



Endurvinnsla á gleri og íblöndun þess í malbik

Dóra Lind Pálmarsdóttir

Lokaverkefni í byggingartæknifræði BSc

2010

Höfundur: Dóra Lind Pálmarsdóttir

Kennitala: 010485 - 2829

Leiðbeinendur: Sigþór Sigurðsson og Gunnar Örn Erlingsson

Tækni- og verkfræðideild

School of Science and Engineering



Tækni- og verkfræðideild

Heiti verkefnis:

Endurvinnsla á gleri og íblöndun þess í malbik

Námsbraut:

Byggingartæknifræði BSc

Tegund verkefnis:

Lokaverkefni í tæknifræði BSc

Önn:

Haustið 2010

Námskeið:

BT LOK
1012

Ágrip:

Verkefni þetta gekk út á það að athuga hvort notkun á endurunnu gleri í malbik væri raunhæfur kostur. Höfundur telur að svo sé. Farið var yfir hvar í heiminum gler í malbik væri notað og hvernig það hefur reynst.

Höfundur:

Dóra Lind Pálmarsdóttir

Framkvæmd var fullburða tilraun með íblöndun glers í malbik og athugað hvort malbik íblandað gleri stæðist helstu kröfur Vegagerðarinnar. Það kom í ljós að glerblandað malbik uppfyllti kröfur um sáldurferla, festu, sig og holrýmd. Samkvæmt efniskröfum Vegagerðarinnar mætti því samþykkja þessa malbiksblöndu.

Umsjónarkennari:

Guðbrandur Steinþórsson

Fundin var möguleg hagkvæmni Endurvinnslunnar hf. á því að nýta gler sem íblöndunarefni í stað urðunar. En það reyndist vera mikill sparnaður í því að nýta glerið í malbik fyrir Endurvinnsluna.

Leiðbeinendur:

Sigþór Sigurðsson

Gunnar Örn Erlingsson

Fundin hagkvæmni Hlaðbæjar Colas hf. á því að nýta gler að hluta í stað steinefna í malbik. En það var hagkvæmt fyrir Hlaðbæ Colas að nýta glerið í yfirlag Y11 og burðarlag U16.

Fyrirtæki/stofnun:

Malbikunarstöðin Hlaðbær
Colas

Að lokum voru niðurstöður og útreikningar túlkaðir.

Dagsetning:

8. 12. 2010

Lykilorð íslensk:

Gler
Malbik
Hagkvæmni
Endurvinnsla

Lykilorð ensk:

Glass
Asphalt
Feasibility
Recycling

Dreifing:

opin

lokuð

til:

Samantekt – helstu niðurstöður

Endurunninn glersalli er notaður í malbiksblöndur víða í heiminum t.d. í Bandaríkjunum, Bretlandi, Nýja Sjálandi og Ástralíu. Samkvæmt heimildum þaðan hefur það reynst vel og hefur verið nýtt allt frá árinu 1970. Gler uppfyllir allar helstu kröfur um steinefni til notkunar í malbik í þessum löndum.

Gler er efni búið til úr sandi, kísli, kalksteini, þvottasóða og pottösku. Þessi efni eru brædd við hátt hitastig og síðan snöggkæld svo þau ná ekki að mynda kristalla. Gler kemur fyrir í náttúrunni sem steind sem verður til þegar eldingu slær niður í sand eða við viss skilyrði í eldgosum. Glermulningur er skilgreindur sem úrgangsefni og þarf því að urða og nota í landfyllingar.

Að nýta gler í stað urðunar er mikilvægt endurvinnsluverkefni þegar til framtíðar er litið. Bæði hvað varðar grjótnámur og landfyllingar. Nýtt efni úr grjótnámum er ekki ótæmandi og því ber að huga að öðrum möguleikum sem hægt er að nýta til þess að minnka álag á grjótnámur og landfyllingar. Endurunnid gler væri kjörið til þess.

Í ofangreindum löndum hafa verið gerðar athuganir á heilsufarslegum áhrifum þess að nota gler í malbik. Samkvæmt niðurstöðum þessara athuganna hefur gler í malbiki lítil heilsufarsleg áhrif. Ekki er greinanlegur munur á svifryki hefðbundins malbiks og svifryki frá malbiki blönduðu gleri. Svifryk er að mestu uppbyggt af bergflísnum og gler er unnið úr sandi. Því mætti ætla að glerflísar og bergflísar væru líkar að uppbyggingu og því myndi svifryk frá glerblönduðu malbiki ekki vera ólíkt svifryki frá hefðbundnu malbiki. Ef glerið væri eingöngu nýtt í yfirlög þar sem lítil umferð er og í burðarlög ætti það að hafa lítil sem engin áhrif á samsetningu svifryks í andrúmslofti.

Í þessu verkefni var gerð fullburða tilraun með vinnslu, blöndun og útlögn á malbiki með gleri. Þegar niðurstöður tilraunarinnar sem höfundur gerði í samstarfi við Endurvinnsluna hf. og Malbikunarstöðina Hlaðbæ – Colas hf. (MHC) eru skoðaðar sést að kornakúrfa glermulningsins stóðst kröfur um steinefni í malbik og malbikið með glerinu í stóðst einnig kröfur Vegagerðarinnar um sáldurferil, festu, sig og holrýmd. Samkvæmt skilgreiningu Vegagerðarinnar á efniskröfum mætti því samþykkja þessa malbiksblöndu.

Tilraunaferlið gekk vel fyrir sig og engin stór vandamál komu upp. Þó mætti glerið frá Endurvinnslunni koma í minni kornastærð eða 0-5 mm og vera hreinna, þ.e. minna um rusl í glersallanum. En þetta er hlutur sem Endurvinnslan ætlar sér að bæta. Það er að minnka úrgang í glerinu og þegar hann minnkar þá verður kornastærð minni þar sem glerbrjóturinn brýtur glerið betur þegar minna er um aðskotahluti í glerinu. Útlagning gekk vel og var hægt að nota sömu framleiðslutæki og aðferðir við gerð og útlagningu hefðbundins malbiks.

MHC og Endurvinnslan ætla sér að framkvæma fleiri tilraunir. Hlaðbær Colas hefur áhuga á að prófa blanda glerið í malbikið úr sérstöku síló einungis með gleri. Í tilrauninni sem framkvæmd var með höfundi var glerið blandað saman við Hólabrú – mól og blandan sett í síló. Einnig væri hægt að prófa setja glerið út í malbikið eins og aukafni, þá er glerið ekki hitað upp, en þetta er líklegast sísti kosturinn að áliti MHC.

Það er fjárhagslega hagkvæmt fyrir Endurvinnsluna að aka glerinu frekar til MHC heldur en að aka því út í Álfsnes og urða það þar. En í þessu liggur um 13 milljóna króna árlegur sparnaður fyrir Endurvinnsluna ef litið er til kostnaðartalna fyrir árið 2010 ef allt gler sem tilfellur yrði nýtt á þennan hátt. En þetta er um 4.000 – 5.000 tonn á ári. Þetta er mikill sparnaður þegar til framtíðar er litið og getur aukist ef malbiksframleiðendur fara að borga hlut í flutningskostnaðinum þegar reynsla og eftirspurn hefur aukist.

Niðurstöður verkefnisins gefa til kynna að það sé hagkvæmt fyrir MHC að ráðast í framleiðslu á malbiki blönduðu gleri fyrir Y11 yfirlag í plön og stíga og U16 burðarlag. Það sparast um 6,9 milljónir þegar gler er 5 % af innihaldi Y11 og um 13,8 milljónir þegar gler er 10 % af innihaldi Y11 þegar miðað er við 50.000 tonn af yfirlagi. Í burðarlagsmalbikinu U16 sparast 5,5 milljónir þegar glerinnihald er 10 % og 8,3 milljónir þegar glerinnihald er 15 % þegar miðað er við 20.000 tonn af burðarlagi. Það reyndist aftur á móti ekki hagstætt að nýta glerið til blöndunar í malbik á umferðarmeiri götur þar sem kostnaður varð meiri þegar bæta þurfti viðloðunarefni við malbikið.

Auk þess sem nefnt er að ofan er þetta ávinningur fyrir þjóðfélagið, þar sem glerið er nýtt en ekki urðað og sett í landfyllingar. Að glerið sé nýtt sem íblöndunarefni í malbik er mun umhverfisvænlegri kostur en urðun. Þar sem náttúruauðlindir okkar eru ekki ótæmandi ber okkur að hugsa vel um umhverfið og reyna að leita leiða til að bæta það.

Efnisyfirlit

Samantekt – helstu niðurstöður.....	1
Myndaskrá.....	4
Töfluskrá.....	5
Línurit.....	5
Fylgiskjöl.....	5
Skammstafanir.....	6
Formáli.....	7
Inngangur.....	8
1 Almenn um malbik og samsetningu þess.....	9
1.1 Örlítið um sögu bundinna slitlaga á Íslandi.....	9
1.2 Hvað er malbik?.....	10
1.3 Hvað er slitlag?.....	13
1.3.1 Klæðing.....	14
1.3.2 Malbik.....	15
1.3.3 Eiginleikar malbiks.....	16
1.3.4 Hönnun malbiks.....	19
1.3.5 Framleiðsla malbiks.....	21
2 Notkun glers í malbik.....	22
2.1 Dæmi um notkun glers í malbik.....	22
2.2 Heilsufarsleg áhrif glermulnings í malbiki.....	25
2.3 Hindranir við notkun glers.....	26
3 Tilraun með notkun glers í malbik.....	27
3.1 Hönnunarferli.....	27
3.2 Tilraunaferli.....	30
3.2.1 Sigtun á gleri.....	30
3.2.2 Hörpun glers.....	31
3.2.3 Malbikun með gleri.....	32
3.2.4 Borkjarnar teknir úr malbiki.....	33
3.3 Niðurstöður hönnunar- og tilraunaferlis.....	34
4 Hagkvæmni.....	35
4.1 Endurvinnslan hf.....	35
4.1.1 Fyrirtækið.....	35
4.1.2 Hagur Endurvinnslunnar.....	35
4.1.3 Niðurstaða.....	39
4.2 Hlaðbær Colas.....	39
4.2.1 Fyrirtækið Hlaðbær Colas.....	39
4.2.2 Hagur Hlaðbæjar Colas.....	40
4.2.3 Niðurstaða.....	44
Lokaorð.....	45
Sérstakar þakkir.....	46
Heimildaskrá.....	47

Myndaskrá

Mynd 1 - Gerðir bikbindiefna	10
Mynd 2 - Gerðir malbiks	12
Mynd 3 - Malbik	15
Mynd 4 - Flæðirit yfir hönnun malbiksblöndu.....	19
Mynd 5 - Framleiðsluferli malbiks	21
Mynd 6 – Glerflöskur	22
Mynd 7 - Glermulningur	23
Mynd 8 - Grófmulið gler	24
Mynd 9 - Samsetning svifryks í Reykjavík.....	25
Mynd 10 - Bergflísar í svifryki	25
Mynd 11 - Sáldurferill glers	27
Mynd 12 - Malbik eftir brennslu.....	28
Mynd 13 - Sáldurferill malbiks blandað gleri.....	29
Mynd 14 - Rusl í glermulningi	30
Mynd 15 - Sigtun á glermulningi	30
Mynd 16 - Hörpun glermulnings	31
Mynd 17 - Glerblandað malbik sett á vörubíl.....	32
Mynd 18 - Vegkaflí sem átti að malbika	32
Mynd 19 - Útlagning malbiks blandað gleri.....	33
Mynd 20 - Borkjarnar teknir úr malbiki	33
Mynd 21 - Gler í nýlögðu malbiki	34
Mynd 22 - Logo Endurvinnslunnar	35
Mynd 23 - Logo Hlaðbær Colas	39

Töfluskrá

Tafla 1 - Notkunarvið mismunandi slitlagsgerða	13
Tafla 2 - Stærðarflokkar klæðingar	14
Tafla 3 – Malbiksgerðir	18
Tafla 4 - Árlegur urðunarkostnaður	36
Tafla 5 - Árlegur aksturskostnaður	36
Tafla 6 - Glermagn urðað og aksturskostnaður síðustu 3 ár	36
Tafla 7 - Aksturskostnaður árlega, frá Endurvinnslunni til MHC	37
Tafla 8 -Kostnaður Y11 án glers	40
Tafla 9 - Kostnaður Y11 með 5% gleri.....	41
Tafla 10 - Kostnaður Y11 með 10% gleri.....	41
Tafla 11 - Kostnaður U16 án glers	42
Tafla 12 - Kostnaður U16 með 10% gleri.....	42
Tafla 13 - Kostnaður U16 með 15% gleri.....	43
Tafla 14 - Kostnaður Y11 með viðloðunarefni.....	44

Línurit

Línurit 1 - Áætlaður urðunar- og aksturskostnaður	37
Línurit 2 - Áætlaður urðunar- og aksturskostnaður, samanburður.....	38

Fylgiskjöl

Fylgiskjal 1 - Kröfur Alverks 95 um steinefni í malbik.....	49
Fylgiskjal 2 - Efnisrannsóknir og kröfur.....	50
Fylgiskjal 3 – Niðurstöður, sigtun glers.....	51
Fylgiskjal 4 – Niðurstöður, rúmpýngd og holrýmd	52
Fylgiskjal 5 – Niðurstöður, malbikssýni	53

Skammstafanir

MHC – Malbikunarstöðin Hlaðbær Colas

ÁDU – Árdagsumferð, segir til um hversu margir bílar aka um ákveðinn veg að meðaltali á hverjum sólarhring á einu ári.

Y11 – Yfirlag þar sem efri flokkunarstærð steinefna er 11 mm. Hentar á húsagötur og safngötur eða vegi með umferð upp að 10.000 ÁDU.

U16 – Burðarlag / Bindilag þar sem efri flokkunarstærð steinefna er 16 mm.

SMA (e. Stone Mastik Asphalt) – Trefjamalbik

Formáli

Skýrsla þessi er lokaverkefni höfundar í byggingartæknifræði BSc við Háskólann í Reykjavík. Leiðbeinendur við verkefnið voru Sigbór Sigurðsson framkvæmdastjóri Hlaðbæjar Colas hf. (MHC) vélaverkfræðingur og Gunnar Örn Erlingsson verkefnastjóri (MHC) rekstrarhagfræðingur með MSc í rekstrarstjórnun og upplýsingatækni.

Hugmyndin að verkefninu kviknaði þegar höfundur og systir hans sátu yfir kaffibolla og ræddu um hugmyndir að lokaverkefni. Einnig hafði Hlaðbær Colas samband við Háskólann í Reykjavík og leitaði að áhugasömum einstaklingum til þess að vinna að gerð lokaverkefnis í samstarfi við þá. Höfðu þeir áhuga á að nýta gler í malbik og setti því höfundur sig í samband við þá og Endurvinnsluna. Ákveðið var að höfundur ynni að þessu lokaverkefni í samstarfi við Hlaðbæ Colas hf. og Endurvinnsluna.

Höfundur tók tvo áfanga í vegagerð í námi sínu við Háskólann í Reykjavík og kynntu þessir áfangar undir áhuga höfundar á vegagerð. Björn Ólafsson kennari við umrædda áfanga og forstöðumaður hjá Vegagerðinni gerði áfangana og kennslufni þeirra einstaklega skemmtilegt og vill höfundur þakka honum sérstaklega fyrir það. Það átti því vel við höfund að gera lokaverkefni tengdt vegagerð.

Lokaverkefni þetta hefur gefið höfundi tækifæri til þess að sökkva sér ofan í efnisfræði og aðferðir er tengjast malbiki íblönduðu gleri. Höfundur hefur fræðst almennt um malbik og um notkun glers í malbik víða í heiminum, kosti þess og galla. Einnig hafa umhverfis- og kostnaðarþættir verið skoðaðir tengdir því að nota gler í malbik.

Höfundi finnst mikilvægt að huga að umhverfinu og hafði því mikinn áhuga á að kanna hvort raunhæft væri að nýta gler í malbik í stað þess að urða það. Einnig fannst höfundi áhugavert að kanna hvort það væri hagkvæmt fyrir Endurvinnsluna og Hlaðbæ Colas að nýta gler í malbik.

Reykjavík, 8. Desember 2010

Inngangur

Er íblöndun glers í malbik raunhæfur kostur?

Lokaverkefni þetta mun leitast við að svara þessari spurningu.

Fjallað verður almennt um malbik og samsetningu þess. Einnig verður farið stuttlega ofan í sögu bundinna slitlaga á Íslandi. Hönnun malbiks og framleiðsla þess verður útskýrð ásamt því að tala um þá eiginleika sem fýsilegt er að malbik hafi.

Endurunninn glermulningur er notaður í malbik víða í heiminum og hefur það verið gert síðan 1970. Fjallað verður um notkun glers í malbik, hvernig það hefur reynst og hvaða heilsufarsleg áhrif það getur haft.

Höfundur gerði tilraun með notkun glers í malbik í samvinnu við Endurvinnsluna og Malbikunarstöðina Hlaðbæ Colas. Hönnunar- og tilraunaferli þessarar tilraunar verður útskýrt. Niðurstöður prófana og kröfur Vegagerðarinnar verða bornar saman og athugað hvort malbik blandað gleri standist þær.

Athugað verður hvort það sé hagkvæmt fyrir Endurvinnsluna að sleppa því að urða gler og senda það heldur til MHC þar sem það yrði síðan nýtt sem íblöndunarefni í malbik. Farið verður yfir urðunar- og flutningskostnað Endurvinnslunnar síðustu ár og reiknaður kostnaður þeirra við að flytja glerið til MHC til endurnýtingar.

Einnig verður skoðað hvort það sé hagkvæmt fyrir MHC að nýta gler sem íblöndunarefni í malbik. Það verður skoðað hvort það sé hagkvæmt að nýta það í yfirlag Y11 hins vegar og í burðarlag U16 annars vegar. Auk þess verður skoðað hvort hægt sé að nýta glermulninginn í yfirlag Y11 á umferðameiri götur og þá hvort þörf sé á viðloðunarefni eða öðrum íblöndunarefnum.

Höfundur telur að ef fólk og fyrirtæki fá val um það hvort það kaupir malbik blandað gleri eða hefðbundið malbik þá yrði fyrri kosturinn valinn. Það sem býður upp á umhverfisvænlegri kost yrði að áliti höfundar oftast valið en það sem stuðlar ekki að bættu umhverfi.

Höfundur áttaði sig fljótlega á því að BSc verkefni þetta gæti seint gert viðfangsefninu tæmandi skil. Ástæðan fyrir því er sú að fræði þessi eru bæði flókin og tími til að vinna verkefnið ekki langur. Fleiri tilraunir þarf að framkvæma með blöndun glers í malbik og er þetta verkefni góður grunnur að frekari tilraunum og ákvarðanatöku um notkun glers í malbik í nánari framtíð.

Unnið var eftir bestu samvisku, vitund og getu að gerð þessa lokaverkefnis og er það von höfundar að verkefnið beri þess merki.

1 Almennt um malbik og samsetningu þess

1.1 Örlítið um sögu bundinna slitlaga á Íslandi

Lagning bundinna slitlaga hófst hér á landi árið 1912 er Austurstræti og hluti Bröttugötu í Reykjavík var malbikaður. Tilraunir með olúmöl hófust árið 1960 á Íslandi og upp úr 1965 var farið að leggja hana á götur víða um land. Olúmöl var ódýrasta slitlagsefnið sem fékkst á Íslandi á þessum tíma. Slitlögum er gjarnan skipt í tvo flokka, stíf og sveigjanleg, eftir getu þeirra til að dreifa umferðarálagi á undirbyggingu vegarins. Allar gerðir bikslitlaga flokkast sem sveigjanleg slitlög. (Leifur Benediktsson 1978 : 1).

Flest byggðarlög landsins voru komin í vegasamband um árið 1960. Hröð stækkun vegakerfisins hafði í för með sér, að ekki var unnt að vanda vegina sem skyldi. Allir vegir voru með sand- og malarslitlagi, að undanteknum Hafnarfjarðarvegi, sem var malbikaður 1940, og spotta af Suðurlandsbraut, sem var steiptur um líkt leyti. Í nóvember 1972 var nýr vegur með malbiks- og olúmalarslitlagi tekinn í notkun milli Reykjavíkur og Selfoss yfir Hellisheiði. (Jón Guðnason 1975 : 1-4, 46-48).

Þær gerðir slitlags sem notaðar hafa verið á Íslandi eru steinsteypa, klæðing, olúmalbik, malbik og olúmöl. Hér á eftir verður gerð grein fyrir þeim bikbundnu slitlögum sem notuð hafa verið hér á landi.

Klæðing: Þunnbiki er sprautað á vel þjappað yfirborð um það bil 2 lítrar á m² og perlumöl dreift yfir og hún þjöppuð í bindiefnið. Þetta yfirleitt endurtekið og þá nefnt tvöföld yfirborðsmeðhöndlun eða tvöföld klæðing.

Olúmalbik: Millistig á milli olúmalar og malbiks, bindiefnið bik er þynnt með steinolíu, bensíni eða einhverju þess háttar. Síðan rýkur þynnirinn burt þegar slitlagið hefur verið lagt en það sem eftir verður stífnar.

Malbik: Slitlag framleitt úr grjótmulningi og jarðbiki. Hvortveggja hitað upp og blandað saman við u.þ.b. 155-160°C. Að lokum er malbikið valtað til að þjappa því saman og fá slétt yfirborð.

Olúmöl: Vegolía, bik og möl blandað saman við lágt hitastig. Lagt út á sama hátt og malbik.

Hér koma nokkur dæmi um hvenær malbikun hófst á hinum ýmsu stöðum á Íslandi:

Malbikun gatna á Ísafirði hófst upp úr 1960. Þá var keypt til Ísafjarðar lítil malbikunarstöð. Með þessari stöð var malbikað á tímabilinu 1961-1966, u.þ.b. 3 km af götum. Ekkert var malbikað á Ísafirði á tímabilinu 1966 – 1974, en kaflaskil urðu árið 1974 þegar Olúmöl h.f. kom til sögunnar. Á vegum Olúmalar var keypt blöndunarstöð frá Svíþjóð og var ætlunin að láta þá stöð blanda heitt malbik eða olúmalbik.

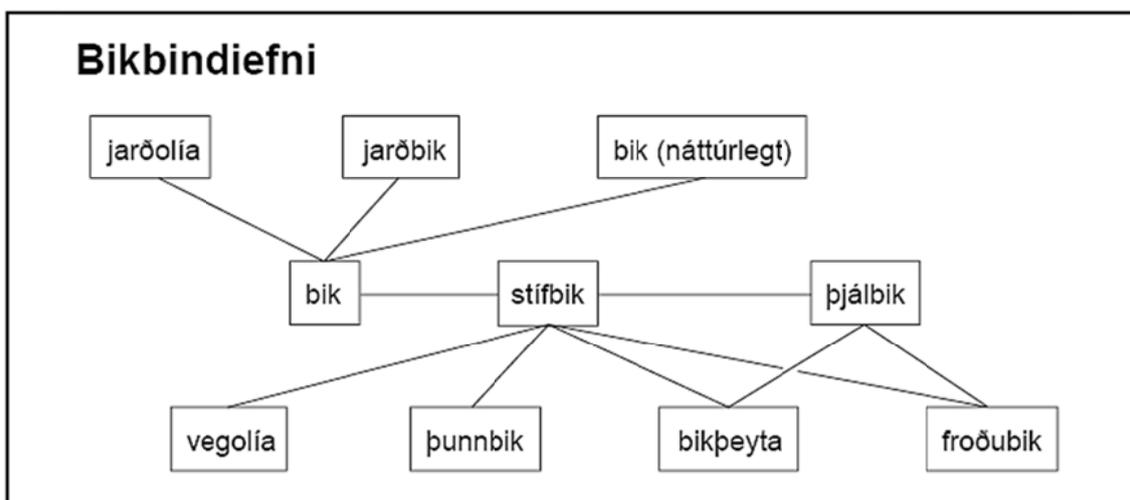
Malbikun hófst árið 1957 í Vestmannaeyjum. Þá var keypt 17 tonna Barber Green malbikunastöð, 12 feta Barber Green lagningarvél og 4 ½ tonna ABG valtari. Með þessum tækjum voru malbikaðir um 8 km af götum til ársins 1963. Efni sem notað var í þetta malbik var bik og rauðamöl.

Í Kópavogi hófst malbikun gatnakerfis upp úr 1970. Á Austfjörðum árið 1973, og í byrjun var olíumöl flutt inn með skipum frá Noregi til notkunar þar. Í Keflavík var byrjað að malbika götur árið 1967. (Haustfundur SATS 1977 : 2-34).

1.2 Hvað er malbik?

Margar tegundir eru til af malbiki og því er malbik ekki auðskilgreint. Til þess að skilja hvað malbik er þarf líka að vita hvað bikbindiefni er.

Hér fyrir neðan er hægt að sjá skilgreiningar hinna ýmsu tegunda af bikbindiefnum:



Mynd 1 - Gerðir bikbindiefna¹

Bikbindiefni: Bikbindiefni notuð í vegagerð, eru nánast eingöngu framleidd með eimingu á jarðolíu. Þá er jarðolían hituð upp í 300-350°C svo hún verður að blöndu af gufu og vökva, síðan er hún leidd inn í svokallaðan eimingarturn. Þar skilst jarðolían sundur í eimingarhluta eftir suðumarki, léttustu hlutarnir svo sem gastegundir og brennsluolíur setjast fyrir ofan til í turninum en eimingarleifin verður eftir á botninum. Eimingarleifin, sem er blanda af jarðbiki og þungum olíum, er svo eimuð á nýjan leik, þá fæst hið eiginlega jarðbik.

¹ Alverk. 1995. *Almenn verklýsing fyrir vega- og gatnagerð*. Bls 13. Vegagerðin, Reykjavík.

Jarðolía: Hráolía eins og hún kemur upp úr jörðinni, og er aðallega úr mettuðum kolvetnum. Úr jarðolíu eru búnar til margs konar vörur, svo sem bensín, steinolía, hráolía, smurolía og bik.

Jarðbik: Náttúruleg efnablanda, aðallega jarðolía, bundin fínkornóttu steinefni. Jarðbik er hitaþjálta, dökkleitt og hefur mikla samloðun.

Bik: Hitaþjálta efni, aðallega úr kolvetnum eða afleiðum þeirra. Bik leysist nærri fullkomlega upp í brennisteinskolefni. Á litinn er það svart eða brúnt og er með góða samloðun. Það verður til við hreinsun á jarðolíu eða jarðbiki, og finnst einnig í náttúrunni.

Stífbik (stungubik): Hörðustu (seigustu) tegundir biks. Flokkað samkvæmt mælingum á stungudýpt.

Þjálbik: Mjúkt bik, fengið með því að blanda saman við stungubik sérstökum mýkingarefnum sem ekki rjúka úr eins og repjuolíu og fiskilýsi. Flokkað samkvæmt mælingum á seigju við 60°C.

Vegolía: Stungubik, blandað með olíu (t.d. svartolíu) og lítilræði af rokgjörnum þynni. Flokkað samkvæmt mælingum á seigju við 60°C.

Þunnbik: Stungubik, mýkt með rokgjörnum þynni (bensíni, steinolíu eða oftast white spirit). Flokkað samkvæmt mælingum á seigju við 60°C og hversu hratt rokgjörnu efnin hverfa.

Bikþeyta: Bik, stungubik eða þjálbik, þeytt í vatni ásamt ýruefnum. Vatn er 30-50% af heildarmagni. Flokkuð samkvæmt magni biks í þeytunni og hversu hratt hún brotnar.

Froðubik: Bik, stungubik eða þjálbik, hitað upp í 160-170°C og bætt í það 2-4% af vatni svo það freyði. Þegar bikið freyðir, þenst það út tíu- til átjánfalt. Það ástand varir skammt og yfirleitt hefur rúmmálið minnkað um helming á 15-20 sekúndum. Bikið er því látið freyða um leið og það er blandað steinefnum.

Nú þegar búið er að skilgreina bikbindiefni kemur skilgreining á malbiki og hinum ýmsu tegundum þess:

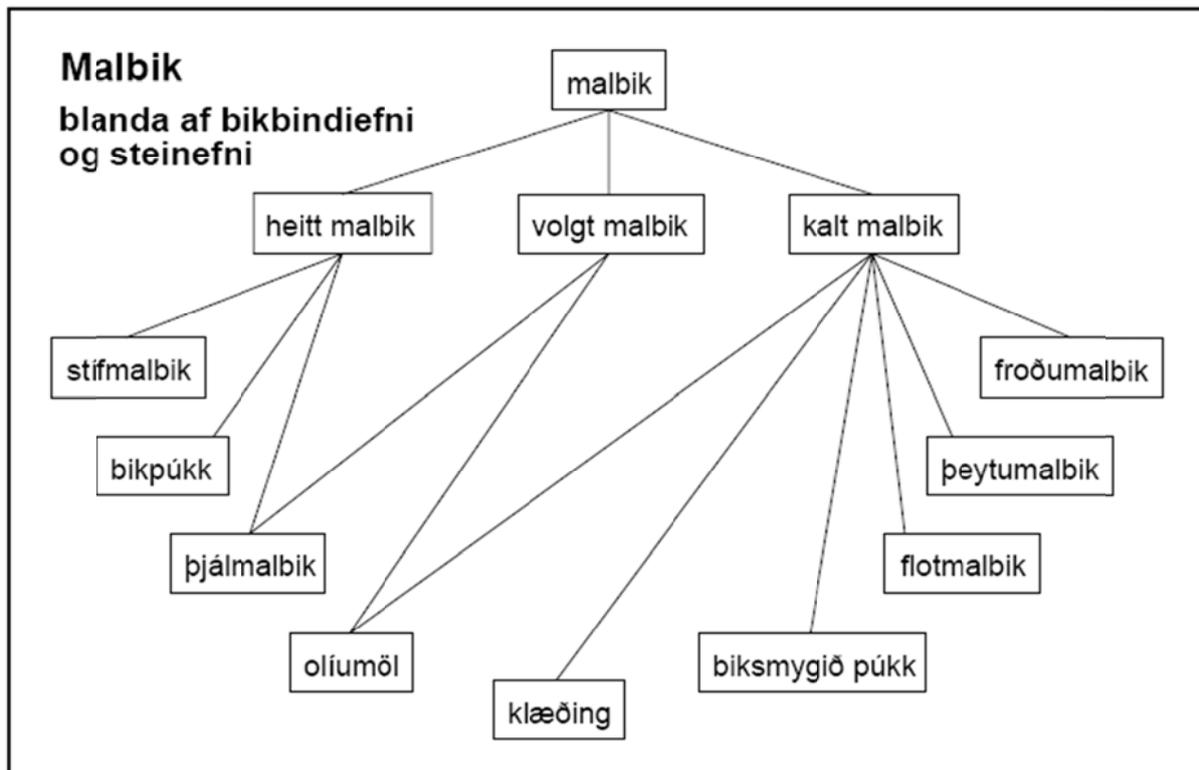
Malbik: Blanda af bikbindiefni, steinefni og stundum íaukum s.s. trefjum, viðloðunarefnum, sementi eða kalkdufti.

Það sem ræður mestu um flokkun malbiks er hvort steinefni eru hituð eða ekki.

Kalt malbik: Steinefnin rök og köld við blöndun.

Volgt malbik: Steinefnin þurrkuð að hluta og um 80-90°C heit við blöndun.

Heitt malbik: Steinefnin þurrkuð alveg og 150-170°C heit við blöndun.

Mynd 2 - Gerðir malbiks²

Stífmalbik (stungumalbik): Heitt malbik, þar sem bindiefnið er stungubik. Stungumalbik er framleitt í sérstökum stöðvum, þar sem steinefnið er hitað í u.þ.b. 150°C og þurrkað fullkomlega, áður en bikinu er blandað saman við það.

Bikpúkk (burðarlagsmalbik): Heitt malbik, blanda af púkki og stífbiki. Bikinu og púkkinu er blandað saman áður en það er lagt út. Notað í burðarlög.

Þjálmalbik: Heitt eða volgt malbik, þar sem bikbindiefnið er þjálbik.

Olíumöl: Volgt eða kalt malbik, þar sem bikbindiefnið er vegolía. Notað í slitlög.

Klæðing: Kalt malbik. Steinefninu er stráð í þunnbik, bikþeytu (eða froðubik), sem hefur verið sprautað á vegfirborðið. Notað í slitlög.

Biksmygið púkk: Púkk er grjótmulningur með kornastærð á bilinu 4-80 mm. Biksmygið púkk er kalt malbik. Stífbiki, þjálbiki eða þunnbiki er dreift yfir púkkið og látið smjúga ofan í það. Notað í burðarlög.

² Alverk. 1995. *Almenn verklýsing fyrir vega- og gatnagerð*. Bls 13. Vegagerðin, Reykjavík.

Flotmalbik: Kalt malbik, þar sem bikbindiefnið er bikþeyta gerð úr bikki ásamt bætiefnum (fjölliðum). Notað í slitlög.

Þeytumalbik: Kalt malbik, þar sem bikbindiefnið er bikþeyta. Notað í burðarlög og slitlög.

Froðumalbik: Kalt malbik, þar sem bikbindiefnið er froðubik. Notað í burðarlög.

(Alverk 1995 : 13-14).

1.3 Hvað er slitlag?

Slitlag er efsta lag vegarins. Hlutverk þess er að skapa öruggt og slétt ökusvæði. Slitlag þarf að þola áraun frá umferðinni, s.s. slit og núningsáhrif frá dekkjum, ekki síst nagladekkjum. Það þarf að þola veðrun (frost / þíðu – áraun), vera þétt og hindra sem mest að yfirborðsvatn komist niður í undirliggjandi lög.

Flokka má slitlög annars vegar í bundin og hins vegar í óbundin slitlög. Malarslitlög teljast óbundin, og síðan má flokka bundnu slitlögin í tvennt, bikbundin slitlög og steipt slitlög. (Ekki verður farið nánar út í steipt slitlög í þessari ritgerð það sem það á ekki við efnistösk ritgerðar).

Bikbundnu slitlögin sem eru notuð hérlendis eru aðallega tvenns konar, malbik (heitblandað í malbikunarstöð) og síðan klæðing. Algengt var að leggja olíumöl á árum áður en hún er nánast alveg horfin af sjónarsviðinu núna. (Vegagerðin. *Efnisrannsóknir og efniskröfur*. 2009 : 3).

Notkunarvið slitlagsgerða miðast við umferðarálag. Sjá mynd hér fyrir neðan:

Slitlagsgerð	ÁDU					
	100	300	1.500	3.000	5.000	15.000
Klæðing með mól (einföld / tvöföld)						
Klæðing með flokkuðu efni (tvöföld)						
Malbik (mismunandi gerðir)						
Malarslitlag						

Tafla 1 - Notkunarvið mismunandi slitlagsgerða³

³ Vegagerðin. 2009. *Efnisrannsóknir og efniskröfur – leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd*. Bls 3. Vegagerðin, Reykjavík.

1.3.1 Klæðing

Klæðing er einfaldasta gerð bikbundins slitlags og jafnframt ódýrasta gerðin hvað stofnkostnað varðar. Hún er gerð þannig að bindiefni (þunnbiki eða þjálbiki) er sprautað á yfirborðið og steinefnum dreyft yfir.

Yfirborð er síðan valtað og að lokum er lausum steinum sópað af því. Í nýbyggingum eru yfirleitt lögð tvö lög klæðingar og ýmist notað flokkað eða óflokkað steinefni. Neðra lagið er oftast með grófara steinefni og efra lagið með fínna steinefni, þannig fyllir fínna steinefnið holrými neðra lagsins að nokkru leyti.

Tafla 2 sýnir stærðarflokka klæðingarefnis:

Klæðingar, dæmi um stærðarflokka					
Fyrri lag		Seinna lag		Yfirlögn (einföld klæðing)	
8 / 11	mm	4 / 8	mm	4 / 8	mm
11 / 16	mm	4 / 8	mm	8 / 11	mm
11 / 16	mm	8 / 11	mm	11 / 16	mm
16 / 22	mm	8 / 11	mm	0 / 16	mm
16 / 22	mm	11 / 16	mm	0 / 20	mm
0 / 16	mm	0 / 11	mm		
0 / 20	mm	0 / 11	mm		
0 / 20	mm	0 / 16	mm		

Tafla 2 - Stærðarflokkar klæðingar⁴

Oftast er notað þunnbik eða þjálbik í klæðingar. Þunnbik er þynnt með rokgjörnum efnum, t.d. white spirit. Byrjað er að nota repjuolíu eða fiskiolíu í stað white spirit og kallast þá þjálbik, en það er vænlegri kostur út frá umhverfissjónarmiðum. Þjálbik þynnt með repjuolíu og eða fiskiolíu mun koma að fullu í stað þunnbiks þynntu með white spirit í framtíðinni.

Önnur algeng gerð bindiefnis í klæðingar er bikþeyta. Hún fæst þannig að venjulegt bik er þeytt í vatni ásamt ýruefnum, sem veldur því að bikið myndar smáar kúlur í vatninu. Þegar steinefninu er stráð í bikþeytuna, brotnar hún þannig að bikið sest á steinana en vatnið gufar upp.

Yfirborð klæðingar er nokkuð hrjúft, þannig að hemlunarviðnám við dekk bíla er yfirleitt mikið. Kostur við klæðingarslitlag er hversu sveigjanlegt það er og fylgir breytingum vel, s.s. sigi eða lyftingum í undirbyggingu án þess að springa.

⁴ Vegagerðin. 2009. *Efnisrannsóknir og efniskröfur – leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd*. Bls 18. Vegagerðin, Reykjavík.

Efnisgerðir sem notaðar eru í klæðingu eru setlög og berg. Efnið er alltaf malað. Endurrunnið efni hefur ekki enn verið notað í klæðingar hérlandis, utan stálgjalls og vonandi í framtíðinni glermulningur. (Vegagerðin. *Efnisrannsóknir og efniskröfur*. 2009 : 18-19).

1.3.2 Malbik

Eins og áður segir er malbik (e. Asphalt, hot mix asphalt) skilgreint sem blanda af steinefni, biki og stundum íaukum svo sem trefjum og viðloðunarefnum. Þyngdarhlutföllin í íslensku slitlagsmalbiki eru oft um 94% steinefni og 6% bik (þyngdarhlutfall íauka er hverfandi).

Hlutverk steinefnisins er margþætt. Steinefni er valið með sem mest slitþol gagnvart negldum hjólbörðum, burðarþol þarf að vera nægilegt gagnvart umferðarþunga og að nokkru leyti þarf að tryggja veðrunarþol slitlagsins. Eiginleikar steinefnisins eru mikilvægir fyrir núningsviðnám milli slitlags og hjólbarða. Steinefni í malbik eru ýmist fengin úr setlögum eða sprengdu, möluðu bergi.

Hérlandis eru steinefni í malbik gjarnan flokkuð í þrennt eftir kornastærð þ.e. minni en 0,063mm (fínefni), 0,063 - 4mm (sandur eða mulningur) og > 4mm (perla, flokkuð möl). Perlan er af stærðarflokkunum 4/8, 8/11, 11/16, 16/22 og 22/32 mm.



Mynd 3 - Malbik⁵

⁵ Hlaðbær Colas hf. 2010. *Vörur og þjónusta*. Hlaðbær Colas hf., Hafnarfirði.

Bindiefnið bik er seigfljótandi, klísturkennt og vatnsfælið efni, sem er nær eingöngu unnið úr bikríkri jarðolíu. Þegar léttari hlutar jarðolíunnar svo sem bensín, dísilólía, steinólía og smurolíur hafa verið eimaðir frá verður eftir þykkni, sem eftir frekari vinnslu verður að biki.

Hlutverk bindiefnisins er fyrst og fremst að binda steinefni saman í eina heild, en jafnframt að ljá malbiki vissan sveigjanleika og verja gagnvart vatni.

Bik er flokkað eftir svokallaðri stungudýpt sem er mælikvarði á stífleika og tilgreinir hversu djúpt 100 g nál með tiltekinni lögum sekkur í bikið við tiltekið hitastig og á tilteknum tíma. Stífleikinn er tilgreindur sem þessi dýpt og mælikvarðinn er tíundu hlutar úr mm.

Hérlendis er mest notað bik með stungudýpt á bilinu 160 – 220 (nálin sekkur 16 – 22 mm ofan í sýnið á 5 sek við 25°C). Þar sem umferð er þung er oft notað bik með stungudýpt 70 – 100 mm. Erlendis er víða notað mun harðara bik (minni stungudýpt) ekki síst í heitari löndum en á Íslandi.

Trefjar (íaukar) eru notaðar í vissar malbiksgerðir til að hindra aðskilnað bindiefnis frá steinefnum meðan malbikið er heitt.

Viðloðunarefni (íaukar) eru stundum leyst upp í bindiefninu og hlutverk þeirra er að styrkja tengingu (viðloðun) bindiefnisins við steinefnið. Þeirra er t.d. þörf þegar kísilsýrurík steinefni eru notuð í malbik, í gropið malbik (dren-malbik) eða þar sem vatn gæti flysjað bindiefnishimnuna af steinunum. Þetta gæti átt við um glerblandað malbik þar sem viðloðun við gler er verri en við steinefni.

Fjöllíðum (íaukum) er stundum bætt í bindiefni til að breyta seigjueiginleikum þess, aðallega til að það þoli betur sumarhita án þess að skríða til undir umferðinni.

Malbik er blandað í þar til gerðum blöndunarstöðvum. Steinefni eru þurrkuð við 150-170°C, síðan er heitu og þunnfljótandi biki hrært saman við malbikið ásamt íaukum (ef einhverjir eru). Blandan er síðan flutt heit þangað sem á að nota hana og er algengt að hún sé lögð í u.þ.b. 50 mm þykku lagi með þar til gerðum útlagningarvélum og völtuð þar til nægilegri þjöppun er náð. Eftir útlögn eru rúmmálshlutföll í hefðbundnu malbiksslitlagi um 80% steinefni, um 17% bindiefni og um 3% loft (holrýmd). (Vegagerðin. *Efnisrannsóknir og efniskröfur*. 2009 : 37-38).

1.3.3 Eiginleikar malbiks

Þegar malbik er hannað er mikilvægt að velja grunnefni af heppilegri gerð og ákvarða blöndunarhlutföll þeirra þannig að malbikið hafi æskilega eiginleika sem taka mið af aðstæðum (t.d. veðurfari og umferð) þar sem nota á malbikið.

Hér fyrir neðan koma útskýringar á nokkrum af þeim eiginleikum sem malbik þarf að hafa:

Slitþol: Með slitþoli malbiks er átt við þol þess gagnvart áraun negldra hjólbarða. Þetta er sá þáttur sem hefur mest áhrif á endingu malbiks, þó því aðeins að umferðin sé meiri en 3000 ÁDU. Tveir eiginleikar öðrum fremur ráða úrslitum, slitþol steinefnis og hlutfall grófs steinefnis. Auk þess hefur sýnt sig að holrýmd hefur áhrif á slitþol; að öðru óbreyttu eykst slitþol með lækkandi holrýmd.

Veðrunarþol: Þol gagnvart vatni, frost-þíðu sveiflum og hálkvarnarefnum. Mikilvægast í þessu sambandi er veðrunarþol steinefnis, ennfremur að halda holrýmd malbiksins eins lágri og kostur er. Halda þarf bindiefnisinnihaldinu nægilega háu til að hylja sérhverja steinefnisögn og mynda nægilega þykka bindiefnishúð um hana.

Viðnám gegn steinlosi: Góð viðloðun milli bindiefnis og steinefnis vinnur gegn steinlosi, sömuleiðis hátt bindiefnisinnihald.

Viðnám gegn skriði: Lágt bindiefnisinnihald hamlar gegn skriði, einnig hrjúft steinefni með hvössum brúnum og heppilegri lögum, hátt méluinnihald og hart bindiefni.

Hemlunarviðnám: Of hátt bindiefnisinnihald hefur neikvæð áhrif á hemlunarviðnám. Hátt hlutfall af grófu steinefni hefur jákvæð áhrif, svo fremi steinefnið fágist ekki undir umferð. Hryfi steinefnisins ræður einnig miklu um hemlunarviðnám.

Viðnám gegn þreytubroti: Að þessum eiginleika stuðlar hátt bindiefnisinnihald, þéttur sáldurferill og góð viðloðun milli bindiefnis og steinefnis. Ef malbikslagið er þykkt (>150 mm) er æskilegt að bindiefnið sé tiltölulega hart en ef malbikslagið er þunnt (<50 mm) er þessu öfugt farið.

Viðnám gegn frostsprungum: Í miklu frosti skreppur malbikið saman og getur rifnað. Hætta á frostsprungum minnkar með lágri holrýmd í malbikinu, hækkandi bindiefnisinnihaldi og mýkra bindiefni. Frostsprungur eru afar fátíðar, ef ekki óþekktar hérlandis.

Viðnám gegn öldrun: Mjúkt bindiefni og steinefni með góða viðloðun minnkar líkur á öldrun, sömuleiðis hátt bindiefnisinnihald og lág holrýmd.

Eins og áður hefur komið fram geta æskilegir eiginleikar togast á um hönnun malbiksins. Sem dæmi má nefna veðrunarþol og viðnám gegn skriði; fyrri eiginleikinn kallar á hátt bindiefnisinnihald en sá síðarnefndi á lágt. Annað dæmi er viðnám gegn skriði og viðnám gegn frostsprungum; fyrri eiginleikinn kallar á hart bindiefni en hinn síðari á mjúkt bindiefni.

Þegar malbik er hannað þarf því oft að fara bil beggja og velja samsetningu malbiksins með bestun á eiginleikum þess og um leið að taka tillit til aðstæðna þar sem nota á malbikið.

(Vegagerðin. *Efnisrannsóknir og efniskröfur*. 2009 : 38-39).

Dæmi um malbiksgerðir, eiginleika þeirra og notkunarvið:

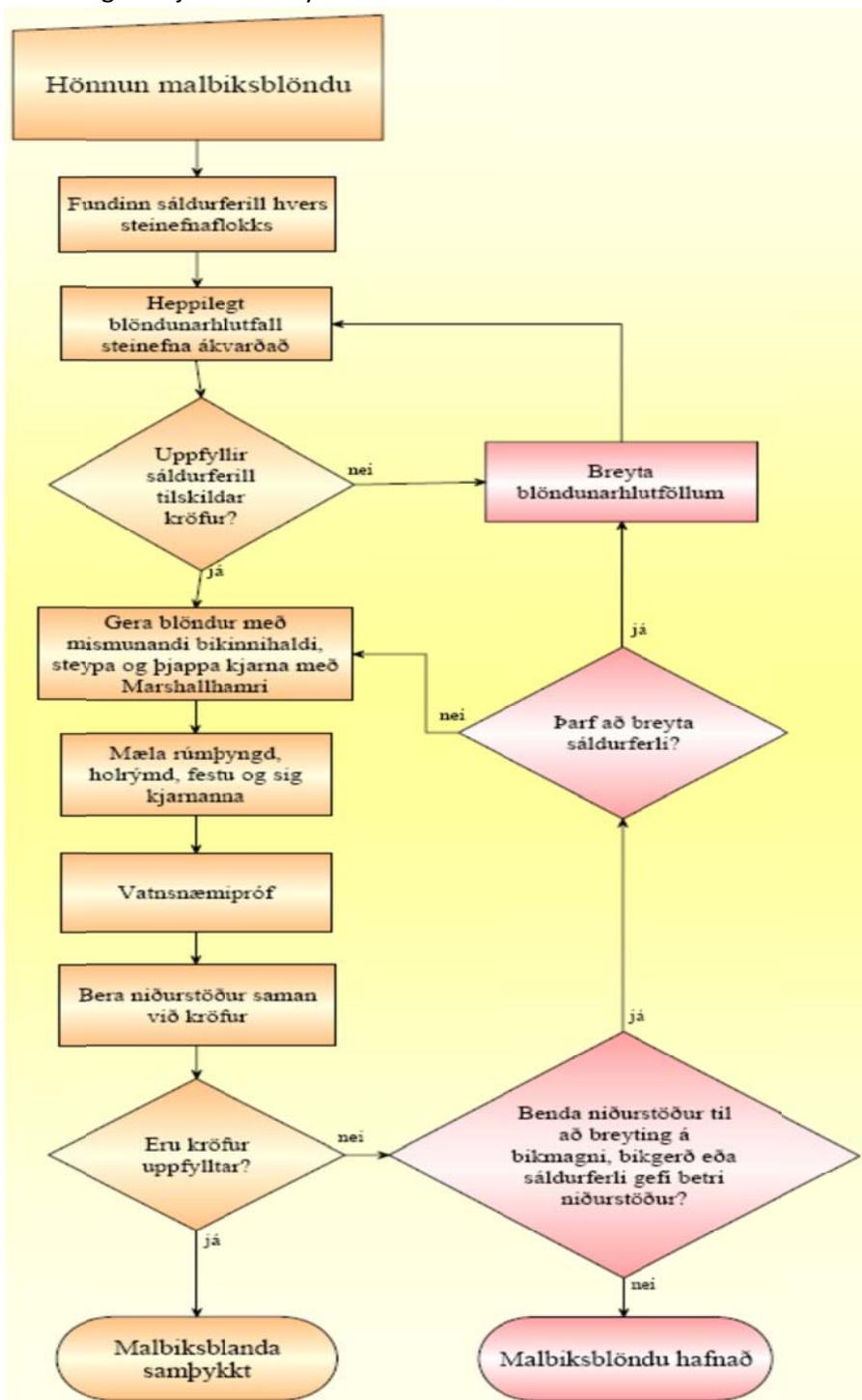
Malbiksgerð (heiti)	Skýring	Eiginleikar og notkunarvið
YL 8	Slitlag, efri flokkunarstærð 8 mm	Er slétt og þess vegna hljóðlátt. Hefur að öðru jöfnu lítið slitþol gagnvart negldum hjólbörðum. Hentar sem þunnt yfirlag á húsagötur eða þar sem umferð er lítil, ennfremur til hjólfarafyllinga undir yfirlag og sem þunnt yfirlag á bílastæði.
YL 11	Slitlag, efri flokkunarstærð 11 mm	Hefur að öðru jöfnu meira slitþol gagnvart negldum hjólbörðum en SL 8, þó síðra en SL 16. Er fremur hljóðlátt. Hentar á húsagötur og safngötur eða vegi með umferð upp að 10.000 ÁDU.
YL 16	Slitlag, efri flokkunarstærð 16 mm	Hefur að öðru jöfnu fremur gott slitþol gagnvart negldum hjólbörðum, en fremur hávært þegar það fer að slitna. Hentar á tengibrautir og stofngötur, síður þó þar sem umferð er yfir 15.000 ÁDU.
SMA 8	Slitlag, efri flokkunarstærð 8 mm	Slitþolið malbik miðað við flokkunarstærð, með gott hemlunarviðnám. Hentar sem yfirlag, sem verður að vera þunnt, þar sem umferð er jafnframt tiltölulega mikil.
SMA 11	Slitlag, efri flokkunarstærð 11 mm	Slitþolið malbik með gott hemlunarviðnám. Hentar á safngötur og tengivegi með mikla umferð.
SMA 16	Slitlag, efri flokkunarstærð 16 mm	Slitþolið malbik með gott hemlunarviðnám. Hentar meðal annars vel á götur þar sem umferð er mikil.
BNL 11	Bindilag, efri flokkunarstærð 11 mm	Notað sem bindilag undir slitlag án takmarkana á umferð, en einnig sem slitlag á götur eða vegi með umferð undir 3.000 ÁDU, en þá með skerptum kröfum.
BNL 16	Bindilag, efri flokkunarstærð 16 mm	Notað sem bindilag undir slitlag án takmarkana á umferð, en einnig sem slitlag á götur eða vegi með umferð undir 3.000 ÁDU, en þá með skerptum kröfum.
U 16	Burðarlag, efri flokkunarstærð 16 mm	Notað sem burðarlag / bindilag, í undantekningartilvikum sem bráðabirgðaslitlag en þá með skerptum kröfum og lagt er yfir ári síðar.
U 22	Burðarlag, efri flokkunarstærð 22 mm	Notað sem burðarlag / bindilag, í undantekningartilvikum sem bráðabirgðaslitlag en þá með skerptum kröfum og lagt er yfir ári síðar.
U 32	Burðarlag, efri flokkunarstærð 32 mm	Notað sem burðarlag eða bindilag, ekki sem bráðabirgðaslitlag.

Tafla 3 – Malbiksgerðir⁶

⁶ Vegagerðin. 2009. *Efnisrannsóknir og efniskröfur – leiðbeiningar við hönnun framleiðslu og framkvæmd*. Bls 49. Vegagerðin, Reykjavík.

1.3.4 Hönnun malbiks

Hér fyrir neðan er hægt að sjá flæðirit fyrir hönnun malbiksblöndu:



Mynd 4 - Flæðirit yfir hönnun malbiksblöndu⁷

⁷ Vegagerðin. 2009. Efnisrannsóknir og efniskröfur – leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd. Bls 53. Vegagerðin, Reykjavík.

Á Íslandi er svokallað Marshallpróf notað við hönnun á malbiki, en þessi aðferð hefur náð útbreiðslu um allan heim. Þessi aðferð er heppileg að því leyti að hægt er að nota hana í öllu ferlinu, frá hönnun og til eftirlits með verkum. Að auki er hún fremur einföld, fljótleg og ódýr.

Í stuttu máli er hægt að lýsa Marshall - aðferðinni svona:

Fyrst eru steinefni sem koma til greina í malbiksblöndu skoðuð og athugað hvort þau uppfylli kröfur sem til þeirra eru gerðar sérstaklega. Oftast er um að ræða blöndun mismunandi kornastærða af efni sem hefur verið unnið (malað og harpað).

Næsta skref er að ákveða í hvaða hlutföllum þau skuli blönduð, til að kornastærðardreifing lendi innan þeirra marka sem sett eru. Þegar því er lokið, er áætlað hvaða magn af bindiefni þurfi í blönduna. Þetta er oftast gert út frá fyrri reynslu, gerð steinefna og kornastærðar.

Síðan eru steiptir kjarnar (c.a. 60 mm á hæð og 100 mm í þvermál) með áætluðu bikmagni, einnig eru gerðar fleiri prófanir með sömu blöndu nema bikmagn aukið/minnkað um ½ - 1 %.

Kjarnarnir eru þjappaðir með svokölluðum Marshallhamri og síðan brotnir á ákveðinn hátt. Auk þess að brjóta kjarnana eru gerðar fleiri mælingar á þeim. Út frá þessum prófunum er bikinnihald blöndunnar valið.

Marshallprófið er ekki gallalaust þar sem þetta próf endurskapar ekki raunaðstæður hvað varðar álag og loftslag. Aðferðin er einnig takmörkuð við ákveðnar gerðir af malbiksblöndum bæði hvað varðar samsetningu og steinastærðir (max 25 mm kornastærð). Þjöppun kjarnanna með Marshall – hamri er ekki í samræmi við það sem gerist við útlögn og eru meira en 50 ár síðan þessi aðferð var þróuð. (Þórir Ingason 2000 : 2-4).

Marshall-aðferðin segir hins vegar lítið til um skil malbiksins, t.d. þekkist ekkert samband milli festu í Marshallprófi og þreytupols malbiksins. Á síðari árum hefur líka komið í ljós að aðferðin er mistæk við mælingar á sumum gerðum malbiks, sérstaklega SMA (SMA = Stone Mastik Asphalt; trefjamalbik).

EN – staðlar um eiginleika malbiks gera þess vegna ráð fyrir að í stað mælinga á festu og sigi, sem Marshallaðferðin notar til að mæla mótstöðu malbiks gegn skriði, verði teknar upp aðrar aðferðir, eins og hjólfarapróf, sem eru taldar líkja betur eftir raunverulegri áraun. (Vegagerðin. *Efnisrannsóknir og efniskröfur*. 2009 : 49).

Hjólfarapróf mælir skrið í malbiki. Hjólfarapróf fer þannig fram að hjól úr 2 cm þykku gúmmí með 20 cm þvermál og 5 cm breidd er keyrt fram og aftur ákveðinn fjölda umferða með 700 N álagi á malbiksýni. Prófa þarf tvö hlutasýni. Fylgjast þarf með hitastigi í sýni en lægsta leyfilega hitastig er 45°C. Til eru sérstök hjólfarataeki sem notuð eru fyrir hjólfarapróf. Hjólfarataeki skrá niður skrið eftir ákveðinn fjölda umferða, en algengt er að láta tækið keyra 10.000 umferðir, þar sem ein umferð er fram og til baka. Þetta próf líkir eftir raunverulegri áraun og gefur því marktækari niðurstöður varðandi skrið heldur en Marshall-aðferðin gerir. (Ásgeir Rúnar Harðarson 2010 : 15-17).

1.3.5 Framleiðsla malbiks

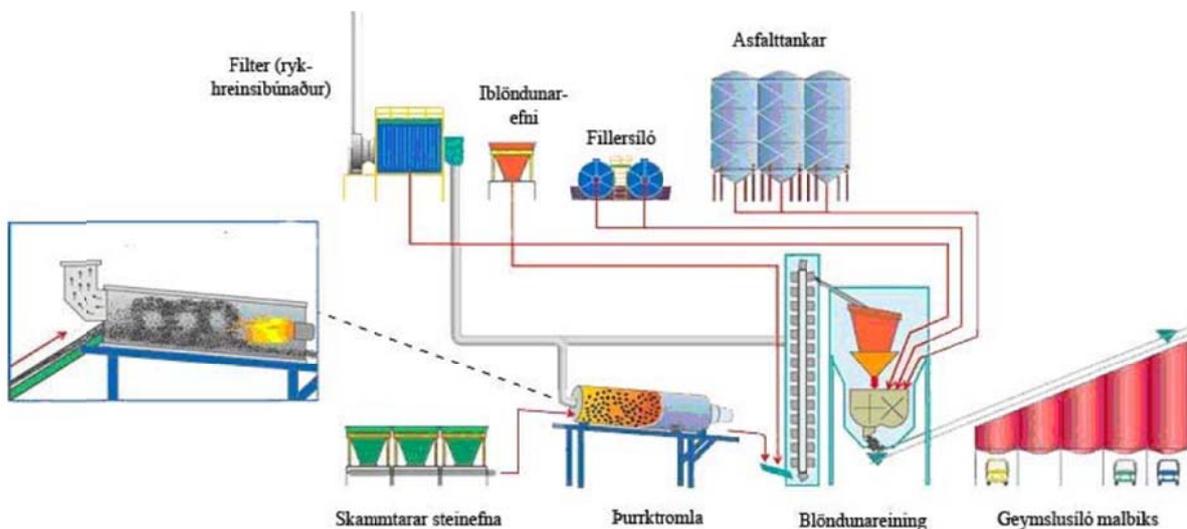
Hefðbundin framleiðsla á malbiki fer fram á eftirfarandi hátt:

Steinefnum í mismunandi stærðarflokkum er mokað í svokallaða skammtara. Þaðan fara steinefni inn í þurrk-tromlu þar sem þau eru þurrkuð við u.þ.b. 150-170°C. Ryk og fínefni skiljast frá og fara í filter ásamt útblásturslofti, en grófari steinefni fara inn í blöndunareiningu þar sem þau eru sigtuð í mismunandi stærðir.

Í filternum er rykið síað frá útblástursloftinu. Við framleiðslu eru þurrkuð steinefni vegin í réttum hlutföllum ofan í hræru og fínefnum bætt við úr filternum. Þau eru einnig vegin nákvæmlega ofan í hræruna. Heitu asfaltinu er skammtað nákvæmlega saman við og sömuleiðis hjálparefnum (íaukum) þegar það á við. Hitastigið er um 150-160°C. Síðan er malbikið flutt í geymslusíló. Úr geymslusílóum fer malbikið á bíla sem síðan eru vigtaðir út af framleiðslusvæði og að lokum í útlagningarvélar.

(Malbikunarstöðin HÖFÐI hf. *Grænt bókhald*. 2009 : 8-9).

Hér fyrir neðan er hægt að sjá framleiðsluferli malbiks myndrænt:



Mynd 5 - Framleiðsluferli malbiks⁸

⁸ Malbikunarstöðin HÖFÐI hf. 2009. *Grænt bókhald 2009 – Ársskýrsla*. Bls 9. Malbikunarstöðin HÖFÐI, Reykjavík.

2 Notkun glers í malbik

Noktun glermulnings í mannvirkjagerð er að aukast. Í heiminum eru mörg þúsund tonn af muldu gleri sett í landfyllingar á degi hverjum. Endurvinnsla á gleri þessu er góð leið til þess að minnka úrgang, minnka mannvirkjakostnað og hjálpa umhverfinu. Við mulningu missir glerið eiginleikann til að skera og verður því hættulaust að meðhöndla. Glerið verður viðkomu eins og sandur eða smágerð mól. Vísbendingar eru um að með íblöndun glermulnings í malbik sé hægt að búa til endingarbetri vegi, bæta styrk malbiksins og minnka kostnað við vegagerð. (David Barnes 2010).



Mynd 6 – Glerflöskur⁹

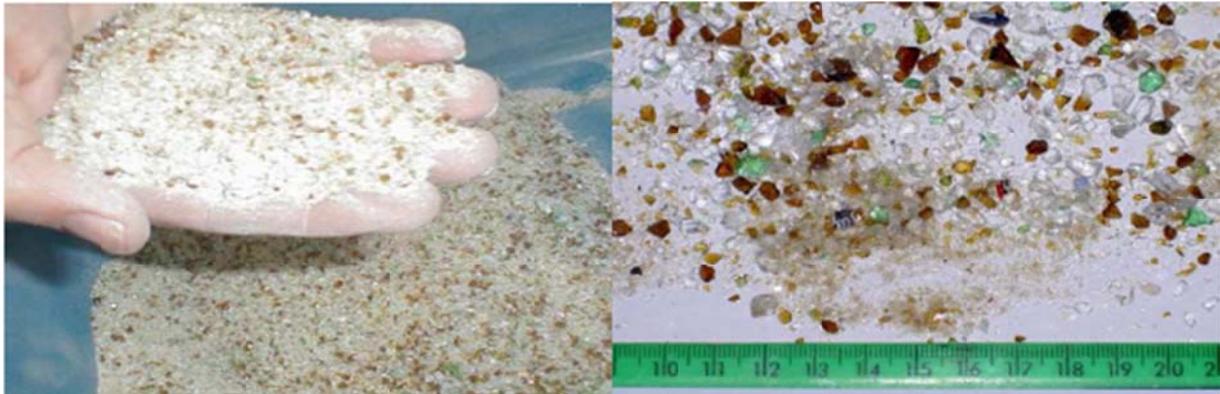
2.1 Dæmi um notkun glers í malbik

Endurunninn glermulningur er notaður í malbik víða í heiminum, t.d. hefur það verið gert síðan 1970 í Bandaríkjunum, Bretlandi og Nýja Sjálandi. Ástralía hefur einnig bæst í hóp þeirra sem nota glermulning í malbik. Í þessum löndum er glermulningur nýttur í vegagerð í stað þess að urða mörg þúsund tonn af gleri í landfyllingum á ári.

Urðun sorps í landfyllingar tekur dýrmætt pláss og er kostnaðarsamt. Einnig minnkar notkun á mól úr grjótnámum ætluð í malbik, þar sem glermulningurinn kemur að hluta í stað steinefna.

Meira en 130.000 tonn af glermulningi er settur í landfyllingar í Ástralíu á ári. Ef glermulningur yrði 10 % af malbiksinnihaldi Ástralíu myndu þessi 130.000 tonn af glermulningi nýtast að fullu í vegagerð og ekki þyrfti að urða mulninginn. Þetta yrði gríðarlegur sparnaður fyrir Ástralíu og mun umhverfisvænlegri kostur en að urða glerið. (Jenny Pickles 2010).

⁹ Endurvinnslan hf. 2009. *Myndir fyrir auglýsingaherferð*. Endurvinnslan hf., Reykjavík.

Mynd 7 - Glermulningur¹⁰

Í mannvirkjagerð og í viðhald vega í Bretlandi fer mikið af steinefnum úr grjótnámum. Notkun endurunninna efna í stað efna úr námum myndi hjálpa til við að minnka álag á landfyllingar og minnka vinnslu úr grjótnámum.

Um 95 % vega í Bretlandi eru lagðir með malbiki og þar er áætlað að ný efni úr grjótnámum Bretlands klárast í kringum árið 2020. Einnig er gert ráð fyrir að pláss undir landfyllingar klárast árið 2016. Miðað við þessar forsendur er því gríðarlega mikilvægt fyrir Bretland að nýta glermulning í vegagerð til þess að minnka álagið á landfyllingar og grjótnámur. Óskipulag í meðferð úrgangs í Bretlandi er talin ástæða þess að meginhluti glerúrgangs fer í landfyllingar.

Í Bretlandi hefur verið náð fullnægjandi árangri með malbik blandað gleri miðað við helstu prófanir varðandi hemlunarviðnám, styrk, hávaða og eiginleika til að hrinda frá sér vatni þar sem glermulningur er á bilinu 5-15 % af malbikinu. Í malbiki með hærra hlutfalli af gleri (>15%) hefur mælst ófullnægjandi hemlunarviðnám og binding efna. Því er mælst til þess að hlutfallið fari ekki yfir 15 %.

Hægt er að nota sömu framleiðslutæki og aðferðir við gerð og útlagningu malbiks hvort sem það inniheldur gler eða ekki. Notkun glermulnings í malbik er hagnýt á meðan framboð af glermulningi er stöðugt. (Oliver Heidrich, Roger N.Bird og Yue Huang 2007 : 58-69).

Eins og fram hefur komið hefur gler verið notað í malbik í Bandaríkjunum síðan árið 1970. Bandarískartilraunir gerðar árið 1970 með glermulning í malbik sýndu að viðloðun mældist fullnægjandi ef viðloðunarefnum væri bætt í malbiksblöndu og kornastærð glers var á bilinu 0-6 mm. Gleragnir kólna hægar en grjótmulningur sem getur verið gott þegar malbik er lagt í köldu loftslagi þar sem meiri tími gefst til þjöppunar. Prófanir gáfu fullnægjandi niðurstöður og einnig var kröfum um hemlunarviðnám fullnægt.

¹⁰ Pioneer Road Services. 2007. *Project Evaluation Report – Recycled Glass in asphalt*. Bls 4. Pioneer Road Services, Australia.

Árið 1990 voru gerðar fleiri tilraunir í Bandaríkjunum með malbik íblönduðu gleri, og var þá prófað malbik með 5 % og 15 % glerinnihaldi. Hefðbundnar Marshall-prófanir voru gerðar og voru niðurstöður þeirra á þennan hátt: Eðlisþyngd malbiks lækkaði með hærra hlutfalli glers, holrýmd minnkaði með hærra hlutfalli glers, lítil eða engin breyting varð á sigi, lítil eða engin breyting varð á togstyrk og viðnám gegn rakaskemmdum jókst örliðið.

Viðloðun minnkar þegar gleri er bætt í malbik, því meira gler því minni viðloðun. En hægt er að koma í veg fyrir þetta með því að bæta viðloðunarefnum í malbiksblönduna.

Fjárhagsleg hagkvæmni þess að nota gler í malbik var fólgin í því að losna við urðunarkostnað á glerinu. Lokaniðurstaða þessara tilrauna var sú að notkun glers í malbik væri tæknilega hagkvæm ef innihald glers færi ekki yfir 15 % í malbiki. (C. S. Hughes 1990 : 1-17).



Mynd 8 - Grófmulið gler¹¹

Í skýrslu frá Umhverfisstofnun Bandaríkjanna fyrir árið 2009 er hægt að finna tölulegar upplýsingar um endurvinnslu og förgun í Bandaríkjunum. Þar kom fram að 10 milljón tonn af notuðu gleri falla til á ári og aðeins 28 % af því er endurnýtt eða um 2,8 milljón tonn. Það þýðir að um 7,2 milljón tonn af gleri er fleygt.

Um 80 % af glerinu sem er endurnýtt verður aftur að nýjum glerflöskum eða um 2,24 milljón tonn. Þessi afgangur 20 % eða 560.000 tonn verða að glermulningi. Þessi glermulningur uppfyllir alla notkunar- og hagkvæmnisstaðla sem Bandaríkin setja varðandi efni til notkunar í vegagerð, þ.e. fyrir fyllingar, styrktarlög og síulög í vegagerð. (Don Dwyer 2010 : 39).

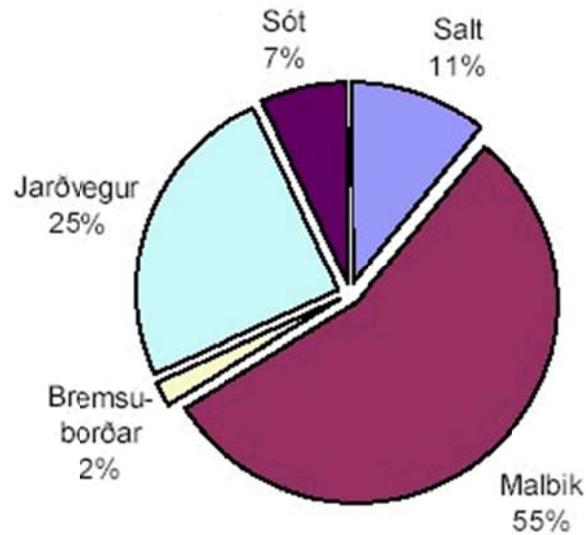
Lítill sjáanlegur munur er á hefðbundnu malbiki og malbiki íblönduðu gleri. Malbik með gleri er hættulaust mönnum og hjólbörðum, það er einnig fljótara að þorna en hefðbundið malbik. Ástæðan fyrir því er að gleragnir draga ekki í sig raka. Malbik með glermulningi hefur meira endurskin en hefðbundið malbik og því mætti áætla að næturskyggni vega með gleri í sé betra en á vegum með glerlausu malbiki.

Algengasta notkun glers í malbik í Bandaríkjunum er á húsgötur, bílastæði, gangstéttir og göngustíga. (Best Practices 1996 : 18-19).

¹¹ Endurvinnslan hf. 2009. *Myndir fyrir auglýsingaherferð*. Endurvinnslan hf., Reykjavík.

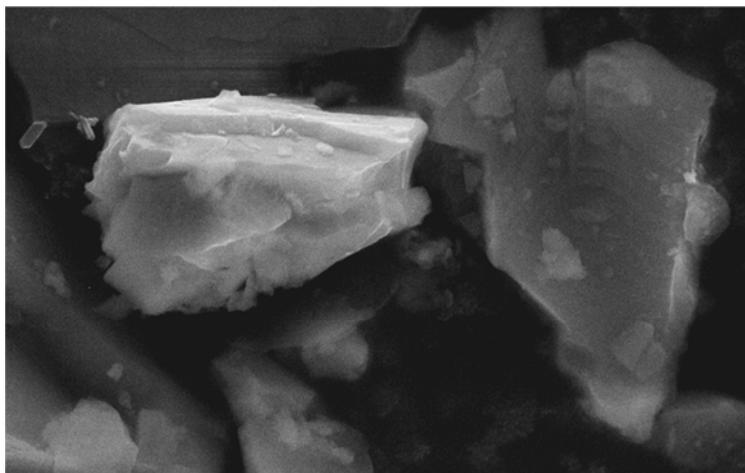
2.2 Heilsufarsleg áhrif glermulnings í malbiki

Þegar malbik slitnar þá myndast svifryk. Í svifryki eru bergagnir og þar sem gler er notað í malbik, einnig gleragnir. Svifryksmengun er mikil í Reykjavík og er malbiksryk rúmlega helmingur þess. Sjá mynd hér fyrir neðan.



Mynd 9 - Samsetning svifryks í Reykjavík¹²

Bergflísar og glerflísar eru bæði hárfín oddhvöss korn sem óæskilegt er að anda að sér. Trefjar eru einnig notaðar í sumar tegundir malbiks, þær eru langar, mjóar og í raun með svipaða eiginleika og gler. (Þorsteinn Jóhannsson 2010 : 1).



Mynd 10 - Bergflísar í svifryki¹³

¹² Bryndís Skúladóttir. 2010. *Samsetning svifryks í vetrarsýnum í Reykjavík*. Umhverfisstofnun, Reykjavík.

Viðamiklar rannsóknir hafa verið gerðar til þess að kanna heilsufarsleg áhrif þess að nota glermulning í malbik. Samkvæmt niðurstöðum þessara tilrauna hefur gler í malbik lítil heilsufarsleg áhrif, ekki er greinarlegur munur á svifryki hefðbundins malbiks og svifryki frá malbiki með gleri í.

Þó verður að varast ryk sem myndast við mulningu glersins, það er talið hættulegt að anda því að sér. Þess vegna þurfa þeir sem sjá um að mylja gler að sjá til þess að rétt sé búið um glerbrjóta. (Pioneer Road Services 2007 : 6).

2.3 Hindranir við notkun glers

Þrátt fyrir alla mögulega kosti við notkun glers, hefur löngum verið vandkvæðum bundið að nota það. Helstu hindranir eru eftirfarandi:

- Gler er ekki að finna hvar sem er og því oft erfitt að nálgast það.
 - Þetta er aftur á móti ekki vandamál hér á Íslandi, auðvelt er að nálgast það hjá Endurvinnslunni.
- Þeir sem endurvinna gler hafa ekki lagað sig að ströngum stöðlum varðandi kornastærð og varðandi hreinsun á úrgangi frá glerinu.
- Langflestir verktakar þekkja ekki efnið, kosti þess og takmarkanir, né heldur staðlana sem segja til um hvernig má nota það. Þess vegna hika verktakar við að nota það.
 - Þetta er ekki vandamál hjá MHC þar sem þeir þekkja efnið og takmörk þess vel.
- Tæknilegar hindranir eru að hemlunarviðnám versnar þegar gler fer yfir 15% af malbiksinnihaldi.
- Það gæti verið æskilegra að nota glerblandað malbik eingöngu í burðarlög malbiks en ekki slitlög útfrá heilsufarslegum ástæðum.
- Magnið af glermulningi er takmarkað. Hið takmarkaða framboð og hversu hæg framleiðsla á glermulningi er, samræmist illa magninu og hraðanum sem stór verkefni krefjast. En verktakar sem byggja þjóðvegi þurfa mikið af efninu, mjög fljótt.
 - Miðað við núverandi ástand á Íslandi er til meira en nóg af gleri til að nýta í vegagerð.

(Don Dwyer 2010 : 40-41).

¹³ Þorsteinn Jóhannsson. 2010. *Rafeindasmásjármynd af óhreinindum af Miklubraut í Reykjavík*. Umhverfisstofnun, Reykjavík.

3 Tilraun með notkun glers í malbik

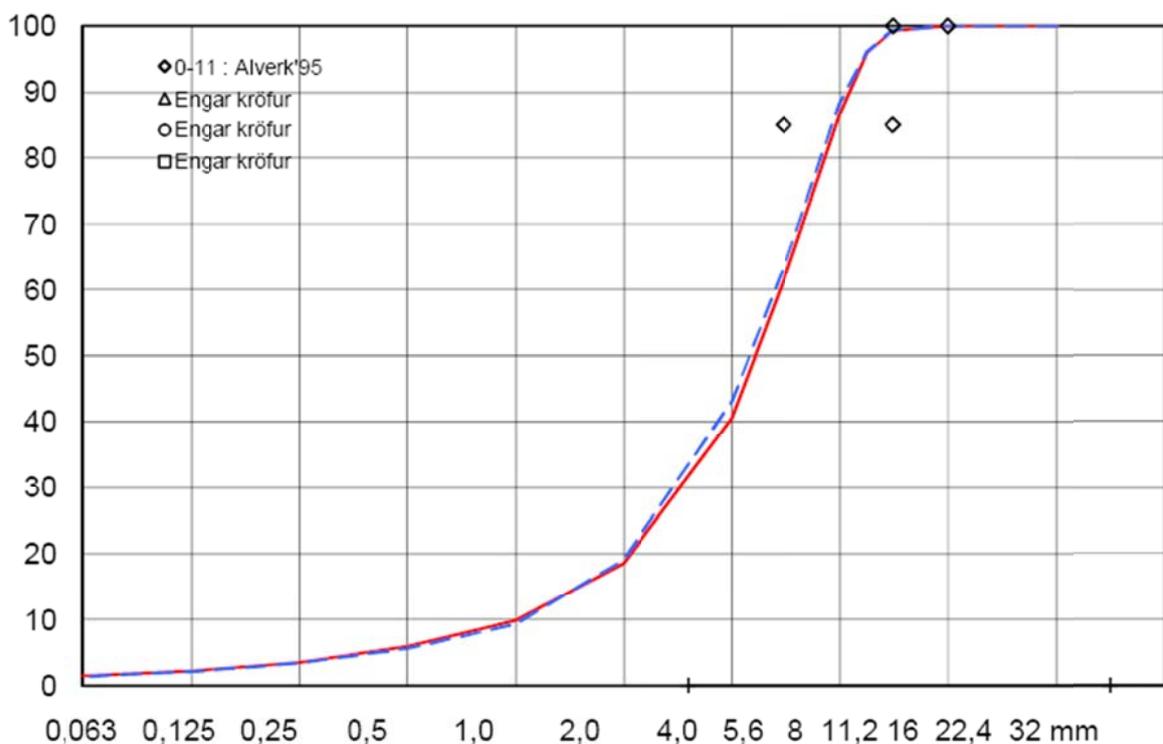
Gerð var tilraun með notkun glers í malbik og þar sem þetta lokaverkefni var unnið í samvinnu við MHC og Endurvinnsluna, sá Endurvinnslan um að mylja glerið og keyra það til MHC. Síðan sá MHC um að blanda og leggja út malbikið. Hér á eftir verður farið yfir það hvernig hönnunar- og tilraunaferlið gekk fyrir sig.

3.1 Hönnunarferli

Byrjað var á því að taka tvö glersýni og athugað hvort þau stæðust kröfur Vegagerðarinnar um kornakúrfu steinefnis í malbik. Sjá kröfur í fylgiskjali 1.

Glersýnin stóðust kröfur, sáldurferlar voru innan markalína/punkta eins og sést hér fyrir neðan. Sjá einnig fylgiskjal 3.

Sáldurferill



Mynd 11 - Sáldurferill glers¹⁴

¹⁴ Jón Smári Sigursteinsson. 2010. *Fylgiskjal 3*. Rannsóknarstofa Hlaðbæ Colas, Hafnarfirði.

Síðan var heppilegt blöndunarhlutfall steinefna ákvarðað. Ákveðið var að blanda glerinu í uppskrift fyrir Y11 Hólabrú. Sjá má uppskriftina hér að neðan.

Y11 Hólabrú
52 %, 0/4 Hólabrú
17 %, 5/8 Hólabrú
21 %, 8/11 Hólabrú
10 %, 0-11 Gler

Hólabrú er grátt íslenskt steinefni (basalt) frá Hólabrúar-námu í Hvalfirði.

Ákveðið var að nota 6% bik í blönduna og ekkert viðloðunarefni. Tekið var sýni af malbikinu til þess að rannsaka. Sýnið var vigtað og sett inn í ofn. Þegar bikið hafði verið brennt burt var sýnið vigtað aftur og þannig var hægt að finna bikinnihald malbiksins. Bikinnihald mældist 6,2 %.



Mynd 12 - Malbik eftir brennslu

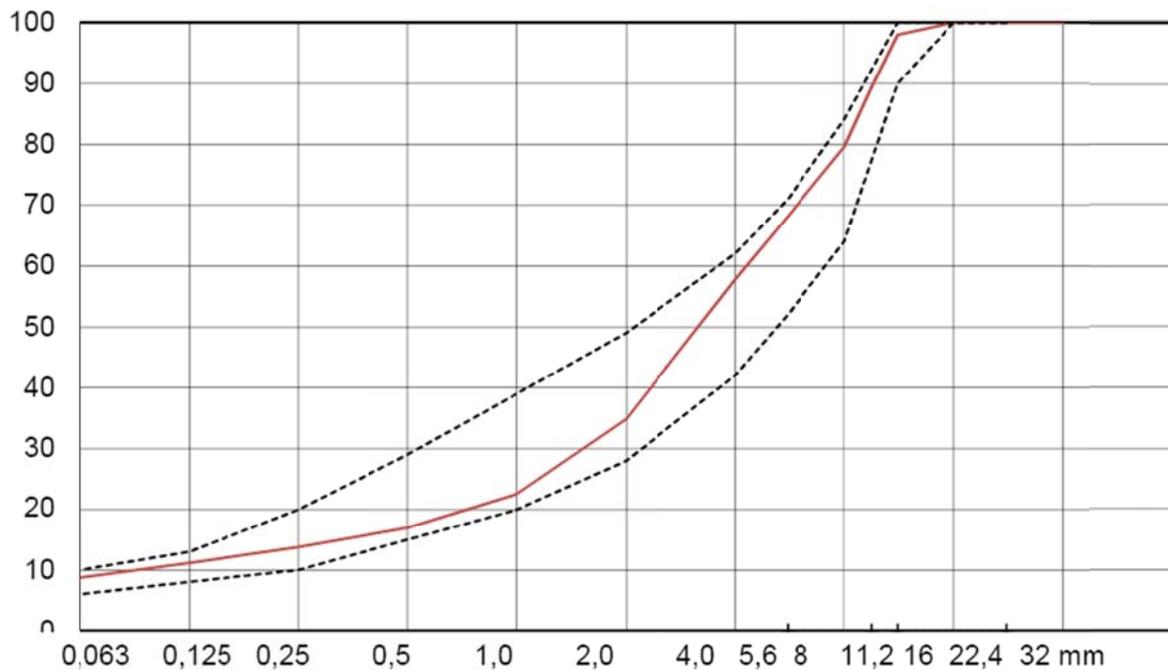
Hér að ofan sést malbikið eftir brennslu. Vel er hægt að greina glermulninginn innan um steinefnin.

Gerð var Marshall prófun og athugað hvort malbikið stæðist kröfur Vegagerðarinnar um sáldurferil, festu og sig. Sjá kröfur fylgiskjali 1 og í fylgiskjali 2.

Hér fyrir neðan sést sáldurferill tilraunamalbiksins, hann er innan markalína og stóðst því kröfur. Sjá einnig fylgiskjal 5.

Sáldurferill

Markalínur: YL11 SL



Mynd 13 - Sáldurferill malbiks blandað gleri¹⁵

Festa mældist 7800 N en krafa um festu er >5000 N og stóðst því kröfur. Sjá fylgiskjal 5.

Sig mældist 3,4 mm en krafa um sig er 1,5 – 5,0 mm og stóðst því kröfur. Sjá fylgiskjal 5.

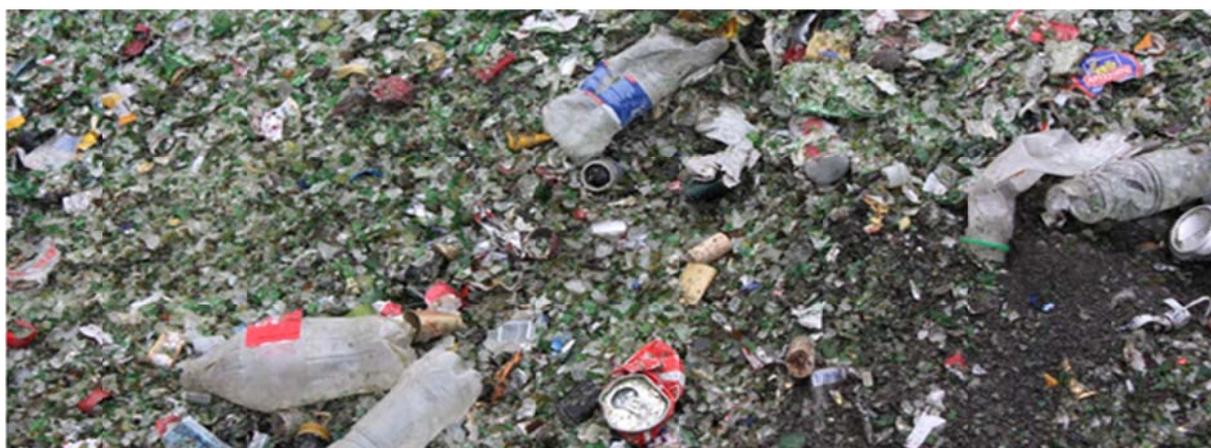
Þar næst var athugað hvort rúmpýngd og holrýmd malbiksins stæðust kröfur. Sjá fylgiskjal 4.

Samkvæmt kröfum Alverk 95 skal holrýmd vera minna en 3%. Prófaðir voru tveir kjarnar og mældist holrýmdin 0,5% og 1,5% sem er hvortveggja undir 3% og stenst því kröfur Vegagerðarinnar um þjöppun fyrir yfirlagsmalbik.

¹⁵ Jón Smári Sigursteinsson. 2010. *Fylgiskjal 5*. Rannsóknarstofa Hlaðbær Colas. Gullhelli, Hafnarfirði.

3.2 Tilraunaferli

Tilraunaferlið byrjaði á því að fá glermulning frá Endurvinnslunni. Glermulningurinn sem barst frá Endurvinnslunni var í kornastærðinni 0-16 mm en það var heldur stór kornastærð. Stærðin sem leitað var eftir var á bilinu 0-5 mm. Einnig var mikið af aðskotarusli í glerinu, eins og plast- og álflöskur, plastpokar og fl. rusl. Sjá mynd hér að neðan.



Mynd 14 - Rusl í glermulningi

3.2.1 Sigtun á gleri

Hreinsa þurfti ruslið frá glerinu svo það væri nothæft í malbik. Þetta var gert með því að sturta glerinu með ruslinu á 0-12 mm sigti. Þá fór glerið í gegn og ruslið sat eftir og lak út til hliðana. Sjá mynd.



Mynd 15 - Sigtun á glermulningi

Þar sem þessi aðferð var seinleg og glerið í stærri kantinum var ákveðið að fá stóra hörpu og harpa (sigta) glerið með henni.

3.2.2 Hörpun glers

Fengin var harpa að láni frá Loftorku. Hörpun glersins gekk mun hraðar fyrir sig heldur en sigtunin. Sjá mynd af hörpun glersins.



Mynd 16 - Hörpun glermulnings¹⁶

Eftir hörpun var glerið í kornastærðinni 0-11 mm, meirihluti þess þó í stærðinni 0-8 mm. Ákveðið var að prófa nota þetta gler þó það væri ekki í kjörinni kornastærð.

¹⁶ Gunnar Örn Erlingsson. 2010. *Leiðbeinandi höfundar tók mynd í tengslum við verkefni*. Gullhella, Hafnarfirði.

3.2.3 Malbikun með gleri

Næst var glerinu blandað saman við Hólabrú - mól og blandan sett í síló. Notuð var hefðbundin uppskrift fyrir Y11 Hólabrú malbik sem var skráð í tölvu malbikunarstöðvarinnar.

Sjálfvirk tölvustýring verksmiðjunnar sá um að skammta rétt úr sílóum á færiband sem flutti steinefnin inn í þurrktromlu þar sem steinefnin voru þurrkuð við u.þ.b. 160°C. Þar skildist ryk og fínefni frá steinefnunum og fóru í filter.

Þegar búið var að þurrka steinefnin var heitu biki blandað saman við þau. Malbikið var síðan geymt í geymslusíló, og fór þaðan á vörubíl. Sjá mynd.



Mynd 17 - Glerblandað malbik sett á vörubíl

Malbikinu var ekið á staðinn þar sem leggja átti það niður og því sturtað í malbikunarvél, sem sá um útlagningu malbiksins.

Sjá mynd af vegkafli sem malbikaður var við MHC í Gullhelli Hafnarfirði.



Mynd 18 - Vegkafli sem átti að malbika

Malbikið var um 140°C við útlagningu og gekk útlagning vel, engin vandamál komu upp. Veður var stillt með lítilsháttar úrkomu. Malbikunin tók um tvo klukkutíma eða frá 13.30 – 15.30.



Mynd 19 - Útlagning malbiks blandað gleri

3.2.4 Borkjarnar teknir úr malbiki

Teknir voru borkjarnar úr malbikinu og gerðar prófanir á þeim. Mæld var rúmpyngd og holrýmd þeirra. Fjallað er um niðurstöður í hönnunarferli einnig er hægt að sjá niðurstöður í fylgiskjali 4.



Mynd 20 - Borkjarnar teknir úr malbiki

Lítill sem enginn sjáanlegur munur var á tilraunamalbikinu og hefðbundnu malbiki. Þó sáust gleragnir sumstaðar þegar vel var gáð. Sjá mynd hér að neðan, fingurinn vísar á glerögn.



Mynd 21 - Gler í nýlögðu malbiki

3.3 Niðurstöður hönnunar- og tilraunaferlis

Þegar niðurstöður prófana eru bornar saman við kröfur þá sést að þær uppfylla öll helstu skilyrði og samkvæmt skilgreiningu Vegagerðarinnar á efniskröfum má því samþykkja þessa malbiksblöndu.

Tilraunaferlið gekk vel fyrir sig og engin stór vandamál komu upp. Þó mætti glerið frá Endurvinnslunni koma í minni kornastærð 0-5 mm og vera hreinna, þ.e. minna um rusl í glersallanum. Útlagning gekk vel og komu prófanir vel út, þ.e. malbikið stóðst allar helstu kröfur. Út frá niðurstöðum hönnunar- og tilraunaferlis má því segja að það sé ekkert því til fyrirstöðu að nota gler í malbik hér á Íslandi.

4 Hagkvæmni

4.1 Endurvinnslan hf

4.1.1 Fyrirtækið



Mynd 22 - Logo Endurvinnslunnar¹⁷

Endurvinnslan hf er hlutafélag og var stofnað árið 1989. Eigendur eru Áfengis – og tóbaksverslun ríkisins, Vífilfell, Ölgerðin, Kaupmannasamtök Íslands, Íslenska álfélagið, Bandalag íslenskra skáta, Gúmmívinnslan, Samband íslenskra sveitarfélaga og Umhverfisráðuneytið.

Fyrirtækið tekur meðal annars við einnota drykkjarumbúðum til að endurvinna þær. Vegna skilagjalds á drykkjarumbúðum verða þær að verðmætum í stað rusls. Frá því Endurvinnslan hóf starfsemi hefur náðst góður árangur í söfnun einnota umbúða. Þegar búið er að safna umbúðum saman og forvinna þær hjá Endurvinnslunni eru þær nýtanlegar hvort heldur héraendis eða erlendis og er verðmæti þeirra umtalsvert. (Endurvinnslan hf 2010).

4.1.2 Hagur Endurvinnslunnar

Endurvinnslan keypti nýjan glerbrjót og hóf notkun á honum í ágúst 2010. Stofnkostnaður hans var um 16 milljónir. Eftir að nýji glerbrjóturinn þeirra kom í notkun geta þeir fyllt gáma með 12-13 tonnum af glermulningi en áður komust aðeins 8 tonn af glermulningi fyrir í gámi. Glerið er mulið smærra og því kemst meira af gleri fyrir. Bara við þetta þá minnkar flutningskostnaður þeirra á gleri um allt að 30%. Þetta er einnig hagkvæmt umhverfislega séð þar sem færri ferðir þarf nú til að færa glerið á milli staða, og þannig minnkar mengunin frá bílum sem sjá um þennan flutning.

Glerið er flutt frá Endurvinnslunni Knarravogi 4 og yfir í Álfsnesið, en þetta eru um 44 km fram og til baka. Ef þetta gler yrði flutt til Malbikunarstöðvarinnar Hlaðbær Colas þá væru það um 24 km fram og til baka. Við þetta minnkar vegalengdin sem er ekin með glerið og við það minnkar aksturskostnaður og af því hlýst minni útblástursmengun. Einnig fyllast urðunarstaðir með tímanum, því væri umhverfisvænna að nýta glerið sem íblöndunarefni í malbik heldur en að urða það. (Eiríkur Hannesson 2010).

¹⁷ Endurvinnslan hf. 2010, 5. nóvember. Logo Endurvinnslunnar. <http://www.endurvinnslan.is/>

Ár hvert urðar Endurvinnslan um 4.000 - 5.000 tonn af gleri. Glerið er urðað úti á Álfsnesi, en þar er urðunarstaður Sorpu. Endurvinnslan borgar Sorpu 1,3 kr/kg án vsk. í urðunarkostnað.

Urðunarkostnaður árlega			
Magn (kg)	Ein.verð (kr)	Alls	
5.000.000	1,3	6.500.000	kr
	vsk.	1.657.500	kr
Heild		8.157.500	kr / ári

*Miðað við mesta magn af gleri 5.000 tonn

Tafla 4 - Árlegur urðunarkostnaður

Aksturskostnaður við flutning á glerinu frá Endurvinnslunni og út í Álfsnes er einnig talsverður. En hann er að meðaltali um 630.000 kr/mánuði án vsk.

Aksturskostnaður árlega		
	7.560.000	kr
vsk.	1.927.800	kr
Heild	9.487.800	kr / ári

Tafla 5 - Árlegur aksturskostnaður

Árlegur kostnaður Endurvinnslunnar við urðun á gleri þessu er því um 18 milljónir kr.

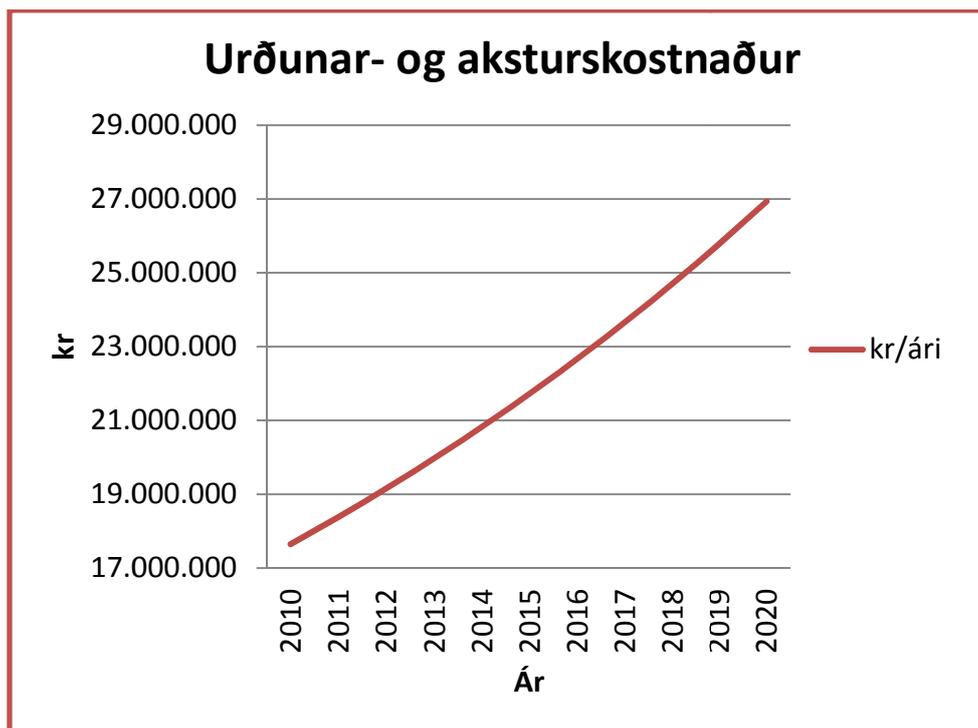
Urðun á gleri frá Endurvinnslunni hefur haldist á bilinu 4.000-5.000 tonn síðustu 3 ár. En það má gera ráð fyrir því að Sorpa hækki urðunarkostnað sinn og að aksturskostnaður hækki. Þetta þýðir að kostnaður eykst þegar til framtíðar er litið. Hægt er að sjá hér fyrir neðan magn af gleri sem urðað hefur verið og aksturskostnað sem fylgir því síðustu 3 ár.

Glermagn urðað og aksturskostnaður síðustu 3 ár				
Ár	Glermagn urðað (tonn)	Aksturskostnaður (kr/ári) með vsk.	kr/tonn	kr/kg
2007	4.322	6.994.922	1.618	1,62
2008	4.840	7.433.268	1.536	1,54
2009	4.090	9.005.246	2.202	2,20

Tafla 6 - Glermagn urðað og aksturskostnaður síðustu 3 ár

Aksturskostnaður minnkaði um 5 % frá árinu 2007 – 2008 og jókst um 43% frá árinu 2008 – 2009 miðað við forsendur í töflu 3 hér að ofan. (Hanna Andrésdóttir 2010).

Ef reiknað er með því að Sorpa auki urðunarkostnað um 2% á ári og að aksturskostnaður aukist um 6% á ári þá verður urðunar- og aksturskostnaður kominn upp í um 27 milljónir kr árið 2020. Hér fyrir neðan er hægt að sjá hvernig þessi kostnaður myndi aukast ár frá ári.



Línurit 1 - Áætlaður urðunar- og aksturskostnaður

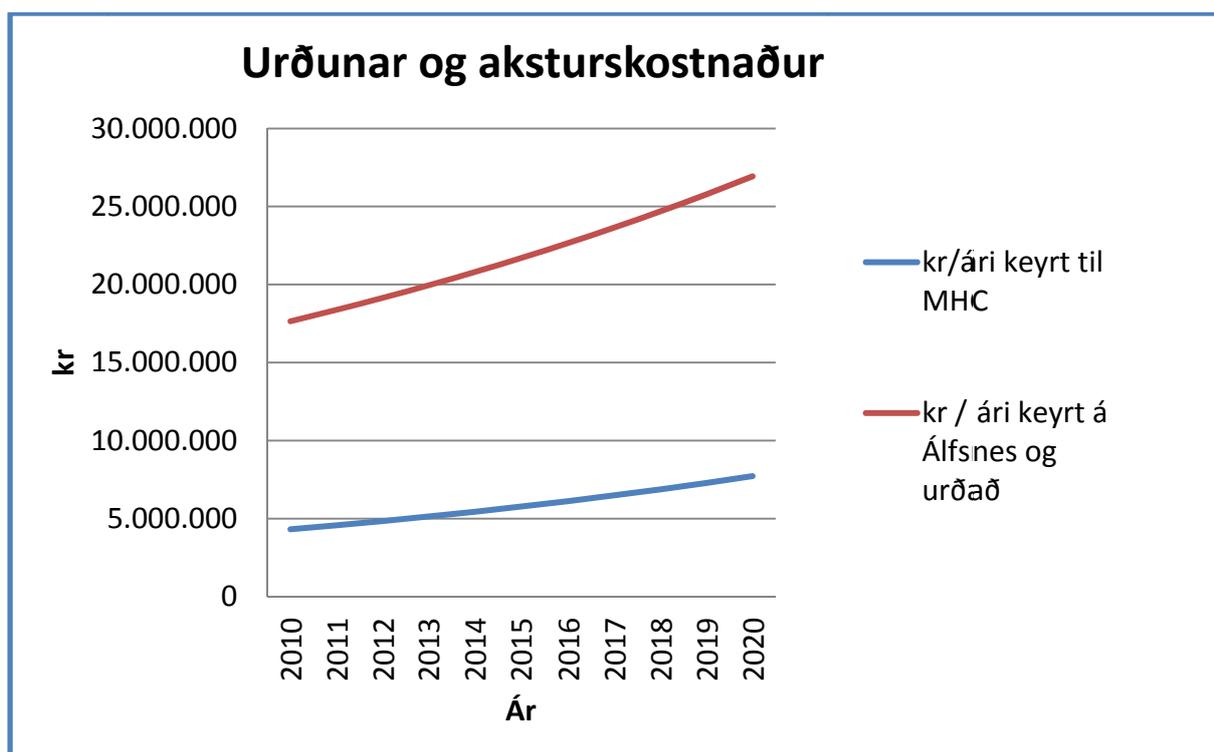
Ef skoðaður er aksturskostnaður miðað við að glerinu yrði keyrt til MHC í stað þess að aka því upp í Álfsnes til urðunar sést að Endurvinnslan myndi spara töluvert. Sjá töflu 7 hér fyrir neðan.

Aksturskostnaður árlega		
	3.436.364	kr
vsk.	876.273	kr
Heild	4.312.636	kr / ári

Tafla 7 - Aksturskostnaður árlega, frá Endurvinnslunni til MHC

Þarna myndu sparast um 5,2 milljónir bara í aksturskostnað og urðunarkostnaður er enginn. Árlegur kostnaður Endurvinnslunnar við losun á þessum 5.000 tonnum af gleri yrði þá eingöngu aksturskostnaður, alls um 4,3 milljónir. Miðað við að heildarkostnaðurinn með akstri og urðun í Álfsnesi var um 18 milljónir, sparast því rúmar 13 milljónir.

Ef þetta er sett eins upp og í línuriti 1 þ.e. að aksturskostnaður hækki um 6 % á ári en án urðunarkostnaðar sést vel hvað Endurvinnslan myndi spara í kostnaði með því að flytja glerið heldur til MHC í stað þess að urða það í Álfsnesi. Sjá línurit 2.



Línurit 2 - Áætlaður urðunar- og aksturskostnaður, samanburður

Kostnaður árið 2020 við losun á glerinu til MHC yrði þá um 7,7 milljónir en yrði um 27 milljónir miðað við akstur og urðun í Álfsnes. Þetta er því heilmikill sparnaður þegar til framtíðar er litið.

Endurvinnslan og MHC hafa ákveðið að glerið verði afhent án endurgjalds til að byrja með þangað til eftirspurn og reynsla hefur aukist. Síðar getur komið til gjald fyrir flutning eða jafnvel kaup á glermulningi. (Fundur með Endurvinnslunni og Hlaðbær Colas 8. nóvember 2010).

4.1.3 Niðurstaða

Kostnaður Endurvinnslunnar við urðun á 5.000 tonnum af gleri á þessu ári er um 18 milljónir. Ef glerið yrði flutt til MHC og í stað þess að urða það yrði kostnaður Endurvinnslunnar um 4,3 milljónir. Í þessu liggur um 13,7 milljón króna árlegur sparnaður á núvirði. Framreikningur á kostnaði sýnir gríðarlegan sparnað þegar til framtíðar er litið, sérstaklega ef malbikunarfyrirtæki sjá sér hag í því að kaupa vöruna.

Að auki er þetta ávinningur fyrir þjóðfélagið, þar sem glerið er nýtt en ekki urðað í landfyllingum. Að glerið sé nýtt sem íblöndunarefni í malbik er mun umhverfisvænni kostur en urðun. Þar sem náttúruauðlindir okkar eru ekki ótæmandi ber okkur að hugsa vel um umhverfið og reyna að leita leiða til að bæta það.

4.2 Hlaðbær Colas

4.2.1 Fyrirtækið Hlaðbær Colas



Mynd 23 - Logo Hlaðbær Colas¹⁸

Malbikunarstöðin Hlaðbær Colas hf. (MHC) var stofnuð í janúar 1987. Byggingarfélagið hf. og danska fyrirtækið Colas Vejemateriale A/S (síðar Colas Danmark) voru stofnendur fyrirtækisins. En í dag er Colas Danmark einn eigandi Hlaðbæjar Colas hf.

Colas Danmark er nú í eigu Colas SA í Frakklandi og á Colas samsteypan fyrirtæki um allan heim og er stærsta malbiksverktakasamsteypa í heiminum í dag.

Starfsemi Hlaðbæjar Colas er í Gullhelli 1 Hafnarfirði, þar er malbikunarstöð sem getur framleitt um 240 tonn af malbiki á klst og er þetta ein fullkornasta malbikunarstöð á landinu. Fyrirtækið er með sína eigin rannsóknarstofu þar sem gæðaeftirlit og ráðgjöf til viðskiptavina fer fram. Einnig rekur fyrirtækið sína eigin jarðvinnudeild.

MHC býður upp á margvíslega þjónustu þá er einna helst að nefna: malbikun gatna, bílastæða og göngustíga. Malbiksviðgerðir, sprungufyllingar og aðrar lagfæringar. Ástandsskoðanir og úttektir.

¹⁸ Hlaðbær Colas hf. 2010, 15. nóvember. Logo Hlaðbær Colas hf. <http://www.colas.is/>

Gröftur og uppúrtekt á gömlu malbiki eða steypu. Jarðvinna, lagnavinna og undirbúningur vegna malbikunar. (Hlaðbær Colas hf. 2010).

4.2.2 Hagur Hlaðbæjar Colas

Ætlunin er að nota endurunnið gler í yfirlagsmalbik (Y11) fyrir plön og stíga og einnig í burðarlagsmalbik (U16). Glerið yrði þá um 5-10 % af innihaldi Y11 en á bilinu 10-15 % í U16. Glerið kæmi í stað hluta steinefnisins Hólabrú í kornastærðinni 0-4 mm. Eðlilegur markaður fyrir þessar tegundir malbiks eru um 10-20 þúsund tonn af U16 og um 40-50 þúsund tonn af Y11 á ári. Taka þarf tillit til þess að markaðurinn í dag er í gríðarlegri lægð og því yrði eftirspurnin eftir gleri minni en í venjulegu árferði a.m.k. til að byrja með.

Eins og áður hefur komið fram er Hólabrú íslenskt steinefni frá Hólabrúar-námu í Hvalfirði. Það kostar um 2.200 kr/tonnið án vsk. með akstri komið til Hlaðbær Colas. (Sigbór Sigurðsson 2010).

Töflur 8 -10 sýna hvað 50.000 tonn af Y11 yfirlagsmalbiki kostar án glers, með 5 % gleri og með 10 % gleri:

Yfirlagsmalbik Y11 án glers - 50.000 tonn					
Hlutfall efna (%)	Kornastærð (mm)	Efni	Magn (tonn)	Einingarverð (kr/tonnið)	Alls (kr)
52	0/4	Hólabrú	26.000	2.200	57.200.000
17	5/8	Hólabrú	8.500	2.200	18.700.000
31	8/11	Hólabrú	15.500	2.200	34.100.000

Heild **110.000.000 kr.**
vsk 28.050.000 kr.

Samtals m.vsk 138.050.000 kr.

Tafla 8 -Kostnaður Y11 án glers

Yfirlagsmalbik Y11 með 5% gleri - 50.000 tonn					
Hlutfall efna (%)	Kornastærð (mm)	Efni	Magn (tonn)	Einingaverð (kr/tonnið)	Alls (kr)
47	0/4	Hólabrú	23.500	2.200	51.700.000
5	0/4	Gler	2.500	0	0
17	5/8	Hólabrú	8.500	2.200	18.700.000
31	8/11	Hólabrú	15.500	2.200	34.100.000

Heild **104.500.000 kr.**
vsk 26.647.500 kr.

Samtals m.vsk **131.147.500 kr.**

Tafla 9 - Kostnaður Y11 með 5% gleri

Yfirlagsmalbik Y11 með 10% gleri - 50.000 tonn					
Hlutfall efna (%)	Kornastærð (mm)	Efni	Magn (tonn)	Einingaverð (kr/tonnið)	Alls (kr)
42	0/4	Hólabrú	21.000	2.200	46.200.000
10	0/4	Gler	5.000	0	0
17	5/8	Hólabrú	8.500	2.200	18.700.000
31	8/11	Hólabrú	15.500	2.200	34.100.000

Heild **99.000.000 kr.**
vsk 25.245.000 kr.

Samtals m.vsk **124.245.000 kr.**

Tafla 10 - Kostnaður Y11 með 10% gleri

Miðað við að 50.000 tonn af Y11 án glers kosti um 138 milljónir þá sparast 6,9 milljónir þegar 5 % af gleri er notað í stað hluta af 0/4 Hólabrú. Það sparast 13,8 milljónir þegar 10 % af gleri er notað í stað hluta af 0/4 Hólabrú.

Töflur 11 – 13 sýna hvað 20.000 tonn af U16 burðarlagsmalbiki kostar án glers, með 10 % gleri og með 15 % gleri:

Burðarlagsmalbik U16 án glers - 20.000 tonn					
Hlutfall efna (%)	Kornastærð (mm)	Efni	Magn (tonn)	Einingaverð (kr/tonnið)	Alls (kr)
52	0/4	Hólabrú	10.400	2.200	22.880.000
16	5/8	Hólabrú	3.200	2.200	7.040.000
15	8/11	Hólabrú	3.000	2.200	6.600.000
17	11/16	Hólabrú	3.400	2.200	7.480.000

Heild 44.000.000 kr.
vsk 11.220.000 kr.

Samtals m.vsk 55.220.000 kr.

Tafla 11 - Kostnaður U16 án glers

Burðarlagsmalbik U16 með 10% gleri - 20.000 tonn					
Hlutfall efna (%)	Kornastærð (mm)	Efni	Magn (tonn)	Einingaverð (kr/tonnið)	Alls (kr)
42	0/4	Hólabrú	8.400	2.200	18.480.000
10	0/4	Gler	2.000	0	0
16	5/8	Hólabrú	3.200	2.200	7.040.000
15	5/8	Hólabrú	3.000	2.200	6.600.000
17	8/11	Hólabrú	3.400	2.200	7.480.000

Heild 39.600.000 kr.
vsk 10.098.000 kr.

Samtals m.vsk 49.698.000 kr.

Tafla 12 - Kostnaður U16 með 10% gleri

Burðarlagsmalbik U16 með 15% gleri - 20.000 tonn					
Hlutfall efna (%)	Kornastærð (mm)	Efni	Magn (tonn)	Einingaverð (kr/tonnið)	Alls (kr)
37	0/4	Hólabrú	7.400	2.200	16.280.000
15	0/4	Gler	3.000	0	0
16	5/8	Hólabrú	3.200	2.200	7.040.000
15	5/8	Hólabrú	3.000	2.200	6.600.000
17	8/11	Hólabrú	3.400	2.200	7.480.000

Heild 37.400.000 kr.

vsk 9.537.000 kr.

Samtals m.vsk 46.937.000 kr.

Tafla 13 - Kostnaður U16 með 15% gleri

Kostnaður 20.000 þúsund tonna af U16 burðarlagsmalbiki án glers er í kringum 55 milljónir. U16 með 10 % gleri kostar um 49,7 milljónir, þannig að það sparast um 5,5 milljónir þegar 10 % af gleri er notað. Þegar innihald glers er 15 % mun U16 kosta um 47 milljónir og því sparast næstum 8,3 milljónir.

Í skilgreiningu Vegagerðarinnar á Y11 yfirlagi segir að þessi gerð af yfirlagi henti vel á húsagötur og safngötur eða vegi með umferð upp að 10.000 ÁDU. Þessi skilgreining á vel við þá notkun sem MHC ætlar sér að nota yfirlagið með glerinu í þ.e. á plön og stíga. En einnig væri hægt að nota Y11 íblandað gleri á götur með allt að 10.000 ÁDU eins og skilgreining Vegagerðarinnar segir til um. Þá þyrfti samt að nota viðloðunarefni þar sem glerið gæti kornast upp úr yfirlaginu með tímanum. Viðloðun minnkar þegar gleri er bætt í malbik, því meira gler því minni viðloðun.

Viðloðunarefni yrði um 0,3 – 0,5 % af bikinnihaldi malbiksins, en bikinnihald malbiks er oft í kringum 6 % af malbiki. Viðloðunarefni hækkar kostnað malbiks en það myndi kosta um 300 kr á tonnið með vsk. að bæta viðloðunarefni við malbiksblöndu. (Fundur með Endurvinnslunni og Hlaðbær Colas 8. nóvember 2010).

Tafla 14 sýnir hvað Y11 með 10 % og 15 % glerinnihaldi kostar með viðloðunarefni:

Yfirlagsmalbik Y11 50.000 tonn		
	Y11 með 5% gleri	Y11 með 10% gleri
Verð án viðloðunarefnis	131.147.500 kr.	124.245.000 kr.
Verð með viðloðunarefni	146.147.500 kr.	139.245.000 kr.
Y11 án glers	138.050.000 kr.	

Tafla 14 - Kostnaður Y11 með viðloðunarefni

Eins og sést á töflu 14 þá er Y11 yfirlag með gleri og viðloðunarefni dýrara en Y11 án glers. Þarna er því enginn sparnaður, heldur í raun kostnaður. Það borgar sig því ekki fyrir Hlaðbæ Colas að nýta glerið í Y11 yfirlag á götur með allt að 10.000 ÁDU þar sem þörf er á viðloðunarefni.

4.2.3 Niðurstaða

Það sparast um 6,9 milljónir þegar gler er 5 % af innihaldi yfirlagsmalbiksins Y11 og um 13,8 milljónir þegar glerinnihald er 10 % þegar miðað er við 50.000 tonn. Þetta á við um Y11 yfirlagsmalbik fyrir plön og stíga.

Það var aftur á móti ekki hagstætt að nýta Y11 yfirlagsmalbik blandað gleri í umferðarmeiri götur þar sem kostnaður verður meiri þegar bæta þarf viðloðunarefni við malbiksblöndu.

Einnig sparast 5,5 milljónir þegar glerinnihald í U16 burðarlagsmalbiki er 10% og 8,3 milljónir þegar glerinnihald er 15 % þegar miðað er við 20.000 tonn af U16.

Það sést greinilega á niðurstöðum þessara reikninga að það er hagstætt fyrir MHC að ráðast í framleiðslu á malbiki íblönduðu gleri fyrir Y11 yfirlag í plön og stíga og U16 burðarlag.

Lokaorð

Markmið þessa verkefnis var að svara því hvort íblöndun glers í malbik væri raunhæfur kostur. Höfundur telur að svo sé. Þegar niðurstöður tilrauna eru skoðaðar sést að glermulningur í malbik stenst allar helstu kröfur sem Vegagerðin gerir til sáldurferils steinefnis í malbik. Auk þess sést að malbik blandað gleri stenst líka kröfur Vegagerðarinnar um sáldurferil, festu, sig og holrýmd. Samkvæmt skilgreiningu Vegagerðarinnar á efniskröfum mætti því samþykkja þessa malbiksblöndu.

Hönnunar- og tilraunaferli gekk vel fyrir sig og var hægt að nota sömu framleiðslutæki og aðferðir við gerð og útlagningu hefðbundiðs malbiks. MHC og Endurvinnslan ætla sér að framkvæma fleiri tilraunir á blöndun glers í malbik og verður spennandi að sjá hvernig þær munu koma út.

Áhugavert var að sjá hve mikið Endurvinnslan og Hlaðbær Colas spara á því að nýta gler sem íblöndunarefni í malbik. Endurvinnslan sparar sér urðunarkostnað og flutningskostnaður mun lækka talsvert. Það verður ódýrara fyrir Hlaðbæ Colas að framleiða Y11 yfirlag og U16 burðarlag með glermulningi heldur en ekki.

Ásamt því að vera ávinningur fyrir Endurvinnsluna og Hlaðbæ Colas telur höfundur þetta líka vera ávinningur fyrir þjóðfélagið. Álag á efnisnámur og landfyllingar minnkar og finnst höfundi tilhugsunin að geta nýtt úrgang í nytsamlegan hlut vera góð.

Höfundur hefur mikinn áhuga á því að gler verði nýtt til vegagerðar hér á Íslandi og mun fylgjast með þróun þess á komandi árum.

Sérstakar þakkir

Þakkir fá Eiríkur Hannesson, Hanna Andréadóttir, Kristín Ýr Pálmarsdóttir og Valdimar Eiríksson starfsmenn Endurvinnslunnar, fyrir allar þær upplýsingar og hjálp sem þau veittu höfundi í tengslum við gerð þessa verkefnis.

Höfundur færir leiðbeinendum sínum þeim Sigbóri Sigurðssyni og Gunnari Erni Erlingssyni hjá MHC ásamt Gísla Eymarssyni, Jóni Smára Sigursteinssyni og Steingrími Bragasyni einnig hjá MHC miklar þakkir fyrir upplýsingar og stuðning sem þeir veittu höfundi á þessum 15 vikum sem tók að gera þetta lokaverkefni.

Auk þess vill höfundur þakka Ásbirni Jóhannessyni verkfræðingi hjá Nýsköpunarmiðstöð Íslands fyrir að gefa sér tíma til þess að lesa yfir lokaritgerð þessa.

Að lokum vill höfundur þakka fjölskyldu og vinum fyrir stuðning og hvatningu sem þeir hafa sýnt honum í gegnum nám hans við Háskólann í Reykjavík.

Heimildaskrá

- Alverk. 1995: *Almenn verklýsing fyrir vega- og gatnagerð*. Vegagerðin, Reykjavík.
- Ásgeir Rúnar Harðarson. 2010. *Áhrif fjölliðubreyttra bikbindiefna á eiginleika malbiks*. Rannís – Nýsköpunarsjóður námsmanna, Reykjavík.
- Best Practices in Glass Recycling. 1996. *Recycled Glass in Asphalt*. Best Practices. 23 tbl. , bls. 18-19.
- Bryndís Skúladóttir. 2010. *Samsetning svifryks í vetrarsýnum í Reykjavík*. Umhverfisstofnun, Reykjavík.
- C. S. Hughes. 1990. *Feasibility of Using Recycled Glass in Asphalt*. Virginia Transportation Research Council, Virginia.
- David Barnes. 2010, 3. febrúar. *How to use crushed recycled glass in construction*. http://www.ehow.com/how_2309666_use-crushed-recycled-glass-construction.html
- Don Dwyer. 2010, 17. febrúar. *Glerbrot í vegagerð*. Resource Recycling. 36 tbl., bls. 39-42.
- Eiríkur Hannesson. Munnleg heimild frá fundi 2. september 2010.
- Endurvinnslan hf. 2009. *Myndir fyrir auglýsingaherferð*. Endurvinnslan hf, Reykjavík.
- Endurvinnslan hf. 2010, 5. nóvember. *Logo Endurvinnslunnar*. <http://www.endurvinnslan.is/>
- Endurvinnslan hf. 2010, 7. október. <http://www.endurvinnslan.is/um-endurvinnsluna/>
- Fundur með Endurvinnslunni og Hlaðbær Colas. 8. nóvember 2010. Viðstaddir: Dóra Lind Pálmarsdóttir, Hanna Andrésdóttir, Valdimar Eiríksson, Sigbór Sigurðsson og Steingrímur Bragason. Endurvinnslan, Reykjavík.
- Gísli Eymarsson. 2010. *Fylgiskjal 4. Gæðaeftirlit Hlaðbær Colas*. Gullhelli, Hafnarfirði.
- Gunnar Örn Erlingsson. 2010. *Ljósmyndir fyrir lokaverkefni*. Gullhella, Hafnarfjörður.
- Hanna Andrésdóttir (ha@evhf.is) 2010, 15. september. *Varðandi upplýsingar um lokaverkefni*. Tölvupóstur til Dóru Lindar Pálmarsdóttur (dora07@ru.is).
- Hlaðbær Colas hf. 2010, 10. október. <http://www.colas.is/fyrirtaekid/>
- Hlaðbær Colas hf. 2010, 15. nóvember. *Logo Hlaðbær Colas hf*. <http://www.colas.is/>
- Hlaðbær Colas hf. 2010. *Vörur og þjónusta*. Hlaðbær Colas hf., Hafnarfjörður.
- Jenny Pickles. 2010, 2. júlí. *Recycled Glass a Sustainable Alternative in Road Construction*. <http://www.afgc.org.au/media-releases/286-recycled-glass-a-sustainable-alternative-in-road-construction.html>

Jón Guðnason. 1975. *Vegamál*. Fimmta bindi í ritröðinni Verkmennung Íslendinga, Tækniskóli Íslands (nú Háskólinn í Reykjavík), Reykjavík.

Jón Smári Sigursteinsson. 2010. *Fylgiskjal 3 og 5*. Rannsóknarstofa Hlaðbær Colas. Gullhelli, Hafnarfirði.

Leifur Benediktsson. 1978. *Notkun steinsteypu í slitlög á innanbæjargötur*. Steinsteypufélag Íslands, Reykjavík.

Malbikunarstöðin HÖFÐI hf. 2009. *Grænt bókhald 2009 – Ársskýrsla*. Malbikunarstöðin HÖFÐI, Reykjavík.

Oliver Heidrich, Roger N.Bird og Yue Huang. 2007. *A review of the use of recycled solid waste materials in asphalt pavements*. School of Civil Engineering and Geosciences, Newcastle.

Pioneer Road Services. 2007. *Project Evaluation Report – Recycled Glass in asphalt*. Pioneer Road Services, Australia.

Samtök tæknimanna sveitarfélaga. 1977. *Haustfundur SATS 1977: um olíubundin slitlög á Íslandi: rannsóknir, reynsla og framtíðarhorfur*. SATS, Reykjavík.

Sigþór Sigurðsson (sigthor@colas.is) 2010, 2. nóvember. *Varðandi lokaverkefni*. Tölvupóstur til Dóru Lindar Pálmarsdóttur (dora07@ru.is).

Vegagerðin. 2009. *Efnisrannsóknir og efniskröfur – leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd: kafli 6 – Slitlag*. Vegagerðin, Reykjavík.

Þorsteinn Jóhannsson (thorsteinnj@Umhverfisstofnun.is) 2010, 7. október. *Varðandi lokaverkefni – glermulningur í malbik*. Tölvupóstur til Dóru Lindar Pálmarsdóttur (dora07@ru.is).

Þórir Ingason. 2000. *Hönnun malbiks*. BUSL – Slitlaganefnd, Reykjavík.



Fylgiskjal 1 - Kröfur Alverks 95 um steinefni í malbik

Bindiefni: Áður en ákveðið er að nota bindiefni í malbik eða til annarra nota skal gera allar þær prófanir er sýndar eru í töflum 14.4.3, 4 og 5 og skal efnið uppfylla þær kröfur, sem gerðar eru fyrir viðkomandi malbikstegund.

Fjöldi prófana skal vera eins og sýnt er í töflu 14.4.9.

Tafla 14.4.9 Tíðni prófana á bindiefni áður en blöndun eða útlögn á klæðingu hefst

Tegund bindiefnis	Prófanir á bindiefni áður en blöndun efnis eða útlögn á klæðingu hefst og alltaf þegar tekið er á móti nýjum skipsfarmi	Prófanir á bindiefni eftir að blöndun efnis eða útlögn á klæðingu er hafin
Stungubik	Tvær aðskildar prófanir samkv. töflu 14.4.3. Ef um ósamræmi er að ræða í niðurstöðum skal prófa a.m.k. tvö sýni í viðbót.	Prófun á stunguþýpt eftir notkun á 1000 tonnum af biki. Heildarprófun samkv. töflu 14.4.3. eftir notkun á 2000 tonnum af biki.
Þunnbik, vegolíur	Tvær aðskildar prófanir á fullblönduðu bindiefni samkv. töflu 14.4.4. Þegar þunnbik er notað skal einnig gera prófanir á seigju við 100-130 °C Ef um ósamræmi er að ræða í niðurstöðum skal prófa a.m.k. tvö sýni í viðbót.	Taka skal sýni af hverjum farmi sem nota á í blöndun eða útlögn. Þriðja hvert sýni skal seigju-prófa en hin skulu geymd. Ef bindiefnið er blandað beint í stóra tanka skal gera eina mælingu eftir hverja blöndun. Heildarprófun samkv. töflu 14.4.4. eftir notkun á 500 tonnum af bindiefni.
Bikþeytur	Þrjár aðskildar prófanir á fullblandaðri bikþeytu samkv. töflu 14.4.5.	

Blöndunarstöð: Áður en blöndun hefst skal sannreyna og stilla alla mæla og stillibúnað blöndunarstöðvarinnar. Skyllt er að hafa mæla til vara á blöndunarstað.

Meðan á blöndun stendur skal hafa stöðugt eftirlit með þeim hlutum blöndunarstöðvar, sem hafa áhrif á gæði blöndunnar og skipta um þá áður en slit eða bilun í þeim hefur áhrif á gæði blöndunnar.

Starfrækja skal rannsóknastofu á blöndunarstað sem fullnægir kröfum til prófana eins og lýst er í viðkomandi köflum um malbik í þessari verklýsingu.

Vogir og magnmæla fyrir steinefni og bindiefni skal sannreyna daglega.

Skrá skal reglulega samsvarandi gildi mæla fyrir steinefni og bindiefni.

Þegar notuð er stöð með samfelldri blöndun, skal koma fyrir krana á leiðslunni frá dælu við bindiefnistank til úðaranna. Við kranann skal tengt rör til mælikers og á rörinu skal vera þrýstimælir með stilli, þannig að hægt sé að stilla á sama þrýsting og notaður er við úðun bindiefnisins við framleiðsluna.

1 - 7

Alverk '95

1. Efnisvinnsla, þveranir, girðingar o.fl.

14.41 Olíumöl (OI)

Í lotublöndunarstöð með magnmæli fyrir bindiefni skal staðsetja krana á röri frá mælikeri að úðurum með leiðslu að íláti til að sannreyna þyngd bindiefnisskammtsins.

Kröfum um prófanir á blönduðu efni er lýst í köflum um útlögn viðkomandi malbiks í þessari verklýsingu.

f) Uppgjör miðast við framleitt efnismagn samkvæmt fyrirmælum.

Mælieining: tonn.

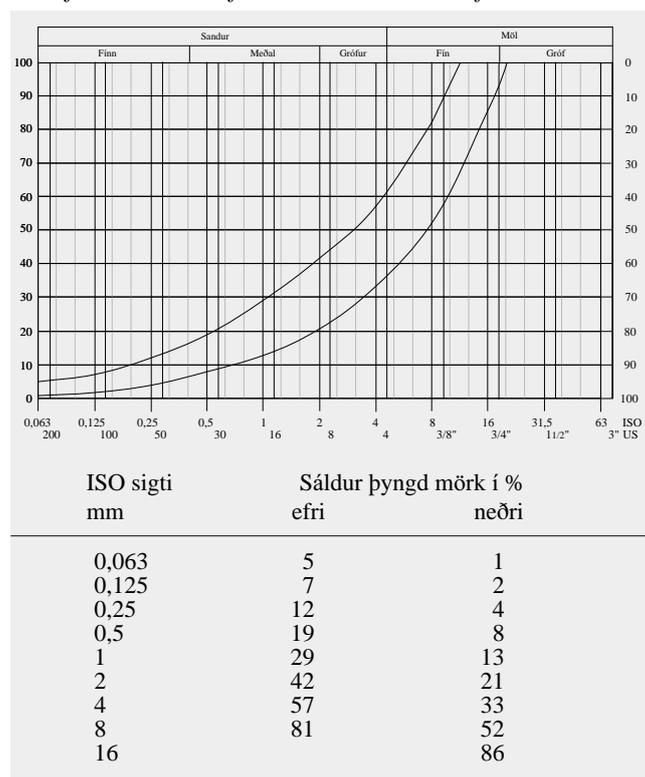
14.41 Olíumöl (OI)

a) Verkhátturinn innifelur allt efni og alla vinnu við framleiðslu olíumalar sem blönduð er í stöð, ásamt geymslu og afhendingu úr silói eða flutning á tilgreindan geymslustað.

b) Efni skulu fullnægja kröfum kafla 14.4 b).

Mesta steinastærð skal vera á milli 12 og 18 mm samkv. töflu nr. 14.4.2. Kornadreifing steinefnisins skal vera innan marka sem gefin eru í töflu 14.4.10.

Tafla 14.4.10 Kröfur til markalína steinefnis í olíumöl



Sáldurferill steinefnisins skal liggja sem næst samsíða markalínum samkvæmt töflu 14.4.10.

Korn stærri en 4,75 mm skulu innihalda minnst 20 % (miðað við þyngd) steina með minnst einn flöt brotinn og sandhluti efnisins (0-4,75 mm) má ekki innihalda meira en 50% (miðað við þyngd) steinsalla úr mólun.

Í olíumöl skal nota vegolíu af gerðinni VO250 eða VO500. Heimilt er að nota aðra gerð og skal þá gera grein fyrir efniseiginleikum hennar. Kröfur til vegolíunnar eru samkvæmt kafla 14.4 b).

Kröfur til viðloðunarefna eru tilgreindar í kafla 14.4 b).

14.43 Olíumalbik (Oma).

c) Þyngd vegolíu af þurri þyngd steinefnis skal ákveðin með prófblöndum. Magn vegolíunnar er metið með tilliti til kornadreifingar steinefnisins og gropi ásamt magni af fylli og vatnsinnihaldi olíumalarinnar

Magn viðloðunarefnis er tilgreint í kafla 14.4 b).

Hæsta rakastig við blöndun er ákveðið með tilliti til gerðar steinefnis. Við kaldblöndun með steinefni sem hefur mikla holrýmd má raki vera allt að 8% af þurri þyngd steinefnis. Við heitblöndun olíumalar skal lækka rakastig steinefnisins í 2-3 % af þurri þyngd steinefnis ef þörf er á til að viðhlítandi viðloðun náist.

Þegar olíumöl er kaldblönduð er nauðsynlegt að breiða yfir steinefnahuga til að halda raka í lágmarki við blöndun.

Kaldblandaða olíumöl skal geyma í haug í nokkra daga áður en hún er lögð út.

Við blöndun á olíumöl skal hitastig vegolíunnar vera 80 °C fyrir VO250 en 90 °C fyrir VO500.

Annað hvort skal vigta fullgerða blöndu eða reikna út þyngd hennar á grundvelli þyngdar einstakra hluta blöndunnar.

d) Prófanir skulu gerðar samkv. kafla 14.4 d). Olía skal loða við steinefni við upphitun í suðuprófi í allt að 70 °C fyrir heitblandaða olíumöl.

e) Kornadreifing, viðloðun í suðuprófi og magn bindiefnis og viðloðunarefnis skal fullnægja settum kröfum, með eftirfarandi þolvikum:

- Bindiefnismagn í einu sýni	±0,4%
- Bindiefnismagn sem meðaltal af tveimur sýnum	±0,3%
- Bindiefnismagn sem meðaltal af 5 sýnum teknum í röð	±0,2%
- Bindiefnismagn sem meðaltal af 10 sýnum teknum í röð	±0,15%
- Mesta frávik á fyrirskrifuðu hitastigi bindiefnis	±5 °C
- Viðloðunarefnismagn	±0,1%
- Frávik frá fyrirskrifaðri kornadreifingu skal vera innan þeirra marka, sem gefin eru í töflu 14.4.11.	

Tafla 14.4.11 Þolvik kornadreifingar í olíumöl í % af þyngd

ISO mm	Einstök		Meðaltal	
	sýni	tveggja	fimm	tíu
≥2	±10,0	±8,5	±7,5	±6,5
0,25	±7,0	±6,0	±5,5	±5,0
0,125	±4,0	±3,5	±3,0	±2,5
0,063	±2,0	±1,7	±1,4	±1,2

Skekkjur voga blöndunarstöðvar mega mest vera ±2%.

f) Uppgjör miðast við framleitt efnismagn samkvæmt fyrirmælum.

Mælieining: tonn.

14.43 Olíumalbik (Oma)

a) Verkpátturinn innifelur allt efni og alla vinnu við framleiðslu olíumalbiks sem blandað er í stöð, ásamt geymslu og afhendingu úr silói eða flutning á tilgreindan geymslustað.

b) Steinefni skulu fullnægja kröfum í kafla 14.41 b).

Í olíumalbik skal nota þunnbik af gerðinni PUB 1500 M eða PUB 1500 H.

Kröfur til þunnbiks og viðloðunarefna eru tilgreindar í kafla 14.4 b).

c) Þyngd þunnbiks skal ákveðin með prófblöndun.

Magn viðloðunarefnis er tilgreint í kafla 14.4 b).

Rakastig steinefnis við blöndun má mest vera 3% af þurri þyngd steinefnisins. Sé steinefnið mjög gropið má leyfa rakastig allt að 4 %.

Við blöndun á olíumalbiki skal hitastig þunnbiksins vera 115 °C.

Annað hvort skal vigta fullgerða blöndu eða ákvarða þyngd hennar á grundvelli þyngdar einstakra hluta blöndunnar.

d) Prófanir skulu gerðar samkv. kafla 14.4 d).

e) Þolvik eru þau sömu og lýst er í kafla 14.4.1 e).

f) Uppgjör miðast við framleitt efnismagn samkvæmt fyrirmælum.

Mælieining: tonn.

14.44 Froðumalbik (Fma)

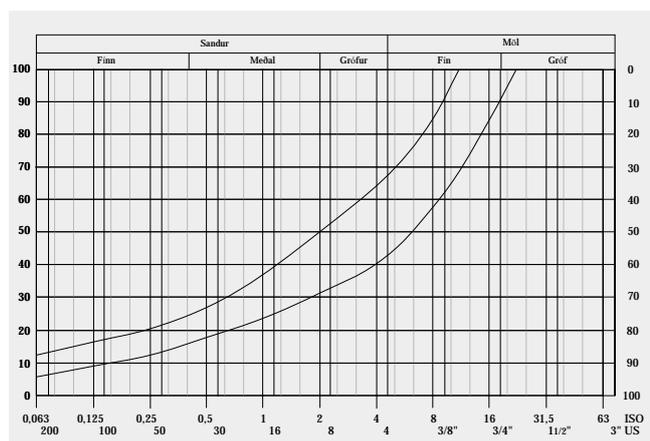
a) Verkpátturinn innifelur allt efni og alla vinnu við framleiðslu froðumalbiks sem blandað er í stöð, ásamt geymslu og afhendingu úr silói eða flutning á tilgreindan geymslustað.

b) Bindi- og viðloðunarefni skulu fullnægja kröfum kafla 14.4 b).

Styrkleikakröfur steinefna verða nánar skilgreindar í útboðslýsingu

Kornadreifing steinefnisins skal vera innan marka sem gefin eru í töflu 14.4.12. Steinefni skulu vera rök og skulu vera óflokkuð, hörpuð mól eða mulningur, sem innihalda allar steinastærðir, þar með talið fylli.

Tafla 14.4.12 Kröfur til kornadreifingar steinefnis í froðumalbik



ISO sigti mm	Sáldur þyngd mörk í %	
	efri	neðri
0,063	12	6
0,25	21	12
2	50	31
4	66	40
8	85	58
11,2		70
16		85

Í froðumalbik skal nota bindiefni af gerðunum SB180-SB370 og ÞJB6000-ÞJB10000

Kleyfniþol froðumalbiks við 25°C skal vera ≥100 kPa.

c) Bindiefnismagn skal ákvarða með prufublöndum og skal bikleif vera ≥ 3,0 % og skal að öðru jöfnu velja það bindiefnismagn sem gefur mesta styrk skv. kleyfniþolsprófi.

Magn viðloðunarefnis skal vera 0,8% af þyngd bindiefnis, nema mælt sé fyrir um annað.

d) Prófanir skulu gerðar samkvæmt kafla 14.4 d).

e) Kornadreifing, magn bindiefnis og magn viðloðunarefnis skal fullnægja settum kröfum með eftirfarandi þolvikum.

- Bindiefnismagn í einu sýni ±0,60%
- Bindiefnismagn sem meðaltal af tveimur sýnum ±0,50%
- Bindiefnismagn sem meðaltal af þremur sýnum ±0,40%
- Bindiefnismagn sem meðaltal af fjórum sýnum ±0,30%
- Viðloðunarefni ±0,10%

Tafla 14.4.13 Þolvik kornadreifingar í froðumalbiki í % af þyngd

ISO sigti mm	Einstök sýni	tveggja	Meðaltal	
			fimm	tíu
≥2	±15,0	±12,5	±11,0	±9,5
0,25	±10,0	±9,0	±8,0	±7,0
0,125	±6,0	±5,5	±4,5	±4,0
0,063	±3,0	±2,5	±2,1	±1,8

f) Uppgjör miðast við framleitt efnismagn samkvæmt fyrirmælum.

Mælieining: tonn.

14.45 Þeytumalbik (Pma)

a) Verkhátturinn innifelur allt efni og alla vinnu við framleiðslu þeytumalbiks sem blandað er í stöð, ásamt geymslu og afhendingu úr sílóí eða flutning á tilgreindan geymslustað.

b) Bindi- og viðloðunarefni skulu fullnægja kröfum kafla 14.4 b).

Styrkleikakröfur steinefna verða nánar skilgreindar í útboðslýsingu

Kornadreifing steinefnisins skal vera innan marka sem gefin eru í töflu 14.4.14. Steinefni skulu vera rök og skulu vera óflokkuð, hörpuð mól eða mulningur, sem innihalda allar steinastærðir, þar með talið fylli.

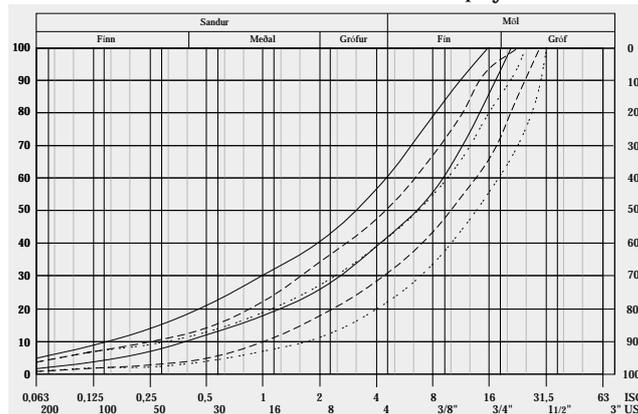
1 - 9

Alverk '95

1. Efnisvinnsla, þveranir, girðingar o.fl.

14.45 Þeytumalbik (Pma)

Tafla 14.4.14 Markalínur steinefna í þeytumalbik



ISO sigti mm	Sáldur þyngd mörk í %					
	Þeytumalbik 16		Þeytumalbik 22		Þeytumalbik 32	
	efri	neðri	efri	neðri	efri	neðri
0,063	5	2	4	1	4	1
0,125	9	4	7	2	7	2
0,25	14	7	10	3	9	2
0,5	21	12	14	5	13	4
1	30	18	22	10	19	7
2	40	26	34	18	27	11
4	56	39	47	28	39	20
8	78	55	66	43	54	33
11,2	91	69	78	54	65	43
16	100	85	94	65	80	55
22,4			100	85	94	70
28					100	86

Í þeytumalbik skal nota bikþeytur sem innihalda bindiefni af gerðunum SB180-SB370 og ÞJB6000-ÞJB10000.

Kleyfniþol þeytumalbiks við 25°C skal vera ≥100 kPa.

c) Bindiefnismagn skal ákvarða með prufublöndum og skal bikleif vera ≥ 3,0 % og skal að öðru jöfnu velja það bindiefnismagn sem gefur mesta styrk skv. kleyfniþolsprófi.

d) Prófanir skulu gerðar samkvæmt kafla 14.4 d).

e) Kornadreifing og magn bindiefnis skulu fullnægja settum kröfum með eftirfarandi þolvikum.

- Bindiefnismagn í einu sýni ±0,60%
- Bindiefnismagn sem meðaltal af tveimur sýnum ±0,50%
- Bindiefnismagn sem meðaltal af þremur sýnum ±0,40%
- Bindiefnismagn sem meðaltal af fjórum sýnum ±0,30%

Tafla 14.4.15 Þolvik kornadreifingar í þeytumalbiki í % af þyngd

ISO mm	Einstök sýni	tveggja	Meðaltal	
			fimm	tíu
≥2	±10,0	±8,5	±7,5	±7,5
0,25	±7,0	±6,0	±5,5	±5,0
0,125	±4,0	±3,0	±3,0	±2,5
0,063	±2,0	±1,7	±1,4	±1,2

f) Uppgjör miðast við framleitt efnismagn samkvæmt fyrirmælum.

Mælieining: tonn.

14.47 Stungumalbik (Stm)

a) Verkhátturinn innifelur allt efni og alla vinnu við framleiðslu stungumalbiks sem blandað er í stöð, ásamt geymslu og afhendingu úr silói eða flutning á tilgreindan geymslustað.

b) Efni skulu fullnægja þeim kröfum, sem gerð er grein fyrir í kafla 14.4 b).

Nota skal stungubik sem bindiefni. Gerð þess og hugsanlegra íblöndunarefna verður ákveðin í sérverklýsingu/útboðslýsingu.

Í slitlag skal þyngd biks ákvörðuð af þyngd stungumalbiksins, á grundvelli prófana samkvæmt Marshall aðferðinni. Slitlagið skal standast kröfur þær sem sýndar eru í töflu 14.4.16 (Marshall-gildi skv. ASTM D1559):

Tafla 14.4.16 „Marshall“ - kröfur fyrir stungumalbik

Höggafjöldi	50
Holrýmd, „Theoretisk“ %	0,4-2,0
Stöðugleiki N, lágm.	4500
Stöðugleiki/sig, lágm N/mm	1000
Sig, mm	1,5-4,0

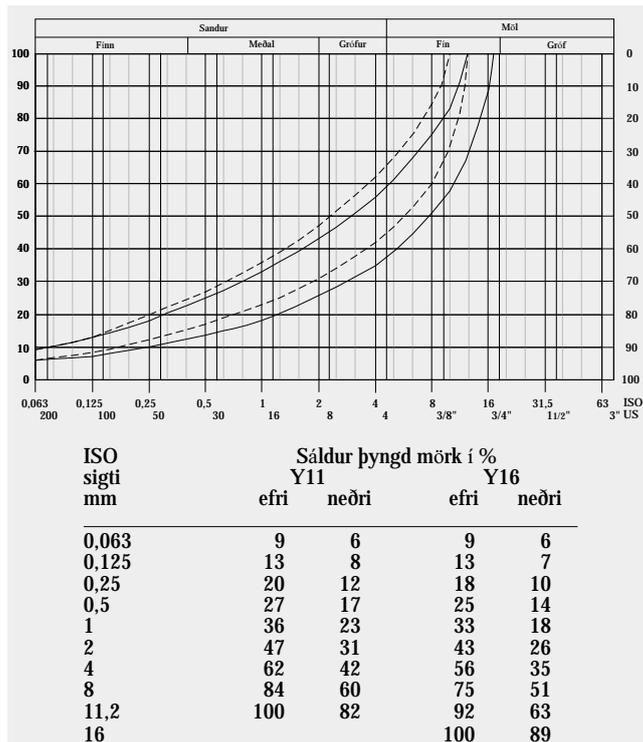
Þyngd biks sem hlutfall af þyngd stungumalbiks fyrir undirlag skal fullnægja kröfum samkv. töflu 14.4.17.

Tafla 14.4.17 „Marshall“ - kröfur fyrir stungumalbik í undirlag

Höggafjöldi	50
Stöðugleiki N lágm.	3500
Stöðugleiki/sig, lágm N/mm	800
Sig, mm	1,5-4,0

Kornadreifing steinefna skal vera innan þeirra marka, sem upp eru gefin í töflu 14.4.18.

Tafla 14.4.18 Kornadreifing steinefnis í stungumalbik



Í slitlagi skal að minnsta kosti 70% þyngd korna stærri en 4 mm vera með a.m.k. einn brotinn flöt. Í undirlagi skal þetta hlutfall vera minnst 30%.

Í stungumalbiki má allt að 10% heildarblöndu vera kaldfræst stungumalbik. Steinefni þess skal uppfylla áður nefndar kröfur til steinefna, kornadreifing þess skal vera þekkt og kornadreifing steinefna leiðrétt vegna íblöndunar fræsta stungumalbiksins skal uppfylla áður nefndar kröfur til kornadreifingar. Stungubiksmagn skal leiðrétt fyrir stungubiksmagni fræsta stungumalbiksins.

c) Við blöndun skal hitastig bindiefnis vera samkvæmt töflu 14.4.19.

Tafla 14.4.19 Hitastig stungubiks við blöndun

	Stungubik				
	SB40	SB60	SB85	SB120	SB180
Hæsta leyfilegt hitastig við blöndun	205	190	175	165	160
Hitastig við blöndun °C við eðlilegar aðstæður	180	170	160	155	150

Þegar blandað efni er lagt út í köldu veðri skal hækka hitastig við blöndun.

d) Prófanir skulu gerðar samkv. kafla 14.4 d).

e) Þolvik frá ákveðnu bindiefnismagni skal vera innan þeirra marka sem tilgreind eru í töflu 14.4.20.

Tafla 14.4.20 Þolvik bindiefnismagns í stungumalbiki

Siltlags tegund	Einstök sýni	Meðaltal		
		Tveggja sýna	Fimm sýna	Tíu sýna
Y16	±0,6	±0,45	±0,3	±0,2
Y11	±0,4	±0,3	±0,2	±0,15

Mesta þolvik á fyrirskrifuðu hitastigi bindiefnis við blöndun skal vera ±5 °C.

Þolvik frá fyrirskrifaðri kornadreifingu skal vera innan þeirra marka, sem upp eru gefin í töflu 14.4.21.

Tafla 14.4.21 Þolvik kornadreifingar í stungumalbiki í % af þyngd

ISO sigti mm	Einstök sýni	Meðaltal		
		tveggja	fimm	tíu
> 2	±6,0	±5,0	±4,0	±3,0
1	±4,0	±3,5	±3,0	±2,5
0,5	±4,0	±3,5	±3,0	±2,5
0,25	±4,0	±3,5	±3,0	±2,5
0,125	±3,0	±2,5	±2,0	±1,7
0,063	±2,0	±1,7	±1,4	±1,2

f) Uppgjör miðast við framleitt efnismagn samkvæmt fyrirmælum.

Mælieining: tonn.



Fylgiskjal 2 - Efnisrannsóknir og kröfur

64.5 Kröfur

Í víðum skilningi setur verkkaupi fram kröfur í útboðum í þeim tilgangi að tryggja að hvaðeina sem hann kaupir af verktaka, og kröfurnar ná til, sé í samræmi við fyrirhugaða notkun og muni standast þá áraun sem notkunin hefur í för með sér undir eðlilegum kringumstæðum. Á hliðstæðan hátt gera þær verktaka kleift að meta hversu miklu hann þurfi að kosta til þess sem hann selur verkkaupanum, án þess að eiga á hættu að fá á sig bótakröfur. Skýrar og vel ígrundaðar kröfur eru því bæði verkkaupa og verktaka til hagsbóta.

Í þessum kafla eru settar fram kröfur til steinefna í malbik, kröfur til blandaðs malbiks (malbiksmassa) og kröfur við framkvæmd, þ.e.a.s. til vinnubragða við útlögn og til eiginleika útlagðs malbiks.

Kröfur til steinefna eru að miklu leyti byggðar á tillögum Steinefnanefndar, sem voru lagðar til grundvallar að kröfum í Alverk '95, en er nú breytt til samræmis við ÍST EN 13043:2002. Einnig eru settar fram kröfur til annarra efniseiginleika, s.s. um brothlutfall og kornalögun. Í flestum tilfellum eru kröfurnar flokkaðar eftir umferð, þar sem umferðarflokkarnir eru <3000 ÁDU, 3000-8000 ÁDU, 8000-15000 ÁDU og > 15000 ÁDU.

Kröfur til malbiksmassa eru byggðar á hönnun samkvæmt Marshallprófi og að mestu sóttar í tillögur Slitlaganefndar. Hönnunaraðferð Marshall er að vísu ekki sú aðferð sem á að nota samkvæmt viðkomandi Evrópustöðlum fyrir malbik (ÍST EN 13108-1:2006 og ÍST EN 13108-5:2006) hvað varðar skriðþol, en sem stendur er ekki nægileg reynsla fyrir hendi hérlendis til að taka upp aðra aðferð. Þetta gildir þó ekki fyrir malbik á flugbrautir. Þar sem tillögur Slitlaganefndar og Evrópustaðla um malbik greinir á að öðru leyti hafa staðlarnir verið látnir ráða.

64.5.1 Kröfur til steinefna

Í þessum kafla eru settar fram kröfur til steinefna í malbik. Kröfurnar eru byggðar á prófunaraðferðum og kröfuflokkum Evrópustaðla.

Í stórum dráttum þarf steinefni í malbik að vera:

- með heppilegan sáldurferil, lögun og brothlutfall, svo það skriði síður undan þunga umferðarinnar
- hafa góða viðloðunareiginleika gagnvart biki
- veðrunarþolið, einkum gagnvart margendurteknum hitasveiflum kringum frostmarkið sem eru einkennandi fyrir íslenskt veðurfar
- nægilega höggþolið gagnvart áraun frá umferðinni
- slitþolið til að þola áraun frá negldum hjólbörðum

Eiginleikar steinefnisins eru mældir með:

- sáldurgreiningu til að meta sáldurferil
- viðloðunarprófi (rúlluflöskuprófi) til að meta viðloðunareiginleika
- berggreiningu og frost-þíðu prófi til að meta veðrunarþol
- Los Angeles-prófi til að meta höggþol
- brothlutfalls- og lögunarmælingu
- kúlnakvarnarprófi til að meta slitþol
- frekari prófunum, þ.á.m. skynmati ef ástæða þykir til

Húmus

Steinefni sem nota á í malbik skal vera nánast laust við lífræn óhreinindi. Yfirleitt er sjónmat látið nægja til að meta hvort lífrænt efni sé til staðar, en í vafatilfellum skal prófa húmusinnihald samkvæmt staðli ÍST EN 1744-1:1998 og skal efnið standast kröfur í staðli ÍST EN 13043:2002.

Þjálni

Steinefni sem nota á í malbik má ekki flokkast sem þjált efni. Í vafatilfellum skal efnið prófað í þjálniprófi.

Kornadreifing.

Markalínur fyrir malbik voru ákveðnar með hliðsjón af norskum, sænskum og finnskum verklýsingum, en jafnframt var tekið tillit til íslenskra aðstæðna og reynslu. Markalínurnar falla innan þess ramma sem þeim eru settar í Evrópustöðlum ÍST EN 13108-1 og 13108-5.

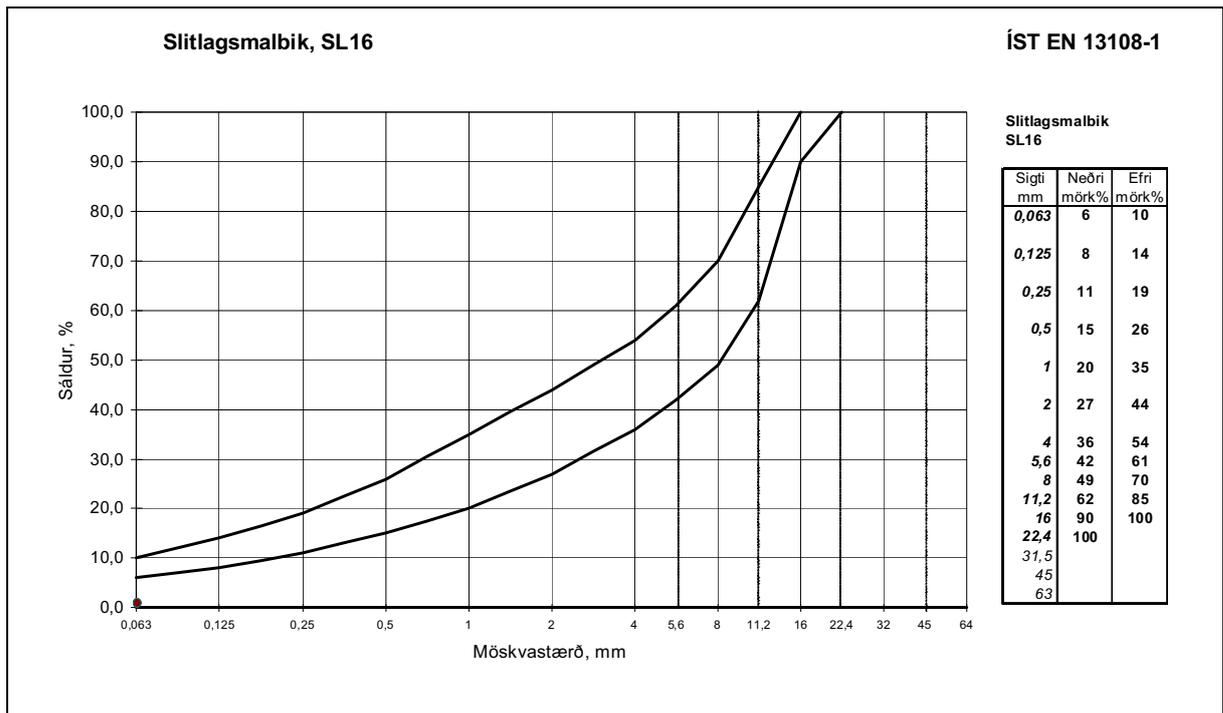
Vegna ákvæða í áðurnefndum Evrópustöðlum hefur reynst óhjákvæmilegt að þrengja markalínur kringum efri flokkunarstærð sumra malbiksgerða frá því sem áður hefur tíðkast. Í samanburði við erlendar verklýsingar hafa ákvæði um méluinnihald í sumum tilfellum verið rýmkuð, með hliðsjón af íslenskri reynslu.

Við hönnun skal sáldurferill steinefna í malbiki (eftir blöndun úr mismunandi stærðaflokkum ef svo ber undir) liggja milli markalína sem eru tilgreindar á myndum 64-7 til 64-19. Markalínurnar eru í samræmi við EN-staðla, ÍST EN 13108-1:2006 fyrir slitlagsmalbik (SL), burðarlagsmalbik (BRL) og bindilagsmalbik (BNL) og ÍST EN 13108-5:2006 fyrir steinríkt slitlagsmalbik (SMA). Hannaður sáldurferill skal liggja á milli markalínanna og heppilegast er að hann liggja sem næst mitt á milli markalínanna og samsíða þeim. Sáldurferill sem slangrar milli markalínanna er óheppilegur og ber að forðast. Leyfileg þolvik frá hönnuðum sáldurferli eru tilgreind í töflum 64-15 og 64-16 og miðast við meðaltal mælinga á fjórum sýnum. Samkvæmt Evrópustöðlum er því mögulegt að niðurstöður mælinga liggja utan við markalínur að svo miklu leyti sem taflan leyfir, þ.e.a.s. ef hannaður sáldurferill liggur nálægt markalínu.

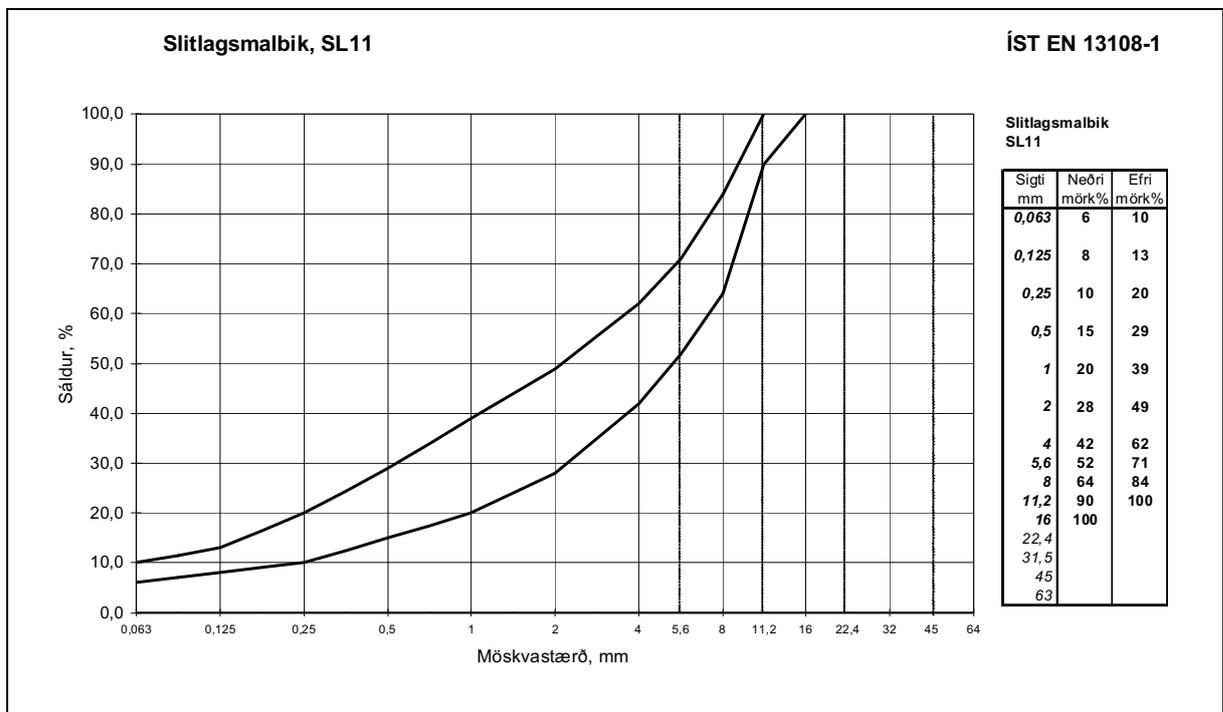
Þess má geta að settar hafa verið fram markalínur fyrir malbik (undir heitunum BNL 16S og BNL 11S) sem er ætlað til tvennskona nota. Annars vegar sem bindilag undir malbik þar sem umferð er lítil og létt, hins vegar sem slitlag þar sem umferð er undir 3000 ÁDU. Í þessari malbiksgerð er slakað á kröfum til sáldurferils og þar með gert kleift að blanda malbik úr steinefnum sem hægt er að nálgast án mikils tilkostnaðar en uppfylla ekki strangar kröfur til sáldurferils. Reynslan hefur sýnt að þessi lausn getur dugað vel í smærri þéttbýliskjörnum úti á landi.

Ástæða er til að vekja athygli á að kornadreifing fyrir bindilagsmalbik BNL-B er höfð nokkuð opnari (steinríkari) en fyrir slitlagsmalbik SL og bindilagsmalbik BNL-S. Þetta er gert til að sporna gegn skriði í bindilaginu en rannsóknir benda til að hættan á skriði sé einna mest u.þ.b. 80 mm undir yfirborði slitlagsins.

Lagþykkt slitlagsmalbiks skal velja þannig að hún sé aldrei minni en 2,5 sinnum efri flokkunarstærð malbiksins eftir völtun og fyrir undirlagsmalbik skal lagþykktin aldrei vera minni en tvöföld efri flokkunarstærð.



Mynd 64-7: Markalínur fyrir slitlagsmalbik með 16 mm efri flokkunarstærð.



Mynd 64-8: Markalínur fyrir slitlagsmalbik með 11 mm efri flokkunarstærð.



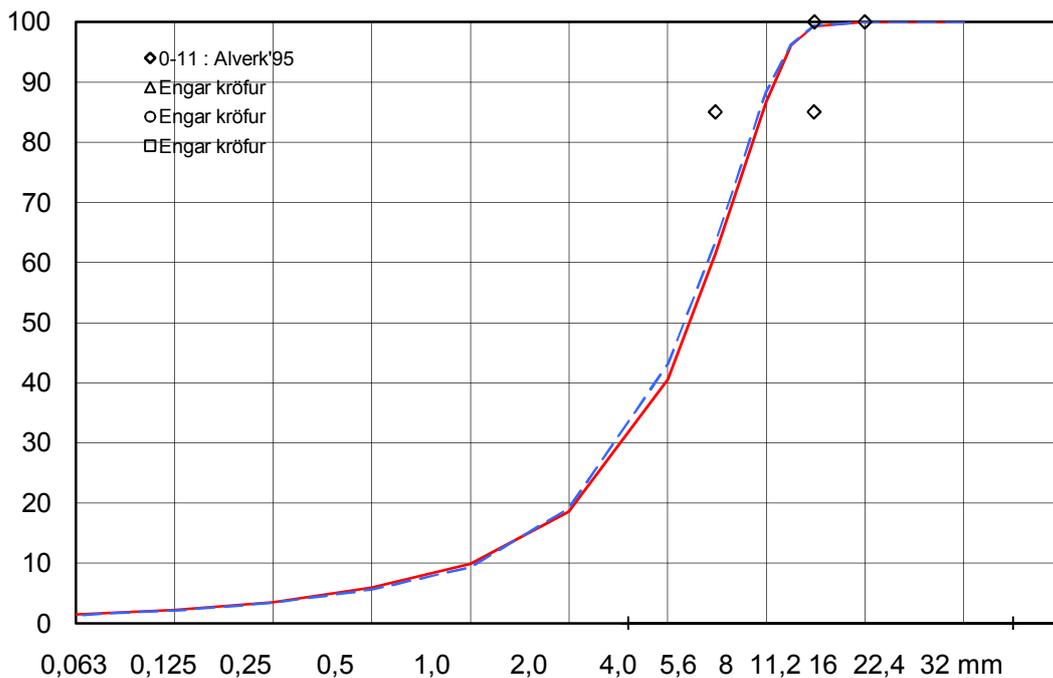
Fylgiskjal 3 – Niðurstöður, sigtun glers

Athugasemdir

Tekið var 2 Glersýni og eru þau nákvamlega eins.

Gerð	0-11mm Gler 3,5		0-11mm Gler 3,8	
Raki. V%	mm	%	mm	%
	32	100,0	32	100,0
	22,4	100,0	22,4	100,0
	16	100,0	16	100,0
	11,2	99,3	11,2	99,3
	9,5	96,0	9,5	96,2
	8	86,7	8	88,4
	5,6	61,5	5,6	63,4
	4	40,6	4	43,2
	2	18,6	2	19,1
	1	9,8	1	9,4
	0,5	5,9	0,5	5,6
	0,25	3,6	0,25	3,4
	0,125	2,2	0,125	2,1
	0,063	1,5	0,063	1,4

Sáldurferill





Fylgiskjal 4 – Niðurstöður, rúmþyngd og holrýmd



Borkjarnar // Próunarverkefni - Glersalli



Verkefni: Próunarverkefni: Malbik m/glersalla	Verktaki: Hlaðbær - Colas hf.	Malbikssýni nr: H10105	Lagt dags: 14.10.2010
Verknúmer: Á ekki við	Gerð malbiks: YL - 11 - Hólabrú - 10% glersalli	Gæðaeftirlit: Á ekki við	Borað dags: 15.10.2010
Sveitarfélag: Á ekki við	Tonn: Á ekki við		Unnið dags: 19.10.2010
Gæðakröfur: Á ekki við en reynt að uppfylla kröfur Alverks 95' um holrýmnd í borkjörnum. Það er < 3%.			Skýrsla nr: 17 - 2010
Hvað: Yfirlagsefni YL11-Hólabrú með með ca 10% hörpuðum glersalla. Próunarverkefni. Lagt sem nýlögn, þ.e. á mulning.			Unnið af: Gísli Eym.
Aths um staðsetningu borkjarna: Á ekki við			10,00 cm í þvermál

Staðsetning Borkjarna	Utlögð þann	Merki	Þurr þyngd g	Þyngd í vatni g	Rök þyngd g	Rúmþyngd g/cm3	Maximum Rúmþyngd g/cm3	Holrúm %	Reiknuð þykkt cm	Þversk- flöturcm2	Mæld þykkt cm	Athugasemdir
Á ekki við	14.10.2010	GL 1	904,5	548,7	905,0	2,531	2,543	0,5%	4,5	78,5	4,7	
Á ekki við	14.10.2010	GL 2	900,6	542,7	901,2	2,505	2,543	1,5%	4,6	78,5	4,8	

Athugasemdir:

Engar. Holrýmnd langt undir kröfum Alverks 95'
Þannig að þjöppun malbiksins til að uppfylla
kröfur Vegagerðarinnar um yfirlagsmalbik
er ekki vandamál.

	Meðalholrúm %	Þykkt cm
Slitlag	1,0%	4,7



Fylgiskjal 5 – Niðurstöður, malbikssýni

Malbikunarstöðin Hlaðbær-Colas hf.

Rannsóknastofa í Hafnarfirði

Prófun á malbiki

Stöð: MHC í Hafnarfirði

Kaupir		Sýni nr.	H10105
Leggur	MHC	Dags	14.10.2010
Staður	Gullhella-Tilraunakafli - Y11 Hólabrú	Tími	13:00
Aths.	Með 10% gleri	Unnið	15.10.2010
		Unnið af	JSS

Mælingar		Mör	Kornadreifing		Uppskrift			
Sýni þjappað nýtt. - Troxler NTO			Þvegið sýni		05-251-1001			
Mörk: Y11 SL			Sigti	Sáldur	Y11 HÓLABRÚ			
Hiti sýnis, °C	161		mm	%	% steina	Steinefni		
Bik			32	100	52	0/4 Hólabrú		
Gerð biks	SB180		22,4	100	17	5/8 Hólabrú		
Bik í uppskrift, %	6,2		16	100	21	8/11 Hólabrú		
Bik í sýni (leiðr.), %	6,2		11,2	98	10	0-11 Gler		
Frávik biks, %	0,0	<±0,4	9,5	89				
			8	80				
Marshall			5,6	68	Bik	% heildar		
Þjöppun, högg	2*50	2*50	4	58	6,2	Bik SB180		
Þjöppunarhiti, °C	140		2	35				
			1	23				
Marshall, g/cm³	2,512		0,5	17				
Malbik, g/cm³	2,543		0,25	14				
Reikn. steinar, g/cr	2,821		0,125	11				
			0,063	8,7				
Holrúm, rm %	1,2	1,0-3,0						
Bik, rm%	15,3		Mæld		Reiknuð			
Steinar, rm %	83,5		mm	%	mm	%	Siló	%
Bikfylling, %	93		>11,2	2	>11,2	2	4.s	0,0
			8-11,2	18	8-11,2	18	3.s	18,7
Festa (3), N	7800	>5000	4-8	22	4-8	23	2.s	22,7
Sig (3), mm	3,4	1,5-5,0	0-4	49	0-4	48	1.s	49,6
Festa/sig, N/mm	2300	>1000	<0,063	8,7	<0,063	7,9	Fy.	9,1

Sáldurferill

Markalínur: YL11 SL

