



Efnisgæðaritið – Kafli 6: Slitlag

Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd

Verkefnið er styrkt af Rannsóknasjóði Vegagerðarinnar
Nóvember 2025

Lykilsíða

Höfundar skýrslunnar bera alla ábyrgð.

Númer skýrslu/gerð skýrslu	Fjöldi síðna	Dagsetning	Útgáfa
LEI-3406/6 Efnisgæðaritið	118	Nóvember 2025	22
Heiti leiðbeiningarits			
Efnisgæðaritið – Efnisrannsóknir og efniskröfur – Kafli 6: Slitlag			
Höfundur/ar	Verkefnastjóri	Tengiliður Vegagerðarinnar	
Pétur Pétursson Gunnar Bjarnason	Oddur Sigurðsson Hagalín	Oddur Sigurðsson Hagalín	
Styrktaraðili		Samvinnuaðilar	
Rannsóknarsjóður Vegagerðarinnar Stoðdeild Vegagerðarinnar			

Lykilorð	
Efnisgæði, efnisrannsóknir, efniskröfur.	
Undirskrift verkefnastjóra	Yfirfarið af
	OSHa

Efnisgæðaritið

Efnisrannsóknir og efniskröfur

Leiðbeiningar við hönnun, framleiðslu og framkvæmd

Kafli 1	Formáli
Kafli 2	Inngangur
Kafli 3	Fylling
Kafli 4	Styrktarlag
Kafli 5	Burðarlag
Kafli 6	Slitlag (2025)
Kafli 7	Steinsteypa
Kafli 8	Sandur

Viðauki 1	Lýsing á prófunaraðferðum
Viðauki 2	Efnisgerðir við vega- og gatnagerð
Viðauki 3	Jarðmyndanir – byggingarefni við vegagerð
Viðauki 4	Gerðarprófanir, framleiðslueftirlit og frávikskröfur
Viðauki 5	Sýnataka
Viðauki 6	Vinnsluaðferðir
Viðauki 7	Orðalisti – skilgreiningar og skýringar
Viðauki 8	Ýtarefni um malbik
Viðauki 9	Samanburður á eiginleikum steinefna og kröfum

Efnisyfirlit

Lykilsíða	2
Efnisyfirlit	4
60 Slitlag	6
60 Slitlag 6	
61 Hlutverk, eiginleikar og efnisgerðir	7
61 Hlutverk, eiginleikar og efnisgerði	8
62 Malarslitlag	10
62.1 Hlutverk, eiginleikar og efnisgerðir	10
62.2 Próf við hönnun.....	12
62.2.1 Verkferlar	12
62.2.2 Steinefnapróf	14
62.2.3 Próf á efnismassa	15
62.2.4 Fjöldi prófa við hönnun	15
62.3 Próf við framleiðslu	16
62.3.1 Verkferlar	16
62.3.2 Steinefnapróf	16
62.3.3 Próf á efnismassa	17
62.3.4 Tíðni prófa við framleiðslu	17
62.4 Próf og mælingar við framkvæmd	18
62.4.1 Verkferlar	18
62.4.2 Steinefnapróf	18
62.4.3 Próf og mælingar.....	18
62.4.4 Tíðni prófa við framkvæmd	19
62.5 Kröfur	20
62.5.1 Kröfur til steinefna	20
62.5.2 Kröfur til efnismassa	25
62.5.3 Kröfur við framkvæmd	25
63 Klæðing	27
63.1 Hlutverk, eiginleikar og efnisgerðir	27
63.2 Próf við hönnun.....	37
63.2.1 Verkferlar	37
63.2.2 Steinefnapróf	42
63.2.3 Próf á efnismassa	44
63.2.4 Fjöldi prófa við hönnun	44
63.3 Próf við framleiðslu	45
63.3.1 Verkferlar	45
63.3.2 Steinefnapróf	46
63.3.3 Próf á efnismassa	48
63.3.4 Tíðni prófa við framleiðslu	48
63.4 Próf og mælingar við framkvæmd	49
63.4.1 Verkferlar	49
63.4.2 Steinefnapróf	51

63.4.3	Próf og mælingar.....	51
63.4.4	Tíðni prófa við framkvæmd.....	51
63.5	Kröfur	53
63.5.1	Kröfur til steinefna	53
63.5.2	Kröfur til bikbindiefnis.....	61
63.5.3	Kröfur til efnismassa	61
63.5.4	Kröfur við framkvæmd	61
64	Malbik.....	65
64.1	Hlutverk, eiginleikar og efnisgerðir	65
64.2	Próf við hönnun.....	79
64.2.1	Verkferlar	80
64.2.2	Steinefnapróf	87
64.2.3	Próf á efnismassa	89
64.2.4	Fjöldi prófa við hönnun	90
64.3	Próf við framleiðslu	91
64.3.1	Verkferlar	91
64.3.2	Steinefnapróf	92
64.3.3	Próf á efnismassa	93
64.3.4	Tíðni prófa við framleiðslu	93
64.4	Próf og mælingar við framkvæmd	96
64.4.1	Verkferlar	96
64.4.2	Steinefnapróf	96
64.4.3	Próf og mælingar.....	96
64.4.4	Tíðni prófa við framkvæmd.....	98
64.5	Kröfur	99
64.5.1	Kröfur til steinefna	99
64.5.2	Kröfur til bikbindiefnis.....	110
64.5.3	Kröfur til efnismassa	111
64.5.4	Kröfur við framkvæmd	116

60 Slitlag

61 Hlutverk, eiginleikar og efnisgerðir

Slitlagið er efsta lag vegarins. Hlutverk þess er að skapa öruggt og slétt ökusvæði, m.a. þarf að vera tryggt að nægilegt viðnám sé á milli dekkja og slitlags til að hindra að ökutæki renni til á veginum. Slitlagið þarf að þola áraun frá umferðinni, s.s. slit og núningsáhrif frá dekkjum, ekki síst nagladekkjum. Það þarf að þola veðrun svo sem frost/þíðu-áraun og vera þétt og hindra sem mest að yfirborðsvatn komist niður í undirliggjandi lög. Slitlög eru af mismunandi gerðum og má flokka þau annars vegar í bundin og hins vegar óbundin slitlög. Malarslitlög teljast óbundin og síðan má flokka bundnu slitlögin í tvennt, annars vegar bikbundin slitlög og hins vegar steipt slitlög.

Bikbundnu slitlögin sem eru notuð hérlandis eru aðallega tvenns konar; annars vegar malbik (heitblandað í malbikunarstöð) og hins vegar klæðing. Fleiri bikbundnar slitlagstegundir hafa verið notaðar hérlandis. Algengt var að leggja olúmöl á árum áður, en hún er alveg horfin af sjónarsviðinu. Þá er kaldblandað fínkorna slitlag (e. micro surfacing) hentugt til viðhalds á umferðarlitlum götum, á axlir og til hjólfarafyllingar undir klæðingu. Með tilkomu nýrra lauka hafa volgar og kaldar malbiksgerðir verið lagðar út hérlandis með og án endurunnins malbiks. Þess má geta að leyfilegt er skv. Evrópustöðlum að blanda allt að 10% af malbikskurli sem unnið er úr malbiksfræsi í stífmalbik (ÍST EN 13108-1) og steinríkt malbik (ÍST EN 13108-5) í slitlag og allt að 20% í burðarlagsmalbik. Ef óskað er eftir hærra hlutfalli af malbikskurli þarf að flokka kurlið eftir uppruna steinefna og mæla eiginleika bindiefnis í kurlinu, en þá gildir staðallinn ÍST EN 13108-8, sbr. efsta hluta burðarlags sem fjallað er um í kafla 5 hér að framan.

Steipt slitlög hafa verið notuð hér á árum áður, t.d. á Reykjanesbraut og Vesturlandsvegi, en notkun hin seinni ár hefur verið tiltölulega lítil og mest á tilraunastigi. Þó má benda á að í kafla 7 í þessu riti, Steinsteypa, eru settar fram kröfur sem steipt slitlög geta fallið undir.

Í þessum kafla ritsins verður aðeins fjallað um þrjár af ofan nefndum slitlagsgerðum, þ.e. malarslitlag, klæðingu og malbik. Mælt er með að notkunarsvið mismunandi slitlagsgerða miðað við umferð sé með hliðsjón af mynd 61-1, en ástæða er til að endurskoða þetta mat reglulega. Mikilvægt er að hafa hliðsjón af þjónustustigi vega þegar ákvörðun er tekin um hvort leggja skuli klæðingu eða malbik sem slitlag. Ástæðan er meðal annars sú að vetrarviðhald, ekki síst snjóplógar, valda mikilli áraun á klæðingu, jafnvel svo að þeir skafi klæðingu af hryggjum ef hjólför hafa myndast. Malbik þolir hins vegar mun betur vetrarviðhald, bæði vegna gæða slitlagsins og einnig vegna þess að hjólför myndast mun hægar þar sem umferð er tiltölulega lítil.

Bent er á hér að kröfur til hálkuvannarsands eru meðal annars settar fram í kafla 8, Sandur, í þessu leiðbeiningariti.

Slitlagsgerð	Ársgdagsumferð, ÁDU						
	100	300	1500	2500	3000	8000	15000
Malarslitlag							
Klæðing með óflokkuðu steinefni							
Klæðing með flokkuðu steinefni, efri flokkunarstærð 11-12 mm							
Klæðing með flokkuðu steinefni, efri flokkunarstærð 14-16 mm							
Slitlagsmalbik (AC og SMA)							

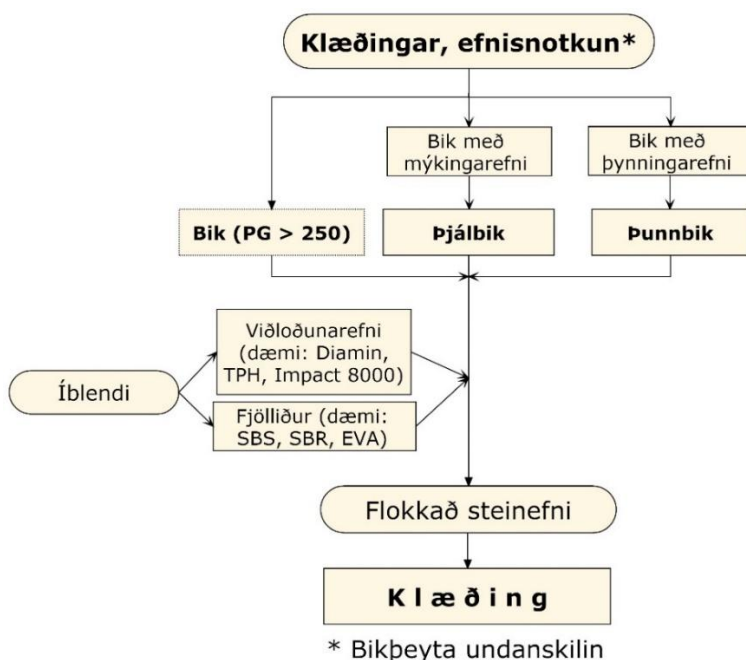
Mynd 61-1:

Tillaga að notkunarsviði mismunandi slitlagsgerða miðað við umferð

Umferðartölurnar sem miðað er við í mynd 61-1 byggja á skýrslu frá 2010 um val á slitlagsgerð miðað við umferðarmagn og aðrar forsendur¹. Mikilvægt er að endurskoða þessa útreikninga, þar sem ýmsar forsendur hafa breyst á undanförunum árum.

Venslarit fyrir hugtök um bikbundin efni í vegagerð

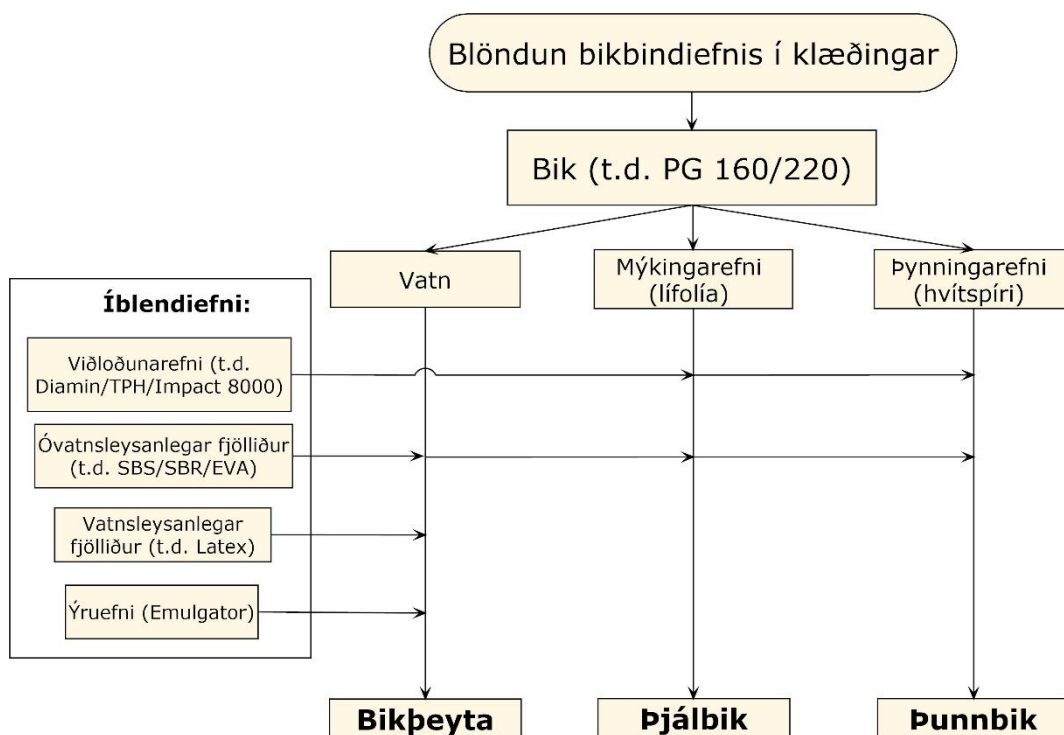
Hjá vegagerðinni er starfandi orðanefnd sem fjallar um hugtök sem tengjast vegagerð. Nefndin hefur sett í gagnagrunn um 2000 orð og fylgja með skilgreiningar og skýringar á hugtökunum auk þýðinga á ensku og norsku. Orðasafnið sem er í stöðugri uppfærslu er á netinu á vefslóðinni <https://idordabanki.arnastofnun.is/https://vegordasafn.vegagerdin.is/>. Hér á eftir eru birt nokkur venslarit fyrir hugtök um bikbundin efni, sem Vegorðanefndin hefur unnið að með höfundum Efnisgæðaritsins, sjá myndir 61-2 til 61-4.

**Mynd 61-2:**

Efnisnotkun í flokkuð klæðingarslitlög

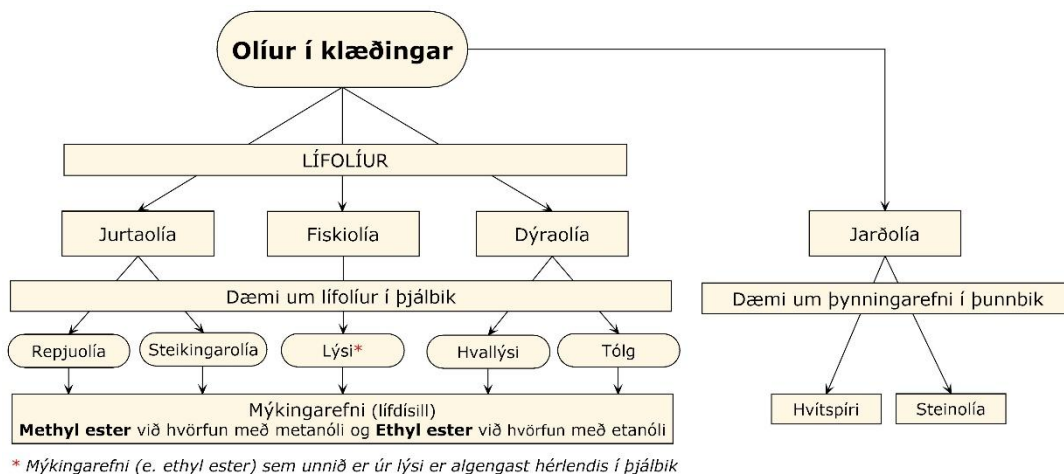
¹ Breyttar áherslur í vali slitlaga 2010, sjá:

[http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Breyttar_aherslur_i_vali_slitlaga/\\$file/Breyttar%20C3%A1herslur%20C3%AD%20vali%20slitlaga.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/Breyttar_aherslur_i_vali_slitlaga/$file/Breyttar%20C3%A1herslur%20C3%AD%20vali%20slitlaga.pdf)



Mynd 61-3:

Blöndun bikbindiefnis í klæðingar



Mynd 61-4:

Olíur sem mýkingarefni eða þynningarefni í klæðingar

Það skal tekið fram hér að notkun á þunnbiki í klæðingar er nánast aflögð hjá Vegagerðinni, enda eru þynningarefni mengandi og ætti ekki að nota nema í undantekningartilvikum.

62 Malarslitlag

62.1 Hlutverk, eiginleikar og efnisgerðir

Malarslitlög eru algeng hérlandis. Til að fá gott malarslitlag þarf gott malarefni og gott viðhald, bæði hvað varðar heflun og rykbindingu. Malarslitlag þarf að mynda öruggt og slétt yfirborð allt árið sem er án skemmda svo sem þvottabretta, hola eða djúpra hjólfara. Slitlagið þarf því að þola allt það álag sem það verður fyrir m.a. frá umferð, heflun og veðrun, þ.e. áraun frá vatni, vindi og frost/þíðu sveiflum. Á góðu malarslitlagi er ekki mikil lausamöl og ryk þyrlast ekki upp úr slitlaginu.

Efni í malarslitlög hefur nær alltaf verið unnið úr setmyndunum hér á landi, ýmist með mölun og hörpun eða jafnvel eingöngu hörpun. Jarðmyndanir sem hafa oft reynst vel til framleiðslu malarslitlagsefna eru t.d. skriður, aurkeilur og framhlaup. Malarslitlag er sjaldan unnið úr bergi, enda er malað berg oft með lágt fínefnainnihald, sérstaklega í leirstærðunum, auk þess sem það er oft dýrara í vinnslu en efni sem unnið er úr setmyndunum. Nokkuð er þó um að malarslitlag sé unnið úr hraungjalli. Erlendis er góð reynsla af notkun mulins bergs í malarslitlög þar sem stöðugleiki efnisins er talinn mikill vegna þess að öll kornin eru brotin, jafnvel þó að hlutfall fínefna og sands sé lágt. Því eru settar fram markalínur fyrir sáldurferil sprengds bergs í malarslitlag í þessum kafla. Endurunnið efni hefur ekki verið notað í malarslitlög hérlandis.

Með réttum vinnsluaðferðum má hafa veruleg áhrif á flesta eiginleika steinefna svo sem kornadreifingu, fínefnahlutfall og hlutfall leirs og lögun korna. Breyta má kornadreifingu með mölun, hörpun og íblöndun. Algengt er að taka burtu sand eða fínefni en einnig er algengt að blanda fínefnum og jafnvel sandi í efnið sem verið er að vinna. Mikilvægt er að mala malarslitlagsefni fremur en að harpa það eingöngu vegna þess að með mölun má bæta brothlutfall og kornalögun verulega og þar með stöðugleika efnisins. Það sem fram kemur í þessum leiðbeiningum varðandi malarslitlög miðast við malað efni.

Auk umferðar hefur veðurfar, einkum úrkoma, mikil áhrif á endingu malarslitlaga. Gerðar eru mismunandi kröfur til þjálni malarslitlagsefna eftir því hvort meðalársúrkoma á viðkomandi svæði er undir eða yfir 1000 mm. Hér á landi er meðalársúrkoman víða undir 1000 mm á norðan- og austanverðu landinu en yfir 1000 mm á sunnan- og vestanverðu landinu. Úrkoman er sérstaklega mikil á suðaustanverðu landinu og þarf að taka tillit til þess með því að hafa fínefni ($< 0,063$ mm) í efninu við lægri markalínu.

Afvötnun yfirborðs á malarslitlagi getur haft úrslitaáhrif á endingu slitlagsins. Að því gefnu að burðarþol vegarins sé nægjanlegt verða holur í slitlaginu einkum þar sem vatn nær að sitja á honum, en það gerist þar sem afvötnun er ekki nægjanleg, þ.e.a.s. á hallalitlum vegi. Þar sem þverhalli eða langhalli vegarins er í lagi t.d. í brekkum eru holur sjaldgæfar jafnvel á malarvegum með fremur lélegu malarslitlagi. Ef afvötnun er ekki nægjanleg myndast holur mjög fljótt eftir úrkomu í lélegum malarslitlögum og jafnvel bestu malarslitlög standast ekki áraun vatnsins mjög lengi ef yfirborðið nær ekki að afvatnast. Æskilegt er að þverhalli malarslitlaga sé á bilinu 4 til 6%, háð planboga. Þakhalli skal vera að lágmarki 4% og einhliða þverhalli minnst 5,5% og ekki meiri en 8% og skal hallinn mótaður með burðarlaginu en malarslitlagið lagt ofan á í 50 – 70 mm þykku lagi. Mælt er með að lagþykkt malarslitlags sé að lágmarki 70 mm á nýbyggingu. Einhliða þverhalli skal vera á mjóum vegum og í beygjum og helst sem víðast á malarvegum. Varasamt er að nota rishalla m.a. vegna þess að bílar geta kastast til við framúrakstur þegar þeir aka yfir miðhrygginn en kosturinn er sá að leið vatnsins er styttri út af veginum. Varast skal að hryggir myndist á vegöxlum sem koma í veg fyrir að vatn nái að renna út af veginum.

Stefnt er að því að allir stofnvegir og allir vegir með meira en 100 bíla ársdagsumferð fái bundið slitlag. Umferðarálág hefur mikil áhrif á endingu malarslitlaga og jafnvel bestu malarslitlög þola ekki meira en 300 – 500 bíla umferð nema með dýru viðhaldi, sérstaklega ef veðráttu er óhagstæð.

Sem dæmi um aðra umhverfispætti sem hafa áhrif á endingu malarslitlaga má nefna veðurbætti svo sem mikla veðurhæð sem veldur foki úr malarvegum og frost/þíðu-sveiflur sem valda niðurbroti efnisins. Gott burðarþol malarvega er nauðsynleg forsenda þess að malarslitlag geti haft góða endingu. Til að auka endingu og gæði malarslitlaga eru þau gjarnan rykbundin. Mjög misjafnt er hvernig staðið er að rykbindingu malarslitlaga og er það bæði háð umferðarálagi og gæðum malarslitlagsefnisins hvort og með hvaða hætti er rykbundið. Vegir eru rykbundnir með sjó, natríumklóríði (NaCl) eða kalsíumklóríði (CaCl₂). Gerðar hafa verið tilraunir með að nota ýmsar aðrar gerðir af rykbindiefni².

² Sigurbór Guðmundsson o.fl. 1995: Skýrsla um rykbinditilraunir framkvæmdar 1993 og 1994.

62.2 Próf við hönnun

Mikilvægt er að framkvæma ýtarlegar prófanir³ þegar fyrirhuguð er efnistaka á nýjum efnistökustað til vinnslu efnis í malarslitlag. Ef efnisnám er fyrirhuguð á námusvæði sem er í stöðugri vinnslu skulu nýlegar niðurstöður efnisrannsókna liggja fyrir á hönnunarstigi. Á forhönnunarstigi getur þurft að velja milli mögulegra námusvæða og er það gert á grundvelli efnisgæða en ávallt er mikilvægt að taka fullt tillit til umhverfissjónarmiða við val á efnistökustað og áætlun um tilhögun efnistöku.

62.2.1 Verkferlar

Á mynd 62-1 er flæðirit sem sýnir hvaða leið er farin þegar efni í malarslitlag er metið. Fyrsta skrefið til að meta steinefni í malarslitlag er að sjónmeta efnið og kanna hvort það standist kröfur um lífræn óhreinindi. Ef vafi er á þessu skal gera húmuspróf en niðurstöður þess geta útilokað notkun efnisins.

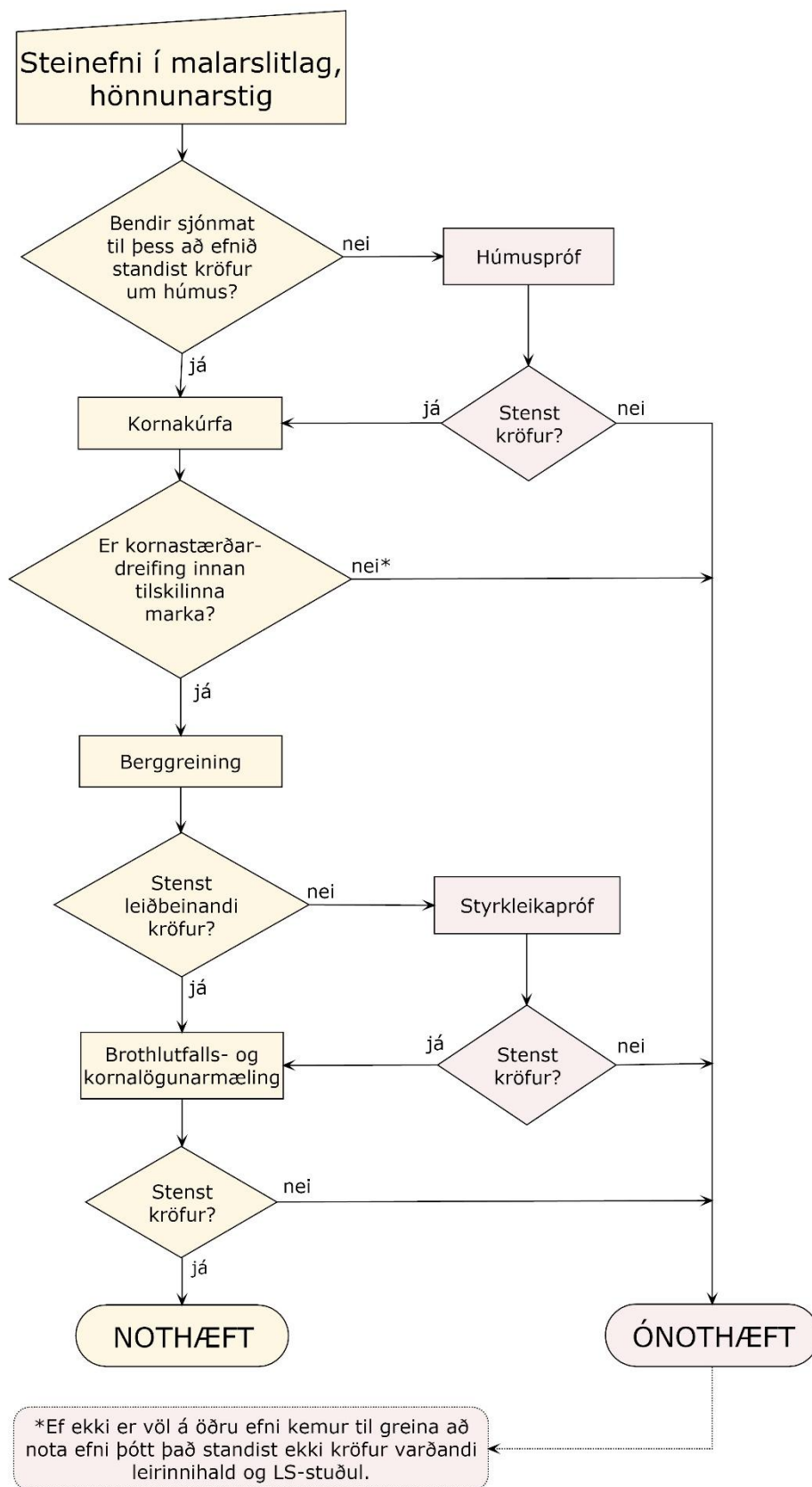
Næsta skref er að mæla kornadreifingu. Ef kornadreifingin er innan marka er hlutfall leirs mælt og rýrnunarstuðull efnisins. Til að efni sé hæft sem malarslitlag, þarf það að innihalda tilskilið magn af fínefnum minni en 0,063 mm og einnig ætti hlutfall leirs (efni < 0,002 mm) að vera á bilinu 10 – 30% af heildarmagni fínefna, sjá kafla 62.5. Kornakúrfan þarf einnig að vera innan markalína sem eru mismunandi eftir því hvort um er að ræða set eða berg. Rýrnunarstuðull (LS) gefur mikilvægar upplýsingar um eiginleika fínefna og skal malarslitlagsefni standast kröfur um LS gildi.

Sýnið er berggreint og kannað hversu mikið af kornum flokkast sem 3. flokks efni. Ef efnið stenst ekki kröfur til bergreiningar er einungis hægt að samþykkja efnið ef það stenst kröfur til styrkleikaprófs. Rétt er að nefna að frostþol steinefna í malarslitlagi skiptir einnig máli, einkum ef 3. flokks efnið er mjög ummyndað. Hins vegar er ekki enn næg reynsla eða rannsóknir til að hægt sé að gera kröfur um niðurstöður frostþolsprófs og er því þar með sleppt úr verkferlinum. Að lokum er brothlutfall efnisins og kornalögun mæld. Einungis þarf að mæla brothlutfall malaðs sets þar sem gert er ráð fyrir að malað berg sé albrotið.

Ef efnið telst nothæft samkvæmt flæðiritinu á mynd 62-1 (sjá kröfur í kafla 62.5) þarf að gera á því mælingar til að finna hagstæðasta rakastig þess við þjöppun, en þær upplýsingar eru nauðsynlegar til að hægt sé að þjappa slitlagið með hámarksárangri við lögn þess.

Rétt er að taka fram að flæðiritið sem sýnt er á mynd 62-1 er miðað við ýtrustu kröfur til malarslitlaga. Raunin er hins vegar sú að erfitt getur verið að finna efni sem uppfyllir þessar kröfur í hæfilegri fjarlægð frá verkstað. Sérstaklega getur verið erfitt að finna efni sem hefur nægilegt leirinnihald. Það er því algengt að slakað sé á þessum kröfum, en í þeim tilvikum er mikilvægi reglubundins viðhalds á slitlaginu, í formi heflunar og rykbindingar, þeim mun meira.

³ Í viðauka 1 er fjallað um þær prófunaraðferðir sem notaðar eru hér á landi.



Mynd 62-1:
Flæðirit fyrir val á steinefni í malarslitlag

62.2.2 Steinefnapróf

Hér er gerð grein fyrir þeim steinefnaprófum sem gerð eru við hönnun malarslitlags. Lýsingu á einstaka prófum má finna í viðauka 1 og upplýsingar um kröfur eru í kafla 62.5.

Kornadreifing

Settar eru fram kröfur um magn fínefna og lögun kornakúrfunnar. Kornadreifing skiptir miklu máli varðandi gæði malarslitlagsefna. Mikilvægt er að kornadreifing myndi þéttan sáldurferil þannig að sem minnst holrými séu á milli korna í efninu. Kornadreifing malarslitlags getur breyst talsvert í veginum bæði vegna niðurbrots efnisins en einnig vegna foks sands og fínefna úr veginum ef ekki eru valin nægilega sterk efni og með hæfilegt magn fínefna.

Magn fínefna: Leirinnihald sýnis, sem sagt magn fínefnis undir 0,002 mm, mælt með flotvog (e. hydrometer) eða ljörva (e. laser), segir mikið til um gæði efnis í malarslitlag. Við mat á malarslitlagsefnum er mikilvægt að gera sér grein fyrir að fínefni geta bæði verið of mikil og of lítil í efninu. Ef fínefni eru lítil í efninu þá dugar ekki að fínefni séu þjál til að nægur bindingur náist. Ef fínefni eru of mikil veðst efnið upp í bleytu, sérstaklega á úrkomumiklum svæðum.

Ef fínefni eru nægilega mikil og hlutfall leirs af fínefnum er nægilega hátt er líklegt að nægilegur bindingur sé í efninu, þ.e. að fínefnin nái að binda saman sandinn og steinana í efninu þannig að efnið haldist stöðugt í veginum.

Berggerð og úsýnd bergs

Berggreining: Gæðaflokkun steinefnis er gerð með því að greina steinefnin í bergbrigði og flokka bergbrigðin í þrjá gæðaflokka. Ef efnið er innan leiðbeinandi viðmiðunarmarka fyrir gæðaflokkun bergs má samþykka efnið, án þess að prófa berggæði þess.

Brothlutfall: Til að minnka líkur á að steinarnir skriði til og losni upp úr malarslitlagi, eru gerðar kröfur um að þeir séu að talsverðu leyti brotnir. Því er gerð mæling á brothlutfalli ef um malað set er að ræða. Mælt er hversu hátt hlutfall kornanna eru brotin korn og hversu hátt hlutfall telst vera alnúið korn. Korn teljast vera brotin ef meira en 50% af yfirborði þeirra er brotið.

Kornalögun: Kornalögun og áferð steina hefur talsverð áhrif á það hversu stöðugt malarslitlag er í vegi. Hraun og bólstraberg eru dæmi um efni sem geta reynst sæmilega þrátt fyrir lítil fínefni vegna þess að lögun korna er hagstæð. Óheppilegt er, ef steinefni sem nota skal í malarslitlag eru kleyfin (flöt og/eða ílöng). Því eru gerðar kröfur um að kornalögunin sé mæld.

Berggæði

Mikilvægt er að steinar í malarslitlagi hafi þol gagnvart niðurbroti vegna umferðar og heflunar, en ending malarslitlags ræðst að nokkru leyti af styrk steinefnanna.

Styrkur: Styrkur steinefna sem nota á í malarslitlag er metinn með Los Angeles prófi ef steinefnið hefur ekki staðist kröfur um leiðbeinandi gæðaflokkun samkvæmt berggreiningu.

Eiginleikar fínefna

Rýrnunarstuðull: Oft má meta eiginleika fínefna með sjónmati en einnig má gera þjálnipróf eða rýrnunarpróf til að mæla eiginleika fínefnanna. Í þjálniprófi er fundið flæðimark og þjálnimark efnisins en þjálnistuðull (PI) er mismunur á flæðimarki og þjálnimarki. Eftir því sem þjálnistuðull er hærri helst fínefnið þjál á víðara rakabili og efnið heldur betur í sér raka. Í rýrnunarprófi er fundinn rýrnunarstuðull (LS) sem er mæling á rýrnun efnisins þegar það þornar sem er ákveðinn mælikvarði á þjálni efnisins. Sterk fylgni er milli rýrnunarstuðuls (LS) og þjálnistuðuls ($PI \sim 1,4 \times LS$) og þar sem mæling á rýrnunarstuðli er einfaldara próf er mælt með því hér, þó að þjálnistuðull hafi verið meira notaður hér áður fyrr. Þegar áhrif þjálni á gæði malarslitlags eru metin er mikilvægt að skoða

jafnframt hvort fínefni eru í hæfilegu magni þar sem góð þjálmi nær ekki tilskildum áhrifum á samloðun efnisins ef magn fínefna er of lítið.

Húmuspróf: Ef grunur leikur á að lífræn óhreinindi geti verið í sýni er lagt til að gert verði húmuspróf til að kanna hvort skaðlegt magn lífrænna óhreininda er til staðar.

62.2.3 Próf á efnismassa

Proctorpróf: Þetta próf er gert til að meta þjöppunareiginleika efnisins og tengsl þjöppunar og rakainnihalds. Prófið gefur vísbendingu um það rakastig sem heppilegast er að efnið hafi við þjöppun. Niðurstaða prófsins er notuð til að ákveða hvaða raki skal vera í malarslitlagsefninu þegar það er lagt út og þjappað, til að ná hámarksárangri. Bestur árangur fæst við hagstæðasta rakastig samkvæmt proctorprófinu eða 1 – 2% þar undir.

62.2.4 Fjöldi prófa við hönnun

Fjöldi prófa við hönnun fer eftir áætluðu efnismagni sem til stendur að vinna. Við forrannsóknir þegar valið stendur e.t.v. á milli nokkurra náma, er það í höndum hönnuðar hversu mörg próf hann telur að þurfi að gera á sýnum úr hverri þeirra. Þegar ákveðin náma hefur svo verið valin, ræðst fjöldi prófa sem á að gera áður en framleiðsla hefst, af því magni sem gert er ráð fyrir að vinna í námunni. Í töflu 62-1 kemur fram lágmarks fjöldi prófana miðað við það efnismagn sem fyrirhugað er að taka úr hverri námu, hverju sinni. Mikilvægt er að gera sér grein fyrir að vönduð sýnataka er stór þáttur í að vel takist til. Sýnin þurfa að gefa mynd af allri námunni, eða því svæði hennar sem gert er ráð fyrir að vinna efnið úr. Þau sýni sem fara í prófun á brothlutfalli og kornalögun þarf að vinna með svipuðum aðferðum og ætlunin er að nota við framleiðslu. Ef breytileiki innan námunnar er mikill getur verið þörf á fleiri prófunum en sýndar eru í töflunni. Breytileiki m.a. í lagskiptingu efnis, getur verið talsvert mismunandi eftir jarðmyndunum.

Tafla 62-1:
Lágmarksfjöldi prófsýna af malarslitlagsefni úr námu, miðað við áætlað efnismagn

Efnis- magn, m³	Húmus (sjónmat)	Korna- dreifing	Leir- innihald	Rýrnunar- stuðull (LS)	Berg- greining	Styrkur*	Brot- hlutfall	Korna- lögun
< 5000	2-4	2-4	1	1	1	(1)	1	1
> 5000	4-6	4-6	1	1	1	(1)	1	1

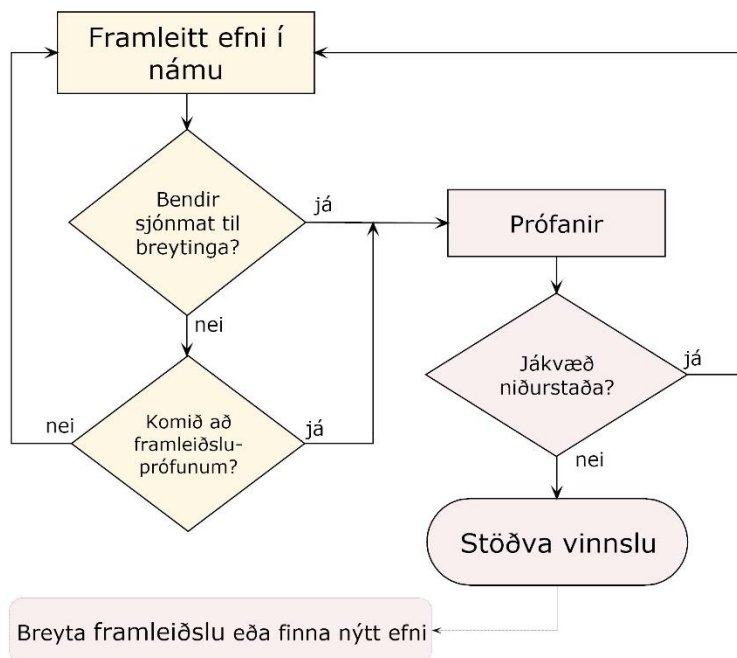
* Styrkleikapróf er einungis framkvæmt ef leiðbeinandi kröfur um berggreiningu standast ekki

62.3 Próf við framleiðslu

Tilgangur með efnisprófum við framleiðslu, er að fá fullvissu um að efnið sem framleitt er, sé í samræmi við það sem fram kom við hönnun og þá var ákveðið að stefna að. Það er mismunandi eftir efnisgerð og hvernig framleiðslu er háttað, hvaða próf á að gera. Hér á eftir verður getið um þau próf sem helst koma til greina. Rétt er að taka fram að hér er átt við prófanir á efninu í námunni, þ.e. áður en það er komið út í veg því mikilvægt er að hugsanlegir vankantar komi fram áður en efnið er notað.

62.3.1 Verkferlar

Hlutverk framleiðsluprófa er að tryggja að efnið sem notað er, sé í samræmi við þær kröfur sem við hönnun var ákveðið að malarslitlagið skyldi uppfylla. Fyrst og fremst er fylgst með því hvort kornadreifing breytist, en einnig skal berggreina efnið og mæla kornalögun þess og brothlutfall með reglulegu millibili. Flæðirit fyrir framleiðslupróf malarslitlags er sýnt á mynd 62-2.



Mynd 62-2:

Flæðirit fyrir framleiðslupróf malarslitlags

62.3.2 Steinefnapróf

Í töflu 62-2 eru taldar upp þær prófanir sem gerðar eru á malarslitlagsefnum við framleiðslu. Kröfur til efnis í malarslitlag koma fram í kafla 62.5.1. Það próf sem oftast er gert til að fylgjast með framleiðslu efnis í malarslitlag er mæling á kornadreifingu. Samhliða mælingu á kornadreifingu er gert sjónmat á lífrænum óhreininum en prófanir þarf einungis að framkvæma ef grunur leikur á að efnið standist ekki kröfur. Berggreining og mæling á brothlutfalli og kornalögun eru mikilvægar prófanir við framleiðslu, sérstaklega þar sem prófanir við hönnun eru sjaldnast gerðar á efni sem hefur verið unnið að öllu leyti með sama hætti og við framleiðslu. Niðurstaða berggreiningar getur kallað á prófanir á berggæðum.

62.3.3 Próf á efnismassa

Proctorpróf er gert til að finna það rakastig í efninu sem gefur mesta þjöppun, sjá kafla 62.2.3. Prófið er einungis gert á þessu stigi ef einhverjar breytingar hafa orðið á efninu, þannig að þjöppunareiginleikar þess hafa breyst. Það heyrir því til undantekninga að efnið sé prófað með proctoraðferð við framleiðslu malarslitlags.

62.3.4 Tíðni prófa við framleiðslu

Tíðni prófa við framleiðslu, er háð magni sem framleitt er. Tafla 62 2 sýnir tíðni prófa miðað við magn af framleiddu efni. Alltaf skal gera eitt próf við upphaf framleiðslu og síðan með þeirri tíðni sem taflan tilgreinir.

Tafla 62-2:
Tíðni steinefnaprófa við framleiðslu-gera skal eitt próf fyrir það magn sem tilgreint er í töflunni (m³)

Próf	Magn, m³
Húmus (sjónmat)	1000
Kornadreifing	
Brothlutfall	2000
Rýrnunarstuðull (LS)	6000
Berggreining	
Kornalögun	
Styrkur (LA próf)*	-

**Ef steinefni stenst ekki leiðbeinandi kröfur um gerð og magn 3. flokks efnis samkvæmt berggreiningu, getur það kallað á að einnig sé gert styrkleikapróf á framleiðslustigi.*

Ekkert af þessum prófunum skal gera sjaldnar en einu sinni í verki, einu sinni í námu eða tvisvar á því ári sem vinnsla fer fram. Of mikið af 3. flokks efni skv. berggreiningu, getur kallað á að berggæði séu einnig prófuð.

62.4 Próf og mælingar við framkvæmd

Ef vel er staðið að framkvæmdum við lagningu malarslitlags verða prófanir og mælingar markvissari og miðast tíðni mælinga hér á eftir við slík vinnubrögð. Góður árangur við lögn malarslitlags næst með því að dreifa mölinni með malardreifara og þjappa með valta og nást þá jafnari þykktir og betur þjappað efni yfir allt yfirborðið, sérstaklega ef rakastig í efninu við völtun er nálægt hagstæðasta rakastigi. Oft er malarslitlögum hins vegar dreift með því að sturta efninu á veginn af vörubílspalli og jafna svo úr efninu með veghefli. Veghefillinn þjappar efnið talsvert en síðan er umferðin um veginn látin sjá um þjöppun að öðru leyti. Þessi aðferð veldur því að efnið leggst nokkuð misþykkt á veginn og ekki næst jöfn og góð þjöppun yfir allt yfirborðið. Þykkt malarslitlags skal vera að lágmarki 50 mm. Efri flokkunarstærð má að hámarki vera hálf lagþykkt.

62.4.1 Verkferlar

Í nýbyggingu með malarslitlagi skal undirlag standast kröfur til burðarlags fyrir malarvegi (sjá kafla 5). Þar sem malarslitlag er endurnýjað, skal hefla yfirborð undirlagsins, jafna og þjappa þannig að það sé með þverhalla eins og hönnun gerir ráð fyrir. Yfirborðið skal vera þétt og án lausra steina, sem geta dregist til í malarslitlaginu við heflun vegarins. Ekki má vera snjór eða klaki í yfirborðinu þegar slitlagið er lagt.

Þegar efnið er lagt út þarf að fylgjast með rakastigi þess og er hægt að gera það með mælingum eða sjónrænt. Mikilvægt er að efnið sé hæfilega rakt við útlögn, samanber niðurstöður proctorprófs, til að tryggja þjöppun þess og jafnframt skal undirlagið vera rakt til að tryggja nægilega bindingu slitlagsins við það. Forðast skal aðskilnað finna og grófra efna. Þjappa skal yfirborðið í samræmi við töflu 62-3. Ef það er gert er líklegt að þjöppun náist sem samsvarar a.m.k. 95% af þjöppun í breyttu proctorprófi (e. modified Proctor). Bestur árangur næst ef rakainnihald efnisins er hagstæðasta rakastig eða 1 til 2% undir hagstæðasta raka samkvæmt proctorprófi.

Fylgjast skal með þykkt útlagðs malarslitlags og mæla hana. Einnig eru kröfur um mesta frávik frá hönnuðu yfirborði, mestu hæðarbreytingu á 10 m lengd og mesta frávik frá hönnuðum þverhalla. Þessi síðastnefndu atriði eru mæld við lok verks.

62.4.2 Steinefnapróf

Almennt ætti ekki að vera þörf á að gera nein steinefnapróf eftir að efnið hefur verið lagt út nema ef sjónmat bendir til þess að efnið standist ekki kröfur.

62.4.3 Próf og mælingar

Þjöppunarmælingar: Þegar malarslitlag er þjappað skal ávallt *telja fjölda yfirferða valta* og miða við lágmarksgildi eins og fram kemur í töflu 62-3. Töfluna má einnig hafa til hliðsjónar, þegar valtar og völtunaraðferðir eru valdar. Ef lagþykkt er önnur eða notuð er önnur gerð valta þarf að velja fjölda umferða sem tryggir að sambærileg þjöppun náist. Bent skal á að ekki er heppilegt að nota mjög þunga valta á þunn lög, eða ef hætta er á að efni brotni mikið niður. Stjórnandi valta skal skila skýrslu, þar sem fram kemur dagsetning, gerð og stærð valta, þyngd og breidd tromlu, hvaða vegarkafli var valtaður, lagþykkt, hraði valta og fjöldi yfirferða. Hraði valta skal vera milli 3 og 5 km/klst. Hægt er að mæla þjöppun með sandkeiluprófi, eða rúmpýngd með rafsegulmæli.

Tafla 62-3:

Val á valta og fjöldi yfirferða við þjöppun malarslitlags

Gerð valta	Heildar þyngd (tonn)	Statísk þyngd* (kg/cm)	Lagþykkt (mm)	Lágmarksfjöldi yfirferða
Einnar tromlu valti	6 - 8	15 - 25	≤ 100	3
	8 - 10	25 - 35	≤ 100	3
	10 - 13	35 - 45	≤ 100	3
Tveggja tromlu valti	2 - 4	15 - 25	≤ 100	5
	4 - 8	15 - 25	≤ 100	3
	8 - 13	25 - 35	≤ 100	3

* Þyngd á hverja valtatomlu í kg á breiddareiningu sem mæld er í cm

Ath: Taflan er unnin með hliðsjón af töflu 662.1 bls. 236 í Vegbygging N200 (útgáfa 2018) og kröfum bls. 43 í kafla E5.4.3.1 í ATB VÄG (útgáfa 2005).

Sléttleiki, hannað yfirborð, þverhalli og þykktir: Gerðar eru kröfur um sléttleika yfirborðs þegar gengið er frá malarslitlagi. Kröfur eru gerðar til mesta frávíks frá hönnuðu yfirborði sem er hæðarmælt í þriggja punkta þversniðum. Einnig eru gerðar kröfur til sléttleika, annars vegar þvert á akstursstefnu og hins vegar langs eftir akstursstefnu, mælt með 3 m langri réttsskeið. Rétt er að taka fram að þessar kröfur verða ekki uppfylltar nema burðarlagið hafi staðist kröfur um sléttleika og hæðarlegu (sjá kafla 5). Þá eru kröfur um að þykktir séu innan marka. Fylgst er með lagþykkt útlagðs malarslitlags og hún tilgreind sem útlagt magn á flatareiningu.

Sjónmat á yfirborði malarslitlags: Þegar malarslitlag hefur verið lagt skal yfirborð þess að vera þannig að það hafi fullnægjandi afvötnun út af veginum og mikilvægt að lágmarksþverhalla sé ávallt náð. Það mega ekki vera rastir í yfirborðinu og vatn má ekki safnast í polla.

62.4.4 Tíðni prófa við framkvæmd

Við þjöppun er fjöldi yfirferða valtans ávallt talinn og skráður.

Mæling á hæð, sléttleika og þykktum skal gerð við úttekt. Til þess eru gerðar hæðarmælingar með 20 m millibili í þriggja punkta sniðum, þ.e. á útbrúnum og miðju, á minnst 500 m löngum kafla. Sléttleiki langs og þvers er mældur með réttsskeið á 20 m bili.

62.5 Kröfur

Við framsetningu á kröfum til steinefna í malarslitlag er almennt miðað við kröfuflokka sem settir eru fram í evrópskum framleiðslustöðlum um óbundin steinefni, það er ÍST EN 13242 (e. *Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction*).

Kröfur til efnisgæða miðast við umferðarpunga (ársdagsumferð, ÁDU) á hönnunarári vegarins og er miðað við umferð samtals á tveggja akreina vegi.

Þær kröfur sem hér eru settar fram gilda fyrir efni í námu en gera má ráð fyrir og rétt að hafa í huga, að breytingar verða á eiginleikum efnisins við frágang í vegi.

Verktaki skal í upphafi verks leggja fram nákvæma áætlun um gæðaeftirlit og skal eftirlitskerfi verktaka tryggja að gæði steinefna og verkgaði séu skráð með fullnægjandi hætti. Ef efni er fengið úr námu framleiðanda sem selur steinefni á markaði er heimilt að telja skjalfest framleiðslueftirlit með í heildarumfangi eftirlits með gæðum steinefna í viðkomandi verk.

62.5.1 Kröfur til steinefna

Í framleiðslustaðli ÍST EN 13242 eru settar fram frávíkskröfur vegna framleiðslu steinefna (sjá viðauka 4). Kröfurnar eru að 90% mælinga á kornadreifingu skuli liggja innan marka sem framleiðandi lýsir yfir um yfir- og undirstærðir og fínefnaflokk. Vegagerðin gerir sömu kröfur varðandi frávík þegar kröfur um kornadreifingu malarslitlagsefna eru settar fram sem kröfuflokkur í samræmi við staðal ÍST EN 13242. Þar að auki skulu skv. framleiðslustaðli öll gildi fyrir aðrar prófunaraðferðir vera innan þess kröfuflokks sem framleiðandi ábyrgist (e. within the limit specified). Vegagerðin setur hins vegar fram almennar nokkru rýmri frávíkareglur varðandi kröfur Vegagerðarinnar til berggæða og ásýndar bergs, sem gera ráð fyrir að eitt gildi af hverjum fimm gildum megi víkja frá kröfugildi sem nemur allt að 10% í átt til lakari efnisgæða. Þannig mætti mest eitt sýni af fimm mælast með LA gildi 39 ef kröfuflokkurinn er LA₃₅ og hin fjögur skulu þá vera innan marka.

Markalínur Vegagerðarinnar fyrir malarslitlag byggja hins vegar á ákvæðum staðals ÍST EN 13285 og þar gilda frávíkskröfur um kornadreifingu sem tilgreindar eru í kaflanum um kornadreifingu hér á eftir.

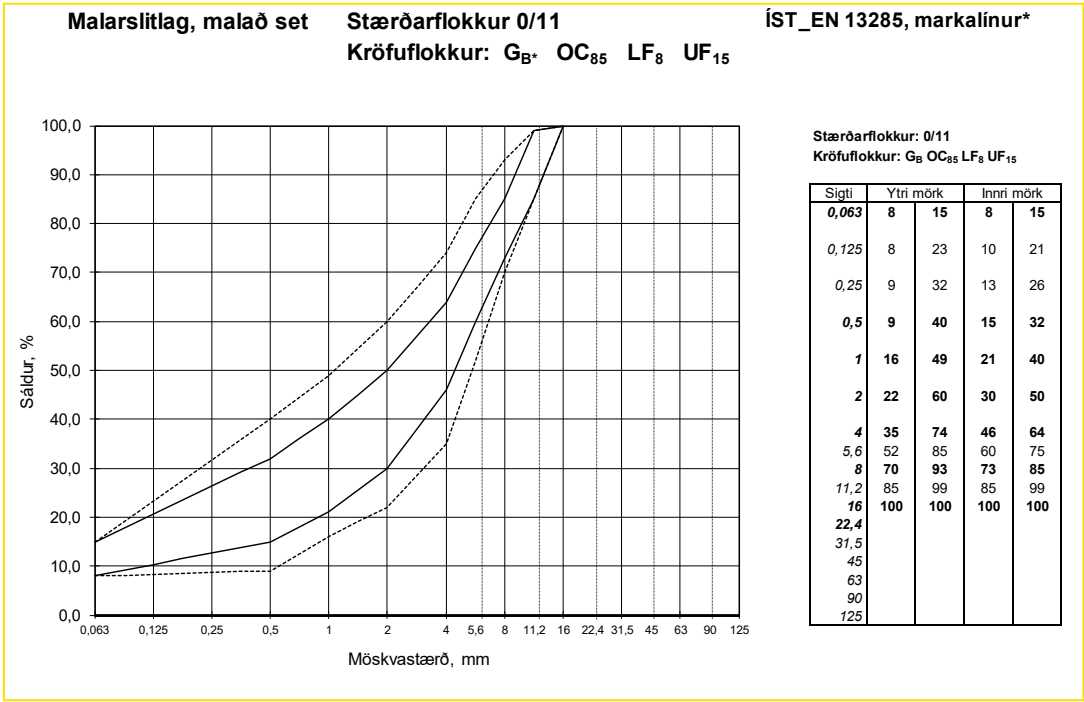
Lífrænt efni (e. *humus*)

Yfirleitt er sjónmat látið nægja til að meta hvort lífrænt efni sé innan marka, en í vafatilfellum er miðað við að efnið standist kröfur til mælinga á glæðitapi. Ekki mega vera meiri en 1% lífræn efni í malarslitlagsefni þegar mælt er glæðitap á efni undir 0,5 mm með glæðitaps-aðferð samkvæmt prófunarstaðli ÍST-EN 1744-1, kafla 15.

Kornadreifing (e. grading)

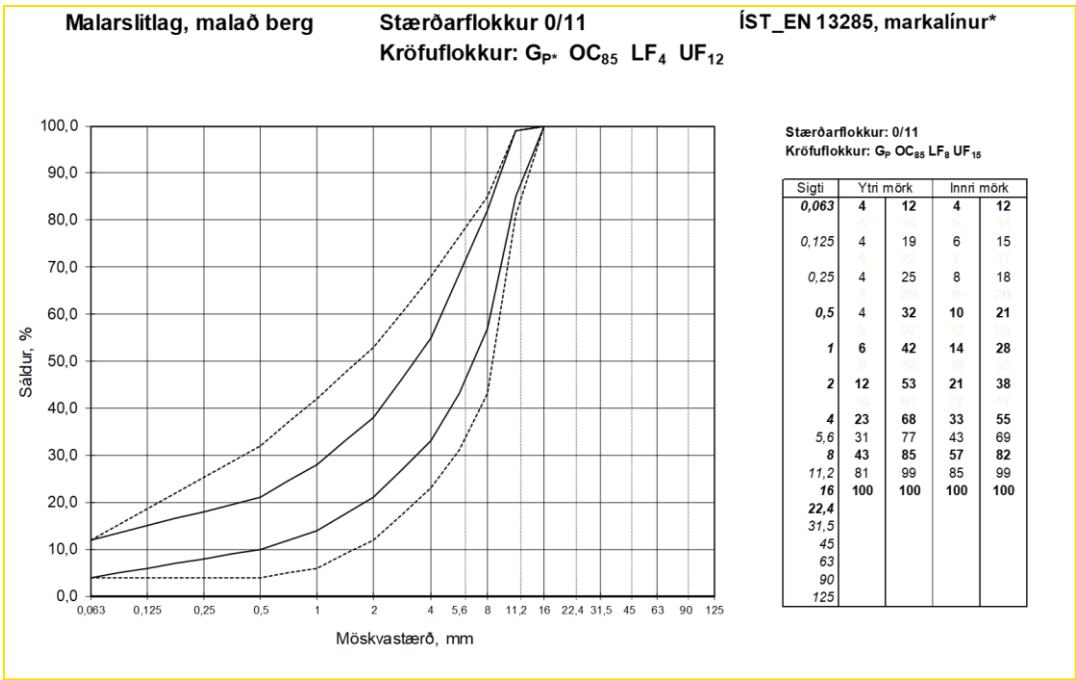
Markalínur fyrir malarslitlagsefni eru sýndar á myndum 62-3 til 62-6 og eru unnar með hliðsjón af framleiðslustaðlinum ÍST EN 13285 en þó er vikið nokkuð frá staðlinum til að uppfylla kröfur sem samræmast reynslu hérlandis.

Á myndunum eru sýndar markalínur fyrir stærðarflokkana 0/11 og 0/16 mm bæði fyrir malað set og berg. Ef notað er grófara efni, t.d. 0/22 mm þarf að reikna út markalínur út frá ákvæðum staðalsins. Meðaltal allra mælinga skal liggja innan við innri markalínurnar en einstakar mælingar mega liggja utan þeirra en þó skal enginn hluti kornadreifingar liggja utan við ytri markalínur. Þessi stöku frávik mega þó ekki víkja bæði niður og upp fyrir innri markalínur. Í töflum við hlið markalína eru sýnd tölugildi kornadreifingar og eru sáldurtölur samkvæmt staðlinum dekkri en millitölur sem eru reiknaðar til að hægt sé að teikna samfellda kornadreifingu. Staðallinn ÍST EN 13285 skilgreinir því einungis sáldurgildi fyrir ákveðin sigti sem gilda fyrir mismunandi möskvastærðir háð grófleika efnisins. Kornadreifing er mæld samkvæmt staðli ÍST EN 933-1.



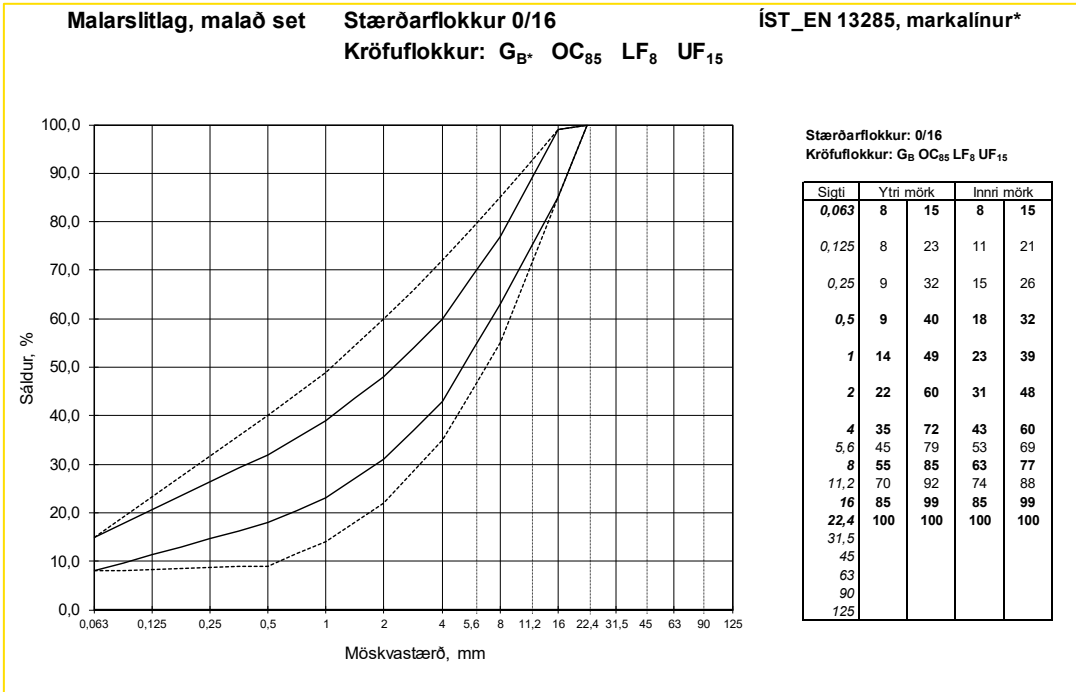
Mynd 62-3:
Markalínur fyrir 11 mm malarslitlag (malað set)

*Ath: Markalínur eru gerðar með hliðsjón af staðli ÍST EN 13285 en vikið nokkuð frá staðli í samræmi við reynslu hérlandis.



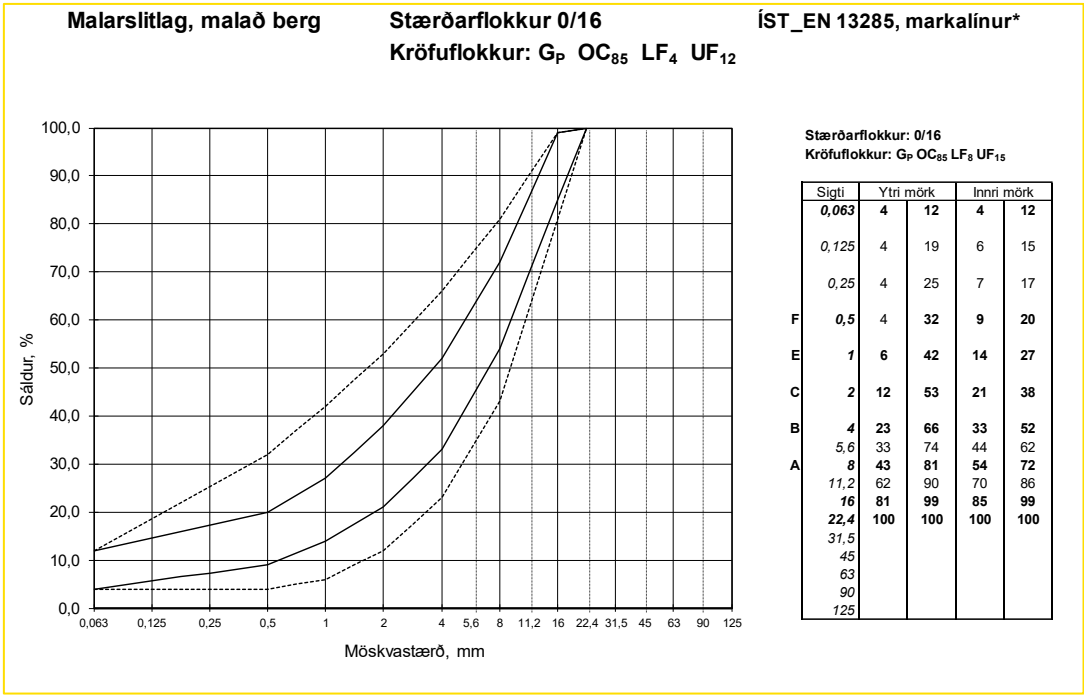
Mynd 62-4:
Markalínur fyrir 11 mm malarslitlag (malað berg)

**Ath: Markalínur eru gerðar með hliðsjón af staðli ÍST EN 13285 en vikið nokkuð frá staðli í samræmi við reynslu hérlendis.*



Mynd 62-5:
Markalínur fyrir 16 mm malarslitlag (malað set)

**Ath: Markalínur eru gerðar með hliðsjón af staðli ÍST EN 13285 en vikið nokkuð frá staðli í samræmi við reynslu hérlendis.*



Mynd 62-6:
Markalínur fyrir 16 mm malarslitlag (malað berg)

*Ath: Markalínur eru gerðar með hliðsjón af staðli ÍST EN 13285 en vikið nokkuð frá staðli í samræmi við reynslu hérlendis.

Til að efni sé hæft sem malarslitlag, þarf það að innihalda ákveðið magn af fínefnum (minni en 0,063 mm) og einnig er gerð krafa um að hlutfall leirs (efni minna en 0,002 mm) skuli vera á bilinu 10 – 30% af heildarmagni fínefna.

Rýrnunarstuðull (e. linear shrinkage)
Í töflu 62-4 eru settar fram kröfur til rýrnunarstuðuls LS, mæling er samkvæmt ASTM C356.

Tafla 62-4:
Kröfur um niðurstöður mælinga á rýrnunarstuðli steinefna

Meðalársúrkoma	< 1000 mm	≥ 1000 mm
LS stuðull	2–10%	2-7%

Berggreining (e. petrographic description)

Leiðbeinandi kröfur um leyfilegt magn steinefna í 3. gæðaflokki fyrir malarslitlag, eru sýndar í töflu 62-5. Kröfurnar miðast við greiningu steinefnasýnis á stærðarbilinu 5,6-11,2 mm.

Tafla 62-5:
Leiðbeinandi kröfur um leyfilegt magn steinefna í 3. gæðaflokki

Ársgdagsumferð (ÁDU)	< 75	≥ 75
% í 3. gæðaflokki	< 30	< 25

Í framleiðslustaðli ÍST EN 13242 eru ekki eiginlegar kröfur um niðurstöður berggreiningar. Íslenska aðferðin hefur verið aðlöguð prófunarstaðlinum ÍST EN 932-3, en er mun ítarlegri í skiptingu basalts eftir ummyndun og þéttleika. Íslenska gæðaflokkunin er hins vegar alveg óháð Evrópustöðlum og hefur enga tilvísun í þá, enda er ávallt talað um “leiðbeinandi” gæðaflokkun í þessu riti. Í leiðbeiningariti Vegagerðarinnar, LEI-3410, er íslenska berggreiningarkerfið skjalfest.

Styrkleikapróf (e. Los Angeles test)

Kröfur til niðurstöðu styrkleikaprófs á steinefni í malarslitlag koma fram í töflu 62-6. Miðað er við að 10-14 mm steinefni sé prófað samkvæmt staðli ÍST EN 1097-2.

Tafla 62-6:
Kröfur um niðurstöður mælinga á styrkleika (LA-gildi) steinefna

Ársgdagsumferð (ÁDU)	< 75	≥ 75
Flokkun samkvæmt ÍST EN 13242	LA ₄₀	LA ₃₅

Í töflunni þýðir LA_x að LA-stuðullinn skuli að hámarki vera X%

Brothlutfall (e. crushed and broken surfaces)

Kröfur til niðurstaðna mælinga á brothlutfalli steinefnis í malarslitlag koma fram í töflu 62-7. Prófið er gert á flokkuðu sýni samkvæmt staðli ÍST EN 933-5. Steinefni sem fengin eru úr sprengdu bergi teljast uppfylla kröfuflokk C100/0 og þarfnast ekki prófunar á brothlutfalli samkvæmt framleiðslustaðli ÍST EN 13242.

Tafla 62-7:
Kröfur um niðurstöður mælinga á brothlutfalli steinefna í malarslitlög

Ársgdagsumferð (ÁDU)	< 75	≥ 75
Flokkun samkvæmt ÍST EN 13242	C _{Ekki krafa} /50	C ₅₀ /30

Í töflunni þýðir C_{X/Y} að ≥ X% efnisins á að vera brotið (alveg brotið eða að meirihluta brotið), en ≤ Y% má vera alveg núð.

Kornalögun (e. Flakiness Index)

Kröfur til kornalögunar steinefna í malarslitlag koma fram í töflu 62-8. Prófið er gert skv. staðli ÍST EN 933-3.

Tafla 62-8:
Kröfur um niðurstöður mælinga á kornalögun steinefna í malarslitlög

Árstdagsumferð (ÁDU)	< 75	≥ 75
Flokkun samkvæmt ÍST EN 13242	FI ₃₅	FI ₃₀

Í töflunni þýðir FI_x að kleyfnistuðullinn (e. Flakiness Index) skuli að hámarki vera X%.

62.5.2 Kröfur til efnismassa

Proctorpróf

Ekki eru gerðar eiginlegar kröfur til niðurstaðna proctorprófsins, en niðurstöðu prófsins má nota til að ákveða hvaða raki skal vera í malarslitlagsefninu þegar það er lagt út og þjappað, til að ná hámarksárangri við þjöppun. Rúmþyngdarmælingar úr proctorprófi má nota til að bera saman við rúmþyngdir í malarslitlagi vegar í byggingu, sem mælikvarða á þjöppun, til dæmis ef þjöppun er mæld með rafsegulmælingum eða sandkeiluaðferð.

62.5.3 Kröfur við framkvæmd

Þverhalli skal vera að lágmarki 4% og skal hann mótaður með burðarlaginu en malarslitlagið lagt ofan á í 50 – 70 mm þykku lagi. Mælt er með að lagþykkt malarslitlags sé að lágmarki 70 mm á nýbyggingu. Einhliða þverhalli skal vera á mjóum vegum og í beygjum og helst sem víðast á malarvegum. Varasamt að nota rishalla m.a. vegna þess að bílar geta kastast til við framúrakstur þegar þeir aka yfir miðhrygginn en kosturinn er sá að leið vatnsins er styttri út af veginum.

Mæling á þjöppun

Nægileg þjöppun malarslitlags næst ef aðferð sem lýst er í kafla 62.4.3 er notuð við val á völtum og fjölda yfirferða. Sé þjöppun mæld með rúmþyngdarmælingum (rafsegulmælingum eða sandkeiluprófi) skal hún vera að meðaltali 96% af þjöppun í breyttu proctorprófi (e. modified Proctor).

Mælingar á öðrum þáttum:
Mesta frávik frá hönnuðu yfirborði, má ekki vera meira en ± 50 mm, mesta hæðarbreyting á 10 m kafla má ekki vera meiri en ± 25 mm. Frekari kröfur eru í töflu 62-9.

Tafla 62-9:
Kröfur til sléttleika og legu fyrir yfirborð útlagðs malarslitlags

Frávik	stök mæling	meðaltal
Leyft frávik á staðsetningu í láréttum fleti (breidd) (mm)	+100/0	
Leyft frávik á lagþykkt (mm)	+15/-15	+5/-5
Leyft frávik á sléttleika mældum með 3 m réttskeið (mm)	10	
Leyft frávik á þverhalla (0/00)	10	
Mesta frávik frá hönnuðu yfirborði (mm)	+50 / -50	
Mesta hæðarbreyting á 10 m (mm)	+25 / -25	

63 Klæðing

63.1 Hlutverk, eiginleikar og efnisgerðir

Klæðing er einfaldasta gerð bikbundins slitlags og jafnframt ódýrasta gerðin hvað stofnkostnað varðar. Hún er gerð þannig að bindiefni er dreift á yfirborð vegar og steinefni stráð í það. Yfirborðið er síðan valtað með gúmmíhjólavaltu og að lokum, þegar steinefni hefur raðast vel og náð góðri viðloðun við bindiefnið, er lausum umframsteinum sópað af veginum. Bindiefnið er bik sem oftast er blandað með mýkingarefni (þjálbik) eða vatni (bikpeyta), viðloðunarefni og öðru íblendu, svo sem fjölliðum eftir þörfum. Bikpeyta er sérstök gerð klæðinga þar sem vatni og biki er þeytt saman með hjálp sérstakra ýruefna (e. emulgator) sem virka sem blöndunarhvarar, svo og öðrum íblendum. Klæðing skyldi ávallt lögð í þurru veðri og gera þarf viðeigandi ráðstafanir ef rignir í nýlagða klæðingu. Í slíkum tilvikum gæti þurft að verja klæðinguna með því að dreifa grófum, flokkuðum og hreinum sandi (t.d. 2/6 mm eða 4/8 mm) yfir hana og þjappa. Lofthitastig skiptir einnig máli og er lagt til að hitastig skuli vera hærra en 5°C þegar þjálbiksklæðing er lögð og að ekki hafi verið næturfrost nóttina áður. Bikpeyta er sérstaklega viðkvæm fyrir lágu hitastigi og ætti því að leggja hana um hásumar og við góðar aðstæður, katjónska bikpeytu við hærra hitastig en 6°C og fjölliðubreytta bikpeytu við hærra hitastig en 10°C. Umferð með takmörkun á hraða er hleypt á klæðingu fljótlega eftir útlögn og þjappar hún slitlagið enn betur. Þar sem umferð er mikil getur þurft að nota leiðibíla til að stjórna umferð um vinnusvæðið á hægum hraða til að varna skemmdum á nýlagðri klæðingu og ökutækjum. Að loknum aðlögunartíma, oftast um einum sólarhring, er umfram steinefni sópað af klæðingunni og hún þá tilbúin til merkinga. Ekki er ráðlegt að bíða lengi með að sópa klæðingu þar sem lausir steinar geta kastast upp úr ósópuðum klæðingum og valdið rúðubroti með tilheyrandi slyshættu.

Í nýbyggingum eru yfirleitt lögð tvö lög klæðingar og ýmist notað flokkað eða óflokkað steinefni og eru stærðarflokkar valdir í samræmi við það sem fram kemur í töflu 63-1. Taflan gerir ráð fyrir að neðra lagið sé grófara en efra lagið þannig að fínna efnið fylli í holrými neðra lagsins. Undanfarna áratugi var algengt að nota óflokkað steinefni í klæðingu en í seinni tíð hefur flokkað steinefni orðið æ algengara. Hér er mælt með að nota steinefni 8/11 mm ofan á 11/16 eða 11/14 mm í tvö lög einfaldra klæðinga í nýbyggingum á umferðarmikla vegi*.

**Samkvæmt skilgreiningu í ÍST EN 12271 er hér um að ræða tvær einfaldar klæðingar þar sem sópað er á milli og einhver tími líður á milli lagna. Hér á landi hefur þetta hins vegar oft verið nefnt tvöföld klæðing.*

Þar sem umferð er lítil í þéttbýli kemur til greina að nota 4/8 mm í efra lagið til að draga úr veghljóði frá umferð. Eitt lag einfaldrar klæðingar ætti aðeins að nota sem yfirlögn á eldra bundið slitlag. Það hefur færst í vöxt hérlandis að leggja einfalda klæðingu úr flokkuðu steinefni sem síðan er kíld með smærra flokkuðu steinefni, án þess að bindiefni sé dreift undir seinna lagið. Sem dæmi má nefna að leggja 11/16 eða 11/14 mm fyrra lag og kíla með 4/8 mm steinefni. Slitþol steinefna gagnvart nagladekkjum fer vaxandi með vaxandi steinastærð. Þar sem umferð á nagladekkjum er mikil og hröð kemur til greina að nota 11/16, 11/14 eða 8/16 mm í efra lagið ofan á 16/22 mm í nýlagnir til að auka endingu slitlagsins. Rétt er að taka fram að ofangreindir stærðarflokkar, sem og

þeir sem settir eru fram í töflu 63-1 geta haft nokkurt magn af yfir- og undirstærðum, sbr. kröfur þar að lútandi í kafla 63.5.1. Ef ætlunin er að steinefnið sé allt undir ákveðinni efri flokkunarstærð þarf því að velja næsta stærðarflokk fyrir neðan.

Tafla 63-1:
Dæmi um stærðarflokka klæðingarefnis

Klæðingar, dæmi um stærðarflokka		
Nýbygging		Yfirlögn (einföld klæðing)*
Fyrra lag	Seinna lag	
8/11 mm	4/8 mm	8/11 mm
11/16 mm	4/8 mm	8/16 mm
11/16 mm	8/11 mm	11/16 mm
16/22 mm**	8/11 mm	11/14
16/22 mm**	8/16 mm	0/16 mm
16/22 mm**	11/16 mm	
0/16 mm	0/11 mm	

* Stærðarflokkur 2/6 mm er gjarnan notaður til kílíngar á 8/11 mm efni. Stærðarflokkinn 4/8 mm má einnig nota til kílíngar á 11/16 eða 11/14 mm efni.

** Þessi stærðarflokkur kemur til greina sem neðra lag klæðingar í nýbyggingu til að auka endingu slitlagsins. Ofan á kæmi fíngerðari stærðarflokkur steinefnis, t.d. 11/16 mm, 8/16 mm, 11/14 mm eða 8/11 mm.

Í staðli ÍST EN 12271 um kröfur til klæðingar eru taldar upp með skýringarmyndum nokkrar gerðir klæðinga, sjá mynd 63-1. Auk einfaldrar klæðingar sem fjallað hefur verið lítillega um hér að ofan má nefna tvöfalda klæðingu, viðsnúna tvöfalda klæðingu og samlokuklæðingu. Í tvöfaldri klæðingu er grófara steinefni gjarnan lagt fyrst í útsprautað bindiefni og síðan sprautað aftur og fínna steinefni lagt út. Þetta er ekki ósvipað og tvö lög einfaldra klæðinga, nema að hér er um að ræða eina aðgerð. Þessi gerð klæðingar er gjarnan lögð sem yfirlögn þar sem umferðarálag er mikið. Í viðsnúnni tvöfaldri klæðingu er grófara steinefnið sett ofan á fínna steinefnið og sprautað tveimur lögum af biki, þ.e. undir og ofan á neðra lagið. Þessa gerð klæðingar má velja þar sem undirlagið er mjög hart og býður ekki upp á þrykkingu (e. embedment), en fínna steinefnið myndar þá lag þar sem grófara steinefnið nær að festast. Í samlokuklæðingu er biki ekki sprautað á yfirborð undirlagsins heldur einungis á milli tveggja misgrófra laga af steinefni þar sem efra lagið er fíngerðara. Þessi gerð er gjarnan valin þar sem undirlag er það bindiefnisríkt að fyrra lagið nær að leggjast vel ofan í undirlagið, án þess að þurfi að dreifa bindiefni fyrst.

Löng hefð var hér á landi fyrir notkun þunnbiks (e. cut back bitumen) með biki með stungudýpt PG 160/220 í klæðingar og hefur bikið verið þynnt með rokgjörnu efni (hvítspíra, e. white spirit). Lögn klæðinga með þunnbiki hefur nú að mestu verið aflögð, aðallega vegna umhverfisáhrifa af völdum hvítspíra. Frá árinu 2005 hafa verið gerðar tilraunir með þjálbik sem er bindiefni úr biki sem mýkt hefur verið með órokgjörnu mýkingarefni úr lífólíu. Tvær gerðir lífólía hafa verið notaðar sem mýkingarefni í klæðingu hérlandis á undanförnum árum, þ.e. jurtaolía úr repju og afurðir fiskiolíu sem unnar eru úr lýsi (ethyl ester). Það er vænlegri kostur að nota lífólíur út frá umhverfissjónarmiðum þar sem hvítspíri veldur mengun þegar hann gufar upp. Repjuolía var notuð

í vaxandi mæli á árunum frá 2005 til 2010. Á árinu 2010 voru gerðar tilraunir með þjálbik sem þynnt er með afurðum fiskiolíu.

Tilraunir með þjálbik úr ethyl ester úr lýsi hafa þótt lofa svo góðu að tekin var ákvörðun um að nota einvörðungu þá gerð þjálbiks frá og með árinu 2012⁴. Þó er stöðugt haldið áfram tilraunum með nýjar gerðir mýkingarefna.

Önnur gerð bikbindiefnis í klæðingar er bikþeyta (e. bitumen emulsion). Hún er framleidd á þann hátt að venjulegt bik, gjarnan með uppleysanlegum fjölliðum (e. polymers) eða fljótandi, vatnsleysanlegu „latexi“, er þeytt í vatni ásamt ýruefnum (e. emulgator), þannig að bikið myndar smáar kúlur í vatninu. Þegar steinefninu er stráð í bikþeytuna, „brotnar“ hún þannig að bikið sest á steinana en vatnið skilst frá. Eins og gefur að skilja er bikþeytu sprautað út undir suðumarki vatns, oftast um 80-85°C heitri, en þjálbiki er sprautað við mun hærra hitastig, gjarnan um 140-150°C. Bikþeyta er að þessu leyti hættuminni í notkun en þjálbik, auk þess sem bikleifin⁵ er að mestu hreint bik og án mýkingarefna. Það er því lítil sem engin hættu á að blæðing eigi sér stað í bikþeytuklæðingum.

Fjölliður eru efni með stórum kolefniskeðjum sem breyta eiginleikum bindiefna þannig að þau verða stöðugri, þ.e. stífari í miklum hitum og teygjanlegri í miklum kuldu. Ýmsar gerðir af fjölliðum eru til, svo sem ethylen-vinyl-acetat (EVA) og styren-butadine-styrene (SBS). Víða er fjölliðum nánast undantekningarlaust blandað í bikbindiefni til notkunar í klæðingar. Tilraunakafli með vatnsleysanlegum fjölliðum í bikþeytu (latex) hafa verið lagðir, en einnig hafa verið gerðar tilraunir með blöndun SBS fjölliða í þjálbik og bikþeytu. Á Írlandi eru eingöngu notaðar bikþeytu í klæðingar og eru þær yfirleitt blandaðar með SBS fjölliðum nema um nýbyggingu á óbundið burðarlag sé að ræða.

Viðloðun í bikbundnum slitlögum má skilgreina sem mælikvarða á það hversu vel bindiefni loðir við steinefni undir nánar tilteknum kringumstæðum. Bein mæling á þessum eiginleika er hins vegar erfiðleikum bundin og í staðinn er notast við óbeina mælingu, t.d. hræslupróf. Þegar bikbindiefni kemst í snertingu við þurrt steinefni getur viðloðunin verið góð en ef yfirborð steinefnisins er rakt, getur viðloðunin verið mun lakari. Orsökina er sú að í flestum tilfellum er viðloðun vatns og steinefnis sterkari en viðloðun bindiefnis og steinefnis. Ef steinn er þakinn vatni loðir því venjulegt bindiefni (þ.e.a.s. án viðloðunarefna) illa eða alls ekki við hann. Þótt steinninn sé þegar þakinn bindiefni getur vatn samt sem áður hrakið bindiefnið af honum ef vatnið kemst í gegnum bindiefnishimnuna (t. d. ef hún rifnar) og að yfirborði steinsins.

Viðloðun bindiefnis og steinefnis er háð ýmsum eiginleikum beggja efnispátta. Þessir eru helstir:

- *Kísilsýruinnihald steinefnis.* Bergtegundir með hátt kísilssýruinnihald (> 60%) hafa að jafnaði lakari viðloðun við bindiefni en bergtegundir með lágt innihald. Sem þumalfingursreglu má nota að ljós steinefni (granít, kvarsít, líparít) hafa yfirleitt lakari viðloðun en dökk (basalt). Þessi munur stafar af mismunandi hleðslum á yfirborði

⁴ Ethyl ester (lífdísill), sem unnið er úr lýsi, er ein gerð lífolíu og er frá og með árinu 2012 sú gerð mýkingarefnis sem notuð er í klæðingar héraendis. Í daglegu tali er þetta mýkingarefni nefnt lífólía, en í þessu riti er það orð skilgreint sem yfirheiti fyrir margar gerðir lífólíu, sbr. mynd 61-4.

⁵ Það sem átt er við með „bikleif“ er magn bikbindiefnis eftir að vatnið hefur skilið sig frá (brotnað). Algengt er að bikleif sé um 69% af bikþeytunni.

steinefnis, en mikilvægt er að nota viðloðunarefni sem hæfa yfirborðshleðslum steinefnisins.

- *Gropa.* Ef vatn situr í gropum getur það þrengt sér milli bindiefnishimnunnar og steinsins og rífið hana frá. Ef steinefnið er hins vegar þurrt, þrengir bindiefnið sér inn í gropurnar og þá fæst betri viðloðun (stærri snertiflötur) en í gropulausu efni.
- *Kornalögun og yfirborðsáferð.* Á hvössum brúnum steinefnisins er bindiefnishimnan mjög þunn. Þar er hætt við að himnan rifni, vatn komist undir hana og byrji að flysja bindiefnishimnuna frá. Sama máli gegnir um steinefni í yfirborði slitlagsins, þar rofnar bindiefnishimnan af völdum negldra hjólbarða.
- *Hreinleiki.* Ef steinefnið er óhreint (fínefnasmurt) getur viðloðun brugðist jafnvel þótt það sé fullkomlega þurrt, vegna þess að óhreinindin varna bindiefninu að komast í fulla snertingu við steinefnið. Þá getur verið nauðsynlegt að þvo steinefnið. Veðrunarhúð á steinefninu getur haft samskonar áhrif.
- *Seigja bindiefnis.* Því þynnra sem bindiefnið er, þeim mun auðveldara á það með að væta steinefnið og smjúga inn í gropur.
- *Efnafræðilegir eiginleikar bindiefnis.* Sýrustig bindiefnis hefur áhrif á viðloðun þess við steinefni.
- *Íaukar.* Viðloðunarefni og fjölíður bæta viðloðun milli steinefnis og bindiefnis.

Viðloðun getur verið tvenns konar:

- *Treg (e. passive) viðloðun.* Að jafnaði límist bindiefni við þurran stein, þótt það nái engri festingu við hann rakan. Þetta er kölluð treg viðloðun. Þessi gerð af viðloðun er algengust í malbiki þar sem steinefnið er hitað og þurrkað.
- *Áleitín (e. active) viðloðun.* Ef dropi af bindiefni, sem snertir rakan stein, skríður út yfir steininn þannig að snertiflöturinn stækkar er viðloðunin kölluð áleitín. Þetta er merki um að viðloðun bindiefnisins við steininn sé meiri en viðloðun vatns við hann. Þegar viðloðunarefnum er blandað í bindiefni breytist viðloðunin oft úr tregri viðloðun í áleitna.

Algengustu viðloðunarefnin eru amin, þ.e.a.s. kolvetnakeðjur með aminhóp á öðrum endanum. Sá endi er hlaðinn og binst auðveldlega gagnstæðum hleðslum á yfirborði steinefnisins. Hinn endinn er fitusækin og tengist þess vegna bindiefninu. Þessi virkni getur verið svo öflug að viðloðunin verði áleitín, eins og berlega kemur í ljós þegar viðloðun er prófuð í hrærsluprófi. Viðloðunarefni hefur takmarkað geymsluþol eftir að því hefur verið blandað saman við bindiefnið. Geymsluþolið er háð hitastigi en rannsóknir hérlandis benda til að varasamt geti verið að nota blöndu sem er orðin meira en 2 daga gömul nema með enduríblöndun. Það getur þó verið háð gerð viðloðunarefna hversu hitaþolin þau eru með tíma.

Viðloðun skiptir miklu máli fyrir endingu klæðinga og þess vegna hafa verið reyndar ótal aðferðir til að prófa viðloðunareiginleika steinefna. Þessar prófunaraðferðir hafa sætt mismikilli gagnrýni en eru þó taldar gefa vísbendingar um viðloðunareiginleika. Þær aðferðir sem hafa verið notaðar hvað mest hérlandis eru hrærslupróf á viðloðun fyrir þjálbik, Vialit Plate próf fyrir bikþeytur⁶ og rúlluflöskupróf fyrir malbik, sjá nánari lýsingu á aðferðunum í viðauka 1.

⁶ Til greina kemur að blanda þjálbik og gera einnig hrærslupróf með viðkomandi steinefni þó að til standi að leggja bikþeytuklæðingu og fá þannig auknar upplýsingar um viðloðunareiginleika.

- *Hræslupróf á viðloðun (íslensk aðferð)* prófar áleitna viðloðun. Í eldri verklýsingu fyrir hræslupróf sem notað var nær eingöngu hér á landi er þunnu bindiefni (vególíu), blönduðu viðloðunarefni, hrært saman við rakt steinefni í stærðaflokknum 4-20 mm í fáeinar mínútur í þar til gerðri hrærivél. Síðan er vatni hellt yfir og hrært í klukkustund. Að því búnu er þakningin metin. Þetta próf var upphaflega hannað sem viðloðunarpróf fyrir olíumöl, en þótti reynast nokkuð vel til að meta viðloðunareiginleika steinefna í klæðingar með þunnbiki. Þegar byrjað var að nota þjálbik með lífolíum og fljótandi viðloðunarefni þótti sýnt að nauðsynlegt væri að prófa viðloðun á raunblöndum klæðinga. Því var farið í þróun á hræsluprófi með raunblöndum, sem sagt steinefni og þjálbiki með viðkomandi viðloðunarefni. Sú aðferð er einna mest notuð til að mæla viðloðun klæðingarefnis við viðkomandi bikbindiefni, en breyta þurfti eldri verklýsingu nokkuð til að aðferðin hentaði raunblöndum, sjá prófunarlýsingu í viðauka 1.
- *Vialit Plate Shock Test (ÍST EN 12272-3)* má segja að mæli raunblöndur steinefna og bindiefna. Í stuttu máli felst prófunin í því að dreifa bindiefni á stálplötu, dreifa síðan ákveðnum fjölda flokkaðra steina ofan á og valta síðan með rúllu af ákveðinni gerð. Allt er þetta gert við ákveðnar aðstæður og að lokum er plötu með bindiefni og steinefni snúið á hvolft og kúla (svipuð LA-kúlu) látin detta á bakhliðina. Við það geta steinar dottið úr bindiefninu og þeir steinar sem detta og hafa ekki bindiefnisþekju taldir ekki hafa náð viðloðun. Þetta er eina viðloðunarpróf Evrópustaðla sem ætlað er fyrir klæðingarefni.
- *Rúlluflöskupróf (ÍST EN 12697-11)* mælir trega viðloðun. Þurrum steinum í stærðaflokkum á bilinu 5,6-11,2 mm er blandað saman við bik (með eða án viðloðunarefnis). Að því loknu eru steinarnir, einn og einn, tíndir upp í 500 ml glerflöskur þar til 150 g eru komin í hverja af þrem flöskum, og þær síðan fylltar að mestu með vatni. Þá eru flöskurnar lagðar á hliðina í vél sem veltir þeim í sífellu. Eftir 6 klst og aftur eftir 24 klst (prófið má einnig framlengja í 48 og 72 klst) eru steinarnir skoðaðir og þakning þeirra metin. Þetta próf hefur verið notað lítið eitt hérlandis en árangurinn orkar tvímælis þar sem nákvæmnin er ekki sérlega mikil. Það skýrist að miklu leyti af því að erfitt er og persónubundið að meta þakningu úr prófinu, sérstaklega á dökkum steinefnum eins og gjarnan eru notuð hérlandis (basalt). Rúlluflöskupróf er hannað fyrir mælingu á viðloðun steinefnis í malbik frekar en klæðingu.

Á síðustu árum hafa fljótandi viðloðunarefni rutt sér æ meira til rúms, m.a. vegna þess að auðveldara er að blanda þeim í bindiefnið. Með tilkomu nýrra mýkingarefna og viðloðunarefna hefur þörfin fyrir að prófa nýjar raunblöndur með tilliti til viðloðunar aukist verulega, enda ekki sjálfgefið að viðkomandi bik, steinefni, mýkingarefni og viðloðunarefni eigi alltaf saman. Í lok árs 2010 hófust umfangsmiklar rannsóknir á viðloðun raunblandna klæðinga. Fyrsta skrefið í þeirri rannsókn var að kanna möguleika gamla hræsluprófsins til að mæla viðloðun steinefnis við mismunandi þynningarefni, mýkingarefni og viðloðunarefni. Niðurstöður prófana benda til að með lítils háttar breytingum á prófunaraðferðinni væri vænlegt að gera hræslupróf á raunblöndum steinefna, bindiefna og íblendiefna. Í framhaldi af þessum rannsóknum hefur nú verið sett fram verklýsing fyrir prófunaraðferð til að mæla viðloðun raunblandna klæðinga og hefur úrdrætti úr verklýsinguinni verið bætt við í viðauka 1, lýsingu á prófunaraðferðum. Eins og fram kemur á mynd 63-4 hefur raunblönduprófið nú tekið að mestu við sem viðloðunarpróf, en þó er heimilt að nota gömlu aðferðina ef umferð er lítil.

Í töflu 63-2 eru sýndar ýmsar gerðir af biki og bikblöndum, sem koma til greina í klæðingar og hitastig þeirra við útsprautun.

Tafla 63-2:
Dæmi um gerðir biks í klæðingu og kröfur um hitastig við útsprautun

Gerð klæðingar	Gerð bindiefnis	Hreyfðar-seigja, cSt (mm²/s)* við 60°C	Hreyfðar-seigja, cSt (mm²/s)* við 135°C	Æskilegt hitastig við útsprautun °C
Einföld klæðing með flokkuðu steinefni	PG 160/220			140-165
	PG 250/330			135-160
	PG 330/430			130-155
	C69B3 bikþeyta	-		80-85
	Þjálbik með ethyl ester úr lýsi 6,5%	~7000**	85-95	130-150
	Þjálbik með repjuolíu 7,5%	~10.000**	95-105	130-150
Einföld klæðing úr óflokkaðri mól	C69B3 bikþeyta	-		80-85
	Þjálbik með ethyl ester úr lýsi 6,5%	~7000**	85-95	130-150
	Þjálbik með repjuolíu 7,5%	~10.000**	95-105	130-150

* Hreyfðarseigja er mæld með því að ákveðið magn bindiefnis er látið renna undan þyngdarkrafti um pípu við þekkta hita og tíminn mældur sem það tekur vökvann að renna milli kvarða á pípunni. Báðar einingarnar (mm²/s og cSt) hafa í raun sama tölugildi fyrir mælda hreyfðarseigju sama vökva miðað við sama hitastig við mælingu. Eftir því sem tölugildið er hærra er efnið seigara og flæðir því hægar við gefið hitastig. Hreyfðarseigja vatns við stofuhita hefur tölugildið 1.

**Þessi gildi eru ekki mæld heldur lesin af hitastigs-hreyfðarseigju línuriti. Stuðst er við mælingar sem gerðar voru við 105, 120 og 135°C á þessum bindiefnisgerðum.

Skýringar við töflu 63-2:

PG stendur fyrir stungudýpt biks (e. Paving Grade)
C stendur fyrir jákvætt hlaðna (e. cationic) bikþeytu (dæmi C69B3 merkir 69% bik (B) og hár brothraði (3))
Þjálbik er bindiefni sem hefur verið mýkt með lífolíu, til dæmis repjuolíu eða ethyl ester unnið úr lýsi.

Í töflu 63-2 er gefinn möguleiki á að nota ýmsar gerðir af biki (PG), án mýkingarefna, bik sem hefur verið mýkt með mýkingarefnum, eða bik þeytt með vatni. Einnig koma fram í töflunni upplýsingar um hreyfðarseigju og hitastig bindiefna sem mýkt eru með repju eða ethyl ester úr lýsi, en hérlandis hefur notkun á slíkum bindiefnum komið í stað þunnbiks. Þessi bindiefni hafa verið úr PG 160/220 biki, sem blandað hefur verið með repjuolíu eða ethyl ester og fljótandi viðloðunarefnum. Æskilegt er að hreyfðarseigja við útsprautun sé á bilinu 40-100 cSt.

Bik er flokkað eftir stungudýpt (e. Paving Grade, PG) sem er mælikvarði á stífleika þess og tilgreinir hversu djúpt 100 g nál með tiltekinni lögun sekkur í bikið við tiltekið hitastig og á tilteknum tíma. Stífleikinn er tilgreindur sem þessi dýpt og mælikvarðinn er tíundi hluti úr mm. Hérlandis er mest notað bik með stungudýpt á bilinu 160 til 220 í klæðingu, (nálin sekkur 16 til 22 mm ofan í sýnið á 5 sek við 25°C), en bikið er þó ávallt blandað með mýkingarefnum. Einnig kæmi vel til álita að kanna

notkun biks með stungudýpt PG 250/330 eða jafnvel PG 330/430 og þá jafnvel án þynningarefna eða mýkingarefna.

Ýmsir mælikvarðar eru notaðir til að lýsa eiginleikum mýktra bikblandna. Algengast er að gefa upp hreyfðarseigjugildi sem mælt er við mismunandi hitastig og er gefið upp í mm²/s eða centistoke (cSt) sem hefur sama tölugildið. Því hærra sem tölugildið er, því seigari er vökvinn. Í töflu 63-2 er hreyfðarseigja PUB gefin upp við 60°C, en hreyfðarseigja þjálbiks með ethyl ester úr lýsi og repjuolíu við 60°C og 135°C. ÍST EN 15322 „Bitumen and bituminous binders. Framework for specifying cut-back and fluxed bituminous binders“ skilgreinir mismunandi gerðir bikbindiefna.

Magn bindiefnis í klæðingu á að vera nægilegt til að binda steinefnin en ekki svo mikið að blæðingar verði á yfirborði klæðingar. Í töflu 63-3 a) eru leiðbeinandi upplýsingar um grunnmagn bindiefnis sem byggðar eru á reynslu hérlendis. Hafa ber í huga að í töflunni er einungis tekið mið af stærðarflokkum og tvenns konar undirlagi, þ.e. óbundnu burðarlagi og nýlegri eða eldri klæðingu. Grunnmagn bikbindiefnis er gefið upp fyrir tvær gerðir klæðinga þ.e. þjálbik blandað með 6,5% mýkingarefni (e. ethyl ester) úr lýsi og 69% bikþeytu (bikið er 69% af heildarmagni bikbindiefnisins en afgangurinn er að mestu vatn, auk íblendiefna).

Tafla 63-3 a):
Leiðbeinandi upplýsingar um magn bikbindiefnis í einfalda klæðingu

Stærðarflokkur mm/mm	Neðra lag í klæðingu á óbundið burðarlag (l/m ²)		Efra lag í klæðingu og yfirlögn (l/m ²)	
	Þjálbik	69% bikþeyta*	Þjálbik	69% bikþeyta*
4/16	1,8	2,6	1,6	2,3
8/11	1,6	2,3	1,5	2,2
11/14	1,7	2,5	1,6	2,3
8/16	1,8	2,6	1,7	2,5
11/16	1,9	2,8	1,8	2,6
0/16	1,8	-	1,7	-

*Grunnmagn 69% bikþeytu er reiknað með því að deila með 0,69 í þjálbiksmagnið.

Endanleg ákvörðun um magn bindiefnis í klæðingu fer síðan eftir umferðarálagi og aðstæðum svo sem langhalla vegar, kornalögun, brothlutfalli og þéttleika steinefnis, en einnig gerð og þéttleika undirlags. Í töflu 63-3 b) er bent á þætti sem geta haft áhrif á ákvörðun um aukningu eða minnkun á útsprautuðu bikbindiefni.

Tafla 63-3 b):

Þættir sem geta haft áhrif til breytinga á magni bindiefnis í þjálbik og bikþeytu

Þættir til leiðréttingar*	Leiðrétting á magni bikbindiefnis í þjálbik**, l/m ²		Leiðrétting á magni bikbindiefnis í 69% bikþeytu**, l/m ²	
	aukning	minnkun	aukning	minnkun
Gropið steinefni	0,1-0,2		0,15-0,3	
Mjög kúbískt steinefni (FI < 5)	0,2		0,3	
Kúbískt steinefni (FI 5-10)	0,1		0,15	
Steinefni með > 30% af núnum steinum	0,1		0,15	
Umferð < 500 ÁDU	0,1		0,15	
Veghalli > 5% upp á við		0,1		0,15
Klæðing lögð á bindiefnisríka klæðingu		0,1		0,15
Klæðing lögð á bindiefnisríkra klæðingu	0,1		0,15	
Undirlag klæðingar sementsfest burðarlag, opið yfirborð	0,1		0,15	
Undirlag klæðingar bikfest burðarlag, mjúkt og bikríkt		0,1		0,15
Neðra lag klæðingar á opið, óbundið burðarlag	0,1		0,15	

*Heildarleiðrétting skal ekki verða meiri en 0,4 l/m² í þjálbik, en 0,6 l/m² í bikþeytu.

**Magn 69% bikþeytu er reiknað með því að deila með 0,69 í þjálbiksmagníð eftir að tillit hefur verið tekið til leiðréttingarþátta. Dæmi fyrir 8/11 mm þjálbiksyfirlögn: grunnmagn bikbindiefnis er 1,5 l/m² og hækkar um 0,2 þar sem FI er < 5 og verður því 1,7 l/m². Ef um bikþeytu væri að ræða yrði gildið $1,7/0,69 = 2,5$ l/m² í stað grunnmagns 2,2 l/m² skv. töflu 63-3 a). Sama gildi fæst með því að leggja saman grunnildið 2,2 l/m², úr töflu 63-3 a) og leiðréttingargildið 0,3 l/m² úr töflu 63-3 b), þ.e. 2,5 l/m².

Mælt er með að magn mýkingarefnis (e. ethyl ester) sé 5-7% og magn viðloðunarefnis að lágmarki 0,9%, miðað við fljótandi viðloðunarefni í þjálbiki. Ef talin er hætta á úrkomu skömmu eftir lögn klæðingar kemur til greina að auka hlutfall viðloðunarefnis í þjálbikinu.

Magn steinefnis sem dreift er ofan á bindiefni er misjafnt og þarf að meta það hverju sinni hvað er hæfilegt. Þættir sem ráða mestu um magnið eru stærðarflokkur steinefnis og lögun þess. Í öllu falli skal stefnt að því að hæfilegu magni steinefna sé dreift, bæði til að ekki sé of mikið af lausu steinefni á yfirborðinu sem kastast geta í rúður okutækja og einnig að sparlega sé farið með steinefnið. Full þakning ætti að nást ef dreift er u.þ.b. 17-22 kg/m² af 11/16 mm steinefni, en það þarf að meta hæfilegt magn hverju sinni.

Magn steinefnis verður að nægja til að hylja bindiefnið. Steinefni ætti að dreifa þannig að það hylji 100 – 105% yfirborðsins. Magnið fer eftir gerð klæðingar, stærðarflokki og lögun steinefnis. Í

handbók um klæðingar⁷ eru sett fram gildi til viðmiðunar í viðauka H, sjá töflu 63-3 c) sem á við einfalda, ókílda klæðingu. Hafa ber í huga að ef kíla á einfalda klæðingu með smærra steinefni þá þarf að minnka magn steinefnis í neðra laginu og jafnframt auka magn bikbindiefnis undir það.

Tafla 63-3 c):

Hæfilegt rúmmál og þyngd steinefnis á flatareiningu í einfalda klæðingu

Stærðarflokkur steinefnis, mm	Rúmmál steinefnis á flatarmál*	Þyngd steinefnis á flatarmál m.v. rúmþyngd 1,7 kg/l
	l/m ²	kg/m ²
8/11	7-10	12-17
11/16	10-13	17-22

**Ef steinefni er kleyfið ($FI > 15$), þó innan kröfumarka, kemur til greina að minnka magn steinefna um allt að 20%. Ef valið er að vigta steinefni í stað rúmmálsælingar þarf að umreikna ofangreindar tölur yfir í kg/m² með tilliti til rúmþyngdar. Reikna má með að 8/11 mm kúbískt steinefni hafi lausa rúmþyngd á bilinu 1,6-1,8 Mg/m³, sem jafngildir kg/l. Dæmi: 8/11 mm steinefni með rúmþyngd 1,7 kg/l * 8 l/m² = 13,6 kg/m².*

Yfirborð klæðingar er nokkuð hrjúft, þannig að hún hefur yfirleitt gott hemlunarviðnám. Með tímanum getur steinefnið þó máðst og viðnámið minnkað og einnig vegna blæðingar ef of mikið af bindiefni er til staðar í yfirborði. Hingað til hafa ekki verið gerðar kröfur til steinefnis hvað þetta varðar, einkum vegna þess að umferð er tiltölulega lítil á klæðingarvegum og einnig er talið að notkun negldra hjólbarda á veturna geri steinana hrjúfa og minnki þannig áhrifin af slípun þeirra og blæðingum. Veghljóð er nokkuð mikið frá klæðingum einkum ef steinefnið er gróft. Minnka má veghljóðið með smærra steinefni en þá minnkar hemlunarviðnám klæðingarinnar og einnig slitþol gagnvart negldum hjólbörðum að öðru jöfnu.

Það getur verið kostur við klæðingarslitlag hversu sveigjanlegt það er og fylgir lóðréttri hreyfingu vegar, s.s. sigi eða frostlyftingu, án þess að varanlegar sprungur myndist. Þessi eiginleiki, ásamt því að klæðing er tiltölulega ódýr slitlagsgerð, gerir það að verkum að oft hentar klæðing sem fyrsta slitlag í nýbyggingu, þar sem gera má ráð fyrir að sig eigi eftir að koma fram, þó malbik eða annað stífara slitlag verði lagt síðar.

Efnisgerðir sem notaðar eru í klæðingu eru set og berg. Krafa er gerð um að steinefnið sé alltaf malað til að tryggja nægilegt hemlunarviðnám. Endurunnið efni hefur ekki verið notað í klæðingar héraendis, utan stálgjalls (e. steel slag) sem var notað í tilraunaskyni og reyndist vel. Klæðingu með steinefni úr óflokkaðri mól skal að jafnaði ekki nota ef ársdagsumferð (ÁDU) er meiri en 200 bílar samtals á tveimur akreinum, en klæðing með möluðu, flokkuðu bergi kemur til greina á vegi með ÁDU allt að 2500 bílum. Víða erlendis er algengt að nota klæðingu þar sem umferð er margfalt

⁷ Handbók um klæðingar, sjá:

[http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/handbok_um_klaedingar/\\$file/Handbok%20um%20kl%C3%A6%C3%B0ngar.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/handbok_um_klaedingar/$file/Handbok%20um%20kl%C3%A6%C3%B0ngar.pdf)

meiri en 2500 bíla viðmiðunargildið sem notast er við hérlandis, fyrst og fremst til þess að auka hemlunarviðnám á hálu malbiki.

Þegar hjólför hafa myndast í undirliggjandi klæðingu er nauðsynlegt að fylla í þau áður en ný klæðing er lögð, þannig að ekki verði hjólför í nýju klæðingunni. Til greina kemur að hjólfarafylla með klæðingarlagi. Einnig er algengt að fylla í hjólförin með bikþeytumassa (e. micro surfacing (t.d. Ralumac)) með sérstakri útlagnarvél. Massinn er fjölíðubreytt bikþeyta sem brotnar hratt og er með smágerðu steinefni. Bikþeytumassinn er lagður út kaldur og í hálfhljóttandi formi en stífnar hratt. Hann hentar ekki sem slitlag hérlandis vegna notkunar nagladekkja og þarf því að leggja klæðingarlag ofan á bikþeytumassann sem fyrst.

Í viðauka 4 er fjallað um gerðarprófanir (e. Type Testing (TT)) og eftirlitsprófanir steinefnaframleiðanda (e. Factory Production Control (FPC)). Slíkar prófanir á steinefni í námu sem er í stöðugri framleiðslu til sölu á markaði (sem sagt CE-vottaðar námur), geta komið að hluta eða jafnvel að öllu leyti í stað steinefnaprófana á hönnunarstigi sem fjallað er um í kafla 63.2 hér á eftir.

63.2 Próf við hönnun

Mikilvægt er að framkvæma ýtarlegar steinefnaprófanir þegar fyrirhuguð er efnistaka á nýjum stað. Ef efnisnám er fyrirhugað á námusvæði sem er í stöðugri vinnslu skulu nýlegar niðurstöður efnisrannsókna liggja fyrir á hönnunarstigi. Á forhönnunarstigi getur þurft að velja milli mögulegra námusvæða og er það gert á grundvelli efnisgæða. Ávallt er mikilvægt að taka fullt tillit til umhverfissjónarmiða við val á efnistökustað og gera áætlun um tilhögun efnistöku.

Hér er gert ráð fyrir að búið sé að gera frumathugun á hugsanlegum námum sem til greina koma. Frumathugun er yfirleitt fólgin í að kanna hugsanlegt magn, grófleika, hreinleika og gerð bergs (þéttleika, ummyndun, holufyllingar og millilög).

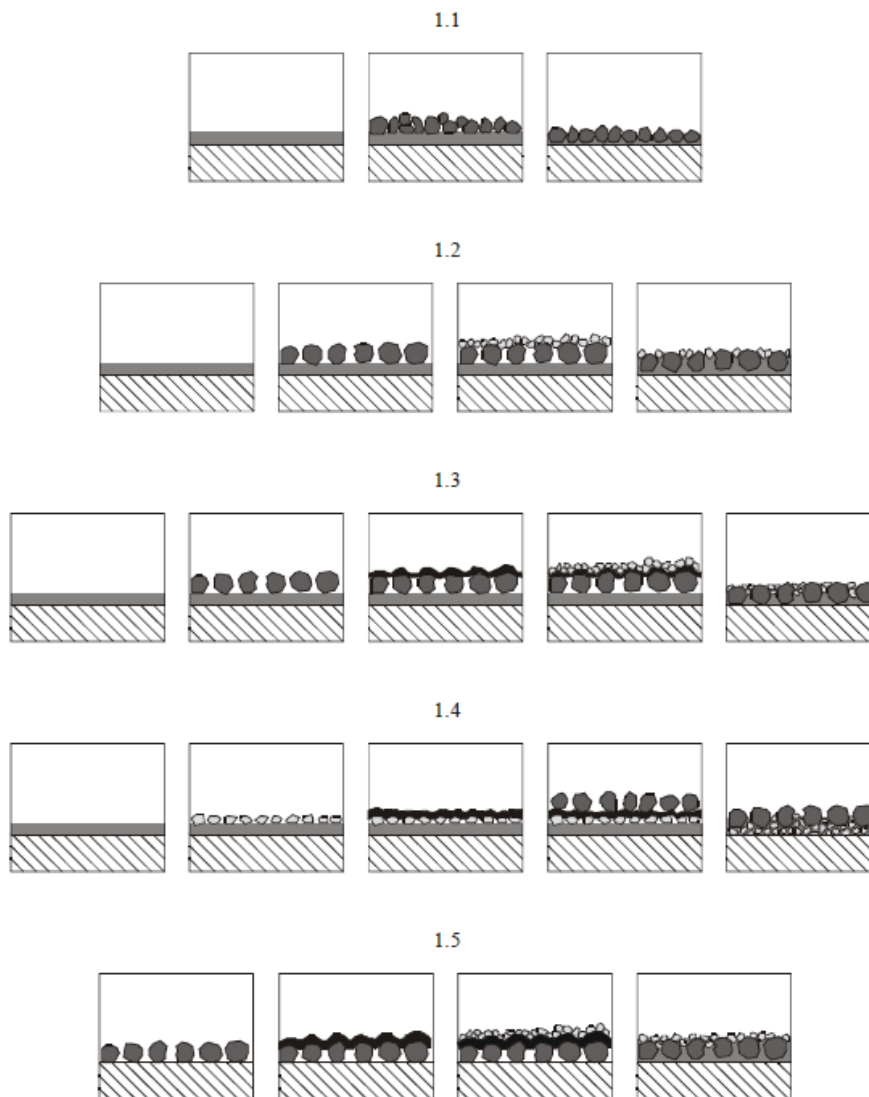
Rannsóknir á steinefnum í klæðingu felast í að gera ýmis próf sem gefa upplýsingar um eiginleika efnisins. Eiginleikarnir eru kornadreifing, viðloðun, berggerð og ásýnd bergs, berggæði og eiginleikar fínefna. Gerð er nokkur grein fyrir prófunaraðferðum í kafla 63.2.2 hér á eftir en ýtarlegri lýsing á þeim er í viðauka 1.

Hér á eftir er gerð grein fyrir verkferlum vegna prófana við hönnun og fjallað um mismunandi próf.

63.2.1 Verkferlar

Fjölmargar gerðir klæðinga eru notaðar víða um heim og getur hönnuður því valið þá gerð klæðingar sem hann telur henta best á hverjum stað miðað við umferðarálag, undirlag og aðstæður. Í grunninn er klæðing þó ætíð lögð og framkvæmd með svipuðum hætti, þ.e.a.s. bindiefni er dreift á yfirborð vegar, steinefni dreift þar ofan á og síðan þjappað með gúmmíhjólavaltu.

Gerðir klæðinga, sem valið er að nota, ræðst mjög af umferð og aðstæðum. Í framleiðslustaðli ÍST EN 12271 um klæðingar eru meðal annars taldar upp nokkrar gerðir klæðinga og þær útskýrðar, sjá mynd 63-1. Hérlandis er langalgengast að klæðingar séu lagðar í einföldu lagi, sbr. lið 1.1. á mynd 63-1 og ef um tvöfalt lag klæðingar er að ræða samanstendur hún af tveimur einföldum klæðingum samkvæmt skilgreiningu í ofangreindum staðli og fjallað er um í kafla 63-1 hér að framan. Þó hefur færst í vöxt hérlandis að leggja einfalda, kílða klæðingu sbr. lið 1.2 á mynd 63-1.



Skýringar

- 1.1 Einföld klæðing (e. single surface dressing); einfalt lag steinefnis lagt í bindiefni
- 1.2 Kíld, flokkuð klæðing (e. racked-in surface dressing); bindiefni dreift á vegyfirborð og lagi af grófu, flokkuðu steinefni dreift yfir. Síðan er finna steinefni dreift yfir sem kílist inn á milli grófara steinefnisins. Ekki er sprautað bindiefni á milli steinefnalaga.
- 1.3 Tvöföld klæðing (e. double surface dressing); bindiefni dreift á vegyfirborð og lagi af grófu, flokkuðu steinefni dreift yfir. Aftur er sprautað bindiefni á fyrra lagið og síðan er finna steinefni dreift yfir sem kílist að hluta inn á milli grófara steinefnisins.
- 1.4 Viðsnúin tvöföld klæðing (e. inverted double surface dressing); Eins og 1.3, nema að finna steinefninu er dreift á undan því grófa.
- 1.5 Samlokuklæðing (e. sandwich surface dressing, example of pre-chipping dressing)); Grófu, flokkuðu steinefni er dreift á yfirborð vegar og síðan er bindiefni sprautað yfir. Að lokum er fíngerðara steinefni dreift yfir.

Mynd 63-1:
Dæmi um gerðir klæðinga

Eins og komið hefur fram í kafla 63-1 Hlutverk, eiginleikar og efnisgerðir eru ýmsar gerðir einfaldra klæðinga notaðar hérlandis. Til dæmis er ýmist notað flokkað eða óflokkað steinefni af mismunandi stærðarflokkum. Þess ber þó að geta að klæðing með óflokkuðu steinefni er lögð í undantekningartilvikum þar sem umferð er mjög lítil. Uppistaða bindiefna geta verið bikgerðir með mismunandi stungudýpt, en hér á landi hefur nær eingöngu verið notað bik með stungudýpt PG 160/220. Mýkingarefni sem notuð eru til að minnka seigju biksins til að unnt sé að sprauta því út í þunnu lagi geta verið lífolíur, svo sem jurtaolía (t.d. repjuolía) eða fiskiolía (t.d. ethyl ester unnið úr lýsi). Notkun hvítspíra í klæðingu (þunnbik) var allsráðandi fram á miðjan fyrsta áratuginn, en var þá hætt að mestu af umhverfisástæðum, en við tóku klæðingar með lífrænum mýkingarefnum og svo bikþeytur. Í klæðingar þarf ávallt að nota sérstök efni sem tryggja viðloðun á milli steinefnis og bindiefnis.

Margar gerðir viðloðunarefna eru á markaði, en hérlandis var diamín í föstu formi notað með þunnbiki hér áður fyrr. Með nokun á lífolíu til mýkingar hafa fljótandi gerðir viðloðunarefna komið á markað sem valkostur, enda auðveldar í notkun. Dæmi um fljótandi tegundir sem notaðar hafa verið hérlandis eru Wetfix, TPH og Impact 8000, en fleiri gerðir eru á markaði. Eins og fram kemur í kafla 63.1 hefur viðloðunarefni takmarkað geymsluþol eftir blöndun við bikbindiefni og þarf að taka tillit til þess með því að bæta við viðloðunarefni ef nauðsynlegt reynist að geyma tilbúna bindiefnisblöndu lengur en 2 daga af sérstökum ástæðum (t.d. vegna rigningar eða bilana).

Lögn bikþeytuklæðinga hefur færst í vöxt á undanförunum árum eins og fram hefur komið í kafla 63-1. Hönnun og blöndun bikþeytu þarf að fara fram í sérstakri blöndunarstöð, þar sem ýmsum efnum er blandað saman til að tryggja að bikþeytan hafi þá eiginleika sem til er ætlast. Ekki verður farið nánar út í það ferli hér, enda oft um að ræða efni sem ekki eru gefnar upplýsingar um af framleiðanda bikþeytunnar.

Með tilkomu fleiri valkosta í klæðingargerðum, mýkingarefnum og viðloðunarefnum er hönnun klæðinga orðin talsvert flóknari en áður. Því er mikilvægt að gerðar séu rannsóknir á eiginleikum þessara efna og raunblöndum þeirra áður en ákveðið er að nota þær. Í þessu riti er ekki fjallað um allar prófanir á biki, mýkingarefnum og viðloðunarefnum, enda skulu upplýsingar framleiðenda ætíð fylgja þessum efnum. Síðar í þessum kafla er fjallað um hönnun á raunblöndum klæðinga.

Mat á steinefni

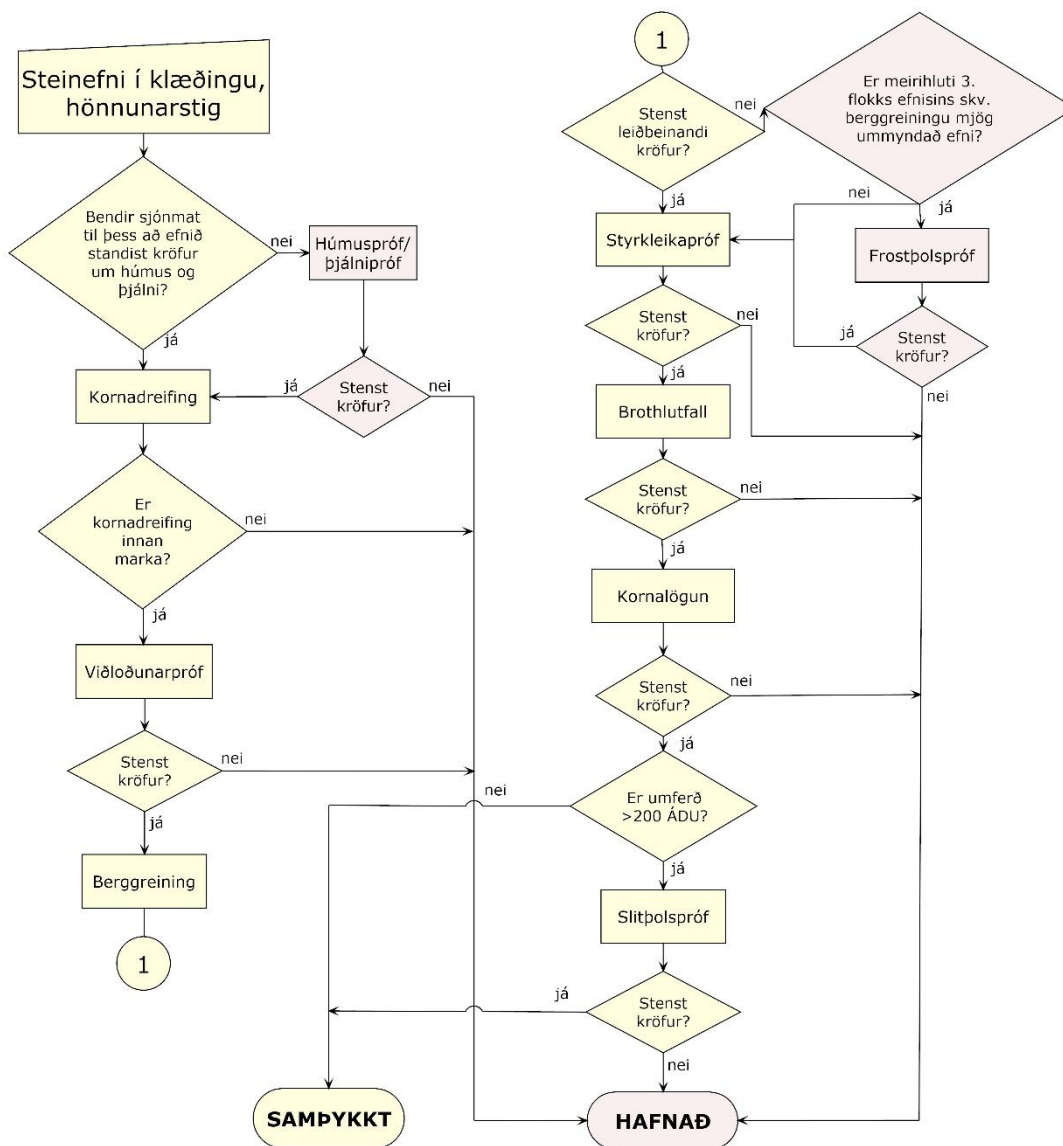
Við mat á steinefni sem nota á í klæðingar, má fara eftir flæðiritinu sem sýnt er á mynd 63-2. Nauðsynlegt er að sýnið, sem metið er samkvæmt flæðiritinu, sé af steinefni sem er unnið með svipuðum aðferðum og gert er ráð fyrir að nota við framleiðslu, þannig að prófanir á þessu stigi endurspegli sem best væntanlega eiginleika efnisins. Með sjónmati er fyrst lagt mat á það hvort *lífræn óhreinindi* séu í efninu eða hvort *fínefnið er þjál*t (á við um óflokkaða klæðingu sem framleidd er í undantekningartilfellum). Ef líkur eru á lífrænum óhreinindum er gert húmuspróf, en þjálnipróf ef líkur eru á að efnið sé þjál't. Næst er mæld *kornadreifing* sýnisins og hún borin saman við kröfur sem gerðar eru. Í framhaldi af því eru gerð ýmis próf á steinefnum, sem mæla mismunandi eiginleika efnisins.

Ákvörðun kornadreifingar gefur mikilvægar upplýsingar um hvort hægt er að nota efnið til að framleiða klæðingarefni. Yfirleitt er notað flokkað efni til klæðingar og er því mikilvægt að mæla kornadreifingu, brothlutfall og kornalögun á efni sem malað er í réttar kornastærðir og með þeim aðferðum sem áætlað er að nota við framleiðslu þess. Í kornastærðamælingu sést hvort yfir- og

undirstærðir eru innan marka og einnig hvort magn fínefna er innan tilskilinna marka. Ef svo er ekki, má í flestum tilfellum laga framleiðsluna svo að efnið uppfylli skilyrðin. Á þessu stigi er nauðsynlegt að skjóta inn millisigti í flokkað efni til að kanna hvort það er grófara eða fínna en kröfur leyfa (sjá texta undir töflu 63-9 b), en grófleikinn getur haft áhrif á val hönnuðar á bindiefnisinnihaldi og slitþol og endingu slitlagsins. Mælt er með því að steinefni í klæðingu sé þvegið í námu og undantekningarlaust skal þvo steinefni ef um bikþeytuklæðingar er að ræða. Þegar ljóst er að kornadreifing steinefnasýnis sem ætlað er í klæðingu er innan marka, er nauðsynlegt að athuga *viðloðunarhæfni* efnisins. Nú hefur verið tekið í notkun nýtt hræslupróf til að prófa raunblöndur þjálbiksklæðinga. Kröfur til viðloðunar í raunblönduprófi eru þær sömu og þær sem hafa verið í gildi fyrir gamla viðloðunarprófið.

Þegar jákvæðar niðurstöður varðandi kornadreifingu og viðloðun liggja fyrir er næsta skref, samkvæmt flæðiritinu, að *berggreina* sýnið. Berggreining gefur vísbendingar um væntanlega eiginleika steinefnisins svo sem styrk, slitþol og veðrunarþol, en einnig getur gropa haft áhrif á val á bindiefnismagni. Litið er til leiðbeinandi gæðaflokkunar til þess að meta efniseiginleika, svo sem styrk og veðrunarþol. Ef berggreiningin bendir til þess að of mikið sé af 3. flokks efni og að það sé að mestu mjög ummyndað basalt er ástæða til að kanna *veðrunarþol* efnisins með frostþolsprófi. Ef berggreining bendir hins vegar til að efnið sé að mestu ferskt en blöðrótt (gropið) er ástæða til að kanna *styrkleika* þess með Los Angeles prófi eins og allra klæðingarefna, líka þeirra sem standast veðrunarþolsprófið. Ef efnið stenst styrkleikapróf er næst kannað *brothlutfall* efnisins, þ.e.a.s. ef um malað set er að ræða. Hlutfall brotinna korna í efninu er mikilvægt, bæði hvað varðar viðloðun og hemlunarviðnám. Einnig er mæld *kornalögun* steinefnis en það er mikilvægt til að kanna hvort sýnið er mikið kleyfið eða flögótt. Kornalögun hefur meðal annars áhrif á bindiefnisþörf í klæðingu, en einnig er hætt á að klæðing verði of þunn ef hún er gerð úr flögóttu efni, svo og að blæðingar eigi sér stað. Ef brothlutfall og kornalögun eru viðunandi er *slitþol* efnisins kannað ef áætluð umferð er > 200 ÁDU, en yfirleitt er talið að slitþol skipti miklu máli fyrir endingu klæðinga þar sem umferð er mikil, en frostþol skiptir hlutfallslega meira máli þar sem umferð er lítil. Gerð er grein fyrir kröfum til klæðingarefna í kafla 63.5.

Það prófanaferli, sem hér er lýst, fyrir sýni af klæðingarefni miðar að því að fá gott yfirlit yfir helstu efniseiginleika sem geta haft áhrif á gæði og endingu slitlagsins.



Mynd 63-2:

Flæðirit fyrir mat á steinefni til notkunar í klæðingu

63.2.2 Steinefnapróf

Með steinefnaprófum eru skoðuð gæði einstakra korna eða hóps korna í efninu og út frá niðurstöðum þeirra er hægt að meta almennt gæði efnisins til notkunar í klæðingarslitlag. Til að fá marktækt sýni til prófunar er mikilvægt að það sé tekið af efni sem er unnið á sama hátt og gert er ráð fyrir að vinna það við framleiðslu enda hefur vinnsluaðferð áhrif á eiginleika efnisins.

Lögn klæðingar felst í því að dreifa steinefni í bindiefnið eftir að því hefur verið sprautað á yfirborð vegarins. Steinefnið er því ekki steipt í massa, eins og í malbiki eða steiptu slitlagi. Mikilvægir eiginleikar steinefnis eru því í fyrsta lagi að það límist vel í bindiefnið og að það hafi nægilegan styrk, slitþol og þol gegn frostáraun. Einnig er mikilvægt að hluti þess sé brotinn og kornalögunin sé innan marka. Kornadreifing skal einnig vera innan tiltekinnar marka. Hér á eftir er getið þeirra prófa sem gera þarf til að meta ofangreinda eiginleika en nánari lýsingu á prófunaraðferðum má finna í viðauka 1 og fjallað er um kröfur í kafla 63.5.

Kornadreifing

Við hönnun klæðingar er fyrst mæld kornadreifing óunnins efnis (á við um set), en einnig er æskilegt að setja efnið í tilraunavinnslu og mæla kornadreifingu malaðs efnis auk annarra efnisrannsókna. Algengast er að nota flokkað efni til klæðingar og í slíkum tilfellum sést á kornastærðamælingu efnisins hvort yfir- og undirstærðir, svo og fínefnamagn er innan marka. Ef svo er ekki, má í flestum tilfellum laga framleiðsluna þannig að efnið uppfylli skilyrðin, t.d. með frekari hörpun og þvotti á steinefni til að losna við fínefnið. Á síðustu árum hefur Vegagerðin gert kröfu um að steinefni í klæðingar sé þvegið í námu, ekki síst í bikþeytuklæðingar.

Viðloðun

Ráðandi eiginleiki steinefnis í klæðingu er að það festist vel í bindiefnið. Þegar þunnbik (hvítspíri sem þynningarefni) var notað í klæðingar voru viðloðunareiginleikar þess mældir með hrærsluprófi með vegolíu. Mikil reynsla er af þessari prófunaraðferð en hún hefur þann annmarka að notuð er vegolía í prófinu en ekki þunnbik. Engu að síður hafði aðferðin verið notuð til að meta viðloðunareiginleika steinefnis í þunnbik með góðum árangri. Á undanförunum árum hefur notkun þunnbiks verið hætt af umhverfisástæðum, en mýkingarefni hafa rutt sér til rúms í kjölfarið, fyrst repjuolía en síðan ethyl ester úr lýsi. Einnig hafa ný fljótandi viðloðunarefni verið tekin í notkun í stað fasts diamins.

Hrærslupróf með vegolíu hefur ekki gefið góða raun til að mæla viðloðun nýrra gerða bindiefna (raunblandna) og því hefur nú verið þróað hrærslupróf á viðloðun til að það henti raunblöndum þjálbiksklæðinga. Nota skal raunblöndupróf til að mæla viðloðun fyrir þjálbiksklæðingar, en þar sem umferð er lítil má notast við eldra viðloðunarprófið, sbr. mynd 63-4. Kröfur til viðloðunar eru settar fram í töflu 63-10. Mikilvægt er að kornadreifing efnisins liggi ávallt fyrir þegar viðloðunarpróf eru gerð. Ef á að nota bikþeytu má notast við "Vialit plate" próf skv. staðli ÍST EN 12272-3. Ef viðloðun er ófullnægjandi getur það verið af því að efnið er fínefnasmurt. Þá er hægt að þvo efnið og ef viðloðun er enn ófullnægjandi eftir þvott ber að hafna efninu. Ekki eru í þessu riti settar fram kröfur sem byggja á „Vialit Plate“ prófi.

Berggerð og ásýnd bergs

Berggreining: Gæðaflokkun steinefnis er gerð með því að greina steinefnin í bergbrigði og flokka bergbrigðin í þrjá gæðaflokka. Tilgangur berggreiningar er að greina berggerð og ásýnd steinefnis, sem fyrsta áfanga við mat á gæðum þess til klæðingar. Berggreiningin er leiðbeinandi fyrir

klæðingarefni. Ef efnið er innan viðmiðunarmarka má samþykkja það, án þess að prófa styrk og frostþol sérstaklega (að öðrum kröfum uppfylltum).

Brothlutfall: Gerðar eru kröfur um að steinar séu að talsverðu leyti brotnir til að klæðingin verði stöðug og til að tryggja nægilegt hemlunarviðnám og bæta viðloðun. Upplýsingar um þennan eiginleika steinefnisins má fá með brothlutfallsmælingu, en sú mæling gefur upplýsingar um hlutfall brotinna og óbrotinna korna í sýni sem greint er. Í mælingunni kemur fram hversu stór hluti einstakra korna hefur brotflöt á meira en 50% yfirborðs og hversu stór hluti er alveg óbrotinn (alnúinn). Einungis þarf að mæla brothlutfall malaðs sets, en ekki er þörf á að mæla brothlutfall malaðs bergs, þar sem það er albrotið.

Kornalögun: Lögun einstakra korna hefur áhrif á gæði þeirra í klæðingu. Óheppilegt er ef steinefnin eru of kleyfin (of flöt og/eða ílöng) og gefur kornalögunarmæling upplýsingar um þennan eiginleika steinefnisins. Kornalögun er lýst með almennum orðum við berggreiningu, en til að fá töluleg gildi á lögun er lögunarstuðull mældur með hjálp stafsíta. Vinnslutæki (brjótar) og vinnsluaðferðir hafa áhrif á hvernig þessi eiginleiki steinefnanna er og til eru brjótar sem stuðla að teningslögun kornanna (sjá viðauka 6 í þessu riti og ritið Notkun bergs til vegagerðar – vinnsla, efniskröfur og útlögn).

Berggæði

Styrkur: Styrkur steinefna sem nota á í klæðingu er mældur með Los Angeles prófi. Þetta próf er aðeins framkvæmt á öllu klæðingarefni nema því efni sem stenst ekki leiðbeinandi kröfur til berggreiningar og þriðja flokks efnið er mjög ummyndað og fellur á frostþolsprófi. Ef efnið stenst kröfur til frostþolsprófs, er hægt að samþykkja notkun þess (að öðrum kröfum uppfylltum).

Veðrunarþol (frostþol): Steinefni sem notuð eru í klæðingu, verða fyrir talsverðri áraun vegna frost/þíðu skipta. Ef salt er notað sem hálkueyðir, er áraunin enn meiri en ella. Því getur verið nauðsynlegt að kanna hversu vel steinefnin þola þessa áraun. Það er gert með frostþolsprófi, sem er fyrst og fremst ætlað að gefa upplýsingar um hæfi steinefnanna til að standast endurteknar frost/þíðu-sveiflur án þess að brotna verulega niður. Frostþolspróf er aðeins framkvæmt á klæðingarefni þegar efnið stenst ekki leiðbeinandi kröfur til berggreiningar og þriðja flokks efnið er mjög ummyndað. Ef efnið stenst þetta próf, er hægt að samþykkja notkun þess (að öðrum kröfum uppfylltum).

Slitþol: Steinefni í klæðingu þurfa að vera slitþolin til þess meðal annars að geta staðist áraun negldra hjólbarða. Slitþol er mælt í kúlnakvarnarprófi sem mælir fyrst og fremst þol steinefnanna gagnvart núningsáraun. Los Angelesprófið sem nefnt er hér að framan mælir hins vegar þol steinefna gagnvart höggáraun. Slitþolspróf er þó einungis framkvæmt fyrir klæðingarefni á vegi með ársdagsumferð (ÁDU) meira en 200 bíla, sjá kafla 63.5.1.

Eiginleikar fínefna

Almennt séð ætti ekki að þurfa að gera mælingar á eiginleikum fínefna í klæðingarefni, þ.e.a.s. ef um er að ræða framleiðslu á flokkuðu og þvegnu steinefni. Slík framleiðsla er nú krafa hjá Vegagerðinni þar sem umferð er umtalsverð, ekki síst í bikþeytuklæðingar.

Húmus: Ekki er þörf á að gera húmuspróf á flokkuðu klæðingarefni. Klæðingarefni skulu ekki innihalda lífræn óhreinindi. Yfirleitt er hægt að meta slík óhreinindi með sjónmati, en í vafatífellum þarf að framkvæma húmuspróf.

Þjálni: Ekki er þörf á að gera þjálnipróf á flokkuðu klæðingarefni. Oft er hægt að meta hvort fínefni óflokkaðs klæðingarefnis eru þjál með því að velta sýni á milli fingra sér og athuga þannig hvort fínefnið er leirkennt, þ.e. hvort hægt er að hnoða það í kúlur. Ef grunur leikur á að þjál efni séu til staðar í sýninu skal gera þjálnipróf á því. Þjálnistuðull (e. Plasticity Index) er gefinn upp sem munurinn á flæðimarki (hæsta rakagildi sem efni getur haft án þess að missa þjálni sína og verða “flotkennt”) og þjálnimarki efnisins (lægsta rakagildi sem efni getur haft þannig að enn sé hægt að hnoða það).

63.2.3 **Próf á efnismassa**

Engin próf eru gerð á efnismassa klæðingarefna.

63.2.4 **Fjöldi prófa við hönnun**

Við forrannsóknir, þegar valið stendur á milli tveggja eða fleiri náma, er það í höndum hönnuðar hversu mörg próf hann telur að þurfi að gera á sýnum úr hverri námu. Þegar ákveðin náma hefur svo verið valin ræðst fjöldi prófa sem á að gera áður en framleiðsla hefst á því magni sem gert er ráð fyrir að vinna í námunni. Lágmarksfjöldi prófa miðað við magn kemur fram í töflu 63-4. Sýnin þurfa að gefa mynd af öllu því svæði sem gert er ráð fyrir að vinna efnið úr. Einnig er mikilvægt að vinna sýnin með svipuðum aðferðum og ætlunin er að nota við framleiðslu. Ef breytileiki er mikill innan efnistökusvæðis getur verið þörf á að fjölga prófunum. Í viðauka 4 er fjallað um framleiðslueftirlit og tíðni prófana sem steinefnaframleiðenda ber að uppfylla fyrir steinefni sem sett er á markað.

Tafla 63-4:
Lágmarksfjöldi prófana miðað við efnismagn sem á að vinna

Efnis- magn, m³	Korna- dreifing	Húmus sjónmat	Við- loðun	Berg- greining	Styrkur	Frost- þol*	Brot- hlutfall	Korna- lögun	Slitþol**
< 2000	4	4	1	1	1	(1)	1	1	1
2000-3000	5	5	2	1-2	1-2	(1-2)	1-2	1-2	1-2
3000-4000	6	6	2	1-2	1-2	(1-2)	1-2	1-2	1-2
> 4000	6	6	3	2	2	(2)	2	2	2

* Frostþolspróf er einungis framkvæmt ef steinefni stenst ekki leiðbeinandi kröfur um magn mjög ummyndaðs bergs skv. berggreiningu.

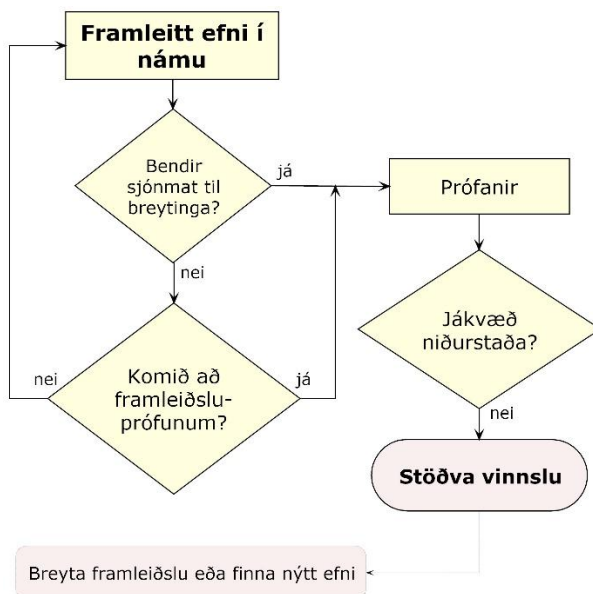
** Slitþolspróf er aðeins framkvæmt ef umferð er meiri en 200 ÁDU

63.3 Próf við framleiðslu

Tilgangur með efnisprófum við framleiðslu, er að fá fullvissu um að efnið sem framleitt er standist allar kröfur sem gerðar eru til klæðingarefnis. Hér er átt við prófanir á sýni af efninu í námunni eða geymsluhaug nálægt verkstað, þ.e. áður en það er komið út í veg, því mikilvægt er að hugsanlegir vankantar komi fram áður en efnið er notað. Þegar steinefni er rannsakað við hönnun er það oft ekki unnið á nákvæmlega sama hátt og við framleiðslu. Því eru prófanir við framleiðslu mikilvægar, sérstaklega hvað varðar mælingar á kornadreifingu, viðloðun, kornalögun og brothlutfalli. Þar sem kröfur miðast við efni á framleiðslustað eða geymsluhaug nálægt verkstað er mjög mikilvægt að ekki verði aðskilnaður kornastærða í efnishaugum. Mikil hætta er á aðskilnaði í keilulaga haugum og því skal haugsetja efnið í láréttum lögum sem ekki eru meira en 1 m á þykkt til að forðast aðskilnað.

63.3.1 Verkferlar

Verkferill sem fylgt er þegar fylgst er með framleiðslu steinefnis í klæðingu, er sýndur á mynd 63-3. Eins og fram kemur á flæðiritinu er fylgst með framleiddu efni og ef einhverjar breytingar, til dæmis á lit, kornalögun eða grófleika, koma fram í efninu er tekið sýni og það sett í próf. Ef efnið virðist í lagi samkvæmt sjónmati er nægilegt að prófa framleidda efnið með þeirri tíðni sem fram kemur í töflu 63-5. Ef niðurstöður prófa eru innan settra marka er framleiðslu haldið áfram, annars þarf að stöðva hana og gera ráðstafanir til að laga það sem miður hefur farið. Ef kornadreifing er ekki innan marka er oft hægt að breyta vinnsluaðferðum með hörpun og þvotti. Kornalögun og brothlutfall má einnig í flestum tilfellum lagfæra með bættum vinnsluaðferðum. Ef breyttar vinnsluaðferðir duga ekki til að efnið uppfylli kröfur kann að vera nauðsynlegt að hætta framleiðslunni og finna nýtt efni eða nýja námu. Slíkt ætti þó sjaldan að koma upp, ef vel hefur verið staðið að prófunum og athugunum við hönnun.



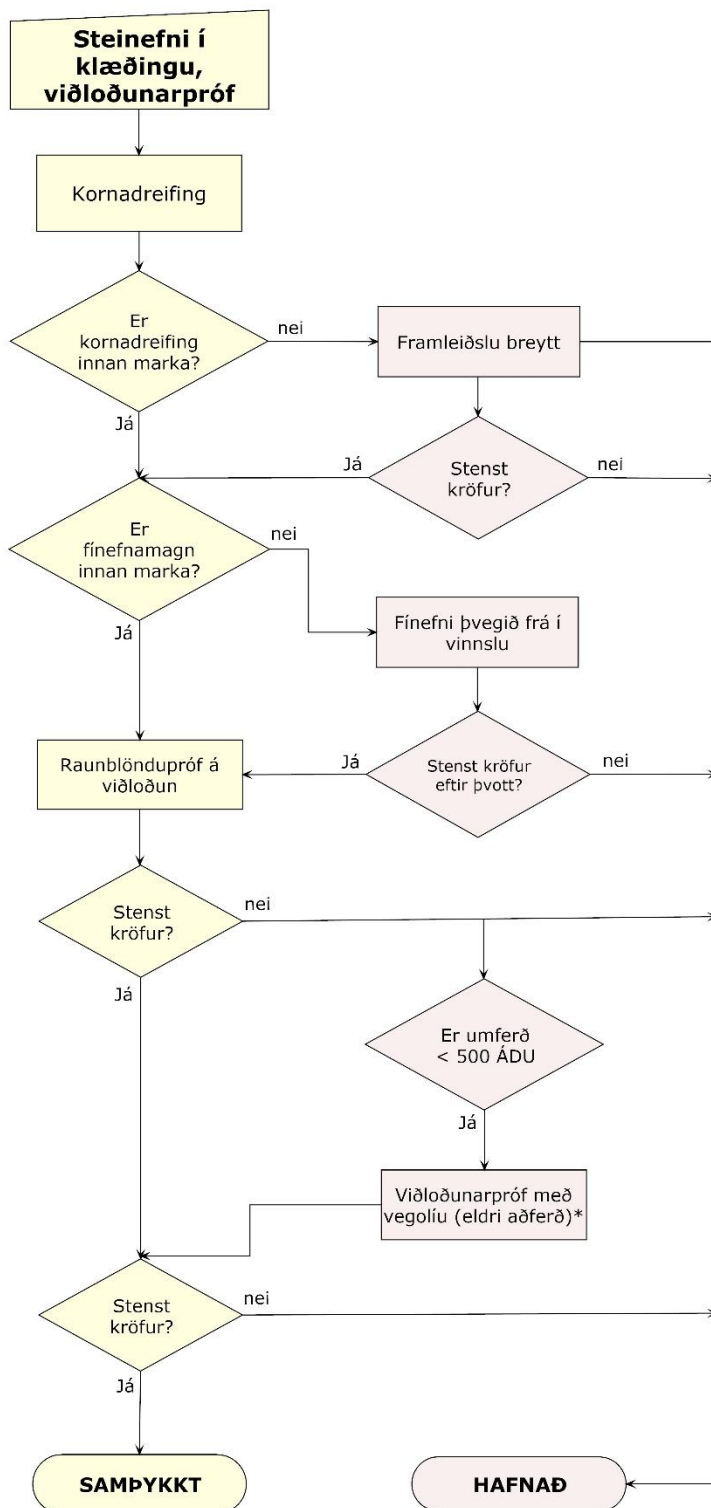
Mynd 63-3:

Flæðirit fyrir verkferla prófana við framleiðslu klæðingarefnis

63.3.2 Steinefnapróf

Í töflu 63-5 eru talðar upp þær prófanir sem gerðar eru á steinefnum í klæðingar við framleiðslu og lágmarkstíðni þeirra. Kröfur til klæðingarefna koma fram í kafla 63.5.1. Samhliða framleiðslu klæðingarefna er mikilvægt að mæla kornadreifingu og fínefnainnihald efnisins og einnig er fylgst með því að ekki séu lífræn óhreinindi í efninu en ef um flokkað efni er að ræða ætti ekki að vera mikil hætt á því. Einnig er mikilvægt að prófa aðra eiginleika sem taldir eru upp í töflunni enda er efnið nú prófað eftir vinnslu og á því að hafa alla þá eiginleika sem að var stefnt með vinnslunni. Rétt er að taka fram að hér er átt við prófanir á efninu áður en það er komið á útlagnarstað.

Mynd 63-4 sýnir dæmi um ferli prófana og ákvarðana varðandi kornadreifingu og viðloðunareiginleika steinefna og bindiefna. Reiknað er með að á síðari stigum muni notkun á gamla viðloðunarprófinu með vegolíu verða hætt, en lagt er til að það megi nota prófið ef umferð er < 500 ÁDU.



* Líkur eru á að þessi aðferð leggist af og hætt verði að útbúa vegolíu til prófana

Mynd 63-4:

Flæðirit fyrir mat á kornadreifingu og viðloðun á framleiddu efni

63.3.3 Próf á efnismassa

Engin próf eru gerð á efnismassa fyrir klæðingu.

63.3.4 Tíðni prófa við framleiðslu

Fjöldi prófa sem gera á við framleiðslu steinefnis í klæðingu, er háður magni sem framleitt er og er tilgreindur í töflu 63-5. Alltaf skal gera eitt próf við upphaf framleiðslu og síðan með þeirri tíðni sem taflan tilgreinir. Ekkert af þessum prófunum skal þó gera sjaldnar en einu sinni í verki, einu sinni í námu eða einu sinni á því ári sem vinnsla fer fram. Auka getur þurft tíðnina ef prófanir við hönnun voru ekki gerðar í samræmi við leiðbeiningar.

Tafla 63-5:
Lágmarkstíðni steinefnaprófa við framleiðslu (m³)

Próf/ÁDU	> 2000	1000-2000	200-1000	< 200
Kornadreifing	1000	1000	1000	1000
Húmus (sjónmat)*				
Viðloðun***	3000	3000	3000	3000
Berggreining				
Frostþol**				
Styrkur				
Brothlutfall				
Kornalögun				
Slitþol****				Ekki krafa

* Prófanir einungis framkvæmdar ef sjónmat gefur tilefni til.

** Einungis framkvæmt ef steinefnið stenst ekki leiðbeinandi kröfur magn mjög ummyndaðs bergs í 3. flokki samkvæmt berggreiningu.

*** Sjá mynd 63-4 um mælingar á kornadreifingu og viðloðun. Mikilvægt er að kornadreifing efnisins liggja ávallt fyrir þegar viðloðunarpróf eru gerð.

**** Ekki gerðar kröfur um slitþol ef umferð er < 200 ÁDU.

Við upphaf framleiðslu skal gera eitt próf með hverri prófunaraðferð sem við á. Síðan skal gera eitt próf fyrir það magn sem tilgreint er í töflunni.

63.4 Próf og mælingar við framkvæmd

Þegar klæðing er lögð eru prófanir á steinefnum aðeins gerðar í undantekningatilvikum og þá þau hin sömu og nefnd eru hér að framan. Hins vegar er nauðsynlegt að mæla hvort magn útsprautaðs bindiefnis og magn steinefnis sem dreift er sé innan hönnunarmarka áður en útlögn hefst og skrá niðurstöður. Einnig skal mæla magn eftir að viðkomandi dreifari kemur úr viðgerð eða sýnist starfa óeðlilega.

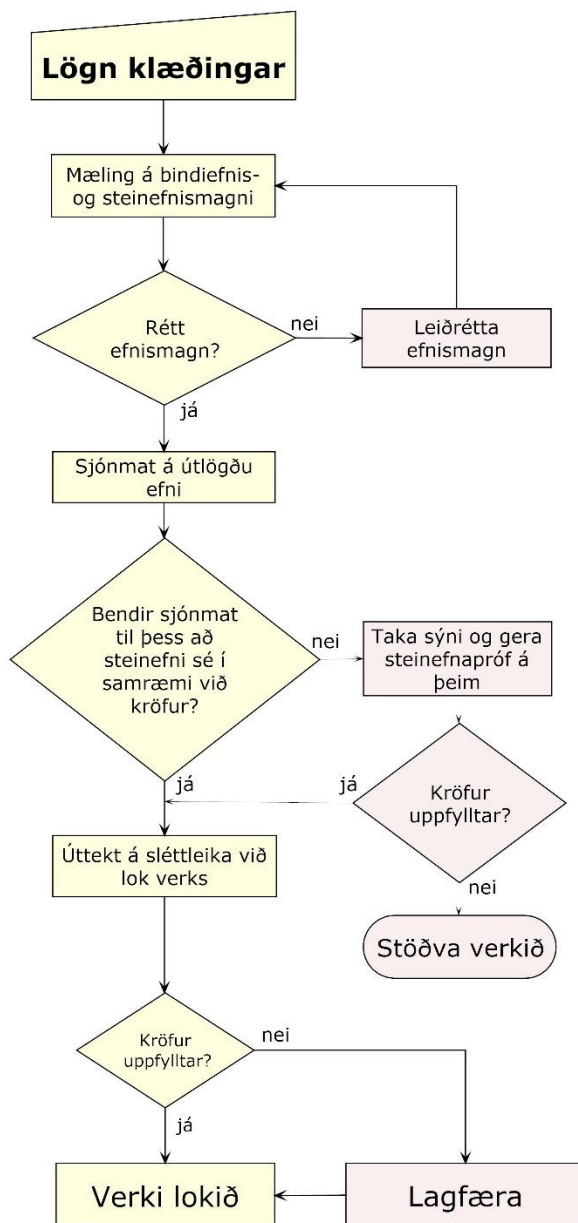
Sléttleikinn er mældur með réttsskeið og fylgst með magni bindiefna (sjá kröfur í kafla 63.5.2).

63.4.1 Verkferlar

Verkferill vegna prófa og mælinga sem gerðar eru við lögn klæðingar er sýndur á mynd 63-5. Eins og fram kemur á flæðiritinu, er í fyrsta lagi gert ráð fyrir að fylgst sé með því að útsprautað bindiefnismagn sé í samræmi við það sem gert var ráð fyrir við hönnun klæðingarinnar sem og magn steinefnis sem dreift er. Þetta felur í sér að fylgjast með því að ekki sé misdreifing á bindiefni, t.d. vegna stíflaðs spíss og að steinefni sé jafndreift um yfirborðið. Í öðru lagi er mikilvægt að fylgjast með steinefninu og prófa það ef eitthvað bendir til þess að það uppfylli ekki kröfur. Slíkar prófanir ættu þó að heyra til undantekninga, einkum ef verkferlum við próf við hönnun og framleiðslu, sem fjallað var um hér á undan, hefur verið fylgt. Til að leggja áherslu á það, er þessi leið sýnd með strikalínunum í flæðiritinu.

Klæðing er í raun framleidd úti í vegi, þ.e.a.s. stein- og bindiefnin sem notuð eru komast þá fyrst í snertingu við hvort annað, ólíkt t.d. malbiki sem blandað er í stöð undir framleiðslueftirliti. Því er mjög mikilvægt að allar skráningar um efnisgerðir sem notaðar eru í klæðingar séu ýtarlegar og rekjanlegar, þannig að eftirlitsaðili úti í verki geti skráð með vissu hvað fór í viðkomandi klæðingu. Þetta á t.d. við um magn og gerð mýkingarefnis í bikbindiefni, svo og magn og gerð viðloðunarefnis. Einnig þarf að skrá hvenær viðloðunarefni er sett í viðkomandi bindiefni og við hvaða hitastig það er flutt og geymt ef svo ber undir. Þetta er sérstaklega mikilvægt vegna þess að viðloðunarefni missa virkni sína með tíma, en virknin er einnig háð geymsluhitastigi. Því þarf eftirlitsaðili að meta hvort bæta skuli viðloðunarefni í tank, t.d. vegna tafa, þannig að tryggt sé að virkt viðloðunarefni sé til staðar í bindiefninu. Einnig þurfa að liggja fyrir skrásettar upplýsingar um gerð bikþeytu þegar slíkar lagnir eiga í hlut, þannig að unnt sé að rekja hvaða íblendi (ýruefni, mýkingarefni o.s.frv.) voru notuð og í hvaða magni í viðkomandi bikþeytu.

Við lok verksins, þ.e.a.s. eftir sópun þarf að kanna hvort yfirborð slitlagsins uppfylli kröfur um sléttleika og hæðarlegu og hvort klæðingarkápan er samfelld.

**Mynd 63-5:**

Flæðirit fyrir próf og mælingar við framkvæmd fyrir klæðingar

63.4.2 Steinefnapróf

Eins og áður greinir, ætti helst ekki að koma til þess að gera þurfi próf á steinefnunum, eftir að þau eru komin út í veginn. Ef sú staða kemur hins vegar upp, þá fara úrræði, t.d. val á prófunum, eftir því hvaða eiginleikar virðast ekki vera uppfylltir. Nánar er fjallað um prófunaraðferðir í kafla 62.2.2 og viðauka 1 þar sem steinefnaprófunum er lýst og í kafla 63.5 er fjallað um kröfur til steinefna.

63.4.3 Próf og mælingar

Mælingar á útsprautuðu bindiefnismagni: Hægt er að mæla útsprautað magn bindiefnis með því að vigta teppisbút með plastpoka, leggja síðan teppið á veginn og láta bindiefnisdreifarann sprauta yfir. Eftir útsprautun er teppisbúturinn svo tekinn upp, settur í plastpoka og veginn aftur. Út frá þyngd og flatarmáli er hægt að reikna útsprautað magn á flatareiningu yfir þversnið akreinar. Samkvæmt staðli um mælingar á magni útsprautaðs efnis, ÍST EN 12272-1, ber að nota minnst 5 teppisbúta þvert yfir akrein, þar sem hver um sig er 250-500 mm á kant. Ysti búturinn skal vera 200 mm innan við mörk útsprautaðs efnis. Ef bindiefnisdreifarann er búinn mælum sem skrá notkun og magn á flatareiningu, ætti að sannreyna þá með ofangreindri aðferð og síðan má nota þessar upplýsingar við framhald verksins. Skráningar á þessum mælingum skulu vera hluti af skýrslu eftirlits.

Mæling á magni steinefna: Hentugt er að notast við kassa með kvörðuðu, gagnsæu loki til að mæla magn steinefna í klæðingu, þar sem lesið er rúmmál dreifðs steinefnis í l/m². Tafla 63-3 c) hér að framan sýnir hæfilegt rúmmál steinefnis á flatareiningu í einfalda klæðingu. Einnig er hægt að mæla magn steinefna úr dreifara með því að safna því í bakka með þekktu flatarmáli, undan steinefnadreifara og vigta. Þannig fæst magn steinefna í kg/m² í lögn klæðingar. Ef valið er að vigta steinefni í stað rúmmálmælingar þarf að umreikna tölurnar í töflu 63-3 c) yfir í kg/m² með tilliti til rúmþyngdar. Reikna má með að 8/11 mm kúbískt steinefni hafi lausa rúmþyngd á bilinu 1,6-1,8 Mg/m³, sem jafngildir kg/l. Samkvæmt staðli um mælingar á magni steinefnis, ÍST EN 12272-1, ber að gera minnst 3 mælingar þvert yfir akrein. Skráningar á þessum mælingum skulu vera hluti af skýrslu eftirlits.

Mælingar á sléttleika: Gerðar eru kröfur um sléttleika yfirborðs klæðingar við lok verks. Ákvæði eru um mestu ójöfnu, mældri með 3 m réttскеið, en einnig eru ákvæði um mesta frávik frá hönnuðu yfirborði, mestu hæðarbreytingu á ákveðinni vegalengd og mesta frávik frá hönnuðum þverhalla. Hafi verið vandað vel til hæðarlegu og sléttleika burðarlags eru miklar líkur á að yfirborð klæðingar verði í samræmi við kröfur og að sama skapi er nær ómögulegt að uppfylla þessar kröfur hafi svo ekki verið.

63.4.4 Tíðni prófa við framkvæmd

Tíðni prófa við framkvæmd við lagningu klæðingar ræðst af umfangi verka fyrir hvert tæki sem notað er við dreifingu bikbindiefnis og steinefna. Þeim má fjölga eða fækka eftir því hvernig eftirlitsaðili metur stöðuna í hvert sinn.

Mæling á útsprautuðu magni bindiefnis ætti ávallt að gera samkvæmt töflu 63-6, dálki F2. Tækjabúnaður skal ávalt kvarðaður við upphaf klæðingatímabils (að vori). Auk þess skal mæla bindiefnis- og steinefnadreifingu í hvert sinn þegar skipt er um gerð bindiefnis eða steinefnis og einnig eftir að viðkomandi dreifari kemur úr viðgerð eða sýnist starfa óeðlilega.

Tafla 63-6:
Tíðni mælinga á magni bindiefnis og dreifðu steinefni skv. ÍST EN 12271

	F1	F2	F3	F4
Mæling á útsprautuðu bindiefni, m ²	Heildarmagn deilt með flatarmáli	100.000	25.000	10.000
Nákvæmni útsprautunar, m ²	Einu sinni í verki	100.000	25.000	25.000
Mæling á dreifðu steinefni, m ²	Heildarmagn deilt með flatarmáli	100.000	25.000	10.000
Nákvæmni steinefnadreifingar, m ²	Einu sinni í verki	100.000	25.000	25.000

Í töflu 63-6 er tíðni mælinga sett fram í samræmi við framsetningu í töflu B-6 í staðli ÍST EN 12271. Í staðlinum eru flokkar F1 til F4 ekki skilgreindir með tilliti til umferðarálags og er ákvörðun um tíðni því í höndum verkkaupa. *Lagt er til að hérlandis verði miðað við dálka F1 og F2 í töflunni fyrir mælingar á útsprautun bindiefnis og steinefnadreifingu fyrir allar lagnir klæðinga.* Mælingar á hverju tæki fari þá fram í upphafi lagningatímabils (að vori) og síðan eftir hverja 100.000 m² sem hefur verið dreift (F2). Auk þess er ávalt skráð til samanburðar magn á m² af útsprautuðu og dreifðu efni sem miðast við heildarmagn sem notað er í verkinu (F1). Ekki er almennt þörf á að gera mælingu á nákvæmni útsprautunar bindiefnis og dreifingar á steinefnum nema grunur leiki á að útsprautun eða dreifing sé ekki jöfn yfir allt yfirborðið.

Ekki er hægt að tiltaka tíðni steinefnaprófa við framkvæmd, en eins og áður segir ættu þau að heyra til undantekninga.

Sléttleiki og aðrar mælingar á nákvæmni yfirborðs við lok verks skulu gerðar á minnst 20% af lengd kaflans sem unnið var við.

63.5 Kröfur

Við framsetningu á kröfum til steinefna í klæðingu er miðað við kröfuflokka sem settir eru fram í evrópska framleiðslustaðlinum ÍST EN 13043 *Steinefni í malbik og klæðningar á vegi, flugvelli og önnur umferðarsvæði* (e. Aggregates for bituminous mixtures and surface treatments for roads, airfields and other trafficked areas). Kröfur til efnisgæða miðast við umferðarpunga (ÁDU) á hönnunarári vegarins þannig að krafist er betri efnisgæða eftir því sem vegurinn hefur meira hlutverki að gegna í þjóðvegakerfi landsins. Miðað er við heildarumferð á tveggja akreina vegi.

Kröfur sem varða framleiðslueftirlit með klæðingu við útlögn, miðast við Evrópustaðal ÍST EN 12271 *Klæðing-Framleiðslustaðall* (e. Surface dressing, requirements). Sá staðall vísar m.a. í prófunarstaðla í ÍST EN 12272 röðinni svo sem um magn og nákvæmni dreifingar bindiefnis og steinefnis.

Verktaki skal í upphafi verks leggja fram nákvæma áætlun um gæðaeftirlit og skal eftirlitskerfi verktaka tryggja að gæði steinefna, bindiefna og annarra efna sem notuð eru, svo og að verkgaði séu skráð með fullnægjandi hætti. Ef steinefni er fengið úr námu framleiðanda sem selur steinefni á markaði er heimilt að telja skjalfest framleiðslueftirlit með í heildarumfangi eftirlits með gæðum steinefna í viðkomandi verki.

Þær kröfur sem hér eru settar fram gilda fyrir unnið efni í námu en gera má ráð fyrir og rétt að hafa í huga, að breytingar geta orðið á eiginleikum efnisins við frágang í vegi.

63.5.1 Kröfur til steinefna

Í framleiðslustaðli ÍST EN 13043 eru settar fram frávíkskröfur vegna framleiðslu steinefna (sjá viðauka 4). Kröfurnar eru að 90% mælinga á kornadreifingu skuli liggja innan marka sem framleiðandi lýsir yfir um yfir- og undirstærðir og fínefnaflokk. Vegagerðin gerir sömu kröfur varðandi frávík bæði þegar kröfur um kornadreifingu klæðingarefna eru settar fram sem kröfuflokkur í samræmi við framleiðslustaðal ÍST EN 13043 (sjá töflur 63-9a og 63-9b) og einnig þegar kröfur miðast við markalínur. Þar að auki skulu skv. framleiðslustaðli öll gildi fyrir aðrar prófunaraðferðir vera innan þess kröfuflokks sem framleiðandi ábyrgist (e. *within the limit specified*). Vegagerðin setur hins vegar fram almennar nokkru rýmri frávíkareglur varðandi kröfur Vegagerðarinnar til berggæða klæðingarefna og ásýndar bergs, sem gera ráð fyrir að eitt gildi af hverjum fimm gildum megi víkja frá kröfugildi sem nemur allt að 10% í átt til lakari efnisgæða. Þannig mætti mest eitt sýni af fimm mælast með LA gildi 22 ef kröfuflokkurinn er LA₂₀ og hin fjögur skulu þá vera innan marka.

Lífræn efni (e. *humus*)

Efni sem nota á í klæðingu skal vera laust við lífræn efni. Yfirleitt er sjónmat látið nægja til að meta hvort lífrænt efni sé innan marka en í vafatilfellum er miðað við að efnið standist kröfur samkvæmt staðli ÍST EN 13043, þegar prófað er samkvæmt staðli ÍST EN 1744-1.

Þjálmi

Steinefni sem nota á í klæðingu má ekki flokkast sem þjált efni, skv. ASTM D4318. Í vafatilfellum skal efnið prófað í þjálmiprófi.

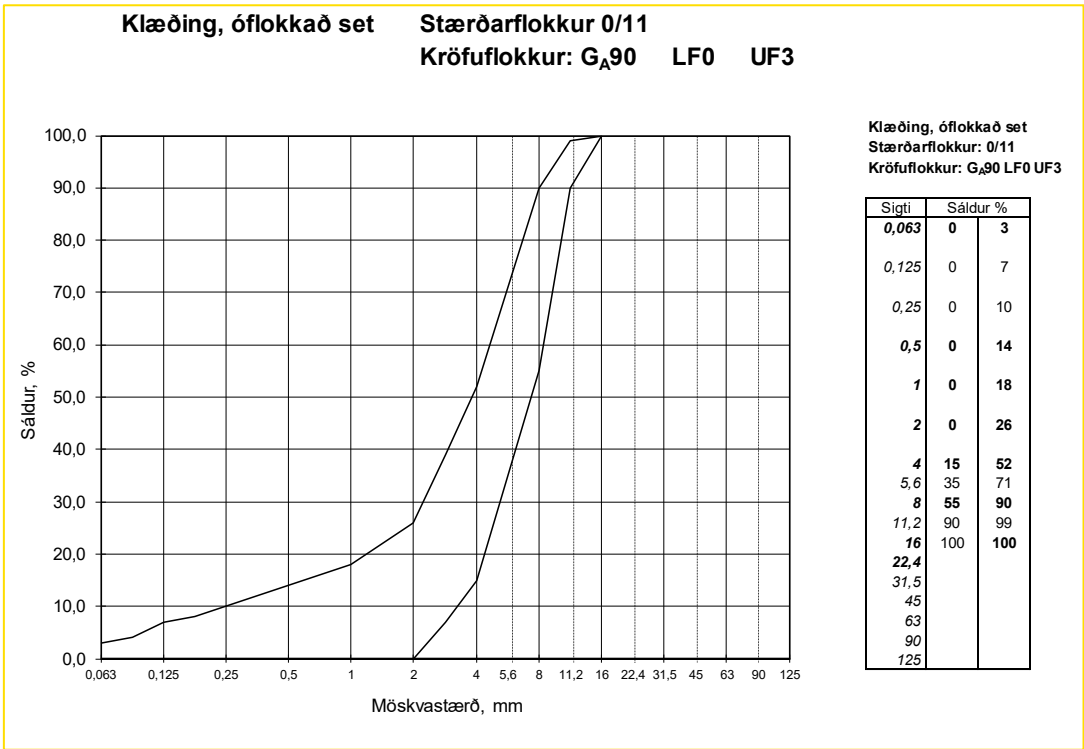
Kornadreifing óflokkaðs efnis

Kröfur um kornadreifingu steinefnis í klæðingar með óflokkuðu efni koma fram í töflu 63-7. Ekki er mælt með að nota óflokkað efni í klæðingu ef umferð er > 300 ÁDU. Þess skal getið að Evrópustaðlar um klæðingar gera ekki ráð fyrir að notað sé óflokkað steinefni í klæðingar. Kornadreifing er mæld samkvæmt staðli ÍST EN 933-1.

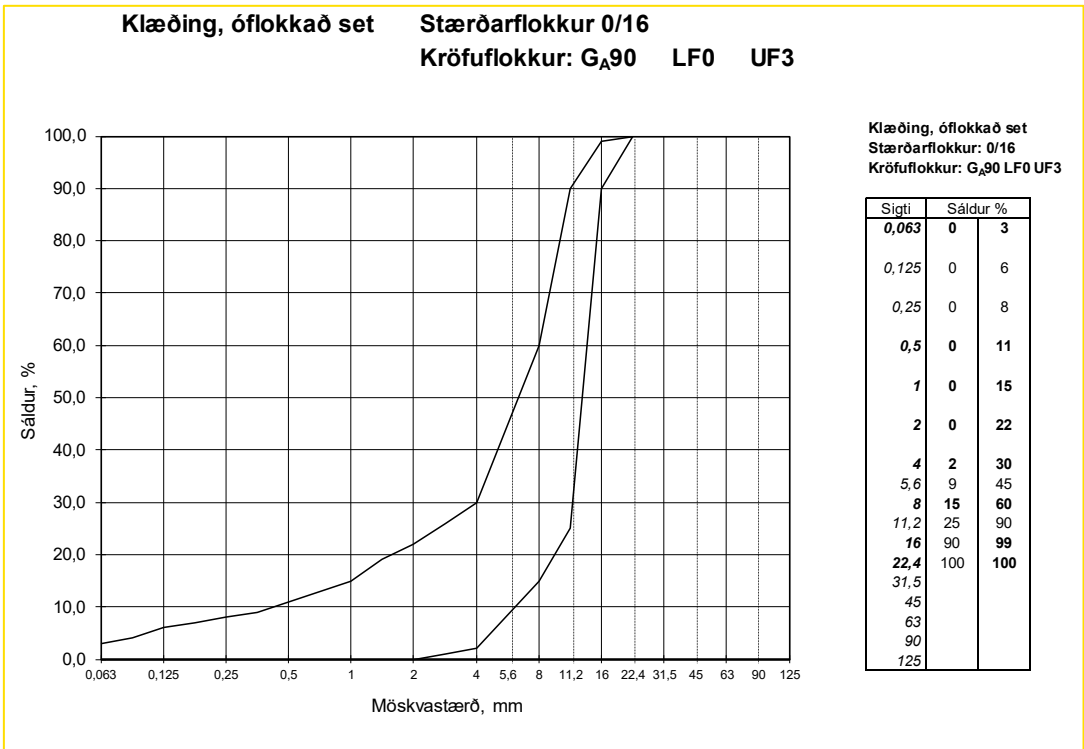
Tafla 63 7:
Kröfur um kornadreifingu óflokkaðs steinefnis í klæðingu

Möskvastærð, mm	Sáldur, %, stærðarflokkur 0/11	Sáldur, %, stærðarflokkur 0/16
0,063	0-3	0-3
0,125	0-7	0-6
0,25	0-10	0-8
0,5	0-14	0-11
1	0-18	0-15
2	0-26	0-22
4	15-52	2-30
8	55-90	15-60
11,2	90-99	25-90
16	100	90-99
22,4	0-3	100

Myndir 63-6 og 63-7 sýna markalínur fyrir óflokkað klæðingarefni í mismunandi stærðarflokkum samkvæmt töflu 63-7.



Mynd 63-6:
Markalínur fyrir óflokkað 0/11 klæðingarefni



Mynd 63-7:
Markalínur fyrir óflokkað 0/16 klæðingarefni

Kornadreifing flokkaðs efnis

Algengar steinastærðir í klæðingar með flokkuðu efni eru 4/8 mm, 8/11mm, 8/14 mm og 11/16 mm. Hér er mælt með að velja flokk Gc90/10 eða Gc90/15 varðandi undir- og yfirstærðir í flokkuðu efni og flokk $f_{0,5}$ úr töflu 6 í ÍST EN 13043 um magn fínefna í flokkuðu klæðingarefni, sem sagt að $\leq 0,5\%$ sé undir 0,063 mm. Til að standast þessar kröfur og til að tryggja að yfirborð steinefnis sé hreint þarf oftast að þvo flokkað steinefni í klæðingar. Í töflu 63-1 hér að framan er sýnt hvernig stærðarflokkar eru notaðir í einfalda og tvöfalda klæðingu, samsetta úr tveimur einföldum klæðingum, sjá umfjöllun um skilgreiningu einfaldrar klæðingar í kafla 63-1.

Hér á eftir eru sett fram ákvæði um undir- og yfirstærðir kornadreifingar sem koma til álita þegar ekki er valið að gera kröfur samkvæmt markalínum, t.d. þegar nota skal flokkað steinefni í klæðingu.

Í staðli ÍST EN 13043 eru settar fram kröfur um leyfilegar undir- og yfirstærðir flokkaðs efnis og óflokkaðs efnis, sjá úrdrátt í töflu 63-8. Í töflunni stendur d fyrir neðri flokkunarstærð og D fyrir efri flokkunarstærð, t.d. 11/16 (d/D). Nokkrir valkostir eru fyrir undir- og yfirstærðir í flokkuðu efni, til dæmis kröfuflokkur Gc 90/10 þar sem GcX/Y táknar að minnst X% efnisins eiga að smjúga grófara sigtið (efri flokkunarstærð) og mest Y% mega smjúga það fínna (neðri flokkunarstærð). Auk þess eru samsvarandi ákvæði fyrir d/2, 1,4xD og 2xD.

Fyrir óflokkað efni þ.e.a.s. 0/X efni þar sem d = 0 (t.d. 0/16) má velja milli kröfuflokka G_A úr töflu 63-8 um yfirstærðir þar sem G_A X táknar að minnst X% eiga að smjúga sigti efri flokkunarstærðar, auk samsvarandi ákvæða um 1,4xD og 2xD, en þar sem neðri flokkunarstærð er 0 eru engir kröfuflokkar um undirstærðir.

Í þessum leiðbeiningum er mælt með að velja flokk Gc90/10 eða Gc90/15 fyrir flokkað klæðingarefni og auk þess að magn fínefna sé $\leq 0,5\%$ undir 0,063 mm. Lagt er til að nota kröfuflokk G_A90 fyrir óflokkað klæðingarefni.

Tafla 63-8:

Kröfuflokkar með leyfilegum yfir- og undirstærðum samkvæmt staðli ÍST EN 13242

Gerð steinefnis	Stærð, mm	Sáldur, % af þyngd					Kröfuflokkur G**
		2xD	1,4xD	D	d	d/2	
Flokkað efni* D > 4 d ≥ 1		100	100	90-99	0-10	0-2	Gc 90/10
		100	98-100	90-99	0-15	0-5	Gc 90/15
Óflokkað efni* D > 4 d = 0		100	98-100	85-99	0-15	0-5	Gc 85/15
		100	98-100	90-99	-	-	G _A 90
		100	98-100	85-99	-	-	G _A 85

Skýringar við töfluna:

*Ef hlutfallið D/d er minna en 2 (flokkað efni) og kröfuflokkurinn er Gc 85/15, má minnka hlutfallið sem smýgur sigti með möskvastærðina D um 5%, að teknu tilliti til fyrirhugaðrar notkunar steinefnisins

**Það sem nefnt er flokkað efni hér kallast „Coarse“ í staðlinum, samanber C í kröfuflokki G_C. All-in í staðlinum samanber A í G_A er nefnt óflokkað efni hér

Sem dæmi um notkun á töflu 63-9 a) má taka flokkað efni 11/16, þ.e. $d = 11$ mm og $D = 16$ mm. Ef valinn er kröfuflokkur $G_c 90/10$ þá mega 0 – 10% af efninu smjúga 11 mm sigti (d) og 90 – 99% af efninu skal smjúga 16 mm sigti (D). Þannig verður að lágmarki 1% af efninu að sitja á 16 mm sigtinu sem er mikilvægt til að tryggja að efnið nái upp í efri flokkunarstærðina (þ.e. $D = 16$). Samkvæmt kröfuflokki $G_c 90/10$ mega 0 – 2% af efninu smjúga 5,6 mm sigti ($d/2 = 5,6$) og 100% verða að smjúga 22,4 mm sigti ($1,4 \times D = 22,4$).

Sem dæmi um óflokkað efni má taka stærðarflokkinn 0/16, þ.e. $d = 0$ og $D = 16$. Ef valinn er kröfuflokkur $G_A 90$ þá skulu 90 – 99% af efninu smjúga 16 mm sigti (D) og eins og í dæminu hér fyrir ofan verður að lágmarki 1% af efninu að sitja á 16 mm sigtinu. Á bilinu 98 – 100 verða að smjúga 22,4 mm sigti ($1,4 \times D = 22,4$) og allt efnið verður að smjúga 32 mm sigti ($2 \times D = 32$).

Auk ákvæðanna um yfirstærðir og undirstærðir eru í staðli ÍST EN 13043 ákvæði fyrir flokkað efni ($D/d \geq 2$), um millistærðir $D/1,4$ og $D/2$, sjá töflu 63-9. Sem dæmi má taka að fyrir flokkað efni 8/16 ($D/d < 4$) þá má á bilinu 20-70% af efninu smjúga 11,2 mm sigti ($D/1,4$) ef neðri valkosturinn er valinn.

Tafla 63-9:

Ákvæði um sáldurdreifingu millistærða

Hlutfall D/d	Stærð millisigtis, mm	Sáldur, %
< 4	D/1,4	25-80
		20-70
≥ 4	D/2	20-70

Þegar flokkað efni er á þrengri bili, þ.e. $D/2 < 2$ eins og algengt er um flokkað klæðingarefni, t.d. 11/16 mm og 8/11 mm, gildir að 40-60% efnisins skulu smjúga millisigti. Millisigtin eru 12,5 mm fyrir 11/16 mm efni og 10 mm fyrir 8/11 mm efni. Ef um er að ræða víðari flokkun, t.d. 8/16 mm efni gildir 11,2 mm sigtið sem millisigti með þeirri kröfu að 40-60% efnisins skuli smjúga það sigti.

Viðloðun

Kröfur um niðurstöður hrærsluprófs á viðloðun sem birtar eru í töflu 63-10 eru miðaðar við steinefni sem stenst kröfur um kornadreifingu og fínefnamagn, sbr. flæðirit á mynd 63-4. Kröfurnar eru miðaðar við að hrærsluprófið sé gert með spaðann í innra gati. Miðað er við sýni af steinefni sem liggur á milli sigta 4 mm og 16 mm. Ætíð skal mæla kornadreifingu í tengslum við viðloðunarpróf.

Tafla 63-10:

Kröfur um viðloðun steinefnis í klæðingu, mældri með hrærsluprófi

Umferð, ÁDU	Viðloðun, þakning*
< 200	≥ 90%
200-1000	≥ 90%
1000-2000	≥ 95%
> 2000	≥ 99%

*Hrærslupróf á viðloðun er ekki til sem Evrópustaðall

Eins og fram kom í kafla 63-2-2 var þróað viðloðunarpróf fyrir raunblöndur steinefna og bindiefna í þjálbík, vegna tilkomu nýrra mýkingar- og viðloðunarefna á íslenskum markaði. Þar er miðað við að prófuð sé viðloðun þeirra steinefna og bindiefna sem notuð verða í klæðingu í hvert sinn, sem sagt raunblöndur, sbr. verklýsingu á raunblönduprófi, sjá úrdrátt í viðauka 1. Kröfurnar eru þær sömu og fyrir hrærslupróf með vegolíu, en sú aðferð kemur einungis til álita ef umferð er < 500 ÁDU og verður eflaust lögð af með tímanum.

Berggreining

Leiðbeinandi kröfur um leyfilegt hlutfall steinefna í gæðaflokkum koma fram í töflu 63-11. Kröfurnar miðast við sýni af steinefni sem liggur á milli sigta 5,6 mm og 11,2 mm, nema ef um er að ræða flokkað efni sem er grófara (t.d. 11/16 mm klæðingarefni), en þá miðast kröfurnar við þann stærðarflokk.

Tafla 63-11:
Leiðbeinandi kröfur um gæðaflokkun fyrir steinefni í klæðingu

Umferð, ÁDU	Gæðaflokkur 1, %	Gæðaflokkur 3, %
< 200	Ekki krafa	≤ 15
200-1000	Ekki krafa	≤ 10
1000-2000	Ekki krafa	≤ 5
> 2000	≥ 50	≤ 5

Í framleiðslustaðli frá CEN, sem fjallar um steinefni í bikbundnar blöndur og klæðingar (ÍST EN 13043), eru ekki eiginlegar kröfur um niðurstöður berggreiningar. Berggreiningin á aðeins að segja almennt til um berggerð sýnisins. Íslenska aðferðin hefur verið aðlöguð ÍST EN 932-3, en er mun ýtarlegri í skiptingu basalts eftir ummyndun og þéttleika. Íslenska gæðaflokkunin er hins vegar alveg óháð Evrópustöðlum og hefur enga tilvísun í þá, enda er ávallt talað um “leiðbeinandi” gæðaflokkun í þessu riti. Í leiðbeiningariti Vegagerðarinnar, LEI-3410, er íslenska berggreiningarkerfið skjalfest.

Styrkleikapróf (Los Angeles – próf)

Kröfur um niðurstöðu LA-prófs fyrir steinefni í klæðingu koma fram í töflu 63-12. Miðað er við að sýni af steinefni sem liggur á milli sigta 10 mm og 14 mm sé prófað samkvæmt staðli ÍST EN 1097-2.

Tafla 63-12:
Kröfur um LA-gildi steinefna í klæðingu

Umferð, ÁDU	Flokkun skv. ÍST EN 13043
	LA gildi
< 200	LA ₃₀
200-1000	LA ₂₅
1000-2000	LA ₂₀
> 2000	LA ₁₅

Í töflunni þýðir LA_x að LA-gildið skuli að hámarki vera X%.

Frostþolspróf

Kröfur um niðurstöður frostþolsprófs, fyrir steinefni í klæðingu, koma fram í töflu 63-13. Kröfurnar eru miðaðar við sýni af steinefni sem liggur á milli sigta 8 mm og 16 mm og miðast við að prófið sé gert samkvæmt ÍST EN 1367-6.

Tafla 63-13:
Kröfur um niðurstöður frostþolsprófs fyrir steinefni í klæðingu

Umferð, ÁDU	Flokkun skv. ÍST EN 13043
	Frostþolsgildi
< 200	F _{EC} 14
200-1000	F _{EC} 14
1000-2000	F _{EC} 8
> 2000	F _{EC} 4

EC í F_{EC} stendur fyrir „Extreme Conditions“

Brothlutfall

Kröfur um brothlutfall steinefna í klæðingu koma fram í töflu 63-14. Kröfurnar miðast við sýni þar sem efri mörk kornastærðar, D, eru minni eða jöfn tvöfölduðum neðri mörkum, d, þ.e. $D \leq 2 \times d$, til dæmis 4-8 mm, 8-16 mm o.s.frv. Prófið er gert samkvæmt staðli ÍST EN 933-5. Steinefni sem fengin eru úr sprengdu bergi teljast uppfylla kröfuflokk C_{100/0} (albrotin) og þarfnast ekki prófunar á brothlutfalli samkvæmt framleiðslustaðli ÍST EN 13043.

Tafla 63-14:
Kröfur um brothlutfall steinefna í klæðingu

Umferð, ÁDU	Flokkun skv. ÍST EN 13043
	Brothlutfall
< 200	C _{50/30}
200-1000	C _{50/30}
1000-2000	C _{50/10} *
> 2000	C _{90/1} *

*Hér er að auki gerð krafa um að 30 til 100% þess efnis sem flokkast brotið sé albrotið.
Í töflunni þýðir C_{X/Y} að X% af þunga efniskorna á að vera brotið að meirihluta eða að öllu leyti, en Y% má vera alnúið.

Kornalögun

Kröfur um kornalögun steinefna í klæðingu koma fram í töflu 63-15. Prófið er gert samkvæmt staðli ÍST EN 933-3.

Tafla 63-15:
Kröfur um kornalögun steinefna í klæðingu

Umferð, ÁDU	Flokkun skv. ÍST EN 13043	
	Kleyfnistuðull > 8 mm	Kleyfnistuðull < 8 mm
< 200	Fl ₃₀	Fl ₃₅
200-1000	Fl ₂₅	Fl ₃₀
1000-2000	Fl ₂₀	Fl ₂₅
> 2000	Fl ₁₅	Fl ₂₀

Í töflunni þýðir Fl_x að kleyfnistuðullinn (e. Flakiness Index) skuli að hámarki vera X%. Miðað er við vegið meðaltal þeirra kornastærðarbila sem sýnið nær til.

Slitþol (kúlnakvarnargildi)

Kröfur um slitþol steinefna í klæðingar, mældu með cúlnakvarnarprófi, koma fram í töflu 63-16. Kröfurnar eru miðaðar við sýni af steinefni sem liggur á milli sigta 11,2 mm og 16 mm, samkvæmt staðli ÍST EN 1097-9. Þegar lagt er mat á cúlnakvarnargildi verður að hafa í huga að ef steinefnið er með lágt brothlutfall og mikið af núnum steinum þá mælist kvarnargildið tiltölulega lágt (gott), jafnvel þó að berggæði séu ekki mikil.

Tafla 63-16:
Kröfur um kvarnargildi steinefna í klæðingu

Umferð, ÁDU	Flokkun skv. ÍST EN 13043
	Kvarnargildi
< 200	Ekki krafa
200-1000	A _N 19
1000-2000	A _N 14
> 2000	A _N 10

Í töflunni þýðir A_N X að kvarnargildið má að hámarki vera X%.

63.5.2 Kröfur til bikbindiefnis

Í kafla 63.1 Hlutverk, eiginleikar og efnisgerðir er fjallað almennt um bikbindiefni í klæðingu. Í töflu 63-2 eru settar fram upplýsingar um gerð bikbindiefnis, hreyfðarsegju við mismunandi hitastig og kröfur um hitastig við útsprautun bindiefnis.

Tafla 63-17 sýnir kröfur til eiginleika mýkingarefnis í klæðingar (ethyl ester úr lýsi). Efnismælingar mýkingarefnis skal gera reglulega á eftirfarandi þáttum hjá viðurkenndri rannsóknarstofu, árlegt sýni úr hverjum geymslutanki skal liggja fyrir hjá birgjum.

Tafla 63-17:
Kröfur til mýkingarefnis í klæðingar (ethyl ester úr lýsi)

Þáttur	Gildi (mörk)	Prófunaraðferð
Útlit	Hrein og tær	Sjónmat
Ljósbrotni við 20°C	1,450nD (RI)	Ljósbrotsmælir
Eðlisþyngd við 15°C	872-878 kg/m³	ÍST EN ISO 12185
Seigja við 40°C	3,50-5,00 mm²/s	ÍST EN 16896
Vatn	< 0,1%	ISO 3733
Blossamark COC	> 160°C	ÍST EN ISO 2592
Rennslimark (PP)	u.þ.b. 3°C	ÍST EN ISO 3016
Fitusýrusamsetning (EPA+DHA)	≥ 5,0%	Ph Eur 2.4.29
Hlutfall etýlestera	≥ 96%	Ph Eur 2.2.30
Móðumark (CP)	u.þ.b. 5°C	ÍST EN ISO 3015
Stíflumark (CFPP)	u.þ.b. 0°C	ÍST EN 116

63.5.3 Kröfur til efnismassa

Ekki eru hér gerðar kröfur til efnismassa klæðingar, enda ekki um eiginlegan efnismassa að ræða, heldur tvö sjálfstæð lög (bindiefni og steinefni).

63.5.4 Kröfur við framkvæmd

Áður en klæðing er lögð í nýbyggingu skal yfirborð burðarlagsins vera vel valtað, slétt og þétt og með réttri hæðarlegu, sjá kafla 5 Burðarlag í þessu riti. Ef um yfirlögn á eldri klæðingu er að ræða þarf að gæta þess að yfirborð gamla slitlagsins sé hreint og er mikilvægt að sópa það eftir þörfum. Mikilvægt er að þegar þjálbik er sett á tankbíl liggja fyrir skráning á gerð og magni biks, mýkingarefnis og viðloðunarefnis. Á sama hátt þurfa upplýsingar um innihald bikþeytu að liggja fyrir við afgreiðslu. Hafa skal í huga að virkni viðloðunarefna minnkar við geymslu og að geymsluhitastig hefur áhrif á hversu hratt virknin minnkar. Ef tafir verða á notkun bindiefnis sem sett hefur verið á tank (vegna úrkomu, bilana eða annars), getur þurft að bæta viðloðunarefni á tankinn vegna minnkandi virkni þess sem fyrir er með tíma.

Lofthitastig skal vera hærra en 5°C þegar þjálbiksklæðing er lögð og ekki má hafa verið næturfrost nóttina áður. Bikþeyta er sérstaklega viðkvæm fyrir lágu hitastigi og ætti því að leggja hana um hásumar og við góðar aðstæður, katjónska bikþeytu við hærra hitastig en 6°C og fjölíðubreytta bikþeytu við hærra hitastig en 10°C. Sérstakt leyfi verkefnastjóra bundinna slitlaga og svæðisstjóra viðkomandi svæðis þarf til að leggja klæðingu fyrir 1. júní og eftir 1. september. Steinefnið skal

leggja út með dreifara um leið og lokið er við að sprauta bindiefninu á vegyfirborðið og skal steinefnið rétt ná að þekja vegyfirborðið en ekki meira en það. Um leið og lokið er við að dreifa steinefninu skal valta yfirborð klæðingarinnar með gúmmíhjólavalta en ef undirlagið er slétt má einnig nota titurvalta með gúmmíklæddri tromlu. Völtun skal haldið áfram þar til steinefnið hefur raðað sér vel og bundist bindiefninu. Valta skal allt yfirborð klæðingarinnar með minnst 4 yfirferðum og er mælt með að notaðir séu 2 valtar í stærri verkum. Hraði valta skal ekki vera meiri en 5 km/klst. Þegar lögð eru tvö lög klæðingar skal fyrra lagið hafa bundist undirlaginu vel áður en seinna lagið er lagt og öllu lausu efni sópað af yfirborði neðra lagsins og gert við skemmdir á yfirborði þess áður en seinna lagið er lagt. Æskilegt er að sem stystur tími líði á milli lagnar fyrra og seinna lags klæðingar á nýbyggingar.

Ef taka þarf sýni af steinefnum og prófa þau gilda þær kröfur sem nefndar eru í kafla 63.5.1.

ÍST EN 12271 „*Surface dressing – Requirements*“ setur fram kröfuflokka fyrir þolvik á dreifðu bindiefni og steinefni. Kröfuflokkarnir eru þrír, þar sem frávik frá hönnuðu magni geta verið ± 5 , ± 10 eða $\pm 15\%$ í einstökum mælingum. Hér er lagt til að almennt gildi að frávik verði ekki meiri en $\pm 10\%$ hvað varðar frávik í dreifingu bindiefna og steinefna, sjá töflu 63-18.

Varðandi magn steinefna fyrir flokkað efni skal dreifa nægu magni til að yfirborð vegarins sé þakið en ekki meira en svo. Til að kanna heppilegt magn af flokkuðu steinefni getur verið æskilegt að taka sýni af framleiddu efni og dreifa á ákveðið flatarmál, þannig að steinar liggi þétt saman en leggist ekki ofan á hvorn annan. Síðan er hægt að reikna út æskilegt magn í kg/m^2 . Fyrir óflokkað efni 0/16 mm er venjulegt magn 22 til 30 kg/m^2 en fyrir 0/11 mm er magnið 18 til 22 kg/m^2 .

Kröfur um sléttleika eru háðar umferð og koma fram í töflu 63-18. Ekki er gert ráð fyrir að klæðing sé notuð í nýbyggingum þar sem umferð er meiri en ÁDU 2500, samtals á tveggja akreina vegi.

Tafla 63-18:
Kröfur um sléttleika og nákvæmni yfirborðs slitlags við lok verks

	Umferðarmagn			
	ÁDU ≥ 400		ÁDU < 400	
	einstök mæling	meðaltal	einstök mæling	meðaltal
Hámark frávika frá hönnuðu yfirborði (mm)	+20/-20	+5/-5	+30/-30	+10/-15
Sléttleiki í þverátt mældur með 3 m réttskeið (mm)	10	-	15	-
Sléttleiki í langátt mældur með 3 m réttskeið (mm)	10	-	15	-
Hámark frávika frá hönnuðum slitlagsbrúnum (mm)	+100/-0	+100/-0	+100/-0	+100/-0

Mikilvægt er að gera mælingar á útsprautuðu bindiefni og dreifingu steinefnis með reglulegu millibili, samanber töflu 63-6 hér að framan. Í töflu 63-19 eru gefin upp mestu leyfilegu frávik í magni og hitastigi bindiefnis við útsprautun og magni steinefna

Tafla 63-19:
Leyfileg frávik í magni og hitastigi bikbindiefnis og magni steinefna

Frávik	
Bindiefnismagn	± 10%
Magn steinefna	± 10%
Hitastig útsprautaðs bindiefnis	± 5°C

Hér á eftir eru talin upp þau atriði sem skrá þarf við þessar mælingar á magni bindiefnis og steinefnis.

Vegna mælinga á útsprautuðu bindiefni skal eftirfarandi skráð samkvæmt staðli ÍST EN 12272-1:

1. að mæling hafi verið í samræmi við ÍST EN 12272-1
2. númer tankbíls og bindiefnisdreifara sem notaður var
3. hæð bindiefnisdreifara
4. breidd bindiefnisdreifara
5. staðsetning mælingar
6. dagsetning mælingar
7. veðurskilyrði sem gætu haft áhrif á mælingu (t.d. vindur)
8. hitastig bindiefnis skv. mæli tankbíls
9. gerð og eðlisþyngd bindiefnis við útsprautunarhitastig
10. áætlað magn af dreifðu bindiefni
11. niðurstöður mælingar (l/m^2)
12. athugasemdir
13. nafn og undirskrift þess sem ber ábyrgð á mælingunni

Vegna mælinga á dreifingu steinefnis skal eftirfarandi skráð samkvæmt staðli ÍST EN 12272-1:

1. að mæling hafi verið í samræmi við ÍST EN 12272-1
2. númer steinefnadreifara sem notaður var
3. breidd þversniðs
4. staðsetning mælingar
5. dagsetning mælingar
6. námuheiti og námunúmer
7. stærðarflokkur steinefnis
8. áætlað magn til dreifingar
9. niðurstöður mælingar (kg/m^2)
10. athugasemdir
11. nafn og undirskrift þess sem ber ábyrgð á mælingunni

64 Malbik

64.1 Hlutverk, eiginleikar og efnisgerðir

Almennt

Malbik er blanda af steinefni, biki og oft ýmsum íaukum svo sem trefjum, viðloðunarefnum, fjölfiðum, vaxefnum, sementi og/eða kalkdufti. Þýngdarhlutföllin í malbiki eru oft um það bil 94% steinefni og 6% bik, en þýngdarhlutfall íauka er hverfandi. Hlutverk steinefnisins er margþætt. Að öðru jöfnu er valið steinefni með sem mest slitþol gagnvart negldum hjólbörðum, en það þarf einnig ásamt bikbindiefninu að sjá slitlaginu fyrir nægilegu burðarþoli gagnvart þungri umferð, þ.e. nægjanlegri stífni og viðnámi gegn skriði og að tryggja veðrunarþol slitlagsins. Ennfremur eru eiginleikar steinefnisins mikilvægir fyrir hemlunarviðnám milli slitlags og hjólbarða. Hlutverk bikbindiefnisins er einnig fjölbreytt en fyrst og fremst er því ætlað að binda steinefniskornin saman í eina heild, en jafnframt að ljá malbikinu vissan sveigjanleika en samt nægilegan stöðugleika og í sumum tilfellum verja það gagnvart vatni. Trefjar eru notaðar í vissar malbiksgerðir til að hindra aðskilnað bindiefnis frá steinefni á meðan malbikið er heitt og óþjappað. Viðloðunarefni eru leyst upp eða þeim blandað í bindiefnið og er magn þeirra oftast um 0,3% af bindiefnismagni. Hlutverk viðloðunarefna er að styrkja tengingu (viðloðun) bindiefnisins við steinefnið. Rannsóknir sýna að viðloðun biks við bæði íslensk og erlend steinefni má bæta með viðloðunarefnum. Því skal ávallt nota viðloðunarefni í allar malbiksblöndur. Þar sem umferð er mikil er fjölfiðum (e. polymer) gjarnan blandað í bindiefnið (e. polymer modified bitumen, PMB) eða í malbikið (e. polymer modified asphalt, PMA) til að breyta seigju þess á vissu hitastigsbili og auka viðnám þess gagnvart skriði. Einnig má blanda vissum vaxefnum í bikbindiefni eða malbik, en slík efni í litlum mæli valda því að hægt er að ná þjöppun við lægra hitastig en ella og þar með lækka framleiðsluhitastig og/eða auka flutningsvegalengdir. Ef vaxi er blandað í umtalsverðu magni (t.d. um 3%) eykur það viðnám malbiksins gegn skriði. Í viðauka 8 er sett fram ýtarefni um malbik, þótt sumt af því sé nú orðið gamalt og að hluta úrelt efni. Í viðaukann hefur því verið bætt inn ýmsum athugasemdum um atriði sem hafa breyst frá því hann var upphaflega settur fram.

Þess má geta að leyfilegt er skv. Evrópustöðlum að blanda allt að 10% af malbikskurli sem unnið er úr malbiksfræsi í AC stífmalbik (ÍST EN 13108-1) og SMA steinríkt malbik (ÍST EN 13108-5) í slitlag og allt að 20% í burðarlagsmalbik. Ef óskað er eftir hærra hlutfalli af malbikskurli þarf að flokka kurlið eftir uppruna steinefna og mæla eiginleika bindiefnis í kurlinu, en þá gildir staðallinn ÍST EN 13108-8 *Bituminous mixtures - Material specifications - Part 8: Reclaimed asphalt*.

Malbik er blandað í þar til gerðum blöndunarstöðvum. Steinefnið er þurrkað við um 150°C og bikinu, sem einnig er heitt og þunnfljótandi, hrært saman við ásamt íaukum. Malbiksblandan er síðan flutt heit þangað sem á að nota hana og er algengt að hún sé lögð í u.þ.b. 50 mm þykku lagi með sérstökum útlagnarvélum og völtuð þar til tilskilinni þjöppun er náð. Eftir útlögn eru rúmmálshlutföll í hefðbundnu stífmalbiki (AC-malbiki) um 80% steinefni, um 17% bindiefni og um 3% loft (holrýmd), en það fer nokkuð eftir hannaðri malbiksgerð hver hlutföllin eru.

Steinefni í malbik eru ýmist fengin úr setlögum eða sprengdu og möluðu bergi. Endurunnin efni, sem sagt malbikskurl hafa verið notuð í stífmalbik og steinríkt malbik innan þeirra marka sem tilskilin eru, en að öðru leyti ekki í miklum mæli hérlandis. Endurlögn (e. repave) er einnig aðferð til endurvinnslu á staðnum og hefur verið notuð talsvert hérlandis sem viðhaldsaðgerð, sjá umfjöllun um endurvinnslu hér á eftir.

Steinefni í malbik eru gjarnan flokkuð í þrennt eftir kornastærð, þ.e.a.s. fínefni minni en 0,063 mm (e. fines), 0,063-4 mm (sandur) og > 4 mm (perla, flokkuð mól). Fínefni er gjarnan fengið úr mélu steinefnis (e. filler), en hún er þannig samsett að 100% smjúga 2 mm sigti, 85-100% smjúga 0,125 mm sigti og 70-100% smjúga 0,063 mm sigti. Perlan getur verið af ýmsum stærðaflokkum, t.d. 4/8, 8/11, 11/16 eða 16/22 mm. Efri flokkunarstærð malbiks sem ætlað er í slitlag er yfirleitt ekki grófari en 16 mm, en velja má grófara efni í burðarlagsmalbik. Aðrir stærðaflokkar steinefna eru líka notaðir eftir atvikum, svo sem 0/4, 0/8, 0/11 og fleiri. Steinefnið þarf að uppfylla margvíslegar kröfur, mismunandi eftir fyrirhugaðri notkun malbiksins.

Bik er seigfljótandi, klísturkennt og vatnsfælið efni, sem er nær eingöngu unnið úr jarðolíu. Þegar léttari hlutar jarðolíunnar svo sem bensín, dísilolía, steinolía og smurolíur hafa verið eimaðir frá verður eftir eimingarleif, sem eftir frekari vinnslu verður að biki. Bikið hefur mismunandi eiginleika eftir uppruna og vinnsluaðferðum. Í Evrópu er bik meðal annars flokkað eftir stungudýpt (e. Paving Grade, PG), sem er mælikvarði á stífleika og tilgreinir hversu djúpt 100 g nál með tiltekinni lögun sekkur í bikið við tiltekið hitastig og á tilteknum tíma. Stífleikinn er tilgreindur sem þessi dýpt og mælikvarðinn er tíundu hlutar úr mm. Hérlandis er mest notað bik með stungudýpt á bilinu 160 til 220 þar sem umferð er ekki mjög þung, táknað sem PG 160/220, (nálin sekkur 16 til 22 mm ofan í sýnið á 5 sek við 25°C). Á götum og vegum með mikla og þunga umferð er hins vegar mest notað bik með stungudýpt PG 70/100 sem er mun stífara en PG 160/220. Einnig kemur vel til álita að nota bik með stungudýpt mitt á milli, sem sagt PG 100/150, annað hvort innflutt sér eða blandað úr hinum tveimur sem eru mýkra og harðara bikið. Jafnvel kæmi til greina að nota bik með stungudýpt PG 50/70 þar sem álag af þungum bílum er mjög mikið, en það hefur ekki tíðkast hér á landi.

Íaukar og íblendi eru til dæmis plasttrefjar, sem draga úr hættu á að bindiefnið skiljist frá steinefninu í blöndun og flutningi, en þær eru til dæmis notaðar í steinríkt malbik (e. Stone Mastic Asphalt, SMA). Einnig má nefna viðloðunarefni sem styrkir bindinginn milli bindiefnis og steinefnis. Þessir tveir íaukar eru mjög lítil hluti af malbiksblöndunni í heild sinni. Í þriðja lagi er stundum bætt fínmöluðum kalksteini eða sementi út í malbiksblönduna (viðbætt fínefni), sem gerir hana stífari og hefur oft jákvæð áhrif á viðloðun. Fyrir malbik á vegi með mikilli og þungri umferð er, eins og fyrr segir, fjölliðum (e. polymers, t.d. SBS) gjarnan blandað í bindiefni eða malbik til að breyta seigjueiginleikum þess, aðallega til að það þoli betur sumarhita án þess að skríða til undir umferðinni og frosthörkur án þess að brotna. Fjölliður geta einnig bætt aðra eiginleika malbiks, svo sem viðloðun og slitþol gagnvart nagladekkjum. Þá er blöndun á vaxefnum í malbik algeng, til að auðvelda þjöppun og auka viðnám malbiksins gegn skriði í sumarhitum.

Eiginleikar malbiks

Tilgangurinn með hönnun malbiks er að velja grunnefni af heppilegri gerð og ákvarða blöndunarhlutföll þeirra þannig að líkur séu á að malbikið hafi æskilega eiginleika. Hönnunin tekur mið af aðstæðum þar sem á að nota malbikið (veðurfari, umferð, tiltækum hráefnum, tækjabúnaði o.s.frv.) og á eftir föngum að tryggja eiginleikana sem eru taldir upp hér á eftir:

- *Slitþol*. Með slitþoli malbiks er átt við þol þess gagnvart áraun negldra hjólbarða. Þetta er sá þáttur sem hefur hvað mest áhrif á endingu malbiks, þó því aðeins að umferðin sé meiri en 2500 ÁDU eða svo, samtals á tveimur akreinum. Tveir eiginleikar öðrum fremur ráða úrslitum, slitþol steinefnisins og hlutfall grófs efnis af steinefni.
- *Veðrunarþol* gagnvart vatni, frost/þíðu sveiflum og hálkuvarefnum. Mikilvægast í þessu sambandi er veðrunarþol steinefnis, en einnig holrýmd malbiksins (þ.e. hvort vatn nái að setjist til í malbikinu), svo og hæfilegt bindiefnisinnihald. Þó þarf ávallt að hafa í huga að nauðsynleg holrýmd sé til staðar eftir þjöppun til að varna því að hemlunarviðnám sé skert.
- *Viðnám gegn steinlosi*. Góð viðloðun milli bindiefnis og steinefnis vinnur gegn steinlosi, sömuleiðis hæfilega mikið bindiefnisinnihald.
- *Viðnám gegn skriði*. Hæfilegt bindiefnisinnihald hamlar gegn skriði, einnig hrjúft steinefni með hvössum brúnum og heppilegri lögun, hæfilegt fínefnainnihald (sem hlutfall af bindiefnismagni), hart bindiefni, heppileg kornadreifing og síðast en ekki síst íblöndun fjölliða eða vaxefna.
- *Hemlunarviðnám*. Of hátt bindiefnisinnihald og of lág holrýmd geta stuðlað að því að kröfur um hemlunarviðnám eru ekki uppfylltar og þarf þá að grípa til tafarlausra ráðstafana. Því er mikilvægt við framleiðslu malbiks að hafa sérstaklega eftirlit með að kröfur um lágmarksholrýmd á Marshallkjörnum séu uppfylltar. Hátt hlutfall af grófu steinefni hefur jákvæð áhrif, svo fremi steinefnið slípist (e. polish) ekki undir umferð. Hrífi (e. texture), einkum fínhrífi steinefnisins ræður einnig miklu um hemlunarviðnám.
- *Viðnám gegn þreytubroti*. Að þessum eiginleika stuðlar hátt bindiefnisinnihald, þéttur sáldurferill og góð viðloðun milli bindiefnis og steinefnis. Hérlandis vegur þessi þáttur þó lítið, miðað við slitþol og viðnám gegn skriði svo eitthvað sé nefnt.
- *Viðnám gegn frostsprungum*. Í miklu frosti skreppur malbikið saman og getur rifnað. Frostsprungur eru þó afar fátíðar, ef ekki óþekktar, hérlandis.
- *Viðnám gegn öldrun*. Mjúkt bindiefni og steinefni með góða viðloðun minnkar líkur á öldrunarskemmdum, sömuleiðis hæfilegt bindiefnisinnihald og holrýmd.

Eins og upptalningin hér að ofan sýnir geta æskilegir eiginleikar togast á við hönnun malbiks. Við hönnun malbiks þarf því oft að fara bil beggja og velja samsetningu malbiksins með bestun á eiginleikum þess. Um leið þarf að taka tillit til aðstæðna (veðurfars, umferðar) þar sem á að nota malbikið.

Hönnunarstíkar og aðrir eiginleikar malbiks

Nokkrir mikilvægir hönnunarstíkar (e. parameter) sem notaðir hafa verið hérlandis um árabíl fyrir malbik eru holrýmd í malbiki, bindiefnisinnihald, festa og sig í Marshallprófi og hlutfall festu og sigs. Aðrir hönnunarstíkar koma til greina til þess að leita að malbiksblöndum sem hafa tiltekna eftirsóttá eiginleika. Hægt er að staðfesta eiginleika hannaðrar malbiksblöndu með aflrænum gerðarprófunum (e. performance related), svo sem próf á skriðeiginleikum, sliteiginleikum og vatnsnæmi. Slíkar prófanir er hægt að nota til að kanna hversu vel tókst til við hönnun. Þar sem væntanlegt álag á malbik vegna umferðar er mikið eru þessi aflrænu próf hluti af gerðarprófunum (e. Type Testing) í samræmi við fylgistaðal ÍST 75 „Framleiðsla á malbiki“⁸. Hér á eftir verður gerð

⁸ Fylgistaðlar ÍST 75 Framleiðsla á malbiki og ÍST 76 Framleiðsla á steinefnum komu út í desember 2013. Þeir kveða á um hvaða gerðarprófanir og prófanir vegna framleiðslueftirlits skuli gera.

stutt grein fyrir áhrifum nokkurra hönnunarstika á eiginleika malbiks og heppilegu vali á þeim með hliðsjón af aðstæðum.

Holrýmd (%). Kröfur til holrýmdar eru annars vegar gerðar til að fyrirbyggja að vatn eigi greiða leið niður í bikbundin lög í veghlotinu og setjist þar að, frjósi og þiðni á víxl og valdi þannig skemmdum og hins vegar til að minnka líkur á að malbikið skriði til undir þungri umferð. Þá má nefna mikilvægi þess að tryggja að ætíð séu kröfur um lágmarkholrýmd uppfylltar til að tryggja að biksmit eigi sér ekki stað upp í yfirborðið. Malbik getur talist þétt ef holrýmdin er undir 3%, nokkurn veginn þétt ef holrýmdin er á bilinu 3-5%, lítillega lekt á bilinu 5-8%, en lekt ef holrýmdin er meiri.

Tiltölulega lág holrýmd í malbiki getur verið æskileg fyrir margra hluta sakir, þó ekki svo lág að það geti valdið biksmiti upp í yfirborðið. Íslenskt veðurfar gerir miklar kröfur til veðrunarþols malbiksins; slitlög eru blaut langtímum saman yfir vetrartímann og frost/þíðu sveiflur eru mjög margar, auk þess sem götur á höfuðborgarsvæðinu og vegir í nágrenni þess eru saltaðir margoft að vetrarlagi. Á móti kemur að með of lágri holrýmd eykst hættan á skriði undan þungri umferð talsvert á heitum sumardögum, en einnig er hættan á að hemlunarviðnám verði of lítið.

Íslenskar holrýmdarkröfur hafa verið snöggjum lægri en í nágrannalöndunum. Lengi var talið að sumur væru nægilega svöl hérlandis og miklir sumarhitar sjaldgæfir og því væri hættan á skriði í malbiki hverfandi. Á undanförunum árum hafa mörg sumur verið sólrík hér á landi og hitastig í slitlagi hefur mælst allt að 50°C á um 20 mm dýpi. Á síðustu árum hefur í auknum mæli borið á grunnnum dældum við gatnamót og jafnframt djúpum hjólförum í malbiki, sérstaklega við umferðarmikil gatnamót og á skiptistöðum strætisvagna. Mælingar á malbiki á höfuðborgarsvæðinu hafa gefið til kynna að hluti skriðs í hjólfaramyndun væri 10-25%. Í skýrslu sem kom út 2014⁹ kemur fram að skrið getur verið enn hærra hlutfall hjólfaramyndunar en fyrri mælingar bentu til í dæmigerðu AC malbiki með PG 160/220 biki. Rannsóknin bendir til að liðlega 40% hjólfaramyndunar verði vegna deigra formbreytinga eftir 2 ár, skv. sænsku spálíkani sem unnið var með. Eftir 8 ár eru formbreytingar liðlega 20% hjólfaramyndunar. Til að sporna við skriði, með tilliti til stöðugt aukins umferðarþunga og biksmiti í yfirborði malbiks var tekin ákvörðun hjá Vegagerðinni að hækka lægstu hönnuðu holrýmd í stífmalbiki úr 0,4% og nú síðast (2021) í 1,5%.

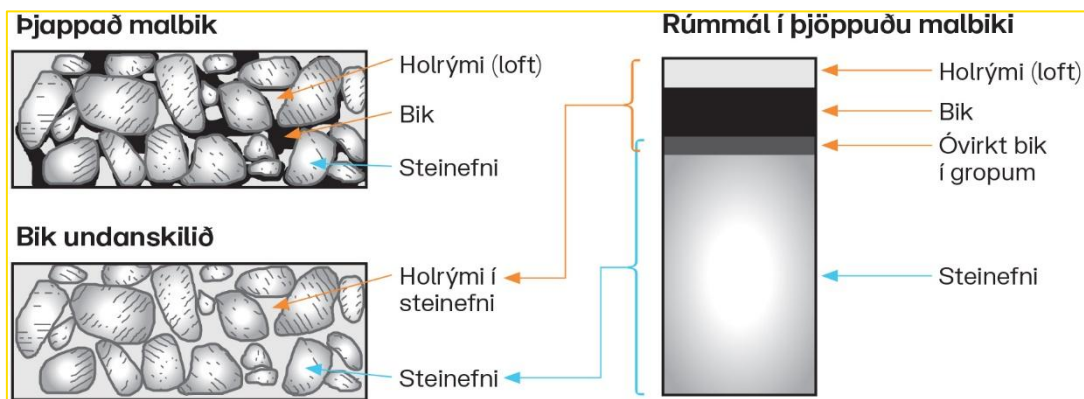
Rétt er að minna á að líkur á skriði stjórnast ekki eingöngu af holrýmd, þar sem samsetning malbiksblöndunnar, gerð og magn bindiefnis, íaukar og íblendi skipta líka máli. Líkurnar á skriði minnka að jafnaði með auknu fínefnainnihaldi (sem hlutfalli af bindiefnismagni), heppilegri lögun korna, auknu innihaldi af grófu steinefni, hækkanði brothlutfalli steinefnisins og stífara bindiefni, auk íblöndunar á fjölliðum og/eða vaxefnum.

Neðri mörk holrýmdar í Marshallprófi eru sett við 1,5% fyrir stífmalbik (AC) hérlandis, en sú krafa er í samræmi við ÍST EN 13108-1 um þá malbiksgerð. Neðri mörk holrýmdar eru sett 2,0% fyrir steinríkt malbik (SMA) hérlandis, en sú krafa er í samræmi við ÍST EN 13108-5 um þá malbiksgerð. Af tæknilegum ástæðum er æskilegt að bilið milli hámarks- og lágmarksholrýmdar í Marshallprófi sé minnst 2% (annars kann að verða erfitt að hanna malbik með tilskilinni Marshallholrýmd). Þess vegna eru efri mörk holrýmdar fyrir SMA í Marshallprófi sett 4,0% og 3,5% fyrir AC malbik.

⁹ Birkir Hrafn Jóakimsson 2014: Hjólför í íslensku malbiki - Slit og deigar formbreytingar. MSc ritgerð við Háskóla Íslands.

Burðarlagsmalbik er undirlagsmalbik þar sem holrýmdin skiptir ekki eins miklu máli og í malbiki í slitlag. Hætta á skriði er mjög lítil, bæði vegna þess að álag frá umferð er farið að dreifast til muna og eins er ósennilegt að hitastig í burðarlagsmalbiki verði svo hátt að hætta sé á skriði af þeim sökum. Á hinn bóginn er mjög há holrýmd í burðarlagi óheppileg vegna hættu á sigi (vegna eftirþjöppunar). Lág holrýmd stuðlar hins vegar að góðu þreytuþoli sem er æskilegur eiginleiki, því burðarlagi er yfirleitt ætlað að endast margfalt á við slitlag.

Holrýmd í steinefni (%) og bikfyllt holrýmd (%). Með holrýmd í steinefni er ekki átt við gropur í steinefnunum, heldur þann hluta af rúmmáli þjappaðrar malbiksblöndu sem steinefnið fyllir ekki. Með öðrum orðum er hún sá rúmmálshluti malbiksblöndunnar sem er loft og bindiefni að undanskildu bindiefni sem gengur inn í gropur í steinefninu við blöndun (óvirkt bindiefni), sjá mynd 64-1. Ófylltar eða lokaðar gropur í steinefnakornum eru taldar með rúmmáli steinefna. Holrýmd í steinefni breytist með sáldurferli, bindiefnisinnihaldi, hámarkskornastærð blöndunnar, þjöppun malbiksins og og öðrum stikum, svo sem kornalögun steinefnisins.

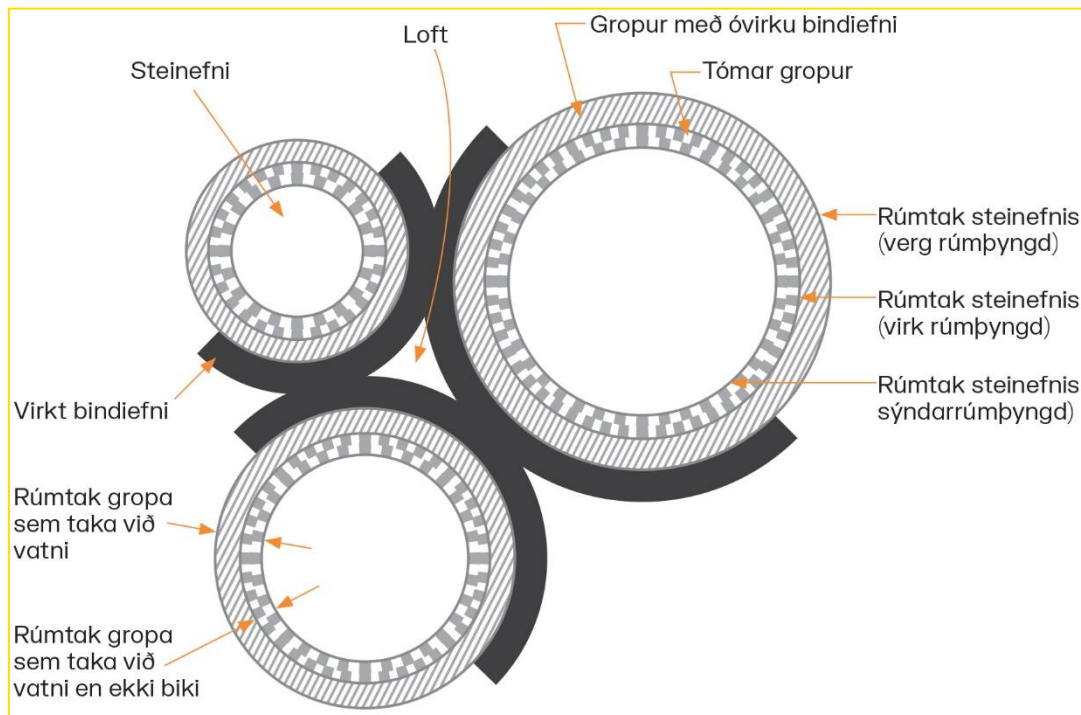


Mynd 64-1:

Myndræn framsetning á rúmmálshugtökum sem þarf til að lýsa holrýmd í malbiki, holrýmd í steinefni og fylltri holrýmd

Mynd 64-1 skýrir nánar hvernig hugtökin holrými í malbiki og holrými í steinefni tengjast efnishlutum malbiksins, steinefni og biki. Reiturinn „þjappað malbik“ sýnir afar grófa mynd af malbiki eftir þjöppun og er best lýst sem bindiefnishúðuðum steinum með loftrými á milli þeirra. Þetta loftrými, sem hlutfall af heildarrúmmáli malbiksins, er það sem í daglegu tali er kallað holrýmd í malbiki. Reiturinn „bik undanskilið“ sýnir sömu malbikssneiðina þegar búið er að fjarlægja bik. Nú hefur loftrýmið aukist sem svarar rúmmáli fjarlægða biksins og heitir nú holrými í steinefni (holrýmd í steinefni, þegar átt er við hlutfall þess af heildarrúmmáli malbiksins). Reiturinn hægra megin á myndinni gerir grein fyrir efnishlutum malbiksins (þó ekki endilega í réttum hlutföllum) og á meðal annars að sýna að óvirkt bik er sá hluti þess sem hverfur inn í gropur í steinefninu. Yfirleitt eru þó notuð það þétt steinefni í malbik að þessi hluti biks er hverfandi.

Steinefni sem notuð eru í malbik geta oft verið lítið eitt gropin, ekki síst íslensk steinefni. Með gropum er átt við holur í steinum sem ýmist eru algerlega lokaðar, þannig að vatn kemst ekki inn í þær, eða opnar út á yfirborð steinefnisins svo að þær geta fyllst af vatni (og að meira eða minna leyti af biki) ef svo ber undir. Að jafnaði eru opnu gropurnar svo þröngar að þær fyllast aðeins að mjög litlum hluta af bindiefni. Mynd 64-2 sýnir hvernig rúmtaki steinefnis má í stórum dráttum skipta niður í þrjá flokka eftir eiginleikum sem hafa áhrif á hönnun malbiks.

**Mynd 64-2:**

Skipting malbiks í rúmmál steinefnis, virkt og óvirkt bindiefni og loft

Steinefnakornin eru sýnd sem kúlur, ysta lagið á þeim (skástrikað) táknar þann hluta steinefnakornanna sem hefur nægilega víðar gropur til að þær geti tekið við bindiefni. Lagið fyrir innan (deplótt) táknar á hliðstæðan hátt þann hluta steinefnakornanna sem hefur gropur nægilega stórar til að þær geti tekið við vatni en ekki nægilega stórar til að taka við biki. Þar fyrir innan er svo sýndur sá hluti steinefnisins sem er hvorki aðgengilegur fyrir vatn né bik. Á milli steinefnakornanna er sýnd loftbóla sem er hluti af holrýmd malbiksins og svarta lagið utan á kúlunum táknar virkt bindiefni.

Annað nátengt hugtak er bikfyllt holrýmd. Með bikfylltri holrýmd er átt við þann hluta af holrýmd í steinefni sem er fylltur með bindiefni. Það sem eftir stendur er þá holrýmd (loft) í malbiki, sem í daglegu tali er stytt í holrýmd.

Ef sáldurferillinn er opinn í lögun getur holrýmd í steinefni farið allt upp í 30%. Ef fínefnainnihaldið er fram úr hófi hátt í annars grófum sáldurferli, getur holrýmd í steinefni á hinn bóginn farið niður fyrir 10%. Hæfileg holrýmd í steinefni er alla jafna á bilinu 14-20%. Í verklýsingum eru að jafnaði ekki gerðar kröfur til holrýmdar í steinefni, heldur tilgreind leiðbeinandi gildi.

Holrýmd í steinefni þarf að fylla með bindiefni, þó ekki að fullu, því þá er hætt á að bindiefnið pressist upp á yfirborðið í hitum, slitlagið verði hált og skríði undir þungri umferð. Á hinn bóginn þarf að fylla nægilega mikið af holrýmdinni í steinefninu með bindiefni til að slitlagið verði vatnspétt, með öðrum orðum; svo að holrýmd í malbiki verði hæfileg. Heppileg bikfyllt holrýmd liggur gjarnan á bilinu 75-85%.

Bindiefnisinnihald (%). Hérlandis hefur heppilegasta bindiefnisinnihald oftast verið ákvarðað með Marshallprófi við hönnun malbiks. Ýmsir eiginleikar malbiks standa í nánu samhengi við bindiefnisinnihaldið en áhrif þess á eiginleikana eru ýmist jákvæð eða neikvæð eftir því hvaða eiginleikar eiga í hlut. Hátt bindiefnisinnihald eykur þreytuþol, dregur úr veðrun og líkum á viðloðunarskemmdum. Ef bindiefnisinnihald er hátt aukast líkur á skriði í malbiki, sérstaklega við hátt hitastig í vegi. Sama er að segja um hemlunarviðnám; þegar bindiefnið er orðið svo mikið að það pressast upp úr slitlaginu við völtun eða undir umferð, má búast við lægri viðnámsstuðli á blautum slitlögum, þar til negldir hjólarðar hafa skrapað slíkjuna af yfirborðinu.

Vegna umferðaröryggis eru gerðar kröfur um að viðnámsstuðull í nýlögðu malbiki sé ekki undir tilteknum mörkum. Í töflu 64-22 eru settar fram kröfur Vegagerðarinnar um að viðnámsstuðullinn sé > 0,55 óháð leyfðum hámarkshraða. Sumarið 2020 mældist viðnámsstuðull allt niður í 0,2 á malbiki og var sá vegur því hættulega háll þannig að grípa þurfti til sérstakra ráðstafana (sjá kafla 64.5.4). Í heimild¹⁰ er lýst aðferðum til að mæla hemlunarviðnám og ráðstöfunum þegar yfirborð malbiks stenst ekki kröfur um hemlunarviðnám. Í töflu 64-3 eru sett fram leiðbeinandi gildi fyrir hámark og lágmark bindiefnis í hefðbundnum malbiksblöndum, en innan þeirra marka er bindiefnisinnihald ákvarðað með Marshallprófi við hönnun blöndu. **NÝTT 2025: Tekið skal skýrt fram að tölugildin miðast við óbreytt malbik, en í gerðarprófunum hverrar malbiksgerðar á að koma fram hvert bindiefnismagn hennar er. Það sem getur komið til lækkunar á bindiefni frá því sem gefið er upp í töflunni eru til dæmis notkun íblöndunarefna, svo sem fjöliliða, en einnig íblöndun á malbiksfræsi sem er blanda af steinefni og bindiefni.**

Festa, sig og hlutfall festu og sigs. Mælingar á festu og sigi eru hluti af Marshallaðferðinni sem er ein sú algengasta af mörgum hönnunaraðferðum fyrir malbik. Festan er mælikvarði á brotþol malbikssívalnings, sem liggur á hliðinni í sívalningslaga móti sem er opið til endanna og sigið er mælikvarði á samþjöppunina þegar álagið nær hámarki. Aðferðin var þróuð um 1940 og er lang algengasta aðferðin til að ákvarða samsetningu malbiks, meðal annars vegna þess að með tímanum hefur safnast upp mikil reynsla af notkun hennar. Marshallaðferðin er fremur einföld, fljótleg og tiltölulega ódýr og hana er hægt að nota á öllum ferlinum, allt frá hönnun til eftirlits með framleiðslu. Aðferðin er einungis ætluð fyrir heitblandað malbik með hámarks kornastærð 22 mm og tiltölulega þéttan sáldurferil. Marshallaðferðin er því ekki eins heppileg til að hanna og prófa steinríkt, SMA malbik. Aðferðin hefur verið notuð hérlandis, bæði við hönnun og framleiðslu um langt árabíll, en á síðustu árum hafa Evrópustaðlar um framleiðslu malbiks tekið gildi hérlandis. Í þeim er ekki reiknað með mælingu á festu og sigi samkvæmt Marshallprófinu við framleiðslueftirlit fyrir malbik á vegi (heldur eingöngu flugvallamalbik). Þjöppun á malbikskjörnum til mælinga á rúmþyngd og holrýmd er þó gerð með Marshall hamri vegna eftirlits með framleiðslu malbiks hérlandis.

Að jafnaði er sóst eftir hárri festu í malbiki í Marshallprófi sem er talið draga úr líkum á skriði. Sig er talið túlka sveigjanleika slitlagsins og minna sig en 2 mm er talið óheppilegt, þá verði slitlagið stökkt og líklegt til að springa. Á hinn bóginn er talið óheppilegt að sig fari yfir 4,5 mm, en það er oft fylgífiskur lágrar festu. Malbik með óeðlilega háa festu og lágt sig samtímis er talið óheppilegt vegna skorts á sveigjanleika og hættu á sprungumyndun.

¹⁰ Hallvarður Vignisson, „Hemlunarviðnám skilgreiningar og aðgerðir“, Verkfræðistofan Hnit, apríl 2019.

Í töflu 64-15 eru birt leiðbeinandi gildi um festu, sig og hlutfallið milli þessara stika. Hafa ber þó í huga að ekki eru settar fram kröfur um þessi gildi, enda gera Evrópustaðlar ekki ráð fyrir að festa og sig séu ákvörðuð fyrir malbik í vegi. Í fylgistaðli ÍST 75 og viðauka 4 kemur fram hvaða gerðarprófanir skal gera á malbiksgerðum í upphafi og sannreyna á fimm ára fresti, svo og í hvaða prófunum framleiðslueftirlit er fólgið.

Eins og áður hefur komið fram var því haldið fram að skrið í malbiki væri ekki vandamál á Íslandi vegna lágs hitastigs, nema undir sérstökum kringumstæðum svo sem á akreinum strætisvagna eða annarsstaðar þar sem umferð þunga bíla er mikil. Því var malbik á sínum tíma hannað með háu bindiefnisinnihaldi úr mjúku biki og lágri holrýmd, sem allt eru þættir sem stuðla að auknu skriði og jafnvel lágu hemlunarviðnámi eftir völtun. Malbiksrannsóknir undanfarinna ára, sýndu hins vegar verulega hættu á skriði í malbiki við mikið umferðarálag. Því er nú orðið ljóst að skrið getur verið vandamál samfara álagi af auknum umferðarþunga, ef ekki er vandað vel til hönnunar á malbiki fyrir slíkar aðstæður.

Vatnsnæmi. Vatnsnæmi lýsir áhrifum vatns á endingu malbiks og er samspil margra þátta. Þeir mikilvægustu eru viðloðun bindiefnis við steinefni (sem er lýst í kafla 64.2.2), notkun viðloðunarefna og holrýmd. Slitlög hérlandis eru oft blaut langtímum saman á veturna og frost/þíðu-sveiflur margar. Tilraunir hafa sýnt að malbikskjarnar úr saltblönduðu steinefni, sem hafa legið lengi í vatni, skemmast fyrr undir sveiflandi álagi en malbikskjarnar úr samskonar saltlausu steinefni. Vegna notkunar negldra hjólbarða rofnar bindiefnishúðin á steinum í yfirborði slitlagsins strax á fyrsta vetri og þar með getur vatn komist á milli bindiefnis og steins og rofið bindinginn þar á milli. Á síðari árum hefur tíðkast að setja viðloðunarefni í bindiefnið til að styrkja tengslin milli bindiefnis og steinefnis. Hér er mælt með að viðloðunarefni sé ávallt blandað í bindiefni fyrir blöndun malbiks, óháð gerð steinefnis og að hlutfall þess sé um 0,3% af bindiefninu.

Ýmsar aðferðir eru tiltækar til að mæla vatnsnæmi en þær eru allar annmörkum háðar og yfirleitt hefur ekki tekist að sýna fram á sterkt samband milli prófunarniðurstöðu og endingar. Sú aðferð sem er hluti Evrópustaðla fyrir malbik er vatnsnæmipróf samkvæmt ÍST EN 12697-12 (e. Determination of the water sensitivity). Prófunaraðferðin felst í því að bera saman kleyfnitogþol malbikssýna, sem hafa legið í vatni í tiltekinn tíma, við kleyfnitogþol samskonar malbikssýna sem hafa verið geymd jafnlengi þurr. Kostur við þessa aðferð er að hana má nota jafnt á kjarna gerða á rannsóknastofu með Marshall- eða snúðþjöppu, sem og borkjarna úr slitlagi.

Krafa um vatnsnæmi er hluti af gerðarprófum á malbiki sem ætlað er þar sem umferðarálag er mikið ($> 8000 \text{ ÁDU}$ miðað við heildarumferð, $> 400 \text{ ÁDU}_p$ eða sambærilegt álag), sbr. fylgistaðal ÍST 75 „Framleiðsla á malbiki“ og viðauka 4. Vatnsnæmiprófið er óbeinn mælikvarði á viðloðun í malbiki.

Skrið. Skrið undan umferðarálagi þunga bíla getur átt sér stað í malbiki að sumarlagi og er mælt með hjólfaraprófi. Skriðið getur verið umtalsvert og er mikilvægt að hanna malbik sem verður fyrir miklu álagi að sumarlagi með tilliti til þessa stika. Krafa um hámarkshjólfaramyndun malbiks í hjólfaraprófi er hluti af gerðarprófum á malbiki sem ætlað er þar sem umferð er mikil ($> 8000 \text{ ÁDU}$ miðað við heildarumferð, $> 400 \text{ ÁDU}_p$ eða sambærilegt álag), sbr. fylgistaðal ÍST 75 „Framleiðsla á malbiki“ og viðauka 4.

Slitþol. Með slitþoli malbiks er átt við þol þess gagnvart áraun negldra hjólbarða. Þetta er sá þáttur sem hefur hvað mest áhrif á endingu malbiks, þó því aðeins að umferðin sé mikil. Tveir eiginleikar

öðrum fremur ráða úrslitum um slitþol malbiksins, þ.e. slitþol steinefnisins og hlutfall grófs steinefnis. Krafa um slitþol malbiks, mælt með Prall slitþolsprófi er hluti af gerðarprófum á malbiki sem ætlað er þar sem umferð er mikil (> 8000 ÁDU miðað við heildarumferð, > 400 ÁDU_p eða sambærilegt álag), sbr. fylgistaðal ÍST 75 „Framleiðsla á malbiki“ og viðauka 4.

Sáldurferill. Rétt er að taka fram að sáldurferill er ekki hönnunarstiki í venjulegum skilningi þar sem ekki er hægt að lýsa sáldurferli með einni eða tveimur tölum. Á hinn bóginn hefur sáldurferillinn afgerandi áhrif á eiginleika malbiksins og af þeirri ástæðu er fjallað um hann sérstaklega sem stika.

Sáldurferlar í malbiki geta verið mjög mismunandi, en þegar sáldurferill hefur verið ákveðinn fyrir tiltekna blöndu eru gerðar kröfur um að hann breytist ekki út fyrir sett mörk. Ástæðan er sú að breyting á sáldurferlinum, að öðrum stikum óbreyttum, hefur umtalsverð áhrif á eiginleika malbiksins. Til dæmis má taka að ef sáldurferill reynist grófari en blöndunarforskrift malbiksins gerir ráð fyrir, má búast við að holrýmdin aukist, en við það eykst hætta á vatnsskemmdum, fleiðrum og ótímabærri öldrun malbiksins. Á hinn bóginn má taka að ef sáldurferill reynist fíngrðari en blöndunarforskrift gerir ráð fyrir, má búast við að holrýmdin minnki, en við það eykst hætta á að bindiefni þrýstist upp í yfirborð malbiksins og valdi skertu hemlunarviðnámi og jafnvel hættu á skriði. Af þessum sökum er leyfilegum vikum frá tilgreindum sáldurferli settar þröngar skorður í framleiðslu malbiks, samanber kröfur um þolmörk kornadreifingar, sjá töflur 64-18, 64-19, 64-20 og 64-21 í kafla 64.5.2 um kröfur til efnismassa.

Í verklýsingum fyrir malbik er sáldurferillinn alltaf sýndur sem þyngdarhluti sýnisins sem smýgur tiltekið sigti (sáldur), sem fall af möskvastærð sigtisins. Venjulega er möskvastærðin sýnd (í mm) á lárétta ásnum, en sáldur sýnisins á lóðrétta ásnum (í %). Þrír eiginleikar sáldurferils öðrum fremur eru mikilvægir fyrir eiginleika malbiksins, þ.e. hlutfall fínefna $< 0,063$ mm af steinefninu, efri flokkunarstærð þess og lögun sáldurferilsins þar á milli. Fínefnainnihald í malbiki er oftast valið á bilinu 6-10% af þyngd steinefnisins, þó misjafnt eftir malbiksgerð. Meginhlutverk fínefna er að minnka holrýmd malbiksins og draga þannig úr vatnsnæmi þess. Jafnframt auka þau stífni malbiksins, því þegar fínefnin blandast bindiefninu verður blandan seigari og vinnur þannig gegn skriði. Ef hlutfall fínefnis og bindiefnis verður mjög hátt er hins vegar hætta á að malbikið verði óþjálmt og erfitt í útlögn og við það hækkar holrýmdin. Því eru oft settar takmarkanir á hlutfallið fínefni/bindiefni í verklýsingum og gjarnan miðað við að það fari ekki yfir 1,5 og ekki undir 1,15 fyrir AC og SMA malbik.

Rannsóknir hafa sýnt að slitþol malbiks eykst með efri flokkunarstærð steinefnisins, þó ekki undantekningarlaust, þar sem til dæmis slitþol grófa hluta steinefnisins sem notað er í malbikið ræður miklu um slitþol þess. Hemlunarviðnám fer vaxandi með efri flokkunarstærð, einkum á vegum þar sem negldir hjólbarðar eru notaðir á vetrum og umferðarhraði er mikill. Ástæðan er sú að yfirborð slitlagsins verður grófara með stækkandi hámarkskornastærð og vatn sem verður á milli hjólbarða og slitlags á greiðari leið burt en ella. Á hinn bóginn eru slitlög með fíngrðu steinefni hljóðlátari en þau sem eru úr grófara steinefni.

Lögun sáldurferilsins hefur veruleg áhrif á eiginleika malbiksins. Hæfilega þéttur sáldurferill stífmalbiks (AC) hefur margvísleg jákvæð áhrif, að því gefnu að lágmarksholrýmd sé $> 1,5\%$. Festan er að jafnaði mikil, ef bindiefnisinnihaldið sé hæfilegt, malbikið verður þéttara og ver sig betur fyrir vatni. Malbik með þéttum sáldurferli er að öðru jöfnu þjálmt í útlögn og völtun. Á hinn bóginn getur sáldurferillinn orðið of þéttur, þannig að ekki verði nægilegt rúm fyrir bindiefnið, en það getur

aukið hættu á skriði, eða að bindiefnið þrýstist upp í yfirborð slitlagsins og veldur skertu hemlunarviðnámi.

Stundum er sáldurferillinn af ásettu ráði hafður verulega frábrugðinn þéttasta sáldurferli. Dæmi um þetta er svokallað drenmalbik. Sáldurferill drenmalbiks er hafður mjög opinn þannig að vatn geti seytilað gegnum malbikið og út til hliðanna og standi ekki uppi í hjólförum. Holrýmd í slíku malbiki er gjarnan höfð 15-20%, en talið er að álag af völdum nagladekkja útiloki notkun á drenmalbiki sem slitlagsmalbik hérlandis. Annað dæmi er steinríkt malbik (SMA) þar sem hluti grófs steinefnis er aukinn til muna á kostnað grófs sands, þannig að sáldurferillinn verður tiltölulega flatur á bilinu 1-5 mm, en fínefnainnihaldið og bindiefnismagnið er aukið til að fylla að hluta upp í holrúmið sem myndast.

Markalínur ÍST EN-staðlanna fyrir mismunandi malbiksgerðir eru tiltölulega rúmar og leyfa margskonar sáldurferla. Samt sem áður ætti alltaf að vera keppikefli malbikhönnuða að hannaður sáldurferill liggi sem næst samsíða markalínunum og innan þeirra að teknu tilliti til þolvika.

Eiginleikar mélu (e. filler). Því skal haldið til haga hér að méla (100% smjúga 2 mm sigti, 85-100% smjúga 0,125 mm sigti og 70-100% smjúga 0,063 mm sigti samkvæmt skilgreiningu) er vigtuð inn í blönduna, s.s. þyngdarhlutfall hennar ræður hversu mikið er sett í malbikið. Hins vegar getur kornarúþyngd mélu verið afar mismunandi eftir uppruna og rúmmál sömu þyngdar því verið mismikið. Aðrir eiginleikar mélu, svo sem kornadreifing, lögun, yfirborðsflatarmál og áferð skipta allir máli um hæfi hennar í malbik. Framangreindir eiginleikar ráða miklu um hvað mélan getur bundist miklu bindiefni, en það hefur m.a. áhrif á stífni malbiksins. Unnt er að áætla það með því að mæla kornarúþyngd og einnig holrýmd í þurri, þjappaðri mélu. Segja má að það sé tvennt sem æskilegt er að fylgst verði með reglulega varðandi eiginleika mélu úr stöð, en það er kornarúþyngd hennar og fínleiki (stærðardreifing málunnar). Æskilegt er að minnst 80% málunnar (fyrir íblöndun) smjúgi 0,063 mm sigti. Ef kornarúþyngdin er há getur verið ráðlegt að auka aðeins við magnið (þyngdina) miðað við mélu með lága kornarúþyngd til að ná sambærilegu rúmmáli mélu. Að sama skapi mætti minnka magnið (þyngdina) aðeins ef kornarúþyngdin er lág. Mæld gildi á holrýmd mélu liggja að mestu á bilinu 30 til 40%, sem er tiltölulega þröngt bil¹¹. Kornarúþyngd mélu, er hins vegar nokkuð breytileg eftir berggerð og liggur á bilinu 2,70 til 3,05 Mg/m³. Méla úr súru bergi¹² (innflutt) er með gildi milli 2,7 og 2,85 Mg/m³ og méla úr basísku bergi er frá 2,85 og upp fyrir 3,0 Mg/m³. Segja má að magn mélu miðist í grunninn við kornarúþyngdina 2,85 Mg/m³ sem er um það bil miðgildi milli þeirra málugerða sem notuð eru hérlandis. Ef kornarúþyngdin er meiri eða minni þarf að auka eða minnka þyngd mélu í samræmi við hlutfall kornarúþyngdar miðað við grunnrúþyngdina 2,85 Mg/m³. Á þessu stigi er hvorki gerð krafa um fínleika mélu, né ákvæðum sem byggja á rúþyngd hennar í kafla 64.5 um kröfur, en það gæti breyst með tilliti til frekari rannsókna á því sviði.

Hérlandis hefur ekki tíðkast að mæla holrýmd og kornarúþyngd mélu sérstaklega, né að halda mélu af mismunandi uppruna aðskilinni í stöð, aðallega af tæknilegum ástæðum. Algengasta aðferðin til að mæla holrýmd í mélu (< 0,125 mm) er Rigden aðferðin sem lýst er í ÍST EN 1097-4. Á

¹¹

[http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/slitlag_malbik_afangi_2017/\\$file/Slitlag_malbik_afangi_2017-%20malbik%20-%C3%A1fangi%202017.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/slitlag_malbik_afangi_2017/$file/Slitlag_malbik_afangi_2017-%20malbik%20-%C3%A1fangi%202017.pdf)

¹² Méla úr súru bergi er gjarnan ljós á lit, en basísk méla er dökk. Méla sem notuð er í framleiðslu malbiks getur verið blanda mismunandi berggerða, þar sem oft er skipt um framleiðsluafurð en áfram notuð sama mélan.

árunum 2015 til 2017 voru gerðar fjölmargar mælingar með Rigden aðferð hjá NMÍ á mélu frá malbikunarstöðvunum Höfða og MHC. Í ljós kom að holrýmdin lá á bilinu 32 til 41% sem er á tiltölulega þröngu bili og í góðu samræmi við stífar kröfur í framleiðslustaðli ÍST EN 13043 fyrir steinefni í malbik. Í sömu rannsókn var reiknuð kornarúmpýngd mélunnar á bilinu 2,7 – 3,0 Mg/m³. Í ljósi þess að méla er vaktuð inn í steinefnakúrfuna er ljóst að kornarúmpýngd mélu getur haft talsverð áhrif á magn hennar í malbikinu. Það mætti hugsa sér að nálgast frekar rúmmál mélu við íblöndun með því að nota leiðréttingarstuðul, t.d. byggðan á því að deila í 2,85 ef kornarúmpýngdin er lægri en það tölugildi, en deila með 2,85 ef kornarúmpýngdin er hærri. Síðan að margfalda magn mélu (kg eða tonn) með stuðlinum sem fæst úr rúmpýngdarjöfnunni. Sem dæmi má taka að ef kornarúmpýngd mélu er 2,7 Mg/m³ þá $2,7/2,85 = 0,95$ og þannig minnkar t.d. 1000 kg af mélu í $1000 \times 0,95 = 950$ kg. Hins vegar ef kornarúmpýngd mélu er 3,0 Mg/m³ þá $3,0/2,85 = 1,05$ og þannig hækka 1000 kg af mélu í $1000 \times 1,05 = 1050$ kg.

Veðrunarþol. Eins og öll slitlög vega verður malbikið fyrir áraun frá frost/þíðu-sveiflum. Þess vegna er mikilvægt að steinefnið sem í það er notað sé frostþolið. Rannsóknir hérlandis hafa hins vegar sýnt að frost/þíðu-sveiflur einar sér ráða ekki úrslitum um endingu malbiksblöndunnar (þ.e. blöndu steinefnis og bikbindiefnis), en þær verða hins vegar til að auka slitáhrif negldra hjólbarða enn frekar. Ástæðan fyrir litlum veðrunaráhrifum frá frost/þíðu-sveiflum einum sér á malbiksblönduna, er líklega meðal annars sú að hérlandis er oftast gerð krafa um tiltölulega lága holrýmd í malbiki, svo og stífar kröfur um frostþol steinefna sem notuð eru í malbik.

Hemlunarviðnám. Hemlunarviðnám er mikilvægur eiginleiki slitlags, en það getur ekki talist stiki í malbikshönnun. Nefna má þrjú atriði sem beint eða óbeint hafa einhver áhrif á hemlunarviðnám.

Ef *bindiefnisinnihald* er of hátt miðað við holrýmd í steinefni (þ.e. holrýmd í malbiki er of lítil) getur farið svo að bindiefnið pressist upp úr slitlaginu, annað hvort í sumarhitum eða við þjöppun meðan á útlögn stendur. Þá geta myndast feitir blettir á yfirborði slitlagsins með lágt hemlunarviðnám. Lágt bindiefnisinnihald er að öðru jöfnu talið stuðla að betra hemlunarviðnámi. Sé bindiefnið of mikið mun það sem umfram er koma fyrir eða síðar upp á yfirborðið.

Yfirborðseiginleikar steinefna skipta einnig máli. Sum steinefni hafa tilhneigingu til að slípast undir umferð einkum þau sem eru slitpolin. Þá getur hemlunarviðnámið orðið of lítið vegna lítils núningsviðnáms milli hjólbarða og steinanna í yfirborði slitlagsins. Þetta á þó aðeins við ef slitlagið er blautt; þurrt malbik er undir venjulegum kringumstæðum talið hafa nægilegt hemlunarviðnám. Ef umferðarhraðinn er lítill hefur slípunin afgerandi áhrif á hemlunarviðnámið. Eftir því sem hraðinn eykst fara hlutfallsleg áhrif slípunar minnkandi en grófleiki slitlagsins verður mikilvægari, þ.e.a.s. hæfileikinn til að veita burtu vatni sem verður á milli hjólbarða og slitlags. Skilin þarna á milli eru ekki skörp en við mikinn hraða getur farið svo að bíllinn fljóti upp ef vatnið á ekki greiða leið út undan hjólbarðanum. Negldir hjólbarðar vinna gegn slípun steinefnisins.

Mæling á slípun steinefna (e. Polished Stone Value, PSV). Með þessari aðferð er mælt hversu mikið steinefni slípast við ákveðna áraun, sjá kafla 64.2.2 og í viðauka 1. Mikil slípun steinefna getur valdið því að hemlunarviðnám á yfirborði malbiks verði of lágt, sjá kröfur til hemlunarviðnáms í töflu 64-22.

Mæling á endurskini frá steinefnum (n: Lyshetsmåling). Þennan eiginleika steinefna má mæla eins og lýst er í riti norsku vegagerðarinnar, Håndbok R210 Laboratorie-undersøkelser, kafla 115.

Aðferðin felst í því að mæla endurskin steinefnis í stærðarflokki 0,125 til 0,250 mm með sérstökum endurskinsmæli, sjá kafla 64.2.2 og viðauka 1.

Efri flokkunarstærð steinefna í malbiki hefur óbein áhrif á hemlunarviðnám í samspili við negldra hjólbarða, ef umferðarhraðinn er mikill. Ef steinefnið er slitþolið verður yfirborð slitlagsins fljótlega fremur gróft þar sem steinarnir standa þá upp úr. Það verður til þess að vatn á tiltölulega greiða leið út úr snertifletinum milli hjólbarða og slitlags sem er jákvætt fyrir hemlunarviðnámið, þó fyrst og fremst ef bílarnir eru á miklum hraða.

Meðan negldir hjólbarðar eru notaðir í miklum mæli er ósennilegt að hemlunarviðnám sé of lítið, nema á tímabilinu frá því að slitlagið er lagt og þar til nagladekkin hafa hreinsað bindiefnisslikju og feita bletti af yfirborðinu. Þó er rétt að taka fram að í Noregi og hér á landi hefur mælst hálka á slitlögum yfir sumartímann sem nemur um 0,2 einingum í hemlunarviðnámi. Fari svo að verulega dragi úr notkun negldra hjólbarða, getur hemlunarviðnám breyst til hins verra á íslenskum slitlögum.

Gerðarprófanir. Í ÍST EN 13108-1 um framleiðslu stífmalbiks (AC) eru ákvæði um festu, sig og hlutfall festu og sigs, en aðeins fyrir malbik sem er ætlað fyrir flugvelli. Samsvarandi staðall ÍST EN 13108-5 fyrir steinríkt malbik (SMA) hefur engin ákvæði um þessa stika.

Í staðli ÍST EN 13108-20 eru ákvæði um að malbik skuli gerðarprófa og eru tilgreindar nokkrar aðferðir þar að lútandi. Hér á landi hefur verið valið að mæla skrið í malbiki með hjólfaraprófi við gerðarprófanir (samkvæmt ÍST EN 12697-22) ef malbik er hannað til að þola mikla umferð, sbr. fylgistaðal ÍST 75 „Framleiðsla á malbiki“. Einnig skal mæla slitþol malbiks með Prall aðferð (samkvæmt ÍST EN 12697-16) og vatnsnæmi malbiks (samkvæmt ÍST EN 12697-12) sem hannað er á götur með mikilli umferð. Í fylgistaðli ÍST 75 og viðauka 4 eru nánari fyrirmæli um prófunaraðferðir við gerðarprófanir á malbiki (e. Type Testing) til að mæla skriðeiginleika, sliteiginleika og vatnsnæmi viðkomandi malbiksblöndu ef umferð er > 8000 ÁDU miðað við heildarumferð, > 400 ÁDU_p eða sambærilegt álag.

Í Evrópustöðlum um framleiðslu malbiks eru tilgreindar 9 gerðir malbiks og er framleiðslustaðall um hverja gerð. Í eftirfarandi töflu (ótölusett) eru númer og ensk heiti hverrar gerðar fyrir sig, en einnig íslenskar þýðingar sem Staðlaráð Íslands hefur samþykkt og tekið upp. Athygli er vakin á því að það sem nú er nefnt stífmalbik (AC) var áður nefnt slitlagsmalbik (SL). Nú má því líta svo á að heitið slitlagsmalbik eigi við sem yfirheiti um allar gerðir malbiks sem ætlaðar eru sem slitlag vega.

Staðall	Enskt heiti	Íslensk þýðing
ÍST EN 13108-1	Asphalt Concrete (AC)	Stífmalbik
ÍST EN 13108-2	Very Thin Layer Asphalt Concrete	Punnt malbik
ÍST EN 13108-3	Soft Asphalt	Mjúkmalbik
ÍST EN 13108-4	Hot Rolled Asphalt	Gapmalbik
ÍST EN 13108-5	Stone Mastic Asphalt (SMA)	Steinríkt malbik
ÍST EN 13108-6	Mastic Asphalt	Biksteypa
ÍST EN 13108-7	Porous Asphalt	Gropið malbik
ÍST EN 13108-8	Reclaimed Asphalt	Malbikskurl
ÍST EN 13108-9	Asphalt for Ultra-Thin Layer (AUTL)	Malbiksskel
ÍST EN 13108-31	Asphalt concrete with bituminous emulsion	Bikþeytumalbik

Líming malbiks við undirlag. Til að tryggja að malbik bindist undirlaginu með fullnægjandi hætti er nauðsynlegt að bera bindiefni til límingar á yfirborð undirlags. Yfirleitt er notuð bikþeyta til límingar og er dreift um 0,3 kg/m² af bikþeytu. Bikþeytan skal hafa brotnað, þ.e. að vatnið hafi skilist frá, áður en malbikið er lagt yfir. Þegar lagt er yfir bundið undirlag skal dreifa límeфni yfir allan flötinn.

Límbera skal alla kalda kanta sem lagt er að með malbiki. Víkja má frá því að límbera ef verkkaupi heimilar að nota kanthitara til þess að hita upp kant á fyrri færur. Yfirborðshiti kants skal að jafnaði vera a.m.k. 140°C þegar malbik er lagt að kantinum.

Endurvinnsla malbiks. Hér á eftir fara nokkrir fróðleiksmolar um endurvinnslu malbiks, en segja má að í grunnin sé hún tvenns konar. Annars vegar er um að ræða að kalt malbik er tekið upp úr götu (annað hvort í flekum eða fræst upp) og það svo unnið frekar til íblöndunar síðar, t.d. í malbik eða burðarlag, eða lagt sem 100% endurunnið efsta lag burðarlags (sjá kafla 5 Burðarlag). Hins vegar er um að ræða upphitun og skrópun á gömlu malbiki á staðnum sem síðan er lagt aftur og valtað, venjulega eftir ákveðna íblöndun.

- Köld endurvinnsla.* Eins og fyrr segir hefst köld endurvinnsla á því að fjarlægja gamalt malbik sem á að endurvinna í vinnslustöð. Þar er gamla malbikið sem annað hvort er fræst úr götu (malbiksfræs) eða tekið upp í malbiksplötum, sett í gegnum vinnsluferli og er afurðin úr því ferli kallað malbikskurl. Þessi afurð er að því leytinu einsleit að reynt er að stýra kornadreifingu hennar eins og kostur er, en aðrar breytur geta verið mismunandi. Þar má nefna að steinefni endurunna malbiksins getur augljóslega verið breytilegt eftir því hvað var notað hverju sinni í malbikið sem er endurunnið. Að sama skapi getur bikgerðin verið breytileg, til dæmis hvað varðar stungudýpt, en auk þess harðnar og stífnar bik með tímanum og missir að mestu sína upphaflegu eiginleika. Leyfilegt er samkvæmt Evrópustöðlum, t.d. um framleiðslu stífmalbiks AC (ÍST EN 13108-1) í slitlag, að nota allt að 10% af malbikskurli án þess að um sé að ræða aðra gerð af malbiki. Ef meira magn af kurli er notað í slitlagsmalbik skal fara eftir framleiðslustaðli ÍST EN 13108-8 (e. reclaimed asphalt), en sá staðall setur fram viðbótarkröfur um sérstakar mælingar á endurunna bikinu til að unnt sé að ná t.d. rétttri stungudýpt af blöndunni í heild sinni.

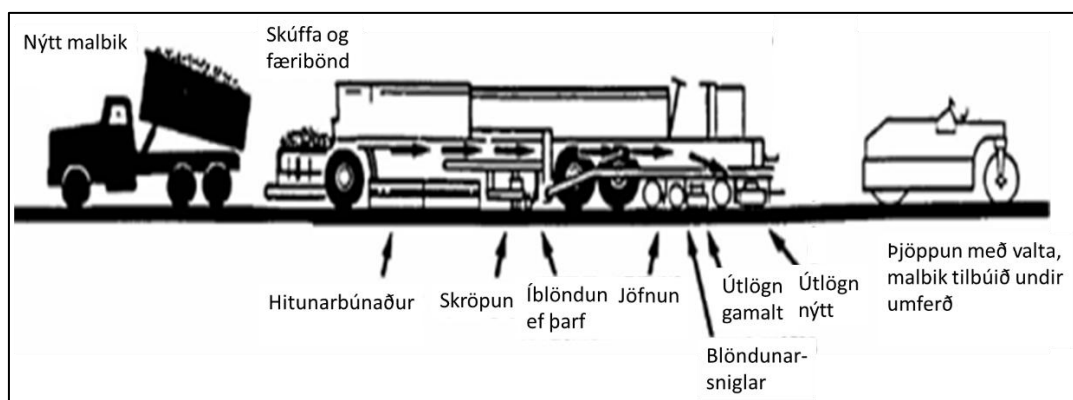
Hérlendis hefur tíðkast nú um nokkurra ára skeið að blanda malbikskurli í stífmalbik um eða undir þeim mörkum sem leyfilegt er samkvæmt framleiðslustaðli. Einnig er malbikskurl notað til íblöndunar í óbundin burðarlög, gjarnan um 20 til 25% sem talið er hafa jákvæð áhrif á burðargetu

(stífn) burðarlagsins. Stefnt hefur verið að því að auka magn malbikskurls í slitlagsmalbik, en til þess að það sé unnt þarf að flokka malbikskurl eftir gæðum þess, en ekki að blanda saman kurli úr gömlu malbiki, t.d. með mismunandi steinefnum. Það þarf sem sagt að aðskilja framleiðslu á malbikskurli eftir uppruna endurunna malbiksins.

- *Heit endurvinnsla á staðnum (e. on site).* Samkvæmt heimildum er aðallega um þrenns konar útfærslur á heitri endurvinnslu á staðnum að ræða. Þær eiga það þó sameiginlegt að yfirborð gamla slitlagsins er hitað upp með sérstökum tækjabúnaði, það skrapað upp þegar það er orðið nógu heitt og lagt aftur á veginn eftir íblöndun. Venjulega er notað logandi gas við upphitunina, bæði við forhitun og við uppskröpun, en þó óbeint þar sem gasið hitar upp málmplötu sem er á milli þess og yfirborðsins sem hitað er upp. Hér á eftir er fjallað lítillega um þessar þrjár aðferðir.

→ *Yfirborðsendurvinnsla (e. surface recycling).* Þessi aðferð er í raun ætluð til að gera við efsta hluta slitlagsins til að eyða út sprungum, jafna út hjólför og í raun vatnspétta efsta lagið. Oftast eru einungis 20 til 25 mm hitaðir og skrapaðir upp til íblöndunar. Með þessari aðferð er einungis blandað við efni til að bæta eiginleika bikbindiefnisins (e. rejuvenator) og svo er endurþjappað með gúmmíhólavalta. Oft er þessi aðferð notuð til að þétta og slétta út undirlag fyrir nýtt lag til að leggja yfir. Þessi aðferð hefur ekki verið notuð hérlandis til endurvinnslu, en hugsanlega gæti hún komið til greina til að jafna undirliggjandi slitlag áður en nýtt lag er lagt. Aðferðin er mest notuð á gamalt malbik.

→ *Endurlögn malbiks á endurunnið malbik (e. repaving).* Þessi aðferð hefur verið talsvert notuð hérlandis og felst í því að skrapa upp og jafna út gamla malbikið eftir hitun og leggja svo nýtt malbik yfir í sömu aðgerð. Þessi aðferð hentar vel til að jafna út gamla malbikið og eyða skemmdum í efsta hluta þess og kemur í því tilliti í stað kaldfræsunar. Þegar upphitaða gamla malbikið hefur verið skrapað upp, jafnað út og lagt út og hefur kólnað niður í u.þ.b. 100°C, leggur vélin út nýtt malbik ofan á það gamla. Bæði lögin eru síðan völtuð saman á sama hátt og venjulegt malbik, en nýja lagið getur verið þynnra en hefðbundið malbik, þar sem gamla lagið bætist í raun við þykktina. Skýringamyndin hér að neðan sýnir á myndrænan hátt meginþættina við endurlögn malbiks á endurunnið malbik¹³.



¹³ Mynd tekin af slóðinni: <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/recycling/98042/09.cfm>

Oftast er notast við forhitaraeiningu sem hitar gamla malbikið upp, auk hitunarbúnaðar á útlagnavélinni sjálfri eins og sést á myndinni.

- *Blöndun á nýju malbiki og endurunnu malbiki (e. remixing).* Þessi aðferð er ekki í notkun hérlandis, en hún felst í því að blanda saman gamla malbikinu og nýju, viðbættu malbiki á staðnum, eða jafnvel einungis steinefni, auk íblendiefna (e. recycling agent). Fyrst er vegyfirborðið hitað niður á 40 til 50 mm dýpi, skrapað upp og sett í sérstakan blandara (e. pugmill) ásamt íblendiefnum og nýju malbiki (eða steinefni) og fer blandan svo í snigla sem dreifa blöndunni í jafnt lag undir útlagnarvélinni. Síðan er þessi malbiksblanda lögð út í einu lagi undan bretti með titringi og völtuð á hefðbundinn hátt.
- *Að lokum.* Notkun á hiturum til að mýkja gamla bikbindiefnið getur orsakað ofhitnun, en hún getur valdið skaða á bikinu, sem sést á því að það rýkur mikið úr því og óæskilegar lofttegundir geta rokið úr gömlu bikblöndunni. Ef gamla malbikið er hins vegar of kalt getur það valdið því að steinefnið brotni við uppskröpunina. Forhitun á gamla malbikinu leiðir til þess að malbikið hitnar mun hægar upp og jafnt yfir allt yfirborðið og síðasti hitarinn þarf þá ekki að vera of heitur og æskilegt lokahitastig næst. Þá er yfirleitt notaður sérstakur tækjabúnaður sem er til þess að hættulegar lofttegundir sleppi ekki út í andrúmsloftið. Búnaðurinn sagnar saman gufu og reyk sem rjúka úr við upphitunina og þannig er hægt að varna því að slík efni sleppi. Þar sem notað hefur verið viðgerðarefni til að fylla í sprungur í gamla malbikinu er sérstaklega hætt við að kvikni í og slíkur eldur getur valdið ofhitnun og skemmdum á bikbindiefninu. Til að varna slíku er hægt að dreifa 1 til 2 mm sandi yfir viðgerðarefnið áður en hitararnir fara yfir það.

Heit endurvinnsla á staðnum hefur ýmsa kosti til að bera ef vel tekst til. Segja má að með þessari aðferð fari saman endurvinnsla og útlögn malbikslags í einni aðgerð, en köld endurvinnsla kallar á tvær aðgerðir, þ.e.a.s. að fjarlægja efnið sem á að endurvinnna, blanda því svo við nýtt malbik í stöð og loks að leggja blönduna út sérstaklega.

64.2 Próf við hönnun

Mikilvægt er að framkvæma ýtarlegar steinefnaprófanir þegar fyrirhuguð er efnistaka á steinefnum í malbik á nýjum efnistöðum. Ef efnisnám er fyrirhugað á námusvæði sem er í stöðugri vinnslu skulu nýlegar niðurstöður efnisrannsókna liggja fyrir á hönnunarstigi samkvæmt framleiðslustaðli ÍST EN 13043 fyrir steinefni til nota í bikbundin lög. Í fylgistöðlum ÍST 75 og 76, svo og í viðauka 4 í þessu riti eru töflur sem sýna hvaða prófanir skuli gera á steinefnum annars vegar og malbiksblöndum hins vegar og með hvaða tíðni skuli prófa.

Rannsóknir á steinefnum í malbik felast í að gera ýmis steinefnapróf, þar sem leitað er að upplýsingum um eiginleika efnisins. Eiginleikarnir eru kornadreifing, viðloðun, berggerð og ásýnd bergs, berggæði og eiginleikar fínefna. Gerð er nokkur grein fyrir prófunaraðferðum í kafla 63.2.2 hér á eftir en ýtarlegri lýsing á þeim er í viðauka 1.

Rannsóknir á malbiksmassa felast í mælingu á kornadreifingu, bindiefnisinnihaldi, holrýmd, bikfylltri holrýmd, hitastigi blöndu og fyrir malbik sem á að þola mikla umferð (> 8000 ÁDU miðað við heildarumferð) eru einnig mældir skriðeiginleikar, sliteiginleikar og vatnsnæmi.

Hér á eftir er gerð grein fyrir verkferlum vegna prófana við hönnun og fjallað um mismunandi próf.

64.2.1 Verkferlar

Fjölmargar aðferðir hafa verið notaðar til að hanna malbik og af þeim er Marshall-aðferðin algengust, enda hefur hún marga kosti. Hún er tiltölulega fljótleg, nauðsynlegur tækjabúnaður er fremur ódýr og margra áratuga reynsla af aðferðinni hefur lagt grundvöll að víðtækri þekkingu á sambandi niðurstaðna úr prófinu og notagildi þeirra. Evrópustaðlar um prófanir á eiginleikum malbiks gera hins vegar ráð fyrir að í stað mælinga á festu og sigi, sem Marshallaðferðin notar, verði teknar upp aðrar aðferðir, meðal annars hjólfarapróf (ÍST EN 12697-22), Prall slitþolspróf (ÍST EN 12697-16) og vatnsnæmipróf (ÍST EN 12697-12), sem eru taldar líkja betur eftir raunverulegri áraun (e. Performance Related). Ákvæði um mælingar með hjólfaraprófi, Prall slitþolsprófi og vatnsnæmiprófi eru sett fram í fylgistaðli ÍST 75 „Framleiðsla á malbiki“ og í viðauka 4. Ákvæðin felast í að þessar prófunaraðferðir verði notaðar við gerðarprófanir (e. Type Testing) á malbiki sem þola þarf mikið umferðarálag ($> 8000 \text{ ÁDU}$ miðað við heildarumferð, $> 400 \text{ ÁDU}_p$ eða sambærilegt álag). Við hönnun malbiks og framleiðslueftirlit verður Marshall aðferðin enn notuð til leiðbeiningar og í Efnisgæðaritinu eru því birt leiðbeinandi gildi fyrir festu og sig í Marshallprófi.

Fyrsta skrefið við hönnun malbiksblöndu, er að velja hvaða gerð malbiks á að nota. Þá er kannað hvort steinefni, sem til greina koma, uppfylli settar kröfur miðað við umferð, hvaða bikgerð skuli nota, hvaða íauka og/eða íblendi, og að lokum er ákveðið í hvaða hlutföllum skuli blanda steinefnum við bindiefni.

Gerð malbiks sem valið er að nota, ræðst mjög af aðstæðum. Til skamms tíma, voru aðeins tilgreindar tvær gerðir af malbiki í verklýsingum Vegagerðarinnar, þ.e.a.s.

AC 11 og AC 16 (stífmalbik með 11 mm og 16 mm efri flokkunarstærð). Báðar þessar gerðir eru að jafnaði ætlaðar fyrir vegi og götur með mikla umferð. Reynslan hefur sýnt, að ef umferð er lítil, má að skaðlausu slaka á ýmsum kröfum til malbiksins. Þetta kemur meðal annars fram í skýrslu frá Slitlaganefnd BUSL-samstarfsins (skýrsla S-16: Endurskoðun á markalínunum fyrir malbik). Þar eru gerðar tillögur um ellefu malbiksgerðir sem tekið var mið af á sínum tíma við gerð Efnisgæðaritsins.

Malbiksgerðir sem Vegagerðin notar og notkunarsvið þeirra koma fram í töflu 64-1. Bent skal á að í töflunni er ekki tekið sérstaklega á stungudýpt bindiefnis, heldur einungis steinastærðum og kornadreifingu. Hins vegar hefur stungudýpt biks og íblöndunarefni mikil áhrif á eiginleika malbiksblendna, ekki síst viðnám gagnvart skriði. Sem dæmi má taka að þar sem umferð er mikil og þung er æskilegt að nota frekar bik með stungudýpt PG 70/100 en PG 160/220 og auk þess að nota fjölfiður eða vaxefni sem íblöndunarefni við slíkar aðstæður, sbr. töflu 64-2.

Tafla 64 1:
Malbiksgerðir, eiginleikar þeirra og notkunarvið

Malbiks-gerð	Skýring	Eiginleikar og notkunarvið (umferðarmagn miðast við tvær akreinar)
AC 8	Stífmalbik í slitlag, efri flokkunarstærð 8 mm	Er slétt og þess vegna hljóðlátt. Hefur lítið slitþol gagnvart negldum hjólbörðum. Hentar sem þunnt slitlag á húsagötur eða þar sem umferð er lítil, til hjólfarafyllinga undir slitlag og sem þunnt slitlag á bílastæði.
AC 11	Stífmalbik í slitlag, efri flokkunarstærð 11 mm	Hefur meira slitþol gagnvart negldum hjólbörðum en AC 8. Er fremur hljóðlátt. Hentar á húsagötur og safngötur eða vegi með umferð upp að 8.000 ÁDU.
AC 16	Stífmalbik í slitlag, efri flokkunarstærð 16 mm	Hefur fremur gott slitþol gagnvart negldum hjólbörðum, en fremur hávært. Hentar á tengibrautir og stofngötur, síður þó þar sem umferð er yfir 15.000 ÁDU, nema með íblöndun fjölíða eða vaxefna.
SMA 8	Steinríkt malbik í slitlag, efri flokkunarstærð 8 mm	Slitþolið malbik miðað við efri flokkunarstærð, með gott hemlunarviðnám. Hentar sem slitlag, sem verður að vera þunnt, þar sem umferð er jafnframt tiltölulega mikil.
SMA 11	Steinríkt malbik í slitlag, efri flokkunarstærð 11 mm	Slitþolið malbik með gott hemlunarviðnám. Hentar á safngötur og tengivegi með mikla umferð.
SMA 16	Steinríkt malbik í slitlag, efri flokkunarstærð 16 mm	Slitþolið malbik með gott hemlunarviðnám. Hentar m.a. vel á götur þar sem umferð er mikil.
BRL 16	Burðarlagsmalbik, efri flokkunarstærð 16 mm	Notað sem burðarlag, í undantekningartilvikum sem bráðabirgðaslitlag en þá með auknum kröfum og lagt er yfir ári síðar.
BRL 22	Burðarlagsmalbik, efri flokkunarstærð 22 mm	Notað sem burðarlag, í undantekningartilvikum sem bráðabirgðaslitlag en þá með auknum kröfum og lagt er yfir ári síðar.

Val á malbiksgerð. Við hönnun stífmalbiks (AC) og steinríks malbiks (SMA) er valinn stærðarflokkur steinefnis, stungudýpt biks, viðloðunarefni og stífniaukandi fjölíður með hliðsjón af umferð (ÁDU), sjá töflu 64-2. Umferðarflokkar miðast við heildarumferð.

Tafla 64 2:

Ýmsir valkostir hönnuðar fyrir blöndun malbiks

Heildar-umferð (ÁDU)	Stærðarflokkur og gerð steinefnis	Sungudýpt biks (PG)	Viðloðunarefni* (% af bindiefnismagni)	Stífni aukandi fjölliður/vax**
< 3000	AC8, AC11, AC16, SMA8, SMA11, SMA16	160/220, 70/100	0,25-0,3%	Nei
3000-8000	AC11, AC16, SMA11, SMA16	160/220, 70/100	0,25-0,3%	Nei
8000-15000	AC11, AC16, SMA11, SMA16	160/220, 70/100	0,25-0,3%	Já, ef gerðarprófanir gefa þá vísbendingu***
> 15000	AC16, SMA16	70/100	0,25-0,3%	Já, ef gerðarprófanir gefa þá vísbendingu***
> 30000	AC16, SMA16	70/100	0,25-0,3%	Já

*Tilgreina skal viðloðunarefni af viðurkenndri tegund svo sem Rediset eða Evotharm.

**Tilgreina skal magn fjölliðu/vaxefnis af viðurkenndri tegund svo sem SBS eða Sasobit.

***Settar eru fram kröfur um lágmarksgildi úr hjólfaraprófi, Prall-slitpolsprófi og vatnsnæmiprófi í kafla 64.5.3 (tafla 64.17) ef þungaumferð er meiri en 8000 ÁDU. Þar sem álag er mikið kemur íblöndun stífni aukandi fjölliða/vax vel til álita.

Hægt er að setja fram kröfu um gerð og magn viðurkennds hitalækkandi efnis í malbik ef útlögn fer fram í köldu veðri eða ef malbik er flutt langa vegalengd.

Gerðarprófanir (e. Type Testing) fyrir viðkomandi malbiksgerð m.t.t. umferðar skulu liggja fyrir samkvæmt íslenskum fylgistaðli ÍST 75 í upphafi verks. Í kafla 64.5.3 eru settar fram kröfur byggðar á niðurstöðum hjólfaraprófs, Prall slitpolsprófs og vatnsnæmiprófs.

Þegar malbiksgerðin hefur verið valin, er verkferillinn fyrir hönnun malbiksblanda tvíþættur. Fyrst þarf að kanna hvort steinefni sem til greina koma uppfylla kröfur sem gerðar eru til þeirra og ef svo er, þá er hægt að ákveða í hvaða hlutföllum á að blanda þau. Þar á eftir hefst verkferill sem fólgin er í að meta malbiksblönduna sem úr þessu verður. Verkferlarnir eru sýndir á myndum 64-3 og 64-4.

Mat á steinefni. Við blöndun malbiks í stöð eru oftast notuð steinefni sem hafa verið möluð og sigtuð í kornastærðarflokka. Mismunandi er úr hversu mörgum steinefnaflokkum malbikunarstöðvar geta blandað og því þarf hönnuður að kanna það hjá viðkomandi malbikunarstöð. Í framhaldi af því er ákveðið hvaða stærðaflokkar verða notaðir og ákveða í hvaða hlutföllum þeim er blandað saman. Kosturinn við þetta er að hægt er að nota steinefni úr mismunandi námum í mismunandi stærðaflokkum. Til dæmis getur steinefnið í grófasta kornaflokknum (perlan) komið úr námu þar sem steinefnið er sterkt (til dæmis sprengt og malað berg). Í malað berg getur vantað smærri kornastærðir til að sáldurferillinn rúmist innan markalína malbiksgerðarinnar sem á að blanda. Þá er hægt að blanda í efnið sandi eða fínsandi úr öðrum námum til að lagfæra sáldurferilinn og stundum hefur sement eða fín malaður kalksteinn verið notað til að auka innihald fínefnis (efni smærra en 0,063 mm), enda eru stundum sett takmörk á hlutfall fínefna sem eru fengin úr steinefninu. Tekið skal fram að ef skipt er um steinefni í einhverjum stærðarflokki skal gerðarprófa malbiksblönduna sem nýja gerð. Þó getur framleiðandi

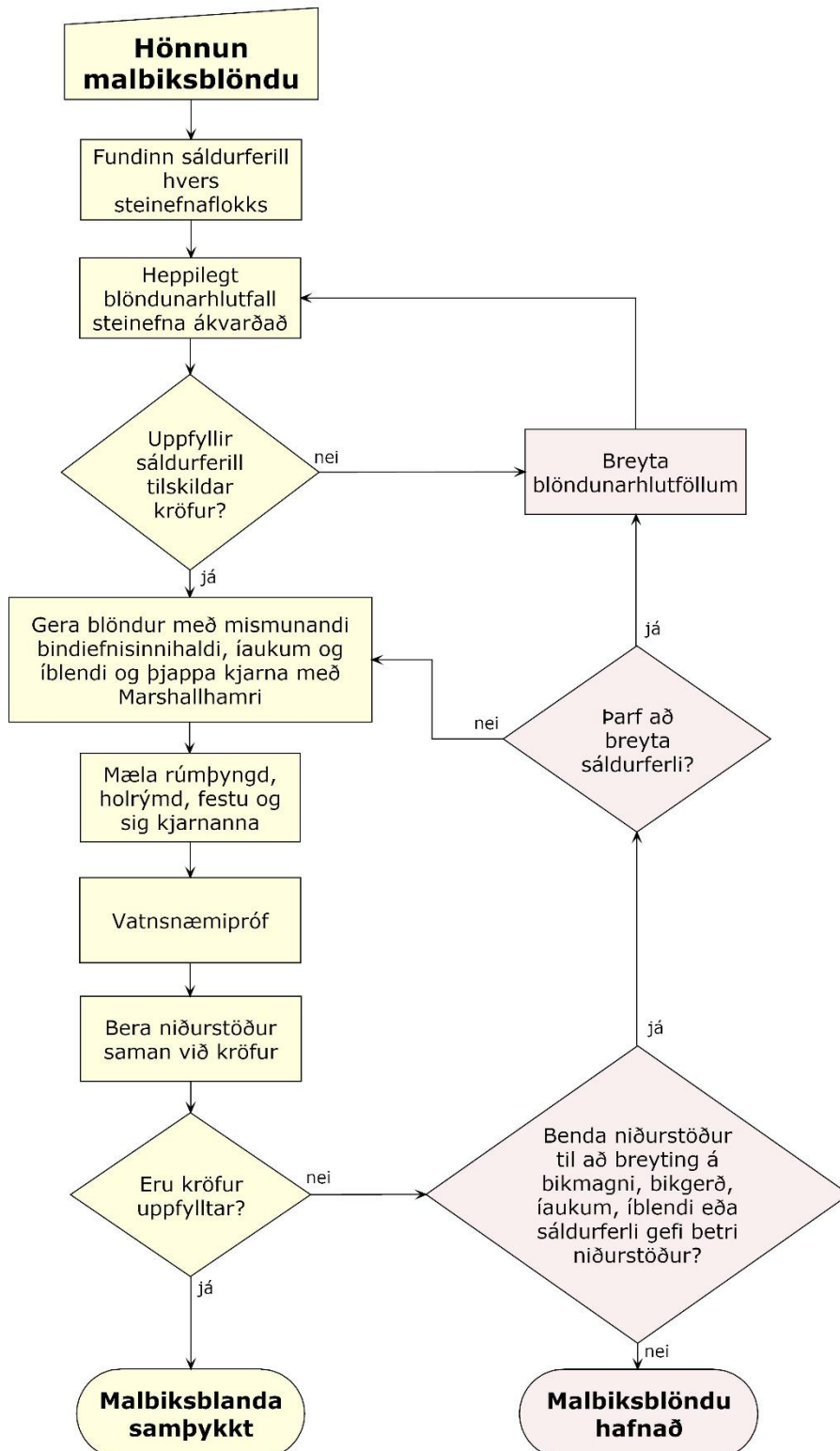
kosið að sleppa gerðarprófi fyrir ákveðinn eiginleika ef breytingin er augljóslega til hins betra fyrir viðkomandi eiginleika. Til dæmis þarf ekki að gera Prall-slitþolspróf ef steinefni sem tekið er inn er slitsterkara en steinefnið sem var fyrir því til sönnunar að slitstyrkur hafi ekki minnkað.

Þegar steinefni er skoðað til að kanna hvort það er hæft í malbik, er fyrsta skrefið að meta innihald lífrænna efna, sjá flæðirit á mynd 64-3. Þegar malbik er blandað, er steinefnið hitað upp og þurrkað og við það rjúka lífræn óhreinindi í burtu að hluta. Þrátt fyrir það er óæskilegt að lífræn óhreinindi séu í of miklu magni og ef sjónmat bendir til þess þarf að framkvæma *húmuspróf*.

Eins og sést á mynd 64-3 er næsta skref að mæla *kornadreifingu* allra stærðarflokka sem þarf að vera þekkt áður en ákvörðun er tekin um blöndunarhlutföll steinefna í malbiksblöndu. Á eftir sáldurgreiningu eru *viðloðunareiginleikar* steinefnisins mældir.

Næsta skref er að *berggreina* efnið og þá fást upplýsingar um hlutfall óæskilegra bergbrigða í steinefninu og um leið hvort það er líklegt til að standast aðrar kröfur sem til þess eru gerðar. Ef niðurstöður berggreiningar standast ekki leiðbeinandi kröfur þarf að gera *frostþolspróf*, sem gefur vísbendingu um hvort hætta er á að efnið brotni mikið niður vegna veðrunarálags. Ef steinefnið stenst leiðbeinandi kröfur um berggreiningu og/eða frostþolspróf þarf að prófa það frekar til að kanna ýmsa mikilvæga eiginleika. *Styrkleikapróf* segir til um hættu á niðurbroti steinefnisins undan höggáraun. Mæling á *brothlutfalli* eftir mölun efnisins er mikilvæg þar sem hlutfall brotinna og núinna steina hefur áhrif á skriðeiginleika malbiksins. Einungis er mælt brothlutfall á möluðu seti en gert er ráð fyrir að malað berg sé albrotið. Lögun korna getur haft áhrif á þjálmi og stöðugleika malbiksins og því er gerð *kornalögunarmæling*. Einn mikilvægasti eiginleiki steinefnis í malbik er *slitþol* enda getur slit vegna umferðar verið mjög mikið ef hjólbarðar eru negldir og umferð er hröð og mikil. Þar sem álag er mikið, t.d. á umferðarmiklum vegum og í hringtorgum, er sett fram krafa um *slípieiginleika* steinefna (e. Polished Stone Value, PSV). Aðferðinni er lýst í viðauka 1 og í stuttu máli í kafla 64.2.2. Steinefni skal hafa ákveðið *endurskin* og skal mæla það eins og lýst er í kafla 64.2.2 og viðauka 1. Mikilvægt er að efnið sé unnið á sama hátt og gert er ráð fyrir við framleiðslu. Þetta á sérstaklega við athugun á brothlutfalli, kornalögun og viðloðun.

Hönnun malbiksblanda. Ferillinn fyrir hönnun malbiksblanda er sýndur á flæðiriti á mynd 64-4 og gildir ef kosið er að notast við Marshall hönnunarpróf en það er ein af mörgum hönnunaraðferðum og hefur mest verið notuð hérlandis hingað til.



Mynd 64 4:
Flæðirit fyrir hönnun malbiksblöndu

Fyrsta skrefið er eins og flæðiritið sýnir, að finna blöndunarhlutföll steinefnaflokka sem gert er ráð fyrir að nota þannig að sáldurferillinn liggi innan markalína sem við eiga í hvert sinn. Þegar búið er að finna réttu hlutföllin, er gert Marshallpróf á blöndunum (sjá viðauka 1 og kafla 64.2.3). Í stórum dráttum er prófið þannig að fyrst eru gerðar blöndur með þeim steinefnum sem valin hafa verið og hrært í þær mismunandi magni af bikbindiefni. Þessar blöndur eru síðan þjappaðar í mót með Marshallhamri. Kjarnar úr mótunum eru svo mældir (hæð, þvermál og þyngd), reiknuð rúmþyngd þeirra og síðan styrkur (festa og sig). Auk þess er holrýmd og fleiri eiginleikar blöndunnar reiknaðir út. Niðurstöðurnar eru bornar saman við kröfur um þessa eiginleika og fundið út hvaða bikmagn gefur besta samanlagða niðurstöðu. Ef steinefnin uppfylla tilskildar kröfur er sjaldgæft að ekki sé hægt að hanna malbik sem uppfyllir kröfur um niðurstöður Marshallprófs. Samhliða Marshallprófi er gert vatnsnæmipróf.

Rétt er að áréttu að Evrópustaðlarnir fyrir malbik gera ekki ráð fyrir mælingum á festu og sigi nema malbikið sé ætlað í flugbrautir. Þrátt fyrir að Marshall prófið sé ekki gerðarpróf fyrir malbik á vegi er samt gert ráð fyrir því hér að þessi aðferð verði áfram notuð við hönnun

Bindiefnisþörf í malbiki er misjafnlega mikil og fer annars vegar eftir eiginleikum steinefnisins (m.a. sáldurferli og gropu), hins vegar hvaða eiginleikum er sóst eftir í malbikinu. Þess vegna verður að gera ráð fyrir að hönnuður malbiksins ákvarði heppilegt bindiefnisinnihald fyrir hverja malbiksgerð.

Bindiefnisinnihald í Marshallssýnum má velja með hliðsjón af töflu 64-3, sem miðast við íslenskar aðstæður og steinefni. Íslensk steinefni hafa oft gropu á bilinu

1-3%, en innflutt steinefni í malbik eru oftast mun þéttari og þurfa minna bindiefni en tafla 64-3 gefur til kynna. Ef um er að ræða mjög þétt steinefni (mettivatn < 0,5%), getur vel komið til álita að minnka bindiefnismagn um allt að 1% frá því sem fram kemur í töflu 64-3. Taflan er einungis leiðbeinandi því við val á bindiefnisinnihaldi getur þurft að taka tillit til bindiefnisgerðar (stungudýpt, breytt bindiefni) og íauka. Í reynd er það þó hönnun malbiksblöndu hverju sinni sem ræður bindiefnismagni, sem og öðrum þáttum hennar.

Tafla 64-3:

Leiðbeinandi gildi fyrir bindiefnisinnihald í nokkrum malbiksgerðum

Slitlagsgerð	Tillaga, %	Mörk, %
AC 8	6,1	5,8 - 6,4
AC 11	5,7	5,5 - 6,0
AC 16	5,5	5,3 - 5,8
SMA 8	6,8	6,1 - 7,7
SMA 11	6,4	5,9 - 7,4
SMA 16	6,2	5,7 - 7,2
BRL 16	4,8	4,6 - 5,6
BRL 22	4,6	4,2 - 5,3

Þegar bætt er við 3% SBS fjöliliðu í bikbindiefnið hefur verið miðað við að lækka bikmagn um 0,2%.

Ath: Gildin í töflunni eru einungis leiðbeinandi, en fyrir AC malbik voru þau lækkuð um 0,3% í útgáfu

Efnisgæðaritsins 2021.

NÝTT 2025: Í fyrri útgáfum Efnisgæðaritsins hefur tilaga að bindiefnisinnihaldi lækkað umtalsvert fyrir stífmalbik (AC) á undanförunum árum í þeirri viðleitni að kröfur um lágmarksholrýmd, sem hefur verið hækkuð, sé innan marka. Varðandi töflu 64-3 hér að ofan skal tekið skýrt fram að tölugildin miðast við óbreytt malbik, en í gerðarprófunum hveðrar malbiksgerðar á að koma fram hvert bindiefnismagn malbiksgerðarinnar er. Það sem getur komið til lækkunar á bindiefni frá því sem gefið er upp í töflunni eru til dæmis notkun íblöndunarefna, svo sem fjölíða, en einnig íblöndun á malbiksfræsi sem er blanda af steinefni og bikbindiefni.

64.2.2 Steinefnapróf

Próf á steinefnum veita upplýsingar um gæði steinefna í tilteknum stærðaflokki og á grundvelli niðurstaðnanna er metið hvort steinefnin uppfylli kröfur til notkunar í malbik. Að sjálfsögðu þurfa sýnin að endurspegla eiginleika steinefnanna sem á að nota í malbikið. Vinnsluaðferð hefur óhjákvæmilega nokkur áhrif á eiginleika þeirra og þess vegna er æskilegast að sýni til prófunar séu tekin af steinefninu eftir að það hefur gengið í gegnum nákvæmlega sama framleiðsluferli og notað verður þegar framleiðslan hefst.

Mikilvægir eiginleikar steinefna í malbik eru m.a. nægilegur styrkur, nægilegt slitþol gagnvart negldum hjólbörðum, einkum þegar umferð er hröð og mikil, og þol gegn frostáraun sem skiptir hlutfallslega meira máli en slitþol, þegar umferð er lítil. Lögun korna, einkum í þeim hluta steinefnisins sem er grófari en 8 mm, þarf að vera viðunandi og hvert þeirra að meirihluta brotið til að minnka líkur á skriði. Sáldurferill steinefnablöndunnar verður einnig að vera innan tiltekinna marka. Hér á eftir er getið þeirra prófa sem eru nauðsynleg til að meta eiginleika steinefna í malbik en nánari lýsingu á prófunum má finna í viðauka 1 og um kröfur er fjallað í kafla 64.5.

Kornadreifing

Sáldurferlar eru fyrst og fremst notaðir til að ákvarða blöndunarhlutföll steinefna í malbiksblöndunni. Sáldurferill hvers steinefnis fyrir sig er fundinn og heppileg blöndunarhlutföll reiknuð út þannig að kornadreifing blöndunnar liggi á milli markalína sem við eiga í hvert sinn. Þegar steinefnasýnunum hefur verið blandað saman í samræmi við útreikningana, er kornadreifing blöndunnar mæld, til að sannreyna að hún sé eins og til er ætlast. Í undantekningartilfellum er blöndun tveggja eða fleiri stærðaflokka óþörf.

Viðloðun

Íslenskt veðurfar einkennist meðal annars af rakri veðráttu og mörgum frost/þíðu-sveiflum. Að auki er salt talsvert notað til hálkueyðingar. Þess vegna þarf að gera kröfur til viðloðunar milli steinefna og bindiefnis.

Hér er lagt til að rúlluflöskuprófið verði notað til að meta viðloðunareiginleika steinefnis og bindiefnis í malbik. Niðurstöðurnar gilda þó aðeins fyrir þá samsætu af bindiefni og steinefni sem prófuð er hverju sinni. Rétt er að taka fram að rúlluflöskuprófið hefur sætt gagnrýni eins og flest önnur viðloðunarpróf.

Eiginleikar fínefna

Lífræn óhreini: Ef grunur leikur á lífrænum óhreindum í sýni er lagt til að það sé prófað. Þá er sýnið sett í NaOH lausn, en lífræn óhreini lita lausnina, mismikið eftir magni þeirra. Til

viðmiðunar er höfð staðallausn með ákveðnum litarstyrk. Ef liturinn á lausninni með sýninu er sterkari en liturinn á staðallausninni gefur það til kynna skaðlegt magn lífrænna óhreininda.

Þjálnipróf: Oft er hægt að meta hvort fínefni eru þjál með því að velta sýni á milli fingra sér og athuga þannig hvort fínefnið er leirkennt, þ.e. hvort hægt er að hnoða það í kúlu. Ef grunur leikur á að fínefni sé þjált þarf að gera þjálnipróf á því. Þjálnistuðull (e. Plasticity Index) er skilgreindur sem munurinn á flæðimarki (hæsta rakagildi sem efni getur haft án þess að missa þjálni sína og flæða eins og þykkur vökvi) og þjálnimarki efnisins (lægsta rakagildi sem efni getur haft þannig að enn sé hægt að hnoða það).

Berggerð og ásynd bergs

Berggreining: Gæðaflokkun steinefnis er gerð með því að greina steinefnin í bergbrigði. Berggreiningin er leiðbeinandi og gefur vísbendingar um eiginleika steinefnisins.

Brothlutfall: Til að minnka líkur á skriði í malbiki er gerð krafa um lágmarkshlutfall brotinna korna og einnig er gerð krafa um hámark alnúinna korna.

Kornalögun: Korn sem notuð eru í malbik mega af ýmsum ástæðum ekki vera of kleyfin (flöt og ílög). Þess vegna er gerð krafa um lögun steinefniskorna sem eru grófari en 4 mm.

Berggæði

Slitþol: Þegar umferð á götu eða vegi er orðin 3000 bílar á sólarhring, ræður slit af völdum negldra hjólbarða oftast mestu um endingu malbiksins. Slitið eykst með auknum hraða. Slitþol steinefnis er einn af mikilvægustu eiginleikum varðandi hæfni malbiks til að standast áraun frá negldum hjólbörðum. Slitþol er mælt í kúlnakvarnarprófi. Þar eð slit vex með hraða eru kröfur annars vegar miðaðar við hraða undir 70 km/klst, hins vegar hraða yfir 70 km/klst.

Styrkur: Áraun negldra hjólbarða er sambland af núningi og höggum. Í kúlnakvarnarprófinu verða steinefnin fyrst og fremst fyrir núningi en aðeins lítilsháttar höggáraun. Betri mynd af styrkleika þeirra gagnvart höggáraun má fá með Los Angeles prófi sem veitir mun meiri höggáraun en kúlnakvarnarprófið.

Veðrunarþol (frostþol): Malbiksslitlög verða fyrir talsverðri áraun vegna frost/þíðu skipta. Salt er gjarnan notað til hálkueyðingar á malbiksslitlögum sem eykur áraunina til muna. Steinefni í malbik þarf að velja með hliðsjón af veðrunarþoli þeirra sem fæst úr frostþolsprófi í saltlausn.

Slípiþol steinefna (e. Polished Stone Value, PSV): Á undanförunum árum hefur borið nokkuð á því að malbik verði hálta í bleytu, sérstaklega þegar líður á sumar. Þessa hefur sérstaklega orðið vart í hringtorgum þar sem umferð er tiltölulega mikil og hröð. Ekki þótti áður ástæða til að mæla sérstaklega þennan eiginleika steinefna, sem sagt að slípast undan umferð, þar sem talið var að nagladekkjanotkun á vetrum kæmi í veg fyrir slíka slípun svo nokkru næmi. Með aukinni umferð virðist þó að slípun eigi sér stað yfir sumartímann og því raunveruleg hætta á að slitlög verði sleip af þeim sökum. Slípiþolsprófi (PSV aðferðinni), sem mælir slípiþol steinefna, ÍST EN 1098-8, er lýst í viðauka 1.

Þess skal getið að hvorki aðstaða né tækjabúnaður til að framkvæma þetta próf er til staðar hérlandis, enda var ekki talin ástæða til eins og fram hefur komið. Því þurfa framleiðendur íslenskra steinefna eða innflytjendur erlendra steinefna að fá PSV prófanir gerðar erlendis. Vegagerðin hefur

gert kröfu um slípiþolsgildi steinefna sem ætluð eru í malbiksslitlög þar sem umferð er mikil og hröð og álag mikið, t.d. í hringtorgum. Í kafla 64.5.1 í þessu riti eru einungis settir fram kröfuflokkar úr evrópskum framleiðslustaðli, ÍST EN 13043.

Endurskin frá steinefnum (n: Lyshet): Endurskin steinefna má mæla eins og lýst er í riti norsku vegagerðarinnar, Håndbok R210 Laboratorie-undersøkelser, kafla 115. Aðferðin felst í því að mæla endurskin steinefnis í stærðarflokki 0,125 til 0,250 mm með sérstökum endurskinsmæli. Mælirinn er þannig kvarðaður að hvítur glerungur gefur 100% endurskin, en ekkert endurskin er frá svörtum fleti.

Þess skal getið að þetta próf er ekki gert hérlandis og því þurfa framleiðendur íslenskra steinefna eða innflytjendur erlendra steinefna að fá prófanir á endurskininu gerðar erlendis. Vegagerðin hefur gert kröfu um endurskin steinefna sem ætluð eru í malbiksslitlög. Í kafla 64.5.1 í þessu riti eru einungis settar fram kröfur til leiðbeiningar sem byggja á norskum kröfum.

64.2.3 Próf á efnismassa

Próf á steinefnum og bikbindiefnum eiga að tryggja að grunnefni malbiksins standist tilskildar kröfur. Þar með aukast líkur á að malbikið standist áraunina sem hönnunarforsendur gera ráð fyrir. Hönnun malbiks byggist á prófunum á blöndu steinefna, bikbindiefnis (bik, íaukar og íblendir) sem talin er hæfa aðstæðum þar sem á að nota malbikið svo sem umferðarálagi og hitastigi.

Kröfur um eiginleika malbiks sem mældir eru á hönnunarstigi eru birtar í kafla 64.5.3 og prófum er lýst í viðauka 1.

Marshallpróf: Marshallpróf lýsir nokkrum eiginleikum malbiksins. Þeir eru holrýmd, bikfyllt holrýmd og rúmþyngd þjappaðra kjarna, svo og festa og sig. Holrýmd malbiksins hefur áhrif á veðrunarþol þess, því lægri sem hún er, því betra er veðrunarþolið, þó ætíð innan lágmarksholrýmdar. Festa og sig segja til um skriðþol malbiksins, þ.e. hversu staðfast það er undir álagi frá umferðinni. Við hönnun malbiks er Marshallprófið notað til að finna heppilegasta bikinnihald, miðað við kröfur sem gerðar eru hverju sinni til ofangreindra eiginleika. Þegar malbik er hannað með Marshallaðferð, er búin til röð sýna með mismunandi bindiefnisinnihaldi. Bindiefnisinnihald í sýnaröðinni er valið með hliðsjón af slitlagsgerð og reynslu af sama eða samskonar steinefni. Gera þarf minnst þrjár blöndur með mismunandi bikinnihaldi og fyrir hverja þarf að steypa að lágmarki þrjá prófhuta.

Auk eiginleika sem eru mældir í Marshallprófi, eru sett mörk á hlutfallið fínefni/bindiefni í blöndunni, m. a. til að draga úr líkum á þreytubroti í malbikinu vegna síendurtekens álags frá umferð. Marshallprófið hefur verið notað hérlandis við hönnun malbiksblendna en kemur ekki í stað gerðarprófana (e. Type Testing, TT) sem talin eru upp hér á eftir fyrir malbik sem hannað er til að þola mikla umferð.

Hjólfarapróf: Skriðeiginleikar malbiks eru mældir með hjólfaraprófi (ÍST EN 12697-22).

Tækjabúnaður fyrir slíkar mælingar er í notkun hérlandis. Eins og fram kemur í fylgistaðli ÍST 75 „Framleiðsla malbiks“ og í viðauka 4, er kveðið á um að skriðeiginleikar malbiks séu mældir við gerðarprófun (TT) með hjólfaratæki ef umferð er > 8000 ÁDU heildarumferð, > 400 ÁDUþ eða sambærilegt álag. Ekki er gert ráð fyrir þessari prófunaraðferð við framleiðslueftirlit. Í kafla 64.5.3 eru settar fram kröfur um skriðeiginleika.

Slitþolspróf: Slitþol malbiks er mælt með Prall-slitþolsprófi (ÍST EN 12697-16). Tækjabúnaður fyrir slíkar mælingar er í notkun hérlandis. Eins og fram kemur í fylgistaðli ÍST 75 „Framleiðsla malbiks“ og í viðauka 4, er kveðið á um að sliteiginleikar malbiks séu mældir við gerðarprófun (TT) með Prall slitþolstæki ef umferð er > 8000 ÁDU heildarumferð, > 400 ÁDUþ eða sambærilegt álag. Ekki er gert ráð fyrir þessari prófunaraðferð við framleiðslueftirlit. Í kafla 64.5.3 eru settar fram kröfur um slitþol.

Vatnsnæmipróf: Æskilegt er að geta metið hversu vel malbik þolir áraun frá vatni í samspili við umferðina. Á síðari árum hefur verið lögð aukin áhersla á slíkar prófanir, ekki síst á norðlægum slóðum og vegna veðurfarslegra aðstæðna hérlandis er æskilegt að gera vatnsnæmipróf á malbiki. Próf sem notuð eru til að meta vatnsnæmi taka tillit til þess hversu greiða leið vatn á inn í malbikssýnið og líkja þannig að vissu leyti eftir aðstæðum í vegi. Í vatnsnæmiprófi er mælt hversu mikil áhrif vatn hefur á kleyfnibrotþol malbikskjarna, sem er mælikvarði á samloðun þeirra og þar með viðloðun steinefnis við bikbindiefni. Rétt er að taka fram að óvissa á niðurstöðum vatnsnæmiprófs getur verið nokkuð mikil.

Vatnsnæmi malbiks er mælt með vatnsnæmiprófi (ÍST EN 12697-12). Eins og fram kemur í fylgistaðli ÍST 75 „Framleiðsla malbiks“ og í viðauka 4, er kveðið á um að vatnsnæmi malbiks sé mælt við gerðarprófun (TT) ef umferð er > 8000 ÁDU heildarumferð, > 400 ÁDUþ eða sambærilegt álag. Í kafla 64.5.3 eru settar fram kröfur um vatnsnæmi.

64.2.4 Fjöldi prófa við hönnun

Steinefni í malbik eru oft unnin í nánum sem hafa verið í notkun í langan tíma. Í slíkum nánum eru gerðar reglubundnar prófanir á því, sem flokkast undir framleiðslueftirlits-próf (e. Factory Production Control, FPC). Hafi steinefnið ekki verið notað áður til malbiksframleiðslu þarf að rannsaka það áður en hún hefst. Lágmarksfjöldi prófana miðað við áætlað framleiðslumagn, kemur fram í töflu 64-4. Sýnin þurfa að gefa raunhæfa mynd af öllu steinefninu sem á að nota og endurspegla fyrirhugaða vinnslu á því. Ef breytileiki steinefnisins er mikill innan námunnar getur þurft að fjölga prófunum.

Tafla 64-4:
Lágmarksfjöldi prófana á steinefni úr námu miðað við efnismagn, sem á að vinna úr námunni

Magn, m³	Korna-dr.	Húmus/þjálmi*	Viðl.	Berg-gr.	Frost-þol**	Styrkur (LA)	Brot-hlutf.	Korna-lögun	Slit-þol	Slípi-þol	Endur-skin
1000	4	4	1	1	(1)	1	1	1	1	1	1
2000	4	4	1	1	(1)	1	1	1	1	1	1
3000	5	5	1-2	1-2	(1-2)	1-2	1-2	1-2	1-2	1	1
4000	6	6	1-2	1-2	(1-2)	1-2	1-2	1-2	1-2	1	1
5000	6	6	2	2	(2)	2	2	2	2	2	2

*Ákvörðun um próf byggir á sjónmati
** Frostþolspróf er einungis gert ef steinefni stenst ekki leiðbeinandi kröfur berggreiningar

64.3 Próf við framleiðslu

64.3.1 Verkferlar

Verkferlum prófana við malbiksframleiðslu má skipta í tvennt, annars vegar verkferla við eftirlit með gæðum steinefna sem eru notuð í malbikið, hins vegar verkferla fyrir eftirlit með blöndun malbiksins. Ef steinefni er aðkeypt til malbikunarstöðvar þurfa að fylgja því upplýsingar sem sýna fram á eiginleika þess samkvæmt framleiðslueftirliti, samræmisyfirlýsingu og CE-merkingu. Ef steinefni er framleitt í malbikunarstöð þarf engu að síður að sýna fram á eiginleikana með sambærilegum gögnum og gilda um aðkeypt steinefni.

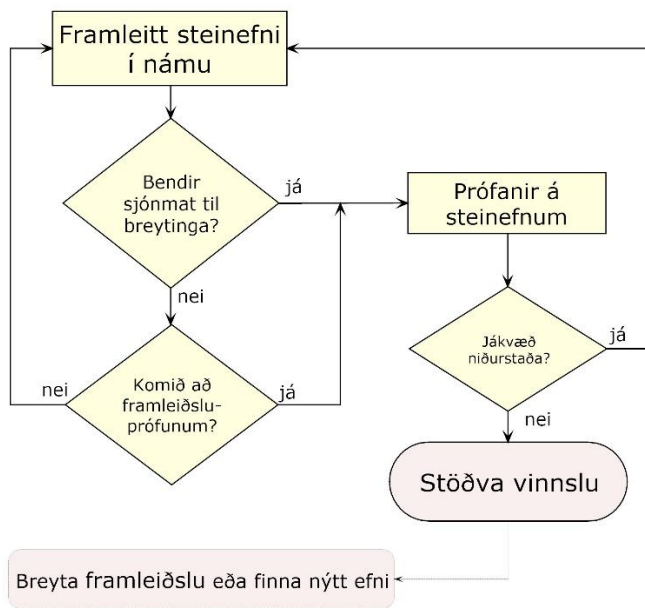
Ákveðið hefur verið að hérlandis gildi eftirlitskerfi AVCP 2+, samkvæmt Evrópastöðlum, til vottunar á samræmi við framleiðslu steinefna í bikbundin slitlög, þar með talið malbik (sjá viðauka 4). Í því felst að tilnefndur aðili (e. Notified Body) hafi eftirlit með að framleiðslukerfi uppfylli allar kröfur sem settar eru fram í ÍST EN 13043 viðauka ZA, meðal annars varðandi framleiðslueftirlit og tíðni prófana. Á grundvelli þess getur framleiðandi steinefna lagt fram yfirlýsingu um gæðastöðugleika (e. Declaration of Performance, DoP) og CE-merkingu. Verkkaupi getur ávallt óskað eftir gögnum um og úr innra eftirliti og auk þess sett fram kröfur um aukna tíðni prófana.

Samkvæmt stöðlum um malbik, m.a. ÍST EN 13108-1 (AC) og ÍST EN 13108-5 (SMA) er gerð krafa um að eftirlitskerfi 2+ sé notað til vottunar, sem sagt AVCP, (sjá íslenskan fylgistaðal nr. ÍST 75 og viðauka 4). Í því felst að tilnefndur aðili votti framleiðslueftirlitskerfi (e. Factory Production Control, FPC) framleiðanda. Það gerir hann með upphafsúttekt á framleiðslustöð og framleiðslueftirlitskerfi, svo og reglubundnu eftirliti (m.a. heimsókn í stöð) a.m.k. einu sinni á ári. Ferlið sem lýst er hér vísar í viðauka ZA í ofangreindum stöðlum um AVCP sem á að nota til að sýna fram á að farið sé eftir kröfum byggingavöruþilskipunar ESB (e. EU Construction Products Regulations, CPR). Gerðarprófanir (e. Type Testing) framleiðanda til CE merkinga fara eftir staðli ÍST EN 13108-20. Tilnefndur aðili skal fara að ákvæðum ÍST EN 13108-21, viðauka B í þessum tilgangi.

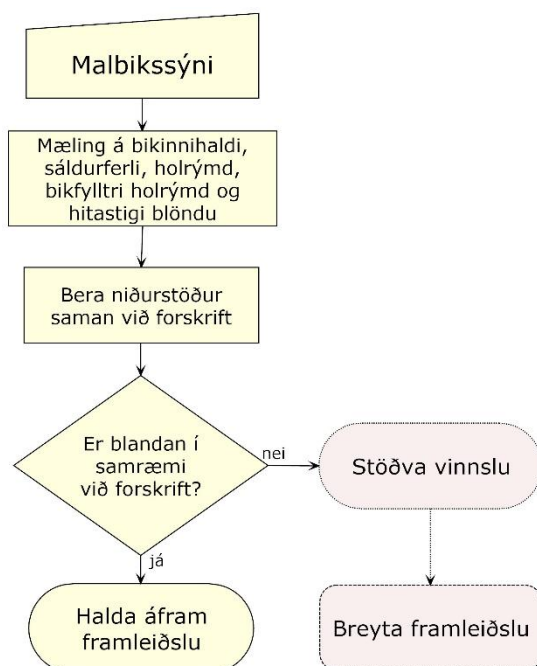
Verkkaupi fær niðurstöður innra eftirlits framleiðanda en gerir þar að auki sambærilegar prófanir ef ástæða þykir til.

Dæmi um verkferil fyrir eftirlit með gæðum steinefna er sýnt á mynd 64-5. Fylgst er sjónrænt með framleiddu eða aðkeyptu efni og ef einhverjar breytingar virðast vera á efninu, eru gerð próf til að sannreyna það. Ef allt virðist í lagi, eru aðeins gerð fyrirskrifuð framleiðslupróf með tíðni í samræmi við töflu 64-5.

Prófanir á framleiddu malbiki eru fyrst og fremst gerðar til að ganga úr skugga um hvort malbikið hafi uppfyllt tilskildar gæðakröfur, því niðurstöðurnar fást að jafnaði ekki fyrir en eftir að malbikið hefur verið lagt út. Verkferill fyrir prófanir vegna framleiðslueftirlits malbiks er sýndur á mynd 64-6. Ef verkferlum fyrir próf við hönnun hefur verið fylgt, er lítil hætt á að illa takist til við framleiðslu, ef framleiðandinn er reyndur og tæki hans virka rétt. Áðurnefnt innra gæðaeftirlit malbiksframleiðanda tryggir líka oftast að svo sé.

**Mynd 64-5:**

Verkferill fyrir eftirlit með gæðum steinefna í malbik

**Mynd 64-6:**

Verkferill fyrir framleiðslupróf á malbiki

64.3.2 Steinefnapróf

Gæði steinefna sem notuð eru í malbik eru prófuð og skráð reglulega á ábyrgð framleiðanda steinefnanna. Prófin eru tilgreind í kafla 64.2.2, tíðni þeirra í kafla 64.3.4, og kröfur í kafla 64.5.1. Ef sjónrænt mat bendir til breytinga á framleiddu efni, þarf að auka tíðni prófana.

64.3.3 Próf á efnismassa

Kornadreifing, bindiefnisinnihald, holrýmd, bikfyllt holrýmd og hitastig malbiksblöndu er notað til eftirlits með malbiksframleiðslu. Úr malbikssýnum eru þjappaðir kjarnar sem eru svo prófaðir, eins og greint er frá í kafla 64.2.3. Kröfur eru tilgreindar í kafla 64.5.3.

64.3.4 Tíðni prófa við framleiðslu

Steinefnapróf

Framleiðslueftirlit (e. Factory Production Control): Tíðni prófana í innra eftirliti framleiðanda með steinefnum sem eru notuð í malbik skal vera í samræmi við töflu 2.2 í viðauka 4 í þessu riti.

Eftirlit verkkaupa: Eftirfarandi reglur um tíðni prófana á steinefnum til malbiksframleiðslu gilda óháð innra eftirliti steinefnaframleiðandans, nema hvað heimilt er að nota niðurstöður prófana í framleiðslueftirliti framleiðandans sem hluta af eftirliti verkkaupa með gæðum steinefna í malbiksframleiðslu.

Tíðni prófana við framleiðslu steinefna skal að lágmarki uppfylla kröfur framleiðslustaðals ÍST EN 13043. Ef ástæða þykir til skal auka prófanatíðnina, til dæmis þegar ný náma er tekin í notkun. Við eftirlit með aukinni prófanatíðni skal í upphafi verks gera eitt próf á sérhverjum efniseiginleika sem er tilgreindur í töflu 64-5. Tíðni prófana fer eftir umfangi verksins og er tilgreind í sömu töflu. Heimilt er að nýta próf frá hönnunarstigi til að uppfylla tíðnikröfuna. Ef steinefni til malbiksgerðar er úr vottaðri námu er gert ráð fyrir að þessir eiginleikar liggi fyrir. Í töflunni er gerður greinarmunur á tíðni prófana eftir því hvort steinefnin eru unnin úr lausum jarðlögum eða bergi. Ekki er skylt að prófa aðra eiginleika en þá sem eru tilgreindir í töflunni.

Tafla 64-5:
Prófanatíðni í eftirliti verkkaupa með steinefnum til malbiksframleiðslu

Eiginleiki	Laus jarðlög		Berg	
	Lágmarksfjöldi prófana úr fyrstu 500 m³	Fjöldi pr. hverja byrjaða 5000 m³ umfram 500 m³	Lágmarksfjöldi prófana úr fyrstu 500 m³	Fjöldi pr. hverja byrjaða 5000 m³ umfram 500 m³
Húmus	1	2	-	-
Sáldurferill	2	4	2	2
Viðloðun	1	1	1	1
Berggreining	1	1	1	1
Frostþol**	-	-	-	-
Styrkur	1	1	1	1
Brothlutfall	1	1	-	-
Kornalögun	1	1	1	1
Slitþol	1	1	1	1
Slípiþol	1	-	1	-
Endurskin	1	-	1	-
Kornarúmpýngd*	1	1	1	1
Mettivatn*	1	1	1	1

**Ekki eru gerðar sérstakar kröfur um gildi, en æskilegt er að þessar mælingar liggi fyrir*
*** Einungis framkvæmt ef steinefnið stenst ekki leiðbeinandi kröfur gæðaflokkunar samkvæmt berggreiningu.*

Taflan tilgreinir prófanatíðni fyrir hverja gerð steinefna sem er notuð í malbik.

Sýni tekin af hálfu verkkaupa, skulu tekin í samræmi við ÍST EN 932-1. Hverju sinni skal tekið svo stórt sýni að það nægi til ofangreindra prófana. Fulltrúa verkkaupa (eftirlitsaðila) er skylt að gera verktaka viðvart áður en sýni er tekið og er verktaka heimilt að krefjast þess að sýnið sé svo stórt að það nægi til þrefaldrar prófunar, eina sem verktaki gerir, aðra sem verkkaupi lætur gera og einn hluta til prófunar, ef ágreiningur kemur upp á verkábyrgðartíma.

Malbikspróf

Framleiðslueftirlit (e. Factory Production Control, FPC): Tíðni prófana í innra eftirliti framleiðanda með malbiksmassa skal vera í samræmi við töflu 3.2 í viðauka 4 í þessu riti. Gerðarprófanir (e. Type Testing, TT), sbr. ÍST EN 13108-20 skulu ætíð liggja fyrir áður en framleiðsla hefst.

Eftirlit verkkaupa: Eftirfarandi reglur um tíðni prófana á massa gilda óháð innra eftirliti malbiksframleiðandans, nema hvað heimilt er að nota niðurstöður prófana í framleiðslueftirliti framleiðandans sem hluta af eftirliti verkkaupa með gæðum malbiks, ef verkkaupi samþykkir það.

Lágmarkstíðni prófana við eftirlit með framleiðslu malbiks skal ákvarða með tilliti til kafla A.4 og A.5, svo og töflu A.3 í viðauka A í staðli ÍST EN 13108-21 (FPC). Tíðnin getur verið breytileg eftir því

hvort þolmörk eru uppfyllt (e. Operating Compliance Level, OCL) hverju sinni. Samkvæmt staðlinum skal lágmarkstíðni prófana vera eitt próf (sáldurferill, bindiefnisinnihald, holrýmd, bikfyllt holrýmd og hitastig) fyrir hver 2000 framleidd tonn ef niðurstöður eru innan þolmarka, þó ekki sjaldnar en einu sinni í viku. Ef ástæða þykir til skal auka prófanatiðnina, til dæmis í upphafi framleiðslu á nýjum stað og skal hún þá að lágmarki vera samkvæmt töflu 64-6. Ekki er skylt að prófa aðra eiginleika en þá sem eru tilgreindir í töflunni. Ef grunur leikur á að bik hafi ofhitnað má kanna það með því að athuga breytingar á stungudýpt. Ef stungudýpt (PG) er utan marka skal meðhöndla malbikið í samræmi við það.

Tafla 64-6:
Lágmarks prófanatiðni malbiksmassa við framleiðslu

Eiginleiki	Prófanatiðni að lágmarki
Sáldurferill	1 próf fyrir hver byrjuð 1000 tonn
Bikinnihald	1 próf fyrir hver byrjuð 1000 tonn
Holrýmd	1 próf fyrir hver byrjuð 2000 tonn
Bikfyllt holrýmd	1 próf fyrir hver byrjuð 2000 tonn
Hitastig á malbiki	1 mæling á hverjum bílfarmi ef hitastig á malbiki er ekki skráð sjálfvirkt í stöð eða ef búast má við verulegri kólnun við flutning

Sýni tekin af hálfu verkkaupa skulu tekin í samræmi við ÍST EN 12697-27. Hverju sinni skal tekið svo stórt sýni að það nægi til ofangreindra prófana. Fulltrúa verkkaupa (eftirlitsaðila) er skylt að gera verktaka viðvart áður en sýni er tekið, og er verktaka heimilt að krefjast þess að sýnið sé svo stórt að það nægi til þrefaldrar prófunar, eina sem verktaki gerir, aðra sem verkkaupi lætur gera og einn hluta til prófunar, ef ágreiningur kemur upp á verkábyrgðartíma.

64.4 Próf og mælingar við framkvæmd

64.4.1 Verkferlar

Meðan malbik er lagt út þarf hið minnsta að mæla hitastig þess, þjöppun, rúmþyngd og þykkt. Að útlögn lokinni þarf að mæla sléttleika slitlagsins og, ef þurfa þykir, hemlunar-viðnám. Þessir verkþættir eru oft í umsjá eftirlitsaðila verkkaupa, sem jafnframt sinnir ýmis konar öðru eftirliti við malbiksútlögn. Sem dæmi má nefna eftirlit með hreinsun og nauðsynlegum viðgerðum á undirlagi, afréttingu á hjólförum, límingu milli malbikslaga, vinnubrögðum við útlögn og völtun og frágangi á samskeytum. Jafnframt segir eftirlitsaðili fyrir um sýnatöku af hálfu verkkaupa.

64.4.2 Steinefnapróf

Að undanteknum mælingum á sáldurferli steinefna eru að jafnaði engin önnur próf gerð á steinefnum í malbiksmassa nema í undantekningartilfellum svo sem þegar grunur vaknar um að gæðum steinefna sé ábótavant og einfaldari leiðir eru ekki færar til að meta þau.

64.4.3 Próf og mælingar

Mælingar á hitastigi: Gæta skal þess við framleiðslu malbiks í stöð að hitastig biksins fari ekki yfir mörk sem gefin eru upp í framleiðslustöðlum fyrir malbik. Taflan hér að neðan gefur upp hámarkshita biks við framleiðslu fyrir malbik, en það er mismunandi eftir stungudýpt.

Stungudýpt (PG)	Hámarkshitastig, °C
10/20, 15/25, 20/30	200
30/45	195
35/50, 40/60	190
50/70, 70/100	180
100/150	170
160/220	165
250/330	160
330/430	155

Hitastig á malbiki verður að ná tilteknu lágmarki, sem er háð bikgerð og íblendi, áður en völtun hefst. Hitastig má mæla á bílpalli á útlagnarstað en er oftast mælt í skúffu útlagnarvélar. Völtun verður að vera lokið áður en malbikið kólnar niður fyrir tiltekið hitastig, háð bindiefnisgerð. Til að fylgjast með hitastigi malbikslagsins meðan á völtun stendur er æskilegt að eftirlitsaðili hafi aðgang að hitamyndavél. Vegagerðin hefur gert kröfu um að útlagnarvélar séu með síritandi hitamyndavél sem mælir hitastig alls yfirborðins strax eftir útlögn malbiks. Einnig er staðsetningarbúnaður tengdur myndavélinni. Slík hitamæling er mikilvæg til að tryggja að hitastig malbiks sé hvergi undir þeim mörkum sem gerðar eru kröfur um við þjöppun, en Vegagerðin á að hafa aðgang að frumgögnum úr hitamyndavél eftir verklok.

Þjöppun í útlögðu malbiki: Tilgangurinn með mælingu á þjöppun er að ganga úr skugga um að holrýmd í útlögðu malbiki sé innan settra marka.

Tvennt kemur til greina sem mælikvarði á þjöppun:

- að tiltaka þjöppunarhlutfall, þ.e. rúmþyngd borkjarna úr útlögðu malbiki í % af Marshallrúmþyngd
- að tiltaka holrýmd í útlögðu malbiki

Þjöppunarhlutfall er hinn eiginlegi mælikvarði á þjöppun og hefur einn augljósan kost. Það tiltekur hversu mikið malbikið, sem var lagt, var þjappað miðað við þá þjöppun sem gerðarpróf og framleiðslueftirlit gerir ráð fyrir að malbikið geti náð. Til þess að fá þennan samanburð þarf að taka kjarna úr þjöppuðu malbiki og bera saman rúmþyngdir þeirra við rúmþyngdir úr framleiðslueftirliti. Einfalt er að tiltaka holrýmd í útlögðu malbiki. Gallinn á þeirri aðferð er sá að hún tryggir ekki að malbikið sé vel þjappað, aðeins að holrýmdin sé innan tiltekinna marka. Það er hugsanlegt að áskilin holrýmd náist með tiltölulega lítilli þjöppun og þjöppunarhlutfall malbiksins getur þess vegna verið ófullnægjandi.

Æskilegt er að gera kröfu um að bæði holrýmd og þjöppunarkrafa sé uppfyllt samtímis, en algengast er að setja einungis fram holrýmdarmörk.

Áreiðanlegasta aðferðin til að mæla holrýmd er að taka borkjarna úr malbiki að útlögn lokinni, mæla rúmþyngd þeirra svo og eðlisþyngd malbiksins í borkjörnunum. Með samanburði á þessum tveim mælingum er auðvelt að finna holrýmdina. Þessi aðferð er sú nákvæmasta sem völ er á, en hún er fremur kostnaðarsöm, tefur fyrir umferð og skemmir auk þess malbikið þar sem borkjarnarnir eru teknir. Hana er heldur ekki hægt að nota til að meta hvort frekari völtunar sé þörf meðan á útlögn stendur. Önnur aðferð er að mæla rúmþyngd þjappaðs malbiks er með mælitækjum sem byggjast á rafsegulmælingu. Þessi aðferð er mjög fljótleg og er hægt að beita meðan á völtun stendur og stýra völtuninni á bletti þar sem rúmþyngd bendir til að þjöppun sé ábótavant. Hins vegar eru þessi aðferð ekki fyllilega áreiðanleg fyrir einstakar mælingar en gefur góða heildarmynd af rúmþyngd á svæði þar sem margar mælingar hafa verið gerðar. Niðurstöður mælinganna geta verið háðar malbiksgerðinni sem verið er að mæla og þess vegna þarf að kvarða mælitækin við mælingar á rúmþyngd í borkjörnum ef vel á að vera. Afbrigði af þessari aðferð er DOR (e. Density On Run), sem gerir mögulegt að mæla holrýmdina í samfellu um leið og mælitækinu er ekið eftir malbikslaginu. Þriðji möguleikinn er að mæla þéttni malbikslagsins með hjálp rafsegulþylgna (e. Pavement Quality Indicator). Fjórði möguleikinn er að nota svokallaðan georadar sem einnig þarf að kvarða við mælingar á holrýmd í borkjörnum. Auk upplýsinga um holrýmd fást upplýsingar um lagþykktir, bæði malbiks og undirbyggingar. Mælingarnar eru samfelldar. Þjöppumælar í völtum (e. Intelligent Compaction Control) nýtast vel við að fylgjast með þjöppun með hjálp GPS staðsetningarmælinga. Annars vegar með því að tryggja að tiltekinn fjöldi umferða valta hafi verið farinn yfir allt yfirborð slitlagsins og hins vegar með beinum mótstöðumælingum. Nauðsynlegt er að kvarða þjöppumæla í völtum, t.d. með rafsegulmæli eða borkjörnum, til að hægt sé að túlka niðurstöður mælanna með tilliti til holrýmdar.

Mælingar á þykkt: Venjulega er þykkt mæld með því að reka stálpinna í gegnum malbikslagið rétt aftan við útlagningarvélinu og áður en það er þjappað. Mæld þykkt er leiðrétt vegna væntanlegrar þjöppunar. Að auki er þykkt malbikslagsins oft mæld á borkjörnum sem teknir eru að útlögn lokinni.

Mælingar á sléttleika: Gerðar eru kröfur um sléttleika á yfirborði malbiks að útlögn lokinni. Kröfurnar eru gerðar til mestu ójöfnu, mældri með réttsskeið, en einnig eru gerðar kröfur til mesta frávíks frá hönnuðu yfirborði, mestu hæðarbreytingar á ákveðinni vegalengd og mesta frávíks frá

hönnuðum þverhalla. Þessar mælingar eru gerðar með hallamálstækjum. Hin síðari ár hafa komið fram útlagnarvélar búnar GPS-tækjum (svo og skynjarar í útlagnarvélinni tengdir við hönnunarhæðir vegarins). Slíkur búnaður á að tryggja að hæðarlega malbiksins sé innan settra marka. Auk þess er til búnaður til að mæla sléttleika (í alþjóðlegum einingum, IRI eða RN) með bíl sem er ekið eftir slitlaginu.

64.4.4 Tíðni prófa við framkvæmd

Eftirlit verkkaupa: Í töflu 64-7 er sýnd lágmarkstíðni prófana á útlögðu malbiki sem gildir óháð framleiðslueftirliti malbiksframleiðandans, nema hvað heimilt er að nota niðurstöður prófana í innra eftirliti útlagnarverktaka sem hluta af eftirliti verkkaupa með útlögn, ef verkkaupi samþykkir það. Mælingar á þykkt og holrýmd skulu gerðar á borkjörnum.

Tafla 64 7:

Prófanatíðni á útlögðu malbiki

Eiginleiki	Prófanatíðni að lágmarki
Þykkt borkjarna, ÁDT > 3000	1 próf fyrir hverja byrjaða 6000 m ²
Þykkt borkjarna, ÁDT ≤ 3000	1 próf fyrir hverja byrjaða 9000 m ²
Holrýmd í borkjörnum, ÁDT > 3000	1 próf fyrir hverja byrjaða 6000 m ² , þó minnst tvö próf fyrir hvert verk
Holrýmd í borkjörnum ÁDT ≤ 3000	1 próf fyrir hverja byrjaða 9000 m ² , þó minnst tvö próf fyrir hvert verk
Hæðarlega	200 m mældir af hverjum km
Þverhalli	Minnst 10 snið innan 200 m kafla á hverjum km
Ýfi (sléttleiki)	Minnst 40 m á hverjum 200 m kafla með réttsskeið eða mæling á öllum kaflanum með veggreini
Hemlunarviðnám*	Mældir feitir blettir samkvæmt sjónmati, en ef þeir eru undir lágmarki skal stöðva verk og breyta framleiðslu

* Þar sem leyfilegur hraði er ≥ 50 km/klst

Sýni tekin af hálfu verkkaupa skulu tekin í samræmi við ÍST EN 12697-27. Hverju sinni skal tekið svo stórt sýni að það nægi til ofangreindra prófana. Fulltrúa verkkaupa (eftirlitsaðila) er skylt að gera verktaka viðvart áður en sýni er tekið og er verktaka heimilt að krefjast þess að sýnið sé svo stórt að það nægi til þrefaldrar prófunar, eina sem verktaki gerir, aðra sem verkkaupi lætur gera og einn hluta til prófunar, ef ágreiningur kemur upp á verkabyrgðartíma.

64.5 Kröfur

Verkaupi setur fram kröfur í útboðsgögnum til allra efnispátta malbiks og malbiksins sjálfs í þeim tilgangi að tryggja gæði þeirrar vöru sem hann kaupir af verktaka. Kröfurnar eru í samræmi við fyrirhugaða notkun, enda er mikilvægt að tryggja að malbikið standist þá áraun sem það verður fyrir á líftíma slitlagsins. Á hliðstæðan hátt gera kröfurnar verktaka kleift að meta hversu miklu þurfi að kosta til þeirrar vöru sem hann selur verkkaupanum og einnig til grundvallar raunhæfu tilboði í malbiksverk. Skýrar og vel ígrundaðar kröfur eru því bæði verkkaupa og verktaka til hagsbóta.

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

Kröfur til steinefna eru í samræmi við ÍST EN 13043. Í flestum tilfellum eru kröfurnar flokkaðar eftir umferð, þar sem umferðarflokkarnir eru < 3000 ÁDU, 3000-8000 ÁDU, 8000-15000 ÁDU og > 15000 ÁDU, samtals miðað við tvær akreinar.

Kröfur til malbiksmassa eru byggðar á gerðarprófunum og framleiðslueftirliti samkvæmt Evrópustöðlum fyrir malbik á vegi (ÍST EN 13108-1 (AC) og ÍST EN 13108-5 (SMA)) sem hafa nú verið innleiddir hérlendis, svo og staðlanna 13108-20 (e. Type testing) og ÍST EN 13108-21 (e. Factory production control), sjá kafla 64.5.2. Þó má búast við að þar sem mikil reynsla er hér á landi af Marshall aðferðinni verði hún í notkun enn um sinn við hönnun á malbiksblöndum. Evrópustaðlar gera þó ráð fyrir að Marshall aðferðina (festu og sig) megi nota við gerðarprófanir og framleiðslueftirlit fyrir malbik á flugbrautir.

Almennt gildir um frávíkskröfur Vegagerðarinnar til steinefna að eitt sýni af hverjum fimm (20%) má víkja frá gildandi kröfu en þó má ekkert frávik vera meira en 10% af tölugildi kröfuflokksins í átt til lakari efnisgæða. Þannig má mest eitt sýni af fimm mælast með LA gildi 22 ef kröfuflokkurinn er LA₂₀.

Verktaki skal í upphafi verks leggja fram nákvæma áætlun um gæðaeftirlit og skal eftirlitskerfi verktaka tryggja að gæði steinefna, malbiks og verkgaðði séu skráð með fullnægjandi hætti. Ef steinefni og malbik er fengið frá framleiðendum á markaði er heimilt að telja skjalfest framleiðslueftirlit með í heildarumfangi eftirlits með gæðum steinefna og malbiks í viðkomandi verk.

64.5.1 Kröfur til steinefna

Í þessum kafla eru settar fram kröfur til steinefna í malbik. Kröfurnar eru byggðar á prófunaraðferðum og kröfuflokkum Evrópustaðals um framleiðslu steinefna í bikbundin efni, ÍST EN 13043 en þar er einnig fjallað um mat og staðfestingu á gæðastöðugleika steinefna – gerðarprófun og framleiðslueftirlit (e. Assessment and Verification of the Constancy of Performance (AVCP) of aggregates - Type testing and Factory Production Control), sem ber að viðhafa við framleiðslu steinefna.

Í framleiðslustaðli ÍST EN 13043 eru settar fram frávíkskröfur vegna framleiðslu steinefna (sjá viðauka 4). Kröfurnar eru að 90% mælinga á kornadreifingu skuli liggja innan marka sem framleiðandi lýsir yfir um yfir- og undirstærðir og fínefnaflokk. Vegagerðin gerir hinsvegar einungis kröfur í samræmi við markalínur hér að neðan (sjá myndir 64-7 til 64-14) sem eru í samræmi við framleiðslustaðla ÍST EN 13108-1 (stífmalbik og burðarlagsmalbik) og 13108-5 (steinríkt malbik).

Kröfur um vikmörk frá hönnuðum sáldurferli (e. Target grading curve) eru í samræmi við ÍST EN 13108-21 (e. Factory production control) og íslenskan fylgistaðal ÍST 75. Sáldurferill steinefna í malbiksmassa skal þannig vera í samræmi við hannaðan sáldurferil malbiksframleiðanda og skal hann liggja innan markalínanna en þó með þölvikum skv. töflum 64-18 til 64-21 (sjá nánari umfjöllun um kornadreifingu hér á eftir).

Samkvæmt evrópska framleiðslustaðlinum skulu öll gildi fyrir aðrar prófunaraðferðir en kornadreifingu vera innan þess kröfuflokks sem framleiðandi ábyrgist. Vegagerðin setur hins vegar fram almennar nokkru rýmri frávíkareglur varðandi kröfur Vegagerðarinnar til berggæða steinefna í malbik og ásýndar bergs, sem gera ráð fyrir að eitt gildi af hverjum fimm gildum megi víkja frá kröfugildi sem nemur allt að 10% í átt til lakari efnisgæða. Þannig mætti mest eitt sýni af fimm mælast með LA gildi 22 ef kröfuflokkurinn er LA₂₀ og hin fjögur skulu þá vera innan marka eins og fyrr segir.

Í stórum dráttum þarf steinefni í malbik að:

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

Eiginleikar steinefnisins eru mældir með:

- sáldurgreiningu til að meta kornadreifingu
- viðloðunarprófi (rúlluflöskuprófi) til að meta viðloðunareiginleika
- berggreiningu og frost/þíðu prófi til að meta veðrunarþol
- Los Angeles-prófi til að meta styrk (höggþol)
- brothlutfalls- og lögunarmælingu
- kúlnakvarnarprófi til að meta slitþol
- frekari prófunum, þar á meðal skynmati ef ástæða þykir til

Eiginleikar mélu (filler)

Hérlandis hefur ekki tíðkast að mæla eiginleika mélu sérstaklega, né að halda mélu af mismunandi uppruna aðskilinni í stöð, aðallega af tæknilegum ástæðum. Þó gildir sú meginregla skv. staðli ÍST EN 13043 að 100% skal vera smærra en 2 mm, ≥ 85% skal vera smærra en 1,125 mm og ≥ 70% skal vera smærra en 0,063 mm. Á árunum 2015 til 2017 voru ýmsar rannsóknir gerðar á mismunandi mélusýnum sem tekin voru í malbikunarstöðvum¹⁴. Einnig var gerð rannsókn á áhrifum mélu á Marshall-eiginleika prófblandna, en skýrsla þar að lútandi kom út 2022¹⁵. Nánari umfjöllun um mélu er að finna í kafla 64.1 „Eiginleikar mélu (e. filler)“. Þar er meðal annars lagt til að

14

[http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/slitlog_malbik_afangi_2017/\\$file/Slit!%C3%B6g%20-%20malbik%20-%C3%A1fangi%202017.pdf](http://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/slitlog_malbik_afangi_2017/$file/Slit!%C3%B6g%20-%20malbik%20-%C3%A1fangi%202017.pdf)

15

[https://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/NR_1800_579_Malbiksrannsoknir-Profblondur_med_mismunandi_gerdum_melu/\\$file/NR_1800_579_Malbiksranns%C3%B3knir-Pr%C3%B3fbl%C3%B6ndur%20me%C3%B0mismunandi%20ger%C3%B0um%20m%C3%A9lu.pdf](https://www.vegagerdin.is/vefur2.nsf/Files/NR_1800_579_Malbiksrannsoknir-Profblondur_med_mismunandi_gerdum_melu/$file/NR_1800_579_Malbiksranns%C3%B3knir-Pr%C3%B3fbl%C3%B6ndur%20me%C3%B0mismunandi%20ger%C3%B0um%20m%C3%A9lu.pdf)

framleiðendur fylgist með kornarúmpýngd málunnar og grófleika hennar og leiðrétti magn mélu sem vigtað er inn í malbik í samræmi við þær niðurstöður. Einnig að framleiðendur fylgist með fínleika málunnar og að 80% hennar smjúgi 0,063 mm sigti, en á þessu stigi er það ekki sett fram sem krafa. Til þess þyrfti frekari rannsóknir á eiginleikum mélu á eiginleika malbiks almennt.

Víða erlendis eru gerðar kröfur um að fleiri eiginleikar mélu liggi fyrir, t.d. stærðardreifingu, yfirborðsflatarmál (Blaine aðferð), skaðleg fínefni, rakastig og áhrif mélu á stífni malbiks, auk nokkurra efnafræðilegra eiginleika.

Húmus

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

Þjálmi

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

Kornadreifing.

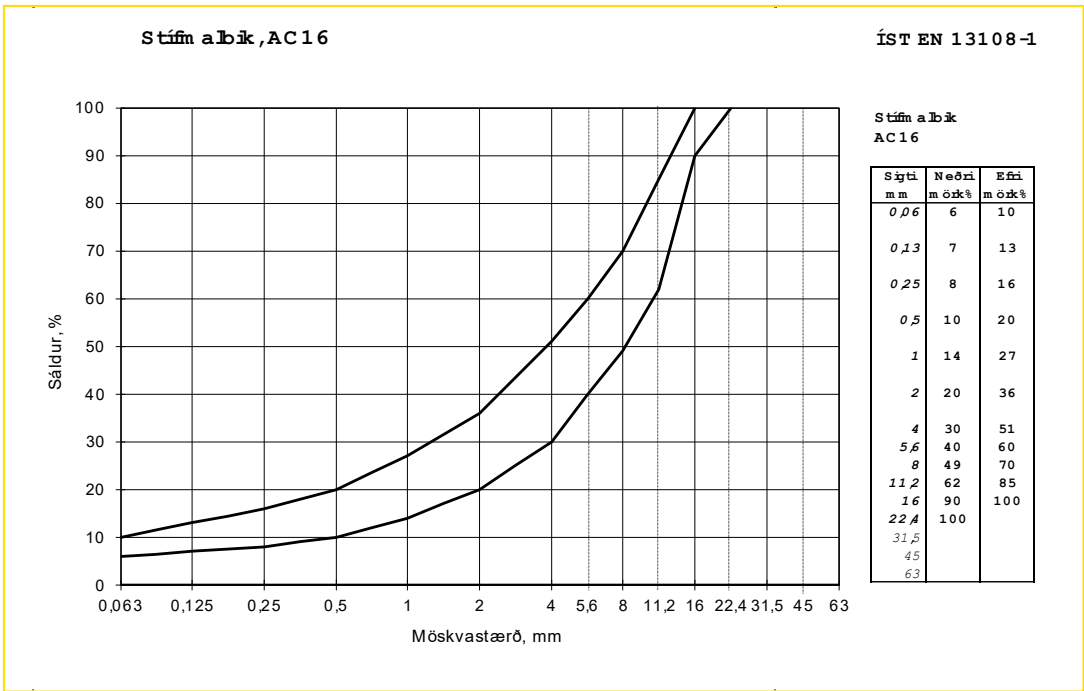
Markalínur fyrir malbik voru ákveðnar með hliðsjón af norskum, sænskum og finnskum verklýsingum, en jafnframt var tekið tillit til íslenskra aðstæðna og reynslu. Markalínurnar falla innan þess ramma sem þeim eru settar í Evrópustöðlum um AC og SMA malbik, sbr. ÍST EN 13108-1 og 13108-5.

Vegna ákvæða í áðurnefndum Evrópustöðlum hefur reynst óhjákvæmilegt að þrengja markalínur kringum efri flokkunarstærð sumra malbiksgerða frá því sem áður hefur tíðkast. Í samanburði við erlendar verklýsingar hafa ákvæði um fínefnainnihald í sumum tilfellum verið rýmkuð, með hliðsjón af íslenskri reynslu, þó að teknu tilliti til ákvæðis um fínefna/bindiefnis hlutfall.

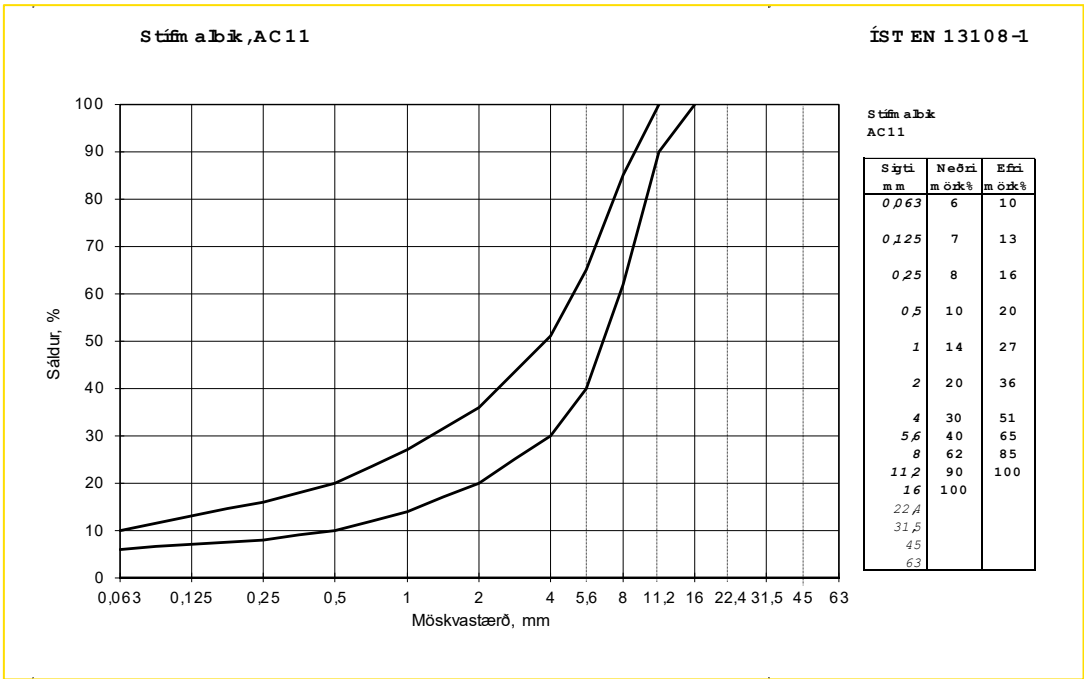
Við hönnun skal sáldurferill steinefna í malbiki (eftir blöndun úr mismunandi stærðaflokkum ef svo ber undir) liggja milli markalína sem eru tilgreindar á myndum 64-7 til 64-14. Markalínurnar eru í samræmi við staðla ÍST EN 13108-1 fyrir stífmalbik (AC) og burðarlagsmalbik (BRL) og ÍST EN 13108-5 fyrir steinríkt malbik (SMA). Hannaður sáldurferill skal liggja á milli markalínanna og heppilegast er að hann liggi samsíða þeim. Sáldurferill sem slangrar milli markalínanna er óheppilegur og ber að forðast. Leyfileg þolvik frá hönnuðum sáldurferli eru tilgreind í töflum 64-18 til 64-21. Samkvæmt Evrópustöðlum er því mögulegt að niðurstöður mælinga liggi utan við markalínur að svo miklu leyti sem taflan leyfir, þ.e.a.s. ef hannaður sáldurferill liggur nálægt efri eða neðri markalínu. Æskilegt er þó að sáldurferill liggi allur innan markalína að teknu tilliti til þolvika.

Fínefni er gjarnan fengið úr mélu steinefnis (e. filler), en hún er þannig samsett skv. staðli ÍST EN 13043 að 100% skal smjúga 2 mm sigti, 85-100% skal smjúga 0,125 mm sigti og 70-100% skal smjúga 0,063 mm sigti.

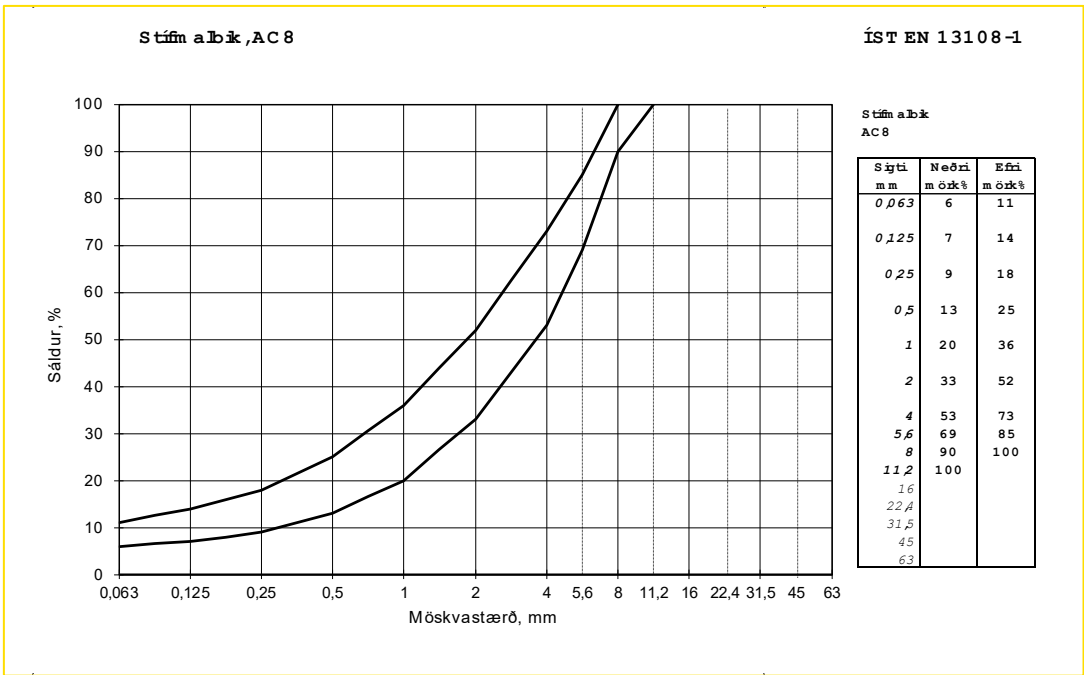
Lagþykkt malbiks (AC og SMA) skal velja þannig að hún sé aldrei minni en 2,5 sinnum efri flokkunarstærð malbiksins eftir völtun og fyrir burðarlagsmalbik skal lagþykktin aldrei vera minni en tvöföld efri flokkunarstærð.



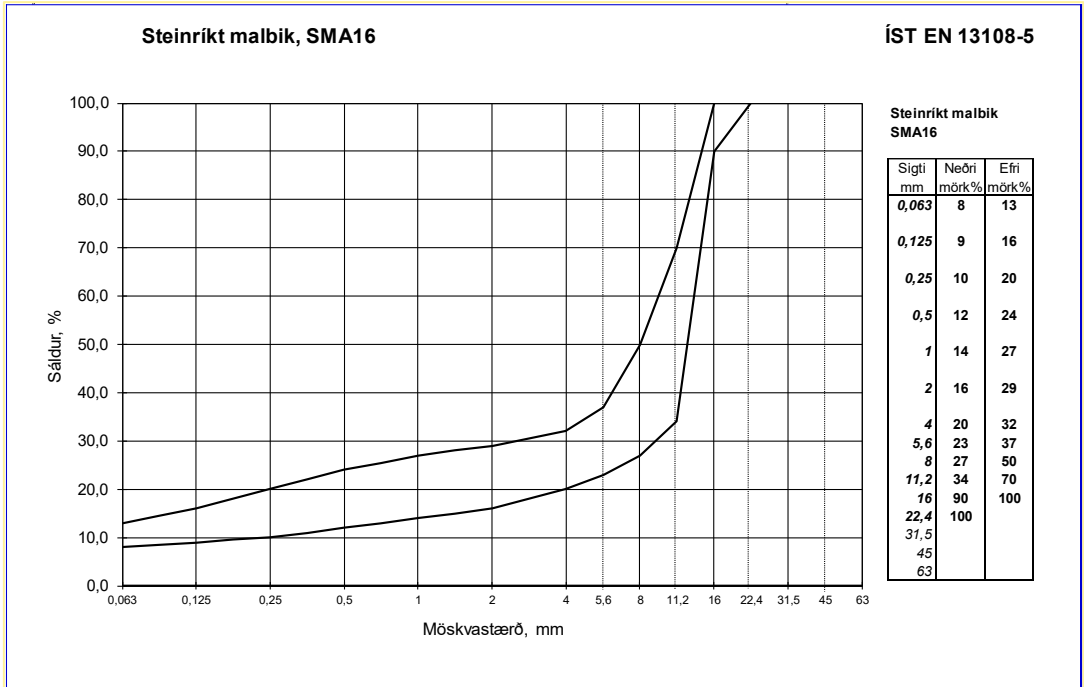
Mynd 64-7:
Markalínur fyrir stífmálbik með 16 mm efri flokkunarstærð



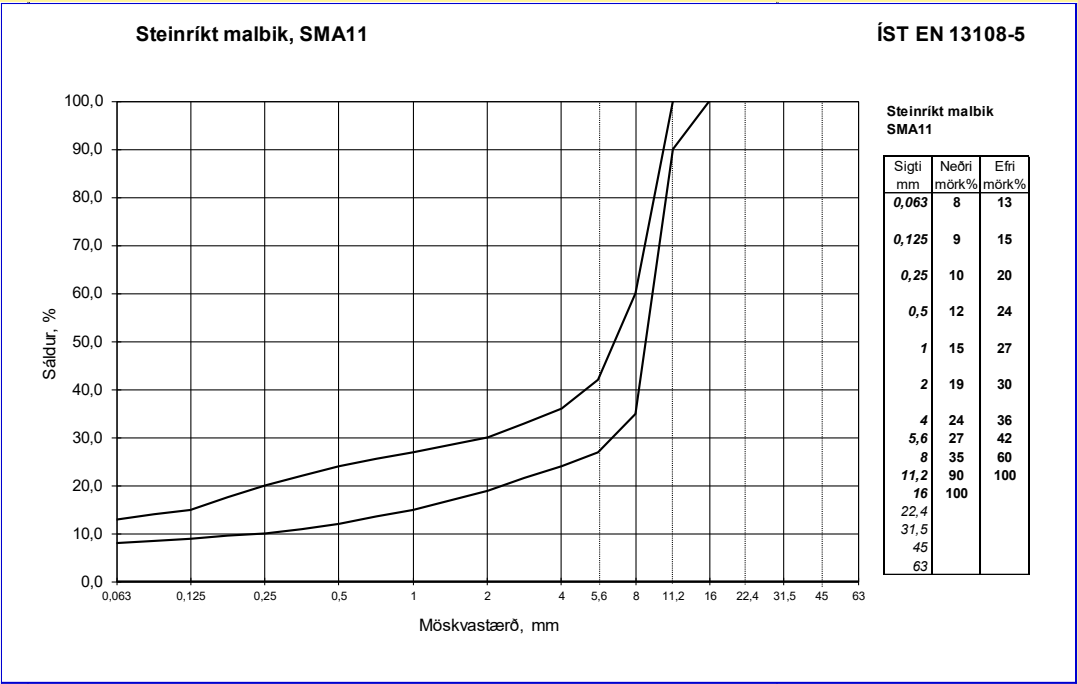
Mynd 64-8:
Markalínur fyrir stífmálbik með 11 mm efri flokkunarstærð



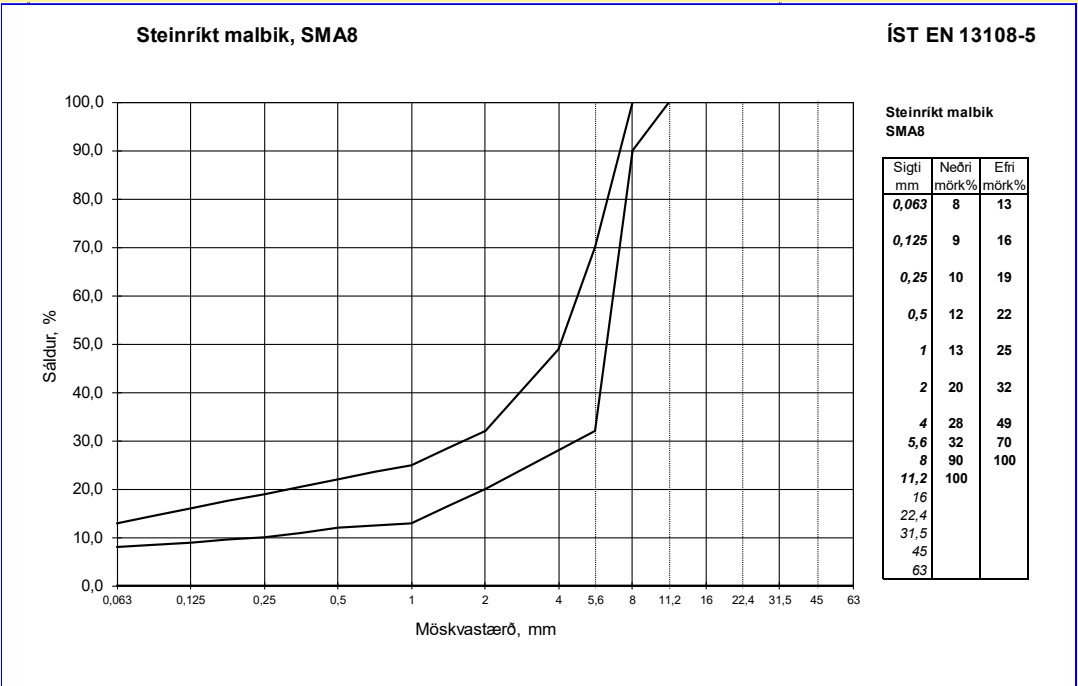
Mynd 64-9:
Markalínur fyrir stífmalbik með 8 mm efri flokkunarstærð



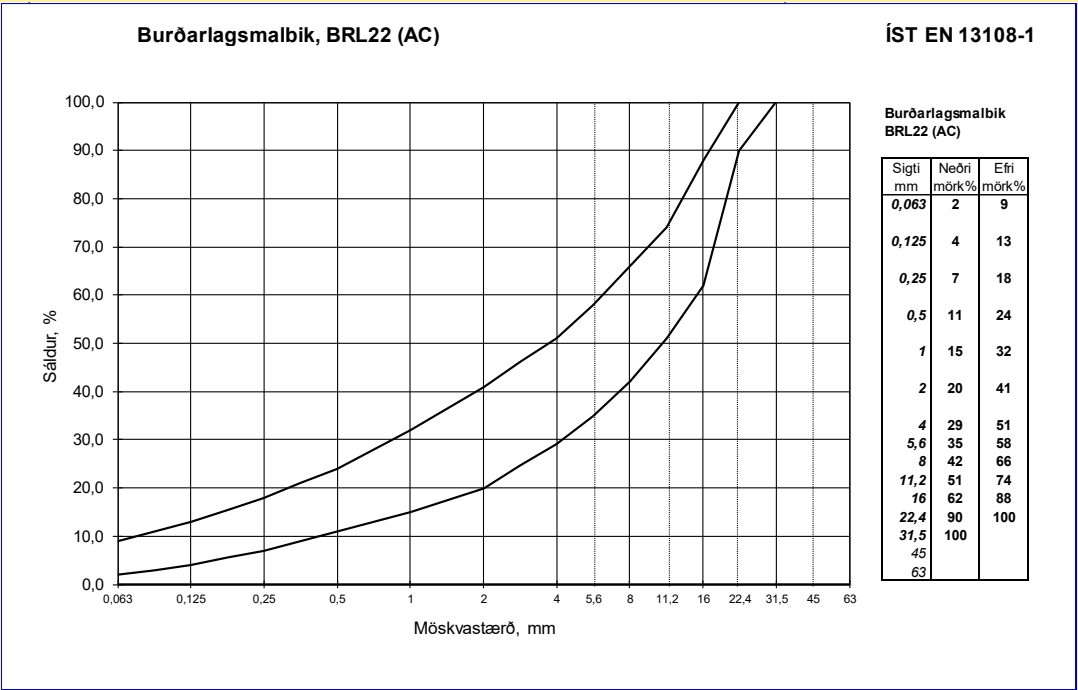
Mynd 64-10:
Markalínur fyrir steinríkt malbik með 16 mm efri flokkunarstærð



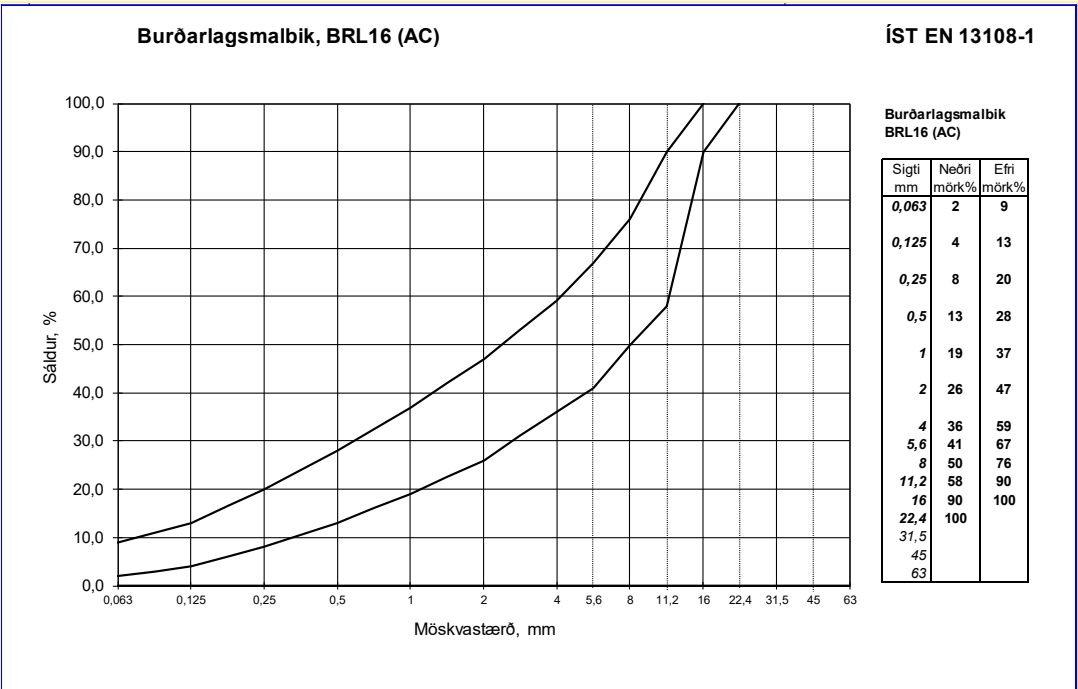
Mynd 64-11:
Markalínur fyrir steinríkt malbik með 11 mm efri flokkunarstærð



Mynd 64-12:
Markalínur fyrir steinríkt malbik með 8 mm efri flokkunarstærð



Mynd 64-13:
Markalínur fyrir burðarlagsmalbik með 22 mm efri flokkunarstærð



Mynd 64-14:
Markalínur fyrir burðarlagsmalbik með 16 mm efri flokkunarstærð

Viðloðun

Viðloðun bindiefnis við steinefni, með eða án íauka og íblendis eftir því sem við á, skal prófa með rúlluflöskuprófi (ÍST EN 12697-11). Þakning eftir 48 klst skal að lágmarki vera 25%.

Berggreining

Leiðbeinandi gildi fyrir malbik um leyfilegt magn steinefna í gæðaflokkum samkvæmt berggreiningu eru sýndar í töflu 64-8. Kröfurnar miðast við sýni sem liggur á milli 5,6 og 11,2 mm sigta.

Tafla 64-8:
Leiðbeinandi gildi um niðurstöður berggreiningar fyrir steinefni í malbik

Umferð (ÁDU)	Gæðaflokkur 1 AC og SMA, %	Gæðaflokkur 3 AC og SMA, %	Gæðaflokkur 1 BRL, %	Gæðaflokkur 3 BRL, %
< 3000	Ekki krafa	≤ 10	Ekki krafa	≤ 15
3000-8000	≥ 65	≤ 7	≥ 50	≤ 15
8000-15000	≥ 90	≤ 5	≥ 65	≤ 10
> 15000	≥ 90	≤ 3	≥ 65	≤ 10

ÍST EN 13043 (framleiðslustaðall um steinefni í malbik og klæðingar) hefur engin ákvæði um niðurstöðu berggreiningar. Berggreiningin á samkvæmt staðlinum aðeins að segja almennt til um berggerð sýnisins og fylgja með sem upplýsingar um efnið. Íslenska aðferðin hefur verið aðlöguð ÍST EN 932-3, en er mun ítarlegri í skiptingu basalts eftir ummyndun og þéttleika. Íslenska gæðaflokkunin er hins vegar alveg óháð Evrópustöðlum og hefur enga tilvísun í þá, enda er ávallt talað um „leiðbeinandi“ gæðaflokkun í þessu riti. Í leiðbeiningariti Vegagerðarinnar, LEI-3410, er íslenska berggreiningarkerfið skjalfest.

Frostþol

Kröfur um frostþol steinefna til nota í malbik, koma fram í töflu 64-9. Kröfurnar eru miðaðar við sýni af steinefni sem liggur á milli 8 og 16 mm sigta. Frostþolspróf skal gert samkvæmt ÍST EN 1367-6 (frostþol í 1% saltlausn).

Tafla 64-9:
Kröfur um frostþol steinefna í malbik.

Umferð (ÁDU)	Flokkun skv. ÍST EN 13043, AC og SMA	Flokkun skv. ÍST EN 13043, BRL
	Frostþolsgildi	Frostþolsgildi
< 3000	F _{EC} 14	F _{EC} 14
3000-8000	F _{EC} 8	F _{EC} 14
8000-15000	F _{EC} 4	F _{EC} 8
> 15000	F _{EC} 4	F _{EC} 8

Í töflunni þýðir F_{EC}X að frostþolsgildið (myslna < 4 mm að prófun lokinni) skuli að hámarki vera X%. EC í F_{EC} stendur fyrir „extreme conditions“.

Styrkleiki (LA-gildi)

Kröfur um styrkleika steinefna, sem nota á í malbik, koma fram í töflu 64-10. Kröfurnar eru miðaðar við steinefni sem liggur á milli 10 mm og 14 mm sigta og styrkleikann skal prófa samkvæmt staðli ÍST EN 1097-2.

Tafla 64-10:
Kröfur um Los Angeles – gildi steinefna í malbik.

Umferð (ÁDU)	Flokkun skv. ÍST EN 13043, AC og SMA	Flokkun skv. ÍST EN 13043, BRL
	LA gildi	LA gildi
< 3000	LA ₂₅	LA ₃₀
3000-8000	LA ₂₀	LA ₂₅
8000-15000	LA ₁₅	LA ₂₀
> 15000	LA ₁₅	LA ₂₀

Í töflunni þýðir LA_x að LA-gildið skuli að hámarki vera X%.

Brothlutfall

Kröfur til brothlutfalls steinefnis, til nota í malbik koma fram í töflu 64-11. Prófið er gert á flokkuðu sýni með lágmarks kornastærð 4 mm og samkvæmt staðli ÍST EN 933-5. Steinefni sem fengin eru úr sprengdu bergi teljast uppfylla kröfuflokk C100/0 og þarfnast ekki prófunar á brothlutfalli samkvæmt ákvæði í framleiðslustaðli ÍST EN 13043.

Tafla 64-11:
Kröfur um brothlutfall steinefna í malbik.

Umferð (ÁDU)	Flokkun skv. ÍST EN 13043, AC og SMA	Flokkun skv. ÍST EN 13043, BRL
	Brothlutfall	Brothlutfall
< 3000	C _{50/30}	C _{50/30}
3000-8000	C _{50/30}	C _{50/30}
8000-15000	C _{50/10} *	C _{50/10} *
> 15000	C _{90/1} *	C _{50/10} *

*Hér er að auki gerð krafa um að 30 til 100% þess efnis sem flokkast brotið sé albrotið.

Í töflunni þýðir C_{x/y} að X% af þunga efnisins á að vera brotið að meirihluta eða að öllu leyti, en Y% má vera alnúið.

Kornalögun

Kröfur til kornalögunar steinefnis, til nota í malbik koma fram í töflu 64-12. Prófið er gert samkvæmt staðli ÍST EN 933-3.

Tafla 64-12:
Kröfur um kornalögun steinefna í malbik.

Umferð (ÁDU)	Flokkun skv. ÍST EN 13043, AC og SMA	Flokkun skv. ÍST EN 13043, BRL
	Kleyfnistuðull	Kleyfnistuðull
< 3000	Fl ₂₀	Fl ₂₅
3000-8000	Fl ₂₀	Fl ₂₀
8000-15000	Fl ₂₀	Fl ₂₀
> 15000	Fl ₁₅	Fl ₂₀

Í töflunni þýðir Fl_x að kleyfnistuðullinn (e. Flakiness Index) skuli að hámarki vera X %.

Slitþol (kvarnargildi)

Kröfur um slitþol (kvarnargildi) steinefna sem eru notuð í malbik, koma fram í töflu 64-13 a). Kröfurnar eru miðaðar við steinefni sem liggur á milli 11,2 og 16 mm sigta. Prófið er gert samkvæmt staðli ÍST EN 1097-9.

Tafla 64-13 a):
Kröfur til kvarnargildis steinefna í malbik.

Umferð (ÁDU)	Flokkun skv. ÍST EN 13043, AC og SMA Hraði < 70 km/klst	Flokkun skv. ÍST EN 13043, AC og SMA Hraði > 70 km/klst
	Kvarnargildi	Kvarnargildi
< 3000	A _N 19	A _N 14
3000-8000	A _N 14	A _N 10
8000-15000	A _N 10	A _N 7
> 15000	A _N 7	A _N 7

Í töflunni þýðir A_N X að kvarnargildið má að hámarki vera X%.

Eins og sjá má í töflu 64-13 a) eru gerðar strangari kröfur til slitþols steinefna í slitlögum með hraða umferð (> 70 km/klst) en með hæga umferð (< 70 km/klst). Þetta er gert með hliðsjón af því að nagladekkjaslit vex með auknum umferðarhraða.

Slípiþol steinefna (e. Polished Stone Value)

Leiðbeinandi kröfur um slípiþol (PSV) steinefna sem eru notuð í malbik samkvæmt prófunarstaðli ÍST EN 1097-8, sjá viðauka 1, koma fram í töflu 64-13 b). Þar sem álag er mikið, t.d. á umferðarmiklum vegum og í hringtorgum skal setja fram kröfu um slípiþol steinefna (e. Polished Stone Value). sbr. töflu 64-13 b) og umfjöllun neðan við töfluna. Mikil slípun steinefna getur valdið

Því að hemlunarviðnám á yfirborði malbiks verði of lágt (sjá kröfur til hemlunarviðnáms í töflu 64-22.

Tafla 64-13 b):
Kröfur til slípigildis steinefna í malbik.

Umferð (ÁDU)	Flokkun skv. ÍST EN 13043
	Slípigildi
< 3000	Ekki krafa
3000-8000	Ekki krafa
8000-15000	PSV ≥ 50
> 15000	PSV ≥ 56

Vegagerðin hefur í útboðsgögnum sett fram kröfu um slípigildi **PSV 52** sem er ekki kröfuflokkur í ÍST EN 13043, heldur liggur á milli flokka. Ástæðan fyrir þessari millikröfu var sú að innflutt steinefni sem eru talin hafa valdið hálfu standast kröfuna PSV 50, en ekki kröfuna PSV 52 í slípiþolsprófi. Önnur innflutt gæðasteinefni sem talið er að verði ekki of hál standast kröfuna PSV 52 en ekki PSV 56. Ef gerð yrði krafa um PSV 56 þyrfti því að flytja inn steinefni sem hingað til hefur ekki þótt ástæða til að nota hérlandis í malbik. Víða í Evrópu eru settar fram mjög strangar kröfur um slípiþol steinefna, en þá ber einnig að hafa í huga að þar eru nagladekk ekki notuð, en þau gera yfirborð steinefnis aftur hrjúft yfir veturinn. Einnig má benda á að erlend steinefni með mjög hátt PSV gildi eru gjarnan einhvers konar samlímdu, hrjúfur sandsteinn sem hefði að öllum líkindum lítið þol gagnvart umferð á negldum hjólbörðum.

Íslensk basalt steinefni, sem notuð hafa verið í malbik, liggja oftast með slípigildi öðru hvoru megin við PSV 50. Þess má geta að íslensk steinefni sem mælast með tiltölulega gott slitþol (lágt kvarnargildi) geta fengið lágt PSV gildi, sem sagt slípast auðveldlega.

Ljóstæknilegir eiginleikar

Samkvæmt norskum leiðbeiningum (intern rapport 827 frá Veglaboratoriet) gildir eftirfarandi flokkun um ljóstæknilega eiginleika steinefna, sjá töflu 64-13 c):

Tafla 64-13 c):
Flokkar fyrir endurskin steinefna í malbik

Mælt endurskin - gildi	Endurskinsflokkur
L _{blautt} < 10% (dekkst)	5
L _{blautt} = 10-20%	4
L _{blautt} = 20-30%	3
L _{blautt} = 30-40%	2
L _{blautt} > 40% (ljósast)	1

Endurskin steinefna skal mæla eins og lýst er í riti norsku vegagerðarinnar, Håndbok R210 Laboratorieundersøkelser, kafla 115. Aðferðin felst í því að mæla endurskin steinefnis í stærðarflokki 0,125 til 0,250 mm með sérstökum endurskinsmæli. Mælirinn er þannig kvarðaður að hvítur glerungur gefur 100% endurskin, en ekkert endurskin er frá svörtum fleti. Endurskinsgildið (L) er meðaltal tveggja mælinga á blautum steinefnum.

Á undanförunum árum hefur Vegagerðin gert kröfu um að endurskin steinefna fyrir tiltekna malbiksgerðir skuli uppfylla endurskinsflokk 3 eða ljósara, sem sagt að endurskinið skuli vera $L_{blautt} \geq 20\%$. Innflutt gæðasteinefni standast þessar kröfur en ekki íslenskt basalt.

64.5.2 Kröfur til bikbindiefnis

Í töflu 64-14 eru settar fram kröfur til bikbindiefnis sem byggðar eru á norskum kröfum sem settar eru fram í Vegbygging, Håndbok N200 frá 2021, töflu 4.49, en hafa verið felldar út í 2018 útgáfunni. Þessir niðurstöður þurfa að koma fram á fylgiseðlum með bikinu og/eða samkvæmt prófunum á óháðri prófunarstofu.

Tafla 64-14:
Kröfur um eiginleika biks.

Eiginleiki	Eining	Prófunar- aðferð	Stungudýpt (e. Paving Grade, PG)		
			70/100	100/150	160/220
Stungudýpt við 25°C	0,1 mm	ÍST EN 1426	70-100	100-150	160-220
Mýkingarmark	°C	ÍST EN 1427	43-51	39-47	35-43
Blossamark, Coc, lágmark	°C	EN ISO 2592	230	230	220
Uppleysanleiki, lágmark	%	ÍST EN 12592	99,0	99,0	99,0
Dynamísk seigja við 60°C, lágmark	Pa s	ÍST EN 12596	90	55	30
Kinematísk seigja við 135°C, lágmark	mm²/s	ÍST EN 12595	230	175	135
Fraas brotpunktur, hámark	°C	ÍST EN 12593	-10	-12	-15

64.5.3 Kröfur til efnismassa

Kröfum til efnismassa má skipta í þrjú stig:

a) *Leiðbeinandi hönnunarkröfur* (e. mix design), en hlutverk þeirra er að stýra hönnun malbiksins í stórum dráttum. Hönnunarkröfur eru mismunandi eftir því hvaða hlutverk malbikinu er ætlað og eiga að tryggja vissa grundvallareiginleika þess. Þeir helstu eru:

- Slit- og veðrunarþol efsta malbikslagsins; sliti af völdum negldra hjólbarða verður að halda í skefjum og sömuleiðis veðrun vegna veðurfarslegra áhrifa eða hálkueyðingar.
- Burðarþol eða skriðeiginleika; malbikslagið þarf að þola lárétt og lóðrétt álag frá umferðinni án þess að skriða til eða rifna.
- Sveigjanleiki; malbikslagið verður að geta lagað sig að lítilsháttar frostlyftingum eða sigi í undirbyggingu án þess að springa.
- Umferðaröryggi; slitlag verður að hafa nægilegt hemlunarviðnám, heppilega ljóstæknilega eiginleika og vera laust við ójöfnur, sprungur eða aðrar óreglur á yfirborðinu sem gætu haft neikvæð áhrif á stjórnun farartækis.

b) *Gerðarprófanir* sem felast í yfirlýsingu á eiginleikum hverrar gerðar malbiks sem framleitt er, að lágmarki kornakúrfa, bindiefnisinnihald, holrýmd, bikfyllt holrýmd og hitastig. Fyrir malbik sem framleitt er fyrir umferðarmikla vegi, eða > 8000 ÁDU miðað við heildarumferð eða þar sem þungaumferð er ≥ 400 ÁDUþ (miðað við heildarumferð á vegi eða götu), og einnig þar sem er sambærilegt álag á malbikinu, t.d. á flugvöllum, flughlöðum, hafnarsvæðum, biðstöðvum strætisvagna og öðrum vinnusvæðum þungra farartækja skal auk þess lýsa yfir niðurstöðum úr hjólfaraprófi, slitþolsprófi og vatnsnæmiprófi, samanber viðauka 4 í þessu riti og ÍST EN 13108-20.

c) *Framleiðslueftirlit*, en það á að tryggja að framleitt malbik sé í samræmi við forskrift (e. target mix) samanber viðauka 4 í þessu riti og ÍST EN 13108-21. Leyfð eru ákveðin frávik frá forskrift sem verða að teljast sanngjörn vegna óvissu í rannsóknaniðurstöðum og óhjákvæmilegs breytileika í hráefnum og framleiðsluferli, þó ekki meiri en svo að áhrif þeirra á eiginleika malbiksins eru hverfandi.

Leiðbeinandi hönnunarkröfur

Hönnun er fólgin í því að velja efni (steinefni, bindiefni og íauka/íblendi) og ákvarða blöndunarhlutföll þeirra þannig að malbikið uppfylli hönnunarkröfurnar og henti vel til fyrirhugaðrar notkunar. Varðandi kostnaðaráætlanir við hönnun er mikilvægt að miða við heildarkostnað á líftíma malbiksins. Hönnunin er aðallega fólgin í að finna heppileg hlutföll steinefna (mélú, sands og perlu) og hæfilegt bindiefnismagn í blönduna. Hæfilegt bindiefnismagn er oft fundið á grundvelli Marshallprófs, en þá eru þjöppuð heit malbikssýni í mót með mismunandi miklu bindiefnisinnihaldi, völdu með hliðsjón af mörkunum í töflu 64-3. Sýnin eru síðan mæld og prófuð og eiginleikar þeirra bornir saman við hönnunarkröfurnar. Síðan er endanlegt bindiefnisinnihald valið þannig að eiginleikarnir séu í sem bestu samræmi við fyrirhugaða notkun malbiksins, að teknu tilliti til hönnunarkrafnanna. Gerð er krafa um að viðloðunarefni séu ávallt notuð í malbik, óháð gerð steinefnis, og að hlutfall þeirra sé á bilinu 0,25-0,3% af bindiefnismagni, þó háð gerð viðloðunarefnisins.

Leiðbeinandi hönnunargildi úr Marshallprófi koma fram í töflu 64-15. Það skal ítrekað að festa og sig eru ekki gerðarprófanir eða prófanir við framleiðslueftirlit í Evrópustöðlum, nema fyrir flugvallarmalbik.

Tafla 64-15:
Gildi til eiginleika malbiksblöndu við hönnun malbiks.

Tegund malbiks	Eiginleiki - Marshallpróf			
	Holrýmd, %	Festa, kN	Sig, mm	Festa/sig, kN/mm
Stífmalbik, AC 8	1,5-3,5	≥ 5,0	1,5-5,0	> 1,0
Stífmalbik, AC 11	1,5-3,5	≥ 5,0	1,5-5,0	> 1,0
Stífmalbik, AC 16	1,5-3,5	≥ 5,0	1,5-5,0	> 1,0
Steinríkt malbik, SMA 8	2,0-4,0	≥ 5,0	1,5-5,0	> 1,0
Steinríkt malbik, SMA 11	2,0-4,0	≥ 5,0	1,5-5,0	> 1,0
Steinríkt malbik, SMA 16	2,0-4,0	≥ 5,0	1,5-5,0	> 1,0
Burðarlagsmalbik, BRL 16	2,0-6,0	≥ 3,5	1,0-5,0	-
Burðarlagsmalbik, BRL 22	2,0-6,0	≥ 3,5	1,0-5,0	-

Ath: Holrýmd skal liggja innan þeirra marka sem gefin eru í töflunni og voru gildin hækkuð fyrir AC og SMA malbik sem nemur 0,5% í útgáfu 2021, úr 1,0 í 1,5%. Gildin í töflunni fyrir festu og sig eru leiðbeinandi.

Á grundvelli hönnunarinnar gerir framleiðandi forskrift að malbiksblöndunni og á samsetning malbiksins þá að vera í samræmi við hana. Forskriftn á meðal annars að tilgreina:

- Steinefni sem á að nota, efri flokkunarstærð þeirra og uppruna (náma eða vörumerki).
- Innbyrðis hlutföll steinefna (méla, sandur, perla).
- Sáldurferil steinefnablöndunnar.
- Bikgerð (stungudýpt) og hlutfall biks af malbiksblöndu.
- Gerð og magn íauka og íblendis.
- Ýmsar almennar upplýsingar, svo sem hitastig við blöndun og útlögn, slitlagsþykkt, þjöppunarhlutfall og þolvik.

Kröfur til gerðarprófana (e. Type Testing, TT)

Kröfur um gerðarprófanir gera ráð fyrir að eiginleikum mismunandi malbiksgerða sé lýst yfir á ákveðinn hátt (e. Declaration of Performance, DoP). Íslenskur fylgistaðall um framleiðslu malbiks, ÍST 75, kveður meðal annars á um hvaða prófanir skuli gera vegna gerðarprófana. Fyrir malbik sem ætlað er til nota þar sem umferð er lítil nægir að lýsa yfir kornakúrfu, bindiefnisinnihaldi, holrýmd, bikfylltri holrýmd og hitastigi við blöndun. Ef malbiksgerð er ætluð til nota þar sem heildarumferð mikil, eða ≥ 8000 ÁDU eða þar sem þungaumferð er ≥ 400 ÁDU_p (miðað við heildarumferð á vegi eða götu), og einnig þar sem er sambærilegt álag á malbikinu, t.d. á flugvöllum, flughlöðum, hafnarsvæðum, biðstöðvum strætisvagna og öðrum vinnusvæðum þungra farartækja, skal auk þess lýsa yfir skrið-, slit- og vatnsnæmi-eiginleikum. Gerðarprófanir hvernar malbiksgerðar sem framleidd er á markað skal gera í upphafi og síðan á fimm ára fresti að lágmarki. Ef gerð malbiks er breytt á afgerandi hátt (þannig að farið er út fyrir þolvik) skal meðhöndla malbiksblönduna sem nýja gerð malbiks sem þarf þá að gerðarprófa sem slíka.

Lýsa skal efniseiginleikum stífmalbiks (AC) og steinríks malbiks (SMA) með tilliti til framleiðslustaðla ÍST EN 13108-1 og ÍST EN 13108-5 og skrá í samræmi við ÍST EN 13108-20 (e. Type Testing), auk annarra upplýsinga sem skrá skal skv. kafla 7 í þeim staðli. Í töflu 64-16 kemur fram hvað á við í viðkomandi framleiðslustöðlum.

Tafla 64-16
Prófanir sem eiga við vegna gerðarprófana malbiks

Eiginleiki	Flokkur (e. Category)
Kornadreifing, ÍST EN 12697-2	Á ekki við
Lágmarksbindiefnisinnihald, ÍST EN 12697-1	B _{min}
Holrýmd, ÍST EN 12697-8	V _{min} og V _{max}
Bikfyllt holrýmd, ÍST EN 12697-8	VFB _{min} og VFB _{max}
Hámarkshitastig blöndu, ÍST EN 12697-13	Háð bikgerð (PG)
Hjólfarapróf, ÍST EN 12697-22	WTS _{AIR} Og RD _{AIR max}
Slitpolspróf, ÍST EN 12697-16	Abr _{A max}
Vatnsnæmipróf, ÍST EN 12697-12	ITSR _{min}

Í töflu 64-17 eru settar fram kröfur um skrið, slitpol og vatnsnæmi malbiks. Athygli er vakin á því að í gerðarprófunum skal bæði tilgreina hámarkshjólfaradýpt (RD_{AIR}) og skrið á hverjum 1000 umferðum síðustu 5000 umferðirnar (WTS_{AIR}). Vegagerðin getur í útboðsgögnum tilgreint bæði kröfugildin og valið annað þeirra, enda er nokkuð góð fylgni á milli þeirra, sérstaklega ef þess er gætt að þjöppun sýna sé í lagi.

Tafla 64-17:
Kröfur um eiginleika malbiks í gerðarprófunum

Prófunaraðferð	< 8000 (ÁDU)***	≥ 8000 (ÁDU)***	≥ 15000 (ÁDU)***	≥ 30000 (ÁDU)***
Hjólfarapróf, mm*	Ekki krafa	6	5	4
Hjólfarapróf, mm**	Ekki krafa	0,2	0,15	0,1
Prall slitpolspróf, ml	Ekki krafa	24	24	20
Vatnsnæmipróf, %	Ekki krafa	70	70	70

* Um er að ræða hámarksdýpt hjólfara (e. Rut Depth, RD_{AIR}).

** Um er að ræða skrið á hverjum 1000 umferðum síðustu 5000 umferðirnar (e. Wheel Tracking Slope, WTS_{AIR}).

*** Eða sambærilegt álag, sjá umfjöllun hér fyrir ofan. Miðað er við heildarumferð á vegi eða götu og að umferð þungra bíl, ÁDU_P, sé 5% heildarumferðar.

Kröfur við framleiðslu malbiks

Kröfur vegna eftirlits með framleiðslu malbiks snúast fyrst og fremst um að tryggja að framleiðsla malbiksins sé í samræmi við forskrift (e. Target Mix), að teknu tilliti til leyfðra frávíka, sem hér eru kölluð þólvik. Mæla skal og halda skrá yfir sáldurferil, bindiefnisinnihald, holrýmd, bikfyllta holrýmd og hitastig við blöndun, samanber viðauka 4 í þessu riti. Við eftirlit með þessum þáttum eru Marshalleiginleikar malbiksins oft kannaðir í leiðinni til upplýsingar, sem sagt festa og sig.

ÍST EN 13108-21 (e. Factory production control) og íslenskur fylgistaðall ÍST 75 tilgreina meðal annars þólvik fyrir malbiksframleiðslu. Malbik með flokkunarstærð ≤ 16 mm hefur vikmörk þess sem kallað er „small aggregate sizes“ skv. viðauka A í staðlinum. Tveir flokkar þólvika eru leyfðir, sbr. töflu A.1 í viðauka A í Evrópustaðlinum. Annar þeirra leggur niðurstöður stakra sýna til grundvallar, hinn notar meðaltöl af niðurstöðum fjögurra sýna. Aðeins er heimilt að nota annan flokkinn í hverri framleiðslustöð hverju sinni og skal síðarnefndi flokkurinn notaður hérlandis ef framleitt efnismagn er nægjanlegt miðað við tíðni prófana. Að öðrum kosti má nota stök sýni til mælinga á þólvikum.

Þólvik á meðaltali fjögurra sýna af bikinnihaldi í malbiki (AC, SMA og BRL) skal vera $\pm 0,3\%$, óháð efri flokkunarstærð, en $\pm 0,5\%$ í stakri mælingu þar sem steinefni er < 16 mm og $0,6\%$ í stakri mælingu þar sem steinefni er ≥ 16 mm.

Sáldurferill steinefna í malbiksmassa skal vera í samræmi við forskrift, þó með þólvikum skv. töflu 64-18 og 64-19, ef um meðaltal fjögurra sýna er að ræða.

Tafla 64-18:
Þólvik (%) frá hönnuðum sáldurferli í sýnum af malbiki (AC og SMA). Þólvikin gilda fyrir meðaltal fjögurra sýna úr sama verki og sömu malbiksgerð.

Malbiksgerð AC og SMA						
Sigti, mm	AC 8	AC 11	AC 16	SMA 8	SMA 11	SMA 16
0,063	±1	±1	±1	±1	±1	±1
0,5	±2	±2	±2	±2	±2	±2
2	±3	±3	±3	±3	±3	±3
4	±4	-	-	±4	-	-
5,6	-	±4	-	-	±4	-
8	±4	-	±4	±4	-	±4
11,2	-2*	±4	-	-2*	±4	-
16		-2*	±4		-2*	±4
22,4			-2*			-2*

* Krafan er að sáldur sem smýgur 1,4D sé 100% en þólvik eru -2, sem þýðir að minnst 98% skulu smjúga það sigti.

Tafla 64-19:
Polvik (%) frá hönnuðum sáldurferli í sýnum af burðarlagsmalbiki. Polvikin gilda fyrir meðaltal fjögurra sýna úr sama verki og sömu malbiksgerð.

Sigti, mm	BRL 16	BRL 22
0,063	±2	±2
0,5	±2	±2
2	±3	±3
4	-	-
5,6	-	-
8	±4	-
11,2	-	±4
16	±5	-
22,4	-2*	±5
31,5		-2*

* Krafan er að sáldur sem smýgur 1,4D sé 100% en þolvik eru -2, sem þýðir að minnst 98% skulu smjúga það sigti.

Á sama hátt skal sáldurferill steinefna í malbiksmassa vera í samræmi við forskrift, þó með þolvikum skv. töflu 64-20 og 64-21, ef um stakar mælingar er að ræða.

Tafla 64-20:
Polvik (%) frá hönnuðum sáldurferli í sýnum af malbiki (AC og SMA). Polvikin gilda fyrir stakar mælingar sýna úr sama verki og sömu malbiksgerð.

Malbiksgerð AC og SMA						
Sigti, mm	AC 8	AC 11	AC 16	SMA 8	SMA 11	SMA 16
0,063	±2	±2	±2	±2	±2	±2
0,5	±4	±4	±4	±4	±4	±4
2	±6	±6	±6	±6	±6	±6
4	±7	-	-	±7	-	-
5,6	-	±7	-	-	±7	-
8	-8+5	-	±7	-8+5	-	±7
11,2	-2*	-8+5	-	-2*	-8+5	-
16		-2*	-8+5		-2*	-8+5
22,4			-2*			-2*

* Krafan er að sáldur sem smýgur 1,4D sé 100% en þolvik eru -2, sem þýðir að minnst 98% skulu smjúga það sigti.

Tafla 64-21:
Polvik (%) frá hönnuðum sáldurferli í sýnum af burðarlagsmalbiki. Polvikin gilda fyrir stakar mælingar sýna úr sama verki og sömu malbiksgerð.

Sigti, mm	BRL 16	BRL 22
0,063	±3	±3
0,5	±5	±5
2	±7	±7
4	-	-
5,6	-	-
8	±9	-
11,2	-	±9
16	-9 +5	-
22,4	-2*	-9 +5
31,5		-2*

* *Krafan er að sáldur sem smýgur 1,4D sé 100% en þólvik eru -2, sem þýðir að minnst 98% skulu smjúga það sigti.*

Kröfur til hitastigs malbiks við framleiðslu eru háðar gerð bindiefnisins sem notað er í viðkomandi malbiksblöndu. Til viðmiðunar skal hitastig malbiksins við framleiðslu vera á bilinu 130-165 °C þegar bik með stungudýpt PG 160/220 eða PG 100/150 er notað, en 140-180°C ef bikið er með stungudýpt PG 70/100. Ef vaxefni eða fjölíður eru notuð í bikið, geta önnur hitastigsmörk gilt.

Lágmarkstíðni prófana við eftirlit með framleiðslu malbiks skal ákvarða með tilliti til kafla A.4 og A.5, svo og töflu A.3 í viðauka A í staðli ÍST EN 13108-21. Tíðnin getur verið breytileg eftir því hvort þolmörk eru uppfyllt (e. Operating Compliance Level, OCL) hverju sinni. Samkvæmt staðlinum skal lágmarkstíðni prófana vera eitt próf (sáldurferill, bindiefnisinnihald, holrýmd, bikfyllt holrýmd og hitastig) fyrir hver 2000 framleidd tonn ef niðurstöður eru innan þolmarka, þó ekki sjaldnar en einu sinni í viku meðan á framleiðslu stendur.

64.5.4 Kröfur við framkvæmd

Með framkvæmd er átt við útlögn og völtun malbiksins. Að jafnaði eru kröfur við framkvæmd einskorðaðar við hitastig á malbiki við útlögn og völtun, rúmpýngd og/eða þjöppun í útlögðu malbiki, þykkt malbikslagsins, hæðarlegu yfirborðsins og stundum, ef slitlag á í hlut, ýfi og hemlunarviðnám. Stundum eru einnig tekin sýni af útlögðu malbiki til að kanna holrýmd, rúmpýngd, bindiefnisinnihald og sáldurferil, jafnvel eiginleika steinefna, en oftast nær til að útkljá ágreining um eiginleika massans. Þá gilda kröfur um efnismassa sem eru tilgreindar í kafla 64.5.2.

Ef sjónmat á malbiki bendir til að hemlunarviðnám sé undir kröfum sem birtar eru í töflu 64-22 skal samstundis stöðva verkið og mæla hemlunarviðnám. Í útboðsgögnum er gjarnan miðað við að flatarmál bindiefnisríkra (feitra) bletta sé ekki meira en 5 m². Ef hemlunarviðnámið er undir kröfugildum þarf að grípa til einhverra af eftirfarandi ráðstöfunum:

- Fínfræsa yfirborð slitlagsins með demantsblöðum (e. diamond grooving)
- Sandblástur yfirborðs feitra bletta (e. shot blasting)
- Hömrur (e. bush hammering)
- Háþrýstihreinsun með vatni (e. high velocity water blasting)
- Strá grófum sandi á yfirborðið. Þessi aðferð dugur ekki ef bindiefnismagnið er of hátt og verður að gera samhliða útlögn.
- Fræsa allt malbikslagið af og leggja nýtt malbik (á við ef holrýmd er ekki innan marka)
- Leggja nýtt malbik ofan á malbikið sem stóðst ekki kröfur.
- Yfirlögn með klæðingu

Fjallað er um flestar af þessum ráðstöfunum í heimild¹⁶.

Kröfur til hitastigs malbiks í skúffu útlagningarvélar, eru háðar gerð bindiefnisins sem notað er í viðkomandi malbiksblöndu. Sé bikið með stungudýpt PG 160/220 skal hitastig malbiksins vera a.m.k. 120°C, 125°C ef stungudýpt er PG 100/150 og 130°C ef bikið er með stungudýpt PG 70/100. Ef hitalækkandi efni eru notuð í bikið, gilda önnur hitastigsmörk.

Tafla 64-22 sýnir kröfur til holrýmdar í útlögðu malbiki. Ef þjöppunarkröfu er beitt, eða þjöppunarmælar (rafsegulbylgjur, georadar) notaðir til að fylgjast með þjöppun, skal mæld rúmþyngd vera $\geq 96\%$ af rúmþyngd fenginni í Marshallprófi.

Tafla 64-22:

Kröfur til útlagðs malbiks

Eftirlitsþáttur	Krafa
Þykkt á útlögðu og þjöppuðu malbikslagi	Leyft frávik frá hannaðri þykkt er +10/-0 mm
Holrýmd í útlögðu og þjöppuðu malbikslagi:	
- AC 8, AC 11, AC 16	1,5-3,5%
- SMA 8, SMA 11, SMA 16	2,0-4,0%
- BRL 16, BRL 22	2,0-6,0%
Hemlunarviðnám*:	> 0,55

*Hemlunarviðnám mælt með veggripsmæli Vegagerðarinnar BV-11, skrikhjólsmælir eða sambærilegum mæli.

¹⁶ Hallvarður Vignisson, „Hemlunarviðnám skilgreiningar og aðgerðir“, Verkfræðistofan Hnit, apríl 2019.

Kröfur til nákvæmni og eiginleika yfirborðs á malbiki koma fram í töflu 64-23.

Tafla 64-23:
Kröfur til sléttleika og legu fyrir yfirborð útlagðs malbiks

Mælingar	Kröfur
Mestu ójöfnur á akrein mældar með 3 m réttsskeið (mm)	6
IRI (International Roughness Index), hámark hryfis	2,0
Hámark frávika frá hönnuðu yfirborði (mm)	± 30
Hámark hæðarbreytinga á 20 m (mm)	± 10
Hámark frávika frá hönnuðum þverhalla (‰)	± 4,0

Tafla 64-23 gildir fyrir malbik á vegi með umferð > 3000 ÁDU miðað við tvær akreinar.