

Blæðingar í nýlögðu malbiki

Höfuðborgarsvæðið 2020

Birkir Hrafn Jóakimsson

06/10/2020

1. útgáfa

Ágrip

Sumarið 2020 komu, á Höfuðborgarsvæðinu, upp tilfelli ófullnægjandi hemlunarviðnáms í nýlögðu malbiki. Þetta átti við þegar að svokallaðri „repave“ aðferð var beitt. Snemma fóru grunsemdir að vakna um að orsakavaldur þessara aðstæðna væru skortur á holrýmd í því malbiki sem lagt var.

Nú hafa borist niðurstöður úr hluta þeirra rannsókna sem á að framkvæma, auk hemlunarviðnámsmælinga sem gerðar voru í sumar, og sýna þær að kröfur Vega-gerðarinnar til malbiksins voru ekki uppfylltar. Þetta á bæði við um holrýmdarkröfur og kröfur um hemlunarviðnám.

Efnisyfirlit

Ágrip	2
Efnisyfirlit	3
Inngangur	4
Útlagnaraðferð og almennt um kröfur til malbiks á vegum Vegagerðarinnar	5
Repave.....	5
Holrýmd.....	5
Bindiefnisinnihald.....	6
Hemlunarviðnám.....	6
Blæðingar í malbiki.....	7
Prófanir.....	7
Hemlunarviðnám.....	7
Holrýmd í rannsóknarkjörnum.....	7
Kornakúrfur.....	8
Mælingar á hemlunarviðnámi.....	11
Ályktun	15
Heimildaskrá	16

Inngangur

Sumarið 2020 komu, á Höfuðborgarsvæðinu, upp tilfelli ófullnægjandi hemlunarviðnáms í nýlögðu malbiki. Þetta átti við þegar að svokallaðri „repave“ aðferð var beitt. Snemma fóru grunsemdir að vakna um að orsakavaldur þessara aðstæðna væru skortur á holrýmd í því malbiki sem lagt var. Í þessari skýrslu verður farið yfir þá yfirlagnaaðferð sem notuð var (repave), fjallað almennt um holrýmd og bikinnihald í malbiki sem og kröfur Vegagerðarinnar í þeim efnum. Niðurstöður þeirra rannsókna sem borist hafa eru reifaðar og síðan lagt mat á þær og dregnar þær ályktanir sem þær gefa tilefni til.

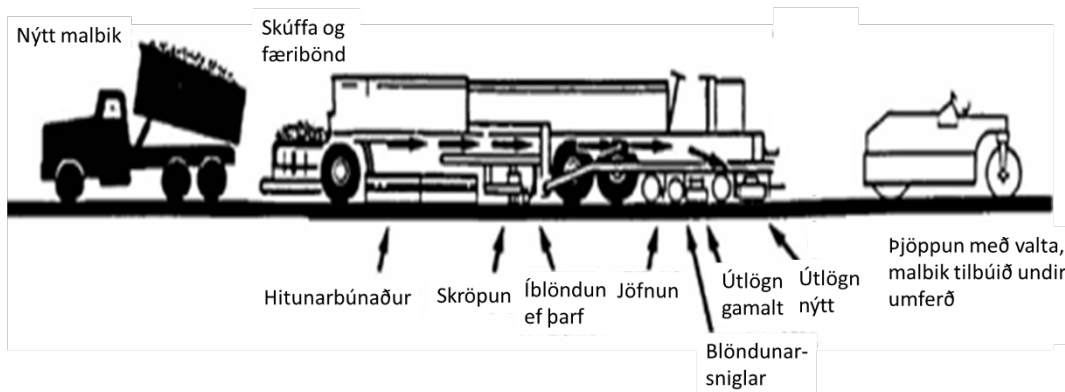
Rétt er að taka fram að rannsóknir á þeim sýnum sem tekin hafa verið úr þessum yfirlagnaköflum eru í vinnslu og verða áfram. Því er hér um að ræða fyrstu útgáfu þessarar skýrslu og verður hún uppfærð eftir því sem niðurstöður rannsókna berast og þurfa þykir.

Útlagnaraðferð og almennt um kröfur til malbiks á vegum Vegagerðarinnar

Í þessum kafla verður farið yfir þá aðferð sem beitt var við yfirlögn á þeim köflum sem þessi skýrsla fjallar um. Einnig verða útskýrðir þeir hönnunarstikar og þær kröfur sem gerðar eru af Vegagerðinni til malbiks.

Repave

Þessi aðferð felst í því að skrapa upp (allt að 2 cm) og jafna út gamla malbikið eftir hitun (endurvinnsla) og leggja svo nýtt malbik yfir í sömu aðgerð. Þessi aðferð hentar vel til að jafna út gamla malbikið og eyða skemmdum í efsta hluta þess og kemur í því tilliti í stað kaldfræsunar. Þegar upphitaða gamla malbikið hefur sem sagt verið skrapað upp, jafnað út og lagt út og hefur kólnað niður í u.þ.b. 100°C, leggur vélin út nýtt malbik, oftast í kringum 60 kg/m², ofan á það gamla. Bæði lögin eru síðan völtuð saman á sama hátt og venjulegt malbik, en nýja lagið getur verið þynnra en hefðbundið malbik, þar sem gamla lagið bætist í raun við þykktina. Skýringamyndin hér að neðan sýnir á myndrænan hátt meginþættina við endurlögn malbiks á endurunnið malbik (Aschenbrener, 2020). Oftast er notast við forhitaraeiningu sem hitar gamla malbikið upp, auk hitunarbúnaðar á útlagnavélinni sjálfri eins og sést á myndinni.



↑ Mynd 1 Repave útlögn

Holrýmd

Það er þekkt að holrýmd malbiks er mikilvægur þáttur þegar kemur að því að vinna á móti skemmdum í malbiki eins og hjólfaramyndun, þreytusprungum eða sprungum vegna lágs hitastigs. Holrýmd hefur einnig áhrif á endingu malbiks með tilliti til öldrunar og niðurbrots. Há holrýmd eykur áhrif öldrunar á bikið í malbikinu og líkur á að vatn komist í gegnum malbikslagið (Masad, 2002). Á móti kemur að of lág holrýmd, vegna til dæmis mistaka við framleiðslu malbiks eða of mikillar þjöppunar, getur leitt til bæði hjólfaramyndunar vegna skriðs og blæðinga (Mamlouk, 2006). Tvær meginástæður eru fyrir kröfum til holrýmdar. Þær eru annars vegar til að fyrirbyggja að vatn eigi greiða leið niður í bikbundnu lögin í veghlotinu og setjist þar fyrir, frjósi og þiðni á víxl og valdi þannig skemmdum og hins vegar til að

lágmarka líkur á að malbikið skriði undan þungaumferð. Þessar tvær ástæður eru ill samrýmanlegar því að þegar malbik hefur litla holrýmd minnka líkur á að vatn safnist fyrir í holrúminu og ef holrýmd er hæfileg vinnur hún gegn skriði. Malbik getur talist þétt þegar holrýmd þess er minni en 3%, nokkuð þétt ef hún er á bilinu 3-5%, lítillega lekt ef holrýmd er á bilinu 5-8% en lekt við meiri holrýmd. Í Bandaríkjunum er talið að malbik eigi að vera með holrýmd á bilinu 3-8%, ekki undir 3% vegna hættu á skriði og ekki yfir 8% því þá getur súrefni og vatn valdið skemmdum í malbikinu. Súrefni í andrúmsloftinu herðir bindiefnið og gerir það stökkt með tímanum (Vegagerðin, 2020).

Veðurfar á Íslandi gerir miklar kröfur til veðrunarþols malbiks. Yfir vetrartímamann eru slitlög blaut yfir löng tímabil, vegir og götur víða saltaðar margoft á þeim tíma og sveiflur milli frosts og þíðu margar. Talið er að slit vegna negldra hjólbarða aukist með meiri holrýmd malbiks. Norsk rannsókn gefur til kynna að slit aukist um 50% ef holrýmd í útlögðu malbiki er augin úr 3% í 7% (Vegagerðin, 2020).

Mjög lág holrýmd eykur líkur á skriði. Skrið hefur mælst hér á landi og rannsókn, sem var smá í sniðum, benti til að skrið væri um 30% af hjólfaramyndun (Jóakimsson, 2014). Þó svo að lág holrýmd auki líkur á skriði gefa nokkur atriði til kynna að það sé raunhæft að gera minni kröfur til holrýmdar hér en annarsstaðar á Norðurlöndunum. Sumur á Íslandi eru öllu svalari en í nágrannalöndunum og miklir sumarhitar, sem auka líkur á skriði, sjaldgæfir. Líkur á skriði ráðast þó ekki af holrýmd einni saman heldur einnig af gerð bindiefnis og samsetningu malbiks-blöndunnar (Vegagerðin, 2020).

Í útboðsgögnum Vegagerðarinnar er gerð krafa um að holrýmd skuli liggja á milli 1-3% í stífmalbiki (e. Asphalt Concrete, AC). Þessi krafa er örlítið lægri en til að mynda fyrir samskonar malbik í Svíþjóð sem er 1,5%-3,5% (Lind, 2017).

Bindiefnisinnihald

Bindiefnisinnihald malbiks hefur áhrif á ýmsa eiginleika þess, bæði jákvæð og neikvæð. Aukið bindiefnisinnihald hefur annars vegar áhrif á að fyllt holrými steinefna eykst og bindiefnishimna steinefna þykkar. Ef bindiefnisinnihald er hátt eykur það þreytuþol, veðrunarþol og minnkar líkur á viðloðunarskemmdum. Hætta er aftur á móti á að skrið aukist með auknu bindiefnisinnihaldi. Þegar að bik þrýstist upp úr yfirborðinu, vegna hás bindiefnisinnihalds, við völtun eða undan umferð má búast við minna hemlunarviðnámi þar til negldir hjólbarðar hafa skrapað yfirborðið (Vegagerðin, 2020).

Hemlunarviðnám

Hemlunarviðnám er mikilvægur eiginleiki malbiks. Þrjú atriði hafa bein eða óbein áhrif á hemlunarviðnám; bindiefnisinnihald, yfirborðseiginleikar steinefna og efri flokkunarstærð steinefna. Hér á eftir verður fjallað stuttlega um þessi þrjú atriði. Bindiefnisinnihald má ekki vera of hátt miðað við holrýmd steinefnis í malbikinu. Þá getur farið svo að bindiefnið þrýstist upp í yfirborðið annað hvort strax við útlögn eða á heitum sumardeggi. Þá geta myndast feitir blettir á yfirborði malbiksins þar sem að hemlunarviðnám minnkar. Ef bindiefnishlutfall er of hátt mun það sem umfram er koma upp í yfirborðið á endanum. Lágð bindiefnisinnihald er talið stuðla að betra hemlunarviðnámi (Vegagerðin, 2020).

Yfirborðseiginleikar steinefna skipta máli. Slitþolin steinefni eiga það til að fágast undir umferð, þá minnkar núningsviðnám milli hjólbarða og yfirborðs og þannig minnkað hemlunarviðnám. Negldir hjólbarðar vinna gegn fágun steinefna (Vegagerðin, 2020).

Efri flokkunarstærð steinefna hefur óbein áhrif á hemlunarviðnám í samspili með notkun negldra hjólbarða ef umferðarhraði er mikill. Ef steinefni er tiltölulega slitþolið þá verður yfirborðið frekar gróft, þar sem steinar standa uppúr. Þetta gerir það að verkum að vatn á tiltölulega greiða leið út úr snertifleti milli yfirborðs og hjólbarða. Þetta hefur jákvæð áhrif á hemlunarvegalengd ökutækja, þá sérstaklega við hærri hraða þegar hætta er á að hjól bifreiða byrji að fljóta í bleytu (e. aquaplaning) (Vegagerðin, 2020).

Meðan notkun negldra hjólbarða er töluverð eru minni líkur á að hemlunarviðnám vega verði of lítið, nema þá á milli þess sem að slitlagið er lagt og þangað til aftur verði leyfilegt að nota neglda hjólbarða. Ef notkun negldra hjólbarða dregst verulega saman má búast við að hemlunarviðnám geti breyst til hins verra í slitlögum á Íslandi (Vegagerðin, 2020).

Hemlunarviðnám er mælt með *Skiddometer BV11*. Hemlunarviðnámsmæling gengur út á það að vatni er sprautað á veg til að tryggja að hann sé þakin vatni. Kerra með hjóli er dregin af bíl og er hjólið sett niður þegar að mæling hefst. Síðan er hlutfall lóðrétts og lárétts krafts, sem verkar á hjólið, mælt og það er svokallað viðnámsgildi. Í kröfum Vegagerðarinnar er þetta gildi 0,5 og má ekki fara undir það. Þetta gildi er í samræmi við það sem krafist er annarsstaðar á Norðurlöndum, með þeim undantekningum að á Íslandi er gerð ríkari krafa á vegi með hægari umferð, þ.e.a.s. stífari krafa.

Blæðingar í malbiki

Ástæða bikblæðinga í nýju malbiki má rekja til of mikils bindiefnis í malbiksblöndunni sem þá leiðir til minni holrýmdar (Fwa, 2006). Það skýrist af því að ef að bindiefni hefur ekki nægt pláss, holrými, til að leita í undir álagi, við völtun eða umferð, þá hefur það einungis eina leið til að leita og það er upp í yfirborðið. Við slíkt ástand verður yfirborðið „feitt“ og hált sérstaklega í bleytu. Holrýmd verður of lítil í malbiksblöndu þegar að bindiefnismagn er ofátlað miðað við það steinefni sem fer í blönduna og stærðarhlutföll þess.

Pófanir

Hér á eftir verður farið yfir þær prófanir og rannsóknir sem þegar hafa farið fram á því malbiki sem lagt var í þá kafla sem ekki stóðust kröfur Vegagerðarinnar.

Hemlunarviðnám

Þegar í ljós kom að kaflar voru metnir með feitu yfirborði og benti það til að yfirborð væri hált var ákveðið að mæla hemlunarviðnám kaflanna. Í útboðsgögnum Vega-gerðarinnar fyrir malbikun er ritað að ef að feitir blettir eru samtals stærri en 5 m² skal verktaki tafarlaust stöðva framkvæmd og athuga framleiðslu og bæta úr. Vegagerðin sendi borkjarna til rannsóknar hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands (NMÍ). Einnig voru sendir borkjarnar til Sænsku Vegtæknistofnunarinnar (VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut).

Holrýmd í rannsóknarkjörnum

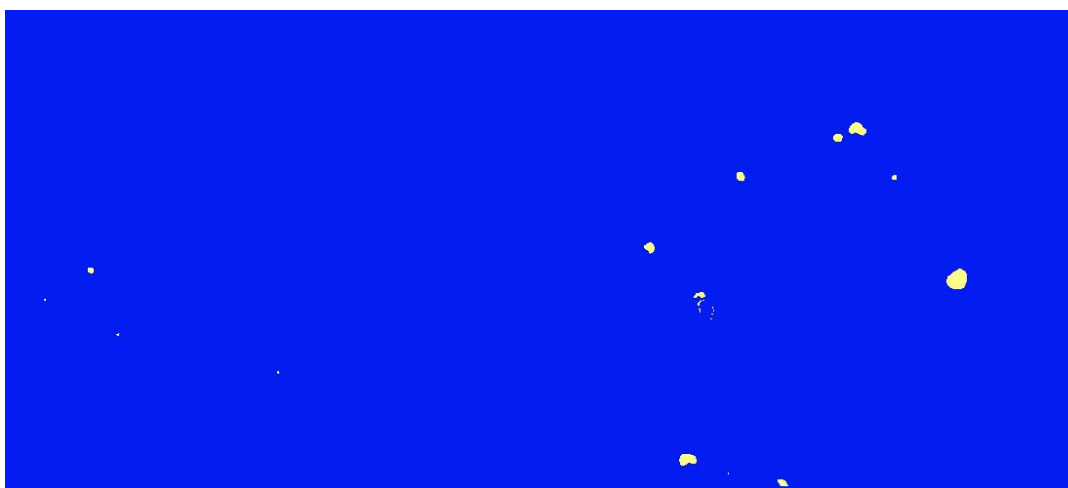
Samkvæmt útboðsgögnum skal holrýmd malbiks liggja á bilinu 1,0% til 3,0 %. Framleiðslurannsóknir frá efnissala sýna að holrýmd efnis sem lagt var út á tiltekna útlagnarkafla mældist aldrei yfir 0,5%, sjá neðangreinda töflu. Í töflunni má einnig sjá þær niðurstöður sem borist hafa frá rannsóknarstofu Nýsköpunarmiðstöðvar Íslands og VTI í Svíþjóð.

Vegkafli	Bikinnihald (%)	Mælt bikinnihald (%)	Holrýmd framleiðsla (%)	Holrýmd rannsókn (%)
Reykjanesbraut	6,19	5,85	0,5	0,35*
Bústaðavegur	5,78	—	0,4	—
Sæbraut	5,65	—	0,2	—
Kjalarnes	5,74	6,7	0,1	0,68/0,20*
Gullinbrú	5,79	5,6	0,5	0,0-0,1**

* Rannsóknarniðurstöður frá NMÍ

**Rannsóknarniðurstöður frá VTI

Úr kjarna sem tekinn var úr útlögn á Kjalarnesi (KJ2-22) var gerð þunnsneið og greind í smásjá. Í ljós kom að það sýni var með 0,2% holrýmd, sjá mynd fyrir neðan þar sem ljósu flákarnir eru loftrými.



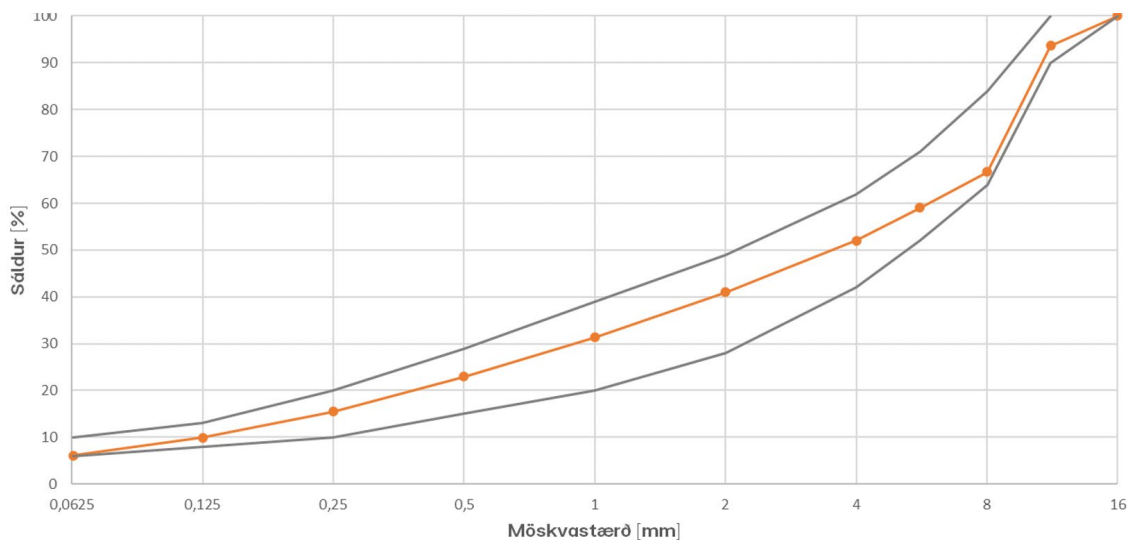
↑ Mynd 2 Þunnsneið kjarna af Kjalarnesi 5x2 cm

Það er ljóst að umrætt malbik stóðst ekki kröfur um lágmarks holrýmd eins og kveðið er á um í útboðsgögnum.

Kornakúrfur

Kornakúrfur sýna stærðardreifingu steinefnis sem notað var í umrætt malbik. Hér að neðan má sjá þær kornakúrfur sem að voru gefnar upp við framleiðslu. Einnig er komin kornakúrfa úr rannsókn á einu sýni frá VTI, sjá mynd 7. Allar kúrfurnar sýna mældu kornadreifingu og einnig sýna þær markalínur þ.e.a.s. þau mörk sem kornakúrfan má ekki fara út fyrir. Þessar markalínur eru í samræmi við staðal ÍST EN 13108-1 um framleiðslu stífmalbiks.

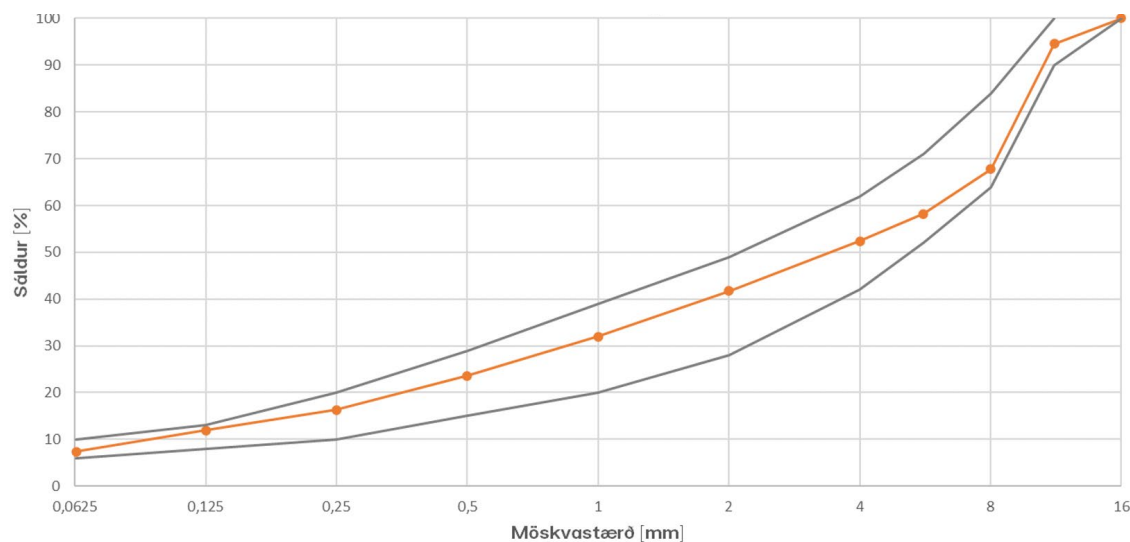
Kornakúrfa AC11 Reykjanesbraut



↑ Mynd 3 Steinefnadreifing úr Reykjanesbraut

Mynd 3 sýnir kornkúrfu úr framleiðslu fyrir malbik við Reykjanesbraut. Sjá má að stærri steinastærðirnar eru mjög neðarlega í kúrfunni og getur það verið vísending um að blanda sé viðkvæm fyrir háu bindiefnismagni.

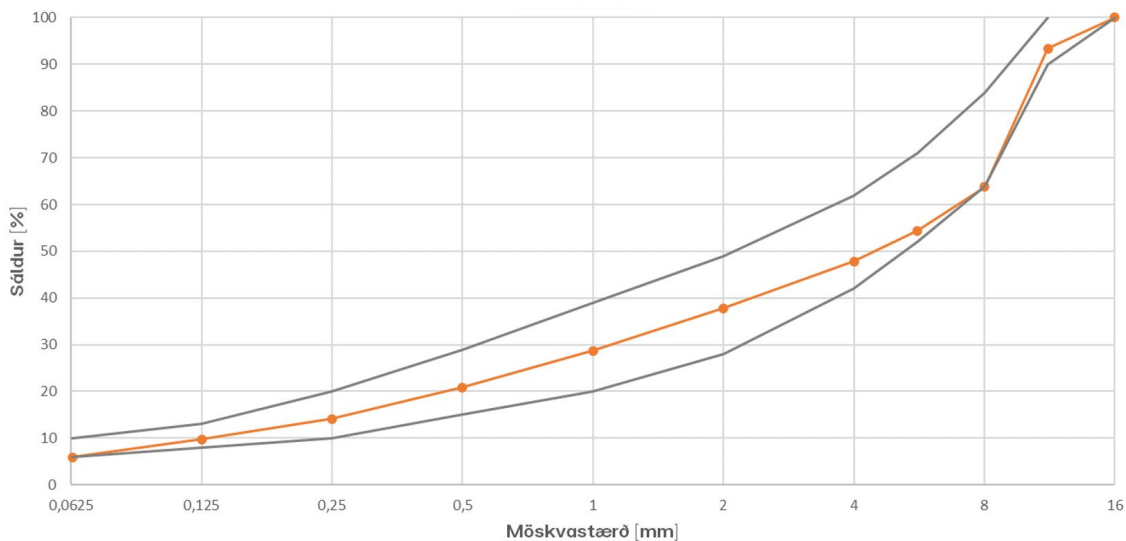
Kornakúrfa AC11 Bústaðavegur



↑ Mynd 4 Steinefnadreifing úr Bústaðavegi

Mynd 4 sýnir okkur að þar eru stærri stærðirnar nálægt neðri mörkum og minni stærðirnar, undir 0,5 mm, í hærra lagi. Þetta tvennt bendir til að blanda yrði viðkvæm fyrir háu bindiefnisinnihaldi.

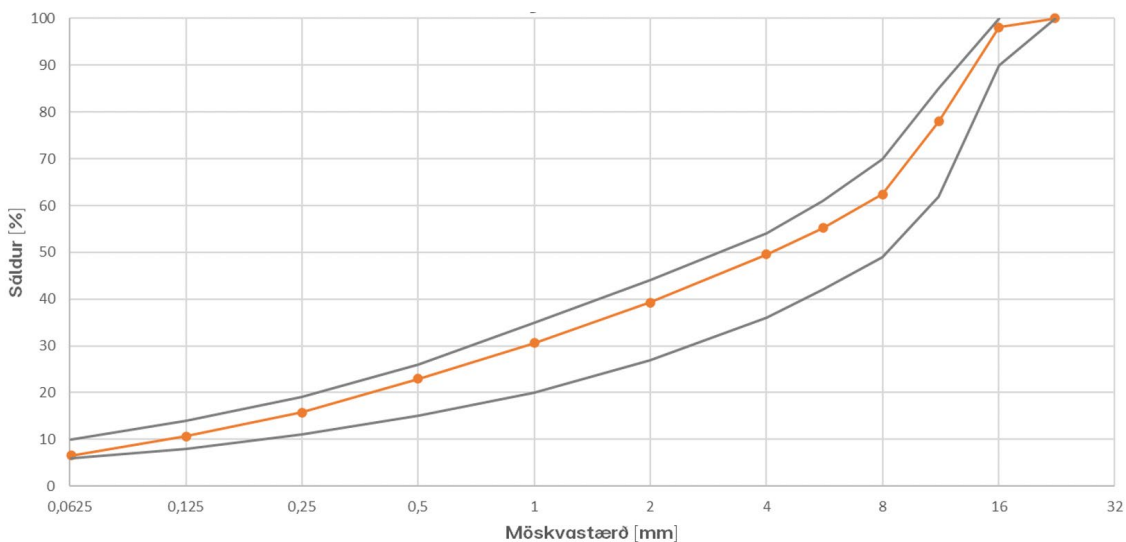
Kornakúrfa AC11 Sæbraut



↑ Mynd 5 Steinefnadreifing úr Sæbraut

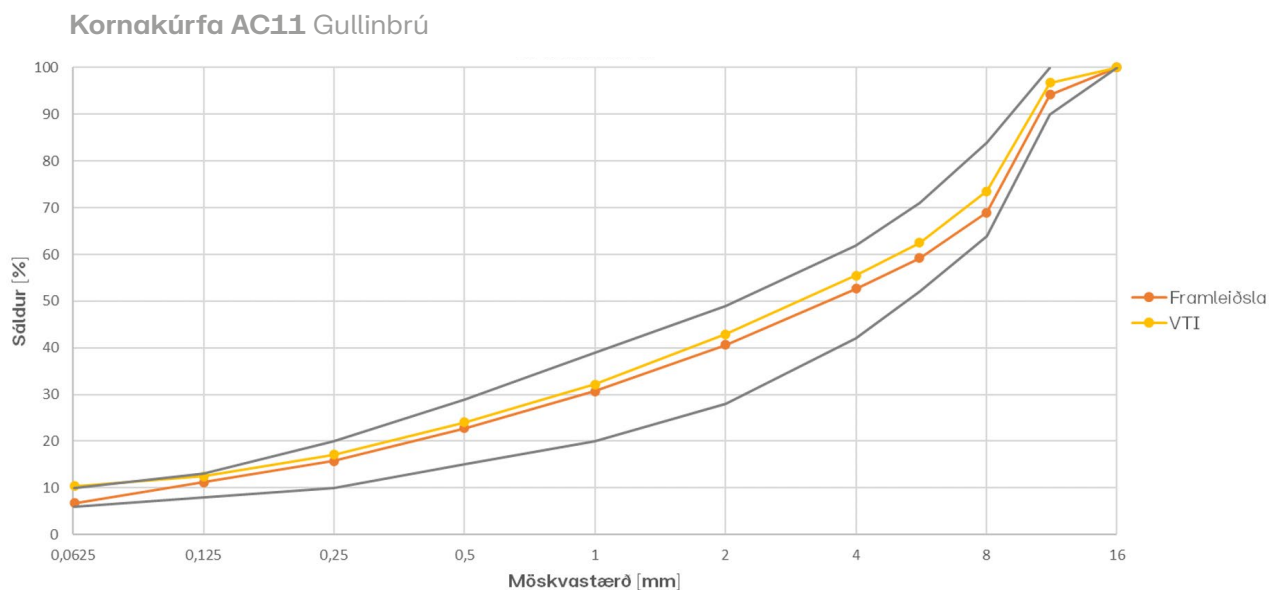
Á mynd 5 sést að mjög lítið er af 8 mm efni í blöndunni, sem fer um 0,2 prósentustig undir neðri markalínu.

Kornakúrfa AC16 Kjalarnesi



↑ Mynd 6 Steinefnadreifing úr Kjalarnesi

Mynd 6 sýnir að kornadreifingin er mjög nærri efri markalínu og millistærðir mjög ríkjandi.



↑ **Mynd 7** Steinefnadreifing úr Gullinbrú

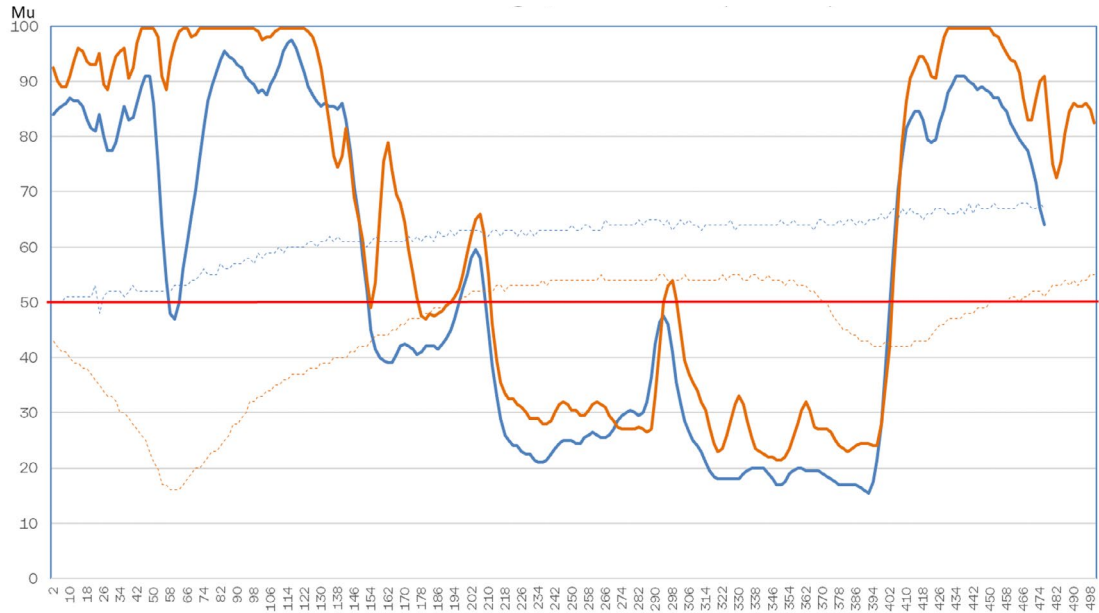
Sjá má á mynd 7 að þar er munur á kornadreifingu úr framleiðsluniðurstöðum og svo þeim niðurstöðum sem komu úr rannsóknum á borkjörnum úr Gullinbrú. Sjá má að gögnin frá VTI sýna mun meira magn fínefnis en framleiðslurannsóknin. Svo hátt fínefnamagn bendir til að blandan sé mjög viðkvæm fyrir hækkun á bindiefnisinnihaldi.

Mælingar á hemlunarviðnámi

Hér á eftir má sjá myndir sem sýna mælingar á hemlunarviðnámi á þeim köflum sem töldust ekki uppfylla kröfur Vegagerðarinnar um hemlunarviðnám. Hemlunarviðnámsmælingarnar voru framkvæmdar stuttu eftir útlögn en mælingadagsetningar má sjá á myndunum (ath. Mu mælikvarði er x 100, þannig að mæligildið 50 er í raun 0,5 viðnámsmörkin).

Bremsuviðnámsmæling 29.06.2020

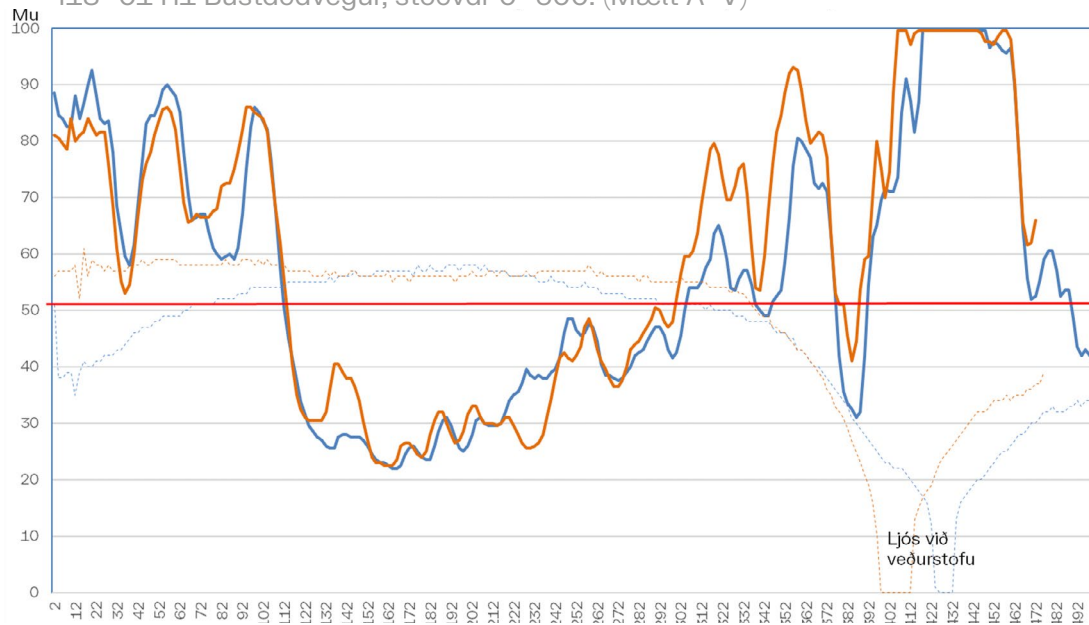
418-01 H1 Bústaðavegur, stöðvar 0-500. (Mælt A-V)



↑ Mynd 8 Bústaðavegur

Bremsuviðnámsmæling 29.06.2020

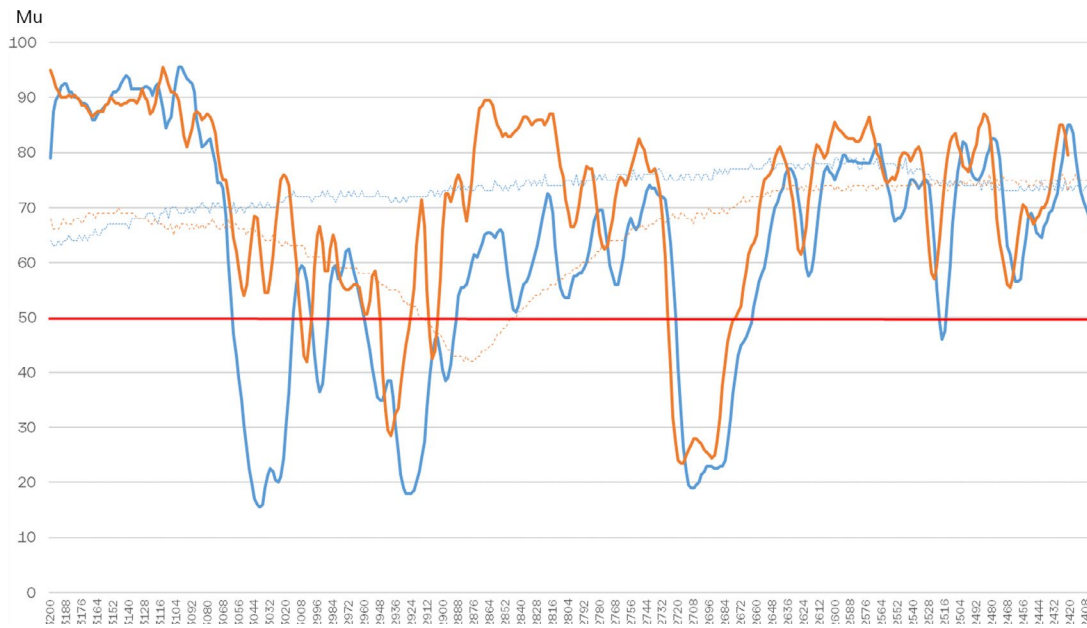
418-01 H1 Bústaðavegur, stöðvar 0-500. (Mælt A-V)



↑ Mynd 9 Bústaðavegur

Bremsuviðnámsmæling 29.06.2020

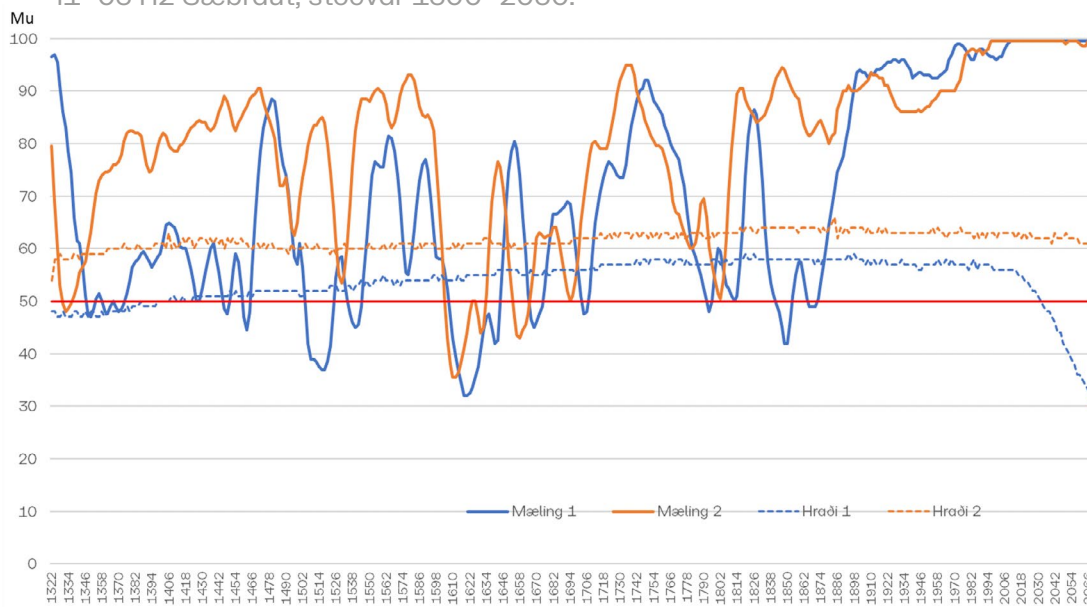
1–F6 V1 Kjalarnes, stöðvar 3200–2400. (Mælt N–S)



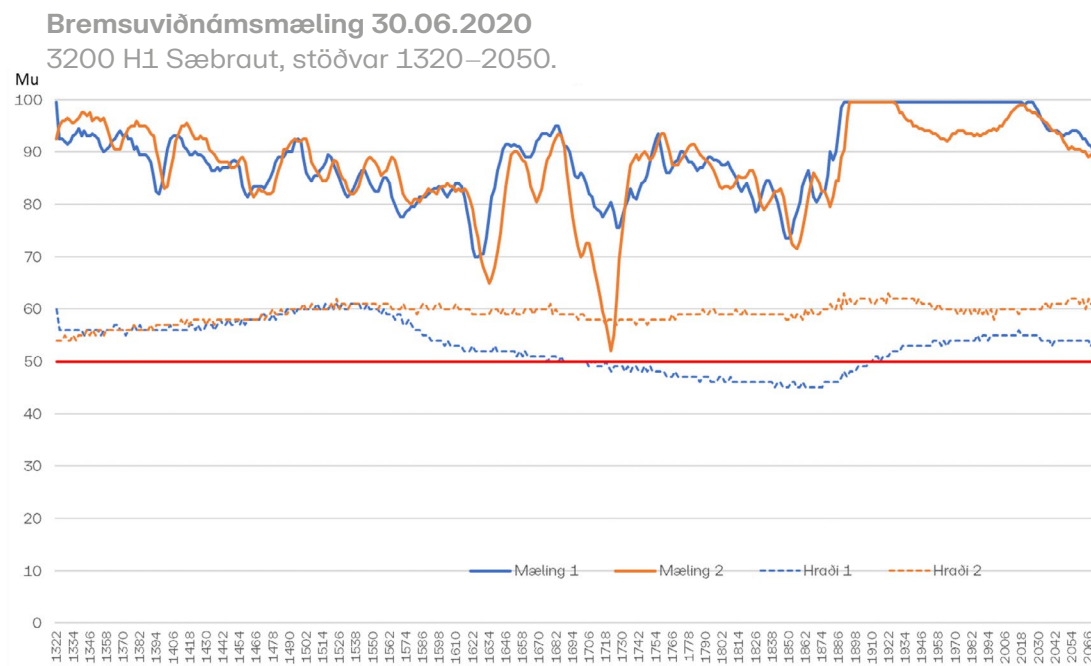
↑ **Mynd 10** Vesturlandsvegur um Kjalarnes

Bremsuviðnámsmæling 30.06.2020

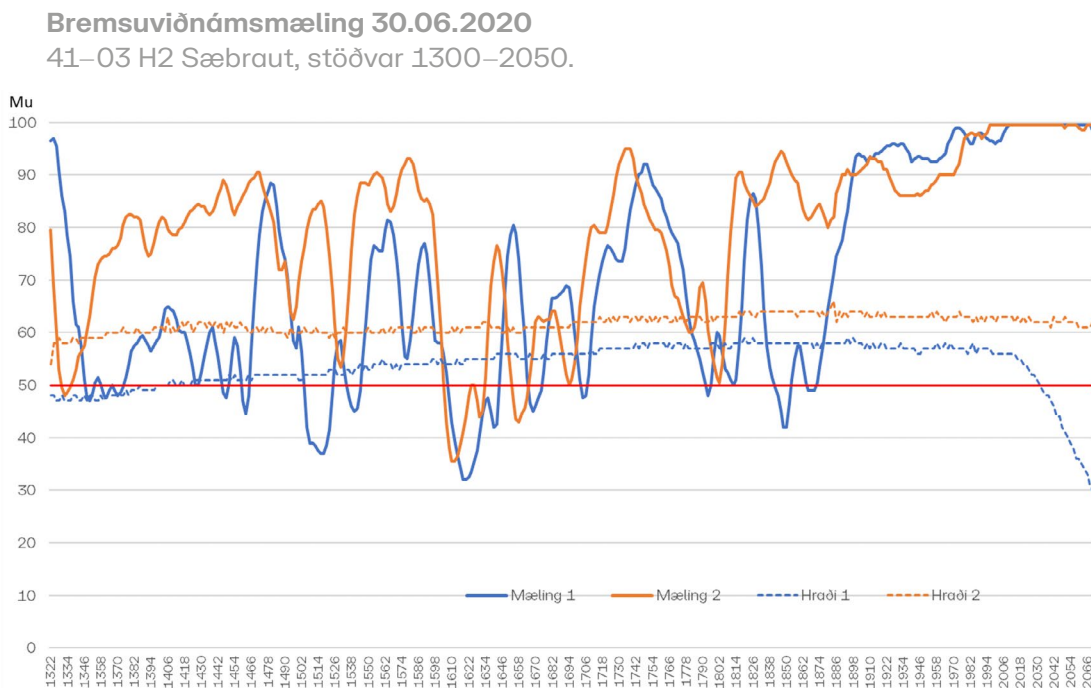
41–03 H2 Sæbraut, stöðvar 1300–2050.



↑ **Mynd 11** Vesturlandsvegur um Kjalarnes



↑ **Mynd 12** Sæbraut



↑ **Mynd 13** Sæbraut

Eins og sjá má á myndunum þá er einn kafli sem stenst kröfur um hemlunarviðnám (0,5), þ.e.a.s. einn kafli á Sæbraut og hefur hann fengið að standa enn. Hinir hafa verið fræstir burt eða yfirlagðir utan einnar akreinar á Reykjanesbraut, sem er enn til skoðunar sökum þess að holrýmdarmælingar hafa sýnt að kafllinn standist ekki kröfur.

Ályktun

Þær rannsóknir og þau gögn sem fram voru komin, úr framleiðslueftirliti framleiðanda, sýna eindregið að kröfum um holrýmd sem settar eru fram í útboðsgögnum Vegagerðarinnar er ekki fullnægt. Krafa Vegagerðarinnar er sú að holrýmd skuli liggja á bilinu 1% til 3%. Niðurstöður rannsókna á borkjörnum úr vegi sýna að holrýmd sé allt niður undir 0,1% og framleiðsluniðurstöður sýna holrýmd 0,1% upp í 0,5%.

Hemlunarviðnámsmælingar kaflanna, utan eins, sýna að þeir uppfylla ekki kröfur Vegagerðarinnar um lágmarks hemlunarviðnám, 0,5.

Þess má geta að þetta eru fyrstu niðurstöður rannsókna og rannsóknum á þessum köflum er ekki lokið og má því vænta annarrar útgáfu af þessari skýrslu. Rannsóknum verður framhaldið hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands, VTI, Vegagerðinni og hjá malbiksframleiðendum. Þær rannsóknir sem eftir standa eru áframhaldandi greiningar á holrýmd úr malbikskjörnum og einnig að setja sýni í sneiðmyndatöku og greina holrýmd, bikmagn og fleiri eiginleika út frá því.

Heimildaskrá

- Aschenbrener, T. (2020). *The Federal Highway Administration (FHWA)*. Sótt frá Chapter 9. Hot In-Place Recycling (Construction Methods And Equipment): <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/recycling/98042/09.cfm>
- Fwa, T. F. (2006). *The handbook of highway engineering*. New York: Taylor & Francis.
- Jóakimsson, B. H. (2014). *Hjölför í íslensku malbiki, slit og deigar formbreytingar*. Reykjavík: Umhverfis- og byggingarverkfræðideild, Háskóli Íslands.
- Lind, K. (2017). *Bitumenbundna lager*. Borlänge: Trafikverket.
- Mamlouk, M. S. (2006). Design of Flexible Pavements. Í T. F. Fwa (Ritstj.), *The Handbook of Highway Engineering*. Boca Raton, Florida: Taylor & Francis Group.
- Masad, E. J. (2002). Characterization of Air Void Distribution in Asphalt Mixes. *Journal of Materials in Civil Engineering*, Vol. 14(2), 116-121.
- Vegagerðin. (2020). *Efnisrannsóknir og efniskröfur, leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd*. Reykjavík: Vegagerðin.