

BUNDIN SLITLÖG Á  
ÍSLENSKUM VEGUM  
- ÓHÁÐ ÚTTEKT

Sigurður Erlingsson



# Bundin slitlög á íslenskum vegum – Óháð úttekt

Sigurður Erlingsson

Reykjavík, September 2021

Höfundaréttur © Sigurður Erlingsson

Verkfræðistofnun Háskóla Íslands, Umhverfis- og byggingaverkfræðideild, Háskóla Íslands

Rafræn skýrsla.

## EFNISYFIRLIT

	ÚTDRÁTTUR	1
1	INNGANGUR	2
2	MARKMIÐ	2
3	VEGIR Á ÍSLANDI	2
4	UPPBYGGING VEGA	3
5	HÖNNUN VEGSNIÐA	3
6	YFIRBYGGING VEGA	5
7	MALBIKSSLITLÖG	6
8	KLÆÐINGAR	12
9	NÝJAR LEIÐIR	17
10	SAMANTEKT OG LOKAORÐ	18
	HEIMILDIR	20
	VIÐAUKI A	21

## ÚTDRÁTTUR

Árið 2020 urðu á þjóðvegum hér á landi tvö alvarleg tilvik vegna alvarlegra galla í bikbundnum slitlögum og fjölmiðlar fjölluðu talsvert um. Í kjölfarið fór samgöngu- og sveitastjórnarráðuneytið þess á leit við undirritaðan að hann tæki saman greinagerð með það að markmiði að greina vandamál við notkun bundinna slitlaga á íslenskum vegum og leggja til leiðir til úrbóta. Hér hefur einkum verið horft til þriggja þátta, þ.e. þolhönnun vega á Íslandi; malbikslitlaga og vegi lagða klæðingu. Auk þess er stutt umfjöllun hvað getur farið úrskeiðis í malbiksslitlögum og er þá gert grein fyrir lagningu slitlags á Kjalarnes í júní á síðasta ári. Hins vegar er fjallað um vetrarblæðingar í klæðingum og gert grein fyrir vetrarblæðingu í desember á síðasta ári.

Vegagerðin hefur nýlega kynnt nýtt verklag við eftirliti vegna lagningu bundinna malbiksslitlaga. Er þar tekið á atriðum er lúta að þekkingu eftirlitsaðila, trygging á gæðum vöru (malbiksslitlag) sem og þáttum er hafa með öryggi vegfarenda og upplýsingaflæði. Er þetta mjög jákvætt og ættu að tryggja að gæðin á þeirri vöru sem verktaki ber að skila uppfylli kröfu verkkaupa (Vegagerðarinnar). Auk þessa hafa kröfum um holrýmd og viðnámstuðul malbikslitlaga verið breytt. Það sem mestu skiptir er að kröfum um lægstu holrýmd hefur verið hækkuð úr 1,0% í 1,5%. Kröfum um viðnámsstuðul hafa verið aukin úr 0,5 í 0,55. Einnig hefur verið lögð áhersla á að mæla yfirborðsviðnám strax eftir útlögn og sett hefur verið fram viðbragðáætlun ef viðnámið er ekki nægjanlegt. Hvortveggja ætti að draga verulega úr líkum á viðnámsvandamálum eða skrið í malbiki.

Nokkur atriði má þó nefna sem ætti að íhuga að betrumbæta. Niðurbrot og hrörnun vega er einkum háð þungaumferð og veðurfari auk nagladekkjaáraunar. Mikilvægt er því að góðar upplýsingar liggja fyrir um þessa þætti. Vegagerðin rekur mælakerfi til að fylgjast með samsetningu umferðar og hitastigi í vegum. Hluti upplýsinga um samsetningu umferðarinnar (hlut þungra ökutækja) er ekki trúverðugar og trúlega þarf að yfirfara mælikerfið. Ekki er heldur aflað neinna upplýsinga um öxulþunga þungu bílana á vegakerinu.

Á sama hátt og eftirlit með lagningu malbiksslitlaga hafi verið hert er æskilegt að slíkt hið sama verði gert við lagningu klæðinga. Útlögn á klæðingum er vandasöm og mikilvægt að eftirlitsaðilar þekki vel til alls framleiðsluferlisins og hvað getur farið úrskeiðis. Eins og fyrir malbiksslitlög er mikilvægt að verkferlar við eftirlitið séu skýrir og aðgerðaráætlun sé til staðar.

Skilningur á eðli og hvers vegna vetrarblæðingar verða í klæðingum er takmarkaður. Æskilegt væri að setja á laggirnar rannsóknarverkefni til auka þekkingu okkar á vetrarblæðingum. Þannig getum við betur skipulagt mótvægisáðgerðir til að draga úr eða koma í veg fyrir þær.

Einnig er hægt að hugsa sér nýja valkosti við hefðbundið malbik sem gætu verið ódýrari kostir sem vert væri að skoða betur. Þannig mætti leggja malbiksslitlög á stærri hluta vegakerfisins þar sem þungaflutningar eru miklir. Það myndi draga úr eða koma í veg fyrir vetrarblæðingar á mikilvægum hluta vegakerfisins. Þeir tveir kostir sem hér eru nefndir eru að nota lághitamalbiksblöndur og að nota færanlega stöð við framleiðslu malbiks á landsbyggðinni.

Lághitamalbiksblöndur eru framleiddar við lægra hitastig en hefðbundnar malbiksblöndur. Þannig sparast orka í framleiðsluferlinu. Hægt að flytja slíkar blöndur lengri vegalengdir en ella en ná samt góðri þjöppun í vegi. Slíkar blöndur gera það einnig kleift að leggja út malbik yfir lengra tímabil af árinu og þjöppun malbiks reynist auðveldari í köldu veðurfari en ella.

Hitt er að kanna möguleika á að nota færanlega stöð (eða stöðvar) við framleiðslu malbiks á landsbyggðinni. Þannig er hægt að leggja malbik víðar á landinu. Þá væri hægt að hugsa sér að nota staðbundið (innlent) steinefni þó gæðin séu eitthvað lakari en á innfluttu steinefni. Ef umferðarmagn er ekki mjög mikið gæti endingin engu að síður verið ásættanleg. Með því að minnka stærstu steinefnastærð í t.d. 11 mm væri að hægt að leggja út 3,0 – 3,5 cm þykkt malbikslag í stað 4,0 – 5,0 cm. Þannig ætti að fást malbik sem er ódýrara en hefðbundið malbik. Slitstyrkur gegn nagladekkjaáraun væri minni en við hefðbundnari malbiksblöndur en ef umferðarmagnið er ekki mjög mikið gæti þetta engu að síður verið álitlegur kostur.

## 1 INNGANGUR

Tvö alvarleg atvik hafa átt sér stað á íslenskum vegum nýlega sem rekja má til yfirborðs veganna. Annars vegar var það í júní 2020 á Kjalarnes þegar mikil hálka skapaðist á nýlögðu malbiki sem talið er að hafi átt þátt í að tveir létust þar í umferðarslysi. Hins vegar var um svonefnda vetrarblæðingu í klæðingum í desember sama ár þegar bik ásamt finum steinefnum gekk upp úr klæðingunni og festist á dekkjum bíla. Slíkt skapar mikla hættu vegna þess að það dregur verulega úr hemlunarviðnámi og getur valdið tjóni á ökutækjunum.

## 2 MARKMIÐ

Samgöngu- og sveitastjórnarráðuneytið fór þess á leit við undirritaðan að hann tæki saman greinargerð með það að markmiði að greina vandamál við notkun bundinna slitlaga á íslenskum vegum og leggja til leiðir til úrbóta. Í verkefnislýsingunni segir að mikilvægt sé að horft sé með gagnrýnum augum á:

- Íslenska staðla og reglur í vegagerð, bæði varðandi gerð slitlags á vegum sem og aðra þætti því tengdu, svo sem efri burðarlög.
- Íslenska staðla og kröfur um slitlög, þ.e. varðandi framleiðslu og efnigæði, bæði steinefni og bindiefni.
- Vinnuaðferðir við flutning og útlögn slitlagsins.
- Viðmið til grundvallar hönnun vega og efnisvali, s.s. ÁDU og hlutfall þungaumferðar og þróun umferðar og farartækja, þar með talið öxulþungi farartækja og dekkjaþrýstingur.

Leitast skal við í greinargerðinni að draga fram samanburð við nágrannalönd okkar, þar sem sambærilegar aðstæður ríkja, svo sem á Norðurlöndum.

## 3 VEGIR Á ÍSLANDI

Vegakerfinu á Íslandi er skipt upp eftir eignarhaldi og umsjón í þjóðvegi, sveitarfélagsvegi, almenna stíga og einkavegi. Þjóðvegir, sveitarfélagsvegir og almennir stígar eru ætlaðir almenningi til frjálsra ferða. Þjóðvegir eru í umsjá ríkisins og er Vegagerðin veghaldari þeirra. Veghaldari fer með forræði yfir veginum og vegsvæðinu. Veghaldarinn sér því um vegaf framkvæmdir sem og þjónustu, rekstur og viðhald. Sveitarfélagsvegir eru í umsjá sveitarfélaga og eru þeir að mestu innan vegir innan þéttbýlis. Þjóðvegir og sveitarfélagsvegir skulu saman mynda eðlilegt samfellt vegakerfi til tengingar byggða landsins (heimasíða Vg.).

Þjóðvegum er skipt í vegflokka samkvæmt vegalögum nr. 80/2007. Heiti vegflokkana og heildarlengd hvers flokks fyrir má sjá í töflu 1 (heimasíða Vegagerðarinnar; vegagerdin.is).

**Tafla 1** – Skipting þjóðvega landsins í flokka ásamt heildarlengd hvers flokks (2020).

Vegflokkur	Lengd [km]
Stofnvegir	~ 4.400
Stofnvegir um hálendi	~ 500
Tengivegir	~ 3.500
Héraðsvegir	~ 2.600
Landsvegir	~ 2.000
Samtals	~ 13.000

Vegum er einnig skipt upp í vegtegundir. Grunntegundir eru eftirfarandi: A, B, C, D og F, þar sem F eru vegslóðar, margir þeirra á hálendinu. Vegtegund ákvarðast einnig út frá umferðarmagni og er vegtegund A gerð fyrir mesta umferð og F fyrir þá minnstu. Tegundirnar segja til um tæknileg atriði vegarins svo sem breidd akreina, hönnunarhraða, fjarlægð milli vegamóta og fleira. Nánari upplýsingar um vegtegundir má finna í veghönnunarreglum Vegagerðarinnar (Vegagerðin, 2010).

Af töflu 1 má sjá að vegakerfi í umsjá Vegagerðarinnar er um 13.000 km að lengd, þar af voru um 5.800 km eða 45 % lagðir bundnu slitlagi í árslok 2020. Af heildarflatarmáli yfirborðs með bundnu slitlagi er malbik um 13% (5.000.000 m<sup>2</sup>) og klæðingar 87% (34.000.000 m<sup>2</sup>).

## 4 UPPBYGGING VEGA

Uppbyggingu vega er skipt upp í undirbyggingu og yfirbyggingu. Undirbyggingin er vegbotninn og hugsanleg fylling sem lögð er til að lyfta veginum upp úr umhverfi sínu. Þar ofan á hvílir yfirbyggingin, sem samanstendur af styrktarlagi, burðarlagi eða burðarlögum og slitlagi. Vegum er hægt að skipta eftir stífleika í tvo meginflokka, þ.e. sveigjanlegir vegir og stífir vegir. Sveigjanlegir vegir eru með bikbundnu eða óbundnu slitlagi en stífir vegir eru steinsteyptu slitlagi. Sveigjanlegir vegir eru algengastir á Íslandi og einungis mjög lítill hluti vegakerfisins telst vera stífir vegir. Er þeir ekki til umfjöllunar hér.


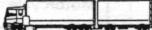






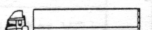
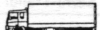
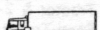
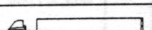
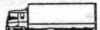
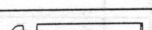

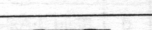
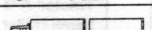

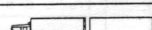

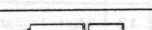
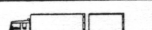
Hvert lag vegyfirbyggingarinnar þjónar sínum tilgangi og eru kröfur til þeirra því mismunandi. Næst yfirborði er áraun (spennur) frá umferð mest og minnkar er neðar dregur. Kröfur til laganna eru því mestar efst en minnka eftir því sem neðar dregur. Líftími neðstu laganna er hins vegar lengri og minnkar hann eftir því sem ofar dregur. Líftími fyllingar og styrktarlags getur því verið um og yfir 50 ár en 20 - 25 ár. Ending slitlags er oft einungis 5 – 8 ár. Endingartími slitlagsins og burðarlaga ræðst þó mjög af umferðarmagni og þunga umferðarinnar á hverjum stað ásamt veðurfari á viðkomandi stað. Því er mikilvægt að öll lög vegbyggingarinnar séu vel unnin og þótt áraunin sé minnst í neðstu lögnum þá þurfa þau að endast lengst og dýrt getur orðið er að laga galla ef þarf að eiga við undirbygginguna.

## 5 HÖNNUN VEGSNIÐA

Vegir brotna niður sem fall af tíma, þ.e. ásigkomulag þeirra hrörnar; sprungur og aðrar ójöfnur ásamt hjólförum myndast og að lokum verður ástand þeirra óásættanlegt og ráðast þarf í úrbætur. Vegir á Íslandi eru að öllu jöfnu hannaðir til 20 ára, þ.e. að þeir skulu endast í 20 ár en að þeim tíma liðnum þarf að ráðast í kostnaðarsamar endurbætur á bæði óbundnu burðarlagi og þeim bikbundnu lögum sem ofan á kunna að liggja. Endingartíminn er þó breytilegur og fer eftir umferðarmagni og hlutfalli þunga bíla sem og veðráttu ásamt vatnsbúskap vegsniðsins.

Þeir þættir sem ráða mestu um niðurbrot vega er hlutur þungra ökutækja í umferðinni ásamt hversu þungir þeir eru svo og veðurfarsþættir sem ríkja á viðkomandi stað. Eftir því sem öxlar þyngstu ökutækjanna eru þyngri eykst niðurbrotstakturinn hratt og er gjarnan miðað við að hann breytist sem veldisvexti og er þá gjarnan miðað við að vöxturinn sé fjórða veldi öxulþungahlutfallsins. Við hönnun vega er því gjarnan ákvarðaður fjöldi staðalöxla á hönnunartímanum (20 ár) sem tekur til bæði fjölda öxla og þyngdar þeirra og hönnunin miðuð út frá því. Léttari ökutæki skipta litlu sem engu máli með þeirri undantekningu að nagladekkjaslit léttari ökutækja veldur hluta þeirrar hjólfaramyndunar sem verður í vegyfirborðinu. Við hönnun vega þarf því að liggja fyrir mat á þungaumferðinni, hluti ökutækja á negldum hjólbörðum og veðurfarsþáttum.

Umferðarmagn er yfirleitt metið með ársdagsumferð (ÁDU), sem segir til um hversu mörg ökutæki aka um viðkomandi vegkafla að jafnaði á degi hverjum yfir heilt ár. Einnig er venjan að meta hlut þungra ökutækja (ÁDU<sub>p</sub>) og tiltaka hann sem prósentu. Hér voru skoðaðar niðurstöður úr tveimur umferðargreinum Vegagerðarinnar til að meta hlut þungra bíla og skoða dreifingu þeirra milli flokka. Miðast flokkunin við sk. EUR13 flokkun en þar er öllum ökutækjum skipt í 13 flokka þar sem léttir bílar eru í flokki 1 og flokkar 2 – 12 eru mismunandi gerðir þungra ökutækja. Flokkur 13 er síðan ökutæki með sjö öxla eða fleiri eða bílar sem ekki tekst að flokka. Sjá má flokkaskiptinguna á mynd 1.

Vehicle Classification Table		GR03-EUR13				
1	Car, Light Van		6	Rigid 3-Axle HGV & 2-Axle Drawbar Trailer		
	Light Goods Vehicle (LGV)			Rigid 3-Axle HGV & 3-Axle Drawbar Trailer		
	Car/LGV & 1-Axle Caravan/Trailer			7	Artic, 2-Axle Tractor & 1-Axle Semi-Trailer	
	Car/LGV & 2-Axle Caravan/Trailer				8	Artic, 2-Axle Tractor & 2-Axle Semi-Trailer
2	Rigid 2-Axle Truck (HGV)		9	Artic, 2-Axle Tractor & 3-Axle Semi-Trailer		
	3	Rigid 3-Axle Truck (HGV)			10	Artic, 3-Axle Tractor & 1-Axle Semi-Trailer
Rigid 3-Axle Truck (HGV)			Artic, 3-Axle Tractor & 2-Axle Semi-Trailer			
4	Rigid 4-Axle Truck (HGV)		11	Artic, 3-Axle Tractor & 3-Axle Semi-Trailer		
	Rigid 4-Axle Truck (HGV)			12	Bus or Coach 2-Axle	
5	Rigid 2-Axle Truck & 2-Axle Drawbar Trailer		13		Bus or Coach 3-Axle	
	Rigid 2-Axle Truck & 3-Axle Drawbar Trailer			Vehicle with 7 or more Axles		
	Rigid 2-Axle Truck & 1-Axle Caravan/Trailer		Vehicle not classified above			
	Rigid 2-Axle Truck & 2-Axle Trailer/Caravan					

Mynd 1 – EUR13 flokkun á ökutækjum.

Í töflu 2 má sjá skiptinguna á ökutækjum á stöðvunum 5012 Hvassafelli og 5017 Öxnadal fyrir tímabilið 1 september – 15 febrúar 2019/2020 og sama tímabil ári síðar. Samtals voru þetta tæplega 418 þúsund greind ökutæki við Hvassafell og rúmlega 102 þúsund ökutæki á mælistöð við Öxnadal. Á tímabilunum gaf þetta um 1.250 ökutæki að meðaltali á dag við Hvassafell og rúmlega 300 í Öxnadal.



**Tafla 2** – Skipting ökutækja í flokka samkvæmt EUR13 flokkuninni á umferðargreinum við Hvassafell og í Öxnadal. Tímabil sem var skoðuð voru 01.09.2019 – 15.02.2020 og 01.09.2020 – 15.02.2021.

Flokkur	Hlutfallslegur fjöldi [%]	
	5012 Hvassafell	5017 Öxnadalur
1	87,2	62,3
2	0,3	12,4
3	0,3	1,9
4	0,1	0,3
5	0,2	1,2
6	0,5	0,5
7	0,0	0,7
8	0,1	0,1
9	0,1	0,3
10	0,6	1,7
11	0,7	2,6
12	0,2	0,8
13	9,9	15,4

Af töflu 2 má sjá að nánast öll þung ökutæki (flokkar 2-13) raðast í flokk 13, þ.e. eru annað hvort með sjö öxla eða fleiri eða búnaðurinn ræður ekki við að flokka ökutækin. Ef gert er ráð fyrir að öll ökutækin sem flokkast í flokk 13 eru þung og ættu í raun að lenda í flokkum 2 - 12 þá eru 12,8% allra ökutækja á mælistöð við Hvassafelli þung og 37,7% ökutækja í Öxnadal fyrir tímabilin sem voru skoðuð.

Við vegsniðshönnun er þó ekki nóg að fyrir liggja hversu mörg þung ökutæki aki um viðkomandi veg heldur þarf vitneskju um hversu þungir öxlar ökutækjanna eru. Þetta er hægt að gera annað hvort með statískum mælingum þar sem bílar eru stoppaðir og öxlar þeirra vigtaðir og dekkjaþrýstingur jafnvel mældur. Eða með dýnamískum hætti þar sem bílar eru vigtaðir með sk. WIM (Weigh-In-Motion) búnaði þegar þeir aka yfir mælíbúnaðinn (Erlingsson & Winnerholt, 2019). Ekki tíðkast að beita statískum mælingum hér á landi til að afla upplýsinga um öxulþunga þyngri ökutækja. Ein WIM mælistöð er hér á landi en hefur ekki verið sinnt lengi hvað varðar kvörðun og því alls óvíst hversu áreiðanlegar upplýsingar þeirra eru. Þyngd og fjöldi öxla er algjör grundvallarstærð við hönnun vegsniða. Því er mikilvægt að vandaðar upplýsingar liggja fyrir um þennan þátt.

Hönnun vega á Íslandi byggir að nokkru leiti á hönnun norsku Vegagerðarinnar. Í þróun er ný aflfræðileg þolhönnunaraðferð í Noregi og Svíþjóð (Erlingsson & Ahmed, 2017). Þegar og ef hún verður tekin upp í þessum löndum kemur hún til með að byggja á nákvæmari gögnum um bæði þungaumferð, veðurfar og nagladekkjaáraun. Ef Vegagerðin fylgir í kjölfar nágrannaþjóða sinna og tekur upp slíka hönnunaraðferð þarf ítarlegri upplýsingar um efniseiginleika vegbyggingarinnar og áraunina (umferð og veðurfar). Vegagerðin ætti því að íhuga að byrja afla sambærilegra gagna og þar þarf.

## 6 YFIRBYGGING VEGA

Eins og áður segir samanstanda vegir af vegbotni og vegyfirbyggingu. Vegbotn eða fylling er það efni sem liggur neðst í vegstæðinu og hvílir síðan vegbyggingin þar ofan á. Neðsti hluti

vegbyggingarinnar eru yfirleitt styrktarlag og óbundið burðarlag. Þar ofan á hvíla síðan bikbundin lög og efst þeirra er slitlagið.

### **Styrktarlag og burðarlag**

Hlutverk styrktarlags og óbundins burðarlags er að dreifa álagi frá umferðinni niður í gegnum vegbygginguna svo ekki verði formbreytingar á vegyfirborðinu. Styrktarlag í vegum skal vera malarlag sem uppfyllir ákveðnar kröfur um kornastærðardreifingu og lektareiginleika til að tryggja að efnið sé ekki frostnæmt (frostfrítt efni) svo að ekki myndist frostlinsur í því. Hlutverk burðarlagsins er í raun það sama og styrkingarlags en þar sem það liggur ofar í veginum er áraun á það meiri en í styrktarlaginu og því er gerðar strangari kröfur til þess en til styrktarlagsins.

Kröfum til styrktar- og óbundinna burðarlaga er lýst í efnisgæðariti Vegagerðarinnar (kafla 4 og 5). Kröfurnar eru eðlilegar og eru sambærilegar þeim sem eru hjá grannþjóðum okkar.

### **Slitlag**

Efsta lag vegbyggingarinnar er slitlagið. Hlutverk slitlagsins er margþætt en fyrst og fremst skal það mynda sléttan akstursflöt til að tryggja þægilega og örugga ferð ökutækja með nægjanlegum núningi við hjólbarða til að ökutæki renni ekki til á yfirborðinu. Slitlagið þarf einnig að þola dekkjaþrýsting hjólbarða og vera endingargott bæði gagnvart sliti vegna viðnáms við dekkinn og sí endurteknum álagspúlsum umferðarinnar sem og veðurfarsþáttum eins og frosts, frost-þíðu áraun og vatnsdrægni. Auk þess dreifa slitlög kröftum ökutækja áfram niður til undirliggjandi laga. Eftir því sem slitlög eru stífari dreifa þau álagi á stærri flöt og hlífa þannig neðri lögum vegbyggingarinnar.

Val á slitlagi ræðst af umferðarmagni eða ársdagsumferð (ÁDU) vegar (Vegagerðin, 2021). Malarslitlag er valið á vegi með ÁDU < 100. Vegir eru lagðir klæðingu ef umferðin er á bilinu 100 – 2.500 ÁDU og malbik er valið á vegi með ÁDU > 2.500 ökutæki, sjá nánar mynd 2. Ekki er með beinum hætti tekið tillit til hlut nagladekkja af heildarumferð né þungaumferðar við val á slitlagsgerð.

Slitlagsgerð	Ársdagsumferð, ÁDU					
	100	300	1500	2500	3000	8000
Malarslitlag	■					
Klæðing með óflokkuðu steinefni	■	■				
Klæðing með flokkuðu steinefni, efri flokkunarstærð 11 mm	■	■	■			
Klæðing með flokkuðu steinefni,	■	■	■	■		

Mynd 2 – Leiðbeinandi val á slitlagstegund hér á landi út frá ÁDU (Vegagerðin, 2021).

Til eru margar gerðir malbiksgerða og klæðinga. Verður þeim gerð betri skil hér á eftir.

## **7 MALBIKSSLITLÖG**

Malbik er framleitt í blöndunarstöð úr blöndu steinefna og biks. Auk þess er einnig gjarnan bætt íaukum til að bæta blönduna eða fá fram sértæka eiginleika. Íaukar eru m.a. viðloðunarefni sem bæta tengingu bindiefnis við steinefnið og fjöliliður til að breyta hitastignæmni biksins og þar með malbiksblöndunnar.

Steinefnið er um 94 - 95% af þyngd blöndunnar og bikið um 5 - 6%. Hlutfall íauka er yfirleitt óverulegt í heildarþyngd blöndunnar. Við framleiðslu á malbiki er steinefnið, bikið og íaukar hituð í 150-175°C og blandað saman í malbikunarstöð og blandan síðan flutt á áfangastað þar sem hún er lögð út og þjöppuð. Til að fá sem best malbik eru þrjú meginþættir mikilvæg, þ.e. blöndun og framleiðsla í stöð, flutningur á áfangastað og loks útlagning og þjöppun í götu eða vegi. Veðurfarsþættir ráða miklu um kröfur til efniseiginleika malbiksins. Einkum hefur loftþiti mikið að segja þar sem malbikið verður stíft og stökkt í kulda en mjúkt og seigt í hita. Einnig þarf að velja efnin með tilliti til annarra veðurfarsþátta, svo sem frost-þíðu skiptum og útsetningu fyrir sólarljós.

Til eru margar gerðir malbikslaga. Fara þessar gerðir eftir kornakúrfu og hörku steinefnisins sem og stærsta þvermál steina ásamt seigju biksins. Hér á landi eru allsráðandi tvær bikgerðir, þ.e. með stungudýpt (pen) 160/220 en einnig er notað bikgerð með stungudýpt 70/100. Bik með stungudýpt 160/220 er mun mýkra en bik með stungudýpt 70/100. Oft eru þessar tvær gerðir í daglegu tali því nefndar mjúkt bik annars vegar og stíft bik hins vegar. Þó ber að hafa í huga að til eru mun fleiri bikgerðir.

Á umferðarþyngri vegum geta malbikslögin verið nokkur. Neðst er þá svokallað malbiksburðarlag (e. road base) ofan á það er síðan bindilag (e. binder layer) og efst er síðan slitlag (e. surface course, wearing course). Á umferðarminni vegum eru lögin stundum einungis tvö eða jafnvel aðeins eitt. Þjónar þá malbikslagið bæði hlutverki slitlags og burðarlags og jafnvel bindilags.

Að öllu jöfnu eru vegir hér á landi hannaðir til 20 ára. Á það einnig við um malbikslög með þeirri undantekningu að slitlagið (efstu 3-5 cm) endist skemur vegna áhrifa veðurfars á það og vegna nagladekkjaslits. Ending slitlags er mjög háð umferðarmagninu og er stundum einungis 5 – 8 ár en getur verið töluvert meiri, t.d. í húsagötum í þéttbýli. Hér á landi er svonefnd malbiksblanda með þetta kornakúrfu og stærstu steinastærð 16 mm (AC 16, einnig nefnd Yfirlögn 16 eða Y16) algengust. Bikið getur verið hvort sem er með stungudýpt 70/100 eða 160/220 og er fyrri bikgerðin notuð á umferðarmestu vegina. Einnig er til sk. steinríkt malbik (SMA). Hér verður einungis fjallað um AC 16 malbik.

### **Gildandi kröfur Vegagerðarinnar til malbiksslitlaga**

Kröfur til malbiksslitlaga eru margskonar. Þó má segja að við hönnun malbiksblöndu sé verið að leitast við að fá fram malbik sem *i)* er nægilega stíft til að dreifa álagi þungra bíla og verja lög vegarins sem neðar liggja, *ii)* er stöðugt og skrífur ekki til undan álaginu sem myndar hjólför, *iii)* er endingargott gegn veðráttu, *iv)* hefur viðnám gegn þreytusprungum, *v)* hefur viðnám gegn steinlosi, *vi)* hefur mikið slitþol gegn negldum hjólbörðum og *vii)* gefur gott viðnám milli vegyfirborðs og dekkja ökutækja. Af þessari upptalningu má sjá eru þetta margir eiginleikar sem taka þarf tillit til og hönnun malbiksblöndu felur því í sér bestun á efniseiginleikum miðað við þær aðstæður sem ríkja þar sem malbikið skal leggjast út.

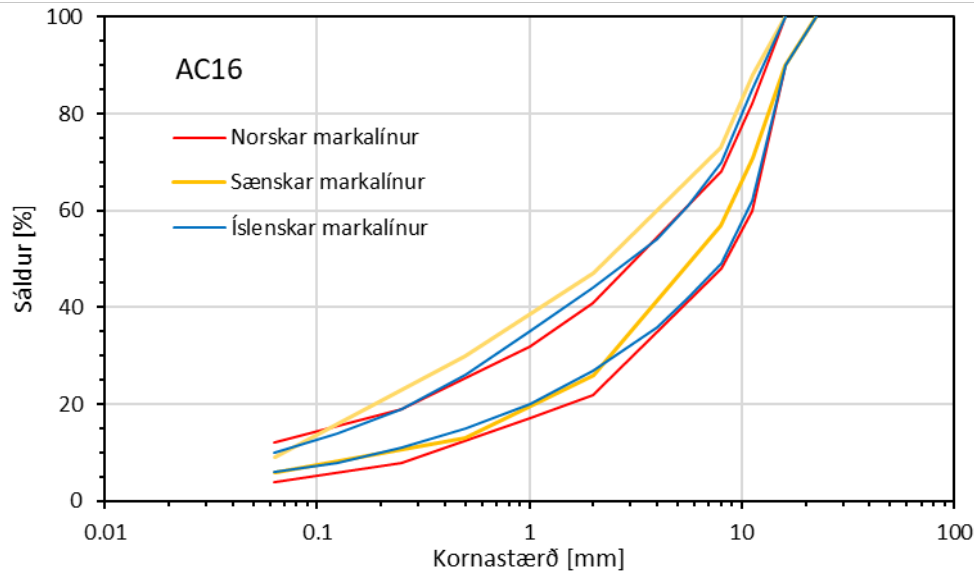
Til að tryggja þessa ofan nefnda þætti eru gerðar ýmsar kröfur til malbiksblendna. Hér verður einungis fjallað um þrjú þætti, þ.e. kornastærðardreifingu steinefnisins, holrýmd blöndunnar og bikinnihald hennar. Bornar verða saman kröfur til þessara þátta milli Vegagerðarinnar við kröfur í Noregi og Svíþjóð. Ástæðan fyrir vali þessa tveggja samanburðarþjóða er sú að þótt umferð sé oft meiri og þyngri á vegum í þessum löndum en hér á landi er veðurfar, a.m.k. í nyrðri hluta þeirra, ekki ósvipað og hjá okkur.

Ástæða þess að ekki er horft til annara þátta en þessara þriggja er sú að bæði er steinefnið sem er notað hér á landi í malbik er að mestu innflutt frá Noregi og bikið kemur að jafnaði frá sænskum aðila. Í báðum þessum löndum eru bindiefnin með stungudýpt 160/200 og 70/100 ráðandi líkt og hér á landi. Einnig eru viðloðunarefni notuð þar með sama eða svipuðum hætti og hér sem og ýmsar fjölliður. Því er ekki um neinn eðlismun á þeim eignum sem notuð eru til malbiksgerðar hér á landi heldur liggur munurinn helst í samsetningarlutföllum blöndunnar.

Hér er látið nægja að stilla upp samanburði á AC16 hvort sem er með biki með stungudýpt 160/220 eða 70/100.

### Kröfur í nágrannalöndum

Kröfur til samsetninga malbiksblanda í Noregi og Svíþjóð má finna í töflum í viðauka A (Arnevik o.fl., 2018; Trafikverket, 2020). Hér að neðan má sjá samanburð á þessum þáttum milli landanna þriggja. Á mynd 3 má sjá kröfur til sáldurferla í löndunum þremur.



**Mynd 3** – Kröfur til sáldurferla á malbiksblöndu AC16 í þremur löndum.

Eins og sjá má á myndinni eru kröfur til sáldurferils nokkuð sambærilegar. Þess er krafist að kornadreifing steinefnanna sem notuð eru í malbiksblöndunni falli innan þeirra marka sem ferlarnir sýna.

Kröfur til minnsta bikinnihalds er það sama í öllum löndunum þ.e. 5,6%. Ekki er gerð krafa um nein efri mörk. Kröfur til holrýmdar blöndunnar má sjá í töflu 3.

**Tafla 3** – Kröfur til holrýmdar malbiks AC16.

		Minnsta holrýmd [%]	Mesta holrýmd [%]
Noregur	ÁDU ≤ 5000	2,0	5,5
	ÁDU > 5000	2,5	5,5
Svíþjóð		1,5	3,5
Ísland	til 2021	1,0	3,0
	frá 2021	1,5	3,5

Í Noregi eru gerðar mismunandi kröfur til minnstu holrýmdar eftir því hvort árdagssumferðin er meiri eða minni en 5.000 ökutæki. Slíkt er ekki gert í Svíþjóð eða á Íslandi.

Sjá má að leyfileg holrýmd var lægri í kröfum á Íslandi fram til síðustu áramóta en í báðum samanburðarlöndunum. Kröfunum var hins vegar breytt í ár (2021) og er nú sú sama og í Svíþjóð en lægri en í Noregi.

Auk þessa hefur kröfum um hemlunarviðnám verið breytt hér á landi og er nú gerð krafa um að viðnámsstuðullinn sé 0,55 í stað 0,5 sem hann var áður. Til samanburðar eru kröfur sænsku vegagerðarinnar 0,5. Viðnámsstuðull malbiks er nátengdur kröfum um minnstu holrýmd blöndunnar og stæðstu steinastærð. Ef kröfum um að holrýmdin fari ekki undir 1,5% í slitlaginu ætti kröfum um yfirborðsviðnám að vera fullnægt.

### Gerðarprófanir

Marshall aðferð er notuð af framleiðendum malbiks á Íslandi við að hanna malbiksblöndur. Þannig hámarkar framleiðandi eiginleika blöndunnar með tilliti til kornastærðardreifingu, bikinnihalds, holrýmdar og íauka. Verkkaupi (Vegagerðin) gerir síðan kröfur um að blanda uppfylli ákveðnar kröfur úr svokölluðum gerðarprófunum sem eiga að lýsa hversu vel viðkomandi blanda stendur sig úti í vegi. Hér á landi er gerð krafa um ákveðnar niðurstöður úr þrennskona gerðarprófunum. Malbiksframleiðendur þurfa að sýna að sú malbiksgerð sem þeir eru að bjóða uppfylli settar kröfur. Niðurstöðurnar gilda í fimm ár en að þeim tíma loknum þarf að endurtaka prófanirnar. Prófanirnar sem hér um ræðir eru *i*) hjólfarapróf (skriðeiginleikar) (ÍST EN 12697-22), *ii*) Prallpróf (slitþol) (ÍST EN 12697-16) og *iii*) vatnsnæmipróf (áhrif vatns á endingu) (ÍST EN 12697-12). Kröfurnar eru breytilegar efir umferðarálagi á viðkomandi vegkafla (ÁDU).

Hjólfarapróf metur hjólfaradýpt eftir 10.000 yfirferðir af ákveðnu hjóli við fast hitastig (45°C). Er gerð krafa um bæði heildarhjólfaradýpt og hallatölu ferilsins að loknum 5000 umferðum. Prallpróf metur nagladekkjaslit blöndunnar og byggir á að stálkúlur berja yfirborð malbikskjarna í ákveðinn tíma og rúmmál þess efnis sem kvarnast úr yfirborðinu er mat á slitþolið. Í vatnsnæmipróf er prófað áhrif vatns á endingu malbiks í svo efndu kleyfnitogþolsprófi og er borið saman togþolið á kjarna sem legið hefur í vatni við togþol kjarna sem geymdur hefur verið jafn lengi þurr. Kröfurnar eru settar fram í töflu 64-17 í efnisgæðariti Vegagerðarinnar, sjá töflu 4.

**Tafla 4** – Kröfur um eiginleika malbiks í gerðarprófunum.

Prófunaraðferð	< 8000 (ÁDU)***	≥ 8000 (ÁDU)***	≥ 15000 (ÁDU)***
Hjólfarapróf, mm*	Ekki krafa	6	5
Hjólfarapróf, mm**	Ekki krafa	0,2	0,15
Prall slitþolspróf, ml	Ekki krafa	24	24
Vatnsnæmipróf, %	Ekki krafa	70	70

\* Um er að ræða hámarksdýpt hjólfara (e. Rut Depth, RD).

\*\* Um er að ræða skrið á hverjum 1000 umferðum síðustu 5000 umferðum.

Eins og fram kemur í töflu 4 eru kröfurnar háðar umferðarmagni. Kröfurnar eru strangar og eiga að skila sér í góðum malbiksblöndum gagnvart hjólfaramyndun hvort sem það er vegna skriðs eða nagladekkjaslits.

Það ber þó að nefna að ekki er gerð nein krafa um niðurstöður úr gerðarprófunum um mikilvæga eiginleika s.s. stífni, þreytueiginleika eða togstyrk. Hugsanlega mætti bæta við kröfum úr slíkum prófunum.

### Hvaða vandamál geta komið upp?

Munur á kröfum til samsetningu malbiksblendanna á milli landanna þriggja liggja einkum í kröfum um holrýmd og hafa kröfur um holrýmd lengst af verið lægri hér á landi. Mjög lítil holrýmd skilar sér í þéttri blöndu sem hleypir nánast engu vatni niður í sig. Frost-þíðu áhrif, þar sem vatn gengur niður í blönduna og frýs og þiðnar á víxl og losar um steina í yfirborðinu eru því lítil. Á mótí er nánast allt holrými blöndunnar fyllt biki og því meiri hættu á að steinefnakornin skriði til í blöndunni undan umferðarálaginu. Eftir að umferð er hleypt á nýmalbikað slitlag verður svokölluð eftirþjöppun, sem

fellst í því að steinefnakornin hníkast örlítið til og endurraða sér innan efnisins. Ef holrýmdin er lág í efninu, verður ekki einungis rúmmálsminnkun í efninu eins í blöndum með hærri holrýmd heldur skríður efnið til undan hjólaálaginu og hjólfararásir myndast hratt í efninu fyrst eftir útlögn. Einnig getur lág holrýmd orðið til þess að yfirborðið er klætt þunnri bikfilmu (feitir blettir) sem lækkar viðnám vegyfirborðsins. Ef holrýmdin strax eftir útlögn er höfð heldur hærri, þ.e. meiri en 1,5 - 2%, veldur eftirþjöppunin því að blandan minnkar örlítið rúmmál sitt þegar umferð er hleypt á slitlagið en skríður ekki til að sama skapi og því verður hjólfaramyndun á fyrstu mánuðum eftir útlögn ekki eins mikil. Einnig er minni hættu á lélegum viðnámseiginleikum yfirborðs slitlagsins.

### ***Eftirlit með framkvæmdum***

Eftirlit með vegaf framkvæmdum er mikilvægt til að tryggja að gæði séu í samræmi við kröfur. Í ár (2021) tilkynnti Vegagerðin um nýtt verklag við eftirlit vegna lagningar bundinna slitlaga. Þar kemur fram ýmis atriði er lúta að:

Þekking mannaúðs:

Auknar kröfur um þekkingu eftirlitsaðila (þurfa að standast ákveðið próf - faggilding).

Trygging á gæðum vöru:

Rýni fyrir framkvæmd á þeim atriðum sem hugsanlega geta farið úrskeiðis og leitt til alvarlegra frávíka og kallað á tafarlaus viðbrögð.

Boðleiðir og verklag við hugsanleg frávik milli eftirlitsaðila verktaka og Vegagerðarinnar eru skýr.

Verktakar og eftirlitsaðilar með stærri verkum skulu hafa vottað og virkt gæðakerfi.

Auknar kröfur um tíðni rannsókna og skil á niðurstöðum (t.d. varðandi holrýmd).

Öryggi vegfarenda og upplýsingaflæði:

Oheimilt að hleypa umferð á veg eftir malbikun fyrr en að öryggisúttekt á ástandi vegar er lokið (yfirborðsmerkingar og stefnuörvar, óhreinindi hreinsuð, ástand vegaxla o.fl.)

Hemlunarviðnám skal mælt án tafar á nýlögðu malbiki.

Skiltun bætt að lokinni malbikun (ný skilti sem vara m.a. við hugsanlegri hálfu í rigningu).

Aukið upplýsingaflæði til almennings vegna framkvæmda.

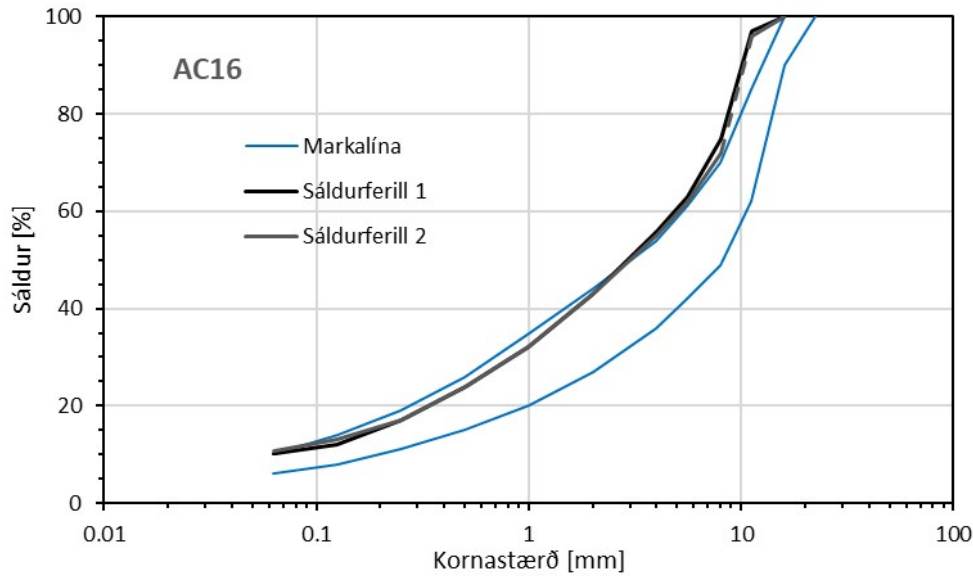
Auk þess ber verktaka að taka borkjarna (6 stk. með 100 mm þvermál) fyrir hverja byrjaða 6.000 m<sup>2</sup> sem lagðir eru út í einu verki. Skulu þeir geymdir í tvö ár. Það tryggir að hægt er að meta ákveðna stika eftir framkvæmd eins og þykkt slitlags, kornastærðardreifingu, bikinnihald og holrýmd.

Öll þessi atriði hér að ofan eru mjög jákvæð og ættu að tryggja að gæðin á þeirri vöru (malbiksslitlag) sem verktaki ber að skila uppfylli kröfu verkkaupa (Vegagerðarinnar). Mikilvægt er að verkferlar séu skýrir og vel skilgreint hvernig skal bregðast við óvæntum uppákomum.

### ***Dæmi um hvað getur farið úrskeiðis***

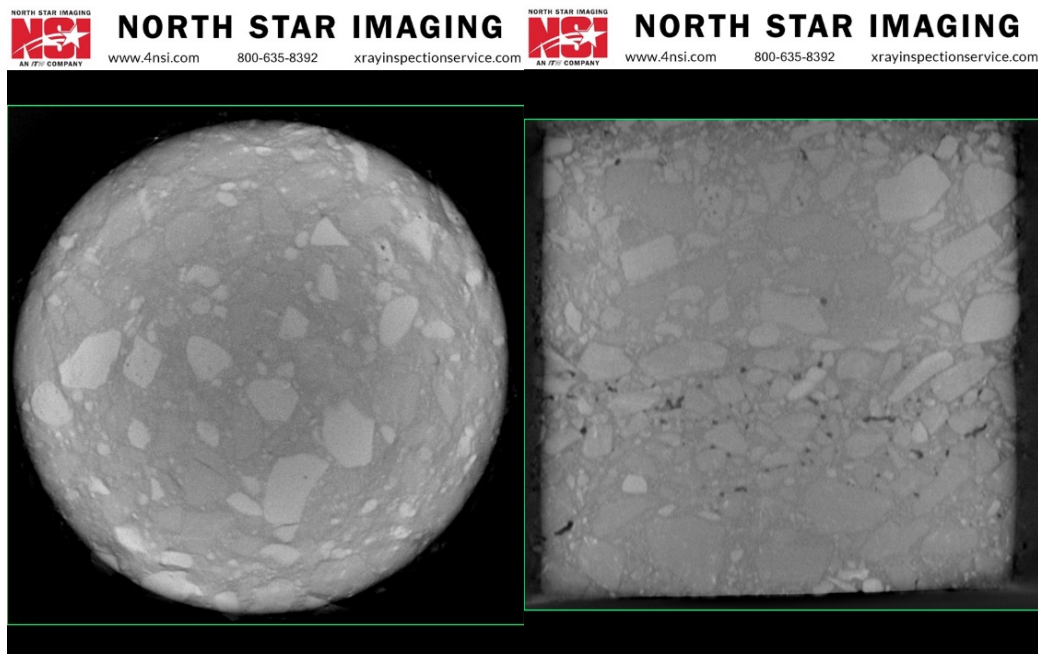
Þann 25. og aðfaranótt 26. júní 2020 var lagt nýtt malbiksslitlag á Þjóðveg 1 á Kjalarnesi og í kjölfarið þann 26. júní var lagt á slitlag við Gullinbrú í Reykjavík. Malbiksgerðin sem notuð var á báðum stöðum var AC16 með pen 70/100 biki. Teknikir voru kjarnar að loknum framkvæmdum og þeir greindir. Þar var kornakúrfa steinefnisins ákvörðuð, bindiefnishlutfallið og holrýmdin.

Á mynd 4 má sjá niðurstöður úr ákvörðun á kornakúrfu tveggja kjarna tekna úr slitlaginu eftir útlagningu á Kjalarnesi.



**Mynd 4** – Kornakúrfra tveggja kjarna tekna úr slitlagi lögðu á Kjalarnesi í júní 2020. Á myndinni má einnig sjá efri og neðri mörk sáldurferla sem leyfðir eru samkvæmt kröfum Vegagerðarinnar.

Á mynd 4 má sjá að kornakúrfur kjarnanna tveggja liggja í efri brún sáldurmarka fyrir malbiksblöndum skv. kröfum Vegagerðarinnar og að hluta til fyrir ofan efri markalínuna. Ákvarðað var einnig bikinnihaldið og reyndist það vera 5,3% (meðaltal sex kjarna). Holrýmdin í yfir 20 kjörnum var einnig ákvörðuð og reyndist hún í flestum tilvikum minni en 0,5%. Í einungis tveimur af 24 kjörnum reyndist hún vera innan krafna Vegagerðarinnar, þ.e. 1,0 – 3,0%.



**Mynd 5** – Sneiðmyndir af malbikskjörnum teknum úr slitlagi lögðu á Kjalarnesi í júní 2020.

Mynd 5 sýnir tvær sneiðmyndir af kjörnum úr malbiki lögðu á Kjalarnesi í júní 2020. Á myndinni má sjá að blandan er mjög þétt og nánast öll holrými á milli steinefnanna eru fyllt biki.

Blandan verður því mjúk einkum í heitu veðri og hætta á að hún skriði til undan álagi með tilheyrandi hjólfaramyndun. Einnig verða viðnámseiginleikar yfirborðsins lágir.

Svipaða sögu er að segja af framkvæmdunum við Gullinbrú. Kornakúrfur kjarnanna liggja í efri brún leyfilegra marka og að hluta yfir þeim. Bikinnihaldið var um 5,5% og holrýmdu 0,0 – 0,1%.

### **Leiðir til úrbóta**

Steinefni til malbiksframleiðslu á Íslandi er að lang stærstum hluta flutt inn frá Noregi. Sama á við um bikið en það er yfirleitt flutt inn frá sænskum aðila. Sama á við um íblöndunarefnið. Enginn eðlismunur er því á efnunum sem notuð eru til malbiksgerðar hér á landi og í Noregi og Svíþjóð. Munurinn liggur einkum í að gerð er krafa um lægri holrýmdu hér á landi. Því fæst hér mjög þétt blanda sem hefur mjög gott þol gegn frost-þíðu áraun. Holrýmduhlutinn er hins vegar lágur sem getur leitt til að blandan getur skriðið undan umferðaralaginu sem svo myndar hjólför í yfirborðið. Einnig er hætta á að viðnám yfirborðsins við dekk bifreiða verði lágt. Auk þess er aukin hætta á blæðingum þegar holrýmdu er lítil sem minnkar enn frekar viðnám milli dekkja og vegyfirborðs. Þegar kröfur til neðri marka holrýmdu eru svona lágar þá má lítið út af bregða til að holrýmdu verði allt of lítil, jafnvel vel undir 0,5% sem getur leitt til óstöðugs malbik.

Ástæður þess að kröfur til holrýmdu eru minni hér á landi en í nágrannalöndum okkar er trúlega sú að hætta á frostskegmdum vegna tíðra frost-þíðu sveifla í okkar veðráttu vóg þungt. Það má vera að slíkt hafi átt við á seinni hluta síðust aldar. Með auknum gæðum og eftirliti á steinefnum og biki til malbiksgerðar sem og betri stjórnun á samsetningu blöndunnar í malbikunarstöð og betri búnaði við útlögn á þetta trúlega ekki við lengur. Því ætti að breyta kröfum til holrýmdu til samræmis við þær kröfur sem gerðar eru í Noregi og Svíþjóð. Það myndi draga verulega úr líkum á skriði í malbiksblöndunni og hætta á hálu yfirborði. Það má hins vegar vera að hætta á rakningu (losun stakra steina) úr yfirborð aukist eitthvað en slíkt er almennt ekki talið stórt vandamál í Noregi eða Svíþjóð.

## **8 KLÆÐINGAR**

Eins og áður var sagt er klæðing sú slitlagsgerð sem notuð er hér á landi á vegi með ársdagsumferð (ÁDU) á bilinu 100 – 2.500. Kostir klæðingar borið saman við malbik eru lágur stofnkostnaður, lágur viðgerðakostnaður, hún þolir vel hreyfingar í undirlagi veitir gott viðnám milli vegyfirborðs og dekkja og hægt er að leggja hana út við lágt hitastig (Vegagerðin 2017 og 2021). Helstu gallar hennar eru hins vegar takmarkað umferðarþol, lítil ending undir mikilli umferð og hún hvorki leggur til burðarþols vegarins né jafnar út hugsanlegar ójöfnur í vegyfirborðinu (Ásbjörn Jóhannsson o fl. 2010). Klæðing getur því verið góður kostur þar sem umferð er ekki mikil og þar sem aðstæður og veðráttu geta verið erfiðar. Annar ókostur klæðinga er viðkvæmni við áraun fyrst eftir útlagningu sem og hætta á steinkasti. Því er mikilvægt að dregið sé úr umferðarhraða til að byrja með eftir útlagningu til tryggja góða endingu og draga úr hætta á skegmdum bíla vegna steinkasts.

Ending klæðingar er háð hversu vel steinefnið er þvegið sem og kornastærð, lögun og harka þess. Vel þvegið steinefni tryggir góða binding milli steinefnisins og bindiefnisins. Aukin kornastærð og harka eykur slitstyrk klæðingarinnar vegna slits nagladekkja en veghljóð eykst þó þegar steinastærðin eykst.

### **Hvað er klæðing?**

Til eru margar gerðir klæðinga, bæði hvað varðar efnisval og aðferðir. Nánari upplýsingar um gerðir klæðinga má finna í kafla 6 í efnigæðariti Vegagerðarinnar (Vegagerðin, 2021). Hér á landi er einkum notað þjálbik, eða bikþeyta við lagningu klæðinga.

Þjálbik er bik sem er þynnt með lífolíum til að gera það vinnanlegt við lægra hitastig en hefðbundið bik. Hér á landi er núorðið einungis notuð fiskiolía (unnar úr lýsi) eða jurtaolía (unnin úr



repju) til íblöndunar í bik til að mynda þjálbik. Hlutfall lífolíu er um 6,5% á móti um 93,4% af biki, með stungudýpt 160/220. Einnig er gerð krafa að notað sé viðloðunarefni og er það um 0,9% af bikinnihaldinu. Myndast þá blanda sem er vinnanleg við umhverfishita eins og ríkir hér á landi (Vegagerðin, 2021).

Bikþeyta er blanda af biki, oftast þen 160/220, vatni og ýruefnum (e. emulgators). Ýruefnin gera það að verkum að hægt er að blanda biki og vatni saman án þess að hita það eða notast við óumhverfisvæn efni. Hlutfalli bindiefnis og vatns má breyta innan vissra marka. Einnig má breyta eiginleikum bikþeytunnar með íaukum, svo sem þynni, eða fjölliðum (Vegagerðin, 2021).

### **Útlagning klæðingar**

Klæðing er lögð út þannig að bindiefninu er dreift á sléttað rakt burðarlagið u.þ.b. 2 lítrar/m<sup>2</sup> (sjá töflu 63-3a) í Efnisgæðariti Vg) og í beinu framhaldi er svo steinefni stráð yfir u.þ.b. 0,015 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>. Mikilvægt er að steinefnið sé rakt við útlagningu en ekki blautt. Við lofthita sem er lægri en 20°C skal ekki líða lengri tími en um ein mínúta á milli þess að bindiefninu er dreift og steinefninu er stráð yfir. Síðan er valtað yfir með gúmmíhjólavalta því stálvaltar geta mulið steinefnið. Að lokum er sópað af veginum lausu steinefni sem ekki hefur fengið næga festingu við bindiefnið.

Mikilvægt er að magn bindiefnis sé sem réttast. Það þarf þó að meta það hverju sinni út frá aðstæðum eins og hitastigi við útlagningu, gerð steinefnis og hversu gropið steinefnið er. Aðrir þættir sem skipta máli þegar metið er bindiefnismagn eru umferðarmagn, hvert undirlagið er og veghalli. Bindiefnishlutfallið er því leiðrétt rétt fyrir útlögn Til þess hefur Vegagerðin gefið út leiðbeiningar (tafla 63-3b í efnisgæðariti Vg). Er ákvörðunin tekin af verktaka og eftirlitsaðila. Sem eftirlit með magninu gefur sprautubíll bikmagnið sem notað er og því deilt á yfirborðsflötinn.

### **Kröfur til klæðinga á Íslandi**

Gerðar eru margskonar kröfur til steinefnisins sem notað er í klæðingar. Má þar nefna kornastærðardreifing, brothlutfall, kornalögun, hreinleiki, styrkur, slitþol og veðrunarþol. Kröfurnar eru gefnar upp í efnisgæðariti Vegagerðarinnar (2021) og eru sambærilegar við kröfur sænsku vegagerðarinnar.

### **Kröfur í nágrannalöndum**

Norðmenn hafa meira og minna hætt að nota klæðingar í vegagerð. Rök þeirra er að þær séu ekki hagkvæmur kostur þegar tekið er tillit til stofnkostnaðar, rekstrarkostnaðar og endingar. Í stað þeirra leggja þeir oftast 3-4 cm þykkt malbikslag oftast með stungudýpt 160/220 biki og stærstu steinastærð um 11 mm.

Í Svíþjóð eru klæðingar lagðar. Oftast er um að ræða slitlag sem lagt er ofan á eldra slitlag. Kallast þær Y1B eða Y2B (Y = ytbeläggning og tölustafurinn táknar hvort um er að ræða einfalda eða tvöfalda klæðingu). Þetta myndi mótsvara því sem kallast yfirlögn hér á landi. Klæðing Y1G eða Y2G eru síðan klæðingar sem lagðar eru á óbundin burðarlög og því sambærilegar við nýklæðingar hjá okkur. Er þær ekki mjög algengar í Svíþjóð. Að hluta til er það vegna þess að stærri hluti slitlaga vegakerfisins er þegar bikbundinn. Kröfur sænsku vegagerðarinnar hvað varðar steinefni til klæðinga er svipaðar og hér á landi.

Kostir klæðinga í Svíþjóð eru taldir vera lágur stofnkostnaður, góð ending ef umferðarálag er lítið, umhverfisáhrif eru minni en við lagningu hefðbundins malbiks (vegna minni hitunar) og gott viðnám fæst milli dekkja og vegyfirborðs (eftir að laust steinefni er sópað burt). Ókostirnir eru hins vegar að veðurskilyrði þurfa að vera hagstæð þegar klæðingin er lögð, hætta er á steinkasti fyrst eftir útlögn, of hátt bindiefnishlutfall getur leitt til blæðinga og að yfirborðið er oft gróft fyrstu árin eftir útlögn sem þó minnkar efir að grófustu steinarnir slípast til vegna núnings við dekkinn. Einnig er bent á að vandasamt er að leggja klæðingu sem gerir kröfur til bæði verktaka og eftirlitsaðila (verkkaupa).

### ***Greining á samanburði***

Kröfur til klæðinga hér á landi skilja sig ekki að neinu marki frá þeim kröfum sem gerðar eru í Svíþjóð. Ekki er hægt að gera neinn samanburð við klæðingar í Noregi þar sem þær eru nánast aflagðar þar.

### ***Eftirlit með framkvæmdum***

Eins og áður hefur komi fram er vandasamt að leggja klæðingar svo vel sé. Mikilvægt er því að bæði framkvæmdaraðili og eftirlitsaðili hafi góða þekkingu á öllu ferlinu og séu meðvitaðir um hver helstu vandamál eru sem geta komið upp og hvernig skuli bregðast við þeim. Hér er t.d. átt við veðurfarsþætti við útlagningu, bikmagn sem notað er (þar með talið staðbundna leiðréttingu á magni bikbindiefnis) og gæði steinefnisins. Æskilegt væri að gerð væri krafa um lágmarks þekkingu eftirlitsaðila (faggilding) og verkferlar séu skýrir varðandi hvernig skal bregðast við ákveðnum aðstæðum.

### ***Hvaða vandamál geta komið upp?***

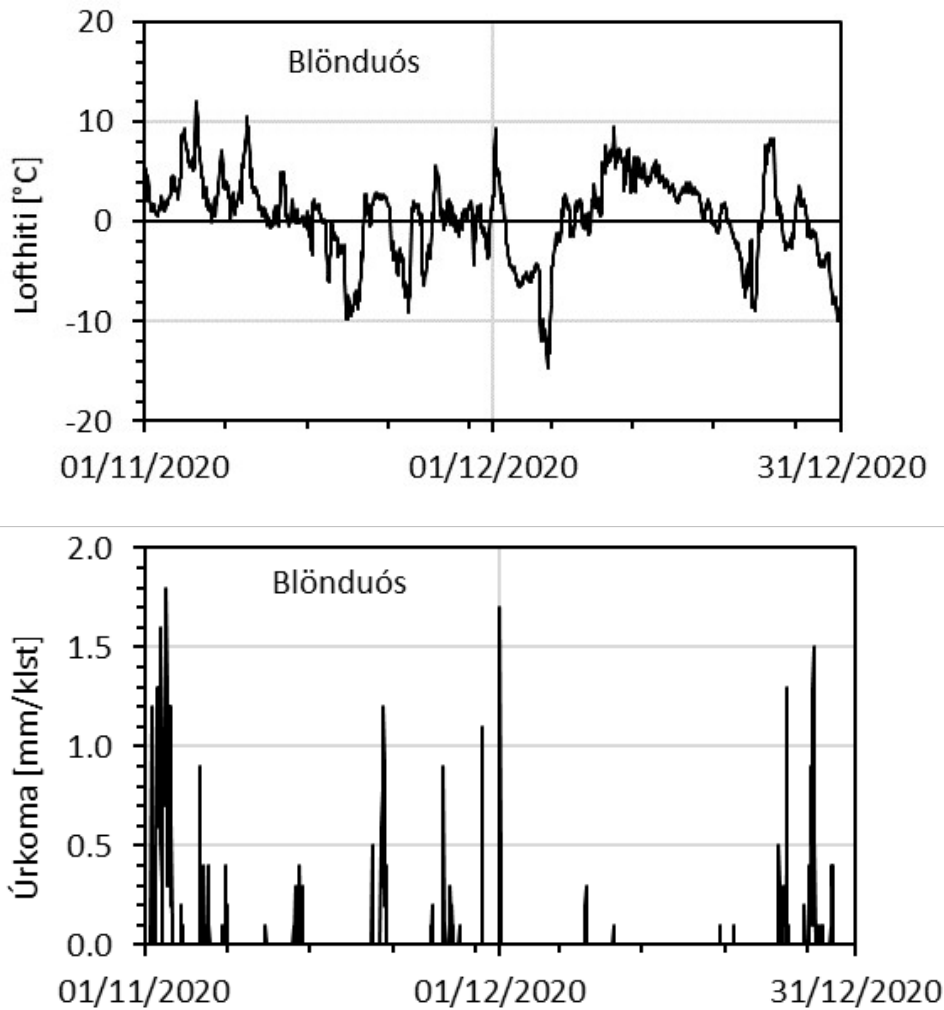
#### *Viðnám, blæðingar*

Eins og áður sagði eru helstu gallar klæðinga takmarkað umferðarþol og þar með stutt ending undir mikilli umferð og eins leggur hún lítið til burðarþols vegarins (Ásbjörn Jóhannsson o fl. 2010) og því áraun á burðarlag undir klæðingu meira en undir malbiksslitlagi. Líftími þess er því styttri en ella. Einnig jafnar klæðingin síður út hugsanlegar ójöfnur á yfirborði burðarlagsins.

Annað vandamál við klæðingar eru blæðingar. Berst þá bikið úr klæðingunni ásamt minni steinefnum burðarlagsins upp á yfirborðið og gerir það hált og dregur því úr hemlunarviðnámi. Einnig getur þessi blanda biks og steinefnis sest utan á hjólbarða ökutækja sem dregur enn úr hemlunargetu þeirra. Skemmdir verða einnig á bílunum þegar þessi bikskán losnar af dekkjum og slæst í bretti eða aðra hluta bílanna.

Blæðingar eru þekkar bæði á sumrum eða vetrum. Að sumarlagi eru þær tengdar hlýindum en þá verður bikið mjúkt og getur pumpast upp til yfirborðs undir álagi þungra öxla. Á veturna tengist það skyndilegum hlýindaköflum, þ.e. hitastig rís skyndilega eftir frostakafli. Upp úr miðjum desember 2020 kom hlýindakafli á vesturhluta landsins sem olli miklum blæðingum á þjóðvegi 1 frá Borgarfirði norður í Skagafjörð.

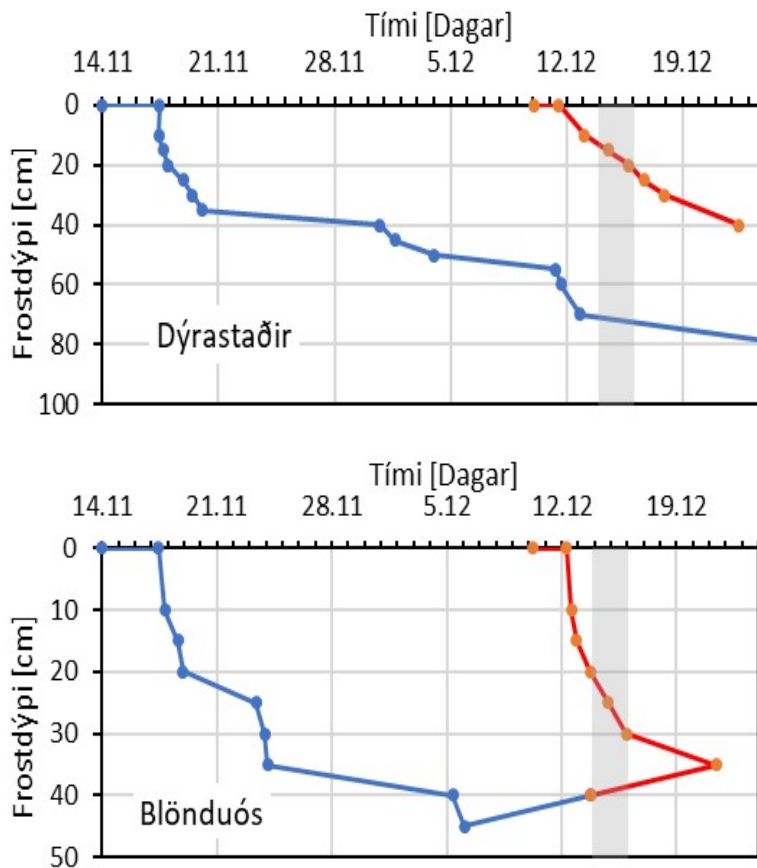
Til að glöggva sig betur á aðstæðum í desember 2020 voru gögn um veðurfar greind á þessu tímabili. Á myndum 6 má sjá lofthita og úrkomu á tímabilinu 1. nóvember til 31. desember 2020 á Blönduósi.



**Mynd 6** – Lofthiti og úrkoma á tímabilinu 1. nóvember – 31. desember 2020 á veðurstöð á Blönduósi.

Á myndinni má sjá að frostakafli byrjar 1. desember 2020 og varir í um viku tíma og fer hitastigið niður í  $-15$  °C. Þá hefst þíðutímabil sem varir fram til 21. desember. Á þessu tímabili er hins vegar úrkoma lítil. Úrkoma hafði þó verið af og til seinni hluta nóvember og má vera að snjór hafi verið á eða við vegaxlir.

Frostdýpi var einnig greint úr gögnum Vegagerðarinnar á þessu tímabili. Sjá má niðurstöðurnar á mynd 7.



**Mynd 7** – Frostdýpi úr frostdýptarmælum Vegagerðarinnar á Dýrastöðum og Blönduós fyrir dagana 14. nóvember til 24. desember 2020. Gráskyggða svæðið nær frá 14. – 16. desember þegar vart var við vetrarblæðingar á Vesturlandsvegi.

Blæðinga varð vart dagana 14. – 16. desember 2020 á Vesturlandsvegi frá Borgarfirði norður í Skagafjörð. Sjá má á mynd 7 frostdýpi úr tveimur frostdýptarmælum Vegagerðarinnar að Dýrastöðum í Borgarfirði og á Blönduósi við Húnaflóa. Þessa daga var efsti hluti vegsniðanna beggja þiðinn en frost þar fyrir neðan. Óbundna burðarlagið og hluti styrktarlagsins eru því ófrosin og jafnvel mjög blaut (háð úrkomu og snjóbráðnun) og því mjúk. Vegirnir gefa því eftir undir þungum öxlar sem aka eftir veginum og er færslan (samþjöppunin) að mestu í þessum þiðna hluta. Vatn er því lokað inni í veginum (í klæðingunni sjálfri eða burðarlaginu undir klæðingunni) og við samþjöppunina leitar vatnið í burtu frá þrýstingnum. Vatn á því engan annan kost en að leita upp á yfirborð og tekur með sér bik ásamt hluta af fínefnum úr burðarlaginu og myndar trúlega einhverskonar þeytu (emulsion) sem sest á yfirborðið.

Við þetta þarf síðan tengja fjölda þungra öxla til að geta glöggvað sig á hversu mikil þarf umferðin að vera til blæðing geti átt sér stað. Á umferðargreini við Hvassafell í Norðurádal var vetrardagsumferðin (VDU) 1.250 og þar af var 3,3% þungir bílar en 9,9% voru óflokkaðir bílar. Því er erfitt að átta sig á hversu margir þungir bílar (eða öxlar) óku þarna um þessa daga í desember og tengingin við hversu marga þunga bíla þurfi til að fá fram blæðingar því óljós.

### **Leiðir til úrbóta**

Klæðingar er algengasta slitlagið hér á landi og er notað í það bik með stungudýpt 160/220 þynnt með lífolíu. Þá fæst blanda sem er vinnanleg við tiltölulega lágt hitastig. Fyrir bragðið verður efnið mjúkt þegar heitt er á sumrin og sólin skín. Til að draga úr hættu á sumarblæðingum er mikilvægt að ekki sé notað of mikið bindiefni við útlögn þannig að síðar meir sé ekki hættu á að það leiti upp á

yfirborðið þegar það hitnar. Þetta getur verið erfitt í framkvæmd og krefst því nákvæmra vinnubragða. Of lítið bik veldur svo því að steinefnið nær ekki góðri festu og steinlos verður í klæðingunni og hún raknar upp.

Þegar yfirlögn er lögð ofan á eldri klæðingu sem jafnvel hefur tapað hluta af steinefninu með tíma verður bikhlutinn í sameiginlegri klæðingu hár. Jafnvel er hægt að hugsa sér að á ákveðnum stöðum að lagt hefur verið ný klæðing ofan á eldri klæðingar í árána rás og getur því verið nokkur lög klæðinga, hvert ofan á öðru. Á veturna í vetrarblæðingum er trúlega um að ræða að á skyndilegum þáttímum lokist inni vatn í klæðingunni sjálfri eða í burðarlagi undir klæðingunni en ofan við frosið lag og leitar vatnið upp á yfirborðið þegar þungir öxlar aka eftir því. Vatnið tekur með sér bæði finefni úr burðarlaginu og bik úr klæðingunni og myndar eins konar þeytu (e. emulsion) er sest á yfirborðið. Til að koma í veg fyrir að vandamálið komi upp er hægt að hugsa sér að hindra vatn í að setjast að í burðarlagi vegarins í úrkomu eða þegar snjóbráð verður við vegaxlir með því að tryggja að klæðingin sé vel þétt. Einnig væri hægt að hugsa sér að beita öxulþungatakmörkunum og/eða lækka dekkjaþrýsting við ákveðin veðurskilyrði.

Eðli vetrarblæðinga skiljum við ekki vel né við hvaða aðstæður þær myndast. Æskilegt væri að koma á fót rannsóknaverkefni þar leitast væri við að auka skilning okkar á vetrarblæðingum og fá betra svar við spurningum eins við hvaða aðstæður myndast þær (veðurfarsaðstæður og þungaumferð) og hvað veldur þeim. Einnig þurfum við að átta okkur á hvort þær gerast í öllum gerðum klæðinga eða er einungis um að ræða þar sem yfirlagnir hafa verið lagðar ofan á hverja aðra. Er bikinnihald þeirra kafla þar sem blæðingar verða hærra en þar sem þær verða síður. Eru líkur á blæðingum meira þar sem lífoliur hafa verið notaðar o.s.frv. Einungis með því að skila eðli vandamálsins betur er raunhæft að ráða bót á því.

Rétt er einnig að benda á að með breytingum á veðurfari má búast við a.m.k. að á ákveðnum stöðum á landinu geti orðið meira um stórar hitasveiflur á veturna og að úrkoma aukist. Því getur vel verið að vetrarblæðingar verði algengari í framtíðinni.

Kanna ætti hagkvæmni þess að leggja malbik á mun stærri hluta vegakerfisins og draga úr notkun klæðinga. Þannig ættu vetrarblæðingar að vera úr sögunni á viðkomandi vegum. Eðlilegast væri þá að byrja á þeim hluta þar sem þungaumferð er sem mest, t.d. hringveginum frá höfuðborgarsvæðinu norður í Skagafjörð annars vegar og hins vegar austur að Vík í Mýrdal. Einnig mætti skoða aðra stofn- eða tengivegi þar sem þungaflutningar eru miklir til að skipta út klæðingu fyrir malbik, t.d. þar sem fiskflutningar, eldisfiskur, vikurflutningar o.s.frv. eru umtalsverðir. Hér er mikilvægi vandaðra upplýsingar um hlutfall þungra bíla og öxulþungi þeirra lykilatriði við alla áætlanagerð.

## 9 NÝJAR LEIÐIR

Lagning á klæðingar kostar um þriðjung til fjórðung af því sem það kostar að leggja malbik. Því er augljóst að klæðingar verða áfram álitlegur kostur við lagningu slitlaga á vegi á Íslandi. Á móti kemur að ending malbiks er meiri en klæðinga. Hér þarf því að gera heilstæða greiningu á hagkvæmni þessara tveggja valkosta sem tekur tillit til bæði stofn- og rekstrarkostnaðar þeirra yfir allan líftíma þeirra.

Hér verða þó nefndir tveir valkostir sem mætti hugsa sér að gætu lent einhversstaðar á milli klæðinga og malbiksslitlaga hvað varðar kostnað og endingu. Eru það sk. lághitamalbik (WMA warm mix asphalt) og malbik framleitt með færanlegri stöð (e. portable asphalt plant).

Lághitamalbik hefur verið að ryðja sér til rúms á síðustu tveimur áratugum. Er það malbik sem búið til í malbikunarstöð en framleiðsluhitinn er töluvert lægri en við framleiðslu hefðbundins malbiks og er framleiðslan því umhverfisvænni (Ólöf Kristjánsdóttir, 2006; Katrín Þ. Pálsdóttir, 2014). Nýtt eru þá hitalækkandi íblöndunarefni á framleiðslustigi sem gera það kleift að lækka

framleiðsluhitastig malbiksins. Einnig er reynt að tryggja nánast sömu eiginleika og hefðbundins háhitamalbik (e. hot mix asphalt (HMA)). Við lækkingu framleiðsluhitastigs minnkar útblástur og orkusparnaður verður við framleiðsluna. Hitlækkandi efnin minnka seigju blöndunnar á tilteknu hitastigsbili sem gerir það kleift að steinefnið hjúpast bindiefni við lægra framleiðsluhitastig og hægt er að ná góðri þjöppun við útlögn í samanburði við hefðbundið háhitamalbik. Lághitamalbiksblöndur er einnig hægt að leggja út yfir lengra tímabil af árinu og þjöppun malbiks reynist auðveldari í köldu veðurfari. Einnig er hægt að flytja efnið lengri vegalengdir áður en það er lagt en hefðbundið malbik. Óljóst er þó hver endingin er þar sem að fyrstu lágghita malbiksblöndurnar voru lagðar í kringum 1998 – 2001 og eru því nýlega búin að ná 20 árum. Það er þó margt sem bendir til þess að endingin sé mjög ákjósanleg a.m.k. þar sem umferðarálag er ekki mjög mikið. Bæði Þjóðverjar og Norðmenn voru með fyrstu þjóðum að leggja lágghitamalbiksblöndur og væri hægt að horfa til reynslu þeirra við að taka fyrstu skref og prófa hér á landi.

Eitt af vandamálum við hefðbundið malbik er að framleiðsluhitinn er hár og erfitt er að þjappaða það í vegi eða götu ef hitastigið fellur mikið við flutning. Því er vegalengdin takmörkuð sem hægt er að flytja malbikið áður en það er lagt út. Með því að nota færanlega stöð er hægt að hugsa sér að framleiða malbik víða á landinu og leggja malbik í stað klæðinga. Flutningsvegalengd myndi stytast sem tryggir að malbikið væri við kjörhitastig til ná góðri þjöppun í vegi. Einnig væri hægt að hugsa sér að nota staðbundið innlent steinefni þótt gæðin væru eitthvað lakari en á innfluttu steinefni. En vegna þess að umferðarálagið er víðast minna en á höfuðborgarsvæðinu og nágrenni þess eða á Akureyri þá gæti endingin engu að síður orðið ásættanleg. Með því að minnka stærstu steinefnastærð í t.d. 11 mm væri því hægt að leggja út 3,0 – 3,5 cm þykkt malbikslag í stað 4,0 – 5,0 cm þegar lagt er út AC 16. Þannig ætti að fá stærsta malbik sem er ódýrara en hefðbundið malbik. Slitstyrkur gegn nagladekkjaáraun væri minni en við AC 16 malbiksblöndur en ef umferðarmagnið er ekki mjög mikið gæti þetta engu að síður verið álitlegur kostur. Enn fremur mætti hugsa sér að bjóða út stærri verk í sama landshluta í einu til að fá fram enn meiri hagræðingu.

## 10 SAMANTEKT OG LOKAORÐ

Hér hefur í stuttu máli verið fjallað um vandamál við hönnun og notkun bikbundinna slitlaga á Íslandi. Einkum hefur verið horft til þriggja þátta, þ.e. hönnunar vegsniða og þá áhrifaþætti sem stýra hönnuninni; malbiksslitlög og kröfur til þeirra og klæðingar. Hér fylgja í stuttu máli helstu niðurstöður greinargerðarinnar.

### *Þolhönnun vega*

Niðurbrot og hrönnun vega er einkum háð þungaumferð og veðurfari auk nagladekkjaáraunar. Mikilvægt er því að góðar upplýsingar liggi fyrir um þessa þætti. Vegagerðin rekur mælakerfi til að fylgjast með samsetningu umferðar og hitastigi í vegum. Hluti upplýsinga um samsetningu umferðarinnar er ekki trúverðugar og trúlega þarf að yfirfara mælikerfið. Ekki er heldur aflað neinna upplýsinga um öxulþunga þungu bílana á vegakerinu.

Hönnun vega á Íslandi byggir að nokkru leyti á hönnunstöðlum norsku vegagerðarinnar. Í þróun er ný þolhönnunaraðferð í Noregi og Svíþjóð. Þegar og ef hún verður tekin upp í Noregi og Svíþjóð kemur hún til með að byggja á nákvæmari gögnum um bæði þungaumferð, veðurfari og nagladekkjaáraun. Ef Veggerðin fylgir fordæmi systurstofnana á Norðurlöndunum krefst aðferðafræðin ítarlegri upplýsinga um efniseiginleika vegbyggingarinnar og áraunina. Vegagerðin ætti því að íhuga að byrja afla sambærilegra gagna og þar er gerð krafa um.

### *Malbik*

Malbik á Íslandi hefur skilið sig frá nágrennaþjóðum okkur hvað varðar kröfur um holrýmd. Kröfurnar hafa verið að holrýmdin skal vera á bilinu 1 – 3%. Bæði norska og sænska vegagerðin hafa gert kröfu um hærri holrýmd. Nýlega var kröfum Vegagerðarinnar breytt í 1,5 – 3,5% og eru þær þá

orðnar þær sömu og hjá sænsku vegagerðinni. Er þetta jákvætt skref og ætti að gefa endingarbetri malbiksslitlög. Líkur á viðnámsvandamálum eða skriða í malbikinu ætti að minnka verulega. Huga þarf þó að frost-þíðu verkun á slitlagunum. Aukin holrýmd hleypir vatni niður í blönduna með hugsanlegri hættu á frostskekkjum. Vegagerðin ætti jafnvel að íhuga að hækka holrýmdarkröfurnar enn frekar í átt að því sem Norðmenn hafa.

Kröfur um yfirborðsviðnám eftir útlagningu malbiksslitlaga hafa verið hertar og er nú gerð krafa um að viðnámsstuðullinn sé 0,55 í stað 0,5 sem hann var áður. Er það vel. Til samanburðar eru kröfur sænsku vegagerðarinnar 0,5. Viðnámstuðull malbiks er nátengdur kröfum um minnstu holrýmd blöndunnar. Ef kröfum um að holrýmdin fari ekki undir 1,5% í slitlaginu ætti kröfum um yfirborðsviðnám að vera fullnægt.

Gerðar eru kröfur til þriggja gerðarprófana á malbiki. eru það hjólfarapróf (skriðeiginleikar), Prallpróf (slitþol), vatnsnæmispróf. Ekki er gerð nein krafa um niðurstöður úr gerðarprófunum um mikilvæga eiginleika eins og stífni, þreytueiginleika eða togstyrk. Hugsanlega mætti bæta við kröfum úr slíkum prófunum.

Eftirlit með lagningu bundinna slitlaga (malbiks) hefur verið hert. Tekið er á atriðum er lúta að faggildingu eftirlitsaðila, tryggingu á gæðum vöru sem og atriðum til að tryggja öryggi vegfarenda. Þessar nýju kröfur eru mjög jákvæðar og taka á flestum þeim atriðum sem skipta máli. Mikilvægt er að allir verkferlar við eftirlitið séu skýrir og aðgerðaráætlun til um það hvernig bregðast skuli við ef frávik koma upp.

### ***Klæðingar***

Á sama hátt og eftirlit með lagningu malbiksslitlaga hafi verið hert er æskilegt að slíkt hið sama verði gert við lagningu klæðinga. Útlögn á klæðingum er vandasöm og mikilvægt að eftirlitsaðilar þekki vel til alls framleiðsluferlisins og hvað getur farið úrskeiðis. Eins og fyrir malbiksslitlög er mikilvægt að verkferlar við eftirlitið séu skýrir og aðgerðaráætlun sé til staðar.

Skilningur á eðli og hvers vegna vetrarblæðingar verða í klæðingum er takmarkaður. Æskilegt væri að setja á laggirnar rannsóknarverkefni til auka þekkingu okkar á vetrarblæðingum. Þannig getum við betur skipulagt mótvægisáðgerðir til að draga úr eða koma í veg fyrir þær.

Íhuga ætti að leggja malbiksslitlög á stærri hluta vegakerfisins þar sem þungaflutningar eru miklir. Þannig má draga úr vetrarblæðingum á mikilvægum hluta vegakerfisins.

### ***Nýjar leiðir***

Kanna ætti hagkvæmni þess að nota lághitamalbiksblöndur hér á landi. Þannig er hægt að spara orku í framleiðsluferlinu. Einnig er hægt að flytja blönduna lengri vegalengdir en ella en ná góðri þjöppun í vegi. Slíkar blöndur gera það einnig kleift að leggja út malbik yfir lengra tímabil af árinu og þjöppun malbiks reynist auðveldari í köldu veðurfari en ella.

Kanna möguleika á að nota færanlega stöð við framleiðslu malbiks á landsbyggðinni. Þannig er hægt að leggja malbik víðar á landinu í stað klæðinga. Einnig væri hægt að hugsa sér að nota staðbundið innlent steinefni þó gæðin séu eitthvað lakari en á innfluttu steinefni. Ef umferðarmagn er ekki mjög mikið gæti endingin engu að síður orðið ásættanleg. Hægt væri að minnka stærstu steinefnastærð í t.d. 11 mm sem gerði það að verkum að hægt væri að leggja út 3,0 – 3,5 cm þykkt malbikslag í stað 4,0 – 5,0 cm. Þannig ætti að fást malbik sem er ódýrara en hefðbundið malbik. Slitstyrkur gegn nagladekkjaáraun væri minni en við AC 16 malbiksblöndur en ef umferðarmagnið er ekki mjög mikið gæti þetta engu að síður verið álitlegur kostur.

## HEIMILDIR

- Arnevik A., Evensen R., Uthus N.S., Aurstad J., Aksnes J., Jørgensen, T. (2018). *Retningslinjer asfalt 2019*, Rapport 670. Statens vegvesen. Norge.
- Ásbjörn Jóhannesson, Guðmundur Heiðreksson, Ingvi Árnason og Pétur Pétursson (2010). *Breyttar áherslur í vali á slitlagi*. Nýsköpunarmiðstöð Íslands. [Breyttar áherslur í vali slitlaga \(vegagerdin.is\)](http://vegagerdin.is).
- Erlingsson, S. & Ahmed, A. W. (2017). “Mechanistic Performance Modelling of Pavement Structures”, *Proceedings of the world conference on pavements and asset management (WCPAM)*, Baveno, Italy, 12-16 June.
- Erlingsson, S. & Winnerholt, T. (2019). Axle load characteristics of the Swedish road network based on BWIM measurements, *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Weigh-In-Motion – ICWIM8*, 19 – 23 May, Prague, Czech Republic.
- Katrín Þ. Pálsdóttir (2014). *Áhrif íblöndunarefna á efniseiginleika lághitamalbiks*. Meistararitgerð, Umhverfis- og byggingarverkfræðideild Háskóli Íslands.
- Ólöf Kristjánsdóttir (2006). *Warm mix asphalt for cold weather paving*. Meistararitgerð. Civil and Environmental Engineering, University of Washington.
- Trafikverket (2020). *Krav Bituminbundna lager*, TDOK 2013:0529 Version 4. <https://trvdokument.trafikverket.se/fileHandler.ashx?typ=showdokument&id=b5efecce-530d-4087-b149-a6f61d8362ba>
- Vegagerðin (2010). *Veghönnunarreglur 01 Grunnatriði*. [Veghönnunarreglur - 01 Grunnatriði \(vegagerdin.is\)](http://vegagerdin.is).
- Vegagerðin (2017): *Handbók um klæðingar*. [Handbok um klæðingar.pdf \(vegagerdin.is\)](http://vegagerdin.is).
- Vegagerðin (2021). *Efnisgæðaritið – Efnisrannsóknir og efniskröfur*, Kafli 6 slitlag. [Efnispróf og efniskröfur Kafli 6 slitlag \(vegagerdin.is\)](http://vegagerdin.is).
- Vegalög nr. 80/2007. [80/2007: Vegalög | Lög | Alþingi \(althingi.is\)](http://althingi.is).



## VIÐAUKI A

Kröfur vegagerða í Noregi, Svíþjóð til malbiksslitlags að gerð AC16 (Ab 16 í Noregi og ABT í Svíþjóð).

### Noregur

Kröfur til samsetninga malbiksslitlaga (Ab) í Noregi eru gefnar af norsku vegagerðinni í skýrslu nr. 670. Gerðar eru kröfur um stærðardreifingu steinefnis, lágmarks bikinnihald og holrúm blöndunnar.

Tafla A1. Kröfur norsku vegagerðarinnar um kornastærðardreifingu steinefnis og lágmarks bikinnihald malbiksslitlaga.

Tabell 25: Krav til tilsiktet utgående sammensetning, slitelag av Ab

Grensekurver for korngradering (tilsiktet utgående sammensetning)				
ISO-sikt	Gjennomgang i masseprosent			
	Ab 4	Ab 8	Ab 11	Ab 16
31,5 mm				100
22,4 mm				90-100
16 mm			100	60-82
11,2 mm		100	90-100	48-68
8 mm		90-100	59-81	
5,6 mm	100			
4 mm	90-100	53-75	37-58	
2 mm	55-68	38-55	24-43	22-41
1 mm	36-49	29-42	18-33	17-32
0,25 mm	17,24	15-21	9-16	8-19
0,063 mm	9-15	6-12	5-10	4-12
Bindemiddelgrad	Minimum bindemiddelinhold, tilsiktet utgående sammenset			
50/70		6,3 %	6,0 %	5,8 %
70/100	6,4 %	6,2 %	5,8 %	5,6 %
160/220	6,2 %	6,0 %	5,6 %	5,4 %
75/130-80		6,4 %	6,0 %	5,8 %
40/100-75		6,4 %	6,0 %	5,8 %

Tafla A2. Kröfur norsku vegagerðarinnar um holrýmmd malbiksslitlaga. Efri hluti töflunnar á við slitlög en neðri hlutinn við bindilög.

Tabell 27: Krav til hulrom ved proporsjonering, Ab

Krav til hulrom ved proporsjonering <sup>1)</sup>	ÅDT	
	≤ 5000	> 5000
<b>Slitelag</b>		
- minste hulrominnhold, %	2,0	2,5
- største hulrominnhold, %	5,5	5,5
- minste bitumenfylt hulrom, %	72	72
- største bitumenfylt hulrom, %	89	86
<b>Bindlag</b>		
- minste hulrominnhold, %	2,5	2,5
- største hulrominnhold, %	7,0	7,0

**Sviðjód**

Kröfur sænsku vegagerðarinnar (Trafikverket) hvað varðar samsetningu má sjá í töflu neðan.

Tafla A3. Kröfur sænsku vegagerðarinnar til kornastærðardreifingu, bindiefnahlutfalls og holrýmdar.

**Kornstorleksfördelning**

Sikt (mm)	Andel passerande i viktprocent, min-max				
	ABT 4	ABT 6	ABT 8	ABT 11	ABT 15
45	-	-	-	-	-
31,5	-	-	-	-	-
22,4	-	-	-	-	10
16	-	-	-	100	90-
11,2	-	-	100	90-100	71-
8	-	100	90-100	70-88	57-
5,6	100	90-100	-	-	-
4	90-100	70-95	60-78	48-66	-
2	50-75	47-72	41-60	33-52	26-
0,5	20-32	20-32	18-34	16-31	13-
0,063	7-11	7-12	6-10	6-9	6-

**Bindemedel, typ och halt**

Bindemedelstyp	Bindemedelshalt, min i viktprocent				
	ABT 4	ABT 6	ABT 8	ABT 11	ABT 15
50/70	-	-	6,6	6,4	6,2
70/100	-	-	6,4	6,2	6,0
100/150	6,6	6,4	6,2	6,0	5,8
160/220	6,4	6,2	6,0	5,8	5,6
330/430	-	-	-	5,6	-

**Hålrumsintervall enligt Marshall**

	Intervall för hålrums halt Marshall. vol-% Min -

