



**Rannsóknastofnun
byggingariðnaðarins**

Rb/SfB

12

(Y)

UDC: 625.8

Skýrsla nr. 05-05

Samanburður á arðsemi malbiks og klæðingar á þjóðvegum

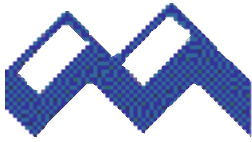
**Ásbjörn Jóhannesson, Ingvi Árnason, Sigursteinn Hjartarson,
Sigpór Sigurðsson og Þorsteinn Þorsteinsson**

Unnið fyrir

Rannsókn- og þróunarsjóð Vegagerðarinnar

Reykjavík, mars 2005





SKÝRSLA

Skýrsla nr. 05-05

Rb/SfB

12

(Y)

Dreifing:

Opin

Lokuð

UDK: 625.8

Heiti skýrslu:

SAMANBURÐUR Á ARÐSEMI MALBIKS
OG KLÆÐINGAR Á ÞJÓÐVEGUM

Dags.:

Mars 2005

Fjöldi síðna:

25 + 4 viðaukar

Höfundar:

Ásbjörn Jóhannesson, Ingvi Árnason, Sigursteinn
Hjartarson, Sigþór Sigurðsson og Þorsteinn Þorsteinsson

Fagleg ábyrgð:

ÁJ

Deild:

Vegtæknideild

Rannsóknanúmer:

V04-14

Unnið fyrir:

Rannsókn- og þróunarsjóð Vegagerðarinnar

Samantekt:

Meginmarkmið skýrslunnar er að meta hvenær sé hagkvæmt að leggja malbik á þjóðvegi í stað klæðingar, með umferð á opunarári sem mælikvarða. Samanburðurinn byggist á hefðbundnum núvirðisreikningum yfir 35 ára tímabil og reiknivextir eru 6 %. Gert er ráð fyrir að hvort tveggja slitlagið sé úr sterku steinefni, umferð á opunarári sé ýmist 1500, 3000 eða 5000 ÁDU, slitlagið sé ýmist lagt á burðarlag eða slitna klæðingu og að árlegur vöxtur umferðar sé ýmist 2,5 % eða enginn.

Helstu niðurstöður eru þessar:

-Klæðing virðist vera ódýrari valkostur en malbik meðan umferð á opunarári er minni en 4000 ÁDU eða þar um bil og vöxtur í umferð er 2,5 % á ári. Mörkin færast upp í 5000 ÁDU að minnsta kosti ef umferðin breytist ekki á milli ára. Litlu máli skiptir hvort slitlagið er lagt á burðarlag eða slitna klæðingu.

-Breytingar á reiknivöxtum hafa talsverð áhrif á niðurstöður arðsemisreikninganna og lágir reiknivextir eru malbiki til framdráttar.

-Næmnigreiningar gefa til kynna að 10 % verðhækkun á slitlagsefni hækki núvirtan heildarkostnað um 6 % eða þar um bil en sama verðhækkun á öðrum kostnaðarliðum skiptir litlu máli.

-Langflestir þjóðvegir með umferð sem réttlætir malbikun eru innan seilingar frá fastri malbikunarstöð. Annars staðar má leysa vandann með færanlegri malbikunarstöð.

-Kostnaður vegfarenda er vantalinna í útreikningunum, því mörgum kostnaðarliðum af þessu tagi hefur verið sleppt vegna skorts á upplýsingum. Lauslegt mat bendir þó til þess að kostnaður vegfarenda myndi verða malbiki til framdráttar ef hann væri að fullu tekinn með.

3 lykilorð: Á íslensku

3 lykilorð: Á ensku

Malbik	Asphalt concrete
Klæðing	Surface dressing
Arðsemisreikningar	Life cycle cost analysis

FORMÁLI

Þessari skýrslu er ætlað að varpa ljósi á möguleika á að lækka kostnað við lagningu og viðhald bundinna slitlaga á vegum þar sem umferð er á bilinu 1500-5000 bílar á dag. Samanburðargrundvöllur valkosta er núvirði stofn- og viðhaldskostnaðar og hluta af kostnaði vegfarenda, allt dregið saman yfir 35 ára tímabil.

Megináherslan hefur verið lögð á að finna hvenær sé arðsamt að malbika þjóðvegi í stað þess að leggja klæðingu á þá, með umferð sem mælikvarða. Auk þess hafa verið kannaðir möguleikar á ýmis konar hagræðingu sem getur flýtt fyrir því að malbik komi í stað klæðingar á þjóðvegum. Lesandanum til hagræðis eru niðurstöðurnar birtar sundurliðaðar í stofnkostnað, viðhaldskostnað og kostnað vegfarenda svo og samanlagt núvirði þessara kostnaðarþátta.

Í arðsemisreikningunum er látið nægja að taka áhrifamestu kostnaðarþættina með. Í annan stað hefur stundum reynst ógerlegt að afla allra þeirra upplýsinga sem vinnuhópurinn hefði kosið að hafa undir höndum. Stundum hafa rökstuddar ágiskanir orðið að koma á þeirra stað og í öðrum tilfellum hefur orðið að sleppa kostnaðarliðum, einkum hvað varðar kostnað vegfarenda. Arðsemisreikningarnir eru þess vegna ekki nákvæmir, enda er arðsemin ein sér aðeins einn þáttur af mörgum sem hafa þarf í huga þegar slitlag er valið. Þar fyrir utan má búast við að tækni við slitlagagerð muni taka breytingum hér eftir sem hingað til, og það getur sett strik í arðsemisreikninga yfir langt tímabil. Þrátt fyrir þessa annmarka ættu niðurstöður skýrslunnar að geta komið að nokkrum notum.

Frumkvæðið að þessari rannsókn hafði Þorsteinn Þorsteinsson, stundakennari við Háskóla Íslands. Henni stjórnaði vinnuhópur undir forystu Ingva Árnasonar, deildarstjóra á Vegagerðinni. Í vinnuhópnum voru, auk þeirra tveggja, Ásbjörn Jóhannesson verkfræðingur og Pétur Pétursson deildarstjóri frá Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins; Sigursteinn Hjartarson, deildarstjóri á Vegagerðinni og Sigþór Sigurðsson, framkvæmdastjóri Malbikunarstöðvarinnar Hlaðbær-Colas hf.

Kostnaður við rannsóknina var greiddur af Rannsókn- og þróunarsjóði Vegagerðarinnar. Auk þess lögðu ofangreindar stofnanir og fyrirtæki fram vinnu án endurgjalds við öflun ýmisskonar upplýsinga. Þá létu allmörg fyrirtæki önnur í té upplýsingar af ýmsu tagi sem vinnuhópurinn leitaði eftir og kann vinnuhópurinn þeim bestu þakkir fyrir.

Reykjavík, í mars 2005.

Fyrir vinnuhópinn,
Ásbjörn Jóhannesson.

EFNISYFIRLIT

FORMÁLI

1. INNGANGUR	5
2. STAÐAN Í DAG	7
3. HAGRÆÐINGARMÖGULEIKAR	8
3.1 Færanlegar malbikunarstöðvar	8
3.2 Tækninýjungar	8
3.3 Nýjar slitlagsgerðir	8
3.4 Framkvæmdaskipulagning	9
4. ARÐSEMISMAT	10
4.1 Valkostir	10
4.2 Nokkrar forsendur	11
4.3 Endingartími og viðhald á slitlagi og öxlum	12
4.4 Kostnaður veghaldara	13
4.5 Kostnaður vegfarenda	13
4.6 Umhverfiskostnaður	14
4.7 Útreikningar á arðsemi	14
5. NIÐURSTÖÐUR ARÐSEMISREIKNINGA	15
6. ÍGRUNDUN OG ÁLYKTANIR	18
6.1 Áhrif reiknivaxta og verðbreytinga á niðurstöður	18
6.2 Breytingar á arðsemisreikningum vegna breyttra forsendna	19
6.3 Kostnaður vegfarenda	19
6.4 Mat á endingu klæðinga	21
6.5 Samanburður á arðsemi malbiks og klæðingar úr innlendu og erlendu steinefni	22
6.6 Ályktanir	23
6.7 Tillögur að frekari rannsóknum	23
HEIMILDASKRÁ	25

MYNDIR

5.1 Núvirtur heildarkostnaður sem fall af umferð, vöxtur umferðar 2,5 % á ári	16
5.2 Núvirtur heildarkostnaður sem fall af umferð, enginn vöxtur í umferð	16
5.3 Kostnaðaryfirlit fyrir vegarkafla á Hafnarmelum, 1500 ÁDU	17
5.4 Kostnaðaryfirlit fyrir vegarkafla á Hafnarmelum, 3000 ÁDU	17
5.5 Kostnaðaryfirlit fyrir vegarkafla á Hafnarmelum, 5000 ÁDU	17
6.1 Áhrif reiknivaxta á núvirtan heildarkostnað	18
6.2 Áhrif 10 % verðhækkunar á einstökum kostnaðarliðum, malbiksslitlag	18
6.3 Áhrif 10 % verðhækkunar á einstökum kostnaðarliðum, klæðing	19
6.4 Áhrif kvarntölu á núvirtan heildarkostnað, malbiksslitlag	22
6.5 Áhrif kvarntölu á núvirtan heildarkostnað, klæðing	22

TÖFLUR

5.1 Ágrip af niðurstöðum arðsemisreikninga	15
6.1 Samanburður á þáttum í auðlindanotkun malbiks og klæðingar	21

VIÐAUKAR

1. Staðsetning malbikunarstöðva og birgðatanka
2. Minnisblöð
3. Tvö dæmi um arðsemislíkön
4. Arðsemislíkön (á diskum innan á aftari kápu)

1. INNGANGUR

Bundin slitlög voru fremur sjaldséð á þjóðvegum landsins allt fram yfir 1970 ef frá er talinn Keflavíkurvegurinn sem var steypdur á árunum 1962-1965 [NT 1999:24]. Sumarið 1978 var byrjað að leggja frumstæðar klæðingar [RJ 1978:2], svokallað Ottadekk, sem var klæðing með óflokkaðri mól, fyrst á tilraunastigi en síðan í talsverðum mæli. Nokkru seinna tóku klæðingar með flokkaðri mól við. Árið 2003 var réttur helmingur (4125 km af 8218) stofn- og tengivegakerfisins í veghaldi Vegagerðarinnar lagður bundnu slitlagi¹ [SS 2004:13] og þar voru klæðingar í miklum meirihluta.

Á seinni árum hefur umferð á þjóðvegum aukist jafnt og þétt og samtímis gera vegfarendur sífellt meiri kröfur til slitlagsins. Nú er svo komið að klæðingar, sem þóttu byltingarkennd framför á sinni tíð, þykja vart boðlegar þar sem umferð er orðin mikil vegna aukinna krafna til akstursþæginda. Algeng kvörtunarefni vegfarenda eru lækkaður hámarkshraði vegna viðhaldsvinnu og steinkast úr nýlögðum klæðingum. Frá sjónarmiði veghaldara skiptir mestu að viðhaldskostnaður klæðinga vex hratt með aukinni umferð. Þá hafa þungaflutningar á vegum milli landshluta aukist mikið og að öllum líkindum verður framhald á þeirri þróun. Það kann að skipta máli fyrir val á slitlagsgerð, því burðarþol byggist að jafnaði hraðar upp með endurteknum yfirlögnum úr malbiki en þegar klæðing á í hlut og þar af leiðandi er fremur hægt að fresta endurnýjun burðarlaga ef slitlagið er malbik.

Í ljósi þessarar þróunar er æskilegt að geta metið hvort og hvenær sé tímabært að skipta úr klæðingum í slitlög af hærri gæðaflokki. Einn af hornsteinum slíks mats eru arðsemisreikningar. Með því er ekki sagt að arðsemi ein og sér eigi að ráða ákvörðuninni, hún er aðeins eitt af mörgum atriðum sem koma til álita þegar slitlagsgerð er valin.

Arðsemisreikningar eru greiningaraðferð, vel þekkt úr fjármálafræðum, sem metur fjárfestingarvalkosti á rökstuddum forsendum, þar sem meðal annars er tekið mið af vaxtagreiðslum af fé sem tekið er að láni. Notkun arðsemisreikninga í opinberum framkvæmdum má rökstyðja á þann veg að fjármagn til opinberra framkvæmda sé takmarkað og þar af leiðandi brýnt að verja því á sem skynsamlegastan hátt. Arðsemisreikningar, öðru nafni hagkvæmniathugun, geta verið hluti af frumathugun sem er fyrsti áfangi í meðferð máls varðandi opinbera framkvæmd [LS 2001].

Reiknilíkön fyrir arðsemi í þessari skýrslu eru í stórum dráttum þannig gerð að núvirði útjalda á 35 ára tímabili er reiknað fyrir 5 km langan vegarkafna, annars vegar með malbiksslitlagi, hins vegar klæðingu. Þessir reikningar eru einnig gerðir fyrir nokkra mismunandi umferðarflokka. Á þennan hátt fæst samanlagður núvirtur kostnaður við framkvæmdina fyrir mismunandi aðstæður sem síðan er hægt að bera saman. Auk samanlagðs núvirts kostnaðar við hvora slitlagsgerð er tilgreindur stofnkostnaður, viðhaldskostnaður, kostnaður vegfarenda (að svo miklu leyti sem hann er tekinn með) og núvirtur viðhaldskostnaður. Jafnframt er birt næmnigreining fyrir einar tilteknar aðstæður (en báða valkosti) sem sýnir hvernig núvirðið breytist með reiknivöxtum og einnig hvaða áhrif 10 % verðhækkun á einstökum kostnaðarliðum hefur á núvirtan heildarkostnað. Næmnigreininguna má nota til að meta áhrif kostnaðarbreytinga s.s. vegna fjarlægðar vegarkafans frá malbikunarstöð, framleiðslumagns, flutninga á efni, vélum o.þ.h. með því að reikna þær inn í

¹ Bundnu slitlagi má skipta í þrjá höfuðflokka og gerð þeirra má lýsa stuttlega þannig:

Klæðingar. Heitu, þunnfljótandi bindiefni er sprautað á veginn og steinefni er stráð í bindiefnið meðan það er heitt, síðan valtað með léttum valta og að lokum er lausum steinum sópað í burt. Steinefnið er ýmist flokkað eftir steinastærð (klæðing með flokkaðri mól) eða óflokkað (Ottadekk, sjaldgæft núorðið). Hvert lag er venjulega 15-20 mm þykkt.

Malbik. Bindiefni og steinefni (mól og sandi) er blandað saman í malbikunarstöð þar sem steinefnið er eldþurkað, flokkað í stærðir og blandað saman aftur í tilteknum hlutföllum. Malbik er lagt heitt (130-140 °C) með þar til gerðum vélum og valtað að lokum. Hvert lag er venjulega 40-50 mm þykkt.

Steypa. Steinsteypa er lögð í mót eða með skriðmótavél. Steypulagið sem venjulega er um 200 mm þykkt er sagað niður í fleka um það bil sólarhring eftir niðurlögn. Slitlög eru sjaldan steypd hérlendis.

slitlagsverðið (sem staðarálag). Með hjálp næmnigreiningarinnar má finna stofnkostnað og núvirtan heildarkostnað við framkvæmdina með þessum breytingum. Að öðru leyti hefur verið kappkostað að hafa reiknilíkönin eins einföld og kostur er, án þess þó að missa sjónar á takmarkinu, sem er að bera saman kostnað við malbiksslitlag og klæðingu með núvirtan heildarkostnað sem mælikvarða.

2. STAÐAN Í DAG

Í tillögu að samgönguáætlun fyrir árin 2003-2014 [SÁ 2001:89] er gert ráð fyrir að bundið slitlag verði lagt á alla stofnvegi og á tengivegi sem áætlað er að verði með meiri umferð en 100 bílar/sólarhring. Sem stendur er vinnureglan sú að leggja bundið slitlag á vegi sem eru nýir eða endurbyggðir að verulegu leyti, ef umferðin er 100 ÁDU eða meiri. Þar sem malbik er tiltækt er það að jafnaði valið ef umferðin hefur náð 3000 ÁDU, annars klæðing.

Klæðingar hafa kosti og galla. Meginkostur þeirra er sá að þær eru ódýrt slitlag sem fljótlegt er að leggja og getur tekið við af malarslitlögum þar sem þörfin fyrir bundið slitlag er brýnust. Hvað stofnkostnað snertir getur engin slitlagsgerð keppt við klæðingar nema malarslitlag. Að jafnaði eru þær ekki þó hagkvæmar nema upp að einhverju marki umferðar, norskar og sænskar verklýsingar tiltaka 3000-6000 ÁDU (á tveim akreinum) sem hámark [SV 1999:236, VV 1994:34]. Steinkast úr nýlögðum klæðingum veldur oft tjóni á bílum og þeim fylgir slyshætta þegar bílar koma af bundnu slitlagi á lausamöl í nýlagðri klæðingu. Klæðingum er hætt við blæðingum fyrstu dagana eftir útlögn ef saman fer mikil umferð og mikil úrkoma. Í samanburði við malbik er klæðingum hættara við skemmdum. Þær eru viðkvæmar fyrir snjómoksturstækjum, þær eiga til að skriða undir umferð þegar mörg klæðingarlög eru komin hvert ofan á annað og skil á milli færa hafa tilhneigingu til að bila vegna of lítills bindiefnis á þeim. Vegmerkingar tolla illa á klæðingum, þar sem umferð er mikil og endast stundum ekki nema árið. Hins vegar hafa klæðingar þann kost að þær eru miklu ódýrari en til dæmis malbik; tvöföld klæðing (um 30 mm þykk) kostar um það bil helming af því sem 40 mm þykkt malbikslag kostar. Í erlendum heimildum eru ljóstæknilegir eiginleikar klæðinga taldir betri en malbiks að öðru jöfnu og sömuleiðis hemlunarviðnám fyrstu árin. Einnig þola klæðingar hreyfingar í undirlagi betur en malbik. Þessi upptalning gefur til kynna að stofnkostnaðurinn einn segi ekki alla söguna um hagkvæmni klæðinga.

Frá sjónarmiði umhverfisverndar hafa klæðingar einn umtalsverðan vankant; frá þeim kemur allmikið af leysiefnum. Megnið af klæðingum sem hér hafa verið lagðar eru gerðar úr þunnbiki og af því eru um 10 % ólífrænt leysiefni (white spirit) sem gufar upp að verulegu leyti. Notkun þunnbiks er víðast hvar á undanhaldi og má búast við að henni verði settar skorður í náinni framtíð. Af þessari ástæðu er æskilegt að draga úr notkun klæðinga.

Eins og málum er nú háttáð er malbik af einhverju tagi sú slitlagsgerð sem líklegust er til að koma í stað klæðinga. Sem stendur eru níu malbikunarstöðvar, þar af þrjár færanlegar, í rekstri víðs vegar um landið. Staðsetning malbikunarstöðvanna og afkastageta þeirra er sýnd á korti í viðauka 1. Á sama korti eru sýndir allir þjóðvegir í og utan þéttbýlis þar sem umferð er 1500 ÁDU eða meiri (skipt í þrjá flokka; 1500-3000 ÁDU, 3000-5000 ÁDU og meiri en 5000 ÁDU). Auk þess eru á myndinni sýndar vegalengdir og akstur tími frá fastri malbikunarstöð til nærliggjandi þéttbýlisstaða. Sé reiknað með 200 km þjónusturadíus í kringum hverja stöð (sem er fyllilega raunhæft við heppilegar aðstæður, til dæmis hefur malbik verið flutt frá Hafnarfirði til Kirkjubæjarklausturs, 275 km) má sjá af viðauka 1 að velflestir vegarkafklar með umferð yfir 1500 ÁDU eru innan þjónustusvæðis föstu malbikunarstöðvanna og færanlegu stöðvarnar geta auðveldlega annað því sem er fyrir utan. Tæknilega séð er ekkert því til fyrirstöðu að nota malbik í stað klæðinga.

Birgðatankar fyrir bindiefni eru á nokkrum stöðum á landinu. Staðsetning þeirra og geymslurými er einnig sýnt í viðauka 1. Kostnaður vegna flutnings á bindiefni innanlands er tiltölulega lítill hluti af malbiksverði, um það bil 6-9 % þar sem mest er (Höfn), annars staðar undir 3 %.

Steinefni í malbik og klæðingar er víða tiltækt hérlendis en er misjafnlega heppilegt hvað slitþol og ljóstæknilega eiginleika snertir, oftast er það aðeins miðlungi slitþolið og mjög dökkt. Í malbik hefur ýmist verið notað innflutt steinefni eða innlent, en nánast eingöngu innlent steinefni í klæðingar. Innflutt steinefni hefur verið notað á Reykjavíkursvæðinu, kringum Akureyri og Ísafjörð og á Suðurnesjum. Það er ljósara en innlent steinefni (sem stuðlar að umferðaröryggi), yfirleitt slitsterkara, en nokkru dýrara. Engin vandkvæði eru á að flytja inn steinefni, það hægt að fá í skipsförmum sem henta á hverjum stað hvað hafnaraðstöðu og framleiðslumagn snertir.

3. HAGRÆÐINGARMÖGULEIKAR

Vinnuhópurinn hefur velt fyrir sér nokkrum möguleikum til hagræðingar og þá haft að leiðarljósi að koma malbiki að sem slitlagi í stað klæðingar án þess að það komið niður á arðsemi. Þessir möguleikar eru taldir upp hér á eftir ásamt kostum þeirra og göllum.

3.1 Færanlegar malbikunarstöðvar

Færanlegar malbikunarstöðvar geta í sumum tilfellum sparað útgjöld, fyrst og fremst flutning á malbiki. Þá getur verkefnið verið það langt frá næstu malbikunarstöð að mjög kostnaðarsamt eða ógerlegt sé að sé að flytja þangað malbik frá fastri stöð þetta á til dæmis við um Ísafjörð og Hornafjörð, sjá viðauka 1. Einnig getur verið ódýrara að framleiða malbik í færanlegri stöð í grennd við útlagnarstaðinn en að flytja það langa leið, sérstaklega ef verkefnið er nægjanlega stórt. Á móti kemur kostnaður við flutning á tækjabúnaði, mannafla og aðföngum, fyrst og fremst steinefni og bindiefni. Í þessu sambandi vegur líklega þyngst hvort nothæft steinefni er fáanlegt á staðnum. Einnig kemur til greina að flytja inn steinefni erlendis frá. Steinefni er fáanlegt í skipsförnum á bilinu 1500 til 25.000 tonn eða meira, allt eins og hafnaraðstaða leyfir. Í þessu sambandi skiptir stærð verksins miklu máli og valið verður að byggjast á kostnaðarreikningum.

3.2 Tækninýjungar

Ef frá eru taldir færanlegar malbikunarstöðvar er vinnuhópnum ekki kunnugt um neinar nýjungar í tæknibúnaði sem geta haft veruleg áhrif til sparnaðar í malbikun. Viðvíkjandi viðhaldi má nefna Repave sem hefur verið notað hér í nokkur ár (erlendur vinnuflokkur ásamt vélasamstæðu) til að endurnýja hjólfaraslitið malbik. Með þessari viðhaldsaðferð sparast allt að helmingur malbiks miðað við fræsun og lögn í fræsifar. Auk þess þarf ekki að farga malbiki frá fræsuninni. Kostnaður er þó svipaður og fyrir yfirlögn með malbiki, þannig að sparnaður í krónum talinn er lítill. Reynsla af Repave hefur verið góð hingað til. Repave hefur einnig verið reynt á klæðingum. Þar er reynslan takmörkuð og árangurinn misjafn, en aðferðin virðist geta gengið ef slitlagsþykktin er nægileg. Einnig má nefna upphitaðan hlemm sem er notaður til viðgerða. Með honum er hægt að hita litla bletti (brotholur og fleiður) áður en þeir eru fylltir með malbiki og valtaðir. Árangurinn af þessari aðferð felst fyrst og fremst í vandaðri og endingarbetri viðgerð.

Hvað klæðingar snertir hefur tekist að minnka notkun leysiefna í klæðingar úr 13-15 % í 8-10 %. Þessi þróun mun sennilega halda áfram og gera klæðingar umhverfisvænni og e.t.v samkeppnishæfari við malbik en nú er. Bikþeyta, sem aðeins inniheldur lítilræði (0-2 %) af leysiefni, getur komið í stað hefðbundins bindiefnis í klæðingar en slík notkun er enn á tilraunastigi hérlendis. Breytt² bindiefni geta dregið úr steinkasti en óvíst er hvort notkun þeirra svarar kostnaði.

3.3 Nýjar slitlagsgerðir

Ýmsar slitlagsgerðir hafa komið fram sem hugsanlega gætu komið í stað þeirra sem nú eru algengastar. Flestar þeirra hafa þó lítt eða ekki verið reyndar hérlendis. Meðal þeirra má nefna kaldblandað malbik með bikþeytu eða froðubik sem bindiefni; Ralumac sem er mjög þunnt slitlag (húð) sem er blandað úr smágerðu steinefni og þeytu úr breyttu bindiefni; ennfremur malbik sem er lagt í þykka bikþeytu með sérstaklega útbúnum malbikunarfélum.

Á síðustu árum hafa komið fram íblöndunarefni í malbik sem minnka seigju þess og gera kleift að blanda saman malbiki og steinefni við lægra hitastig en áður [WM 2004]. Þessi íblöndunarefni eru af ýmsum gerðum. Sum þeirra lækka blöndunarhitastig malbiksins um 10-30 °C og sömuleiðis þjöppunarhitastig þess, en auka samtímis mótstöðu malbiksins gegn skriði. Orkunotkun við blöndum malbiksins minnkar um allt að 30 %; CO₂-útblástur og reykmyndun minnkar einnig. Af þessum upplýsingum má ætla að íblöndunarefnin auki möguleika á að flytja malbik lengri leið en ella án þess að það komi um of niður á hitastigi

² Breytt; á ensku: *modified*.

Þess á áfangastað og þar með þjöppunareiginleikum þess. Um notagildi þessara íblöndunarefna við íslenskar aðstæður er óvíst sem stendur, en tilraunir eru fyrirhugaðar sumarið 2005 sem munu væntanlega varpa ljósi á það.

Malbik er hægt að leggja í þynnri lögum en almennt tíðkast í þéttbýli. Ef hlýtt er í veðri má leggja Y16 í 35 mm þykkt án vandkvæða og Y12 í 30 mm þykkt, þó aðeins sem endurnýjun á slitlagi. Y8 hefur verið lagt 25 mm þykkt í tilraunaskyni á húsagötur. Þótt þunn slitlög geti ekki talist nýjungar geta þau þó komið til álita á þjóðvegum þar sem umferð er fremur lítil. Þykktina verður þó að velja með hliðsjón af veðurfari og flutningsvegalengd þannig að malbikið kólni ekki um of og nái tilskilinni þjöppun.

3.4 Framkvæmdaskipulagning

Ef nægilega mikið magn malbiks er blandað á sama stað og aðrar aðstæður leyfa, getur svarað kostnaði að flytja malbikunarstöð fremur en að blanda malbikið í fastri stöð og flytja þaðan á útlagnarstað. Sem dæmi má nefna að flutningur, uppsetning og kostnaður vegna aðstöðu fyrir auðfæranlega malbikunarstöð getur numið 3-4 Mkr, sjá viðauka 2, minnisblað 1. Miðað við 1000 tonna framleiðslu á staðnum (svarar um það bil til 1500 m langs malbikskafla á tveggja akreina vegi ef slitlagið er 40 mm þykkt) yrði viðbótarkostnaður vegna flutnings stöðvarinnar um 4500 kr á hvert framleitt tonn (um 450 kr/m²) en lækkar í 450 kr/tonn (45 kr/m²) ef framleiðsla á sama stað er 10.000 tonn. Ef miðað er við að flutningskostnaður á malbiki sé 20 kr/tonnkm getur borgað sig að blanda malbik á staðnum í færanlegri stöð ef flutningsvegalengdin frá fastri stöð er meiri en 250 km eða svo í fyrra dæminu og 50 km í því seinna. Þetta fer þó eftir flutningskostnaði á aðföngum, s.s. steinefni og bindiefni. Í viðauka 2, minnisblaði 1 eru birtar tölur sem geta komið að gagni þegar meta skal hvort heppilegra sé að flytja blöndunarstöðina eða malbikið.

Í ljósi framanskráðs er augljóst að til þess að auka hagkvæmni í malbikslögn við þessar aðstæður þarf að stækka einingarnar. Þess vegna getur borgað sig að safna saman fyrirhugðum malbiksframkvæmdum á þjónustusvæði færanlegrar blöndunarstöðvar, jafnvel í nokkur ár ef aðstæður leyfa, til að dreifa áhrifum af flutningskostnaði á blöndunarstöðinni á meira framleitt magn. Sama máli gegnir um margvíslegan annan kostnað, svo sem flutning á steinefnum, bindiefni og vélum, þótt í minna mæli sé. Í þessu sambandi kemur til álita að hafa samvinnu við sveitarfélög á viðkomandi svæði sem fyrirhuga malbikun, til að skipta föstum kostnaði á sem flestar framleiddar einingar. Þetta fyrirkomulag er sennilega auðveldara í framkvæmd nú en áður, með sameiningu sveitarfélaga og fækkun umdæma Vegagerðarinnar.

4. ARÐSEMISMAT

Við útreikninga á arðsemi var höfð hliðsjón af leiðbeiningum um slíka reikninga frá Federal Highway Administration í Bandaríkjunum [WJ 1998]. Til útreikninganna var notaður töflureiknir (Microsoft Excel). Hann var valinn í stað tilbúinna forrita, bæði til þess að gera reikningana eins einfalda og gegnsæja og kostur er og eins til að auðvelda breytingar á reikningunum sem oft eru fyrirhafnarsamar þegar tilbúin forrit eru notuð. Útreikningarnir ganga út frá allmörgum forsendum sem eru raktar og rökstuddar hér á eftir.

Hér er rétt að taka fram að eftirfarandi arðsemisreikningar snúast ekki um arð af fjárfestingu í venjulegum skilningi, heldur ódýrasta valkost miðað við gefnar forsendur. Þess vegna er tæpast rétt að tala um arðsemisreikninga, miklu fremur útreikninga á núvirtum kostnaði fyrir hvern valkost. Hér á eftir er talað um heildarkostnað í merkingunni allir kostnaðarliðir sem eru teknir með í reikningana. Heildarkostnaður er ekki fyllilega réttmæt nafngift, því sumum kostnaðarliðum er sleppt. Annars vegar eru það kostnaðarliðir sem hafa verið lagðir að jöfnu fyrir slitlagsgerðirnar sem verið er að bera saman (til dæmis vegmerkingar), og hafa þess vegna engin áhrif í samanburðinum. Hins vegar eru kostnaðarliðir sem ekki hefur tekist að afla traustra upplýsinga um og þar af leiðandi verið sleppt fremur en að tefla fram ágiskunum.

4.1 Valkostir

Slitlagsgerðir sem koma til álita. Vinnuhópurinn ákvað í byrjun að takmarka arðsemisreikningana við þrjú umferðarflokka; 1500 ÁDU, 3000 ÁDU og 5000 ÁDU, miðað við byrjun reikningstímabils. Slitlög sem koma til álita takmarkast af þessari umferð, neðan frá af umferðarþoli, ofan frá af hagkvæmnisástæðum. Með hliðsjón af norskum verklýsingum [SV 1999:236] og framanskráðri takmörkun á umferð koma þessar slitlagsgerðir (auk klæðingar) til greina (dæmigerð umferð í svigum miðað við tveggja akreina veg):

Steypa	(>5000 ÁDU)
Malbik SMA	(>5000 ÁDU)
Malbik Y16	(1500-5000 ÁDU)
Malbik Y12	(1500-5000 ÁDU)
Grúsarmalbik ³	(<3000 ÁDU)
Mjúkt malbik ⁴	(<3000 ÁDU)

Þá er ótalið Ralumac sem reynsla hérlendis hefur sýnt að þolir illa umferð á negldum hjólbörðum og ýmsar nýjar slitlagsgerðir sem lítil eða engin reynsla er fengin af hérlendis og komu því ekki til greina í samanburðinum að mati vinnuhópsins.

Útreikningar frá 1997 þar sem arðsemi malbiks og steypu var borin saman [ÁJ 1997] sýndu að steypa var þá fyrst samkeppnisfær við malbik þegar umferðin var orðin 5500 ÁDU. Síðan hefur dregið í sundur með malbiki og steypu hvað arðsemi snertir, meðal annars vegna ódýrari aðferðar (Repave) til viðhalds á malbiki og meira slits á steypu en áður var reiknað með. Á þessum forsendum var steypa útilokuð í arðsemisreikningunum.

Arðsemisreikningar með SMA⁵ sem valkost gagnvart klæðingum hafa ekki verið gerðir fyrir íslenskar aðstæður svo vinnuhópnum sé kunnugt. Hins vegar hefur verið gerður lauslegur samanburður á hlutfalli stofnkostnaðar og endingar (mælt í kr/m²/ár án færslu til núvirðis) fyrir nokkrar slitlagsgerðir þar sem byrjunarumferðin var 5200 ÁDU [ÞI 1999:24]. Samkvæmt honum er SMA um það bil 10 % dýrara en Y16. Á þessum forsendum var SMA útilokað í arðsemisútreikningunum.

Mjúkt malbik hefur aðeins lítillega verið notað á Íslandi og lítil reynsla fengin af því við íslenskar aðstæður. Á þessum forsendum var mjúkt malbik ekki tekið með í arðsemisútreikningunum.

³ Grúsarmalbik; á norsku: *asfaltgrusbetong*.

⁴ Mjúkt malbik; á norsku: *mykasfalt*.

⁵ SMA; á ensku: *Stone Mastic Asphalt*; á sænsku: *stenrik asfaltbetong*.

Eftir standa Y16 og Y12 (malbik) svo og grúsarmalbik sem valkostir við klæðingu. Með hliðsjón af því að þessar þrjár slitlagsgerðir eru svipaðar í grundvallaratriðum **ákvað starfshópurinn að nota Y16 sem eina valkostinn við klæðingu**, meðfram til þess að halda arðsemisútreikningunum eins einföldum og kostur er.

Burðarlag. Gert er ráð fyrir tveim valkostum; annars vegar að slitlagið sé lagt á burðarlag (fest eða óbundið), hins vegar að slitlagið sé lagt á slitna klæðingu sem þá fær hlutverk burðarlags. Ennfremur er gert ráð fyrir fullgöðu og samskonar burðarlagi hvort sem slitlagið er klæðing eða malbik.

Slitlag. Gert er ráð fyrir tveim valkostum; annars vegar að slitlagið sé klæðing K11/16 úr steinefni með kvartartölu 7, hins vegar að slitlagið sé malbik, Y16, einnig úr steinefni með kvartartölu 7.

Umferðaraukning. Gert er ráð fyrir tveim valkostum, annars vegar að umferðaraukning sé 2,5 % á ári, hins vegar að umferðin standi í stað. Fyrri tölunni er ætlað að endurspeglar líklegan vöxt umferðar í grennd við öfluga og vaxandi þéttbýliskjarna, en þeirri síðari á jaðarsvæðum úti á landi þar sem gætir stöðunar. Umferðaraukning hefur afgerandi áhrif á tímasetningu viðhaldsaðgerða.

4.2 Nokkrar forsendur

Reikningstímabil⁶. Í samræmi við ábendingar í skýrslu FHWA [WJ 1998:9] var **reikningstímabilið valið 35 ár fyrir alla valkosti**. Þetta val er umdeilanlegt að því leyti að Vegagerðin hannar burðarlög til 20 ára. Strangt tekið ætti því að vera ónauðsynlegt að nota lengra reikningstímabil ef burðarlagsskipti eða –styrking er fyrirsjáanleg að 20 árum liðnum. Á hinn bóginn eru dæmi um að burðarlag hafi enst lengur (og jafnvel miklu lengur) en 20 ár sem réttlætir að nokkru valið á 35 ára reikningstímabili. Allar fyrirsjáanlegar viðhaldsaðgerðir hafa fallið til að minnsta kosti einu sinni innan þessa tímabils, sem er ein af þeim viðmiðunarreglum sem áður nefnd skýrsla tilgreinir um val á reikningstímabili.

Mælikvarði á arðsemi. Núvirði⁷ er notað sem mælikvarði á arðsemi. Aðrir mælikvarðar koma til greina en skýrsla FHWA [WJ 1998:4] mælir með núvirði sem heppilegasta mælikvarðanum, þótt innri vextir⁸ komi einnig til greina. Reiknivextir eru 6 % að fyrirmynd Fjárlaga- og hagsýslustofnunar [FH 1986:24]. Í ljósi vaxtakjara innanlands eins og þau eru nú (2004) væru 4,5 % vextir þó nær lagi. Nokkur dæmi úr arðsemisreikningum sýna að reiknivextir eru breytilegir. Til dæmis gerir skýrsla FHWA [WJ 1998:6] ráð fyrir 4 % vöxtum; í arðsemisreikningum frá Statens vegvesen, Noregi [SV 2002:14] eru notaðir 5 % reiknivextir; í norski doktorsritgerð um arðsemisreikninga í vegagerð [SE 1996:3-8] er vísað í heimild frá norska fjármálaráðuneytinu þar sem segir að algengast sé að nota 7 % reiknivexti í opinberum framkvæmdum; í sænskum samanburði á slitlagsgerðum [FR 1998] er miðað við 4 % reiknivexti. Til að bæta úr þessu misræmi eru birtar næmnistjórnur með arðsemisútreikningunum sem gefa vísbendingar um áhrif reiknivaxta á bilinu 4-8 % á niðurstöðurnar.

Stjórnunarkostnaður, verðbólga og skattar. Stjórnunarkostnaður er lagður að jöfnu fyrir klæðingar og malbik og er þess vegna sleppt í útreikningunum. Sennilega er hann þó hærri fyrir klæðingar en malbik, ef eitthvað er, vegna tíðari yfirlagna. Reiknað er með óbreyttu verðlagi á reikningstímabilinu, sem er í samræmi við forsendu í skýrslu Fjárlaga- og hagsýslustofnunar [FH 1996:17] og ráðleggingar í skýrslu FHWA [WJ 1998:5]. Í útreikningunum er ekki tekið tillit til opinberra gjalda. Þessi afstaða kann að vera umdeilanleg en má rökstyðja með því að forsendur slíkra leiðréttinga á kostnaðarliðum geti breyst á reikningstímabilinu.

Kostnaður vegfarenda. Þessum kostnaði er sleppt í arðsemisreikningunum að undanteknum tafakostnaði vegna framkvæmda. Annar kostnaður vegfarenda var ýmist lagður að jöfnu milli valkosta eða sleppt með öllu þar sem vinnuhópurinn taldi sig ekki hafa nægilegar upplýsingar til að meta hann. Í viðauka 2, minnisblöðum 2 og 4 eru raktir nokkrir liðir úr

⁶ *Reikningstímabil*; á ensku: *analysis period*.

⁷ *Núvirði*; á ensku: *net present value*.

⁸ *Innri vextir*; á ensku: *internal rate of return*.

kostnaði vegfarenda, sem vinnuhópurinn taldi þó of ótrausta til að þeir væru tækir í arðsemismatið.

Umhverfiskostnaður. Vinnuhópurinn taldi sig ekki hafa gögn til að meta þennan kostnað og honum er því sleppt í arðsemismatinu. Þó eru nokkrir kostnaðarliðir af þessu tagi dregnir fram í kaflanum um ígrundun og ályktanir og reynt að meta hvort þeir eru klæðingu eða malbiki til framdráttar.

Kostnaður sem lagður er að jöfnu fyrir malbik og klæðingu. Í arðsemisreikningunum er gert ráð fyrir samskonar undirbyggingu þegar malbiksslitlag og klæðing eru borin saman. Einnig er gert ráð fyrir að endurnýjun vegmerkingar sé óháð því hvort slitlagið er malbik eða klæðing. Ýmsir liðir í kostnaði vegfarenda hafa einnig verið lagðir að jöfnu fyrir malbik og klæðingu, t.d. eldsneytiskostnaður og slit á bílum svo eitthvað sé nefnt. Þá eru ótaldir kostnaðarliðir sem vinnuhópurinn hefur ekki haft nægilegar upplýsingar um til að meta til verðs og þess vegna sleppt í arðsemisreikningunum, svo sem slysakostnaður.

Axlir. Gert er ráð fyrir að axlir séu klæddar með K8/11 úr steinefni með kvarnartölu 15 hvort sem slitlagið á akbrautinni er klæðing eða malbik.

4.3 Endingartími og viðhald á slitlagi og öxlum

Tímasetning viðhalds. Þar sem arðsemisreikningarnir eru gerðir fyrir ýmsar og stundum ólíkar aðstæður (mismunandi umferð, umferðaraukningu og slitlagsgerð) getur tímasetning viðhalds verið mismunandi eftir aðstæðum. Meginatriðin eru rakin hér á eftir en nákvæmari upplýsingar fást með því að skoða hvert líkan fyrir sig; þar er tilgreint nákvæmlega hvernig viðhaldi og tímasetningu þess er háttað (sjá viðauka 4).

Gert er ráð fyrir að ending malbiks ráðist af sliti af völdum negldra hjólbarða, og hjólfaradýpt er notuð sem mælikvarði á endingu. Þegar hjólfaradýpt er orðin 25 mm er slitlagið endurnýjað. Tímasetningin er reiknuð út með endingarlíkani [VV 2003:73] á grundvelli umferðar, slitlagsgerðar, kvarnartölu steinefnis, hlutfalls bíla á negldum hjólbörðum og umferðarhraða. Reiknað er með að malbiksgerðin sé Y16, kvarnartala steinefnis sé 7, hlutfall bíla á negldum hjólbörðum er áætlað 25 % og umferðarhraði 90 km/klst. Aðrir stikar⁹ í endingarlíkaninu eru breytilegir eftir aðstæðum.

Hvað klæðingu snertir er gert ráð fyrir að ending hennar ákvarðist eingöngu af umferð og kvarnartölu steinefnisins í henni. Tölur um endingu eru fengnar úr endingarlíkani (ROSY) sem Vegagerðin notar til að skipuleggja viðhald á bundnum slitlögum. Þetta endingarlíkan miðar við klæðingarefni með kvarnartölu 10, en í arðsemisreikningunum er endingin leiðrétt með tilliti til kvarnartölu 7, sjá viðauka 2, minnisblað 5. Hjólför í klæðingum eru reiknuð út eftir sama líkani og fyrir malbik, með öðrum orðum er gert ráð fyrir að hjólfaradýpt fylgi sömu þróun og í malbiki (Y16) með sömu kvarnartölu.

Fyrsta slitlag og fyrirkomulag viðhalds. Hér er um fjórar útfærslur að ræða eftir gerð slitlags og undirlagi þess.

a) Malbik lagt á (fest eða óbundið) burðarlag. Fyrsta slitlag er 50 mm malbik, Y16 og axlir klæddar með tveim lögum af K8/11. Þegar hjólför hafa náð 25 mm er slitlagið hjólfarafyllt með Ralumac og síðan lagt yfir 40 mm malbikslag, Y16. Þaðan í frá er slitlagið endurnýjað með Repave, 50 kg/m² þegar hjólför hafa náð 25 mm. Í annað hvert skipti sem slitlag er endurnýjað eru axlir klæddar með einu lagi af K8/11. Ef þurfa þykir (í fyrstu og annari malbikslögn) er öxlum lyft með jöfnunarlagi. Gert er ráð fyrir minni háttar viðgerðum á slitlagi og öxlum með jöfnu millibili.

b) Malbik lagt á slitna klæðingu. Hjólför í klæðingunni eru fyllt með Ralumac áður en fyrsta slitlag er lagt sem er 40 mm malbik, Y16, og axlir klæddar með tveim lögum af K8/11. Þaðan í frá er slitlagið endurnýjað með Repave, 50 kg/m² þegar hjólför hafa náð 25 mm. Í annað hvert skipti sem slitlag er endurnýjað eru axlir klæddar með einu lagi af K8/11. Ef þurfa þykir (í fyrstu malbikslögn) er öxlum lyft með jöfnunarlagi. Gert er ráð fyrir minni háttar viðgerðum á slitlagi og öxlum með jöfnu millibili.

⁹ Stiki; á ensku: *parameter*.

c) Klæðing lögð á (fest eða óbundið) burðarlag. Fyrsta slitlag er tvö lög af K11/16 og axlir klæddar með tveim lögum af K8/11. Þaðan í frá er slitlagið endurnýjað með einu lagi af K11/16. Þegar hjólför í slitlagi hafa náð 25 mm eru þau fyllt með Ralumac. Í hvert sinn sem slitlag er endurnýjað er helmingur klæðingar á öxlum endurnýjaður með einu lagi af K8/11. Gert er ráð fyrir minni háttar viðgerðum á slitlagi og öxlum með jöfnu millibili.

d) Klæðing lögð á slitna klæðingu. Hjólför í klæðingunni eru fyllt með Ralumac áður en fyrsta slitlag er lagt sem er eitt lag af K11/16 og axlir klæddar með einu lagi af K8/11. Þaðan í frá er slitlagið endurnýjað með einu lagi af K11/16. Þegar hjólför í slitlagi hafa náð 25 mm eru þau fyllt með Ralumac. Í hvert sinn sem slitlag er endurnýjað er helmingur klæðingar á öxlum endurnýjaður með einu lagi af K8/11. Gert er ráð fyrir minni háttar viðgerðum á slitlagi og öxlum með jöfnu millibili.

4.4 Kostnaður veghaldara

Einingarverð. Öll einingarverð sem eru notuð í þessari skýrslu eru birt í viðauka 2, minnisblaði 1. Til nánari glöggvunar eru þau einnig tilgreind í hverju reiknilíkani fyrir sig. Einingarverðin eru ýmist fengin úr einingaverðabanka Vegagerðarinnar eða frá Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas.

Hrakvirði. Hrakvirði¹⁰ viðhaldsaðgerða, sem ekki eru fullnýttar í lok reikningstímabilsins, er reiknað í réttu hlutfalli við útistandandi endingartíma að reikningstímabilinu loknu, þó ekki nákvæmlega. Í flestum tilfellum er látið nægja að reikna hrakvirði fyrir slitlag og klæðingu á öxlum enda er núvirði flestra viðhaldsaðgerða þá orðið lítið, svo og áhrif þeirra á niðurstöðurnar.

4.5 Kostnaður vegfarenda

Almennt. **Kostnaði vegfarenda er sleppt í þessum arðsemisreikningunum að undanskildum tafakostnaði meðan á framkvæmdum stendur.** Ástæðurnar eru í stuttu máli þær að nægilegar upplýsingar um aðra þætti í kostnaði vegfarenda eru ekki fyrir hendi. Í sumum tilfellum má þó færa rök að því að einstakir þættir í kostnaði vegfarenda hafi álíka mikil áhrif hvort sem slitlagið er klæðing eða malbik og fækka þannig vafaatriðum.

Kostnaði vegfarenda má skipta í tvo flokka; kostnaði á framkvæmdastað þ.e. meðan á framkvæmdum (þ.á.m. viðhaldi) stendur og kostnaði sem fellur til í akstri við eðlilegar aðstæður, þ.e. utan framkvæmdatíma. Í skýrslu FHWA [WJ 1998:14] er talið réttlætandi að sleppa síðarnefnda flokknum, ef valkostirnir (hér slitlagsgerðirnar) eru sambærilegir hvað frammistöðu¹¹ snertir. Enda þótt færa megi rök að einhverjum mismun á kostnaði vegfarenda utan framkvæmdatíma er niðurstaðan sú að hann sé óverulegur. Um mismun á kostnaði vegfarenda á framkvæmdatíma er óvissan öllu meiri, sennilega er hann umtalsverður, en vinnuhópnum hefur ekki tekist að afla nægilegra upplýsinga til að meta hann nema að hluta til. Í viðauka 2, minnisblöðum 2 og 4, hefur vinnuhópurinn dregið saman ýmsar upplýsingar um kostnað vegfarenda og þar er jafnframt að finna mat vinnuhópsins á notagildi þeirra.

Kostnaður á framkvæmdastað. Í þennan flokk falla tafakostnaður vegfarenda vegna lokana eða hraðatakmarkana, slysakostnaður og skemmdir sem verða á bílum á framkvæmdastað.

Tafakostnaður á framkvæmdastað er tekinn með í arðsemisútreikningunum. Útreikningar á tafakostnaði er sýndur í viðauka 2, minnisblaði 6.

Öðrum kostnaði á framkvæmdastað er sleppt þar sem nægilegar upplýsingar til að meta hann eru ekki tiltækar.

Kostnaður utan framkvæmdatíma. Í þennan flokk fellur kostnaður vegna slysa, skemmda á bílum (s.s. skemmdir vegna steinkasts, biksmitis) og slits á þeim, eldsneytis, umferðartafa o.þ.h. sem rekja má til slitlagsins. Þar eð nægilegar upplýsingar til að meta þennan kostnað eru ekki fyrir hendi er honum sleppt í arðsemisreikningunum. Í viðauka 2, minnisblaði 2, er

¹⁰ *Hrakvirði*; á ensku: *salvage value*.

¹¹ *Frammistæða*; á ensku: *performance*.

þó rökstutt að þessi kostnaður sé meiri fyrir klæðingar en malbik og sé þess vegna malbiki til framdráttar í arðsemisamanburði.

4.6 Umhverfiskostnaður

Almennt. Umhverfiskostnaði er sleppt í þessum arðsemisreikningunum. Ástæðurnar eru í stuttu máli þær að nægilegar upplýsingar eru ekki fyrir hendi. Í kaflanum ÍGRUNDUN OG ÁLYKTANIR er þó gerð tilraun til að bera saman steinefna-, bindiefnis- og leysiefnanotkun fyrir malbik annars vegar og klæðingu hinsvegar, að gefnum tilteknum forsendum. Ef vel ætti að vera þyrfti að bera saman alla auðlindanotkun fyrir slitlagsgerðirnar en vinnuhópurinn taldi slíkan samanburð vera utan verksviðs síns.

4.7 Útreikningar á arðsemi

Enginn hörgull er á forritum til arðsemisreikninga. Engu að síður varð fyrir valinu að nota töflureikni (Microsoft Excel) til útreikninganna. Hvorutveggja er að kappkostað var að hafa arðsemisreikningana eins einfalda og gagnsæja og hægt er með góðu móti og í annan stað falla tiltæk forrit sjaldan með öllu að þörfum notandans og þá getur verið mikið verk að breyta þeim svo vel sé.

Arðsemisreikningar fyrir hvert par af valmöguleikum eru birtir í þrem pörum af skjölum; annað skjalið í pari á við malbik, hitt klæðingu. Fyrsta parið sýnir forsendurnar sem gengið er út frá. Næsta par eru aðgerðalistar og sýna útreikninga á tímasetningu á endurnýjun slitlags. Þriðja parið sýnir tímasetningu viðhaldsaðgerða, kostnaðarliði og verð á þeim, útreikninga á kostnaði og núvirði. Skjöl í þessu pari aðgreina stofnkostnað, viðhaldskostnað og kostnað vegfarenda, auk þess er viðhaldskostnaður og samanlagður kostnaður færður til núvirðis. Í viðauka 3 er sýnd tvö dæmi um arðsemisreikninga, en annars eru skjölin, ásamt formúlum sem eru notaðar við útreikningana, að finna á disk (viðauka 4) sem fylgir skýrslunni.

Arðsemisreikningarnir eru miðaðir við 5 km langan kafla á Hafnarmelum milli Akraness og Borgarness. Niðurstöður arðsemisreikninganna eru síðan umreiknaðar þannig að þær eigi við 1 km langan kafla. Nokkurt kapp var lagt á að gera arðsemisreikningana þannig úr garði að auðvelt væri að breyta þeim og nota á öðrum stöðum á landinu. Í sama skyni var reiknað út svokallað staðarálag fyrir nokkra staði á landinu sem á að endurspeglar viðbótarkostnað við framleiðslu á malbiki á þessum stöðum. Staðarálagið er tekið með sem sérstakir liðir í kostnaðarreikningunum þar sem það á við. Í viðauka 2, minnisblaði 1, eru nokkrar formúlur sem auðvelda útreikninga á staðarálagi fyrir nokkra staði á landinu. Ef ekki þarf að breyta öðru en verðum á einstökum kostnaðarliðum er mjög auðvelt að endurtaka arðsemisreikningana með breyttum kostnaðarforsendum.

Ef arðsemisreikningar eru endurteknir fyrir aðra umferðareiginleika (umferð og umferðaraukningu) en hér er reiknað með, svo og ef endingareiginleikar slitlagsgerðanna breytast, verður öllu flóknara að endurtaka arðsemisreikningana, því þá þarf einnig að endurreikna tímasetningu viðhaldsaðgerðanna. Það er þó gerlegt. Í þessu skyni eru engar læsingar af neinu tagi á arðsemisreikningunum, og öllum heimilt að breyta þeim eftir þörfum.

Æskilegt hefði verið að gera áhættugreiningu (risk analysis) á niðurstöðum núvirðisreikninganna, en vegna þess hve verkefninu var þröngur stakkur skorinn var ákveðið að sleppa henni.

Að lokum er rétt að taka fram að arðsemisreikningarnir eru ekki nákvæmir, í þeim geta leynst villur og engin ábyrgð er tekin á útreikningunum eða niðurstöðum þeirra.

5. NIÐURSTÖÐUR ARÐSEMISREIKNINGA

Tafla 5.1 er örstutt ágríp af niðurstöðum arðsemisreikninganna. Þar er aðeins birtur núvirtur heildarkostnaður í hverju tilfalli fyrir sig. Nákvæmari sundurliðun er að finna í viðauka 4. Þar er kostnaður fyrir hvert samburðartilfalli sundurliðaður í:

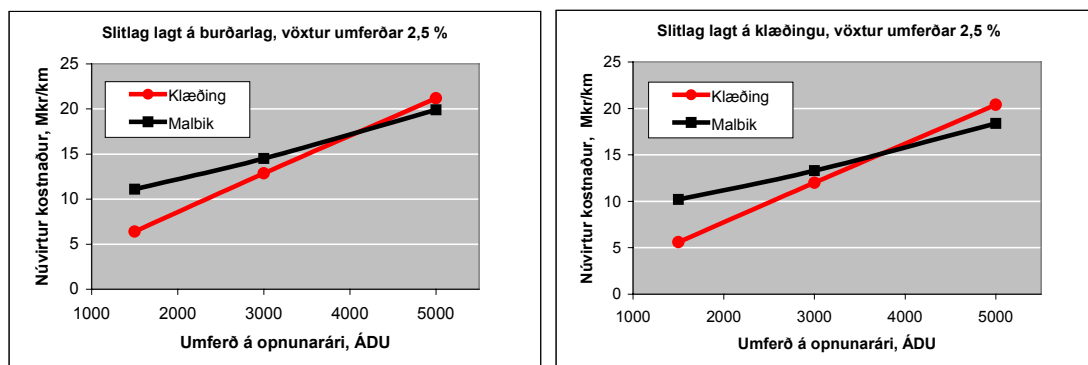
- Stofnkostnað (skilgreindur sem kostnaður á opunarári).
- Viðhaldskostnað (skilgreindur sem kostnaður sem fellur til eftir opunarár).
- Kostnaður vegfarenda (í þessum arðsemisreikningum einungis tafakostnaður meðan á framkvæmdum stendur).
- Núvirtur viðhaldskostnaður.
- Núvirtur heildarkostnaður.

Í öllum tilvikum er undanskilinn kostnaður sem er talinn vera ámóta mikill fyrir malbik og klæðingu (t.a.m. vegmerkingar og ýmis konar kostnaður vegfarenda), sömuleiðis kostnaður sem vinnuhópurinn hefur ekki talið sig geta verðlagt, sjá 4. kafla.

Tafla 5.1. Ágríp af niðurstöðum arðsemisreikninga.

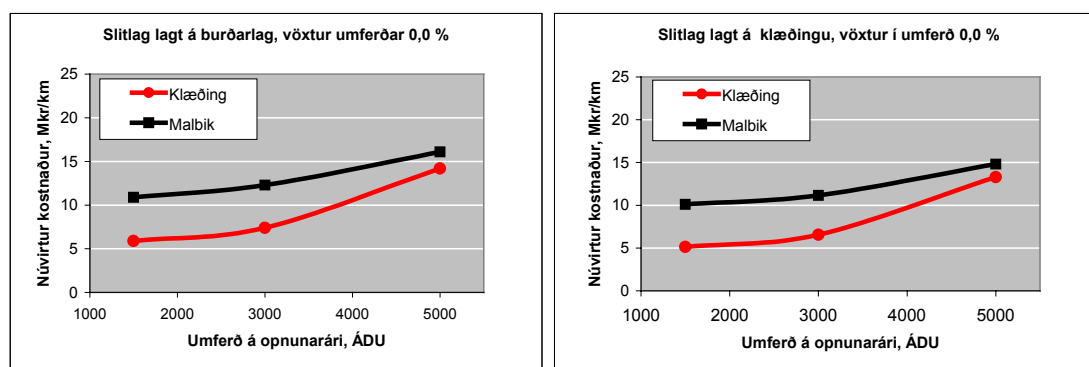
Forsendur			Niðurstöður		
Umferð á opunarári ÁDU	Árlegur vöxtur umferðar, %	Fyrsta slitlag lagt á	Malbik Mkr/km	Klæðing Mkr/km	Kostnaðarhlutfall klæðing/malbik %
1500	2,5	burðarlag	11,1	6,4	58
1500	2,5	klæðingu	10,2	5,6	55
1500	0,0	burðarlag	10,9	5,9	54
1500	0,0	klæðingu	10,1	5,1	50
3000	2,5	burðarlag	14,5	12,9	89
3000	2,5	klæðingu	13,3	12,0	90
3000	0,0	burðarlag	12,3	7,4	60
3000	0,0	klæðingu	11,2	6,6	59
5000	2,5	burðarlag	19,9	21,2	107
5000	2,5	klæðingu	18,4	20,4	111
5000	0,0	burðarlag	16,1	14,2	88
5000	0,0	klæðingu	14,8	13,3	90

Í þeim tilfellum sem tafla 5.1 spannar er klæðing oftast ódýrari valkostur en malbik. Undantekningarnar eru þegar umferðin er mikil (5000 ÁDU á opunarári) og vex hratt (2,5 % á ári). Taflan sýnir einnig lítinn mun á núvirtum heildarkostnaði eftir því hvort slitlagið er lagt á (fest eða óbundið) burðarlag annars vegar eða slitna klæðingu hins vegar, að því tilskildu að umferð á opunarári og þróun hennar sé sambærileg. Munurinn er á bilinu 5-15 % af núvirtum heildarkostnaði og kostnaðurinn er í öllum tilfellum meiri ef slitlagið er lagt á (fest eða óbundið) burðarlag. Umferðin, hins vegar, hefur mjög mikil áhrif á núvirtan heildarkostnað. Þegar malbik á í hlut eykst núvirtur heildarkostnaður um 70 % ef byrjunarumferð eykst úr 1500 ÁDU í 5000 ÁDU, en um 200 % ef slitlagið er klæðing. Sömuleiðis hefur árlegur vöxtur umferðar mikil áhrif á kostnaðinn, hann eykst að jafnaði um 20 % fyrir malbik og 50 % fyrir klæðingu ef árleg umferðaraukning er 2,5 % í stað þess að standa í stað.



Mynd 5.1. Núvirtur kostnaður sem fall af umferð á opunarári, malbik og klæðing, hvort tveggja með 2,5 % vöxt í umferð á ári. *Mynd til vinstri*; slitlag lagt á (fest eða óbundið) burðarlag. *Mynd til hægri*; slitlag lagt á slitna klæðingu. Kostnaðurinn miðast við vegarkafli á Hafnarmelum. Vextir eru 6 % og samanburðartímabilið 35 ár.

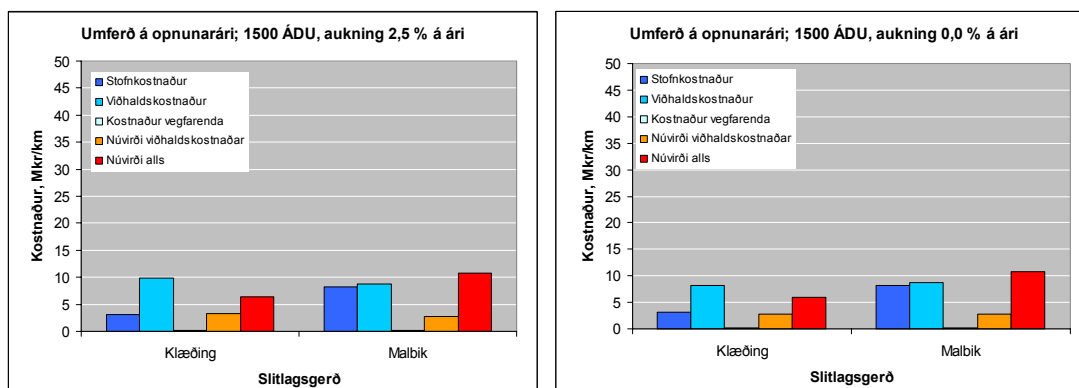
Mynd 5.1 sýnir hvernig núvirtur heildarkostnaður breytist með umferð sem eykst um 2,5 % á ári, annars vegar þegar slitlagið er lagt á (fest eða óbundið) burðarlag, hins vegar ef slitlagið er lagt á slitna klæðingu að lokinni hjólfarafyllingu. Myndin gefur til kynna að malbik sé ódýrari valkostur (á mælikvarða núvirts heildarkostnaðar) þegar umferð á opunarári er um 4000 ÁDU eða þaðan af meiri. Litlu skiptir hvort fyrsta slitlag er lagt á burðarlag eða slitna klæðingu.



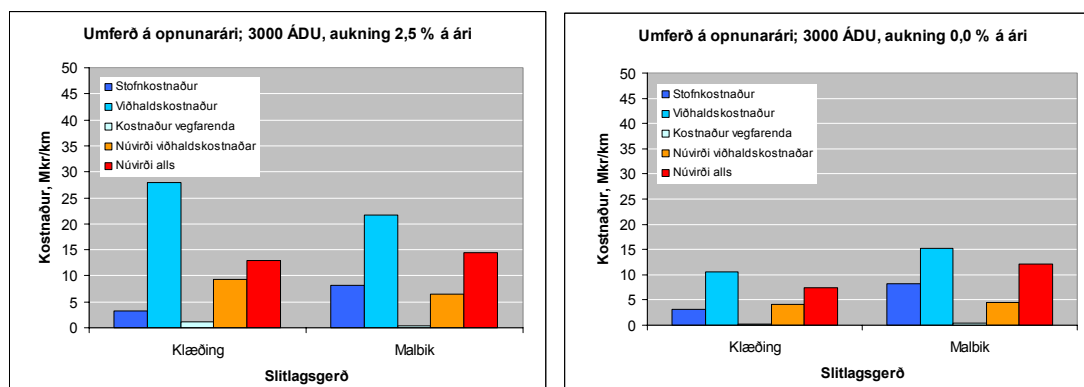
Mynd 5.2. Núvirtur kostnaður sem fall af umferð á opunarári, malbik og klæðing, hvorutveggja með óbreytta umferð frá ári til árs. *Mynd til vinstri*; slitlag lagt á (fest eða óbundið) burðarlag. *Mynd til hægri*; slitlag lagt á slitna klæðingu. Kostnaðurinn miðast við vegarkafli á Hafnarmelum. Vextir eru 6 % og samanburðartímabilið 35 ár.

Mynd 5.2 sýnir hvernig núvirtur heildarkostnaður breytist með umferð sem stendur í stað frá ári til árs, annars vegar þegar slitlagið er lagt á (fest eða óbundið) burðarlag, hins vegar ef slitlagið er lagt á slitna klæðingu að lokinni hjólfarafyllingu. Myndin gefur til kynna að klæðing sé alltaf ódýrari valkostur (á mælikvarða núvirts heildarkostnaðar) að minnsta kosti meðan umferð á opunarári er undir 5000 ÁDU.

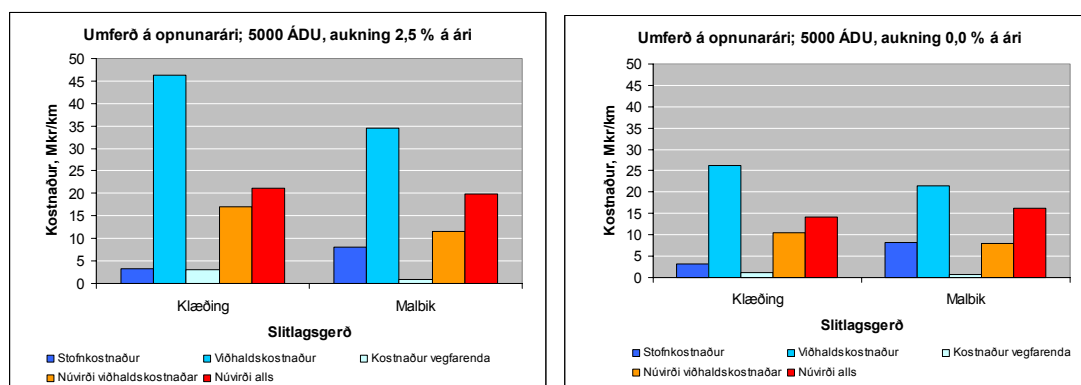
Myndir 5.3-5.5 sýna nokkra kostnaðarþætti úr arðsemisreikningunum. Þær sýna meðal annars að sá hluti kostnaðar vegfarenda sem er tekinn með í arðsemisreikningunum er hverfandi lítill miðað við aðra kostnaðarliði. Í annan stað sýna þær að viðhaldskostnaður (án afvöxtunar) er álíka mikill fyrir malbik og klæðingu meðan umferðin er lítil en með vaxandi umferð dregur sundur með malbiki og klæðingu ef umferðaraukningin er 2,5 % á ári. Sambærileg þróun er hins vegar óregluleg ef umferðin stendur í stað milli ára, þótt einnig dragi í sundur með malbiki og klæðingu þegar umferð á opunarári er orðin 5000 ÁDU.



Mynd 5.3. Kostnaðaryfirlit fyrir vegarkafli á Hafnarmelum þar sem fyrsta slitlag er lagt á (fest eða óbundið) burðarlag og umferð á opunarári er 1500 ÁDU. *Mynd til vinstri*; 2,5 % árleg umferðaraukning. *Mynd til hægri*; óbreytt umferð frá ári til árs. Reiknivextir eru 6 % og samanburðar-tímabilið 35 ár.



Mynd 5.4. Kostnaðaryfirlit fyrir vegarkafli á Hafnarmelum þar sem fyrsta slitlag er lagt á (fest eða óbundið) burðarlag og umferð á opunarári er 3000 ÁDU. *Mynd til vinstri*; 2,5 % árleg umferðaraukning. *Mynd til hægri*; óbreytt umferð frá ári til árs. Reiknivextir eru 6 % og samanburðar-tímabilið 35 ár.



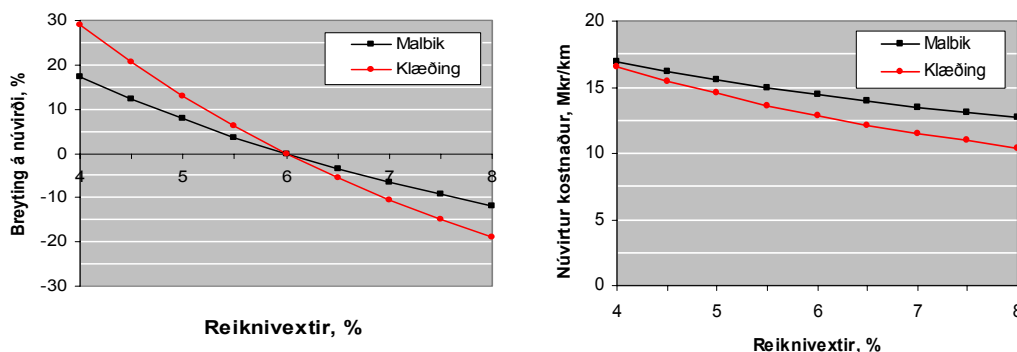
Mynd 5.5. Kostnaðaryfirlit fyrir vegarkafli á Hafnarmelum þar sem fyrsta slitlag er lagt á (fest eða óbundið) burðarlag og umferð á opunarári er 5000 ÁDU. *Mynd til vinstri*; 2,5 % árleg umferðaraukning. *Mynd til hægri*; óbreytt umferð frá ári til árs. Reiknivextir eru 6 % og samanburðar-tímabilið 35 ár.

6. ÍGRUNDUN OG ÁLYKTANIR

6.1 Áhrif reiknivaxta og verðbreytinga á niðurstöður

Val á reiknivöxtum getur haft veruleg áhrif á niðurstöður arðsemisreikninga. Þegar reiknivextir eru háir er að öðru jöfnu hagkvæmt að fresta kostnaði, en ef vextir eru lágir getur verið hagkvæmt að leggja í fjárfestingu í byrjun sem minnkar útgjöld í framtíðinni.

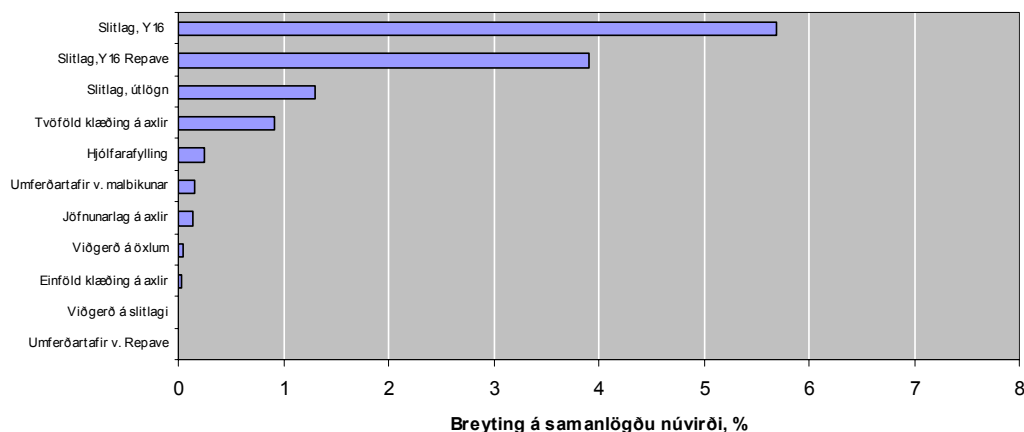
Í undangengnum arðsemisreikningum er gert ráð fyrir að reiknivextir séu 6 % sem er nokkuð hátt miðað við vexti á lánum sem nú eru í boði. Nokkra hugmynd um áhrif reiknivaxta á niðurstöður arðsemisreikninganna má fá af mynd 6.1 sem er næmnigreining og sýnir hvernig núvirtur kostnaður breytist með reiknivöxtum.



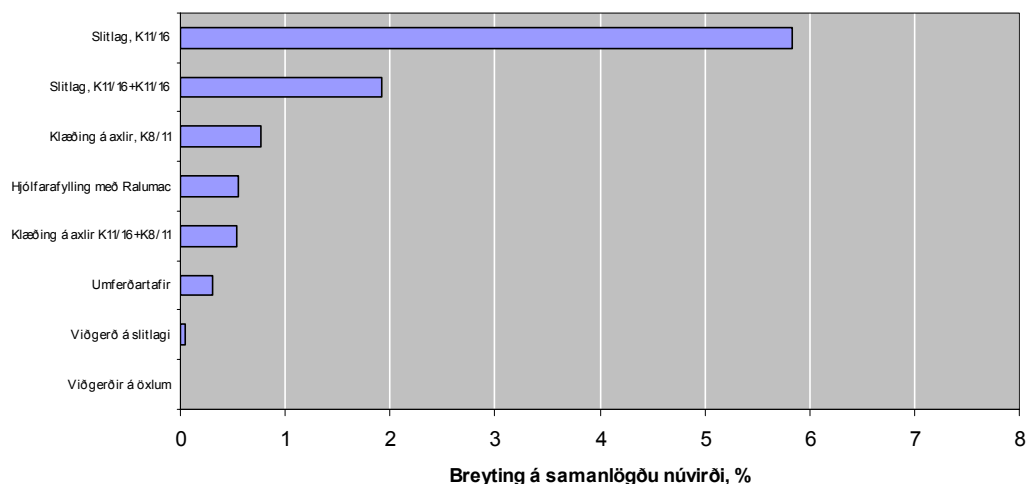
Mynd 6.1. Áhrif reiknivaxta á núvirtan heildarkostnað. *Mynd til vinstri;* hlutfallsleg breyting á núvirtum heildarkostnaði. *Mynd til hægri;* núvirtur heildarkostnaður í Mkr/km. Reiknivextir eru 6 % og samanburðartímabilið 35 ár. Dæmið á við vegarkafla á Hafnarmelum þar sem fyrsta slitlag, malbik eða klæðing, er lagt á (fest eða óbundið) burðarlag. Umferð á opunarári er 3000 ÁDU og vex um 2,5 % á ári.

Mynd 6.1 (til vinstri) sýnir að klæðing er mun viðkvæmari fyrir breytingum á reiknivöxtum en malbik. Orsökina er sú að meira fé fer í viðhald á klæðingu en malbiki og viðhaldskostnaður klæðingar eykst hraðar með tíma en viðhaldskostnaður malbiks. Ef vextir eru lágir kemur viðhaldskostnaður framtíðarinnar af meiri þunga inn í núvirðið en hjaðnar að sama skapi fyrir áhrif vaxtanna ef þeir eru háir. Myndin til hægri sýnir hvernig dregur saman með malbiki og klæðingu með lækkandi vöxtum.

Myndir 6.2 og 6.3 sýna áhrif af 10 % breytingu í einingarverði einstakra verkþátta á samanlagt núvirði. Fyrri myndin á við malbiksslitlag, hin seinni við klæðingarslitlag.



Mynd 6.2. Áhrif 10 % verðhækkunar á einstökum kostnaðarliðum á samanlagðan núvirtan kostnað. Reiknivextir eru 6 % og samanburðartímabilið 35 ár. Dæmið á við vegarkafla á Hafnarmelum þar sem fyrsta slitlag er malbik, lagt á (fest eða óbundið) burðarlag. Umferð á opunarári er 3000 ÁDU og vex um 2,5 % á ári.



Mynd 6.3. Áhrif 10 % verðhækkunar á einstökum kostnaðarliðum á samanlagðan núvirtan kostnað. Reiknivextir eru 6 % og samanburðartímabilið 35 ár. Dæmið á við vegarkafli á Hafnarmelum þar sem fyrsta slitlag er klæðing, lagt á (fest eða óbundið) burðarlag. Umferð á opnunarári er 3000 ÁDU og vex um 2,5 % á ári.

Myndir 6.2 og 6.3 sýna að núvirtur heildarkostnaður er langsamlega næmastur fyrir breytingum á slitlagsverði, sama hvort malbik eða klæðing á í hlut. Breyting á slitlagsverði sem nemur 10 % breytir núvirtum heildarkostnaði um tæp 6 % en áhrif annarra kostnaðarliða eru lítil, um eða undir 1 %. Rétt er þó að ítreka að kostnaður vegfarenda er aðeins að takmörkuðu leyti tekinn með í þessum arðsemisútreikningum og breytingar á áhrifum hans á núvirtan heildarkostnað eru ótvírætt vantalin.

6.2 Breytingar á arðsemisreikningum vegna breyttra forsendna

Þar sem framleiðsla á malbiki er bundin við malbikunarstöðvar og flutningur á malbiki er tiltölulega dýr getur flutningskostnaður á malbiki haft talsverð áhrif á samkeppnishæfni þess gagnvart klæðingu, ekki síst þar sem nothæft efni í klæðingu má oft finna í grennd við útlagnarstaðinn. Arðsemisútreikningarnir hér á undan hafa aðeins verið gerðir fyrir einn stað (Hafnarmela) og þessi áhrif því ekki verið könnuð sérstaklega. Slíka könnun má þó gera tiltölulega fyrirhafnarlítið með því að reikna flutningskostnað inn í malbiksverð (sem staðarálag) og nota síðan mynd 6.2 til að meta áhrifin á núvirtan heildarkostnað. Á svipaðan hátt er mögulegt að meta áhrif af staðsetningu klæðingarframkvæmda ef þurfa þykir, til dæmis vegna flutningskostnaðar á klæðingarefni.

Arðsemisreikningana er tiltölulega auðvelt að laga að nýjum forsendum ef aðeins er um verðbreytingar að ræða, því þá nægir að breyta tölum í verðskrá eftir því sem við á. Breytingar sem snerta endingu á einhvern hátt (til dæmis breytt kvarntala á steinefni, umferðarhraði, leyfð hjólför, breytingar á umferð) eru flóknari, því þá þarf að reikna tímasetningu viðhaldsaðgerða upp á nýtt, sem getur kostað allmiklar breytingar á hverju líkani sem kemur við sögu.

6.3 Kostnaður vegfarenda

Kostnaður vegfarenda hefur að nokkru leyti orðið útundan í þessum arðsemisreikningum. Orsökina er fyrst og fremst sú að vinnuhópnum hefur ekki tekist að afla nægilegra upplýsinga um þennan kostnaðarlið. Á hinn bóginn er hægt að taka nokkurt tillit til þessara þátta á óbeinan hátt ef ljóst er hvort þeir eru malbiki eða klæðingu til framdráttar, þó svo að ekki sé hægt að meta þá til verðs. Í þessum flokki eru:

- Tjón á bílum vegna steinkasts (skemmdir á lakki, brotnar framrúður o.þ.h.).
- Biksmit úr klæðingum
- Áhrif umferðarþunga á gæði nýlagðs slitlags.

- Áhrif vetrarviðhalds á gæði slitlags.
- Tíðni yfirlagna.
- Akstursþægindi.
- Aksturskostnaður.
- Slysátíðni.
- Umhverfisáhrif.

Þessa liði er suma hverja afar erfitt að meta til verðs. Engu að síður er flestum tilfellum hægt að meta hvort áhrif þeirra eru malbiki eða klæðingu til framdráttar í arðsemisútreikningum, þó svo að þeir séu ekki verðlagðir. Í viðauka 2, minnisblöðum 2, 3, 4 og 6 er gerð nánari grein fyrir þessum kostnaðarliðum, en hér á eftir fara stuttorðar röksemdir fyrir mati á hverjum lið fyrir sig og hvort hann er malbiki eða klæðingu til framdráttar.

Tjón vegna steinkasts. Ef marka má upplýsingar þær sem koma fram í viðauka 2, minnisblaði 4, og eru byggðar á viðtölum við starfsmenn allmargra fyrirtækja, þá verður að telja vafalaust að tjón af völdum steinkasts er verulegt á ári hverju. Er þá aðeins tekinn með sá hluti sem nær til skemmda á lakki og framrúðum, þáttur steinkasts í slysum er undanskilinn, hver svo sem hann er. Enda þótt steinkast komi fyrir á malbikuðum slitlögum (sérstaklega þar sem axlir eru klæddar) og á malarvegum verður að telja næsta víst að skemmdir á bílum af steinkasti séu meiri vegna klæðinga en malbiks. Í arðsemissamanburði er steinkast þess vegna malbiki til framdráttar.

Biksmít úr slitlagi. Biksmít úr hefðbundnu malbiki er óþekkt hér á landi (ef undan eru skilin tilfelli þar sem bindiefnisinnihald hefur af slysi verið of mikið). Biksmít (blæðingar) úr klæðingum koma fyrir af og til og af ýmsum ástæðum, en kostnaðurinn er lítill. Í arðsemissamanburði er biksmít malbiki lítillaga til framdráttar.

Áhrif mikillar umferðar á nýlagt slitlag. Svo fremi malbikið nái að kólna að fullu áður en umferð er hleypt á hefur mikil umferð engin áhrif á slitlagið. Þegar klæðing á í hlut er viss hættá á að mikil umferð strax að lokinni útlögn geti skemmt slitlagið, sér í lagi ef mikið rignir um leið. Skemmdir af þessu tagi eru nær óþekktar þar sem umferð er lítil en tíðni þeirra vex hratt með aukinni umferð. Í arðsemissamanburði er þessi eiginleiki malbiki lítillaga til framdráttar.

Áhrif vetrarviðhalds á gæði slitlags. Klæðingar eru viðkvæmari fyrir snjóruðningstækjum en malbik. Tennur taka sjaldan ofan af malbiki en það gerist nokkuð oft á klæðingum, einkum er vegmiðjan viðkvæm. Hinsvegar er þessi liður að mestu kominn inn í arðsemisreikningana sem viðhaldskostnaður á klæðingum. Í arðsemissamanburði er þessi eiginleiki malbiki lítillaga til framdráttar.

Tíðni yfirlagna. Hún er ótvírætt meiri fyrir klæðingar en malbik; í arðsemisreikningunum í þessari skýrslu þarf að jafnaði að leggja klæðingu fjórum sinnum fyrir hvert skipti sem malbik er lagt undir sambærilegum kringumstæðum. Beinn kostnaður af þessum sökum hefur verið tekinn inn í arðsemisreikningana. Hins vegar hefur ekki verið tekið tillit til óþæginda vegfarenda í formi ergelsis vegna tafa og annarra truflana. Í arðsemissamanburði er þessi eiginleiki malbiki lítillaga til framdráttar.

Akstursþægindi. Að því tilskildu að undirbygging sé sambærileg er ýfi á malbiksslitlagi og klæðingu svipað. Umferðarhávaði er meiri á klæðingum en malbiki a.m.k. fyrsta árið og þar sem yfirlagnatíðni klæðinga er margföld á við malbik er umferðarhávaðinn ótvírætt meiri á klæðingum en malbiki í heildina tekið. Í arðsemissamanburði er þessi eiginleiki malbiki lítillaga til framdráttar.

Aksturskostnaður. Að því tilskildu að undirbygging sé sambærileg er ýfi á malbiksslitlagi og klæðingu svipað og aksturskostnaður (þ.e. vélrænt slit á bíl og eldsneytiseyðsla) af þeim sökum svipaður. Slit á hjólbörðum er sennilega meira á klæðingu en malbiki fyrsta árið en svipað eftir það. Vegna margfalt tíðari yfirlagna er slit á hjólbörðum meira á klæðingu en malbiki í heildina tekið. Að líkindum er mismunur á aksturskostnaði lítill, en malbikinu þó heldur til framdráttar.

Slysátíðni. Að því tilskildu að undirbygging sé sambærileg er ýfi á malbiksslitlagi og klæðingu svipað og þar af leiðandi ekki mismunur á slysátíðni sökum ýfis á malbiki og klæðingu. Undir öllum venjulegum kringumstæðum er hemlunarviðnám fullnægjandi bæði á

klæðingu og malbiki; ef eitthvað er hefur klæðingin vinninginn, bæði vegna góðs hemlunarviðnáms strax eftir útlögn og einnig hefur klæðingin meiri hæfileika til að leiða vatn frá snertifleti hjólbarða og slitlags en malbik. Þessi mismunur er þó sennilega hverfandi eftir fyrsta árið. Klæðingarlagirnir eru margfalt tíðari en malbiksútlögn. Umferðartafir við malbiksútlögn eru meiri en þegar klæðing á í hlut, sem út af fyrir sig eykur slyshættu, en á móti kemur að umferð er stýrt með ljósum við malbiksútlögn sem dregur úr slyshættu. Óvíst er á hvorn veginn þessi mismunur fellur. Að einu leyti er slyshætta ótvírætt meiri á klæðingum en malbiki, hætta á að missa stjórn á bíl vegna lausamalar er meiri á klæðingu en malbiki meðan á útlögn stendur og þar til búið er að sópa slitlagið. Svona slys eru sennilega sjaldgæf en kostnaðurinn samt mikill vegna þess að slysakostnaður er mjög hár. Í arðsemissamanburði er þessi eiginleiki malbiki til framdráttar.

Auðlindanotkun. Tafla 6.1 sýnir þrjá þætti auðlindanotkunar, bindiefnis, steinefna og leysiefnanotkun á 35 ára tímabili. Í töflunni er gert ráð fyrir að umferðin sé 3000 ÁDU á opunarári og vaxi um 2,5 % á ári. Steinefni í báðum slitlagsgerðum hefur kvarntölu 7, en axlir eru klæddar með steinefni með kvarntölu 15.

Tafla 6.1. Samanburður á þáttum í auðlindanotkun malbiks og klæðingar á 35 ára tímabili, Umferð á opunarári er 3000 ÁDU og vex um 2,5 % á ári. Steinefni í slitlagi (malbiki og klæðingu) hefur kvarntölu 7.

Notkun hráefna	Malbik, kg/m ²	Klæðing, kg/m ²
Bindiefni	21	47
Steinefni	356	468
Leysiefni	0,31	4,68

Auðlindanotkun er erfitt að meta til fjár, en í öllu falli er hún talsvert meiri fyrir klæðingu en malbik og hvað leysiefnanotkun snertir miklu meiri. Nú er reynt eftir megni að draga úr notkun leysiefna af því tagi sem eru notuð í malbik og klæðingar vegna spilliáhrifa þeirra og þess vegna vegur notkun leysiefna þungt í þessum samanburði. Verð efnanna er hins vegar komið inn í samanburðinn sem efniskostnaður þar sem það á við. Í arðsemissamanburði er þessi eiginleiki malbiki til framdráttar.

Niðurstæða. Lauslegt mat á áhrifum kostnaðarþáttanna hér að framan er ávallt á þann veg að þeir yrðu malbiki til framdráttar ef þeir væru verðlagðir og teknir með í arðsemisútreikningana. Þótt flestir þeirra hafi að öllum líkindum lítil áhrif hver fyrir sig, verður að telja víst að malbik hafi vinninginn í arðsemi við minni umferð á opunarári en útreikningar án tillits til ofangreindra kostnaðarþátta gefa til kynna.

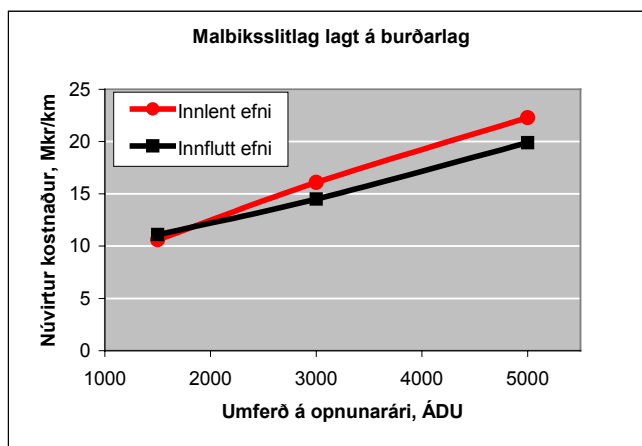
6.4 Mat á endingu klæðinga

Í forsendum fyrir endingu klæðingar er gert ráð fyrir að hún sé tvö ár ef umferð er á bilinu 4000-6000 ÁDU og eitt ár ef umferðin er meiri en 6000 ÁDU, án tillits til umferðar. Þetta endingarmat orkar tvímælis að því leyti að ending klæðingar hlýtur að fara minnkandi með vaxandi umferð, einnig eftir að hún hefur náð 6000 ÁDU. Á hinn bóginn er óraunhæft að reikna með að endurnýja klæðingu oftari en árlega. Með þessum rökum má halda því fram að ending klæðingar sé ofmetin þegar umferðin er orðin mjög mikil. Í annan stað er klæðing tæpast raunhæfur valkostur eftir að umferð er orðin mjög mikil (ef umferð á opunarári er 5000 ÁDU og eykst árlega um 2,5 %, er hún komin í tæp 12.000 ÁDU eftir 35 ár) og arðsemisreikningarnir að sama skapi ótraustir. Það er því ástæða til að ætla að malbik sé hagkvæmara en klæðing við minni umferð en arðsemisreikningarnir hér á undan sýna og að hraðar dragi í sundur með malbiki og klæðingu eftir að þeirri umferð er náð.

Í þessu sambandi er rétt að benda á að norsk heimild [SV 1994:30] gerir ráð fyrir að klæðing endist snöggtum betur en gengið er út frá í þessum arðsemisreikningum. Til dæmis reiknar áðurnefnd heimild með að klæðing endist 12 ár ef umferðin er 1000 ÁDU og 6-7 ár ef umferðin er 4000 ÁDU. Tilsvareandi tölur fyrir íslenskar klæðingar eru 7-8 ár og 2 ár og er þá reiknað með að kvarntalan sé 7 í íslensku klæðingunum.

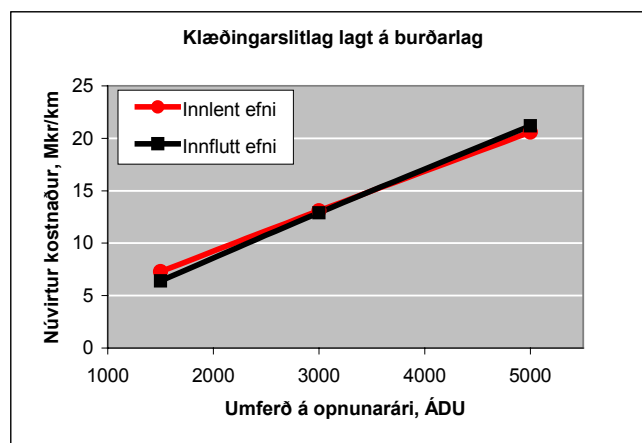
6.5 Samanburður á arðsemi malbiks og klæðingar úr innlendu og erlendu steinefni

Í arðsemissamanburðinum hafa verið gerðar vissar takmarkanir til að gera þá sem einfaldasta. Til dæmis hafa þeir verið miðaðir við steinefni með kvarnartölu 7 í báðum slitlagsgerðum. Nú er það svo að verð á steinefni lækkar að öðru jöfnu með hækkandi kvarnartölu og þess vegna væri hugsanlegt að finna leiðir til að lækka kostnað með öðru vali á steinefni. Þessar leiðir hafa ekki verið kannaðar nema að litlu leyti. Þó má geta þess að gerður hefur verið arðsemissamanburður á malbiki úr innfluttu steinefni með kvarnartölu 7 og innlendu steinefni¹² með kvarnartölu 15 sem er ódýrara en endist ver. Samanburðurinn var gerður fyrir þrjá flokka byrjunarumferðar og 2,5 % vöxt í umferð. Niðurstaðan er sýnd á mynd 6.4.



Mynd 6.4. Áhrif kvarnartölu á samanlagðan núvirtan heildarkostnað. Reiknivextir eru 6 % og samanburðartímabilið 35 ár. Dæmið á við vegarkafli á Hafnarmelum þar sem fyrsta slitlag er malbik, lagt á (fest eða óbundið) burðarlag. Umferð vex um 2,5 % á ári.

Miðað við gefnar forsendur og núverandi verðlag á steinefnum er hagkvæmara að malbika úr (innfluttu) steinefni með kvarnartölu 7 en kvarnartölu 15 (innlendu), nema því aðeins að umferð á opunarári sé lítil, 1500 ÁDU eða minni. Það útilokar þó ekki að undir einhverjum kringumstæðum geti verið hagkvæmt að taka malbik úr innlendu efni fram yfir malbik úr innfluttu steinefni.



Mynd 6.5. Áhrif kvarnartölu á samanlagðan núvirtan heildarkostnað. Reiknivextir eru 6 % og samanburðartímabilið 35 ár. Dæmið á við vegarkafli á Hafnarmelum þar sem fyrsta slitlag er klæðing, lögð á (fest eða óbundið) burðarlag. Umferð vex um 2,5 % á ári.

¹² Þess má geta að innlent steinefni með kvarnartölu 7 hefur hingað til aðeins fundist á fáum stöðum hérlendis, algengast er að kvarnartalan sé á bilinu 10-15. Innflutt steinefni hefur hins vegar yfirleitt kvarnartölu 7 eða þar um bil og að auki miklu betri ljóstæknilega eiginleika en íslenskt steinefni.

Mynd 6.5 sýnir hliðstæðan samanburð fyrir klæðingu, annars vegar úr innlendu efni með kvarnartölu 7, hins vegar innlendu efni með kvarnartölu 15. Munurinn er afar lítill og nánast óháður umferð.

6.6 Ályktanir

Niðurstöður arðsemisreikninga af þessu tagi eru háðar forsendum eins og komið hefur fram hér að framan. Að gefnum þeim takmörkunum sem forsendurnar setja arðsemisreikningunum sýnist mega draga eftirfarandi ályktanir:

- a) Ef gert er ráð fyrir:
 - að malbik og klæðing sé hvorutveggja úr sterku steinefni (með kvarnartölu 7 eða þar um bil),
 - að samanburðurinn eigi við kafla í námunda við höfuðborgarsvæðið með fullgott burðarlag,
 - að umferðin vaxi um 2,5 % á ári,
 - að ódýrasta en jafnframt viðunandi viðhaldsleið sé valin fyrir hvort slitlag um sig,
 - að reiknivextir séu 6 %,

virðist klæðing vera ódýrari valkostur meðan umferð á opunarári er undir 4000 ÁDU eða þar um bil en eftir það sé malbik ódýrari valkostur. Í þessu sambandi virðist ekki skipta teljandi máli hvort slitlagið er lagt á (fest eða óbundið) burðarlag eða slitna klæðingu sem er hjólfarafyllt. Hins vegar skiptir vöxtur í umferð miklu máli, ef gert er ráð fyrir að hún breytist ekki milli ára er klæðing ódýrari valkostur en malbik að minnsta kosti upp að 5000 ÁDU á opunarári.
- b) Breytingar á reiknivöxtum hafa talsverð áhrif á niðurstöður arðsemisreikninganna. Lágir vextir eru malbiki til framdráttar.
- c) Næmnigreiningar gefa til kynna að 10 % verðhækkun á slitlagsefni (malbiki eða klæðingu) hækki núvirtan heildarkostnað um 6 % eða þar um bil en 10 % verðhækkun á öðrum kostnaðarliðum skipti litlu máli.
- d) Arðsemisreikningana með núverandi forsendum er auðvelt að laga að öðrum stöðum á landinu, þá nægir í flestum tilfellum að bæta staðarlagi við slitlagsverð. Breytingar sem hafa áhrif á endingu slitlags eru flóknari en framkvæmanlegar. Einnig er mögulegt að endurtaka útreikninga ef nákvæmari upplýsingar koma fram, til dæmis um kostnaðarliði sem ekki hefur tekist að verðleggja hingað til.
- e) Langflestir þjódvegir með umferð sem réttlætir malbikun eru innan seilingar frá fastri malbikunarstöð. Annarsstaðar má leysa vandann með færanlegri malbikunarstöð.
- f) Ný tækni sem gæti skekkt núverandi samkeppnisgrundvöll malbiks og klæðingar er ekki í sjónmáli. Hins vegar er sennilega hægt að gera malbikun hagkvæmari með því að steypa saman verkum í sveitarfélögum utan höfuðborgarsvæðisins samtímis því að nota færanlegar stöðvar og framleiða meira í einu.
- g) Kostnaður vegfarenda er vantallinn í útreikningum. Ýmis atriði sem að réttu lagi ættu að koma til álitá í arðsemismati sem þessu hefur ekki tekist að meta til verðs að svo stöddu og það kemur niður á áreiðanleika arðsemisreikninganna. Ástæðan er sú að upplýsingar sem hægt er með góðri samvisku að heimfæra upp á íslenskar aðstæður eru af mjög skornum skammti. Líklega yrði samkeppnisstaða malbiks betri en fram kemur í þessum arðsemisreikningum ef kostnaður vegfarenda kæmi að fullu inn í reikningana.

6.7 Tillögur að frekari rannsóknum

Þegar hér er komið sögu hafa vaknað ýmsar spurningar sem ekki er kostur að svara innan þess ramma sem verkefninu var ætlaður í upphafi en gæti engu að síður verið forvitnilegt að svara.

- Er hægt að finna ódýrari leiðir til að halda við klæðingum og/eða malbiki en hér hefur verið gert ráð fyrir?

- Hvaða áhrif hefði áhættugreining¹³ á niðurstöður arðsemisreikninganna?
- Hver er kostnaður vegfarenda í þeim tilfellum sem hann hefur verið lagður að jöfnu eða sleppt í framangreindum arðsemisreikningum?
- Hver yrðu áhrif af auðlindabókhalði (grænu bókhaldi) á niðurstöðurnar ef það væri fært?

¹³ *Áhættugreining*; á ensku: *risk analysis approach*. Í hnotskurn felst áhættugreining í svörum við eftirfarandi spurningum; a) hvað getur skeð (dæmi; verð á slitlagsefni hækkar um 5 %), b) hversu líklegt er að þetta hendi (dæmi; 25 % líkur á að slitlagsefni hækki um 5 %) c) hverjar eru afleiðingarnar. Á þennan hátt er óvissa í forsendum metin inn í niðurstöður og gefnar líkur á frávikum sem fall af stærð fráviksins.

HEIMILDASKRÁ

- [ÁJ 1997] Ásbjörn Jóhannesson. *Hagkvæmnissamanburður á malbikuðum og steyptum slitlögum í vegagerð*. Skýrsla nr. 97-09. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Reykjavík.
- [FH 1986] *Um arðsemismat*. Rit FH 1986:1. Fjárlaga- og hagsýslustofnun, Reykjavík.
- [FR 1998] Fredriksson, R. *Systematisk värdering av vägöverbyggnader och beläggningar*. http://www3.vv.se/produktion/pt/intdok/pdf_filer/vardering.pdf Sótt 2005-01-17.
- [LS 2001] *Lög um skipan opinberra framkvæmda, 2001 nr. 84*. <http://www.althingi.is/lagas/nuna/2001084.html> Sótt 2005-01-28.
- [NT 1999] Njörður Tryggvason. *Steyptar götur og vegir. Þróunarsaga 1937-1998*. Vegagerðin / Sementsverksmiðjan hf. Reykjavík.
- [RJ 1978] Rögnvaldur Jónsson. *Ottadekk 1978. Tilraun*. Áfangaskýrsla I. Undirbúningur tilrauna. Vegagerð ríkisins. Reykjavík.
- [SÁ 2001:89] *Samgönguáætlun 2003-2014*. Tillaga stýrihóps. [http://www.veg.is/vefur2.nsf/Files/Samgonguaetlun2003-2014/\\$file/Samgonguaetlun2003_2014.pdf](http://www.veg.is/vefur2.nsf/Files/Samgonguaetlun2003-2014/$file/Samgonguaetlun2003_2014.pdf) Sótt 2005-01-28.
- [SE 1996:3-8] Sund, E.K. *Life-Cycle Cost Analysis of Road Pavements*. Doktor ingenioravhandling 1996:100. NTNU, Institutt for veg- og jernbanebygging, Trondheim.
- [SS 2004] *Skýrsla samgönguráðherra um framkvæmd vegáætlunar 2003*. Vegáætlun. Lögð fyrir Alþingi á 130. löggjafarþingi 2003-2004. <http://www.althingi.is/pdf/thingskjal.php4?thing=130&skjalnr=1657>. Sótt 2005-01-14.
- [SV 1994] Senstad, P. *Bedre utnyttelse av vegens bæreevne*. Sluttrapport for etatsatsningsområdet. Vegdirektoratet, Veglaboratoriet, Oslo.
- [SV 1999] *Vegbygging*. Håndbok 018. Statens vegvesen, Vegdirektoratet. Oslo 1999.
- [SV 2002] *RV3/25 Midtskogen – Grundset. Konsekvensutredning*. Temarapport Nytte/kostnadsvurdering. Statens vegvesen, Hedmark vegkontor.
- [VV 1994] *Allmän teknisk beskrivning för vägkonstruktioner, VÄG 94*. Kapitel 6, Bitumenbundna lager. Vägverket, Publ 1994:26, Borlänge.
- [VV 2003] Valgeir Valgeirsson o. fl. *Viðhaldsaðferðir*. BUSL-Slitlaganefnd, skýrsla S-11. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Reykjavík.
- [WJ 1998] Walls, J. III; Smith, M.R. *Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design - Interim Technical Bulletin*. Publication No. FHWA-SA-98-079. Federal Highway Administration, Washington.
- [WM 2004] *Warm Mix Asphalt Technologies and Research*. <http://www.fhwa.dot.gov/pavement/wma.htm> Sótt 2005-01-16.
- [ÞI 1999] Þórir Ingason og Ásbjörn Jóhannesson. *Tilraunakafar á Reykjanesbraut – lokaskýrsla*. BUSL-Slitlaganefnd, skýrsla S-17. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Reykjavík.

VIÐAUKI 1
STAÐSETNING MALBIKUNARSTÖÐVA
OG BIRGÐATANKA

Stöð	Afköst	Tankrými
Ísafjörður	60 t	750 t
Færanleg stöð til Ísafjarðar eftir þörfum		
	Fjarlægð	Aksturstími
Patreksfjörður	172 km	2½ klst.
Hólmavík	224 km	2¾ klst.

Stöð	Afköst	Tankrými
Akureyri	40 t	750 t
	Fjarlægð	Aksturstími
Ólafsfjörður	61 km	1 klst.
Dalvík	44 km	¾ klst.
Húsavík	91 km	1¼ klst.
Raufarhöfn	245 km	3 klst.
Þórshöfn	240 km	3 klst.

Stöð	Afköst	Tankrými
Sauðárkrúkur	60 t	750 t
**Færanleg stöð		
	Fjarlægð	Aksturstími
Hvammstangi	108 km	1½ klst.
Blönduós	50 km	¾ klst.
Skagaströnd	54 km	¾ klst.
Siglufjörður	96 km	1¼ klst.

Stöð	Afköst	Tankrými
Egilsstaðir	40 t	*** Færanleg
Reyðarfjörður		800 t
	Fjarlægð	Aksturstími
Seyðisfjörður	28 km	¾ klst.
Neskaupsstaður	71 km	1 klst.
Eskifjörður	48 km	¾ klst.
Reyðarfjörður	34 km	¾ klst.
Höfn	247 km	2¾ klst.
Vopnafjörður	135 km	1½ klst.

Stöð	Afköst	Tankrými
Hlaðbær - Colas	100 t	
*Færanleg stöð starfrækt í Hafnarfirði		

Stöð	Afköst	Tankrými
Króksverk	60 t	
**Færanleg stöð starfrækt á Sauðárkróki		

Stöð	Afköst	Tankrými
Malarvinnslan	40 t	
***Færanleg stöð starfrækt á Egilsstöðum		

Stöð	Afköst	Tankrými
Helguvík	60 t	
Keflavíkflugvöllur	230 t	
Hafnarfjörður	100 t	1700 t
Hafnarfjörður	100 t	*Færanleg stöð
Reykjavík	170 t	7650 t
	Fjarlægð	Aksturstími
Vík	186 km	2¼ klst.
Hvolsvöllur	106 km	1½ klst.
Þorlákshöfn	51 km	¾ klst.
Ólafsvík	195 km	2½ klst.
Stykkishólmur	172 km	2 klst.
Hreðavatn	106 km	1¼ klst.
Kirkjubæjarklaustur	258 km	3 klst.

Ársmásumferð 2003

- 5000 -
- 3000 - 4999
- 1500 - 2999

Staðsetning malbikunarstöðva og birgðatanka

Fjarlægð til útlagningastaða

Stöð	Afköst	Tankrými
Vestmannaeyjar	20 t	200 t

VIÐAUKI 2

MINNISBLÖÐ

1. VERÐLISTAR OG STAÐARÁLAG
2. UM KOSTNAÐ VEGFARENDA
3. ÝFI Á KLÆÐINGU OG MALBIKI
4. KOSTNAÐUR VEGNA STEINKASTS ÚR KLÆÐINGUM
5. ENDING K8/11 OG K11/16 EFTIR KVARNARTÖLU
6. ÚTREIKNINGAR Á TAFAKOSTNAÐI

MINNISBLAÐ 1

VERÐLISTAR OG STAÐARÁLAG

I. VERÐLISTAR

1. Malbik

Forsenda: Reiknað er með verkáfangi sem er minnst 3.000 tonn, malbiksverð er miðað við höfuðborgarsvæðið.

Malbik, Y16, kvarnartala 7, innflutt (ljóst) efni, kr/tonn	6000
Malbik, Y16, kvarnartala 7, innflutt (ljóst) efni, 100 kg/m ² , kr/m ²	600
Malbik, Y16, kvarnartala 7, innflutt (ljóst) efni, 125 kg/m ² , kr/m ²	750
Malbik, Y16, kvarnartala 15, innlent efni, kr/tonn	5400
Malbik, Y16, kvarnartala 15, innlent efni, 100 kg/m ² , kr/m ²	540
Malbik, Y16, kvarnartala 15, innlent efni, 125 kg/m ² , kr/m ²	675
Malbik, efni, útlögn og flutningur á Reykjavíkursvæðinu, innflutt efni, 100 kg/m ² , meðalverð, kr/m ²	855
Malbik, efni, útlögn og flutningur á Reykjavíkursvæðinu, innlent efni, 100 kg/m ² , meðalverð, kr/m ²	795
Útlögn með límingu, kr/m ²	200
Flutningur á steinefnum eða malbiki, kr/tonn/km	20
Flutningur á biki (breytilegt verð með flutningsvegalengd), kr/tonn/km	26 eða 40
Jöfnunarlag undir klæðingu á axlir, a=1,25; þykkt 40 mm, kr/m ²	100
Hjólfarafylling með malbiki, efni og útlögn, kr/lm vegar	1600
Hjólfarafylling með Ralumac, efni og útlögn, kr/lm vegar	800
Tvöföld klæðing á axlir, 11/16+8/11, kvarnartala 15, kr/m ²	350
Einföld klæðing á axlir, 8/11, kvarnartala 15, kr/m ²	175
Viðgerðir (lagfæring) á malbiksslitlagi, (fimmta hvert ár), kr/lm vegar	20
Viðgerðir á öxlum (klæðingu, fimmta hvert ár), kr/lm vegar	35
Umferðartafir, kr/ÁDU	240

2. Klæðing

Tvöföld klæðing, 11/16+11/16, kvarnartala 15, kr/m ²	330
Tvöföld klæðing, 11/16+11/16, kvarnartala 7, kr/m ²	380
Tvöföld klæðing á axlir, 11/16+8/11, kvarnartala 15, kr/m ²	350
Einföld klæðing, yfirlögn á slitlag, 11/16, kvarnartala 15, kr/m ²	165
Einföld klæðing, yfirlögn á slitlag, 11/16, kvarnartala 7, kr/m ²	190
Einföld klæðing, yfirlögn á axlir, 8/11, kvarnartala 15, kr/m ²	175
Hjólfarafylling með Ralumac, efni og útlögn, kr/lm vegar	800
Viðgerðir (lagfæring) á slitlagi (annað hvert ár), kr/lm vegar	30
Viðgerðir á öxlum (klæðingu, fimmta hvert ár), kr/lm vegar	35
Umferðartafir, kr/ÁDU	60

3. Repave

Slitlag, Y16, Repave, kvarnartala 7, innflutt efni, kr/m ²	900
Slitlag, Y16, Repave, kvarnartala 15, innlent efni, kr/m ²	820
Umferðartafir, kr/ÁDU	50

II. STAÐARÁLAG

1. Tilgangur með notkun staðarálags

Til að einfalda arðsemisreikningana er notað sama grunnverð á malbiki og útlögn hvarvetna á landinu, en tekinn með sérstakur kostnaðarliður undir nafninu „staðarálag“. Staðarálag leggst á malbiksverð vegna flutninga á malbikunarstöð, aðföngum og malbiki og er mismunur á kostnaði við malbikun á Reykjavíkursvæðinu og utan þess. Staðarálag á að endurspeglar viðbótarkostnað, með höfuðborgarsvæðið sem viðmiðun, sem fylgir því að framleiða og/eða leggja út malbik utan höfuðborgarsvæðisins.

2. Forsendur

Reiknað er með verkáfangi sem er minnst 3000 tonn og flutningi á stöð um 400 km vegalengd. Þá er reiknað með að útlagt malbiksmagn sé 100 kg/m². Um útreikninga, sjá kafla 3 í þessu minnisblaði.

Fastur kostnaður:

Flutningur á stöð um 400 km vegalengd, kr	1.000.000
Laun, upphald o.fl., kr	500.000
Tengingar við rafmagn, kr	1.000.000
Lóðarleiga, leyfisgjöld, undirbúningskostnaður, kr	1.000.000
<i>Samtals, fastur kostnaður, kr</i>	<i>3.500.000</i>

Breytilegur kostnaður:

Kostnaðarauki vegna mannahalds við framleiðslu og útlögn utan Reykjavíkur, kr/tonn malbiks	500
Kostnaðarauki vegna flutnings á erlendum steinefnum frá uppskipunarhöfn, kr/tonn/km	20
Kostnaðarauki vegna flutninga á biki frá birgðastöð, kr/tonn/km	26 eða 40
Kostnaðarauki vegna flutninga á malbiki á útlagnarstað, kr/tonn/km	20

Innflutt steinefni, kostnaðarauki miðað við Reykjavík:

Kostnaðarauki vegna flutnings á steinefnum og/eða flutnings á biki:

- Uppskipun og blöndun á Grundartanga, kr/tonn af framleiddu malbiki 85
- Uppskipun og blöndun á Ísafirði, kr/tonn af framleiddu malbiki 250
- Uppskipun og blöndun á Sauðárkróki, kr/tonn af framleiddu malbiki 250
- Uppskipun og blöndun á Akureyri, kr/tonn af framleiddu malbiki 250
- Blöndun á Egilsstöðum, uppskipun á Reyðarfirði, kr/tonn af framleiddu malbiki 660
- Uppskipun og blöndun á Höfn í Hornafirði, kr/tonn af framleiddu malbiki 1135
- Uppskipun og blöndun í Þorlákshöfn, kr/tonn af framleiddu malbiki 120
- Uppskipun og blöndun í Helgúvík, kr/tonn af framleiddu malbiki 120

Innlent steinefni, kostnaðarauki miðað við Reykjavík:

Kostnaðarauki vegna flutninga á biki eingöngu (steinefni fyrir hendi á staðnum):

- Blöndun á Grundartanga, kr/tonn af framleiddu malbiki -400
- Blöndun á Ísafirði, kr/tonn af framleiddu malbiki 0
- Blöndun á Sauðárkróki, kr/tonn af framleiddu malbiki 0
- Blöndun á Akureyri, kr/tonn af framleiddu malbiki 0
- Blöndun á Egilsstöðum, kr/tonn af framleiddu malbiki 100
- Blöndun á Höfn í Hornafirði, kr/tonn af framleiddu malbiki 510
- Blöndun í Þorlákshöfn, kr/tonn af framleiddu malbiki 140
- Blöndun í Helgúvík, kr/tonn af framleiddu malbiki 140

3. Formúla fyrir staðarálagi (kr/m² miðað við að útlagt malbiksmagn sé 100 kg/m²)

<i>Blöndunarstaður</i>	<i>Erlent steinefni</i>	<i>Innlent steinefni</i>
Á Grundartanga	60+350.000/X+2Y	10+350.000/X+2Y
Á Ísafirði	75+350.000/X+2Y	50+350.000/X+2Y
Á Sauðárkróki	75+350.000/X+2Y	50+350.000/X+2Y
Á Akureyri	75+350.000/X+2Y	50+350.000/X+2Y
Á Egilsstöðum	115+350.000/X+2Y	60+350.000/X+2Y
Á Höfn	165+350.000/X+2Y	100+350.000/X+2Y
Í Þorlákshöfn	60+350.000/X+2Y	65+350.000/X+2Y
Í Helguvík	60+350.000/X+2Y	65+350.000/X+2Y

Í töflunni tákna X framleidd tonn malbiks á sama stað eftir flutning á færanlegri stöð. Þessum lið er sleppt ef malbikið er framleitt í fastri stöð. Y tákna flutningsvegalengd malbiks ef það er lagt utan heimamarkaðar malbikunarstöðvarinnar (með heimamarkaði er átt við svæði innan 20 km vegalengdar frá malbikunarstöðinni eða svo). Ef malbikið er lagt innan heimamarkaðar malbikunarstöðvarinnar er þessum lið sleppt.

Ef malbik er blandað í Reykjavík og lagt utan höfuðborgarsvæðisins má reikna með að kostnaðaraukinn sé $50+2*Y$ kr/m² þar sem Y er flutningsvegalengd malbiksins.

Staðarálág á Repave má áætla á þeirri forsendu að útlagt malbiksmagn sé 50 kg/m².

III. RÖKSTUÐNINGUR FYRIR ÚTREIKNINGUM Á STAÐARÁLAGI

1. Forsendur

Gert er ráð fyrir að bindiefnisinnihald sé 6 % í malbiki með erlendu steinefni en annars 7 %. Staðarálág er látið hlaupa á 5 kr. Útreikningarnir eru byggðir á minnisblaði frá Sigþóri Sigurðssyni, Malbikunarstöðinni Hlaðbæ-Colas hf.

2. Steinefni og bindiefni

GRUNDARTANGI

Erlent steinefni.

Steinefni: Geri ráð fyrir sama verði á steinefni og í Reykjavík.

Bindiefni: Flutningsvegalengd frá Reykjavík er 35 km, flutningskostnaður 40 kr/tonn/km, þyngdarhlutfall af malbiki 6 %.

Kostnaðarauki: $35 \text{ km} * 40 \text{ kr/tonnkm} * 6 / 100 = 84$ kr/tonn af framleiddu malbiki.

Innlent steinefni.

Steinefni: Gert er ráð fyrir að verð á steinefni sé 500 kr/tonn lægra en í Reykjavík sökum nálægðar við námu (Hólabrú).

Kostnaðarauki: -500 kr/tonn af framleiddu malbiki.

Bindiefni: Flutningsvegalengd frá Reykjavík er 35 km, flutningskostnaður 40 kr/tonn/km, þyngdarhlutfall af malbiki 7 %.

Kostnaðarauki: $35 \text{ km} * 40 \text{ kr/tonn/km} * 7 / 100 = 98$ kr/tonn af framleiddu malbiki.

Kostnaðarauki:

Erlent steinefni: 85 kr/tonn af framleiddu malbiki.

Innlent steinefni: -400 kr/tonn af framleiddu malbiki.

ÍSAFJÖRDUR

Erlent steinefni.

Steinefni: Gert er ráð fyrir að steinefni sé 10 % dýrara en í Reykjavík, eða 250 kr/tonn.

Bindiefni: Birgðatankur á staðnum, sama verð og í Reykjavík.

Innlent steinefni.

Steinefni: Gert er ráð fyrir sama verði á steinefni og í Reykjavík.

Bindiefni: Birgðatankur á staðnum, sama verð og í Reykjavík.

Kostnaðarauki:

Erlent steinefni: 250 kr/tonn af framleiddu malbiki.

Innlent steinefni: 0 kr/tonn af framleiddu malbiki.

SAUÐÁRKRÓKUR

Erlent steinefni.

Steinefni: Gert er ráð fyrir að steinefni sé 10 % dýrara en í Reykjavík, eða 250 kr/tonn.

Bindiefni: Birgðatankur á staðnum, sama verð og í Reykjavík.

Innlent steinefni.

Steinefni: Gert er ráð fyrir sama verði á steinefni og í Reykjavík.

Bindiefni: Birgðatankur á staðnum, sama verð og í Reykjavík.

Kostnaðarauki:

Erlent steinefni: 250 kr/tonn af framleiddu malbiki.

Innlent steinefni: 0 kr/tonn af framleiddu malbiki.

AKUREYRI

Erlent steinefni.

Steinefni: Gert er ráð fyrir að steinefni sé 10 % dýrara en í Reykjavík, eða 250 kr/tonn.

Bindiefni: Birgðatankur á staðnum, sama verð og í Reykjavík.

Innlent steinefni.

Steinefni: Gert er ráð fyrir sama verði á steinefni og í Reykjavík.

Bindiefni: Birgðatankur á staðnum, sama verð og í Reykjavík.

Kostnaðarauki:

Erlent steinefni: 250 kr/tonn af framleiddu malbiki.

Innlent steinefni: 0 kr/tonn af framleiddu malbiki.

EGILSSTAÐIR

Erlent steinefni.

Steinefni: Gert er ráð fyrir að steinefni sé 5 % ódýrara á Reyðarfirði en í Reykjavík, eða sem nemur 125 kr/tonn.

Flutningsvegalengd til Egilsstaða er 35 km, flutningskostnaður 20 kr/tonn/km.

Kostnaðarauki: $-125 + 35 \text{ km} * 20 \text{ kr/tonn/km} = 575 \text{ kr/tonn}$ af framleiddu malbiki.

Bindiefni: Flutningsvegalengd frá Reyðarfirði er 35 km, flutningskostnaður 40 kr/tonn/km, þyngdarhlutfall af malbiki 6 %.

Kostnaðarauki: $35 \text{ km} * 40 \text{ kr/tonn/km} * 6/100 = 84 \text{ kr/tonn}$ af framleiddu malbiki.

Innlent steinefni.

Steinefni: Gert er ráð fyrir sama verði á steinefni og í Reykjavík.

Bindiefni: Flutningsvegalengd frá Reyðarfirði er 35 km, flutningskostnaður 40 kr/tonn/km, þyngdarhlutfall af malbiki 7 %.

Kostnaðarauki: $35 \text{ km} * 40 \text{ kr/tonn/km} * 7/100 = 98 \text{ kr/tonn}$ af framleiddu malbiki.

Kostnaðarauki:

Erlent steinefni: 660 kr/tonn af framleiddu malbiki.

Innlent steinefni: 100 kr/tonn af framleiddu malbiki.

HÖFN

Erlent steinefni.

Steinefni: Gert er ráð fyrir 28 % hærra verði en í Reykjavík vegna smæðar skipa sem komast inn í höfnina.

Kostnaðarauki: $2500 \text{ kr/tonn} * 28 / 100 = 700 \text{ kr/tonn}$ af framleiddu malbiki.

Bindiefni: Flutningsvegalegd frá Reyðarfirði er 280 km, flutningskostnaður 26 kr/tonn/km (lækkaður vegna meira vægis flutningsvegalegðar en lestunar og losunar í flutningskostnaði), þyngdarhlutfall af malbiki 6 %.

Kostnaðarauki: $280 \text{ km} * 26 \text{ kr/tonn/km} * 6 / 100 = 437 \text{ kr/tonn}$ af framleiddu malbiki.

Innlent steinefni.

Steinefni: Gert er ráð fyrir sama verði á steinefni og í Reykjavík.

Bindiefni: Flutningsvegalegd frá Reyðarfirði er 280 km, flutningskostnaður 26 kr/tonn/km (lækkaður vegna meira vægis flutningsvegalegðar en lestunar og losunar í flutningskostnaði), þyngdarhlutfall af malbiki 7 %.

Kostnaðarauki: $280 \text{ km} * 26 \text{ kr/tonn/km} * 7 / 100 = 510 \text{ kr/tonn}$ af framleiddu malbiki.

Kostnaðarauki:

Erlent steinefni: 1135 kr/tonn af framleiddu malbiki.

Innlent steinefni: 510 kr/tonn af framleiddu malbiki.

ÞORLÁKSHÖFN**Erlent steinefni.**

Steinefni: Gert er ráð fyrir sama verði á steinefni og í Reykjavík.

Bindiefni: Flutningsvegalegd frá Reykjavík er 50 km, flutningskostnaður 40 kr/tonn/km, þyngdarhlutfall af malbiki 6 %.

Kostnaðarauki: $50 \text{ km} * 40 \text{ kr/tonn/km} * 6 / 100 = 120 \text{ kr/tonn}$ af framleiddu malbiki.

Innlent steinefni.

Steinefni: Gert er ráð fyrir sama verði á steinefni og í Reykjavík.

Bindiefni: Flutningsvegalegd frá Reykjavík er 50 km, flutningskostnaður 40 kr/tonn/km, þyngdarhlutfall af malbiki 7 %.

Kostnaðarauki: $50 \text{ km} * 40 \text{ kr/tonn/km} * 7 / 100 = 140 \text{ kr/tonn}$ af framleiddu malbiki.

Kostnaðarauki:

Erlent steinefni: 120 kr/tonn af framleiddu malbiki.

Innlent steinefni: 140 kr/tonn af framleiddu malbiki.

HELGUVÍK**Erlent steinefni.**

Steinefni: Gert er ráð fyrir sama verði á steinefni og í Reykjavík.

Bindiefni: Flutningsvegalegd frá Reykjavík er 50 km, flutningskostnaður 40 kr/tonn/km, þyngdarhlutfall af malbiki 6 %.

Kostnaðarauki: $50 \text{ km} * 40 \text{ kr/tonn/km} * 6 / 100 = 120 \text{ kr/tonn}$ af framleiddu malbiki.

Innlent steinefni.

Steinefni: Gert er ráð fyrir sama verði á steinefni og í Reykjavík.

Bindiefni: Flutningsvegalegd frá Reykjavík er 50 km, flutningskostnaður 40 kr/tonn/km, þyngdarhlutfall af malbiki 7 %.

Kostnaðarauki: $50 \text{ km} * 40 \text{ kr/tonn/km} * 7 / 100 = 140 \text{ kr/tonn}$ af framleiddu malbiki.

Kostnaðarauki:

Erlent steinefni: 120 kr/tonn af framleiddu malbiki.

Innlent steinefni: 140 kr/tonn af framleiddu malbiki.

3. Flutningur á stöð

Reiknað er með að fastur kostnaður við flutning á stöð sé 3.500.000 kr. Ef framleidd eru X tonn á staðnum verður kostnaðarauki vegna flutninga á stöð $3.500.000/X$ kr/tonn af framleiddu malbiki.

4. Annar kostnaður

Gert er ráð fyrir að kostnaður vegna mannahalds við framleiðslu og útlögn utan Reykjavíkur sé 500 kr/tonn umfram kostnað við framleiðslu og útlögn á Reykjavíkursvæðinu. Ekki er gerður greinarmunur á því hvort malbikið er framleitt í Reykjavík og lagt út utan Reykjavíkur eða hvort malbikið er framleitt og lagt út utan Reykjavíkur. Þetta er að sjálfsögðu ekki rétt en verður ekki sundurliðað frekar. Ennfremur er gert ráð fyrir sama umframkostnaði (500 kr/tonn) við framleiðslu malbiks í malbikunarstöðvum sem eru starfræktar af heimamönnum úti á landi (Sauðárkrókur, Akureyri, Egilsstaðir, Helguvík) vegna „óhagkvæmni smæðarinnar“.

Einnig er reiknað með að flutningskostnaður á malbiki sé 20 kr/tonn/km ef það er lagt utan heimamarkaðar stöðvarinnar hvar sem hún er staðsett. Þá er upphæð sem nemur flutningskostnaði innan heimamarkaðar látin ganga upp í aukakostnað vegna útlagnarflokksins.

5. Útreikningar

Samkvæmt ofanskráðu er staðarálag (miðað við Reykjavík) við framleiðslu og útlögn malbiks utan höfuðborgarsvæðisins:

- 500 kr/tonn vegna mannahalds við framleiðslu og útlögn.
- $3.500.000/X$ kr/tonn vegna flutnings á stöð. Þessum lið er sleppt ef ekki þarf að flytja stöð.
- $20*Y$ kr/tonn vegna flutnings á malbiki utan heimamarkaðar malbikunarstöðvarinnar, þar sem Y er fjarlægð til útlagningarstaðar í km (þessum lið er sleppt ef malbikið er lagt á heimamarkaði stöðvarinnar).
- Áður tilgreindur kostnaðarauki fyrir hvern stað vegna flutnings á steinefni og biki.

Samanlagt verður þetta:

$500 \text{ kr/tonn} + 3.500.000/X \text{ kr/tonn} + 20*Y \text{ kr/tonn} + \text{kostnaðarauki (kr/tonn) vegna steinefna og biks.}$

Ef reiknað er með 100 kg/m^2 verða formúlur fyrir staðarálagi á hvern m^2 þannig:

<i>Blöndunarstaður</i>	<i>Erlent steinefni</i>	<i>Íslenskt steinefni</i>
Á Grundartanga	$60+350.000/X+2Y$	$10+350.000/X+2Y$
Á Ísafirði	$75+350.000/X+2Y$	$50+350.000/X+2Y$
Á Sauðárkróki	$75+350.000/X+2Y$	$50+350.000/X+2Y$
Á Akureyri	$75+350.000/X+2Y$	$50+350.000/X+2Y$
Á Egilsstöðum	$115+350.000/X+2Y$	$60+350.000/X+2Y$
Á Höfn	$165+350.000/X+2Y$	$100+350.000/X+2Y$
Í Þorlákshöfn	$60+350.000/X+2Y$	$65+350.000/X+2Y$
Í Helguvík	$60+350.000/X+2Y$	$65+350.000/X+2Y$

Ef malbik er blandað í Reykjavík og flutt út fyrir höfuðborgarsvæðið má reikna með að kostnaðaraukinn sé $50+2*Y$ kr m^2 . Dæmi:

Selfoss	$50+2*60 = 170 \text{ kr/m}^2$
Hella	$50+2*100 = 250 \text{ kr/m}^2$
Borgarnes	$50+2*75 = 200 \text{ kr/m}^2$
Kirkjubæjarklaustur	$50+2*275 = 600 \text{ kr/m}^2$

MINNISBLAÐ 2

UM KOSTNAÐ VEGFARENDAR

Hér á eftir er aðeins reiknað með tveim slitlagsgerðum, klæðingu og malbiki. Í leiðbeiningum frá Federal Highway Administration um arðsemisreikninga í vegagerð¹ er kostnaði vegfarenda skipt í tvennt. Annars vegar er kostnaður sem fellur til á framkvæmdastað (work zone), hins vegar kostnaður sem fellur til við notkun vegarins þegar umferðin er óhindruð af framkvæmdum eða viðhaldi. Síðarnefndi kostnaðarþátturinn er fyrst og fremst háður yfi slitlagsins. Í skýrslunni er talið raunhæft að sleppa þessum þætti í kostnaði vegfarenda ef slitlagsgerðirnar í samanburðinum eru sambærilegar og yfi breytist ekki að ráði með tímanum. Þegar valið stendur um klæðingu og malbik er þó ekki sjálfsagt að þessa kostnaðarþætti megi leggja að jöfnu fyrir slitlagsgerðirnar. Þetta yfirlit er engan veginn tæmandi, til dæmis er alveg gengið fram hjá umferðarhávaða, enda erfitt að meta hann til verðs.

1. Tafakostnaður

Tafakostnaði á framkvæmdastað eru gerð nokkur skil í minnisblaði 6. Utan framkvæmda má gera ráð fyrir að tafakostnaður sé óháður slitlagsgerð.

2. Rekstrarkostnaður bíls

Honum má skipta upp í fjóra þætti, eldsneytiskostnað, hjólbarðaslit, vélrænt (mechanical) slit og skemmdir á bílum vegna steinkasts.

Eldsneytiskostnaður. Samkvæmt sænskri heimild² má gera ráð fyrir að eldsneytisnotkun sé 1-3 % meiri á klæðingu en malbiki fyrstu 3 árin. Sé nú gert ráð fyrir að mismunurinn sé 2 % að jafnaði og eldsneytiskostnaður sé um það bil 10 kr/km, er mismunurinn um það bil 0,2 kr/km. Ef ÁDU er notað sem eining (hentugra í arðsemisútreikningum) þá minnkar eldsneytiskostnaður um 75 kr/km/ár/ÁDU ef malbik kemur í stað klæðingar, ef framangreindar forsendur eru réttar og allir bílar lagðir að jöfnu til einföldunar. Síðan má gera ráð fyrir að þessi mismunur hverfi eftir að ekið hefur verið á klæðingunni í þrjú ár.

Engar upplýsingar eru tiltækar um mismun á eldsneytiskostnaði eftir slitlagsgerðum fyrir íslenskar aðstæður. Líklega er munurinn minni en áður nefnd sænsk heimild gefur til kynna, þar sem íslenskar klæðingar eru fremur feitar, yfirborðið jafnast fljótt og líkist þá malbiksyfirborði. Á móti kemur að íslenskar klæðingar eru tiltölulega oft endurnýjaðar og fyrir vikið er meira ekið á nýlegum klæðingum með tilheyrandi aukningu í eldsneytiskostnaði.

Sennilega er raunhæft að gera ráð fyrir að eldsneytiskostnaður sé að jafnaði meiri á klæðingum en malbiki. Þetta á við um akstur sem er óhindraður af framkvæmdum og viðhaldi. Á framkvæmdastað er líkast til enginn munur á eldsneytiskostnaði.

Á grundvelli framanskráðra upplýsinga einna verður að teljast óraunhæft að meta mismun á eldsneytiskostnaði við akstur á íslenskum klæðingum og malbiki.

Hjólbarðaslit. Samkvæmt áður nefndri sænskri heimild² má gera ráð fyrir að hjólbarðaslit sé 10-50 % meiri á klæðingu en malbiki fyrstu 3 árin. Með hliðsjón af upplýsingum frá Félagi íslenskra bifreiðaeigenda má áætla kostnað við endurnýjun hjólbarða á léttum bíl um 1,5 kr/km. Sé nú tekið meðaltal af áður nefndum mismun í hjólbarðasliti eftir slitlagsgerðum (30 %) fæst að vegfarandinn sparar 0,5 kr/km ef malbik kemur í stað klæðingar eða 180 kr/km/ár/ÁDU ef framangreindar forsendur eru réttar, og léttir bílar og þungir eru lagðir að

¹ James Walls III and Michael R. Smith. *Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design – Interim Technical Bulletin*. Report No. FHWA-SA-98-079. Federal Highway Administration, Washington, 1998.

² Rune Fredriksson. *Systematisk värdering av vägöverbyggnader och beläggningar* (glærusafn frá 1998). http://www3.vv.se/produktion/pt/intdok/pdf_filer/vardering.pdf Sótt 2005-03-01.

jöfnu til einföldunar. Síðan má gera ráð fyrir að þessi mismunur hverfi eftir að ekið hefur verið á klæðingunni í þrjú ár.

Mat á kostnaðarmismun vegna hjólbarðaslits eftir slitlagsgerðum er háður sömu annmörkum og mat á mismun í eldsneytiskostnaði. Engar upplýsingar eru tiltækar um mismun á hjólbarðasliti eftir slitlagsgerðum fyrir íslenskar aðstæður. Líklega er munurinn minni en áður nefnd sænsk heimild gefur til kynna, þar sem íslenskar klæðingar eru fremur feitar, yfirborðið jafnast fljótt og líkist þá malbiksyfirborði. Á móti kemur að íslenskar klæðingar eru tiltölulega oft endurnýjaðar og fyrir vikið er meira ekið á nýlegum klæðingum með tilheyrandi aukningu í hjólbarðasliti.

Sennilega er raunhæft að gera ráð fyrir að hjólbarðaslit sé að jafnaði meiri á klæðingum en malbiki. Þetta á við um akstur sem er óhindraður af framkvæmdum og viðhaldi. Á framkvæmdastað er líkast til enginn munur á hjólbarðasliti.

Á grundvelli framanskráðra upplýsinga einna verður að teljast óraunhæft að reyna að meta mismun á kostnaði vegna hjólbarðaslits við akstur á íslenskum klæðingum og malbiki.

Vélrænt slit. Vélrænt slit (á bílum) sem rekja má til ástands vegarins (ýfis) er sambærilegt fyrir klæðingu og malbik, þar sem gengið er út frá að ýfið sé sambærilegt fyrir þessar tvær slitlagsgerðir og þróist á svipaðan hátt með tímanum, sjá viðauka 2, minnisblað 3. Vélrænt slit hefur þess vegna ekki áhrif á niðurstöður arðsemisreikninganna.

Skemmdir á bílum vegna steinkasts. Þessum þætti eru gerð nokkur skil í viðauka 2, minnisblaði 4. Meginniðurstaðan er sú að kostnaður vegna skemmda á bílum vegna steinkasts (brotnar framrúður, brotin ljósker, skemmdir á lakki) sé umtalsverður og meiri á klæðingu en malbiki. Hins vegar eru engin tók á að meta þennan kostnað vegna skorts á upplýsingum.

3. Slysakostnaður

Slysakostnaður. Engar íslenskar rannsóknir eru tiltækar sem hægt er að nota til að bera saman slysakostnað á klæðingum og malbiki. Á tjonstilkynningum lögreglu er ekki gert ráð fyrir flokkun slitlags í malbik eða klæðingu; aðeins í bundið slitlag og óbundið. Þar með er heldur ólíklegt að nokkur íslenskur efniviður sé til sem hægt er að nota til að bera saman slysakostnað á malbiki og klæðingum.

Í sænsku yfirliti um áhrif slitlagseiginleika á umferð og umhverfið³ er tilgreint að hemlunarviðnám hafi mikil áhrif á slysatíðni og það sé mikilvægasti eiginleiki slitlagsins fyrir umferðaröryggi (bls. 8). Af þessu mætti ætla að slysatíðni tengd hemlunarviðnámi sé að öðru jöfnu minni á klæðingum en malbiki, að minnsta kosti á meðan yfirborð klæðingarinnar er gróft og laust við bindiefni.

Sænsk rannsókn⁴ frá 1984 sýnir engan mismun á slysatíðni á malbiki og klæðingum ef samanburðurinn er takmarkaður við slys með meiðslum (heimild 5, bls. 23). Ef öll slys eru tekin með kemur þó í ljós að þau eru um það bil 10 % tíðari á malbiki en klæðingu.

Samkvæmt nýlegri sænskri rannsókn eykst slysatíðni með ýfi (ósléttleika)⁵. Þar sem ætla má að ýfi sé álíka mikið á klæðingu og malbiki er rökrétt að ætla að ýfi hafi óveruleg áhrif í samanburði á slysatíðni eftir slitlagsgerðum.

Hjólfor hafa lítil áhrif á slysatíðni⁵ (bls. 10) og sennilega eru hjólfor álíka mikil í klæðingu og malbiki ef steinefnið er hið sama í báðum malbiksgerðum (og burðarlagið sambærilegt). Það er því ósennilegt að hjólfor hafi teljandi áhrif í samanburði á slysatíðni eftir slitlagsgerðum.

³ Anita Ihs och Georg Magnusson. *Betydelsen av olika karakteristika hos beläggningsytan for trafik och omgivning*. VTI Notat 71-2000. Väg- och transportforskningsinstitutet, Linköping, 2000.

⁴ U. Björketun. *Samband mellan vägbeläggningar och trafikolyckor vid olika väderlek*. VTI Meddelande 393, Statens väg- och trafikinstitut, Linköping, 1984.

⁵ Anita Ihs, Hans Velin, Mats Viklund. *Vägytans inverkan på trafiksäkerheten*. VTI Meddelande 909-2002. Väg- och transportforskningsinstitutet, Linköping, 2002.

Rune Fredriksson⁶ telur að slysakostnaður minnki um 0,8 SKR/m²/ár (7 IKR/m²/ár) þar sem umferð er 2000 ÁDT og um 5,5 SKR/m²/ár (48 IKR/m²/ár) þar sem umferð er 4000 ÁDT, ef klæðing kemur í stað malbiks.

Það sem sagt hefur verið hér að framan á við um slysatíðni þar sem umferðin er óhindruð af framkvæmdum eða viðhaldi. Í sænsku reiknilíkani fyrir rekstrarkostnað⁷ vegar er reiknað með að slysatíðni sé 50 % meiri á framkvæmdastað en þar sem umferð flæðir óhindruð. Þetta hlutfall er byggt á enskum rannsóknum.

Slys eru gífurlega kostnaðarsöm. Samkvæmt upplýsingum frá íslensku tryggingarfélagi er meðal kaskótjón um 310.000 kr (eigináhætta meðtalin) ef eingöngu eru taldar skemmdir á bílum. Slysakostnaður er að jafnaði 3.000.000 kr; 800.000 kr ef þolandi þarf ekki að fara á slysaveild, 2.000.000 kr ef hann þarf að fara á slysaveild, en tugir milljóna í alvarlegum slysum. Af þessu leiðir að mismunur á slysakostnaði eftir slitlagsgerðum getur verið mikill í krónum talið þótt mismunur á slysatíðni sé lítill.

4. Ígrundun

Hér á undan hafa verið færð rök að því að ýfi sé svipað á klæðingu og malbiki. Hvað hemlunarviðnám snertir þá er ekki líklegt að á því sé mikill munur og mælingar á íslenskum slitlögum, þótt fáar séu, benda til að það sé í langflestum tilfellum langt yfir tilgreindu lágmarki. Þetta þarf ekki að koma á óvart, eftir fyrsta veturinn hafa negldir hjólbarðar hreinsað bindiefnisslíkju af malbiki og eitthvað af efju kringum steina þannig að slitlagið er orðið hrjúft. Það sama á í stórum dráttum við um klæðingu þótt vissulega sé hætta á bindiefnisslíkju á klæðingum eftir heita sumardaga vegna blæðinga. Í stórum dráttum bendir þetta til þess að lítill munur sé á klæðingum og malbiki hvað aksturseiginleika snertir, að minnsta kosti eftir eitt til tvö ár undir umferð, enda er oft erfitt fyrir leikmenn að sjá eftir þann tíma hvort slitlagið er klæðing eða malbik. Við þetta bætist að mælingar á aksturseiginleikum íslenskra slitlaga eru af skornum skammti og þess vegna er ekki grundvöllur til að verðleggja mismun á aksturseiginleikum, ef hann er einhver. Með hliðsjón af þessu er tæpast raunhæft að gera ráð fyrir mismun á rekstrarkostnaði bíla eftir því hvort malbik eða klæðing á í hlut. Þar sem slysakostnaður er að verulegu leyti tengdur aksturseiginleikum slitlagsins er af framan-greindum ástæðum heldur ekki grundvöllur til að meta hann til verðs. Hins vegar eru slys mjög dýr, og sé einhver mismunur á slysatíðni á malbiki og klæðingum fyrir hendi, þá yrði hann sennilega afdrifaríkur fyrir niðurstöður arðsemissamanburðar ef slysakostnaður væri tekinn með.

Að einu leyti er ótvíræður munur á malbiki og klæðingum. Á nýlögðum klæðingum (áður en lausu steinefni er sópað af þeim) er meiri slysaþætta en á malbiki vegna hættu á að bílar taki að rása í lausamöl á klæðingum. Sömuleiðis er ótvírætt meira steinkast úr nýlögðum klæðingum en malbiki. Þennan mismun er þó ekki hægt að meta til verðs að svo stöddu vegna skorts á áreiðanlegum upplýsingum um þennan kostnað.

5. Ályktanir

Tafakostnaður er ótvírætt meiri þegar malbik er lagt heldur en klæðing og hann er hægt að meta með viðunandi nákvæmni. Þar af leiðandi er réttmætt að taka þennan lið með í arðsemisútreikningana.

Öðrum kostnaði vegfarenda er rétt að sleppa, ekki vegna þess að hann skipti ekki máli, heldur vegna þess að upplýsingar um þessa kostnaðarliði eru svo takmarkaðar að þeir verða ekki metnir til verðs með neinni vissu. Af framanskráðu sýnist líklegt að hann sé meiri á klæðingum en á malbiki.

⁶ Rune Fredriksson. *Systematisk värdering av vägöverbyggnader och beläggningar* (glærusafn frá 1998). http://www3.vv.se/produktion/pt/intdok/pdf_filer/vardering.pdf Sótt 2005-03-01.

⁷ Mårten Nilsson. *Modell för nuvärdesberäkning av en vägs funktionstidskostnad*. Publ 1991:053. Vägverket, Borlänge, 1991.

MINNISBLAÐ 3

ÝFI Á KLÆÐINGU OG MALBIKI

1. Íslenskar mælingar á ýfi

Fáeinar mælingar hafa verið gerðar á ýfi á íslenskum slitlögum með slitmælingatæki Malbik-unarstöðvarinnar Höfða hf og Vegagerðarinnar¹. Á hverjum stað voru mældir stuttir bútar, oftast 20-50 m langir og nokkrir saman, venjulega 5-15, sem mynda nokkur hundruð metra langa kafla.

Klæðing hefur verið mæld á þennan hátt á 11 köflum, langoftast yfirlögn eða klæðing á bundnu burðarlagi. Meðaltal IRI á þessum 11 köflum er 2,7 og ýfi á hverjum kafla er á bilinu 1,6-3,5.

Malbik hefur verið mælt á 5 stöðum, langoftast yfirlag eða fyrsta lag á bundnu burðarlagi. Meðaltal IRI á þessum 5 köflum er 1,9 og ýfi á hverjum kafla er 1,0-3,0.

2. Kröfur til ýfis í sænskum verklýsingum

Sænskar verklýsingar gera sömu kröfur til ýfis á malbiki og klæðingu². Kröfurnar eru mismunandi eftir ýfiflokkum (jæmnhetsklass) sem eru 5 talsins en óháðar slitlagsgærð, svo fremi slitlagið sé bundið. Á vegum með 90 km viðmiðunarhraða gilda reglur um 3. ýfiflokk; nánar tiltekið skal ýfi vera < 1,7 IRI á nýlögðu slitlagi, < 2,4 IRI á 1-3 ára slitlagi og < 2,6 IRI á 4-7 ára slitlagi. Um slitlag sem er lagt á óbundið burðarlag gilda önnur fyrirmæli, en kröfur til ýfis á malbiki og klæðingu eru engu að síður hinar sömu. Þessi IRI-gildi eiga við mælingar að sumarlagi, þau hækka ef mælt er á vegum með frostlyftingum.

3. Kröfur til ýfis í norskum verklýsingum

Norskar verklýsingar gera sömu kröfur til ýfis á malbiki og klæðingu³ en flokka þær eftir umferð. Á aðalvegum (stamveger) á ýfi að vera < 4,6 IRI ef umferð er 0-1500 ÁDU, < 4,1 IRI ef umferð er 1501-5000 ÁDU, og < 3,6 IRI ef umferð er > 5000 ÁDU. Þó má ýfi vera meira á 10 % af vegarkaflanum en þessar tölur segja til um.

4. Fróðleiksmolar frá Vägverket Production, Svíþjóð⁴

Klæðing hefur kosti:

- Minnkar slys um 6-9 % vegna styttri hemlunarvegalengdar m.a.
- Ljósendurkastseiginleikar eru betri á klæðingu en á steinríku malbiki.
- Ýfi eykst hægar á klæðingu en á malbiki.
- Klæðing hefur minni akstursmótstöðu en malbik þegar vatn, snjór eða slabb er á veginum, en engu að síður styttri hemlunarvegalengd.

-en líka galla:

- Umferðarhávaði er meiri fyrstu árin.
- Hjólbarðaslit er meira fyrstu 3 árin (50-10 %).
- Eldsneytiskostnaður vegfarenda er meiri fyrstu 3 árin (3-1 %).
- Hætta er á biksmiti og steinkasti á nýlögðum klæðingum.
- Burðaraukning er 50 % af burðaraukningu hefðbundins malbiks (Hot Rolled Asphalt).

¹ Ásbjörn Jóhannesson o.fl: *Tæki til slit- og ýfímælinga – lokaskýrsla*. BUSL – Slitlaganefnd, skýrsla S-20. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Reykjavík, 2000.

² *Allmän teknisk beskrivning för Vägkonstruktioner VÄG 94. 1. Gemensamma förutsättningar*. Publ 1994:21, Vägverket, Borlänge, 1994.

³ *Standard for drift og vedlikehold*. Håndbok 111, Statens vegvesen, Vegdirektoratet, Oslo, 1999.

⁴ Rune Fredriksson. *Systematisk värdering av vägöverbyggnader och beläggningar* (glærusafn frá 1998). http://www3.vv.se/produktion/pt/intdok/pdf_filer/vardering.pdf Sótt 2005-03-01.

Höfundurinn birtir samanburðartöflu yfir hjólbarða-, eldsneytis-, slysa- og umhverfiskostnað í kr/m²/ár (trafíkanteffekter och miljöpáverkan) þar sem hann ber saman klæðingu úr 16 mm steinefni (YTB16) og malbik úr 8 mm steinefni (ABT8) í nokkrum umferðarflokkum. Hann reikna síðan mismun þessara kostnaðarþátta í kr/m²/ár (segir ekki nánar hvernig). Niðurstaðan er sú að í umferðarflokknum 2000 ÁDU spari klæðingin útgjöld (í áður nefndum kostnaðarliðum) sem nemi 0,92-1,13 SKR/m²/ár (um 10 IKR/m²/ár). Við 4000 ÁDU hækka tölurnar í 5,29-5,34 SKR/m²/ár (um 50 IKR/m²/ár).

Sami höfundur birtir yfirlit um þróun IRI með tíma og flokkar eftir staðsetningu í Svíþjóð, sjá eftirfarandi töflu.

Tafla yfir hlutfall klæðinga og malbiks (í sviga) þar sem umferð er 1000-2000 ÁDU_k og IRI er > 4 (ath. að þetta er ÁDU pr. akrein, 2000-4000 ÁDU á okkar mælikvarða).

Staður	Aldur 2 ár	Aldur 5 ár	Aldur 8 ár
Suður-Svíþjóð	2,5 (1,5) %	2,5 (2,5) %	2,5 (3,5) %
Mið-Svíþjóð	3,5 (4,5) %	5,0 (7,0) %	6,5 (11,5) %
Norður-Svíþjóð	3,0 (3,5) %	7,0 (7,5) %	16,0 (15,0) %

Svías tilgreina aðrar kröfur til ýfis þegar vegir eru frosnir og leyfa meira ýfi. Dæmi eru um að ýfi aukist um 450 % vegna frostlyftinga⁵. Í sænskum stöðlum⁶ virðist vera gert ráð fyrir að ýfi aukist um 50-100 % þegar vegurinn frýs.

5. Ígrundun

IRI er lítt næmt fyrir öldulengdum sem eru minni en 1,2 m⁷. Af þessu sést að IRI ræðst af undirlaginu og hegðun þess, ekki af gerð slitlagsins. Breytingar á IRI eftir staðsetningu í töflunni hér að ofan eiga væntanlega rót sína að rekja til frostlyftinga. Líklega á hið sama við um breytingar á ýfi eftir aldri. Þess vegna er óraunhæft að reikna með mismun á IRI eftir slitlagsgerð eingöngu.

Mismunur eftir slitlagsgerð á íslenskum mælingum á ýfi stafar sennilega annars vegar af því að sumar malbiksmælingarnar eru gerðar í Reykjavík þar sem meira er vandað til undirbyggingar en gerist fyrir klæðingar, hins vegar af því að aldur slitlagsins var ekki tekinn með í yfirlitið sem getur haft truflandi áhrif á samanburðinn. Þar fyrir utan eru mælingarnar mjög fáar, einkum á malbiki, og geta þess vegna gefið ranga mynd af ýfi.

6. Ályktun

Þar sem IRI tekur lítið tillit til ýfis með styttri bylgjulengdir en 1,2 m er óraunhæft að gera ráð fyrir að það skipti máli hvort slitlagið er malbik eða klæðing, það er undirlagið en ekki slitlagsgerðin sem skiptir máli fyrir ýfi. Vegagerðin gerir sömu kröfur til undirbyggingar hvort sem slitlagið er malbik eða klæðing. Meðan nánari upplýsingar eru ekki fyrir hendi er þess vegna rökrétt að álykta að ýfi sé að öðru jöfnu svipað á malbiki og klæðingu á þjóðvegum (breytist ekki þótt malbik taki við af klæðingu) og hafi þess vegna ekki áhrif á niðurstöður arðsemisreikninga.

⁵ Johan Granlund. *Pavement Management Systems. Objektivnivå* (glærusafn). <http://www.shell.linux.se/joho/files/Link%F6ping%209901.ppt> Sótt 2005-03-01.

⁶ *Allmän teknisk beskrivning för Vägkonstruktioner VÄG 94. 1. Gemensamma förutsättningar*. Publ 1994:21, Vägverket, Borlänge, 1994.

⁷ Ásbjörn Jóhannesson o.fl: *Tæki til slit- og ýfímælinga – lokaskýrsla*. BUSL – Slitlaganefnd, skýrsla S-20. Rannsóknastofnun byggingariðnaðarins, Reykjavík, 2000.

MINNISBLAÐ 4

KOSTNAÐUR VEGNA STEINKASTS ÚR KLÆÐINGUM

1. Inngangur

Í þessu minnisblaði er gerð stutt grein fyrir niðurstöðum óformlegrar könnunar sem gerð var meðal nokkurra fyrirtækja (málningarverkstæði, bílaverkstæði, bílaleigur og tryggingafélög). Þau voru tólf talsins og valin af handahófi úr hópi þeirra sem voru talin líkleg til að geta veitt upplýsingar sem nota mætti til að meta tjón af völdum steinkasts úr klæðingum. Einnig var stuðst við upplýsingar frá Umferðarstofu, m.a. um fjölda ökutækja.

Upplýsingarnar sem fyrirtækin veittu voru notaðar til að áætla kostnað vegna steinkasts úr klæðingum, annarsvegar vegna skemmda á lakki, hins vegar vegna skemmda á framrúðum. Annar kostnaður var ekki tekinn með, ekki heldur slysakostnaður sem rekja mætti til steinkasts. Kostnaðarmælikvarðinn er kr/bíl/ár.

Flest fyrirtækin gátu gefið einhverjar upplýsingar sem komu að gagni til að meta skemmdir af steinkasti, en aðeins eitt fyrirtæki lagði fram sundurliðaðar kostnaðartölur, sem þó eru að hluta til byggðar á huglægu mati. Að öðru leyti eru upplýsingarnar í flestum tilfellum persónulegt mat þess sem talað var við. Í úrvinnslu gagnanna reyndist óhjákvæmilegt að giska á nokkra stuðla sem nauðsynlegir eru til að komast að einhverri niðurstöðu um kostnað af völdum steinkasts í klæðingum. Þess vegna eru niðurstöðurnar meira í ætt við ágiskanir en raunhæfar kostnaðartölur, og notagildi þeirra þess vegna takmarkað.

Í útreikningunum er gert ráð fyrir að helming tjóna á framrúðum og lakki megi rekja til steinkasts úr klæðingum. Einnig er reiknað með að skemmdir á bílaleigubílum séu umtalsvert meiri en á bílum í einkeign; reiknað er með að skemmdir á bíl í einkaeign sé 75 % af skemmdum á bílaleigubíl, miðað við sama fjölda ekinna km. Þá er reiknað með að akstur á einkabíl sé að jafnaði 20.000 km á ári. Aðrar skemmdir af steinkasti (t.d. á ljóskerjum) er ekki reynt að áætla en vera má að kostnaður vegna þeirra sé að einhverju leyti innifalinn í kostnaðartölum fyrir lakk og framrúður.

2. Nokkrir fróðleiksmolar úr viðtölum

Nú orðið er fremur lítið um að bílar komi í málningu gagngert vegna skemmda af steinkasti, algengara að beðið sé um lagfæringar á lakki í tengslum við aðrar viðgerðir. Skemmdir af steinkasti hafa minnkað mikið á undanförunum árum, en bílar eru oft illa farnir, steinarnir eru svo hvassir. Oftast er nýlögðum klæðingum kennt um, en einnig var bent á að bílar verða fyrir skemmdum af steinum sem losna upp úr malbiki, líka innanbæjar. Eitt dæmi var tekið sem bendir ótvírætt til sambands milli steinkasts úr klæðingum og skemmda á bílum; þegar axlir á Reykjanesbraut voru klæddar einhverju sinni, rigndi inn tilkynningum um sama leyti um brotnar framrúður.

Skoðanir eru skiptar um þátt bílstjóra í skemmdum af steinkasti, sumir telja að þær séu sjálfskaparvítí, fari eftir aksturslagi, aðrir telja óforsvaranlegt að nota klæðingu á vegi. Sú skoðun kom fram að skemmdir á bílum hefði ekkert með aksturskunnáttu að gera; því var einnig haldið fram að merkingar væru ófullnægjandi, nýlagðar klæðingar þyrftir að merkja með blikkandi ljósum (einum fannst ástæða til að merkja þær sem jarðsprengjusvæði).

Samkvæmt upplýsingum frá tryggingarfélagi eru framrúðutjón ekki flokkuð eftir slitlagsgerð, raunar er heldur ekki skráð hvar rúðan brotnar svo nokkurt gagn sé að. Þar af leiðandi eru engin gögn tiltæk sem má nota til að flokka skemmdir af steinkasti á slitlagsgerðir. Um hlut klæðinga í skemmdum af steinkasti voru nefndar tölurnar 50 og 80 %, hvorutveggja ágiskanir. Einn viðmælandi taldi að skemmdir af steinkasti úr klæðingum yrðu að mestu leyti á framkvæmdatímanum, það er meðan verið er að leggja klæðingar og og næstu viku á eftir. Annar benti á að það er ekki nóg að sópa lausum steinum af klæðingum út í vegkantinn; þegar

flutningabílar mæta öðrum bílum geta þeir fyrrnefndu þurft að víkja út í kant og ausa þá upp lausum steinum sem hefur verið sópað út í vegkantinn.

3. Niðurstöður

Af ásettu ráði eru engar kostnaðartölur birtar sem rekja má til einstakra fyrirtækja, þar sem lítið er svo á að þær séu trúnaðarmál. Taflan hér á eftir er byggð á tölum sem fengust úr viðtölunum. Farin var sú leið að reikna út líklegan kostnað fyrir einkabíl af meðalstærð sem ætla mætti að stafaði af steinkasti úr klæðingum, annars vegar vegna skemmda á lakki, hins vegar skemmda á framrúðum, miðað við upplýsingar frá nokkrum fyrirtækjum. Á þennan hátt fengust fjórar mismunandi tölur fyrir skemmdir á rúðum og sjö mismunandi tölur fyrir lakkskemmdir. Rétt er að taka fram að tölur innan hvors flokks um sig eru ekki óháðar, sömu stuðlar (sem eru ágiskanir) kunna að vera notaðir til að reikna út skemmdakostnað fyrir fleiri en eina tölu. Af töflunni má ráða að tölur í hvorum flokki fyrir sig spanni mjög breitt svið sem endurspeglar verulega óvissu um notagildi niðurstaðnanna og sýnir ef til vill best hvað þær eru byggðar á veikum grunni.

Tafla. Áætlaður kostnaður vegna skemmda á meðalstórum fólksbíl (aðeins á lakki og framrúðum) vegna steinkasts úr klæðingum. Niðurstöðurnar eru ekki byggar á traustum grunni og ber að skoða sem lauslega áætlun.

Stiki	Lakkskemmdir kr/bíl/ár	Framrúður kr/bíl/ár
Meðaltal	3550	1550
Miðgildi	3000	1525
Lægsta gildi	1000	550
Hæsta gildi	7200	2600

4. Ígrundun

Miðað við tölur í töflunni er líklegast að tjón af steinkasti úr klæðingum á meðalstórum fólksbíl sé samanlagt um 4500 kr/bíl/ár (miðgildi er traustari tala en meðaltal þar sem lítið sem ekkert er vitað um tölfræðilega dreifingu). Nú er allsendis óvíst hversu stór hluti fólksbílaflotans verður fyrir steinkasti úr klæðingum, þar sem einhver hluti hans fer sennilega lítið út fyrir borgarmörkin, og líklega er engin leið fær til að hafa upp á upplýsingum um það.

Fjöldi fólksbíla á númerum er um 150.000 (í febrúar 2005). Ef gert er ráð fyrir að 2/3 hlutar þeirra sæti steinkasti úr klæðingum er heildartjón af þeirri ástæðu samkvæmt ofanskráðu um 450 millj. kr á ári. Þá eru ótaldir stórir bílar sem eflaust verða fyrir einhverju tjóni af steinkasti úr klæðingum.

Til samanburðar má taka iðgjald af framrúðutryggingu fyrir meðalstóran fólksbíl sem er um 2500 kr/bíl/ári eða 375 millj. kr á ári fyrir fólksbílaflotann ef allir bílar á númerum eru tryggðir. Af því má ætla að áðurnefnd tala um kostnað af steinkasti úr klæðingum þurfi ekki að vera fráleit.

Hér að framan er gert ráð fyrir að helmingur kostnaðar vegna steinkasts sé vegna klæðinga (slys sem má rekja til steinkasts ekki meðtalin, ef einhver eru). Þetta val er umdeilanlegt. Í fyrsta lagi er sennilega einhver hluti steinkasts sem verður á malbikuðum slitlögum frá klæðingum eða lausamöl á öxlum. Í öðru lagi á hluti af kostnaði vegna steinkasts rót sína að rekja til malarvega en sá hluti er ekki ýkja stór, ekin heildarlengd á malarvegum er talin vera 5-10 % af heildarakstri á þjóðvegum¹. Í þriðja lagi er vafalítið eitthvað um skemmdir frá steinum sem losna upp úr malbikuðum slitlögum. Sá hluti er þó að öllum líkindum lítill, bæði af því að steinar losna ekki úr malbiki nema í skemmdum og ennfremur er meirihluti aksturs á malbiki innan þéttbýlis þar sem aksturshraði er mun minni en úti á þjóðvegum og þar af leiðandi minni

¹ Skv. símtali við Auði Þóru Árnadóttur, Vegagerðinni, 2005-01-10.

líkur á skemmdum. Af þessu sést að rétta hlutfallið er vandfundið, þótt telja megi víst að kostnaður vegna steinkasts sé meira vegna klæðinga en malbiks. Tiltæk gögn gefa ekki möguleika á að meta þetta hlutfall með neinni nákvæmni. Þau gefa heldur enga möguleika á að tengja saman ekna vegalengd á klæðingum og kostnað af steinkasti. Þar með er útilokað að taka þennan kostnað með í arðsemismat í samanburði á klæðingum og malbiki.

5. Ályktanir

Kostnaður vegfarenda vegna steinkasts úr klæðingum er umtalsverður, nemur lauslega áætlað um 450 millj. kr á ári. Kostnaður vegna steinkasts úr malbiki er að öllum líkindum talsvert minni. Miðað við fyrirbyggjandi upplýsingar er ógerlegt að tengja kostnað af steinkasti við akstur á klæðingum og malbiki sem geri kleift að taka þennan kostnað með í arðsemissamanburð á malbiki og klæðingu.

MINNISBLAÐ 5

ENDING K8/11 OG K11/16 EFTIR KVARNARTÖLU

1. Inngangur

Í viðhaldsstjórnunarkerfi Vegagerðarinnar, ROSY, er ending klæðingar miðuð við efni með kvarnartölu 10 eða þar um bil. Hér er ending klæðingar úr steinefni með kvarnartölu 7 áætluð út frá þekktu samhengi kvarnartölu og slits á malbiki ásamt endingu klæðingar úr steinefni með kvarnartölu 10.

2. Aðferð

Með stoð í heimild um samhengi kvarnartölu og slits¹ má finna út að ending á Y-16 eykst (lauslega reiknað með aðhvarfsgreiningu, án þess að vega niðurstöður með fjölda mælinga) um 16 % ef farið er úr kvarnartölu 10 í kvarnartölu 7, sjá eftirfarandi útreikninga.

SUMMARY OUTPUT		Grunngögn				
		Kvarnartala	Slit (SPS)			
Regression Statistics		6,1	25,3			
Multiple R	0,95	16,5	41,5			
R Square	0,90	23,6	57			
Adjusted R Square	0,88	8,8	37,5			
Standard Error	3,75	6,8	31			
Observations	7	7,2	31			
		8	26,5			
ANOVA						
	df	SS	MS	F	Significance F	
Regression	1	657,0624484	657,0624	46,60935	0,00103	
Residual	5	70,48612298	14,09722			
Total	6	727,5485714				
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	18,163	2,9328	6,19	0,0016	10,624	25,702
X Variable 1	1,593	0,2333	6,83	0,001	0,993	2,193
Niðurstaða						
	Kvarnar-tala	Slit SPS	Endingar-hlutfall			
	7	29,3	1,16			
	10	34,1	1,00			

3. Endingaráætlun klæðinga úr steinefni með kvarnartölu 7

Umferð	Ending skv. ROSY (kvarnartala 10)		Áætluð ending (kvarnartala 7)	
	K11/16	K8/11	K11/16	K8/11
0-320	8	8	9	9
320-1000	7	7	8	8
1000-1600	6	5	7	6
1600-2600	5	3	6	3
2600-3200	4	2	5	2
3200-4000	2	-	2	-

¹ Halldór Torfason. *Kúlnakvarnarpróf – lokaskýrsla*. BUSL-Efnisgæðanefnd, skýrsla E-11, Reykjavík 1996.

MINNISBLAÐ 6

ÚTREIKNINGAR Á TAFAKOSTNAÐI

1. Inngangur

Í þessu minnisblaði eru sýndir útreikningar á töfum sem vegfarendur verða fyrir vegna nýlagna eða viðhalds á klæðingu og malbiki. Í útreikningunum er gert ráð fyrir að nýlög eða viðhald nái yfir 5000 m kafla með tveim akreinum og umferð í báðar áttir. Stuðst er við fyrirmæli Vegagerðarinnar um vegmerkingar¹.

2. Klæðing

Gert er ráð fyrir að 5000 m kafla verði klæddur á einum vinnudegi og hann verði sópaður morguninn eftir þannig að áhrif á umferð standi í réttan sólarhring. Enn fremur er reiknað með að hraðatakmarkanir verði settar á kaflann þannig:

Á 300 m kafla: 30 km hámarkshraði í einn sólarhring (einföldun; í rauninni á þetta aðeins við meðan á útlögn stendur, líklega nær 8 klst en 24).

Á 5000 m kafla: 50 km hámarkshraði í einn sólarhring.

Ennfremur er reiknað með að umferðin sé 3000 ÁDU. Takmarkanirnar snerta þá 3000 bíla. Tafatími samtals verður þá 145 klst, sjá eftirfarandi útreikninga.

Tafareikningar, klæðing:							
Dagar	Umferð	Lengd	Hraði	Tími	Töf	Fjöldi bíla	Uppsöfn- sem uð töf
	ÁDU	m	km/klst	klst	klst/bíl	tefjast	klst
1	3000	5000	90	0,056	(án takmarkana)		
		4700	50	0,094	(kafla með hraðatakmarkun)		
		300	30	0,010	(vinnusvæði)		
					0,048	3000	145
					Samtals tafatími, klst		145

Nú er gert ráð fyrir að 10 % sé þung umferð, og helmingur hennar vagnlestir, en að öðru leyti er umferð ekki sundurgreind. Til dæmis er ekki reynt að sundurgreina frístundaumferð og umferð manna á launum.

3. Malbikun

Afkost malbikunarvélar eru 3-20 m/mín skv. heimildum frá Asphalt Institute, sem svarar lauslega áætlað til 60-400 tn/klst. Hér er reiknað með 600 tonna lögn á dag (með færslum milli akreina, töfum o.þ.h.) sem svarar um það bil til 1,0 km á dag. Þar af leiðandi tekur um það bil fimm daga að leggja á 5 km kafla, á báðar akreinar, með 10 klst vinnudegi við útlögn. Þetta er líklega naumt reiknað í tíma.

Einnig er reiknað með að annari akreininni sé lokað með umferðarljósum á 1000 m kafla meðan á límingu og útlögn stendur, sem líklega er algert lágmark vegna kólnunar á malbiki áður en umferð er hleypt á.

Að malbikun lokinni þarf að hækka axlir, sem að hluta má gera samhliða útlögn en hálfur dagur bætist við vegna þess að útlögn lokinni.

Gert er ráð fyrir að hraðatakmarkanir verði settar á kaflann þannig:

Malbikun:

Á 1000 m kafla: 30 km hámarkshraði í fimm sólarhringa.

Vinna við axlir:

Á 700 m kafla: 50 km hámarkshraði í hálfan sólarhring.

Á 300 m kafla: 30 km hámarkshraði í hálfan sólarhring.

¹ Vegagerðin. *Merkingar vinnusvæða*. Reykjavík 2000.

Ennfremur er gert ráð fyrir að umferðin sé 3000 ÁDU. Takmarkanirnar snerta þá 15.000 bíla meðan á malbikun stendur en 1500 bíla meðan axlir eru hækkaðar.

Tafatími samtals verður þá 593 klst, sjá eftirfarandi útreikninga.

Tafareikningar, malbik:

Dagar	Umferð	Lengd	Hraði	Tími	Töf	Fjöldi bíla	Uppsöfn- uð töf
	ÁDU	m	km/klst	klst	klst/bíl	tefjast	klst
5	3000	1000	90	0,011	(án takmarkana)	15000	573
		1000	30	0,033	(aksturstími á grænu ljósi)		
				0,016	(biðtími á rauðu ljósi)		
				0,038	0,038		
0,5	3000	1000	90	0,011	(án takmarkana)	1500	19
		700	50	0,014	(kafli með hraðatakörkun)		
		300	30	0,010	(vinnusvæði)		
						Samtals tafatími, klst	593

Nú er gert ráð fyrir að 10 % sé þung umferð, og helmingur hennar vagnlestir, en að öðru leyti er umferð ekki sundurgreind. Til dæmis er ekki reynt að sundurgreina frístundaumferð og umferð manna á launum.

4. Repave

Hér er reiknað með að það taki þrjú daga að leggja á 5 km kafla, báðar akreinar, með Repave. Hér þarf ekki að stýra umferð með ljósum, en gert ráð fyrir að hraðinn verði takmarkaður við 30 km á 300 m kafla við vélarnar og við 50 km á 700 m kafla fyrir aftan þær.

Tafareikningar, Repave:

Dagar	Umferð	Lengd	Hraði	Tími	Töf	Fjöldi bíla	Uppsöfn- uð töf
	ÁDU	m	km/klst	klst	klst/bíl	tefjast	klst
3	3000	1000	90	0,011	(án takmarkana)	9000	116
		700	50	0,014	(kafli með hraðatakörkun)		
		300	30	0,010	(vinnusvæði)		
				0,013			
						Samtals tafatími, klst	116

Nú er gert ráð fyrir að 10 % sé þung umferð, og helmingur hennar vagnlestir, en að öðru leyti er umferð ekki sundurgreind. Til dæmis er ekki reynt að sundurgreina frístundaumferð og umferð manna á launum.

5. Verðlagning á kostnaði vegfarenda

Þar sem engar upplýsingar um verðlagningu á tafatíma voru tiltækar fyrir íslenskar aðstæður var hann verðlagður í samræmi við skýrslu frá Federal Highway Administration² (bls. xiv). Þar er tafatími verðlagður þannig:

Fólksbílar	800 kr/klst (\$11.58/klst)
Flutningabílar	1300 kr/klst (\$18.54/klst)
Vagnlest (trailer)	1600 kr/klst (\$22,31/klst)

Í áður nefndri skýrslu er tekið fram að erfitt sé að meta þennan kostnað og gefin eru upp víkmörk sem nema um það bil 10 % í hvora átt.

Til samanburðar var gerð tilraun til að meta tafakostnað út frá veggjaldi í Hvalfjarðargöngum og tímasparnaði við að aka þau. Breytilegur kostnaður er fenginn af heimasíðu FÍB³.

² James Walls III and Michael R. Smith. *Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design – Interim Technical Bulletin*. Report No. FHWA-SA-98-079. Federal Highway Administration, Washington, 1998.

³ Heimasíða FÍB. <http://www.fib.is/index.php?ID=318&adalmenu=6> Sótt 2005-03-03.

Verðlagning á tíma - akstur fyrir Hvalfjörð:

Spöruð vegalengd, km:	42
Meðalhraði, km/klst:	80
Sparaður tími, klst:	0,525
Breytil. kostn., kr/km:	16,52
Sparaður aksturskostnaður, kr:	694
Veggjald, kr:	1000
Mismunur:	306
Tímakostnaður, kr/klst:	583

Þessi tala gefur ekki raunhæfa mynd, hún er því aðeins sanngjörn að helmingur velji að aka göngin. Samkvæmt upplýsingum á heimasíðu Vegagerðarinnar um umferð á þjóðvegum 2003 var hún 3075 ÁDU á Hringvegi milli Hvalfjarðarveggar og Hafnar, 810 ÁDU á Akrafjallsvegi milli Hringveggar og Akranesveggar, en 248 ÁDU á Hvalfjarðarvegi milli Hvítaness og Botnsár. Af þessu virðist sem 10 % eða þar um bil fari fyrir Hvalfjörð frekar en Hvalfjarðargöng. Þetta bendir til að 583 kr/klst sé of lágt, en án frekari upplýsinga er ógerlegt að meta hversu mikið of lágt. En þetta bendir til að tölurnar frá FHWA þurfi ekki að vera fjarri lagi.

6. Tafakostnaður

Eftirfarandi tafla sýnir tafakostnað við slitlagslögn á 5000 m kafla, flokkað á slitlagsgerðir.

Klæðing:	Léttir bílar	145 klst x 90 % x 800 kr/klst	105.000,-
	Þungir bílar	145 klst x 5 % x 1300 kr/klst	10.000,-
	Vagnlestir	145 klst x 5 % x 1600 kr/klst	10.000,-
		Samtals	125.000,-
Malbikun:	Léttir bílar	593 klst x 90 % x 800 kr/klst	425.000,-
	Þungir bílar	593 klst x 5 % x 1300 kr/klst	40.000,-
	Vagnlestir	593 klst x 5 % x 1600 kr/klst	45.000,-
		Samtals	510.000,-
Repave:	Léttir bílar	116 klst x 90 % x 800 kr/klst	85.000,-
	Þungir bílar	116 klst x 5 % x 1300 kr/klst	10.000,-
	Vagnlestir	116 klst x 5 % x 1600 kr/klst	10.000,-
		Samtals	105.000,-

7. Til notkunar í arðsemisreikningum

Í arðsemisútreikningum er þægilegt að hafa tafakostnaðarmælikvarðann í kr/ÁDU (þótt það sé ekki aðlaðandi eining).

Þar sem slitlög eru nánast eingöngu lögð að sumarlagi er réttara að nota SDU fremur en ÁDU. Ef reiknað er með að SDU sé 40 % meiri en ÁDU þá hækkar tafakostnaður úr 125.000 í 175.000 fyrir klæðingu; úr 510.000 í 715.000 fyrir malbikun og úr 105.000 í 150.000 fyrir Repave, allt miðað við 5000 m kafla. Þá verður tafakostnaður:

Fyrir klæðingu:	175.000 kr/3000 ÁDU	eða 60 kr/ÁDU
Fyrir malbikun:	715.000 kr/3000 ÁDU	eða 240 kr/ÁDU
Fyrir Repave:	150.000 kr/3000 ÁDU	eða 50 kr/ÁDU

VIÐAUKI 3
TVÖ DÆMI UM ARÐSEMISLÍKÖN
KLÆÐING
MALBIK

VIÐAUKI K02A

SLITLAG: KLÆÐING

STAÐUR: HRINGVEGUR Á HAFNARMELUM

Almennar forsendur:

Vegtegund:	B3
Slitlag:	Klæðing með flokkaðri mól, 11/16+11/16, lögð á (fest eða óbundið) burðarlag.
Steinefni:	Seljadalur, kvarntala 7.
Viðhald:	Endurnýjun samkvæmt endingaráætlun ROSY, leiðrétt vegna kvarntölu, sjá viðauka 2, minnisblað 5.
Lengd kafla:	5000 m
Breidd slitlags:	6,5 m.
Breidd axla:	1,0 m.
Umferð:	3000 ÁDU á opnunarári.
Umferðaraukning:	2,5 % á ári.
Umferðarhraði:	90 km/klst.
Reikningstímabil:	35 ár.
Vextir:	6 %.

Sérstakar forsendur:

Gert er ráð fyrir að:

- Klæðing sé lögð á fullgott og frágengið burðarlag.
- Fyrsta slitlag sé tvöföld klæðing, 11/16+11/16 sem er lögð í fulla breidd vegarins, þ.e. 8,5 m.
- Slitlag sé endurnýjað með einfaldri klæðingu 11/16 og þá sé hún lögð í fulla breidd vegarins, þ.e. 8,5 m, í annað hvert skipti, en slitlagsbreidd (6,5 m) þess á milli. Endurnýjunin fylgir endingaráætlun ROSY (leiðréttri með kvarntölu) þar til umferð nær 4000 ÁDU, þaðan í frá er slitlagið endurnýjað annað hvert ár upp að 6000 ÁDU en á hverju ári eftir það.
- Viðgerðir á slitlagi fari fram annað hvert ár talið frá útlögn eða síðustu endurnýjun slitlags.
- Viðgerðir á klæðingu á öxlum fari fram fimmta hvert ár talið frá útlögn eða síðustu endurnýjun á klæðingu á öxlum.
- Hjólför verði fyllt með Ralumac þegar þau hafa náð 25 mm. Gert er ráð fyrir að þróun hjólfara fylgi sama líkani og fyrir malbik.
- Í stöku tilfellum eru aðgerðir færðar til um eitt ár til eða frá ef tvær dýrar aðgerðir falla á samliggjandi ár, til dæmis hjólfarafylling og yfirlögn.
- Tafakostnaður sé 60 kr/ÁDU (sjá viðauka 2, minnisblað 6).
- Klæðingarefni á öxlum hafi kvarntölu 15.

Niðurstaða:

Stofnkostnaður:	3,2 Mkr/km	
Viðhaldskostnaður:	27,9 Mkr/km	
Kostnaður vegfarenda:	1,2 Mkr/km	
Núvirði viðhaldskostnaðar:		9,3 Mkr/km.
Núvirði alls:		12,9 Mkr/km.

ÁÆTLUÐ ÞRÓUN HJÓLFARA

KLÆÐING-HAFNARMELAR
FORSENDUR, SJÁ VIÐAUKA K02A

FORSENDUR:

UMFERÐ Á OPNUNARÁRI	UMFERÐ	3000
STUÐULL FYRIR ÁRLEGA UMFERÐARAUKNINGU	UMAUKN	1,025
JAFNGILDISHLUTFALL	NAGLHLF	0,25
SLITLAG	SLITLAG	K11/16
SLITTALA, SPS	SLITTALA	45
SLITSTUÐULL, MM PR. SPS PR. JAFNGILDI	SLITSTUÐ	0,11
AUKAHJÓLFÖR Á 1. ÁRI EFTIR ÚTLÖGN, MM	BHJÓLF	3,5

ÞRÓUN HJÓLFARA:

ALDUR SLITLAGS	UMFERÐ ÁDU	HJÓLFÖR V. SLITS	UPPSFN. HJÓLFÖR AÐGERÐ
0	3000	0,00	0 KLÆÐING, SLITLAG OG AXLIR, K11/16+K11/16
1	3075	1,36	5
2	3152	1,39	6 VIÐGERÐ Á SLITLAGI
3	3231	1,42	8
4	3311	1,46	9 VIÐGERÐ Á SLITLAGI
5	3394	1,50	11 YFIRLÖGN, AKBRAUT K11/16, VIÐGERÐ Á ÖXLUM
6	3479	1,53	12
7	3566	1,57	14 YFIRLÖGN, AKBRAUT OG AXLIR, K11/16
8	3655	1,61	15
9	3747	1,65	17 YFIRLÖGN, AKBRAUT K11/16
10	3840	1,69	19
11	3936	1,73	20 YFIRLÖGN, AKBRAUT OG AXLIR, K11/16
12	4035	1,78	22
13	4136	1,82	24 HJÓLFARAFYLLING MEÐ RALUMAC, YFIRLÖGN AKBRAUT, K11/16
14	4239	1,87	5
15	4345	1,91	7 YFIRLÖGN, AKBRAUT OG AXLIR, K11/16
16	4454	1,96	9
17	4565	2,01	11 YFIRLÖGN, AKBRAUT K11/16
18	4679	2,06	13
19	4796	2,11	15 YFIRLÖGN, AKBRAUT OG AXLIR, K11/16
20	4916	2,17	18
21	5039	2,22	20 YFIRLÖGN, AKBRAUT K11/16
22	5165	2,28	22
23	5294	2,33	24 HJÓLFARAFYLLING MEÐ RALUMAC, YFIRLÖGN AKBRAUT OG AXLIR, K11/16
24	5426	2,39	6
25	5562	2,45	8 YFIRLÖGN, AKBRAUT K11/16
26	5701	2,51	11
27	5843	2,58	13 YFIRLÖGN, AKBRAUT OG AXLIR, K11/16
28	5989	2,64	16
29	6139	2,71	19 YFIRLÖGN, AKBRAUT K11/16
30	6293	2,77	22 YFIRLÖGN, AKBRAUT OG AXLIR, K11/16
31	6450	2,84	24 YFIRLÖGN, AKBRAUT K11/16
32	6611	2,91	27 HJÓLFARAFYLLING MEÐ RALUMAC, YFIRLÖGN AKBRAUT OG AXLIR, K11/16
33	6777	2,99	6 YFIRLÖGN, AKBRAUT K11/16
34	6946	3,06	10 YFIRLÖGN, AKBRAUT OG AXLIR, K11/16
35	7120	3,14	13 YFIRLÖGN, AKBRAUT K11/16
36	7298	3,22	16 YFIRLÖGN, AKBRAUT OG AXLIR, K11/16
37	7480	3,30	19 YFIRLÖGN, AKBRAUT K11/16
38	7667	3,38	23 YFIRLÖGN, AKBRAUT OG AXLIR, K11/16
39	7859	3,46	26 HJÓLFARAFYLLING MEÐ RALUMAC, YFIRLÖGN AKBRAUT, K11/16
40	8055	3,55	7 YFIRLÖGN, AKBRAUT OG AXLIR, K11/16

ÓNOTUÐ ENDING Á SLITLAGI ER 0 ÁR EÐA 0 % AF SÍÐASTA ENDINGARTÍMABILI

ÓNOTUÐ ENDING KLÆÐINGAR Á ÖXLUM ER 1 ÁR EÐA 50 % AF SÍÐASTA ENDINGARTÍMABILI

NÚVIRÐISREIKNINGAR

KLÆÐING-HAFNARMELAR

FORSENDUR, SJÁ VIÐAUKA K02A

FORSENDUR		KOSTNAÐARREIKNINGAR						
		ÁR	AÐGERÐ /EFNI	EINING	MAGN	VERÐ	KOSTNAÐUR	NÚVIRÐI
LENGD VEGARKAFLA, M	5000	0	SLITLAG, KL11/16+11/16	M2	32500	380	12.350.000	12.350.000
BREIDD SLITLAGS, M	6,5	0	TVÖFÖLD KLÆÐING Á AXLIR	M2	10000	350	3.500.000	3.500.000
AXLABR (HVORU MEGIN), M	1,0	0	UMFERÐARTAFIR	ÁDU	6000	60	360.000	360.000
REIKNINGSTÍMABIL, ÁR	35	2	VIÐGERÐ Á SLITLAGI	M VEGAR	5000	30	150.000	133.499
SLITLAG	KL11/16+11/16	4	VIÐGERÐ Á SLITLAGI	M VEGAR	5000	30	150.000	118.814
YFIRLAG	KL11/16	5	SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	4.614.319
BYRJUNARUMFERÐ, ÁDU	3000	5	UMFERÐARTAFIR	ÁDU	3394	60	203.653	152.182
UMFERÐARAUKNING, %	2,5	5	VIÐGERÐ Á ÖXLUM	M VEGAR	5000	35	175.000	130.770
ÞUNGAUMFERÐ, %	10	7	SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	4.106.728
UMFERÐARHRAÐI, KM/KLST	90	7	EINFÖLD KLÆÐING Á AXLIR	M2	10000	175	1.750.000	1.163.850
VEXTIR, %	6,0	7	UMFERÐARTAFIR	ÁDU	3566	60	213.963	142.298
		9	SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	3.654.973
		9	UMFERÐARTAFIR	ÁDU	3747	60	224.795	133.056
		11	SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	3.252.913
		11	EINFÖLD KLÆÐING Á AXLIR	M2	10000	175	1.750.000	921.878
		11	UMFERÐARTAFIR	ÁDU	3936	60	236.176	124.414
		13	HJÓLFARAFYLLING MEÐ RALUMAC	M VEGAR	5000	800	4.000.000	1.875.356
		13	SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	2.895.081
		13	UMFERÐARTAFIR	ÁDU	4136	60	248.132	116.334
		15	SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	2.576.612
		15	UMFERÐARTAFIR	ÁDU	4345	60	260.694	108.778
		15	EINFÖLD KLÆÐING Á AXLIR	M2	10000	175	1.750.000	730.214
		17	SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	2.293.175
		17	UMFERÐARTAFIR	ÁDU	4565	60	273.891	101.713
		19	SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	2.040.918
		19	EINFÖLD KLÆÐING Á AXLIR	M2	10000	175	1.750.000	578.398
		19	UMFERÐARTAFIR	ÁDU	4796	60	287.757	95.107
		21	SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	1.816.410
		21	UMFERÐARTAFIR	ÁDU	5039	60	302.325	88.930
		23	HJÓLFARAFYLLING MEÐ RALUMAC	M VEGAR	5000	800	4.000.000	1.047.189
		23	SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	1.616.598
		23	EINFÖLD KLÆÐING Á AXLIR	M2	10000	175	1.750.000	458.145

VERÐLISTI

NÚVIRÐISREIKNINGAR
KLÆÐING-HAFNARMELAR
FORSENDUR, SJÁ VIÐAUKA K02A

	23 UMFERÐARTAFIR	ÁDU	5294	60	317.630	83.155
	25 SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	1.438.767
	25 UMFERÐARTAFIR	ÁDU	5562	60	333.710	77.754
	27 SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	1.280.497
ÚTREIKNINGUR Á HRAKVIRÐI:	27 EINFÖLD KLÆÐING Á AXLIR	M2	10000	175	1.750.000	362.894
<i>STOFNKOSTNAÐUR SÍÐASTU ENDURNÝJUNAR Á SLITLAGI</i>	27 UMFERÐARTAFIR	ÁDU	5843	60	350.604	72.704
SLITLAG, KL11/16	29 SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	1.139.638
ALLS	29 UMFERÐARTAFIR	ÁDU	6139	60	368.353	67.982
HRAKVIRÐI, 0 % AF STOFNKOSTNAÐI	30 SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	1.075.130
	30 EINFÖLD KLÆÐING Á AXLIR	M2	10000	175	1.750.000	304.693
<i>STOFNKOSTNAÐUR SÍÐASTA VIÐHALDS Á ÖXLUM:</i>	30 UMFERÐARTAFIR	ÁDU	6293	60	377.562	65.737
EINFÖLD KLÆÐING Á AXLIR	31 SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	1.014.274
ALLS	31 UMFERÐARTAFIR	ÁDU	6450	60	387.001	63.567
HRAKVIRÐI, 50 % AF STOFNKOSTNAÐI	32 HJÓLFARAFYLLING MEÐ RALUMAC	M VEGAR	5000	800	4.000.000	619.830
<i>SAMANLAGT HRAKVIRÐI EFTIR 35 ÁR:</i>	32 SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	956.862
	32 UMFERÐARTAFIR	ÁDU	6611	60	396.676	61.468
	32 EINFÖLD KLÆÐING Á AXLIR	M2	10000	175	1.750.000	271.175
	33 SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	902.700
	33 UMFERÐARTAFIR	ÁDU	6777	60	406.593	59.438
	34 SLITLAG, KL11/16	M2	32500	190	6.175.000	851.604
	34 EINFÖLD KLÆÐING Á AXLIR	M2	10000	175	1.750.000	241.345
	34 UMFERÐARTAFIR	ÁDU	6946	60	416.758	57.476
	35 HRAKVIRÐI				-875.000	-113.842
	NÚVIRÐI ALLS:					64.253.500
	KOSTNAÐARÁGRIP		KOSTNAÐUR PR KM VEGAR	KOSTNAÐUR ALLS MIÐAÐ VIÐ 5 KM KAFLA		
	STOFNKOSTNAÐUR		3.170.000	15.850.000		
	VIÐHALDSKOSTNAÐUR		27.875.000	139.375.000		
	KOSTNAÐUR VEGFARENDI		1.193.255	5.966.275		
	HRAKVIRÐI		-175.000	-875.000		
	NÚVIRÐI VIÐHALDSKOSTNAÐAR		9.297.050	46.485.248		
	NÚVIRÐI ALLS		12.850.700	64.253.500		

VIÐAUKI M02A

SLITLAG: MALBIK

STAÐUR: HRINGVEGUR Á HAFNARMELUM

Almennar forsendur:

Vegtegund:	B3
Slitlag:	Malbik, 50 mm, lagt á (fest eða óbundið) burðarlag.
Steinefni:	Erlent, kvarnartala 7.
Viðhald:	1. yfirlögn hjólfarafylling með Ralumac og malbik, 40 mm; Repave eftir það. Viðgerðir á slitlagi á 5. (og 10.) ári.
Lengd kafla:	5000 m
Breidd slitlags:	6,5 m.
Breidd axla:	1,0 m.
Umferð:	3000 ÁDU á opnunarári.
Umferðaraukning:	2,5 % á ári.
Umferðarhraði:	90 km/klst.
Leyfð hjólför:	25 mm
Reikningstímabil:	35 ár.
Vextir:	6 %.

Sérstakar forsendur:

Gert er ráð fyrir að:

- Malbik verði blandað á Reykjavíkursvæðinu í fastri stöð, flutningsvegalengd sé 65 km.
- Slitlagið verði lagt í 6,5 m breidd og axlir klæddar (það er 1,0 m hvoru megin).
- Malbik sé lagt á fullgott og frágengið burðarlag.
- Ending slitlags sé að hámarki 20 ár en fylgi annars endingarlíkani frá Reykjanesbraut.
- Endurnýjun á slitlagi vegna hjólfara verði þannig:
 1. endurnýjun verður hjólfarafylling með Ralumac og yfirlögn, 100 kg/m² í 6,5 m breidd, en klæðing á öxlum. Þaðan í frá Repave, 50 kg/m².
- Viðgerðir á slitlagi verði þannig:

Gert er ráð fyrir að 5. hvert sumar eftir að nýtt slitlag er lagt þurfi að gera við brotholur og sauma.
- Endurnýjun á öxlum verði þannig:

Gert er ráð fyrir að helmingur klæðingar á öxlum sé endurnýjaður í hvert sinn sem slitlag er endurnýjað með Repave.
- Viðgerðir á öxlum verði þannig:

Gert verði við klæðingu á öxlum 5. hvert ár eftir endurnýjun hennar.
- Tafakostnaður við endurnýjun slitlags sé 240 kr/ÁDU (sjá viðauka 2, minnisblað 6).
- Tafakostnaður við Repave sé 50 kr/ÁDU (sjá viðauka 2, minnisblað 6).
- Staðarálág á malbiksverð vegna malbikunar sé 180 kr/m² ef malbiksþykkt er 40 mm en 210 kr/m² ef malbiksþykkt er 50 mm (sjá viðauka 2, minnisblað 1).
- Staðarálág á Repave sé 65 kr/m² (sjá viðauka 2, minnisblað 1).

Niðurstaða:

Stofnkostnaður:	8,4 Mkr/km	
Viðhaldskostnaður:	21,2 Mkr/km	
Kostnaður vegfarenda:	0,5 Mkr/km	
Núvirði viðhaldskostnaðar:		6,3 Mkr/km.
Núvirði alls:		14,5 Mkr/km.

ÁÆTLUÐ ÞRÓUN HJÓLFARA

MALBIK-HAFNARMELAR
FORSENDUR, SJÁ VIÐAUKA M02A

FORSENDUR:

UMFERÐ Á OPNUNARÁRI	UMFERÐ	3000
STUÐULL FYRIR ÁRLEGA UMFERÐARAUKNINGU	UMAUKN	1,025
JAFNGILDISHLUTFALL	NAGLHLF	0,25
SLITLAG	SLITLAG	Y16
SLITTALA, SPS	SLITTALA	45
SLITSTUÐULL, MM PR. SPS PR. JAFNGILDI	SLITSTUÐ	0,11
AUKAHJÓLFÖR Á 1. ÁRI EFTIR ÚTLÖGN, MM	BHJÓLF	3,5

ÞRÓUN HJÓLFARA:

ALDUR SLITLAGS	UMFERÐ ÁDU	HJÓLFÖR V. SLITS	UPPSFN. HJÓLFÖR	ATHS.
0	3000	0,00	0	SLITLAG
1	3075	1,36	5	
2	3152	1,39	6	
3	3231	1,42	8	
4	3311	1,46	9	
5	3394	1,50	11	
6	3479	1,53	12	
7	3566	1,57	14	
8	3655	1,61	15	
9	3747	1,65	17	
10	3840	1,69	19	
11	3936	1,73	20	
12	4035	1,78	22	
13	4136	1,82	24	
14	4239	1,87	26	HJÓLFARAFYLLING MEÐ RALUMAC OG YFIRLÖGN
15	4345	1,91	5	
16	4454	1,96	7	
17	4565	2,01	9	
18	4679	2,06	11	
19	4796	2,11	14	
20	4916	2,17	16	
21	5039	2,22	18	
22	5165	2,28	20	
23	5294	2,33	23	
24	5426	2,39	25	REPAVE
25	5562	2,45	6	
26	5701	2,51	8	
27	5843	2,58	11	
28	5989	2,64	14	
29	6139	2,71	16	
30	6293	2,77	19	
31	6450	2,84	22	
32	6611	2,91	25	REPAVE
33	6777	2,99	6	
34	6946	3,06	10	
35	7120	3,14	13	
36	7298	3,22	16	
37	7480	3,30	19	
38	7667	3,38	23	
39	7859	3,46	26	REPAVE
40	8055	3,55	7	

ÓNOTUÐ ENDING Á SLITLAGI ER 4 ÁR, EÐA 60 % AF SÍÐASTA ENDINGARTÍMABILI.

ÓNOTUÐ ENDING KLÆÐINGAR Á ÖXLUM ER 4 ÁR, EÐA 60 % AF SÍÐASTA ENDINGARTÍMABILI.

NÚVIRÐISREIKNINGAR

MALBIK-HAFNARMELAR
FORSENDUR, SJÁ VIÐAUKA M02A

FORSENDUR		KOSTNAÐARREIKNINGAR						
		ÁR	AÐGERÐ /EFNI	EINING	MAGN	VERÐ	KOSTNAÐUR	NÚVIRÐI
LENGD VEGARKAFLA, M	5000	0	SLITLAG, Y16, 125 KG/M2	M2	32500	750	24.375.000	24.375.000
BREIDD SLITLAGS, M	6,5	0	STAÐARÁLAG Á MALBIKSVERÐ	M2	32500	210	6.825.000	6.825.000
AXLARBR, M	1,0	0	SLITLAG, ÚTLÖGN	M2	32500	200	6.500.000	6.500.000
REIKNINGSTÍMABIL, ÁR	35	0	AXLIR, JÖFN.LAG., a= 1,25, 40 MM	M2	10000	100	1.000.000	1.000.000
SLITLAG	Y16	0	TVÖFÖLD KLÆÐING Á AXLIR	M2	10000	350	3.500.000	3.500.000
BYRJUNARUMFERÐ, ÁDU	3000	0	UMFERÐARTAFIR	ÁDU	3000	240	720.000	720.000
UMFERÐARUKNING, %	2,5	5	LAGFÆRING Á SLITLAGI	M VEGAR	5000	20	100.000	74.726
ÞUNGAUMFERÐ, %	10	5	LAGFÆRING Á ÖXLUM	M VEGAR	5000	35	175.000	130.770
UMFERÐARHRAÐI, KM/KLST	90	10	LAGFÆRING Á SLITLAGI	M VEGAR	5000	20	100.000	55.839
SLIT, SPS	45	10	LAGFÆRING Á ÖXLUM	M VEGAR	5000	35	175.000	97.719
LEYFD HJÓLFARADÝPT, MM	25	14	HJÓLFARAFYLLING	M VEGAR	5000	800	4.000.000	1.769.204
AUKAHJÓLFÖR Á 1. ÁRI, MM	3,5	14	SLITLAG, Y16, 100 KG/M2	M2	32500	600	19.500.000	8.624.869
JAFNGILDISLUTFALL, %	25	14	STAÐARÁLAG Á MALBIKSVERÐ	M2	32500	180	5.850.000	2.587.461
HJÓLFARASTUÐULL	0,11	14	SLITLAG, ÚTLÖGN	M2	32500	200	6.500.000	2.874.956
VEXTIR, %	6,0	14	AXLIR, JÖFN.LAG., a= 1,25, 40 MM	M2	10000	100	1.000.000	442.301
		14	TVÖFÖLD KLÆÐING Á AXLIR	M2	10000	350	3.500.000	1.548.053
		14	UMFERÐARTAFIR	ÁDU	4239	240	1.017.341	449.971
		19	LAGFÆRING Á SLITLAGI	M VEGAR	5000	20	100.000	33.051
		19	LAGFÆRING Á ÖXLUM	M VEGAR	5000	35	175.000	57.840
		24	SLITLAG, Y16 REPAVE	M2	32500	900	29.250.000	7.224.123
		24	STAÐARÁLAG Á REPAVE	M2	32500	65	2.112.500	521.742
		24	EINF. KLÆÐING Á HELMING AXLA	M2	5000	175	875.000	216.106
		24	UMFERÐARTAFIR	ÁDU	5426	50	271.309	67.007
		29	LAGFÆRING Á SLITLAGI	M VEGAR	5000	20	100.000	18.456
		29	LAGFÆRING Á ÖXLUM	M VEGAR	5000	35	175.000	32.297

