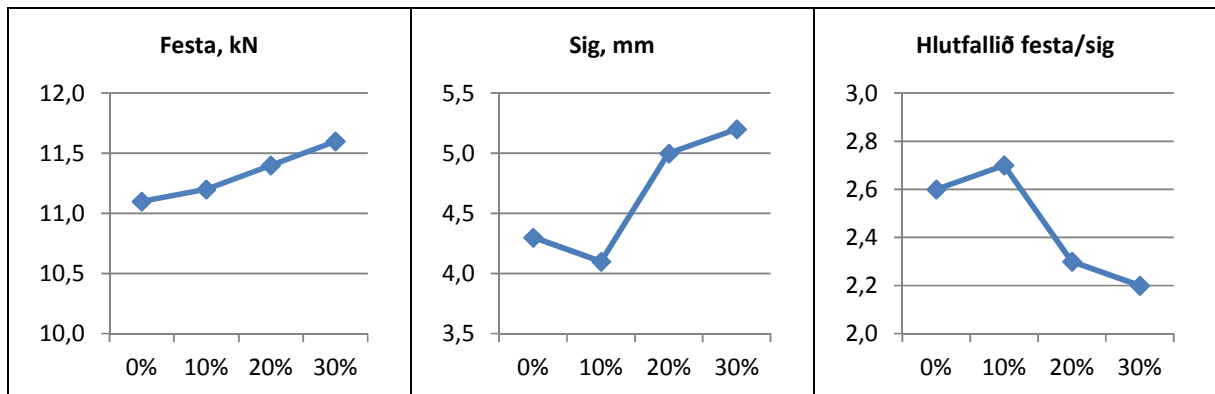
Hefðbundið marshallpróf var gert á malbiksgerðunum fjórum. Sívalningarnir voru þjappaður með 50 höggum á hvorn enda. Marshallsprófinu fylgja rúmþyngdarmælingar á sívalningunum og á malbikinu.

Malbikið með 10% endurnýttu sker sig nokkuð frá hinum með hærri holrýmnd og minni þjöppun steingrindar en hinar gerðirnar enda með minna biki þótt ekki muni miklu.



Mynd 2: Rúmmálsprósentur í marshallsýnum.

Röðun niðurstaðna mælinga á festu og sigi var svipuð því sem búast mátti við. Festan var lægst í sýninum án endurunna malbiksins en hæst í því með 30% en munur var ekki mikill. Þar sem bik stífnar með aldrinum var viðbúið að festan hækkaði eftir því sem hlutfall endurunns væri hærra. Sigið eykst nokkuð með auknu hlutfalli endurnýttis að hluta vegna aukinnar festu (þ.e. sígur sem nemur auknum brotstyrk) en þar sem hlutfallið festa/sig lækkar líka sést að stífnin hefur aukist.



Mynd 3: Festa og sig marhallsívalninga.

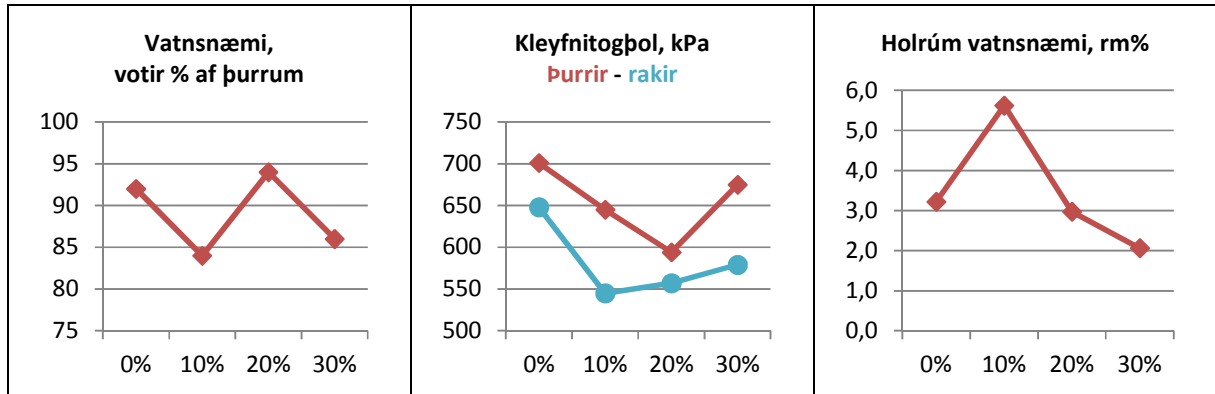
Í efniskröfum Vegagerðarinnar er ekki lengur sett mörk fyrir marshallpróf því samkvæmt Evrópustöðlum eru þau ekki gerð við framleiðslueftirlit á malbiki sem ætlað er á vegi.<sup>11</sup> Það eru þó sett fram leiðbeinandi gildi vegna malbikshönnunar.<sup>12</sup> Fyrir SL11 malbik eru þau vegna holrýmdar 1,0-3,0%; festu 5 kN eða hærra; sig 1,5-5,0 mm og hlutfallið festa/sig yfir 1,0. Sýnin í prófanasyrpunni eru flest innan þessara viðmiðunarmarka. Þó er holrúm 10% malbikssýnisins yfir viðmiðunarmörkunum og sigið á 30% sýninu.

### 4.3 Vatnsnæmiþróf

Í vatnsnæmiþrófi er borið saman kleyfnitogþol<sup>13</sup> sívalninga sem eru prófaðir þurrir og hins vegar vatnsmettaðra og gefið hve mörg prósent togþol þeirra röku eru af þeim þurru. Sívalningar voru gerðir með marshallhamri og þjappaðir 35 högg á hvorn enda.<sup>14</sup> Átta sívalningar voru gerðir af hverri blöndu og skipt í tvö sett með slembivali. Þurrir sívalningar voru prófaðir við 25°C. Þeir röku voru mettaðir við undirþrýsting í 30 mínútur en síðan hafðir í þrjá sólarhringa við 30°C þar sem grunnbikið var PG 160/220. Tveimur tímum fyrir próf var hitinn lækkaður í 25°C og sýnin prófuð við þann hita.

Samkvæmt leiðbeinandi hönnunargildum Vegagerðarinnar á vatnsnæmi með kleyfniþoli að vera jafnt eða yfir 70% í SL11 malbiki.<sup>15</sup> Niðurstöður prófana á sýnunum fjórum voru vel yfir þeim mörkum eða á bilinu 84-94% (Mynd 4, t.v.) og er engin regla í dreifingunni. Á Mynd 4 eru einnig togþolsgildin sjálf sýnd og holrúm í sívalningunum. Þeir voru opnari en marshall-

sívalningarnir vegna færri högga við þjöppun. Að frátöldu sýninu með 10% endurunnu var holrýmndin á milli 2 og 3% sem er nokkuð þétt.



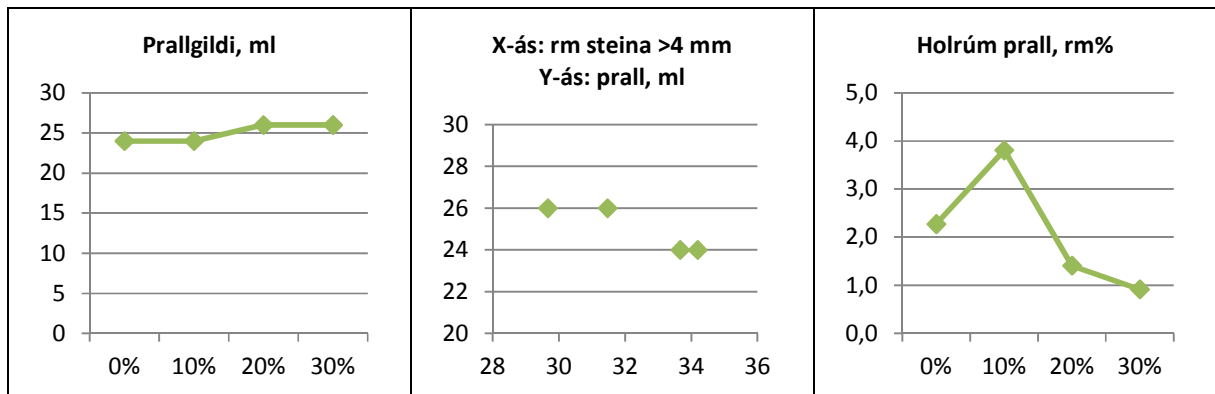
Mynd 4: Vatnsnæmiþróf með kleyfnitogþoli.

#### 4.4 Prallpróf

Prallpróf felst í því að malbikssneiðar 100 mm í þvermál og 30 mm þykkar eru barðar með 40 stálkúlum sem eru 12 mm í þvermál í 15 mínútur við 950 sveiflur á mínútu. Vatnsstraumur leikur um sýnið meða á prófi stendur. Rúmþyngd sneiðanna er mæld fyrir próf og þyngd þeirra bæði fyrir og eftir. Prall gildið er rúmmál efnisins sem slitnar mælt í ml. Gerðar eru fjórar hlutamælingar í hverju prófi.

Af hverri gerð voru útbúnir þrjár 65 mm háir sívalningar sem þjappaðir voru með marshallhamri 50 högg á hvorn enda. Með sögun fengust tvær 30 mm sneiðar úr hverjum og voru fjórar voru valdar til prófunar.

Slitþol sýnanna fjögurra mælt með þessari aðferð reyndist 24 og 26 ml. 24 ml mældust í sýninu með hreina Hólabrúarefninu og því með 10% íblöndun. Hin tvö mældust með prallgildið 26. Þetta er lítill munur og líklega ekki rétt að gera of mikið úr honum. Það má þó velta því fyrir sér hvort aukið hlutfall endurunnins biks geri malbikið heldur stökkara. Einnig gæti kornadreifingin hafa ráðið þessu en stærri hluti rúmmáls steina var yfir 4 mm í sýnunum tveimur með lægra prallgildið sem ætti að auka slitþolið. (Sbr. línuritið á miðri Mynd 5).



Mynd 5: Slitpolspróf prall.

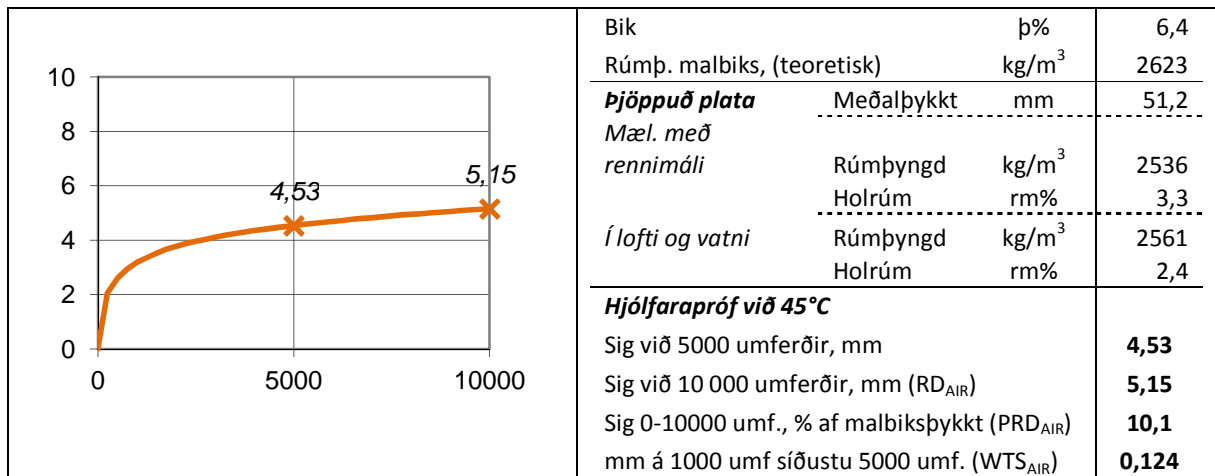
Hólabrúarefni er notað á umferðarlitlar götur og bílastæði sem fyrr segir. Vegagerðin ætlar ekki gera kröfur um prófið vegna framleiðslueftirlits heldur vegna upphafsgerðarprófana og þá aðeins þegar umferð er > 3000 ÁDU.<sup>16</sup> Til að setja prallgildin í samhengi má nefna að í fyrri rannsóknum mældist slit á SL16 malbiki með Seljadalsperlu á bilinu 14-17 ml og á SL16 með Durasplitt steinefni 17 ml.<sup>17</sup> Í öðru rannsóknaverkefni var mælt slitpól á SL11 Durasplitt með mismikilli holrým d og var það 20 og 21 ml.<sup>18</sup> Í prófuðu malbiki í þessum tveimur verkefnum var allur sáldurferillinn úr uppgefnu steinefni. Bæði þessi steinefni eru slitsterk og malbikið notað á umferðarmiklar götur. Norska vegagerðin gerir ekki kröfur til prall slitpols þegar ÁDU er undir 1500, en fyrir ÁDU 1501-3000 á prallgildið að vera að hámarki 36 ml.<sup>19</sup>

#### 4.5 Hjólfarapróf

Við hjólfarapróf er gúmmíhjólí ekið 10000 umferðir undir ákveðnu álagi við gefinn hita sem hér var 45°C. Sigmælir fylgist stöðugt dýpt hjólfarsins sem myndast. Hvert próf er samsett úr tveimur hlutasýnum.

Í þessari rannsókn var próf aðeins gert á malbikinu með 20% endurnýttu. Það var vegna þess að sú blanda er við efri mörk þess sem auðvelt er að framleiða hjá Hlaðbæ-Colas og vel umfam þau 10% sem má bæta í slitlög án sérstakra ráðstafana.

Malbiksplöturnar voru 51 mm þykkar og reyndist holrúm í þeim vera 2,4% eftir próf sem er svolítið meira en 1,7% í marshallsívalningunum. Hjólfardýpt var 5,15 mm að loknu prófi. Hallatalan ( $WTS_{AIR}$ ), sem segir til um meðaldýpkun í mm á 1000 umferðir í síðari helmingi prófsins, var 0,124.



Mynd 6 Hjólfarapróf á malbiki með 20% endurunnu.

Í aðurnefndri skýrslu um malbikspróf<sup>20</sup> kemur fram að á SL16 Seljadal með mjúku biki voru hjólförin 9,15 mm og hallatalan 0,403 mm/1000 umferðir, en 6,85 mm og 0,217 í sömu gerð með hörðu biki. Á SL16 Durasplitt sýni varð hjólfaradýpt 9,80 mm og hallatala 0,448 mm/1000 umf og í prófi á SL11 Durasplitt<sup>21</sup> voru hjólförin 6,02 mm og hallatalan 0,305 mm/1000 umferðir. Í tilvitnuðum prófum var allur sáldurferillinn úr uppgefnu steinefni.

Niðurstöðurnar eru góðar bæði á sigi og hallatölu miðað við ýmis sýni á malbiki úr stöðvum. Hugsanlega gerir endurunna efnið malbikið eitthvað stífara. Prófið var gert í rannsóknaskyni, en Vegagerðin mun ekki gera kröfur um hjólfarapróf við gerðarprófun nema malbikið sé ætlað fyrir umferð yfir 3000 ÁDU. Prófið verður heldur ekki notað sem framleiðslueftirlit.<sup>22</sup>

#### 4.6 Niðurstöður prófana

Ýmis próf voru gerð á SL11 malbiki með steinefni úr Hólabrú bæði hreinu og þremur gerðum með allt að 30% íblöndun 0-11 mm endurunnins malbiks. Áhugi er á allt að 20% blöndun en sýnið með 30% var blandað til að hafa jaðarsýni með. Allar gerðirnar voru settar í hefðbundið marshallpróf, vatnsnæmipróf og slitþolspróf prall, auk þess sem gerðar voru venjulegar mælingar á bikinnihaldi og kornadreifingu. Á malbiki með 20% endurunnu var gert hjólfarapróf.

Í prófununum kom ekkert mikilvægt fram sem gerði sýnin frábrugðin venjulegu SL11 malbiki. Þau frávik sem komu fram voru minniháttar. Fínefni í malbikinu með 20 og 30% var ofan efri marka Vegagerðarinnar en frávikkið var innan við 1%. Holrýmnd var yfir 3% í 10% malbikinu og marshallsig í malbikinu með 30% endurunnu var of hátt.

Niðurstöður úr hjólfaraprófi á malbikinu með 20% endurunnu voru góðar en sig var 5,15 mm og hallatala síðari 5000 umferðanna var 0,124 mm/1000 umferðir.

Þetta eru niðurstöður prófana á fjórum stökum sýnum úr malbikunarstöð og má búast við frávikum sem jöfnuðust í lengri framleiðslusyrpu eða mætti laga með breytingum á uppskriftum.

### 5. Lokaorð

Það malbik sem rannsakað var í þessu verkefni með allt 30% endurunnu efni stenst nær allar venjulegar körfur fyrir þá þætti sem prófaðir voru. Frávik voru óveruleg. Kröfur til slitlags á vegum leyfa ekki meira en 10% endurinnið án þess að bindefni í því endurnýtta sé prófað sérstaklega. Það er umhendis nú hérlendis. Malbik með yfir 10% endurunnu gæti hentað annars staða en á vegi s.s. bílastæði án prófana á bindiefninu. Hafa ber þó í huga að í þessu verkefni voru engin próf gerð á veðrunarþoli eða öðrum þáttum sem hafa áhrif á endingu til langs tíma.

### Heimildir

- <sup>1</sup> Lars Forstén (ritsj.): Grænt malbk. Norræna vegasambandið, NVF, 2012.
- <sup>2</sup> Byggt að mestu á: Hellman o.fl. (2011): Svenska erfarenheter av rivning samt återvinning av vägmaterial i nya vägar. VTI og SGI. — Sum atriði eru komin frá heimasíðum malbikunarstöðva.
- <sup>3</sup> Stuðst við: Copeland, A (2011): Reclaimed Asphalt Pavement í Asphalt Mixtures: State of Practice. — Federal Highway Administration VA, USA; Report no.FHWA-HRT-11-021. — Einnig yfirlit eða glærusafn frá fjórða vinnuhópi Direct MAT hjá FEHRL (Forum of European National Highway Research Laboratories) . Mollenhauer, K (2011): Direct MAT final Workshop. Brussels 18 oct. 2011. Best practices for dismantling and recycling road materials. WP4 asphalt.
- <sup>4</sup> NVF Udvalg belægninger. Islandsk nævn. Hovedemne 2011. Genbrug. — Birt í: Jostein Aksnes (ritstj): Gjenbruk, rapport fra årsmøte 2011 for utvalg Belegninger. NVF-rapporter, nr. 5/2011. [www.nvfnorden.org]
- <sup>5</sup> Gunnar Örn Haraldsson og Sigbór Sigurðsson (2012): Kaldblandað malbik með 100% endurunnu malbiki. Rannsóknaverkefni. Ágrip fyrir ráðstefnu 9. nóvember 2012. — Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas hf.
- <sup>6</sup> Vegagerðin (2013): Efnisrannsóknir og efniskröfur. Kafli 6: Slitlag. Bls. 6-53.
- <sup>7</sup> ÍST EN 13108-1:2006, Bituminous mixtures – Material specifications – Part 1: Asphalt Concrete.
- <sup>8</sup> Í febrúar 2013 voru ekki tæki til að enduvinna bik úr malbiki hjá Nýsköpunarmiðstöð, Hlaðbær-Colas eða Fjölveri ehf.
- <sup>9</sup> Vegagerðin (2013): Efnisrannsóknir og efniskröfur. Viðauki 1. Lýsing á prófunaraðferðum.
- <sup>10</sup> Vegagerðin (2013): Efnisrannsóknir og efniskröfur. Kafli 6: Slitlag. Bls. 6-87.
- <sup>11</sup> Vegagerðin (2013): Efnisrannsóknir og efniskröfur. Kafli 6: Slitlag. Bls. 6-84.
- <sup>12</sup> Vegagerðin (2013): Efnisrannsóknir og efniskröfur. Kafli 6: Slitlag. Bls. 6-96.
- <sup>13</sup> Indirect tensile strength. Staðall: ÍST EN 12697-23:2003, Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 12: Determination of the indirect tensile strength of bituminous specimens.
- <sup>14</sup> Aðferðin sem hér er lýst er samkvæmt Evrópustaðli um vatnsnæmipróf.\* Endanleg ákvörðun hefur ekki verið tekin um hvernig einstakir þætti staðalsins verða útfærðir hérlendis, en stuðst var við umræðudrög. - \*ÍST EN 12697-12:2008, Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 12: Determination of the water sensitivity of bituminous specimens. Method A.
- <sup>15</sup> Vegagerðin (2013): Efnisrannsóknir og efniskröfur. Kafli 6: Slitlag. Bls. 6-96.
- <sup>16</sup> Vegagerðin (2013): Efnisrannsóknir og efniskröfur. Kafli 6: Slitlag. Bls. 6-75.
- <sup>17</sup> Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson (2010): Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður. Áfangaskýrsla II. — Nýsköpunarmiðstöð Íslands.
- <sup>18</sup> Arnþór Óli Arason og Pétur Pétursson (2011): Samanburður á slit- og skriðeiginleikum íslensks malbiks. Mat á eiginleikum malbiks fyrir íslenskar aðstæður. Áfangaskýrsla III. — Nýsköpunarmiðstöð Íslands.
- <sup>19</sup> Statens vegvesen (2011): Håndbok 018; Vegbygging. Kafli 303.223.
- <sup>20</sup> Sjá nr. 17.
- <sup>21</sup> Sjá nr. 18
- <sup>22</sup> Vegagerðin (2013): Efnisrannsóknir og efniskröfur. Kafli 6: Slitlag. Bls. 6-75.

# **Próf á malbiki með endurunnu malbiki**

**Viðauki 1**

**Niðurstöðurlöð**



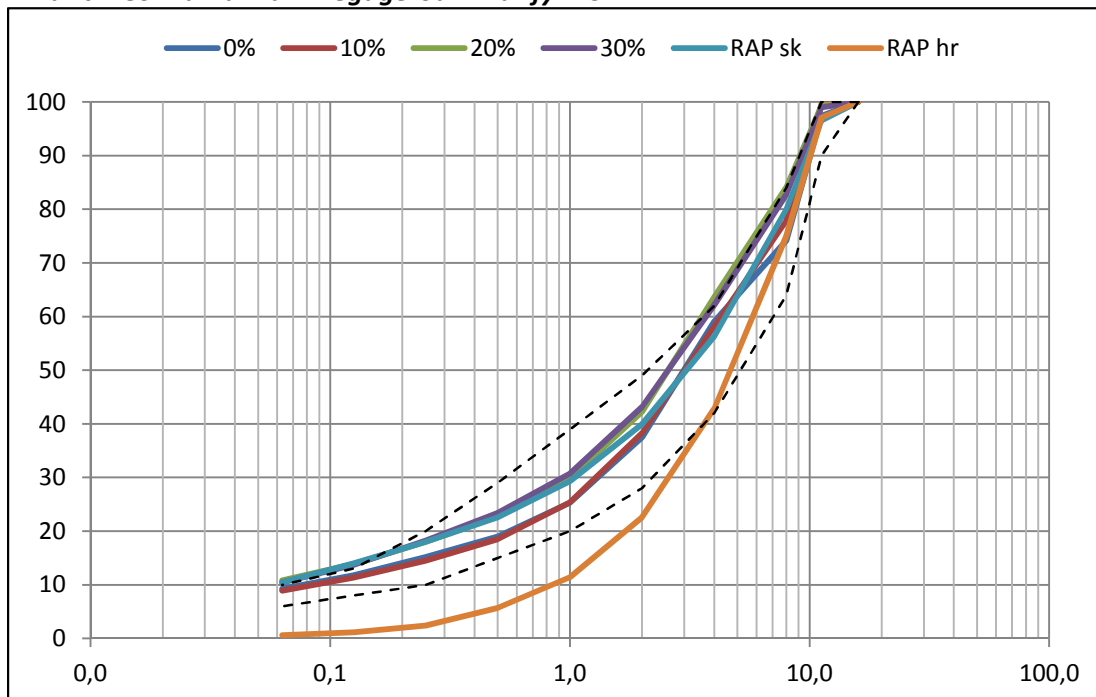
## Prófanir á malbiki með endurunnu biki

### Bik og kornadreifing í skoluðum sýnum

og hráefninu óskoluðu

	0%	10%	20%	30%	RAP sk Skolað	RAP hr Hráefnið
<b>Bik:</b>	<b>6,2%</b>	<b>5,9%</b>	<b>6,4%</b>	<b>6,4%</b>	<b>4,8%</b>	-
Sáldur, %						
mm						
16,0	100	100	100	100	100	100
11,2	97	100	99	99	97	97
8,0	74	78	84	83	80	75
4,0	59	58	64	62	56	43
2,0	37	38	42	43	40	23
1,0	25	25	30	31	29	11
0,5	19	18	23	23	23	6
0,25	15	15	18	18	18	2
0,125	12	11	14	14	14	1
0,063	9,2	8,9	10,8	10,4	10,5	0,6

#### Línurit með markalínunum Vegagerðarinnar fyrir SL11



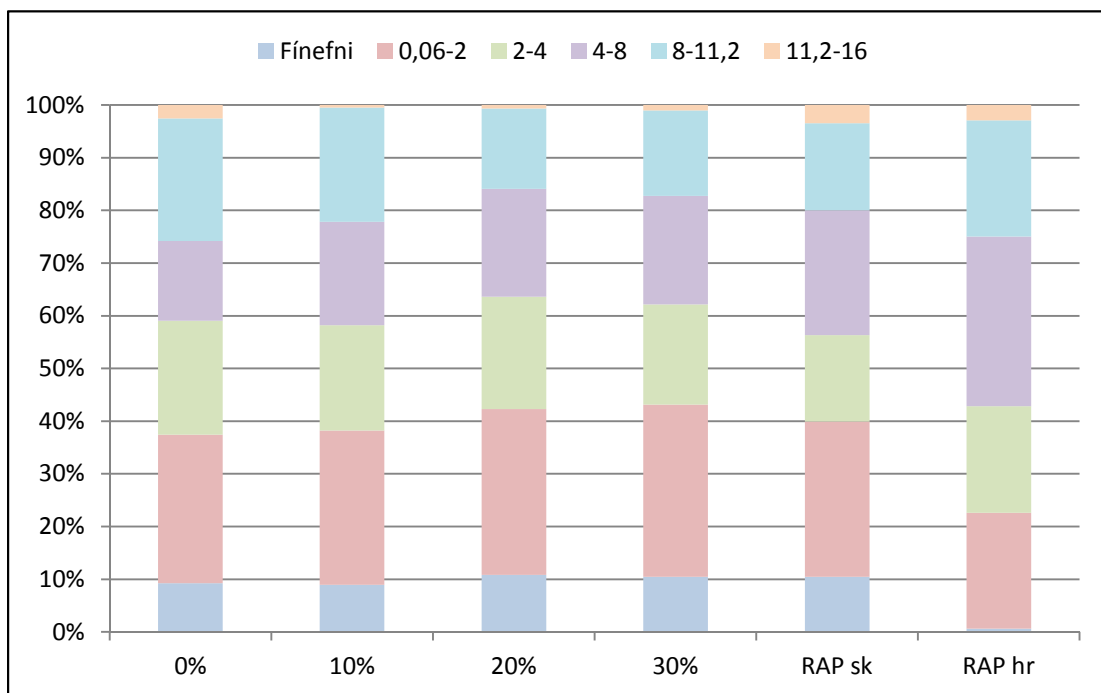


## Prófanir á malbiki með endurunnu biki

### Bik og kornadreifing í skoluðum sýnum og hráefninu óskoluðu

#### Stærðarflokkar

	0%	10%	20%	30%	RAP sk Skolað	RAP hr Hráefnið
<b>Bik:</b>	<b>6,2%</b>	<b>5,9%</b>	<b>6,4%</b>	<b>6,4%</b>	<b>4,8%</b>	-
<i>mm</i>						
Fínefni	9	9	11	10	10	1
0,06-2	28	29	31	33	29	22
2-4	22	20	21	19	16	20
4-8	15	20	20	21	24	32
8-11,2	23	22	15	16	17	22
11,2-16	3	0	1	1	3	3



Prófanir á malbiki með endurunnu biki  
**Útreikningar á holrýmd sívalninga o.fl.**

	<b>Marshall (2*50 högg)</b>				<b>Prall (2*50 högg)</b>				<b>Vatnsnæmi (2*35 högg)</b>				0-11 RAP
	0% RAP	10% RAP	20% RAP	30% RAP	0% RAP	10% RAP	20% RAP	30% RAP	0% RAP	10% RAP	20% RAP	30% RAP	
<b>Mælt eða gefið</b>													
Bik %massa	6,2	5,9	6,4	6,4	6,2	5,9	6,4	6,4	6,2	5,9	6,4	6,4	4,8
Rþ. malbiks, kg/m <sup>3</sup>	2639	2651	2624	2616	2639	2651	2624	2616	2639	2651	2624	2616	2683
Rþ. sívalninga, kg/m <sup>3</sup>	2579	2554	2580	2585	2579	2544	2581	2590	2554	2502	2546	2562	
Rþ. biks, kg/m <sup>3</sup>	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
<b>Reiknað</b>													
Rþ steina, kg/m <sup>3</sup>	2948	2946	2940	2929	2948	2946	2940	2929	2948	2946	2940	2929	2923
Rm biks, rm%	15,7	14,8	16,2	16,2	15,7	14,7	16,2	16,3	15,5	14,5	16,0	16,1	
Rm steina, rm%	82,1	81,6	82,1	82,6	82,1	81,2	82,2	82,8	81,3	79,9	81,1	81,9	
Rm lofts, rm%	2,3	3,7	1,7	1,2	2,3	4,0	1,6	1,0	3,2	5,6	3,0	2,1	
Bikfylling [1]	87,3	80,1	90,6	93,2	87,3	78,5	90,8	94,2	82,8	72,0	84,3	88,6	

[1] Bikfylling gefur hve mörg prósent bik fyllir af holrúmi í steingrind (sem er 100-Rm steina).



## Kornastærðir í malbiki

Verkefni:

Próf á malbiki með endurunnu biki

Fyrir:

Nýsköpunarmiðstöð

Framleiðandi:

Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas hf.

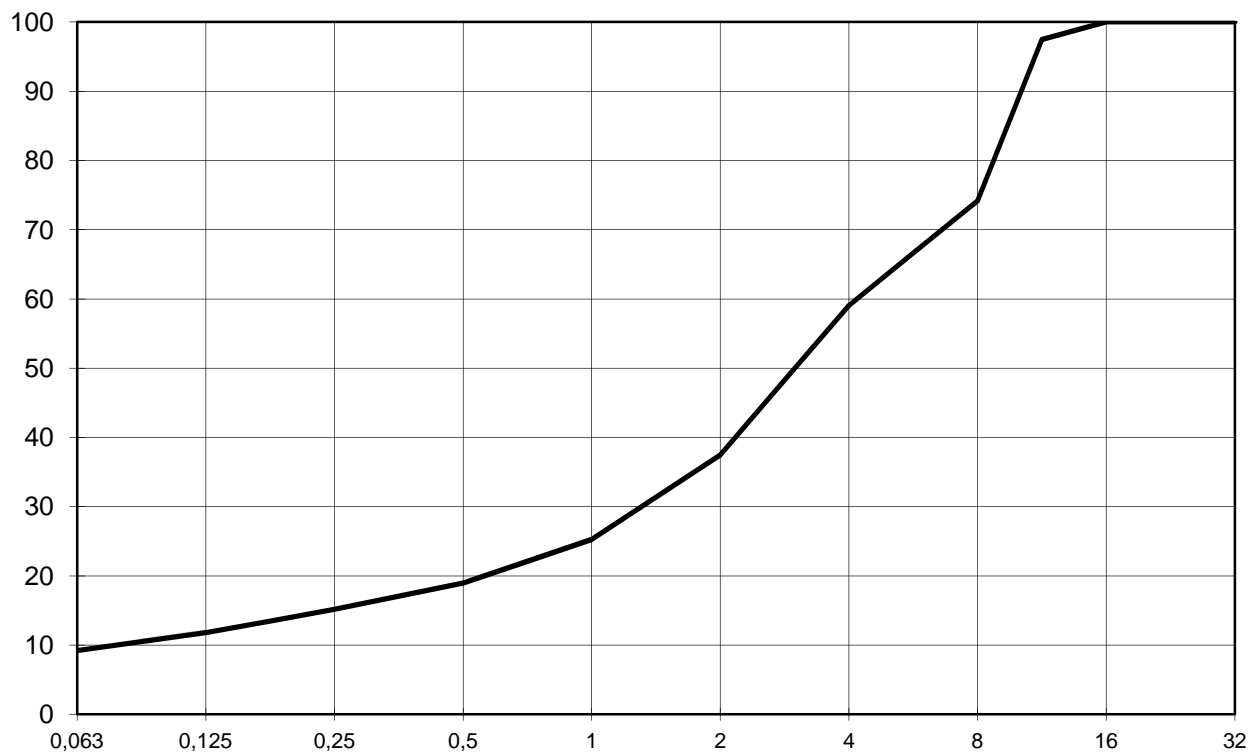
Merki:

SL11 Hólabrú (venjulegt) - Framleitt 29. febrúar 2012

Til samanburðar

Bakki (tara), (g):		Malbik í skilv. (g)			Purrt +bakki (g):		Asfaltinnihald (mælt)					Purrt steinefni (g)	
387,4		1243,5			1553,8		6,2%					1166,4	
Möskv. Þyngd (g)	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	0	0	0	30	301	477	729	872	945	989	1029	1059	1163,0
Sáldur.%	100,0	100,0	100,0	97,5	74,2	59,1	37,5	25,3	19,0	15,2	11,8	9,2	

Purrsigtun





## Rannsókn á malbiki

Rannsókn nr.	2MR12004
Dags.	2012-06-19
Framkv. af	AÓA

Verkefni:

**Próf á malbiki með endurunnu biki**

Fyrir:

**Nýsköpunarmiðstöð**

Framleiðandi:

**Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas hf.**

Merki:

**SL11 Hólabrú (venjulegt) - Framleitt 29. febrúar 2012**  
**Til samanburðar**

### Mæling á asfaltprósentu:

Malbik fyrir purrkun (g)	Malbik án raka í skilvindu (g)	Þvegið steinefni og bakki (g)	Bakki (g)	Asfalt þvegið úr (g)	Asfalt (a) %
	1243,5	1553,8	387,4	77,1	6,2

### Mæling á rúmpýngd malbiks:

Flaska nr.	°C	Lofntæming (mínútur)	Flaska full af vatni (g)	Malbik í flösku (g)	Flaska með malbiki full af vatni (g)	Vatn sem malbikið ryður úr flösku (g)	Rúmp malbiks (f) (kg/m <sup>3</sup> )
A11	22	16	3203,6	1712,6	4267,3	648,9	2639

### Marshallpróf:

Sívaln.	Þýngd kjarna (g)			Rúmmál	Rúmpýngd	Festa (kN)		Sig
merki	Vatnshiti við vigtun, °C		23	cm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	Mæld	Leiðrétt	(mm)
	í lofti	í vatni	ybp.					
1	1307,9	802,6	1309,4	507,9	2575	10,06	10,4	3,9
2	1305,6	801,6	1306,5	506,0	2580	10,56	11,0	3,9
3	1308,9	804,0	1309,8	506,9	2582	11,61	12,0	5,0
Meðaltal:				506,9	2579		11,1	4,3
				Reiknað rúmmál í meðaltali marshall sívalninga, m <sup>3</sup>		Hlutfall festa/sig		2,6
				kg/m <sup>3</sup>	Bik (asfalt)			15,7
Kornarúmp. steinefna reiknast:				2949	Fylliefni			82,0
Reiknað er með rúmpýngd asfalts:				1020	Holrýmd			2,3

Þjöppunarhitastig í Marshallprófi: 136 °C

Hitastig er sýnið var tekið: °C

Sýnið er aðsent. Hitað á ný fyrir þjöppun.



## Kornastærðir í malbiki

Verkefni:

Próf á malbiki með endurunnu biki

Fyrir:

Nýsköpunarmiðstöð

Framleiðandi:

Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas hf.

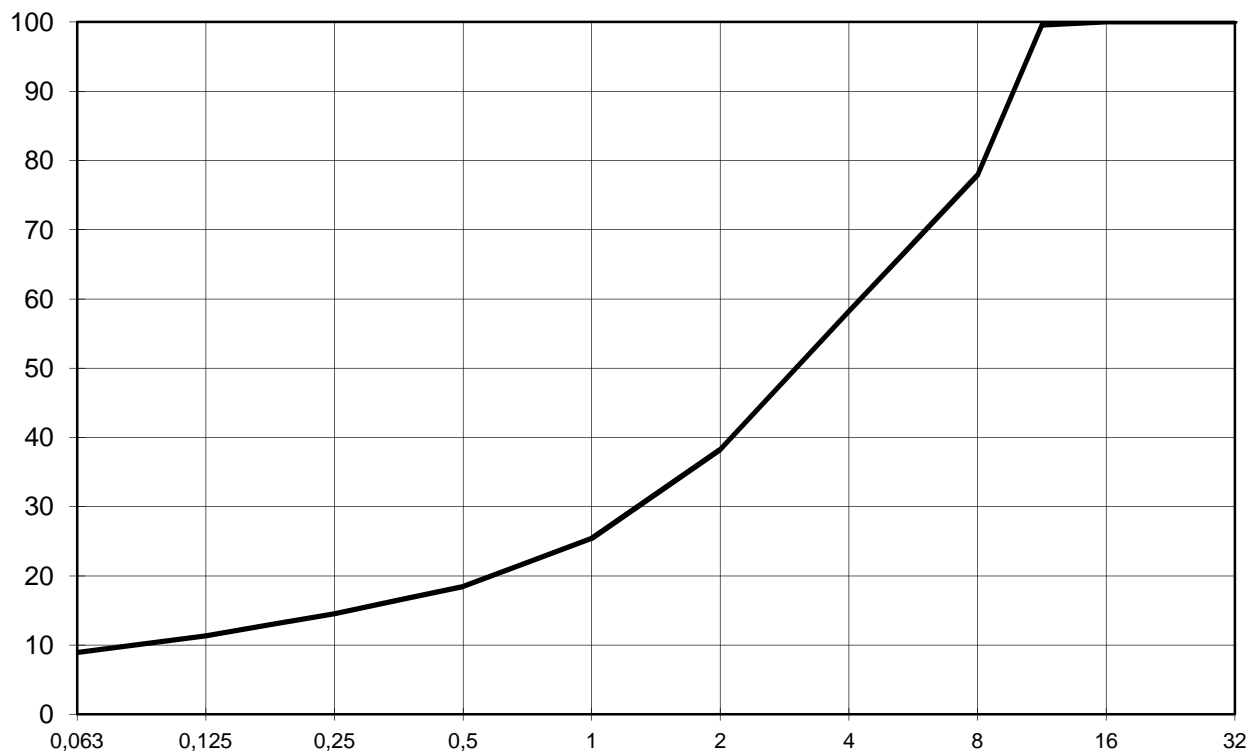
Merki:

SL11 Hólabrú með 10% endurunnu - Framleitt 11. maí 2012

Sýni af venjulegri framleiðslu.

Bakki (tara), (g):		Malbik í skilv. (g)			Purr +bakki (g):		Asfaltinnihald (mælt)					Purr steinefni (g)	
387,5		1204,3			1521,1		5,9%					1133,6	
Möskv. Þyngd (g)	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	0	0	0	5	251	474	700	846	924	969	1005	1032	1129,4
Sáldur.%	100,0	100,0	100,0	99,5	77,9	58,2	38,2	25,4	18,5	14,5	11,4	8,9	

Purrsigtun





## Rannsókn á malbiki

Rannsókn nr. **2MR12004**

Dags. **2012-06-19**

Framkv. af **AÓA**

Verkefni:

**Próf á malbiki með endurunnu biki**

Fyrir:

**Nýsköpunarmiðstöð**

Framleiðandi:

**Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas hf.**

Merki:

**SL11 Hólabrú með 10% endurunnu - Framleitt 11. maí 2012**

**Sýni af venjulegri framleiðslu.**

### Mæling á asfaltprósentu:

Malbik fyrir purrkun (g)	Malbik án raka í skilvindu (g)	Þvegið steinefni og bakki (g)	Bakki (g)	Asfalt þvegið úr (g)	Asfalt (a) %
	<b>1204,3</b>	<b>1521,1</b>	<b>387,5</b>	<b>70,7</b>	<b>5,9</b>

### Mæling á rúmpýngd malbiks:

Flaska nr.	°C	Lofntæming (mínútur)	Flaska full af vatni (g)	Malbik í flösku (g)	Flaska með malbiki full af vatni (g)	Vatn sem malbikið ryður úr flösku (g)	Rúmp malbiks (f) (kg/m <sup>3</sup> )
<b>A2</b>	<b>22</b>	<b>16</b>	<b>3126,9</b>	<b>1692,3</b>	<b>4180,8</b>	<b>638,4</b>	<b>2651</b>

### Marshallpróf:

Sívaln.	Þyngd kjarna (g)			Rúmmál	Rúmpýngd	Festa (kN)		Sig
merki	Vatnshiti við vigtun, °C			cm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	Mæld	Leiðrétt	(mm)
	í lofti	í vatni	ybp.					
11	<b>1311,1</b>	<b>800,5</b>	<b>1312,4</b>	<b>513,0</b>	<b>2556</b>	<b>11,27</b>	<b>11,4</b>	<b>4,4</b>
12	<b>1306,3</b>	<b>798,3</b>	<b>1307,5</b>	<b>510,3</b>	<b>2560</b>	<b>11,15</b>	<b>11,4</b>	<b>4,0</b>
13	<b>1305,9</b>	<b>796,7</b>	<b>1307,1</b>	<b>511,5</b>	<b>2553</b>	<b>10,66</b>	<b>10,9</b>	<b>3,9</b>
Meðaltal:				<b>511,6</b>	<b>2556</b>		<b>11,2</b>	<b>4,1</b>
				Reiknað rúmmál í meðaltali marshall sívalninga, m <sup>3</sup>		Hlutfall festa/sig		<b>2,7</b>
				kg/m <sup>3</sup>	Bik (asfalt)			<b>14,7</b>
Kornarúmp. steinefna reiknast:				<b>2944</b>	Fylliefni			<b>81,7</b>
Reiknað er með rúmpýngd asfalts:				<b>1020</b>	Holrýmd			<b>3,6</b>

Þjöppunarhitastig í Marshallprófi: **137 °C**

Hitastig er sýnið var tekið: **°C**

**Sýnið er aðsent. Hitað á ný fyrir þjöppun.**



## Kornastærðir í malbiki

Verkefni:

Próf á malbiki með endurunnu biki

Fyrir:

Nýsköpunarmiðstöð

Framleiðandi:

Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas hf.

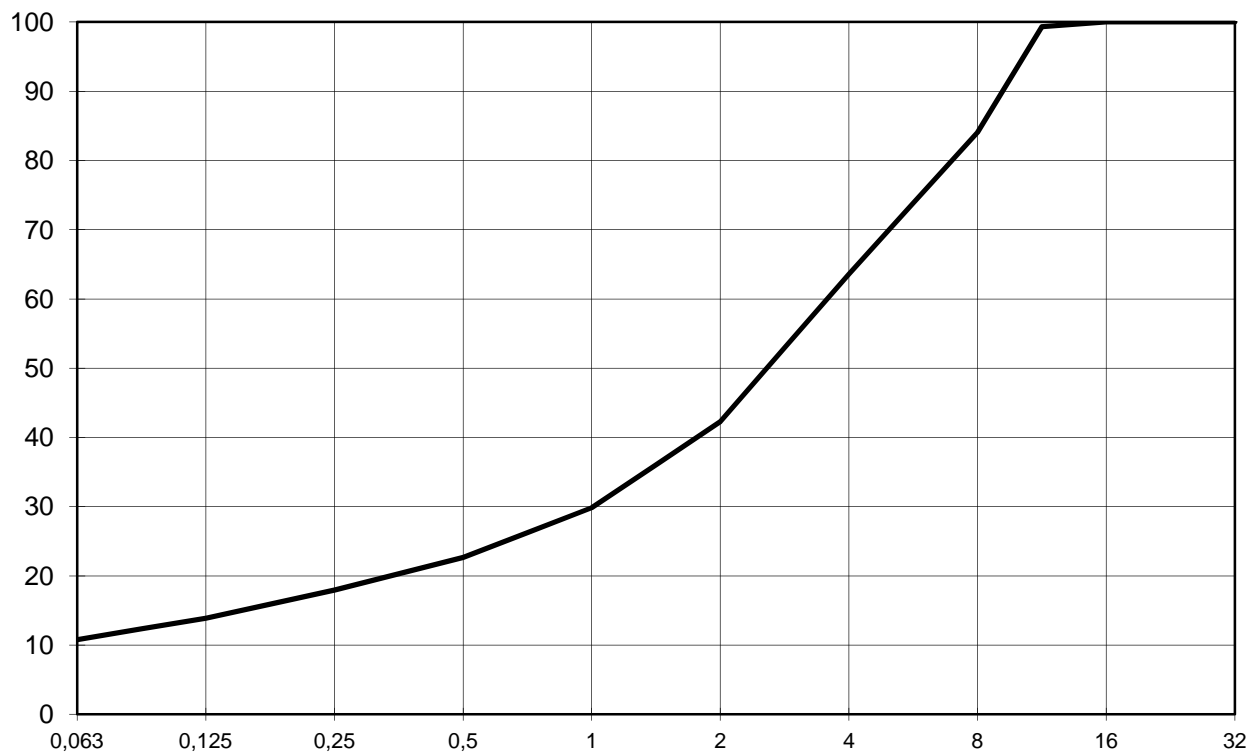
Merki:

SL11 Hólabrú með 20% endurunnu - Framleitt 15. maí 2012

Sýni af tilraunablöndu vegna verkefnisins.

Bakki (tara), (g):		Malbik í skilv. (g)			Purrt +bakki (g):		Asfaltinnihald (mælt)					Purrt steinefni (g)	
391,5		1235,3			1548,0		6,4%					1156,5	
Möskv. Þyngd (g)	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	0	0	0	8	184	421	668	812	894	949	996	1032	1154,6
Sáldur.%	100,0	100,0	100,0	99,3	84,1	63,6	42,3	29,8	22,7	17,9	13,9	10,8	

Purrsigtun







## Rannsókn á malbiki

Rannsókn nr. **2MR12004**

Dags. **2012-06-19**

Framkv. af **AÓA**

Verkefni:

**Próf á malbiki með endurunnu biki**

Fyrir:

**Nýsköpunarmiðstöð**

Framleiðandi:

**Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas hf.**

Merki:

**SL11 Hólabrú með 20% endurunnu - Framleitt 15. maí 2012**

**Sýni af tilraunablöndu vegna verkefnisins.**

### Mæling á asfaltprósentu:

Malbik fyrir purrkun (g)	Malbik án raka í skilvindu (g)	Þvegið steinefni og bakki (g)	Bakki (g)	Asfalt þvegið úr (g)	Asfalt (a) %
	<b>1235,3</b>	<b>1548,0</b>	<b>391,5</b>	<b>78,8</b>	<b>6,4</b>

### Mæling á rúmpýngd malbiks:

Flaska nr.	°C	Löfttæming (mínútur)	Flaska full af vatni (g)	Malbik í flösku (g)	Flaska með malbiki full af vatni (g)	Vatn sem malbikið ryður úr flösku (g)	Rúmp malbiks (f) (kg/m <sup>3</sup> )
<b>A2</b>	<b>22</b>	<b>17</b>	<b>3126,9</b>	<b>1604,8</b>	<b>4119,8</b>	<b>611,9</b>	<b>2623</b>
<b>A11</b>	<b>22</b>	<b>17</b>	<b>3203,6</b>	<b>1679,5</b>	<b>4243,0</b>	<b>640,1</b>	<b>2624</b>
Meðaltal:						<b>2623</b>	

### Marshallpróf:

Sívaln.	Þýngd kjarna (g)			Rúmmál	Rúmpýngd	Festa (kN)		Sig
merki	Vatnshiti við vigtun, °C			cm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	Mæld	Leiðrétt	(mm)
	í lofti	í vatni	ybb.					
<b>21</b>	<b>1307,1</b>	<b>802,1</b>	<b>1307,8</b>	<b>506,8</b>	<b>2579</b>	<b>10,28</b>	<b>10,6</b>	<b>5,2</b>
<b>22</b>	<b>1305,7</b>	<b>801,4</b>	<b>1306,2</b>	<b>505,9</b>	<b>2581</b>	<b>11,23</b>	<b>11,7</b>	<b>5,4</b>
<b>23</b>	<b>1308,6</b>	<b>804,0</b>	<b>1309,5</b>	<b>506,6</b>	<b>2583</b>	<b>11,35</b>	<b>11,8</b>	<b>4,5</b>
Meðaltal:				<b>506,4</b>	<b>2581</b>		<b>11,4</b>	<b>5,0</b>
				Reiknað rúmmál í meðaltali marshall sívalninga, rm%		Hlutfall festa/sig		<b>2,3</b>
				kg/m <sup>3</sup>	<b>Bik (asfalt)</b>			<b>16,1</b>
Kornarúmp. steinefna reiknast:				<b>2938</b>	<b>Fylliefni</b>			<b>82,2</b>
Reiknað er með rúmpýngd asfalts:				<b>1020</b>	<b>Holrýmd</b>			<b>1,6</b>

Þjöppunarhitastig í Marshallprófi: **133 °C**

Hitastig er sýnið var tekið: **°C**

**Sýnið er aðsent. Hitað á ný fyrir þjöppun.**



## Kornastærðir í malbiki

Verkefni:

Próf á malbiki með endurunnu biki

Fyrir:

Nýsköpunarmiðstöð

Framleiðandi:

Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas hf.

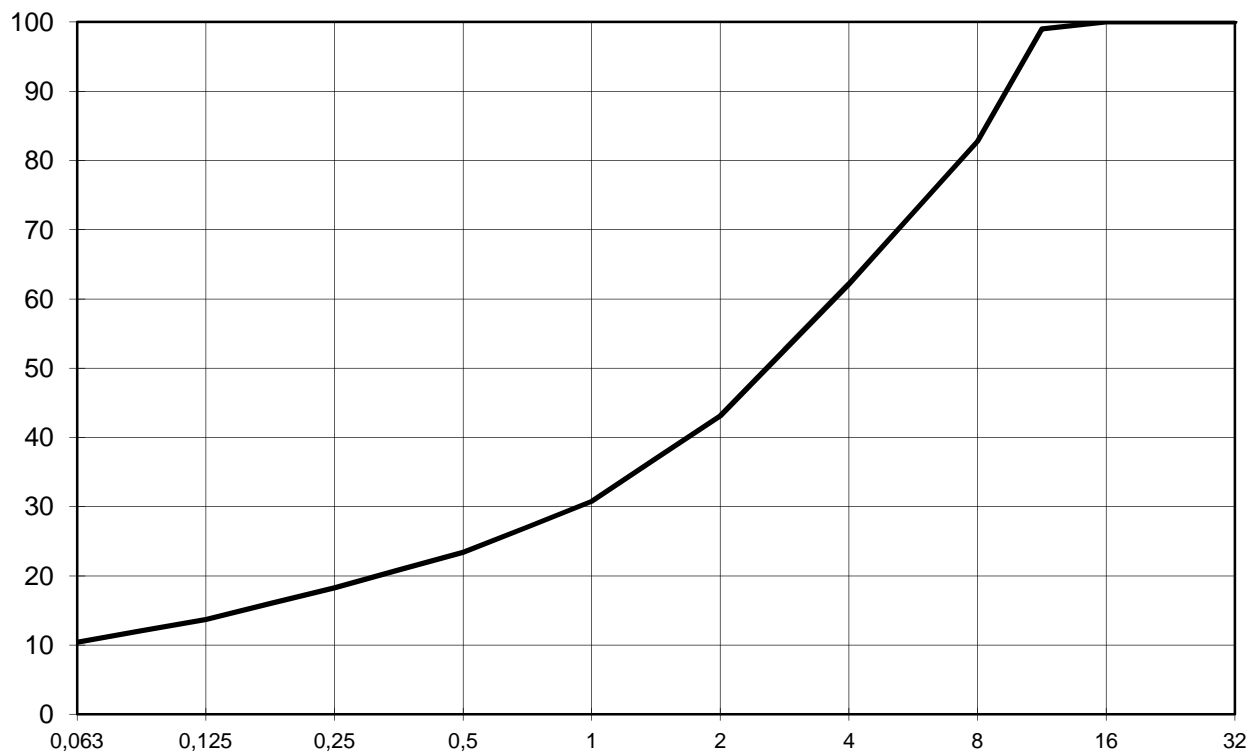
Merki:

SL11 Hólabrú með 30% endurunnu - Framleitt 15. maí 2012

Sýni af tilraunablöndu vegna verkefnisins.

Bakki (tara), (g):		Malbik í skilv. (g)			Purr +bakki (g):		Asfaltinnihald (mælt)					Purr steinefni (g)	
387,5		1247,0			1554,1		6,4%					1166,6	
Möskv. Þyngd (g)	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	0	0	0	12	201	441	664	808	894	953	1007	1045	1161,4
Sáldur.%	100,0	100,0	100,0	99,0	82,8	62,2	43,1	30,7	23,4	18,3	13,7	10,4	

Purrsigtun





## Rannsókn á malbiki

Rannsókn nr.	2MR12004
Dags.	2012-06-19
Framkv. af	AÓA

Verkefni:

**Próf á malbiki með endurunnu biki**

Fyrir:

**Nýsköpunarmiðstöð**

Framleiðandi:

**Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas hf.**

Merki:

**SL11 Hólabrú með 30% endurunnu - Framleitt 15. maí 2012**  
**Sýni af tilraunablöndu vegna verkefnisins.**

### Mæling á asfaltprósentu:

Malbik fyrir purrkun (g)	Malbik án raka í skilvindu (g)	Þvegið steinefni og bakki (g)	Bakki (g)	Asfalt þvegið úr (g)	Asfalt (a) %
	1247,0	1554,1	387,5	80,4	6,4

### Mæling á rúmpýngd malbiks:

Flaska nr.	°C	Löfttæming (mínútur)	Flaska full af vatni (g)	Malbik í flösku (g)	Flaska með malbiki full af vatni (g)	Vatn sem malbikið ryður úr flösku (g)	Rúmp malbiks (f) (kg/m <sup>3</sup> )
A2	21	17	3127,3	1628,2	4133,4	622,1	2617
A11	21	17	3204,1	1625,7	4208,1	621,7	2615
Meðaltal:							2616

### Marshallpróf:

Sívaln.	Þýngd kjarna (g)			Rúmmál	Rúmpýngd	Festa (kN)		Sig
merki	Vatnshiti við vigtun, °C		21	cm <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	Mæld	Leiðrétt	(mm)
	í lofti	í vatni	ybp.					
31	1309,1	804,2	1309,4	506,2	2586	10,95	11,4	4,9
32	1302,0	799,7	1302,5	503,8	2585	11,17	11,7	4,9
33	1304,2	801,1	1304,6	504,5	2585	11,36	11,8	5,8
Meðaltal:				504,8	2585		11,6	5,2
				Reiknað rúmmál í meðaltali marshall sívalninga, rm%		Hlutfall festa/sig		2,2
			kg/m <sup>3</sup>	Bik (asfalt)	16,3			
Kornarúmp. steinefna reiknast:			2932	Fylliefni	82,5			
Reiknað er með rúmpýngd asfalts:			1020	Holrýmd	1,2			

Þjöppunarhitastig í Marshallprófi: 135 °C

Hitastig er sýnið var tekið: °C

Sýnið er aðsent. Hitað á ný fyrir þjöppun.



Rannsókn nr	2MR12004
Dags.	2012-06-14
Framkv. af	AÓA

## Kornastærðir í malbiki

Verkefni:

Próf á malbiki með endurunnu biki

Fyrir:

Nýsköpunarmiðstöð

Framleiðandi:

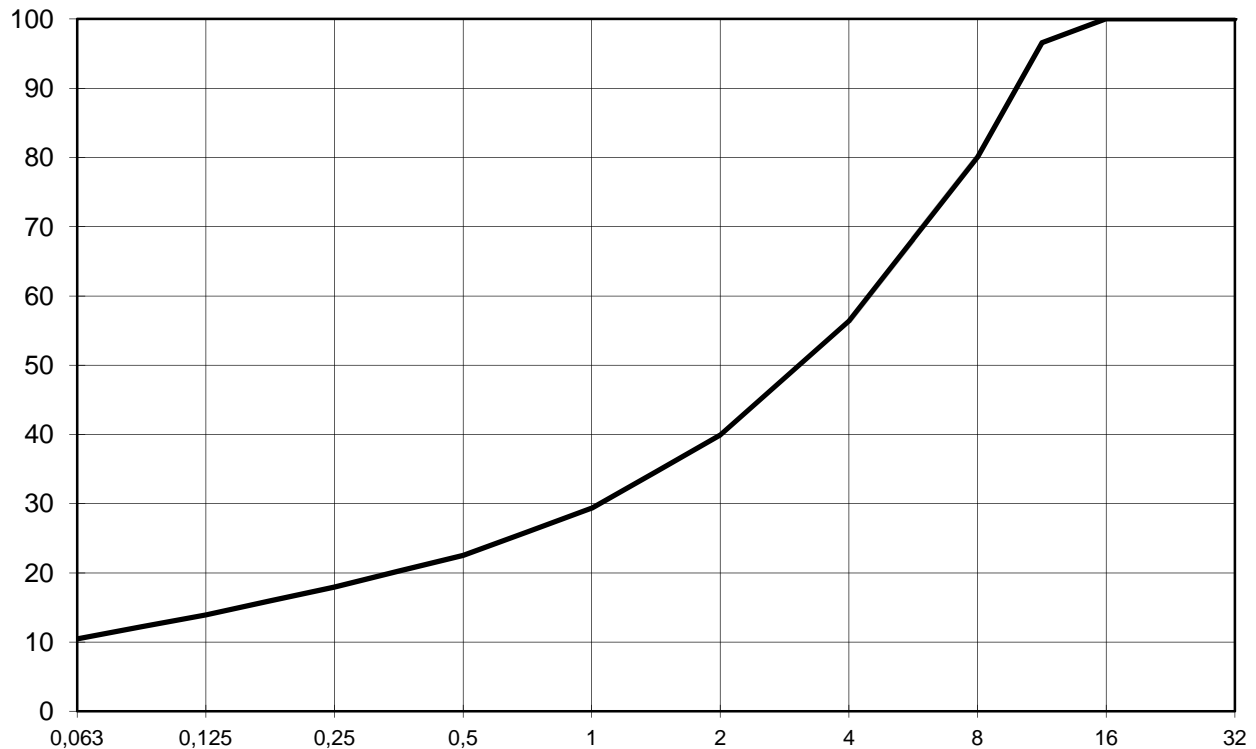
Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas hf.

Merki:

0-11 mm RAP / endurinnið malbik  
Sýni af hráefninu.

Bakki (tara), (g):		Malbik í skilv. (g)			Purrt +bakki (g):		Asfaltinnihald (mælt)					Purrt steinefni (g)	
391,4		1242,2			1574,4		4,8%					1183,0	
Möskv. Þyngd (g)	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	0	0	0	41	236	516	711	836	916	971	1018	1059	1179,5
Sáldur.%	100,0	100,0	100,0	96,6	80,0	56,4	39,9	29,3	22,6	17,9	13,9	10,5	

Purrsigtun





## Kornastærðir í malbiki

Verkefni:

Próf á malbiki með endurunnu biki

Fyrir:

Nýsköpunarmiðstöð

Framleiðandi:

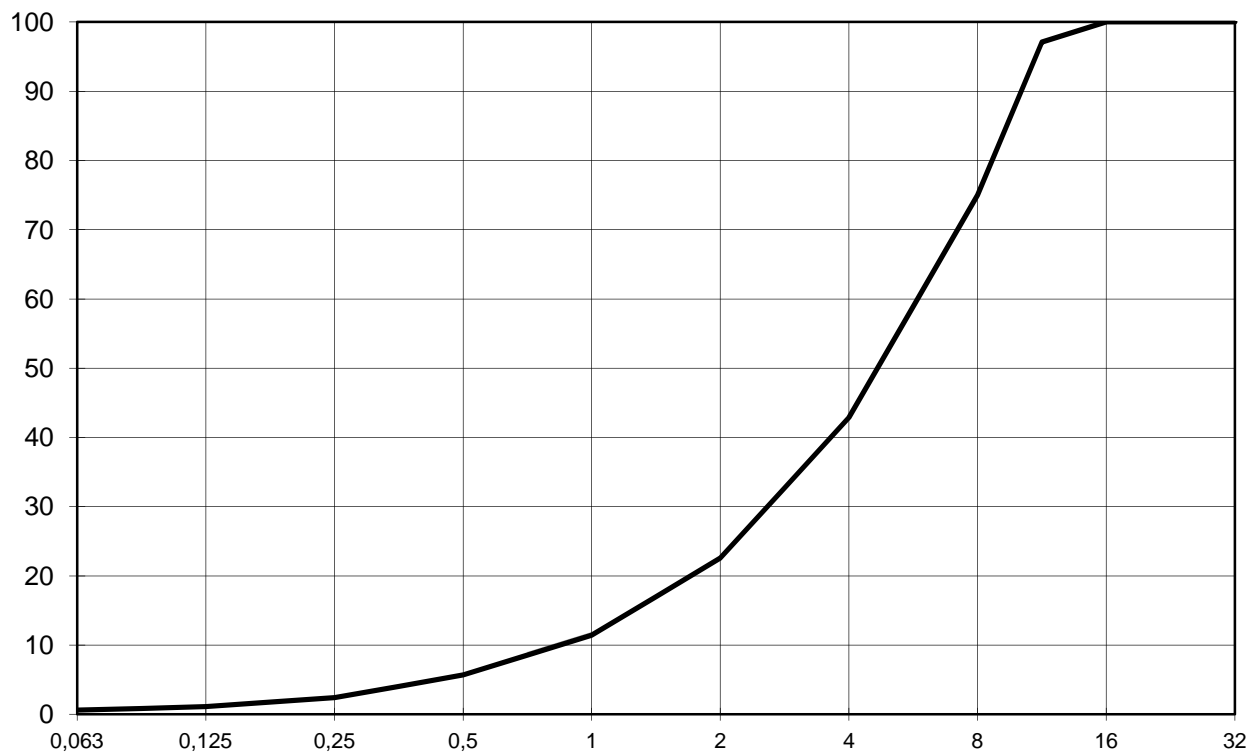
Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas hf.

Merki:

0-11 mm RAP / endurinnið malbik  
Sýni af hráefninu án bikskolunar

Bakki (tara), (g):	Malbik í skilv. (g)			Purrt +bakki (g):		Asfaltinnihald (mælt)					Purrt steinefni (g)		
0,0	1258,6			1258,6		0,0%					1258,6		
Möskv. Þyngd (g)	32	22,4	16	11,2	8	4	2	1	0,5	0,25	0,125	0,063	botn
	0	0	0	36	314	719	974	1115	1187	1228	1244	1251	1258,6
Sáldur.%	100,0	100,0	100,0	97,1	75,0	42,9	22,6	11,4	5,7	2,4	1,1	0,6	

Purrsigtun





**Prófanir á malbiki með endurunnu biki**  
**Vatnsnæmi malbiks skv. ÍST EN 12697-12:2008. Aðferð A**

**Um sívalningana:**

Malbikið var framleitt af Malbikunarstöðinni Hlaðbæ Colas. Það er að grunni til SL11 Hólabrú með biki 160/220. Prófað var malbik án endurunnins bik (RAP) og með 10, 20 og 30% viðbót.

Átta sívalningar af hverri gerð voru þjappaðir með Marshallhamri 2\*35 högg í samræmi við kafla 6.1.1.4. Fjórir sívalningar voru mettaðir samkvæmt staðli og hafðir 72 tíma í vatnsbaði við 30°C. Prófhiti allra var 25°C eftir um 3 tíma temprun.

**Útreikningar o.fl.**

Kleyfnitogþol:  $ITS=2*P/(pi*D*H)$

ITS= kleyfnitogþol, GPa (Hér gefið sem kPa=1/10<sup>6</sup> GPa); w=vot/d=þurr

P= mesta brotálag, kN; D= þvermál sýnis, mm; H= hæð sýnis, mm

Togþolshlutfall (Indirect tensile strength ratio):  $ITSR = 100 * ITS_w/ITS_d$

Brotlína í kjarna: Hrein (clear tensile break). - Aflöguð (deformation) - Blönduð (combination)

**Niðurstöður prófs**

Sívaln- ingar	þur Vot	Brot- álag kN	Brot- lína	Hæð mm	þvermál mm	ITS, kleyfnitogþol Stakar kPa	Meðal	ITSR Hlutfalls- prósenta
<b>SL11 Hólabrú, venjulegt (0% RAP).</b>								
42	p	7,42	B	63,6	101,8	730		
44	p	7,64	H	63,7	101,8	750		
45	p	6,65	B	64,5	101,6	646		
47	p	6,89	B	63,5	101,8	679	701	
41	V	6,37	H	62,9	102,2	631		
43	V	7,04	H	63,2	101,6	698		
46	V	6,30	B	64,2	101,6	615		
48	V	6,59	A	63,5	101,8	649	648	<b>92</b>

**SL11 Hólabrú, með 10% endurunnu**

51	p	6,51	H	64,7	101,8	629		
54	p	7,03	H	65,4	101,7	673		
55	p	6,55	A	64,7	101,8	633		
57	p	6,70	B	65,1	101,8	644	645	
52	V	5,88	A	64,8	101,7	568		
53	V	5,49	B	65,3	101,7	526		
56	V	5,64	H	65,1	101,6	543		
58	V	5,57	H	64,4	101,8	541	545	<b>84</b>

## Prófanir á malbiki með endurunnu biki

### Vatnsnæmi malbiks skv. ÍST EN 12697-12:2008. Aðferð A

#### Um sívalningana:

Malbikið var framleitt af Malbikunarstöðinni Hlaðbæ Colas. Það er að grunni til SL11 Hólabrú með biki 160/220. Prófað var malbik án endurunns bik (RAP) og með 10, 20 og 30% viðbót.

Átta sívalningar af hverri gerð voru þjappaðir með Marshallhamri 2\*35 högg í samræmi við kafla 6.1.1.4. Fjórir sívalningar voru mettaðir samkvæmt staðli og hafðir 72 tíma í vatnsbaði við 30°C. Prófhiti allra var 25°C eftir um 3 tíma temprun.

#### Útreikningar o.fl.

Kleyfnitogþol:  $ITS=2*P/(pi*D*H)$

ITS= kleyfnitogþol, GPa (Hér gefið sem kPa=1/10<sup>6</sup> GPa); w=vot/d=þurr

P= mesta brotálag, kN; D= þvermál sýnis, mm; H= hæð sýnis, mm

Togþolshlutfall (Indirect tensile strength ratio):  $ITSR = 100 * ITS_w/ITS_d$

Brotlína í kjarna: Hrein (clear tensile break). - Aflöguð (deformation) - Blönduð (combination)

#### Niðurstöður prófs

Sívaln- ingar	þur Vot	Brot- álag kN	Brot- lína	Hæð mm	þvermál mm	ITS, kleyfnitogþol Stakar kPa	Meðal	ITSR Hlutfalls- prósenta
<b>SL11 Hólabrú, með 20% endurunnu</b>								
61	p	6,13	H	63,2	101,5	608		
62	p	6,17	H	63,2	101,7	611		
64	p	5,44	B	65,7	101,8	518		
65	p	6,43	B	63,2	101,6	638	594	
63	V	5,73	B	63,2	101,8	567		
66	V	5,43	H	63,5	101,8	535		
67	V	5,59	A	62,6	101,7	559		
68	V	5,71	H	63,0	101,7	567	557	<b>94</b>

#### SL11 Hólabrú, með 30% endurunnu

72	p	6,64	H	62,5	102,3	661		
75	p	7,17	A	62,4	101,8	719		
76	p	6,78	B	62,6	101,7	678		
78	p	6,50	B	63,4	101,6	642	675	
71	V	5,58	H	62,7	101,8	557		
73	V	5,80	B	63,0	101,5	577		
74	V	5,81	A	62,9	101,5	579		
77	V	6,12	B	63,5	101,5	604	579	<b>86</b>

Prófanir á malbiki með endurunnu biki

**Slitþolsmælingar - Prall**  
**ÍST EN 12697-16:2004**

Malbikið var framleitt af Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas hf.  
Það er í grunninn SL11 Hólabrú en með allt að 30% af endurunnu malbiki.  
Prófað var venjulegt malbik (0% RAP), og með 10, 20 og 30% endurunnu.

Sneiðar voru gerðar úr sívalningum sem þjappaðir voru með marshallhamri, 2\*50 högg.

<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/m<sup>3</sup></i>	<i>Prall gildi ml</i>	<i>Meðal Prall ml</i>
<b>0% RAP</b>	4B	639,0	579,5	59,5	2,581	23	
2,3 %rm	5A	621,5	558,5	63,0	2,589	24	
	5B	643,5	582,5	61,0	2,569	24	
	6A	637,3	576,5	60,8	2,576	24	<b>24</b>
<b>10% RAP</b>	14A	642,0	580,0	62,0	2,550	24	
3,8 %rm	15A	645,5	584,5	61,0	2,558	24	
	15B	618,0	554,0	64,0	2,546	25	
	16B	612,0	550,5	61,5	2,544	24	<b>24</b>
<b>20% RAP</b>	24A	637,0	564,0	73,0	2,591	28	
1,4 %rm	24B	619,0	551,5	67,5	2,571	26	
	25B	615,5	548,0	67,5	2,591	26	
	26B	616,5	551,0	65,5	2,596	25	<b>26</b>
<b>30% RAP</b>	34A	648,5	581,5	67,0	2,584	26	
0,9 %rm	35A	642,0	575,0	67,0	2,595	26	
	35B	613,0	547,0	66,0	2,598	25	
	36A	635,5	566,9	68,6	2,591	26	<b>26</b>

Aths.: Sneiðar voru hafðar í 3-5°C vatni yfir nótt en kravatn við prófun var 7,5°C, en á að vera 5 ±1°C.



## Hjólfarapróf skv. ÍST EN 12697-22:2003

### Aðferð B í lofti - Hiti 45°C

**Sýni:** SL11 Hólabrú með 20% endurunnu malbiki

Framleitt í stöð Hlaðbæjar-Colas í maí 2012. Unnið á Nýsköpunarmiðstöð í júní.

**Aths.:**

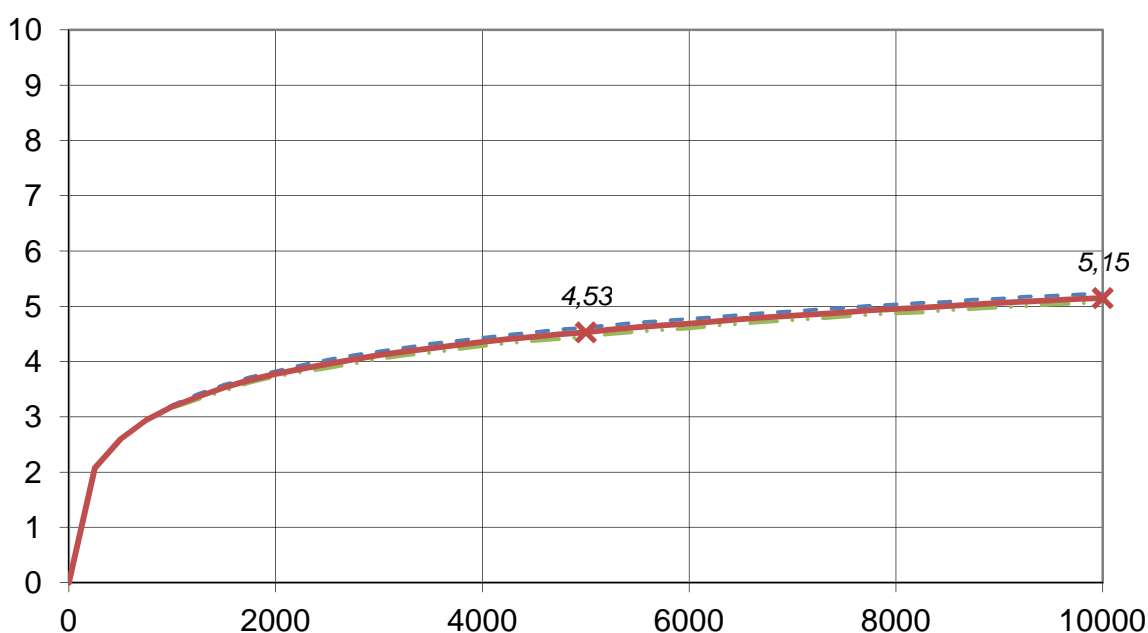
<b>Malbik</b>		<i>Mælingar á Nýsköpunarmiðstöð</i>					
Bik	þ%	6,4		Mælt			
Rúmpyngd malbiks, (teoretisk)	kg/m <sup>3</sup>	2623		Mæld			
Rúmpyngd biks	kg/m <sup>3</sup>	1020		Gefið			
Rúmpyngd steina	kg/m <sup>3</sup>	2940		Reiknuð			
<b>Þjöppuð plata</b>		<i>Vigtun og mælingar m. rennimáli</i>			<i>Rúmpyngd mæld í lofti og vatni á hluta sýnis eftir próf</i>		
<i>B*L plötu er um 300*400 mm</i>		<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>Meðaltal</i>			
Þyngd plötu	kg	15,600	15,500				
Meðalþykkt	mm	51,2	51,1	51,2	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>Meðaltal</i>
Rúmmál plötu	cm <sup>3</sup>	6152	6112				
Reiknuð rúmpyngd	kg/m <sup>3</sup>	2536	2536	2536	2570	2551	2561
Reiknað holrúm	rm%	3,3	3,3	3,3	2,0	2,7	2,4

**Hjólfarapróf við 45°C**

*Upphaf sett á 0*

	<i>R1</i>	<i>R2</i>	<i>Meðaltal</i>
Sig við 5000 umferðir, mm	4,61	4,45	4,53
Sig við 10 000 umferðir, mm (RD <sub>AIR</sub> )	5,23	5,07	5,15
Sig 0-10000 umf., % af malbiksþykkt (PRD <sub>AIR</sub> )	10,2	9,9	10,1
mm á 1000 umf síðustu 5000 umf. (WTS <sub>AIR</sub> )	0,124	0,124	0,124

### Sig í mm og umferðir



# **Próf á malbiki með endurunnu malbiki**

**Viðauki 2**

**Gagnablöð**

Prófanir á malbiki með endurunnu biki  
**Útreikningar á holrýmd sívalninga o.fl.**

	<b>Marshall (2*50 högg)</b>				<b>Prall (2*50 högg)</b>				<b>Vatnsnæmi (2*35 högg)</b>				0-11 RAP
	0% RAP	10% RAP	20% RAP	30% RAP	0% RAP	10% RAP	20% RAP	30% RAP	0% RAP	10% RAP	20% RAP	30% RAP	
<b>Mælt eða gefið</b>													
Bik %massa	6,2	5,9	6,4	6,4	6,2	5,9	6,4	6,4	6,2	5,9	6,4	6,4	4,8
Rþ. malbiks, kg/m <sup>3</sup>	2639	2651	2624	2616	2639	2651	2624	2616	2639	2651	2624	2616	2683
Rþ. sívalninga, kg/m <sup>3</sup>	2579	2554	2580	2585	2579	2544	2581	2590	2554	2502	2546	2562	
Rþ. biks, kg/m <sup>3</sup>	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020	1020
<b>Reiknað</b>													
Rþ steina, kg/m <sup>3</sup>	2948	2946	2940	2929	2948	2946	2940	2929	2948	2946	2940	2929	2923
Rm biks, rm%	15,7	14,8	16,2	16,2	15,7	14,7	16,2	16,3	15,5	14,5	16,0	16,1	
Rm steina, rm%	82,1	81,6	82,1	82,6	82,1	81,2	82,2	82,8	81,3	79,9	81,1	81,9	
Rm lofts, rm%	2,3	3,7	1,7	1,2	2,3	4,0	1,6	1,0	3,2	5,6	3,0	2,1	
Bikfylling [1]	87,3	80,1	90,6	93,2	87,3	78,5	90,8	94,2	82,8	72,0	84,3	88,6	

[1] Bikfylling gefur hve mörg prósent bik fyllir af holrúmi í steingrind (sem er 100-Rm steina).

**Próf á malbiki með endurunnu biki**  
**Vigtun allra sívalninga**  
**Þjöppun með Marshallhamri**

**Skýringar:**

M	Marshall, 2*50 högg	Allt malbik er framleitt í stöð Hlaðbæjar-Colas.
P	Prall, 2*50 högg	
V	Vatnsnæmi, 2*35 högg	
		Vatn 23°C er 0,9976 g/cm <sup>3</sup> .

**SL 11 Hólabrú venjulegt, 0% RAP**

Sívaln- ingur	Próf	Þyngdir, g þurr	Í vatni	Yþp.	Rúmmál Ryður cm <sup>3</sup>	Rúmp. g/cm <sup>3</sup>	Meðal- tal	Meðal- tal 6
1	M	1307,9	802,6	1309,4	508,0	2,575		
2	M	1305,6	801,6	1306,5	506,1	2,580		
3	M	1308,9	804,0	1309,8	507,0	2,582	2,579	
4	P	1352,0	830,6	1352,7	523,4	2,583		
5	P	1350,1	828,5	1351,0	523,8	2,578		
6	P	1351,4	828,6	1352,2	524,9	2,575	2,579	2,579
41	V	1283,3	784,3	1284,6	501,5	2,559		
42	V	1286,7	785,6	1288,0	503,6	2,555		
43	V	1281,0	783,3	1281,9	499,8	2,563		
44	V	1288,6	787,2	1290,1	504,1	2,556		
45	V	1289,3	784,4	1291,1	507,9	2,538		
46	V	1290,8	786,0	1292,2	507,4	2,544		
47	V	1289,0	787,5	1290,0	503,7	2,559		
48	V	1284,1	783,8	1285,3	502,7	2,554	2,554	

**SL 11 Hólabrú með 10% RAP**

Sívaln- ingur	Próf	Þyngdir, g þurr	Í vatni	Yþp.	Rúmmál Ryður cm <sup>3</sup>	Rúmp. g/cm <sup>3</sup>	Meðal- tal	Meðal- tal 6
11	M	1311,1	800,5	1312,4	513,1	2,555		
12	M	1306,3	798,3	1308,5	511,4	2,554		
13	M	1305,9	796,7	1307,1	511,6	2,552	2,554	
14	P	1345,5	819,5	1346,6	528,4	2,547		
15	P	1346,5	821,4	1347,9	527,8	2,551		
16	P	1345,3	818,0	1347,3	530,6	2,536	2,544	2,549
51	V	1287,1	777,5	1289,4	513,1	2,508		
52	V	1283,8	774,0	1285,6	512,8	2,503		
53	V	1284,5	773,2	1287,0	515,0	2,494		
54	V	1284,8	774,8	1287,9	514,3	2,498		
55	V	1279,2	771,5	1281,6	511,3	2,502		
56	V	1284,1	773,9	1286,5	513,8	2,499		
57	V	1287,9	777,8	1290,4	513,8	2,506		
58	V	1273,5	769,0	1276,4	508,6	2,504	2,502	

**Próf á malbiki með endurunu biki**  
**Vigtun allra sívalninga**  
**Þjöppun með Marshallhamri**

**Skýringar:**

M	Marshall, 2*50 högg	Allt malbik er framleitt í stöð Hlaðbæjar-Colas.
P	Prall, 2*50 högg	
V	Vatnsnæmi, 2*35 högg	
		Vatn 23°C er 0,9976 g/cm <sup>3</sup> .

**SL 11 Hólabrú með 20% RAP**

Sívaln- ingur	Próf	Þyngdir, g þurr	Í vatni	Yþþ.	Rúmmál Ryður cm <sup>3</sup>	Rúmp. g/cm <sup>3</sup>	Meðal- tal	Meðal- tal 6
21	M	1307,1	802,1	1307,8	506,9	2,579		
22	M	1305,7	801,4	1306,2	506,0	2,580		
23	M	1308,6	804,0	1309,5	506,7	2,583	2,580	
24	P	1341,6	823,4	1342,5	520,3	2,578		
25	P	1350,8	829,2	1351,3	523,4	2,581		
26	P	1348,6	828,1	1349,0	522,2	2,583	2,581	2,581
61	V	1281,6	782,4	1282,8	501,6	2,555		
62	V	1283,6	783,6	1284,2	501,8	2,558		
63	V	1281,0	780,8	1282,2	502,6	2,549		
64	V	1271,5	760,9	1275,2	515,5	2,466		
65	V	1285,1	785,6	1286,3	501,9	2,560		
66	V	1289,3	786,4	1290,2	505,0	2,553		
67	V	1281,8	784,5	1282,5	499,2	2,568		
68	V	1281,2	782,7	1282,4	500,9	2,558	2,546	

**SL 11 Hólabrú með 30% RAP**

Sívaln- ingur	Próf	Þyngdir, g þurr	Í vatni	Yþþ.	Rúmmál Ryður cm <sup>3</sup>	Rúmp. g/cm <sup>3</sup>	Meðal- tal	Meðal- tal 6
31	M	1309,1	804,2	1309,4	506,4	2,585		
32	M	1303,2	799,7	1302,5	504,0	2,586		
33	M	1304,2	801,1	1304,6	504,7	2,584	2,585	
34	P	1346,1	827,4	1346,5	520,3	2,587		
35	P	1341,9	826,3	1342,0	516,9	2,596		
36	P	1347,0	827,9	1347,4	520,7	2,587	2,590	2,587
71	V	1284,9	787,0	1285,6	499,8	2,571		
72	V	1285,7	787,5	1286,5	500,2	2,570		
73	V	1282,5	784,6	1283,4	500,0	2,565		
74	V	1279,7	782,9	1281,1	499,4	2,562		
75	V	1275,0	779,1	1276,7	498,8	2,556		
76	V	1280,3	783,1	1280,7	498,8	2,567		
77	V	1283,6	783,4	1284,9	502,7	2,553		
78	V	1285,1	784,0	1286,5	503,7	2,551	2,562	

**Próf á malbiki með endurunnu biki**  
**Sívalningar í vatnsnæmiþróf - Kleyfnitogþol**  
**Stærðir allra sívalninga**

Sív. nr.	Hæð, mm				Þvermál, mm					Hæð mm	Þvermál mm	Rúmmál cm <sup>3</sup>	
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6 Meðal	Meðal		
41	63,03	62,77	62,61	63,14	102,10	102,20	102,20	102,24	102,19	102,32	62,89	102,21	516,0
42	63,83	63,21	63,43	63,83	101,81	101,76	101,71	101,75	101,74	101,76	63,58	101,76	517,0
43	63,05	62,71	63,31	63,56	101,61	101,68	101,68	101,59	101,58	101,72	63,16	101,64	512,5
44	63,18	63,73	63,69	64,13	101,81	101,71	101,91	101,85	101,87	101,91	63,68	101,84	518,8
45	63,96	64,27	64,80	64,89	101,66	101,59	101,59	101,61	101,63	101,74	64,48	101,64	523,1
46	64,51	64,27	63,85	64,10	101,58	101,59	101,61	101,58	101,59	101,64	64,18	101,60	520,3
47	63,48	63,16	63,43	63,73	101,85	101,95	101,68	101,73	101,79	101,75	63,45	101,79	516,4
48	63,20	63,22	63,65	63,79	101,81	101,77	101,71	101,75	101,87	101,79	63,47	101,78	516,4
51	64,74	64,43	64,52	65,01	101,84	101,74	101,81	101,81	101,81	101,86	64,68	101,81	526,5
52	64,41	64,85	65,29	64,62	101,87	101,66	101,70	101,62	101,57	101,59	64,79	101,67	526,0
53	64,99	65,06	65,18	65,83	101,63	101,63	101,71	101,64	101,76	101,70	65,27	101,68	529,9
54	64,95	65,84	65,54	65,11	101,68	101,58	101,69	101,58	101,75	101,66	65,36	101,66	530,5
55	64,97	64,51	64,33	64,83	101,75	101,82	101,87	101,64	101,76	101,79	64,66	101,77	526,0
56	64,74	65,24	65,78	64,77	101,57	101,64	101,61	101,51	101,66	101,71	65,13	101,62	528,2
57	64,58	65,10	65,18	65,71	101,79	101,74	101,81	101,84	101,86	101,90	65,14	101,82	530,5
58	64,00	64,70	64,81	63,90	101,75	101,80	101,75	101,62	101,79	101,82	64,35	101,76	523,3

**Próf á malbiki með endurunnu biki**  
**Sívalningar í vatnsnæmiþróf - Kleyfnitogþol**  
**Stærðir allra sívalninga**

Sív. nr.	Hæð, mm				Þvermál, mm					Hæð mm	Þvermál mm	Rúmmál cm <sup>3</sup>	
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6 Meðal	Meðal		
61	63,24	63,08	63,53	63,01	101,59	101,48	101,47	101,61	101,57	101,48	63,22	101,53	511,8
62	63,32	63,07	63,56	62,76	101,70	101,86	101,69	101,81	101,66	101,72	63,18	101,74	513,6
63	63,29	63,02	63,31	63,16	101,78	101,78	101,78	101,74	102,01	101,80	63,20	101,82	514,5
64	65,21	65,91	66,27	65,42	101,86	101,70	101,81	101,83	101,78	101,70	65,70	101,78	534,6
65	62,89	63,29	63,51	63,24	101,69	101,58	101,66	101,42	101,80	101,56	63,23	101,62	512,8
66	63,80	63,41	63,42	63,27	101,72	101,68	101,75	101,80	101,84	101,84	63,48	101,77	516,4
67	62,71	62,44	62,63	62,73	101,77	101,76	101,69	101,75	101,76	101,71	62,63	101,74	509,1
68	63,29	63,11	62,61	63,03	101,55	101,74	101,65	101,67	101,73	101,71	63,01	101,68	511,6
71	63,01	62,94	62,12	62,66	101,74	101,80	101,72	101,71	101,92	101,64	62,68	101,76	509,7
72	62,54	63,21	62,00	62,06	102,20	102,27	102,19	102,14	102,44	102,38	62,45	102,27	513,0
73	62,99	63,27	62,87	62,89	101,49	101,37	101,59	101,52	101,59	101,55	63,01	101,52	510,0
74	62,84	62,92	62,86	63,04	101,54	101,44	101,51	101,63	101,57	101,56	62,92	101,54	509,5
75	62,51	62,42	62,42	62,32	101,72	101,89	101,73	101,75	101,80	101,76	62,42	101,78	507,8
76	62,21	62,98	62,79	62,22	101,66	101,64	101,75	101,71	101,68	101,72	62,55	101,69	508,0
77	63,29	63,90	63,55	63,12	101,58	101,49	101,54	101,52	101,55	101,55	63,47	101,54	513,9
78	63,23	63,18	63,47	63,59	101,68	101,68	101,67	101,59	101,60	101,64	63,37	101,64	514,2

**Próf á malbiki með endurunnu biki**  
**Sívalningar í vatnsnæmiþróf - Kleyfnitogþol**  
**Mælingar á þeim rökum fyrir og eftir metnun**

Sív. nr.	Hæð, mm					Þvermál, mm					Hæð mm	Þvermál mm	Rúmmál cm <sup>3</sup>
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6 Meðal	Meðal	
<b>Sívalningarnir þurrir</b>													
41	63,03	62,77	62,61	63,14	102,10	102,20	102,20	102,24	102,19	102,32	62,89	102,21	516,0
43	63,05	62,71	63,31	63,56	101,61	101,68	101,68	101,59	101,58	101,72	63,16	101,64	512,5
46	64,51	64,27	63,85	64,10	101,58	101,59	101,61	101,58	101,59	101,64	64,18	101,60	520,3
48	63,20	63,22	63,65	63,79	101,81	101,77	101,71	101,75	101,87	101,79	63,47	101,78	516,4
52	64,41	64,85	65,29	64,62	101,87	101,66	101,70	101,62	101,57	101,59	64,79	101,67	526,0
53	64,99	65,06	65,18	65,83	101,63	101,63	101,71	101,64	101,76	101,70	65,27	101,68	529,9
56	64,74	65,24	65,78	64,77	101,57	101,64	101,61	101,51	101,66	101,71	65,13	101,62	528,2
58	64,00	64,70	64,81	63,90	101,75	101,80	101,75	101,62	101,79	101,82	64,35	101,76	523,3
63	63,29	63,02	63,31	63,16	101,78	101,78	101,78	101,74	102,01	101,80	63,20	101,82	514,5
66	63,80	63,41	63,42	63,27	101,72	101,68	101,75	101,80	101,84	101,84	63,48	101,77	516,4
67	62,71	62,44	62,63	62,73	101,77	101,76	101,69	101,75	101,76	101,71	62,63	101,74	509,1
68	63,29	63,11	62,61	63,03	101,55	101,74	101,65	101,67	101,73	101,71	63,01	101,68	511,6
71	63,01	62,94	62,12	62,66	101,74	101,80	101,72	101,71	101,92	101,64	62,68	101,76	509,7
73	62,99	63,27	62,87	62,89	101,49	101,37	101,59	101,52	101,59	101,55	63,01	101,52	510,0
74	62,84	62,92	62,86	63,04	101,54	101,44	101,51	101,63	101,57	101,56	62,92	101,54	509,5
77	63,29	63,90	63,55	63,12	101,58	101,49	101,54	101,52	101,55	101,55	63,47	101,54	513,9



**Próf á malbiki með endurunnu biki**  
**Sívalningar í vatnsnæmipróf - Kleyfnitogþol**  
**Mælingar á þeim rökum fyrir og eftir mettun**

Sív. nr.	Hæð, mm				Þvermál, mm					Hæð mm	Þvermál mm	Rúmmál cm <sup>3</sup>	Breyt- ing rm%*	
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6 Meðal	Meðal			
<b>Sívalningarnir eftir mettun</b>														
41	63,72	62,65	62,48	62,99	102,09	102,21	102,18	102,39	102,08	102,27	62,96	102,20	516,5	0,1
43	63,09	62,50	63,27	63,57	101,57	101,59	101,55	101,62	101,56	101,86	63,11	101,63	511,9	-0,1
46	64,72	64,26	63,62	63,96	101,71	101,56	101,53	101,53	101,50	101,58	64,14	101,57	519,7	-0,1
48	63,22	63,41	63,55	63,48	101,76	101,87	101,79	101,93	101,82	101,97	63,42	101,86	516,7	0,1
52	64,28	64,81	65,24	64,75	101,88	101,63	101,55	101,77	101,61	101,75	64,77	101,70	526,1	0,0
53	64,80	64,84	65,07	65,54	101,59	101,58	101,64	101,63	101,76	101,67	65,06	101,65	527,9	-0,4
56	64,73	64,95	65,55	65,17	101,60	101,75	101,58	101,63	101,66	101,72	65,10	101,66	528,4	0,0
58	64,13	64,71	65,02	63,94	101,73	101,80	101,76	101,79	101,79	101,84	64,45	101,79	524,4	0,2
63	63,05	63,00	63,42	63,21	101,76	101,76	101,81	101,90	101,95	101,85	63,17	101,84	514,5	0,0
66	63,96	63,65	63,24	63,28	101,79	101,68	101,69	101,78	101,81	101,78	63,53	101,76	516,7	0,1
67	62,82	62,43	62,75	62,93	101,72	101,75	101,76	101,69	101,74	101,79	62,73	101,74	510,0	0,2
68	63,34	63,00	62,80	63,25	101,65	101,70	101,88	101,70	101,68	101,85	63,10	101,74	513,0	0,3
71	62,98	62,75	62,30	62,41	101,73	101,74	101,70	101,18	101,54	101,70	62,61	101,60	507,6	-0,4
73	63,03	63,33	62,80	62,91	101,64	101,34	101,61	101,57	101,59	101,58	63,02	101,56	510,5	0,1
74	62,90	63,00	63,44	63,04	101,58	101,42	101,62	101,61	101,58	101,60	63,10	101,57	511,2	0,3
77	63,41	63,74	63,68	63,00	101,56	101,47	101,55	101,64	101,53	101,60	63,46	101,56	514,0	0,0

\* Rúmmálsaukning við mettun á að vera undir 2%.

**Prófanir á malbiki með endurunnu biki  
þykkt sneiða af malbikssýnum  
Undirbúningur vegna Prall prófs**

Gerð	Merki	Þykkt, mm				Meðalþykkt, mm		Þvermál, mm				Meðalþvermál, mm	
		1	2	3	4	Meðaltal	Stfráv.	1	2	3	4	Meðaltal	Stfráv.
<b>0% RAP</b>	4A	31,27	30,93	32,04	31,24	31,37	0,47	101,74	101,65	101,74	101,66	101,70	0,05
	4B	30,44	30,36	30,69	30,80	30,57	0,21	101,77	101,75	101,74	101,74	101,75	0,01
	5A	30,37	30,96	30,84	29,83	30,50	0,51	101,53	101,74	101,62	101,61	101,63	0,09
	5B	31,46	31,08	32,06	32,14	31,69	0,50	101,59	101,56	101,55	101,75	101,61	0,09
	6A	31,03	30,53	31,66	31,64	31,22	0,54	101,78	101,80	101,76	101,76	101,78	0,02
	6B	31,01	30,92	30,66	30,52	30,78	0,23	101,81	101,77	101,76	101,77	101,78	0,02
<b>10% RAP</b>	14A	31,25	31,43	32,03	31,98	31,67	0,39	101,76	101,94	101,85	101,81	101,84	0,08
	14B	30,71	30,77	30,92	30,38	30,70	0,23	101,82	101,84	101,86	101,83	101,84	0,02
	15A	31,44	31,85	31,78	31,91	31,75	0,21	101,83	101,83	101,79	101,81	101,82	0,02
	15B	30,80	30,24	30,41	31,08	30,63	0,38	101,70	101,82	101,98	101,87	101,84	0,12
	16A	32,06	33,08	31,87	31,69	32,18	0,62	102,11	102,40	102,29	102,22	102,26	0,12
	16B	30,36	30,52	29,94	29,78	30,15	0,35	102,36	102,25	102,30	102,22	102,28	0,06
<b>20% RAP</b>	24A	29,93	30,75	30,83	30,48	30,50	0,41	101,70	101,70	101,70	101,68	101,70	0,01
	24B	30,64	30,51	30,02	30,07	30,31	0,31	101,73	101,69	101,80	101,86	101,77	0,08
	25A	31,76	31,31	32,09	32,30	31,87	0,43	101,59	101,62	101,68	101,78	101,67	0,08
	25B	29,86	29,46	29,35	29,77	29,61	0,24	101,60	101,67	101,66	101,69	101,66	0,04
	26A	31,72	31,64	31,67	31,70	31,68	0,03	101,44	101,48	101,51	101,64	101,52	0,09
	26B	29,39	29,76	30,44	30,04	29,91	0,44	101,39	101,58	101,48	101,46	101,48	0,08
<b>30% RAP</b>	34A	31,27	31,54	31,40	31,47	31,42	0,12	101,64	101,56	101,85	101,66	101,68	0,12
	34B	29,79	29,31	28,77	29,18	29,26	0,42	101,73	101,67	101,65	101,69	101,69	0,03
	35A	31,18	30,91	30,71	31,18	31,00	0,23	101,79	101,32	101,67	101,86	101,66	0,24
	35B	29,46	29,37	29,25	29,25	29,33	0,10	101,66	101,68	101,75	101,83	101,73	0,08
	36A	31,01	30,87	30,63	30,48	30,75	0,24	101,49	101,55	101,47	101,50	101,50	0,03
	36B	30,22	30,20	30,17	30,06	30,16	0,07	101,51	101,61	101,68	101,53	101,58	0,08
Meðalþykkt sneiða						<b>30,79</b>	<b>0,86</b>	Meðalþvermál				<b>101,74</b>	<b>0,20</b>
Mest		32,06	33,08	32,09	32,30	32,18	0,62	102,36	102,40	102,30	102,22	102,28	0,24
Minnst		29,39	29,31	28,77	29,18	29,26	0,03	101,39	101,32	101,47	101,46	101,48	0,01

Til minnis: Sneiðar 30±2 mm þykkar og endar sem mest samsíða. Þvermál 100±2 mm.



**Próf á malbiki með endurrunnu biki**  
**Rúmpyngd Prallsneiða**  
**Undirbúningur vegna Prall prófs**

<b>Gerð</b>	<b>Sneið</b>	<b>Þyngdir, g</b>	<b>Í vatni 23°C</b>	<b>Yþþ.</b>	<b>Rúmmál Ryður cm<sup>3</sup></b>	<b>Rúmp. g/cm<sup>3</sup></b>	<b>Meðal- tal g/cm<sup>3</sup></b>	<b>Rþ. malb. (max) og holrúm</b>
<b>0% RAP</b>	4A	637,7	391,8	638,4	247,2	2,580		
	4B	626,0	384,7	626,7	242,6	2,581		
	5A	620,2	381,8	620,8	239,6	2,589		
	5B	642,0	393,6	642,9	249,9	2,569		
	6A	635,6	390,3	636,4	246,7	2,576		<b>2,639</b>
	6B	628,2	385,5	628,9	244,0	2,575	<b>2,578</b>	<b>2,3</b>
<b>10% RAP</b>	14A	640,1	390,7	641,1	251,0	2,550		
	14B	618,7	377,0	619,4	243,0	2,546		
	15A	643,7	393,5	644,5	251,6	2,558		
	15B	616,1	375,9	617,3	242,0	2,546		
	16A	649,1	394,5	649,8	255,9	2,536		<b>2,651</b>
	16B	610,2	372,5	611,8	239,9	2,544	<b>2,547</b>	<b>3,9</b>
<b>20% RAP</b>	24A	636,0	391,6	636,5	245,5	2,591		
	24B	617,4	378,5	618,1	240,2	2,571		
	25A	647,8	397,2	648,3	251,7	2,574		
	25B	614,6	378,4	615,0	237,2	2,591		
	26A	645,4	396,2	646,0	250,4	2,577		<b>2,623</b>
	26B	615,6	379,3	615,9	237,2	2,596	<b>2,583</b>	<b>1,5</b>
<b>30% RAP</b>	34A	647,1	397,7	647,5	250,4	2,584		
	34B	610,7	376,5	611,3	235,4	2,595		
	35A	641,3	395,1	641,6	247,1	2,595		
	35B	612,1	377,7	612,7	235,6	2,598		
	36A	634,6	390,6	634,9	244,9	2,591		<b>2,616</b>
	36B	624,6	384,3	624,9	241,2	2,590	<b>2,592</b>	<b>0,9</b>



**Prófanir á malbiki með endurunnu biki**  
**Plötur í hjólfarapróf: Mælingar með rennimáli**  
**Malbik frá MHC: SL11 Hólabrú með 20% RAP**

Plata R2		Þyngd: 15,500 kg							Breidd plötu		Lengd plötu	
Ró	Langhliðar V cm lengdar	Þ mm	A Þ mm	Skammhliða N cm	Þ mm	S Þ mm	Þ mm	cm pkt	mm	cm pkt	mm	
7,80	2,5		59,33	59,91	2,5	60,07	60,50	2,5	298,81	2,5	399,88	
7,79	5		58,29	58,21	5	59,92	60,53	5	298,85	5	400,06	
7,81	10		58,34	58,14	10	59,41	60,77	10	298,94	10	400,05	
7,80	15		58,51	58,54	15	60,42	60,67	15	299,24	15	399,75	
7,82	20		58,75	58,65	20	59,57	60,88	20	299,33	20	400,10	
7,80	25		58,74	58,59	25	59,88	60,57	25	299,29	25	399,94	
	30		58,58	58,50	27,5	59,58	60,08	30	299,48	27,5	400,25	
	35		59,26	58,95				35	299,46			
	37,5		60,67	59,81				37,5	299,16			
7,8033333		58,941111	58,811111		59,835714	60,571429			299,17333 mm		400,00429	
Þykkt með ró			58,876111			60,203571 mm			<b>29,917333</b> cm		<b>40,000429</b>	
Þykkt án róar			<b>51,072778</b> mm		Nota ekki	52,400238 mm						
Þykkt án róar			<b>5,1072778</b> cm		Nota ekki	5,2400238 cm						
Ef langhl. gilda 8 falt og endar 2			51,33827 mm									
Flötur		1196,7062 cm <sup>2</sup>		Plata	15,500							
Rúmmál		6111,9108 cm <sup>3</sup>										
Rúmpyngd		2,5360318 g/cm <sup>3</sup>			<b>2536 kg/m<sup>3</sup></b>							



## Malbik með endurunnu biki: SL11 Hólabrú með 20% endurunnu.

Framleitt í stöð Hlaðbæjar-Colas í maí 2012. Unnið á Nýsköpunarmiðstöð í júní.

### Plötur úr hjólfaraprófum: Rúmpyngd 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	Í vatni g	Ybp. g	Bakki g	Þurrt+ bakki, g	Þurrt g	Rúmmál cm <sup>3</sup>	Rúmp. g/cm <sup>3</sup>	Holrúm rm%
-------	--------------	-----------	------------	--------------------	------------	---------------------------	----------------------------	---------------

#### SL11 Hólabrú með 20% endurunnu. - Plata R1

Mesta rúmp. malbiks (teor.)	2,623 Mg/m <sup>3</sup>			
Vatnshiti	23°C	Rúmp.	0,9976 Mg/m <sup>3</sup>	

C	1569,9	2560,3	342,2	2896,6	2554,4	992,8	2,573	1,9
D	1497,6	2443,5	354,7	2791,5	2436,8	948,2	2,570	2,0
E	1495,5	2441,9	368,8	2804,4	2435,6	948,7	2,567	2,1
<b>Meðaltal</b>							<b>2,570</b>	<b>2,0</b>

#### SL11 Hólabrú með 20% endurunnu. - Plata R2

Mesta rúmp. malbiks (teor.)	2,623 Mg/cm <sup>3</sup>			
Vatnshiti	23°C	Rúmp.	0,9976 Mg/m <sup>3</sup>	

C	1489,9	2442,0	336,9	2771,5	2434,6	954,4	2,551	2,7
D	1404,9	2299,2	341,5	2635,8	2294,3	896,5	2,559	2,4
E	1558,5	2561,1	348,4	2902,8	2554,4	1005,0	2,542	3,1
<b>Meðaltal</b>							<b>2,551</b>	<b>2,8</b>



**Nýsköpunarmiðstöð  
Íslands**

Akureyri | Egilsstaðir | Húsavík | Höfn | Ísafjörður | Reykjavík | Sauðárkrúkur | Vestmannaeyjar